



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

Potenziamento asse ferroviario Monaco-Verona
GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
Progettazione esecutiva

D0700: Baulos Mauls 2-3		D0700: Lotto Mules 2-3					
Projekteinheit Gesamtbauwerke Teil 1		WBS Opere generali Parte 1					
Dokumentenart Statische Berechnung		Tipo Documento Calcolo statico					
Titel Statische Berechnung CT1-IN		Titolo Relazione di calcolo CT1-IN					
 RTI 4P Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P <small>via Pio Ilir S.r.l., Via G.B. Sammartini 5, 20125 Milano, Tel.: +39 026767911, Fax: +39 0287152612</small>		Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470					
Mandataria  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	Mandante  PÖYRY	Mandante  pini swiss engineers	Mandante  PASQUALI-RAUSA ENGINEERING S.r.l./G.m.b.H.				
Fachplaner / il progettista specialista Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470		Fachplaner / il progettista specialista					
	Datum / Data	Name / Nome	Gesellschaft / Società				
Bearbeitet / Elaborato	30.01.2015	Moja	Pro Iter				
Geprüft / Verificato	30.01.2015	Rivoltini	Pro Iter				
 BBT 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 46.7+69 bis / a 54.0+15 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	090	KST	D0700	21054	21

Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Modifiche	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
21	Abgabe für Ausschreibung / Emissione per appalto	Rivoltini	30.01.2015
20	Überarbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.14	Rivoltini	04.12.2014
11	Projektvervollständigung und Umsetzung der Verbesserungen aus dem Prüfverfahren / Completamento progetto e recepimento istruttoria	Rivoltini	09.10.2014
10	Endabgabe / Consegna definitiva	Rivoltini	31.07.2014
00	Erstversion / Consegna preliminare	Rivoltini	15.05.2014

1	EINFÜHRUNG	
1	INTRODUZIONE	5
2	MATERIALIEN	
2	MATERIALI	8
2.1	SPRITZBETON	
2.1	BETONCINO PROIETTATO	8
2.2	ANKER	
2.2	ANCORAGGI	8
2.3	BETON	
2.3	CALCESTRUZZO.....	8
2.4	BEWEHRUNGSSTAHL	
2.4	ACCIAIO DA ARMATURA.....	9
3	GEOTECHNISCHES MODELL	
3	MODELLO GEOTECNICO	10
3.1	GEOLOGIE UND GEOMECHANIK	
3.1	GEOLOGIA E GEOMECCANICA.....	10
3.2	TRENNFLÄCHENORIENTIERUNG	
3.2	ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ	12
3.2.1	Trennflächenparameter	
3.2.1	Parametri sulle discontinuità.....	13
4	SCHALENBEMASSUNG	
4	DIMENSIONAMENTO DEI RIVESTIMENTI	14
5	AUSSENSCHALE	
5	RIVESTIMENTI DI PRIMA FASE	14
6	INNENSCHALEN	
6	RIVESTIMENTI DEFINITIVI	16
6.1	TRÄGERBEMESSUNG	
6.1	DIMENSIONAMENTO DELL'ARCHITRAVE	16
6.2	ÜBERPRÜFUNGEN DER TUNNELSCHALEN	
6.2	VERIFICA DEI RIVESTIMENTI DELLA GALLERIA	19
6.3	ÜBERPRÜFUNG DER QUERSTOLLENSCHALEN	
6.3	VERIFICA DEI RIVESTIMENTI DEL CUNICOLO TRASVERSALE	20
6.3.1	Modellierung der Bettung	
6.3.1	Interazione terreno-struttura	20
6.3.1.1	Modellierung der Bettung	
6.3.1.1	Rigidità radiale	21
6.3.1.2	Federkonstanten Auflagerbereich/Sohle	
6.3.1.2	Costante della molla nelle zone di appoggio / fondo	21
6.3.2	Lastenanalyse	
6.3.2	Analisi dei carichi.....	22
6.3.3	Eigengewicht G1	
6.3.3	Peso proprio G1	22
6.3.4	Wasserdruck G4	
6.3.4	Pressione idraulica G4	22
6.3.5	Gebirgslast G5	
6.3.5	Carico dell'ammasso G5	22

6.3.6	Kriechen und Schwinden des Betons G6	
6.3.6	Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6.....	23
6.3.7	Temperatur Q1	
6.3.7	Temperatura Q1	24
6.3.8	Erdbebeneinwirkung E1	
6.3.8	Azione sismica E1	24
6.3.9	Aerodynamischer Druck A1	
6.3.9	Pressione aerodinamica A1.....	25
6.3.10	Brand A3	
6.3.10	Incendio A3	25
6.3.11	Einwirkungskombinationen	
6.3.11	Combinazioni di carico	25
6.4	NACHWEISE	
6.4	VERIFICHE	26
6.4.1	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	
6.4.1	Stati Limite Ultimi (SLU)	26
6.4.1.1	Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen	
6.4.1.1	Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni	26
6.4.1.2	Kombinationsbeiwerte Einwirkungen	
6.4.1.2	Coefficienti di combinazione delle azioni	26
6.4.1.3	Einwirkungskombinationen	
6.4.1.3	Combinazione delle azioni.....	27
6.4.1.4	Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände	
6.4.1.4	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze	27
6.4.1.5	Überprüfung auf Beulspannung	
6.4.1.5	Verifica a pressoflessione.....	27
6.4.1.6	Querkraftüberprüfung	
6.4.1.6	Verifica a taglio	27
6.4.2	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	
6.4.2	Stati Limite Esercizio (SLE)	27
6.4.2.1	Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen	
6.4.2.1	Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni.....	27
6.4.2.2	Kombinationsbeiwerte der Einwirkungen	
6.4.2.2	Coefficienti di combinazione delle azioni	27
6.4.2.3	Einwirkungskombinationen	
6.4.2.3	Combinazioni delle azioni.....	28
6.4.2.4	Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände	
6.4.2.4	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze	28
6.4.2.5	Ermittlung der Verformungen	
6.4.2.5	Calcolo delle deformazioni	28
6.4.2.6	Begrenzung der Rissbreiten	
6.4.2.6	Limitazione dello spessore delle fessure	28
6.5	BAULICHE DURCHBILDUNG	
6.5	STRUTTURA COSTRUTTIVA	28
6.5.1	Expositionsklasse und Mindestbetondeckung	
6.5.1	Classe di esposizione e copriferro minimo	28
6.5.2	Mindestbewehrung	
6.5.2	Armatatura minima	29
7	ERGEBNISSE	
7	RISULTATI	29

8 VERZEICHNISSE	
8 ELENCHI	30
8.1 TABELLENVERZEICHNIS	
8.1 ELENCO DELLE TABELLE.....	30
8.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
8.2 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI.....	31
8.3 ANLAGENVERZEICHNIS	
8.3 ELENCO APPENDICI	31
8.4 REFERNZDOKUMENTE	
8.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	31
8.4.1 Dokumente der Ausschreibungsplanung	
8.4.1 Documenti in ingresso.....	31
8.4.2 Normen und Richtlinien	
8.4.2 Normativa.....	33
8.4.3 Literatur	
8.4.3 Letteratura.....	34

ANHANG 1 - ÜBERPRÜFUNG DES TRÄGERS

APPENDICE 1 - VERIFICA DELL'ARCHITRAVE

ANHANG 2 - ÜBERPRÜFUNGEN DER INNENSCHALEN DER GL AUF HÖHE DER VERBINDUNGEN

**APPENDICE 2 - VERIFICA DEI RIVESTIMENTI DEFINITIVI DELLE GL IN CORRISPONDENZA DEGLI
INNESTI**

ANHANG 3 - FEM-ANALYSE DER INNENSCHALE CT1-IN

APPENDICE 3 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO CT1-IN

ANHANG 4 - FEM-ANALYSE DER INNENSCHALE CT2-A-IN

APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO CT2-A-IN

1 EINFÜHRUNG

Der vorliegende Bericht beinhaltet die Bemessung der Außen- und Innenschalen der Querstollenverbindungen Typ 1, welche zwischen den Kilometrierungen Km 46+769 und 54.0+15 (Oströhre) konventionell vorgetrieben werden.

Wie aus folgende zusammenfassende Tabelle hervorgeht, sind die innerhalb dieser Strecke realisierten Querstollen 17, von denen 3 (47/3, 48/1 und 48/4) bereits innerhalb des Baulos Mauls I vorgetrieben wurden. Insbesondere wurde der Stollen 48/4 mit einem breiteren Ausbruchquerschnitt als den des Standardquerstollens vorgetrieben und die Endform wird durch den Bau eines Tagbautunnels gegeben sein.

Der gleiche verwendete Querschnitt für den Ausbruch der Querstollen des Typs 1 wird auch für die Strecken der Stollen CT2 47/1 mit reduziertem Querschnitt (CT2a) genutzt.

CT1	Progr. Est	GL Est	GL Ovest
	[km]		
47/1 (CT2)	47+000	T	T
47/2	47+267	E-T	E-T
47/3	47+601		
48/1	47+934		
48/2	48+267		
48/4	48+909	MA	MA
49/2	49+590		
49/3	49+795		
50/1	50+000		
50/2	50+333		
50/3	50+667		
51/3	51+667	DA	DA
52/1	52+000		
52/3	52+667	D	D
53/1	53+000		
53/2	53+333		
53/4	53+667		

Tabelle 1: Synoptische Tafel der Stollen CT1-CT2a

1 INTRODUZIONE

La seguente relazione riporta il dimensionamento dei rivestimenti, di prima fase e definitivi, degli innesti dei cunicoli trasversali tipo 1, scavati in tradizionale tra le progr. Km 46+769 e 54.0+15 (Canna Est).

Come si evince dalla seguente tabella riassuntiva, i cunicoli trasversali realizzati all'interno di questa tratta sono 17, di cui 3 (47/3, 48/1 e 48/4) sono già stati scavati all'interno del lotto Mules I. Di questi, il 48/4, in particolare, è stato scavato con una sezione più larga del cunicolo trasversale standard e la configurazione definitiva verrà raggiunta realizzando una galleria artificiale, non oggetto del presente documento.

La medesima sezione utilizzata per lo scavo degli innesti dei cunicoli trasversali tipo 1 è utilizzata anche per le tratte di innesto del cunicolo CT2 47/1 a sezione ridotta (CT2a).

Tabella 1: Quadro sinottico dei cunicoli CT1-CT2a

Für alle neuen Stollen sieht der vorgesehene Querschnitt für den Aushub in Klasse II (CT1-T2 und CT2a-IN), mit einer maximalen Ausbruchbreite und -höhe (inkl. 5 cm Extraaushub) von jeweils 5.92 m und 6.19 m, radiale Nietungen vor, welche aus Superswellex Pm16, Länge 3.0 m, Querabstand 0.9 m und Längsabstand 1.5 m bestehen. Die Nietung ist auf 180° an der Kappe erstreckt. Im Höchstabstand von 1.5 m (1 Abschlag) von der Ortsbrust ist die Ausführung einer 10 cm (nominal) dicke Spritzbetonschicht der Festigkeitsklasse C30/37, als Abschluss der 5 cm Spritzbeton die vor dem Nietungseinsatz angebracht wurden, vorgesehen.

Die Innenschale besteht aus Beton der Festigkeitsklasse C30/37 mit variable Stärke von 40 cm in Nähe der Kappe bis zu 108 cm am Gegengewölbe. Diese Stärken sind als nominal zu verstehen, sie entsprechen also 35 und 102 cm mindestens

Per tutti gli innesti di nuova realizzazione, la sezione prevista per affrontare lo scavo in classe II (CT1-IN e CT2a-IN) avente una larghezza e un'altezza massima di scavo (compresi 5 cm di extrascavo) rispettivamente di 5.92 m e 6.19 m, prevede chiodature radiali costituite da Superswellex Pm16, lunghezza 3.0 m, con passo trasversale 0.9 m e longitudinale 1.5 m. La chiodatura è estesa su 180° in calotta. Ad una distanza massima di 1.5 m (1 sfondo) dal fronte è prevista la realizzazione di uno strato di 10 cm (nominali) di betoncino proiettato, classe di resistenza C30/37, a completamento dei 5 cm di betoncino messi in opera prima dell'installazione dei chiodi.

Il rivestimento definitivo è costituito da calcestruzzo C30/37 con spessore variabile da 40 cm in corrispondenza della calotta fino a 108 cm in arco rovescio. Tali spessori sono da intendersi come spessori nominali che, al netto delle tolleranze di

ohne Bau- und Trassierungstoleranz, respektive an Kappe und an Gegengewölbe.

Bei den Ausbruchstrecken in Klasse III wird die Erstreckung der Nietung an der Kappe von 180° auf 200°, mit unveränderte Erhaltung der anderen Geometrien, vorgesehen.

Bei den Strecken in Klasse II, mit Überdeckungen über 1000m wird ein verstärkter Ausbruchsquerschnitt mit Nietungen des Typs Pm16, Länge 3.0 m, auch an den Widerlagern vorgesehen. Dieser Ausbruchsquerschnitt ermöglicht es mögliche Rockburst-Phänomene zu begrenzen. Die Geometrien der Schalen ändern sich nicht im Vergleich zu den Verbindungen der CT1 in Klasse II und III.

Die Ausbruchquerschnitte des laufenden Tunnels, auf Höhe der Verbindungen und auf einer Länge von 4.5m (3 Abschläge) vor und auch nach den Querstellen CT1, werden mit folgenden Eingriffen verstärkt:

costruzione e di tracciamento, si traducono in 35 e 102 cm minimi, rispettivamente in calotta e arco rovescio.

Nelle tratte di scavo in classe III si prevede di estendere la chiodatura in calotta da 180° a 200°, mantenendo invariate tutte le altre geometrie.

Nelle tratte in classe II con coperture maggiori di 1000m è prevista una sezione di scavo rinforzata con chiodature tipo Pm16, lunghezza 3.0 m, anche sui piedritti. Tale sezione consente di limitare i possibili fenomeni di rockburst. Le geometrie dei rivestimenti non variano rispetto agli innesti dei CT1 in classe II e III.

Le sezioni della galleria corrente, in corrispondenza degli innesti e per una lunghezza di 4.5m (3 sfondi) prima e dopo i cunicoli trasversali CT1, vengono rinforzate con i seguenti interventi:

		Chiodi	Passo		Sp. Beton
		[-]	long. [m]	trasv. [m]	[m]
GL-D/DM	II	SN28	1.5	1.8	0.15
	III	Pm24	1.5	0.9	0.15
GL-DA	II	SN28	1.5	1.8	0.15
	III	Pm24	1.5	0.9	0.15
GL-MA	II	SN28	1.5	1.8	0.1
	III	SN28	1.5	1.8	0.1
	Rb	SN28	1.5	0.9	0.1
GL-T	III	SN28	1.5	1.8	0.15

Tabelle 2: Charakterisierung der Außenschalen auf Höhe der Verbindungen

Tabella 2: Caratterizzazione dei rivestimenti di prima fase in corrispondenza degli innesti

Die Spritzbetonstärke ist als nominale Stärke zu verstehen.

Die Innenschalen der Haupttunnels auf Höhe der Verbindungen haben die gleichen Stärken, außer beim Ausbruchquerschnitt GL-T3, bei dem von einer Mindeststärke von 30cm an der Kappe diese zur Bewehrung auf 35 cm verstärkt wird, der gegenwärtigen Tunnels. Tatsächlich, wie später im Dokument dargestellt, wird die Bewehrung aller Schalen auf Höhe der Verbindungen vorgesehen.

Gegenstand dieses Berichts ist die Bemessung aller Verbindungen der Querstellen CT1 und CT2a mit den Haupttunnels (GL-D; GL-DA; GL-MA; GL-E-T; GL-T).

Es wird klargestellt, dass die in diesem Bericht aufgezeigte Querstellenbemessung, vor der Verfügbarkeit der Ergebnisse des Erkundungsstollenausbruchs, in der Strecke unter dem BP47/1, durchgeführt wurde. Der Ausbruch hat ein sich Hinausziehen der geomechanischen Bedingungen, welche die Maulstaler Verwerfung charakterisieren (Gebirge FVM-S-PS und FVM-S-B), hervorgehoben, wobei die vorherige Grenze zwischen tektonisierte Zone der besagten Verwerfung und den Paraschiefern (GA-BCA-GS-10g/GA-BCA-A-10g) weiter nach

Lo spessore del betonino proiettato è da intendersi come spessore nominale.

I rivestimenti definitivi delle gallerie di linea in corrispondenza degli innesti hanno gli stessi spessori delle gallerie correnti, a meno della sezione GL-T3 che, da uno spessore minimo di 30cm in calotta viene incrementato ad uno spessore minimo di 35 cm al fine di poter essere armato. Come verrà illustrato nel presente documento, infatti, si prevede di armare tutti i rivestimenti in corrispondenza degli innesti.

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento di tutti gli innesti dei cunicoli trasversali CT1 e CT2a con le gallerie di linea (GL-D; GL-DA; GL-MA; GL-E-T; GL-T).

Si precisa che il dimensionamento dei cunicoli trasversali, riportato nella presente relazione, è stato condotto prima che fossero rese disponibili le risultanze dello scavo del Cunicolo Esplorativo nella tratta sottostante il BP47/1. Lo scavo ha messo in evidenza un protrarsi delle condizioni geomeccaniche caratterizzanti la zona della faglia della val di Mules (ammassi FVM-S-PS e FVM-S-B), spostando verso nord il precedente limite tra la zona tettonizzata della suddetta faglia e i parascisti

Norden verschoben wird. Die neue geomechanische Charakterisierung betrifft den Querstollen 47/1, welcher, aufgrund der oben genannten Ergebnissen, sich innerhalb von Gebirgen (FVM-S-PS und FVM-S-B) mit schlechteren geomechanischen Eigenschaften als die vorhergesehenen befinden wird.

Ergänzend, zu was anfangs vorgesehen, entstand daher die Notwendigkeit auch eine Verbindung in geomechanischer Klasse IV vorzusehen. Es wird, auf Höhe der Verbindung, die Verstärkung der Außenschale des laufenden Ausbruchquerschnitts GL-T4 aus Nominalem 30 cm Spritzbeton, der mit 2IPN180 variablen Abstand von 0.75 bis 1.5 m, bewehrt ist, durch Radialnietungen, bestehend aus Bohrschrauben R38N, 6 m lang, oder durch 5.5 m lange Anker auf einem quadratischen Raster von 1.5 x 1.5 m verteilt, geplant. Bevor der Widerlager der Lehrgerüste abgerissen wird, um den Vortrieb des Querstollens zu ermöglichen, wird die Stabilisierung der Lehrgerüste durch 6 Bohrschraubenstäbe R38N, 6 m lang, oder, alternativ, durch 5.5 m lange Anker SN28 vorgesehen.

Für die ersten drei Abschlüsse des Querstollens (Ausbruchquerschnitt CT2-a-T4) wird die Anwendung des mit Superswellex Pm24, Länge 4.5 m auf quadratischem Raster 1.5 x 1.5m, verstärkten Ausbruchquerschnitts CT1-T4 vorgesehen.

Die Innenschalen der Haupttunnels auf Höhe der Verbindung BP 47/1 in Klasse IV haben die gleichen Stärken der laufenden Tunnels, d.h. nominale 66 cm an der Kappe und nominale 76 cm am Gegengewölbe. Der Querstollen, hingegen, hat eine Stärke von 45 cm an der Kappe und 135 cm am Gegengewölbe.

Für weitere Details siehe die Planungstafeln.

(GA-BCA-GS-10g/GA-BCA-A-10g). La nuova caratterizzazione geomeccanica interessa il cunicolo trasversale 47/1 che, sulla base delle sopracitate risultanze, si ritroverà all'interno di ammassi (FVM-S-PS e FVM-S-B), con caratteristiche geomeccaniche peggiori rispetto a quelle previste.

Ad integrazione di quanto previsto inizialmente, si è reso pertanto necessario prevedere anche un innesto in classe geomeccanica IV. Si prevede di rinforzare il rivestimento di prima fase della sezione corrente GL-T4, costituito da 30 cm nominali di betoncino proiettato armato con 2IPN180 a passo variabile da 0.75 a 1.5 m, in corrispondenza dell'innesto, mediante chiodature radiali costituite da autoperforanti R38N lunghi 6 m o chiodi SN28 lunghi 5.5 m, disposti a maglia quadrata 1.5 x 1.5 m. Prima di demolire il piedritto delle centine per consentire lo scavo del cunicolo trasversale, si prevede la stabilizzazione delle centine mediante 6 barre autoperforanti R38N lunghe 6 m o, in alternativa, chiodi SN28 lunghi 5.5 m.

Per i primi tre sfondi del cunicolo trasversale (sezione CT2-a-T4) si prevede l'applicazione della sezione CT1-T4 rinforzata mediante Superswellex Pm24 lunghi 4.5 m a maglia quadrata, 1.5 x 1.5m.

I rivestimenti definitivi delle gallerie di linea in corrispondenza dell'innesto del BP 47/1 in classe IV hanno gli stessi spessori delle gallerie correnti, vale a dire 66 cm nominali in calotta e 76 cm nominali in arco rovescio. Il cunicolo trasversale, invece, ha uno spessore di 45 cm in calotta e 135 cm in arco rovescio.

Per maggiori dettagli si vedano gli elaborati di progetto.

2 MATERIALIEN

2.1 SPRITZBETON

Für die Bemessung der Außenschale wird ein Spritzeton der Festigkeitsklasse C30/37 mit folgenden Eigenschaften angenommen:

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

$$f_{ck} = 30.71 \text{ MPa}$$

Wobei:

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

2.2 ANKER

Es wird der Einsatz von Anker des Typs Superswellex Pm 16 und PM24 und von Nieten Typ SN28 mit folgenden Eigenschaften vorgesehen:

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

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

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

$$N_y = 413 \text{ kN (SN28)}$$

Wobei:

- E_s = Elastizitätsmodul
- N_y = Ermüdungslast

2.3 BETON

Für die Bemessung der Innenschale wird ein Beton der Festigkeitsklasse C30/37 mit folgenden Eigenschaften berücksichtigt:

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

$$f_{ck} = 30.71 \text{ MPa}$$

Wobei:

- E_{cm} = Mittelwert Elastizitätsmodul
- 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 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 Pm16 e Pm24, e chiodi tipo SN28 aventi le seguenti caratteristiche:

Dove:

- E_s è il modulo elastico
- N_y è il carico di snervamento

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

Für die Bemessung der Außenschale ist Stahl des Typs B450C heranzuziehen:

2.4 ACCIAIO DA ARMATURA

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

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

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

wobei:

- E_s = Elastizitätsmodul
- f_{yk} = charakteristischer Wert der Streckgrenze des Stahlbetons

dove:

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

3 GEOTECHNISCHES MODELL

3.1 GEOLOGIE UND GEOMECHANIK

Gemäß den geomechanischen und Detailplanungsprofilen [3][4][5][6][7][8][9][10], durchqueren die Haupttunnel 11 geomechanisch homogene Zonen, mit variablen Überdeckungen, die von 255 m bis 1320 m reichen.

3 MODELLO GEOTECNICO

3.1 GEOLOGIA E GEOMECCANICA

In accordo con i profili geomeccanici e progettuali di dettaglio [3][4][5][6][7][8][9][10] i cunicoli trasversali sono ubicati in 11 zone geomeccanicamente omogenee con coperture variabili da 255 m a 1320 m.

CT1	Progr. Est	Zone number	Rock mass name	H
	[km]			[m]
47/1 (CT2)	47+000	14	BCA-GS-10g	590
47/2	47+267	-	FMV-C-Q	430
47/3	47+601	19	TM-T-TM	500
48/1	47+934	20	TM-T-T1	500
48/2	48+267	-	GB-DZ-GA1	700
48/4	48+909	25	Gb-G-GA10	1100
49/2	49+590	26	GB-G-GA1	1270
49/3	49+795	26	GB-G-GA1	1230
50/1	50+000	26	GB-G-GA1	1200
50/2	50+333	27	GB-G-GA2	1250
50/3	50+667	28	GB-G-GA3	1320
51/3	51+667	29	GB-G-GA4	1115
52/1	52+000	30	GB-G-GA5	1050
52/3	52+667	31	GB-G-GA6	810
53/1	53+000	31	GB-G-GA6	700
53/2	53+333	31	GB-G-GA6	490
53/4	53+667	31	GB-G-GA6	255

Tabelle 3: Geomechanische homogene Zonen

Tabella 3: Zone geomeccaniche omogenee

Wie zuvor angedeutet, haben die Ergebnisse des Erkundungsstollenausbruchs hervorgehoben, dass das Gebirge, benannt BCA-GS-10g, auf Höhe des BP47/1 nicht vorhanden ist, sondern dass weiterhin die Maulstaler Verwerfung mit den FVM-S-PS und FVM-S-B benannten Gebirgen vorkommt, welche durch das Vorhandensein von Glimmerschiefer und Kataklasit charakterisiert sind.

Folgende Tabellen zeigen die geomechanischen Grundparameter, die jede geomechanisch homogene Zone bestimmt.

Come precedentemente accennato, le risultanze dello scavo del Cunicolo Esplorativo hanno evidenziato che in corrispondenza del BP 47/1 non è presente l'ammasso denominato BCA-GS-10g, ma permane la presenza della faglia della Val di Mules con gli ammassi denominati FVM-S-PS e FVM-S-B, caratterizzati dalla presenza di micascisti e cataclasite.

Le seguenti tabelle riportano i parametri geomeccanici caratteristici di base che caratterizzano ciascuna zona geomeccanicamente omogenea.

Zone number	Rock mass name	Class	GSI	σ_{ci}	m_i	E_i	γ
		[-]	[-]	[MPa]	[-]	[MPa]	[KN/m ³]
-	BCA-GS-10g	III	50	72.5	15.5	50550	27.3
-	FMV-C-Q	III	60	50	20	15000	27
19	TM-T-TM	III	40	45	25	20000	27
20	TM-T-T1	II	62	44.5	17	31000	26.8
		III	42	44.5	17	31000	26.8
-	GB-DZ-GA1	III	45	55	30	22500	26
26	GB-G-GA-1	I	85	105.5	22	30950	26.7
		II	65	105.5	22	30950	26.7
		III	45	105.5	22	30950	26.7
27	GB-G-GA-2	III	54	80	20	25500	26.7
28	GB-G-GA-3	I	86	117.5	22	26450	26.7
		II	66	117.5	22	26450	26.7
		III	46	117.5	22	26450	26.7
29	GB-G-GA-4	II	59	81	20	26500	26.7
		III	39	81	20	26500	26.7
30	GB-G-GA-5	I	87	108	22	27000	26.7
		II	67	108	22	27000	26.7
		III	47	108	22	27000	26.7
31	GB-G-GA-6	II	66	108	22	27000	26.7
		III	46	108	22	27000	26.7

Tabelle 4 Charakterisierung des Gebirges jeder homogenen Zone und probabilistische Verteilung der unterschiedlichen Klassen

Tabella 4: Caratterizzazione degli ammassi di ciascuna zona omogenea e distribuzione probabilistica delle diverse classi

Zone number	Rock mass name	Class	GSI	σ_{ci}	m_i	E_i	γ
		[-]	[-]	[MPa]	[-]	[MPa]	[KN/m ³]
19bis	FVM-S-PS	IV	52	5	20	30000	27
	FVM-S-B	IV	42	25	23	25000	27

Tabelle 5: Charakterisierung der Gebirge auf Höhe des BP47/1

Tabella 5: Caratterizzazione degli ammassi in corrispondenza del BP 47/1

Wobei:

- γ = spezifisches Gewicht des Gebirges
- σ_{ci} = einaxialen Druckfestigkeit der Gesteinsmatrix
- m_i = Krümmungsparameter aus triaxialem Druckversuch des Gebirgsmaterial
- E_i = Verformungsmodul der Gesteinsmatrix
- GSI = *Geological Strength Index*

Die typischen Verformungs- und Festigkeitsparameter jeder Strecke wurden gemäß dem Bruchkriterium nach Hoek & Brown [34] berechnet, welches und im geomechanischem Hauptbericht [1] näher beschrieben wird.

Dove:

- γ è il peso di volume naturale dell'ammasso roccioso.
- σ_{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 è il modulo di deformazione di matrice.
- GSI è il *Geological Strength Index*.

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 [34] e esplicitato nella relazione geomeccanica generale [1].

Zone number	Rock mass name	Class	Zone max overburden	γ	ϕ_{picco}	ϕ_{res}	c_{picco}	c_{res}	E_{rm}	ψ
-	BCA-GS-10g	III	590	27.3	41.6	33.9	2.3	1.5	15528	5.2
-	FMV-C-Q	III	430	27.0	46.3	36.3	2.1	1.2	7800	8.7
19	TM-T-TM	III	500	27.0	40.4	35.1	1.7	1.2	3193	5.0
20	TM-T-T1	II	500	27.0	43.4	32.9	2.2	1.2	17525	8.7
		III		27.0	37.6	31.8	1.6	1.1	5672	4.7
-	GB-DZ-GA1	III	700	26.0	42.6	36.4	2.5	1.8	5032	5.3
26	GB-G-GA-1	I	1270	26.7	50.9	34.7	9.3	3.2	28678	12.7
		II		26.7	45.9	34.7	5.9	3.2	19552	10.1
		III		26.7	40.2	33.9	4.3	3.0	6922	5.0
27	GB-G-GA-2	III	1250	26.7	40.0	31.6	4.3	2.7	9866	6.0
28	GB-G-GA-3	I	1320	26.7	51.6	35.2	10.4	3.4	24705	12.9
		II		26.7	46.7	35.3	6.5	3.4	17274	10.5
		III		26.7	41.1	34.5	4.7	3.2	6316	5.1
29	GB-G-GA-4	II	1115	26.7	42.4	32.7	4.4	2.6	13178	7.7
		III		26.7	36.6	31.5	3.2	2.3	3951	4.6
30	GB-G-GA-5	I	1050	26.7	52.7	36.3	9.3	2.8	25404	13.2
		II		26.7	48.1	36.4	5.6	2.8	18196	11.1
		III		26.7	42.5	35.6	4.0	2.7	6878	5.3
31	GB-G-GA-6	II	810	26.7	49.7	38.4	4.7	2.4	17633	11.2
		III		26.7	44.2	37.5	3.3	2.3	6447	5.5

Tabelle 6: typische Parameter der Gebirges in den unterschiedlichen Zonen und Klassen

Tabella 6: Parametri caratteristici dell'ammasso nelle diverse zone e classi

Zone number	Rock mass name	Class	Zone max overburden	γ	ϕ_{picco}	ϕ_{res}	c_{picco}	c_{res}	E_{rm}	ψ
19bis	FVM-S-PS	IV	590	27.0	23.8	18.0	0.9	0.6	10374	3.3
	FVM-S-B	IV	590	27.0	34.3	29.0	1.5	1.1	4574	4.3

Tabelle 7: typische Parameter des Gebirges auf Höhe des BP47/1

Tabella 7: Parametri caratteristici dell'ammasso in corrispondenza del BP 47/1

Wobei:

- Φ_{picco} = Reibungswinkel am Peak
- Φ_{res} = Restreibungswinkel
- c_{picco} = Kohäsion am Peak
- c_{res} = Restkohäsion
- E_{rm} = Gebirgsmodul
- ψ = Dilatanz

Dove:

- Φ_{picco} è la resistenza al taglio di picco.
- Φ_{res} è la resistenza al taglio residua.
- c_{picco} è la coesione di picco.
- c_{res} è la coesione residua.
- E_{rm} è il modulo d'ammasso.
- ψ è la dilatanza.

3.2 TRENFLÄCHENORIENTIERUNG

Auf Grund der verfügbaren Daten der Regelplanung, zusammengefasst im geologischen Profil, sind Trennflächenfamilien ermittelt worden für jede, aus geomechanischer Sicht, homogene Zone:

3.2 ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ

Sulla base dei dati disponibili dalla progettazioni di sistema e riassunti nel profilo geologico sono state individuate delle famiglie di discontinuità per ciascuna zona omogenea dal punto di vista geomeccanico:

Famiglie di discontinuità	Immersione	Inclinazione	Persistenza max
	[°]	[°]	[m]
K1	141	76	10
K2	243	88	10
K3	163	11	10
K4	332	44	3

Tabelle 8: Lage der Trennflächen im Sektor GB-G-GA1

Tabella 8: Giacitura delle discontinuità nel settore GB-G-GA1

Famiglie di discontinuità	Immersione	Inclinazione	Persistenza max
	[°]	[°]	[m]
K1	137	60	10
K2	240	65	10
K3	350	20	10
K4	322	64	10

Tabelle 9: Lage der Trennflächen im Sektor GB-G-GA2

Tabella 9: Giacitura delle discontinuità nel settore GB-G-GA2

Famiglie di discontinuità	Immersione	Inclinazione	Persistenza max
	[°]	[°]	[m]
K1	133	79	10
K2	47	88	10
K3	204	9	10
K4	309	49	3

Tabelle 10: Lage der Trennflächen im Sektor GB-G-GA3

Tabella 10: Giacitura delle discontinuità nel settore GB-G-GA3

Famiglie di discontinuità	Immersione	Inclinazione	Persistenza max
	[°]	[°]	[m]
K1	134	75	10
K2	50	81	10
K4	321	58	10

Tabelle 11: Lage der Trennflächen im Sektor GB-G-GA4

Tabella 11: Giacitura delle discontinuità nel settore GB-G-GA4

Discontinuità	Immersione	Inclinazione	Persistenza max
	[°]	[°]	[m]
K1	136	88	10
K2	54	83	10
K3	150	6	10

Tabelle 12: Lage der Trennflächen im Sektor GB-G-GA5

Tabella 12: Giacitura delle discontinuità nel settore GB-G-GA5

Discontinuità	Immersione	Inclinazione	Persistenza max
	[°]	[°]	[m]
K1	348	88	>10
K2	33	88	10
K3	94	82	10
K4	213	23	10

Tabelle 13: Lage der Trennflächen im Sektor GB-G-GA6

Tabella 13: Giacitura delle discontinuità nel settore GB-G-GA6

3.2.1 Trennflächenparameter

3.2.1 Parametri sulle discontinuità

Auf Grund der im geomechanischem Bericht der Regelplanung aufgezeigten Charakterisierung, sind den Trennflächen folgende typische Festigkeitswerte zugeordnet worden:

Alle discontinuità, sulla base della caratterizzazione riportata nella relazione geomeccanica della progettazione di sistema, sono stati assegnati i seguenti valori caratteristici di resistenza:

- $\Phi_k = 34^\circ$
- $c_k = 0.15\text{MPa}$

- $\Phi_k = 34^\circ$
- $c_k = 0.15\text{MPa}$

4 SCHALENBEMASSUNG

Die Bemessung der Tunnelschalen an der Verbindung mit den Querstollen gründet auf den Bemerkungen über die zur Bemessung der laufenden Tunnels kurz- und langfristig benutzten Lasten, laut dem spezifischen Berechnungsberichten, sowie aufgrund der geomechanischen Charakterisierung, auf die im Kapitel 3 hingewiesen wird.

In Bezug auf diese Lasten weist die Schalenbemessung zwei Überprüfungs Momente auf:

- 1) in erste Phase, welche dem Querstollenausbruch entspricht, muss die kurzfristige Tunnelstabilität, auch in Zusammenarbeit mit der Außenschale der Tunnelstrecken mit unversehrten Ausbruchquerschnitt, gewährleistet werden;
- 2) in zweiter Phase, welche dem Abschluss der Stahlbetonstruktur im Bereich der Verbindung und des Querstollens entspricht, muss die Gesamtheit der langfristigen Lasten ausbalanciert werden.

5 AUSSENSCHALE

Die Bemessung der ergänzenden Außeneingriffe wurde angesichts der Überprüfung, dass der Begrenzungsdruck ' P_{Rd} ' der Schalen höher als die Last auf der Schale ' P_{Ed} ' sei, durchgeführt.

$$P_{Rd} > P_{Ed}$$

Die Last auf der Schale entspricht der Bezugslast des laufenden Ausbruchquerschnitts ' P_{rif} ' um den Beiwert R , Funktion der Geometrien der betroffenen Röhren, und um den Wirkungsbeiwert $\gamma_G=1.3$ erhöht.

$$P_{Ed} = P_{rif} \cdot R \cdot \gamma_G$$

$$R = 1 + \frac{b/2}{L_{zona-rinf}}$$

Angesichts der Querstollenbreite ' b ' von ca. 5.5m, sowie der Länge ' $L_{zona-rinf}$ '=4.5m des verstärkten Bereich entlang der laufenden Tunnels, erweist sich der Beiwert der Lastenverstärkung von:

$$R = 1.6$$

Umgekehrt, entspricht der von der Außenschale erzeugte Begrenzungsdruck ' $P_{Rd,lfase}$ ' der Summe aus der von den Niete erzeugten ' $P_{Rd,chiodi}$ ' und der vom Spritzbeton erzeugten ' $P_{Rd,bet}$ '.

4 DIMENSIONAMENTO DEI RIVESTIMENTI

Il dimensionamento del rivestimento della galleria all'innesto con i cunicoli trasversali si basa sulle considerazioni 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 richiamata al capitolo 3.

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.

5 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} '.

$$P_{Rd} > P_{Ed}$$

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 canne interessate e per il coefficiente sulle azioni $\gamma_G=1.3$.

$$P_{Ed} = P_{rif} \cdot R \cdot \gamma_G$$

$$R = 1 + \frac{b/2}{L_{zona-rinf}}$$

Considerando la larghezza ' b ' dei cunicoli trasversali, pari a circa 5.5m, e la lunghezza della zona rinforzata lungo le gallerie correnti ' $L_{zona-rinf}$ '=4.5m, il coefficiente di amplificazione dei carichi risulta uguale a:

$$R = 1.6$$

Viceversa, la pressione di confinamento fornita dal rivestimento di prima fase ' $P_{Rd,lfase}$ ', è uguale alla somma di quella fornita dai chiodi ' $P_{Rd,chiodi}$ ' e da quella fornita dal

Beide Beiträge sind durch folgende Verhältnisse nachgewiesen:

betoncino proiettato 'P_{Rd,bet}'. I due contributi sono valutati mediante le seguenti relazioni:

$$P_{Rd, chiodi} = \frac{N_{yk}}{A_{inf} \cdot \gamma_s}$$

$$P_{Rd, chiodi} = \frac{N_{yk}}{A_{inf} \cdot \gamma_s}$$

$$P_{Rd, bet} = \frac{1}{2} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot \left(1 - \frac{(R_i - s_c)^2}{R_i^2} \right)$$

$$P_{Rd, bet} = \frac{1}{2} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot \left(1 - \frac{(R_i - s_c)^2}{R_i^2} \right)$$

Wobei:

- N_{yk} = charakteristischer Ermüdungswiderstand der Niete;
- A_{inf} = Einflussbereich jeder Niete;
- f_{ck} = charakteristischer Spritzbetonwiderstand;
- R_i = entsprechender Aushubradius;
- s_c = Schalenstärke;
- Y_c = Teilsicherheitsbeiwert auf Beton (1.5)
- Y_s = Teilsicherheitsbeiwert auf Stahl (1.15)

Dove:

- N_{yk} = Resistenza caratteristica a snervamento dei chiodi;
- A_{inf} = Area di influenza di ciascun chiodo;
- f_{ck} = resistenza caratteristica del cls proiettato;
- R_i = raggio equivalente di scavo;
- s_c = spessore del rivestimento;
- Y_c = Coefficiente parziale di sicurezza sul calcestruzzo (1.5)
- Y_s = Coefficiente parziale di sicurezza sull'acciaio (1.15)

Die Verstärkung der Außeneingriffe wird in beiden Strecken von ca. 4.5m zwischen der Überschneidung mit dem Querstollen angewandt.

Il rinforzo degli interventi di prima fase viene applicato nei due tratti di circa 4.5m a cavallo dell'interferenza con il cunicolo trasversale.

Die baulichen Maßnahmen, wie aus folgende Tabelle hervorgeht, welche entlang des Haupttunnels, auf Höhe der Verbindungen, sowie diejenigen für den Aushub der ersten drei Abschlänge der Querstollen vorgesehen sind, sind im Stande entschieden höhere Begrenzungsdrucke (P_{Rd} > 400MPa), im Gegensatz zu denen die in Klasse III, immer unter 135kPa, erwartet wurden, zu liefern.

Come si evince dalla seguente tabella, i provvedimenti costruttivi 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 decisamente superiori (P_{Rd} > 400MPa) rispetto alle pressioni attese in classe III, sempre inferiori a 135kPa.

$$P_{Ed} = P_{rif} \cdot R \cdot \gamma_G = 135 \cdot 1.6 \cdot 1.3 = 280kPa$$

$$P_{Ed} = P_{rif} \cdot R \cdot \gamma_G = 135 \cdot 1.6 \cdot 1.3 = 280kPa$$

		Req	Chiodi	N _{yk}	Y _s	Passo		Sp. Beton	f _{ck}	Y _c	P _{chiodi,Rd}	P _{bet,Rd}	P _{Rd}
		[m]	[-]	[kN]	[-]	long. [m]	trasv. [m]	[m]	[MPa]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
GL-D/DM	II	6.07	SN28	413	1.15	1.5	1.8	0.1	30	1.5	133	327	460
	III	6.07	Pm24	200	1.15	1.5	0.9	0.1	30	1.5	129	327	456
GL-DA	II	6.49	SN28	413	1.15	1.5	1.8	0.1	30	1.5	133	306	439
	III	6.49	Pm24	200	1.15	1.5	0.9	0.1	30	1.5	129	306	434
GL-MA	II	4.81	SN28	413	1.15	1.5	1.8	0.075	30	1.5	133	309	442
	III	4.81	SN28	413	1.15	1.5	1.8	0.075	30	1.5	133	309	442
	Rb	4.81	SN28	413	1.15	1.5	0.9	0.075	30	1.5	266	309	575
GL-T	III	4.77	SN28	413	1.15	1.5	1.8	0.1	30	1.5	133	415	548
CT1-IN	II	3.06	Pm16	140	1.15	1.5	0.9	0.1	30	1.5	90	643	733
CT1-IN	III	3.06	Pm16	140	1.15	1.5	0.9	0.1	30	1.5	90	643	733
CT1-IN	Rb	3.06	Pm16	140	1.15	1.5	0.9	0.1	30	1.5	90	643	733

Tabelle 14: Begrenzungsdrucke die von den ergänzenden Eingriffen auf Höhe der Verbindung geliefert werden

Tabella 14: Pressioni di confinamento fornite dagli interventi integrativi in corrispondenza degli innesti

In folgende Tabelle wird die Überprüfung der Außenschalen auf Höhe des BP47/1 aufgezeigt, wo die erwarteten Drücke auf die Außenschale, laut spezifischen Bericht des Ausbruchquerschnitts GL- T5 [16], wie folgt sind:

$$P_{Ed} = P_{rif} \cdot R \cdot \gamma_G = 460 \cdot 1.6 \cdot 1.3 = 956 \text{ kPa}$$

Die von der Außenschale gelieferten Drücke, dagegen, werden in folgender Tabelle aufgezeigt:

		Req	Chiodi	N _{yk}	Y _s	Passo		Sp. Beton	f _{ck}	Y _c	P _{chiodi,Rd}	P _{bet,Rd}	P _{Rd}
		[m]	[-]	[kN]	[-]	long. [m]	trav. [m]	[m]	[MPa]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
GL-T4/T5 - BP(47/1)	IV	5.18	R38N	400	1.15	1.5	1.5	0.25	30	1.5	155	942	1096
CT2-a-IN	IV	3.33	Pm24	200	1.15	1.5	1.5	0.2	30	1.5	77	1165	1242

Tabelle 15: Begrenzungsdrücke die von den ergänzenden Eingriffen auf Höhe der Verbindung geliefert werden (BP47/1 - FVM-S-PS)

Die Begrenzungsdrücke erweisen sich immer höher als die in Klasse IV erwarteten Drücke.

6 INNENSCHALEN

In zweiter Phase wird die Gesamtheit der Lasten auf die mit dem Schalenguß des Querstollens vervollständigte Tunnelschale übertragen. Die für die Haupttunnels benutzte Schematisierung sieht ein Träger vor, welcher an den Enden auf Höhe des Ausbruchquerschnitts des vom Querstollen überschrittenen Haupttunnels eingefasst ist und von zwei Widerlager, die sich seitlich vom Querstollen befinden und aus Teilen des unversehrten Haupttunnels bestehen, gestützt wird. Dieses Modell trägt auf Höhe der Trägerposition einen Biegespannungszustand des Trägers, als Folge der Last aus dem normalen Wirkungswert in der unversehrten Innenschale des Haupttunnels.

Die Bemessung der Innenschalen besteht aus drei Phasen:

- 1) Bemessung des Trägers;
- 2) Überprüfung der dem Querstollen angrenzenden Tunnelschalen mit unversehrten Querschnitt;
- 3) Schalenüberprüfung des Querstollens.

6.1 TRÄGERBEMESSUNG

In Tabella 16 ist eine Zusammenfassung der axialen Belastungen, in den unterschiedlichen Kombinationen (GZG, GZT, Außergewöhnliche GZT), an den Innenschalen auf Höhe des Trägers aufgezeigt.

Nella seguente tabella è riportata la verifica dei rivestimenti di prima fase in corrispondenza del BP47/1 ove le pressioni attese sul rivestimento di prima fase, in accordo alla relazione specifica della sezione GL-T5 [16], sono uguali a:

$$P_{Ed} = P_{rif} \cdot R \cdot \gamma_G = 460 \cdot 1.6 \cdot 1.3 = 956 \text{ kPa}$$

Le pressioni fornite dai rivestimenti di prima fase, viceversa, sono riportate nella seguente tabella:

		Req	Chiodi	N _{yk}	Y _s	Passo		Sp. Beton	f _{ck}	Y _c	P _{chiodi,Rd}	P _{bet,Rd}	P _{Rd}
		[m]	[-]	[kN]	[-]	long. [m]	trav. [m]	[m]	[MPa]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
GL-T4/T5 - BP(47/1)	IV	5.18	R38N	400	1.15	1.5	1.5	0.25	30	1.5	155	942	1096
CT2-a-IN	IV	3.33	Pm24	200	1.15	1.5	1.5	0.2	30	1.5	77	1165	1242

Tabella 15: Pressioni di confinamento fornite dagli interventi integrativi in corrispondenza degli innesti (BP47/1 - FVM-S-PS)

Le pressioni di confinamento risultano sempre superiori rispetto alle pressioni attese in classe IV.

6 RIVESTIMENTI DEFINITIVI

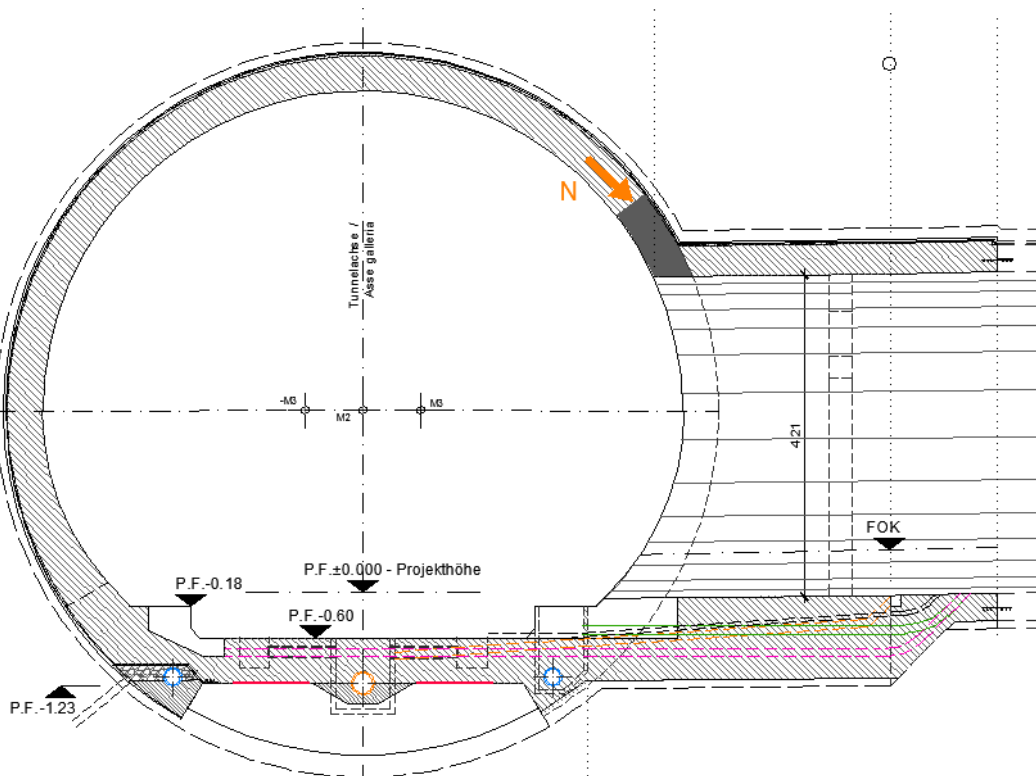
In seconda fase la totalità del carico viene trasferito al rivestimento della galleria completo del getto del rivestimento del cunicolo trasversale. La schematizzazione utilizzata per le gallerie di linea prevede una architrave incastrata alle estremità, in corrispondenza della sezione di galleria principale 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 valore dell'azione normale presente nel rivestimento definitivo integro della galleria principale, in corrispondenza della posizione dell'architrave.

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.

6.1 DIMENSIONAMENTO DELL'ARCHITRAVE

In Tabella 16 è riportato un riassunto delle sollecitazioni assiali nei rivestimenti definitivi in corrispondenza dell'architrave, nelle diverse combinazioni (SLE, SLU, SLU_Ecc)



		N _{Riv}		
		SLE [kN]	SLU [kN]	SLU _{Ecc} [kN]
GL-D	II	617	829	613
	III			
GL-DA	II	727	979	721
	III			
GL-MA	II	210	283	208
	III			
	Rb			
GL-E-T	II	649	873	643
	III			
GL-T	III	234	339	205

Tabelle 16: Axiale Wirkung an den Innenschalen auf Höhe des Trägers

Tabella 16: Azione assiale nei rivestimenti in corrispondenza dell'architrave

Auf Höhe des BP 47/1 wurden vorsichtshalber die vorhandenen Belastungen des Ausbruchquerstollens GL-T5 angenommen, welche in folgende Tabelle aufgezeigt sind:

In corrispondenza del BP 47/1 si sono assunte, cautelativamente, le sollecitazioni presenti nella sezione GL-T5, riportate nella seguente tabella:

		N _{Riv}		
		SLE [kN]	SLU [kN]	SLU _{Ecc} [kN]
GL-T	V	1770	2400	1780

Tabelle 17: Axiale Wirkung an den Innenschalen auf Höhe des Trägers BP 47/1 (FVM-S-PS)

Tabella 17: Azione assiale nei rivestimenti in corrispondenza dell'architrave BP 47/1 (FVM-S-PS)

Angesichts der Trägerlichtweite von L= 4.5 m, ergeben sich an der Einspannung und an der Mittellinie Belastungen von:

Considerando la luce dell'architrave, pari a L = 4.5 m, le sollecitazioni all'incastro e in mezzeria risultano pari a:

$$\begin{cases} M_{inc} = \frac{N \cdot L^2}{12} \\ V_{inc} = \frac{N \cdot L}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{mezz} = \frac{N \cdot L^2}{24} \\ V_{mezz} = 0 \end{cases}$$

		SLE			SLU		SLU_ECC	
		L	M _{Ed}	V _{Ed}	M _{Ed}	V _{Ed}	M _{Ed}	V _{Ed}
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
GL-D	II	4.5	1041	1388	1399	1865	1034	1379
	III							
GL-DA	II	4.5	1227	1636	1652	2203	1217	1622
	III							
GL-MA	II	4.5	354	473	478	637	351	468
	III							
	Rb							
GL-E-T	II	4.5	1095	1460	1473	1964	1085	1447
	III							
GL-T	III	4.5	395	527	572	763	346	461

		SLE			SLU		SLU_ECC	
		L	M _{Ed}	V _{Ed}	M _{Ed}	V _{Ed}	M _{Ed}	V _{Ed}
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
GL-T	IV-V	4.5	2987	3983	4050	5400	3004	4005

Tabelle 18: Höchstbelastungen im Träger

Tabella 18: Sollecitazioni massime nell'architrave

		SLE			SLU		SLU_ECC	
		L	M _{Ed}	V _{Ed}	M _{Ed}	V _{Ed}	M _{Ed}	V _{Ed}
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
GL-D	II	4.5	521	0	699	0	517	0
	III							
GL-DA	II	4.5	613	0	826	0	608	0
	III							
GL-MA	II	4.5	177	0	239	0	176	0
	III							
	Rb							
GL-E-T	II	4.5	548	0	737	0	543	0
	III							
GL-T	III	4.5	197	0	286	0	173	0

		SLE			SLU		SLU_ECC	
		L	M _{Ed}	V _{Ed}	M _{Ed}	V _{Ed}	M _{Ed}	V _{Ed}
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
GL-T	IV-V	4.5	1493	0	2025	0	1502	0

Tabelle 19: Belastungen in der Mittellinie des Trägers

Tabella 19: Sollecitazioni in mezzera dell'architrave

Diese Belastungen wurden angesichts folgender Trägermaße und -bewehrungen überprüft:

Tali sollecitazioni sono verificate considerando le seguenti dimensioni e armature dell'architrave:

		bxh	Armatura		
		[m]	A _{sup}	A _{inf}	A _{taglio}
GL-D	II	40x100	5+5φ26	5+2φ26	2φ10/10cm
	III				
GL-DA	II	45x100	5+5+2φ26	5+5φ26	2φ10/10cm
	III				
GL-MA	II	40x100	5φ26	5φ26	2φ10/30cm
	III				
	Rb				
GL-E-T	II	35x120	4+4+2φ26	4+2φ26	2φ10/10cm
	III				
GL-T	III	35x120	4φ26	4φ26	2φ10/30cm

		bxh	Armatura			
		[cm]	A _{sup}	A _{inf}	A _{contorno}	A _{taglio}
GL-T	IV-V	60x250	5φ26	5φ26	5x2φ26	2φ14/15cm

Tabelle 20: Zusammenfassung Trägermaße und -bewehrungen

Tabella 20: Sintesi dimensioni e armature dell'architrave

In Anhang 1 werden im Detail die Überprüfungen auf GZT und GZG aufgezeigt, welche angesichts der reduzierenden Widerstandsbeiwerte, für die Haupttunnels berücksichtigt und in Kapitel 6.4 vergegenwärtigt wurden.

In Appendice 1 sono riportate nel dettaglio le verifiche agli SLU e agli SLE eseguite considerando i coefficienti riduttivi sulle resistenze considerati per le gallerie di linea e richiamati al paragrafo 6.4.

6.2 ÜBERPRÜFUNGEN DER TUNNELSCHALEN

6.2 VERIFICA DEI RIVESTIMENTI DELLA GALLERIA

Die seitlichen Widerlager werden durch ein Beulspannungszustand belastet der sowohl der normalen Stützenreaktion des Trägers als auch dem Kraftzustand (N, M) innerhalb der unversehrten Schale zuzuschreiben ist.

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.

Insbesondere, zur Berechnung der Wirkungen in den seitlichen Widerlager wurden die Einwirkungen dieses Ausbruchquerschnitts um den Beiwert erhöht:

In particolare, le azioni nei ritti laterali sono calcolate amplificando quelle presenti nella sezione corrente per il coefficiente:

$$R = 1 + \frac{b/2}{L_{\text{zona-rinf}}}$$

Angesichts der Querstollenbreite 'b' von ca. 5.5m, sowie der Länge 'L_{zona-rinf}'=4.5m des verstärkten Bereichs entlang der laufenden Tunnels, erweist sich der Beiwert der Lastenverstärkung auf den Widerlager als:

Considerando la larghezza di scavo 'b' dei cunicoli trasversali, pari a circa 5.5m, e la lunghezza della zona rinforzata lungo le gallerie correnti 'L_{zona-rinf}'=4.5m, il coefficiente di amplificazione dei carichi sui ritti risulta uguale a:

$$R = 1.6$$

Wie später dargestellt, wurde der so berechnete Beiwert R auch zur Berechnung der Innenschalen des Querstollenausbruchquerschnitts auf Höhe der Verbindung CT1-IN (vorsichtshalber die ersten 3 Abschlänge) genutzt.

Come verrà illustrato in seguito, il coefficiente R così calcolato è stato utilizzato per calcolare anche i rivestimenti definitivi della sezione del cunicolo trasversale in corrispondenza dell'innesto CT1-IN (cautelativamente primi 3 sfondi).

In Anhang 2 sind die Überprüfungen der Innenschalen der Haupttunnels auf Höhe der Verbindungen sowohl an den GZG als auch an den GZT aufgezeigt.

In Appendice 2 sono riportate le verifiche dei rivestimenti definitivi delle gallerie di linea in corrispondenza degli innesti, sia agli SLE che agli SLU.

6.3 ÜBERPRÜFUNG DER QUERSTOLLENSCHALEN

Analog zu dem was im Berechnungsbericht dieser Ausbruchquerschnitte dargestellt ist, wurden die Beanspruchungen der Innenschale des Ausbruchquerschnitts CT1-IN durch den Kodex SAP2000© (basiert auf die Finite-Elemente-Methode) mit den Stabwerksmodellen berechnet.

Die FEM Analyse wird mit folgenden Kriterien durchgeführt.

Es wird ein Tunnelquader mit einheitliche Tiefe (1m) berücksichtigt und es wird, mittels ebenen Finite-Elemente des Typs Träger (beam), ein Strukturmodell festgelegt. Die Tunnelschale ist durch Elemente mit einer Länge unter 0.5 m schematisiert, welche die reellen Stärken des erfassten strukturellen Elements erweisen (Kappe, Widerlager, Gegenbogen/Grundplatte).

Die strukturelle Steifigkeit der Trägerelemente wird mit $E_c \times I_y$ des nicht gerissenen Querschnitts berechnet. Das Trägheitsmoment I_g wird angesichts der Ausbruchquerschnittachse aus Beton berechnet, indem das Vorkommen des Stahls, wo dieser vorhanden ist, übergangen wird. Das elastische Modul E_c bei ebene Verformungslage ist:

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

wobei:

- E_c = Modul der Betonelastizität;
- ν = Poisson Verhältnis (0.2);

6.3.1 Modellierung der Bettung

Die Zusammenwirkung Boden-Struktur wird mittels Einsatz von Link Elementen simuliert, die in Höhe der Modellknoten gesetzt werden und die, nur bei Komprimierung, in der Lage sind der Struktur eine Reaktion zu übertragen die dem Annäherungsdruck Boden-Struktur entspricht.

Die Steifigkeit der Pleuel wird angesichts des Reaktionsmoduls des Bodens k und der Schnittstelle bestimmt.

Die erste wird gemäß den späterhin beschriebenen Verhältnissen bestimmt, respektive für gekrümmte und gradlinige Oberflächen. Die zweite ist, den Eigenschaften des Abdichtungsstreifens zufolge, mit $60'000\text{kN/m}^3$ angenommen worden. Letztere hat eine Verschiebungswertigkeit unter 0.5cm. Wenn diese Verschiebungen überwunden sind, wird die Schnittstellensteifigkeit die des Gebirges.

Die tangentielle Steifigkeit ist übergangen worden.

6.3 VERIFICA DEI RIVESTIMENTI DEL CUNICOLO TRASVERSALE

Le sollecitazioni nel rivestimento definitivo della sezione CT1-IN sono state calcolate, in analogia a quanto illustrato nelle relazioni di calcolo delle sezioni correnti, tramite il codice SAP2000© (basato sul Metodo degli Elementi Finiti) con il metodo delle reazioni iperstatiche.

L'analisi FEM è svolta secondo i seguenti criteri.

Si considera un concio di galleria di 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 $E_c \times I_g$. Il momento d'inerzia I_g 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;
- ν = rapporto di Poisson (0.2);

6.3.1 Interazione terreno-struttura

L'interazione terreno-struttura viene simulata mediante l'utilizzo di elementi link, posti in corrispondenza dei nodi del modello, e in grado di trasmettere alla struttura, solo se compressi, una reazione pari alla pressione di contatto terreno-struttura.

La rigidezza delle bielle è determinata tenendo conto del modulo di reazione del terreno k e dell'interfaccia.

La prima è definita secondo le relazioni di seguito descritte, 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 di impermeabilizzazione. Quest'ultima ha valenza per spostamenti inferiori a 0.5cm. Superati tali spostamenti, la rigidezza dell'interfaccia diventa quella dell'ammasso.

La rigidezza tangenziale è stata trascurata.

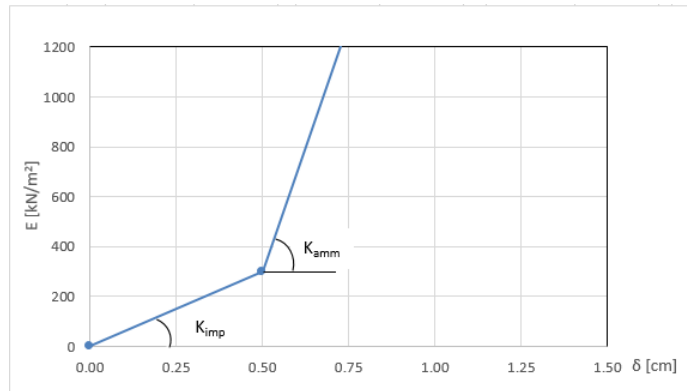


Abbildung 1: Schematisierung der Schnittstelle

Figura 1: Schematizzazione dell'interfaccia

6.3.1.1 Modellierung der Bettung

Zur Bestimmung der radialen Bettung der Innenschale im Gebirge/Boden wird das Elastizitätsmodul E , der Poisson Koeffizient ν des Gebirges, sowie der entsprechende Innenschalenradius R des Tunnels berücksichtigt:

6.3.1.1 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 ν dell'ammasso roccioso e del raggio interno R della galleria.

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

Wobei:

- K_R = Steifigkeit der radialen Bettung Innenschale – Gebirge [MN/m³]
- E = Elastizitätsmodul des Gebirges
- E_s = Steife-modul des Gebirges
- ν = Poisson Beiwert des Gebirges
- R = Tunnelradius - Systemlinie

Dove:

- K_R = rigidezza del letto di molle radiali a contatto con l'anello interno [MN/m³]
- E = modulo elastico dell'ammasso roccioso
- E_s = modulo edometrico dell'ammasso roccioso
- ν = coeff. di Poisson dell'ammasso roccioso
- R = raggio della galleria – linea di riferimento

Aus der in dem spezifischen Berichten aufgezeigten Kennlinienverfahren der Querstollen sowie der Haupttunnels, geht hervor, dass sich die schwierigste Situation im Bereich 29 (GB-G-GA4), wo das Gebirgsmodul E von ca. 4GPa ist, befindet. Dieser Wert wurde auch zu Bemessung des Ausbruchquerschnitts CT1-IN genutzt.

Dall'analisi delle linee caratteristiche dei cunicoli trasversali e delle gallerie di linea riportate nelle relazioni specifiche, si evince che la situazione più critica è presente nella zona 29 (GB-G-GA4) dove il modulo dell'ammasso E è pari a circa 4GPa. Tale valore è stato assunto anche per il dimensionamento delle sezioni CT1-IN.

Angesichts der Ausbruchergebnisse wurde auch der Ausbruchquerschnitt CT2-a-IN (Anhang 4) mit den Eigenschaften des Gebirges FVM-S-PS berechnet.

Alla luce delle risultanze dello scavo è stata analizzata anche la sezione CT2-a-IN (Appendice 4) con le caratteristiche dell'ammasso FVM-S-PS.

6.3.1.2 Federkonstanten Auflagerbereich/Sohle

Die Stütze der Konstruktion mit Sohlplatte bzw. offener Sohle wird durch Federn mit zugehöriger Steifigkeit abhängig von der Einflussbreite „b“ der einzelnen Feder modelliert. Die Federkonstanten werden wie folgt berechnet:

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

6.3.1.2 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

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

Federkonstante c_h – horizontal

- $c_h = 0,5 \cdot c_v$

6.3.2 Lastenanalyse

Folgende Kürzel werden für die Einwirkungen benutzt:

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

6.3.3 Eigengewicht G1

Das für die Berechnung des Eigengewichts verwendete Volumen basiert auf den Planmaßen der Konstruktion.

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

6.3.4 Wasserdruck G4

Der hydrostatische Druck wird als Last auf die Schale in ihrer radialen Richtung angewandt.

Für drainierte (druckentlastete) Tunnel wird der Wasserdruck, bei Regelquerschnitten mit Sohlgewölbe, nur bis auf Höhe der Ulmenlängsdrainage berücksichtigt. Die Wasserlasten sind dann wie folgt anzusetzen:

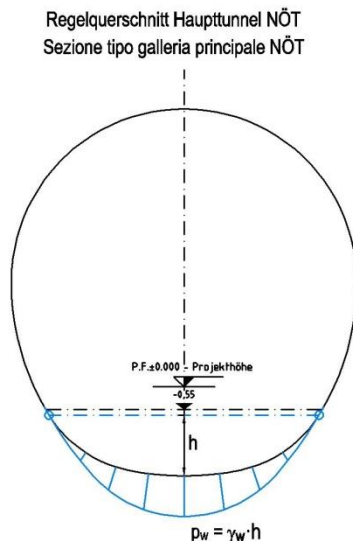


Abbildung 2: Hydrostatischer Druck – drainierter Regelquerschnitt

6.3.5 Gebirgslast G5

Die Gebirgslast, welche auf Höhe dieses Bereichs auf die Querstellen einwirkt, entspricht dem Bezugsdruck, welcher auf die Innenschalen des laufenden unversehrten Tunnels wirkt, um

Costante della molla c_h – orizzontale

- $c_h = 0,5 \cdot c_v$

6.3.2 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

6.3.3 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 $\gamma = 25\text{kN/m}^3$.

6.3.4 Pressione idraulica G4

La pressione idrostatica si applica come carico sul rivestimento nella sua direzione radiale.

Per il caso di galleria drenata (senza pressione) nelle sezioni tipi 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 lo schema seguente:

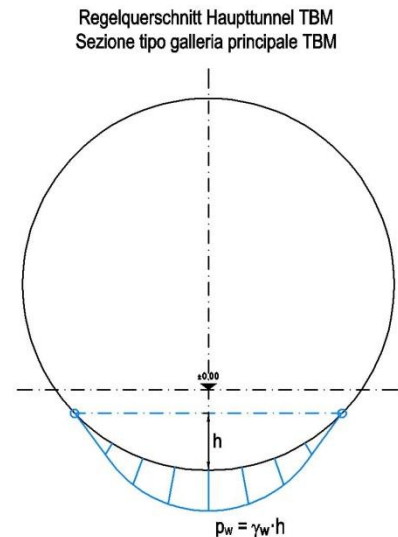


Figura 2: Pressione idrostatica - Sezione tipo drenata

6.3.5 Carico dell'ammasso G5

La pressione che insiste sui rivestimenti dei cunicoli trasversali in corrispondenza di tale zona è assunta pari alla pressione di riferimento che insiste sui rivestimenti definitivi della galleria

den Beiwert $R=1.6$, Funktion der Geometrien der betroffenen Röhren, erhöht.

In folgende Tabelle ist eine Zusammenfassung der Drucke an der Kappe, welche auf den laufenden Ausbruchquerschnitten der Haupttunnel wirken, aufgezeigt.

	P_v [kPa]
GL-D3	80
GL-DA3	80
GL-MA3	40
GL-E-T	135*
GL-T3	40

Tabelle 21: Drucke auf der Innenschale des GL

corrente integra amplificata per il coefficiente $R=1.6$, funzione delle geometrie delle canne interessate.

Nella seguente tabella è riportato un riassunto delle pressioni in calotta che agiscono sulle sezioni correnti delle gallerie di linea.

Tabella 21: Pressioni sul rivestimento definitivo del GL

Der Verbindungsausbruchquerschnitt der Querstollen wurde angesichts der vertikalen Last an der Kappe von 216kPa, welche durch die Erhöhung der Höchstlast (135kPa) um den Beiwert $R=1.6$ erhalten wurde, bemessen.

Nur zur Bemessung des Ausbruchquerschnitts CT2-a-IN-GL-T4 wurde eine vertikale Last an der Kappe von 740kPa berücksichtigt, welches durch Erhöhung der Höchstlast vorsichtshalber des Ausbruchquerschnitts GL-T5 (460kPa) durch den Koeffizienten $R=1.6$ erhalten wurde.

Die horizontale Last wurde, angesichts des Schubbeiwert von $k_0=0.75$ proportional zur vertikalen angenommen.

La sezione di innesto dei cunicoli trasversali è stata dimensionata considerando un carico verticale in calotta pari a 216kPa, ottenuto dall'amplificazione del carico massimo (135kPa) per il coefficiente $R=1.6$.

Solo per il dimensionamento della sezione CT2-a-IN-GL-T4 è stato considerato un carico verticale in calotta pari a 740kPa, ottenuto dall'amplificazione del carico massimo cautelativamente della sezione GL-T5 (460kPa) per il coefficiente $R=1.6$.

Il carico orizzontale è stato assunto proporzionale a quello verticale, considerando un coefficiente di spinta pari a $k_0=0.75$.

$$P_h = P_v * K_0 + Y * z * K_0$$

Wobei:

- Y = entsprechender spezifischer Gewicht des Gebirges, in kN/m^3 ausgedrückt.
- z = Quotendifferenz zwischen dem Punkt auf der Mittellinie der Kappe und dem Punkt der berücksichtigten Schale.

Dove:

- Y è il peso specifico equivalente dell'ammasso espresso in kN/m^3 .
- z rappresenta la differenza di quota tra il punto in mezzeria della calotta e il punto del rivestimento considerato.

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 ϕ wird gemäß NTC 2008 Kap. 11.2.10.7 ermittelt.

Die Kriechzahl ϕ wird gemäß dem NTC 2008 Kap. 11.2.10.7 unter Berücksichtigung des Spannungszustandes aus einer Einwirkungskombination ständiger Lasten (G1 (Eigengewicht) + G2 (Oberleitung) + G5 (Gebirge)) ermittelt.

Kriechen und Schwinden des Betons bewirkt eine Längenänderung Δl . Diese Längenänderung (Endschwindmaß) liegt, in Form einer gleichmäßigen Temperaturabkühlung, der Rechnung zu Grunde.

6.3.6 Viscosità 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 valore di viscosità ϕ si calcola secondo le NTC 2008, capitolo 11.2.10.7.

Il coefficiente di viscosità ϕ 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) + G5 (Carico dell'ammasso)).

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

Für alle Querschnitte die höher als 25 cm und aus Beton der Festigkeitsklasse C30/37 sind, ergibt sich eine Durchschnittsverformung per autogenes zeitlich unendliches Schwinden von 0.27%. Bei der Dimensionierung wurde das von der Norm vorgeschriebene 50% des Schwindens übernommen, 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 zuvor mit Proben geprüft werden.

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

6.3.7 Temperatur Q1

Zur Dimensionierung der Innenschalen berücksichtigt man Temperatureinwirkungen, die sich aus den Linearisierungen der von der Regelplanung am Eingang und 3 km davon entfernten vorgeschlagenen Temperatureinwirkungen ergeben.

Abstand Portal / Distanza dall'imbocco [km]	< 3,0		3,0 - 10,0	
Temperaturgradient / gradiente della temperatura ΔT [°C]	5		2	
ΔTeff [°C]	Winter / inverno	Sommer / estate	Winter / inverno	Sommer / estate
	-16	16	-10	10

Tabelle 22: Temperatureinwirkung

In einer Entfernung von 2 km vom Eingang entnimmt man:

- eine gleichmäßige Veränderung der Temperatur von ±12°C
- ein Gradient der Temperatur ΔT, Temperaturunterschied zwischen interne und externe Schalenoberfläche von 3°C.

Die aufgrund der Temperatur entstehenden Belastungen beim Bau der Innenschalen werden übergangen.

Die aufgrund der Temperatur ausgehenden Einwirkungen in Folge eines Brands sind Gegenstand des Kapitels 6.3.10.

6.3.8 Erdbebeneinwirkung E1

Im Gegensatz zu den anderen Lastkombinationen stellt die Erdbebenlast ein wenig beeinflussenden Zustand da und wird deshalb nicht berücksichtigt.

In Anhang 3 werden auf alle Fälle, zur Darstellung der weiten Sicherheitsgrenze, die widerstandsfähigen Bereiche und die darstellenden Punkte des Schalenspannungszustands bei den Kombinationen GZT13 und GZT14 (Tabella 23) aufgezeigt.

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 ricavate dalle linearizzazione delle azioni termiche proposte dalla progettazioni di sistema all'imbocco e a 3 km da quest'ultimo.

Tabella 22: Variazione termica

A 2 km dall'imbocco si ricava:

- una variazione uniforme di temperatura di ±12°C
- un gradiente della temperatura ΔT, differenza di temperatura tra le superfici interna ed esterna del rivestimento, pari a 3°C.

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

Le azioni derivanti dalle alte temperatura a seguito di incendio sono oggetto del paragrafo 6.3.10.

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.

Nell'allegato 3 vengono comunque riportati i domini resistenti e i punti immagine dello state tensionale nei rivestimenti nelle combinazioni SLU13 e SLU14 (Tabella 23) per mostrare l'ampio margine di sicurezza.

6.3.9 Aerodynamischer Druck A1

Die Verdichtungs- und Druckentlastungsvorgänge in Folge der Zugsdurchfahrt sind in Dokument D0118-064 „Aerodynamik – Klima – Lüftung“ festgelegt. Dem Dokument kann man entnehmen, dass im Extremfall (außergewöhnliche Einwirkung) im Tunnel aerodynamische Einwirkungen von $\Delta p_{\text{Druck}} = + 11 \text{ kN/m}^2$ und $\Delta p_{\text{Sog}} = - 9 \text{ kN/m}^2$ vorkommen. Da diese Einwirkungen, auch angesichts der entsprechend angepassten Teilsicherheitsfaktoren, die maßgebende Einwirkung darstellen, werden die aerodynamischen Einwirkungen nur in Kombination mit den Einwirkungen bei außergewöhnlicher Bemessungssituation erfasst.

6.3.10 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 der Temperatur-Zeit Kurve laut UNI 11076 gemäß D0118-04326 "Sicherheit gegen die Brandexplosionen" gewährleistet.

Die bewehrten und unbewehrten Ausbruchquerschnitte sind hinsichtlich eines Brandes gemäß den Kriterien des spezifischen Berichts [11] geprüft worden. Die Ergebnisse sind im Anhang 3 aufgezeigt.

Hier begrenzt man sich mit der Beobachtung, dass, einvernehmlich mit der Tabelle D.6.3 des M.D. 16.02.2007 "Klassifizierung der Feuerbeständigkeit der Bauprodukte und -elemente für Bauwerke", ausreichende Bedingungen zur Gewährleistung der REI 120 Klasse sind:

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

Beide Voraussetzungen sind zufriedenstellend.

6.3.11 Einwirkungskombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen müssen gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten ψ berücksichtigt werden.

Die maßgebenden Einwirkungskombinationen für die Dimensionierung der Innenschale sind nachfolgend aufgezeigt:

6.3.9 Pressione aerodinamica A1

I processi di carico e scarico tensionale a seguito del passaggio dei treni sono definiti nel documento D0118-00064 "Aerodinamica – clima – ventilazione". Dal documento si deduce che in casi estremi (azioni eccezionali) si presentano in galleria azioni aerodinamiche di $\Delta p_{\text{Druck}} = + 11 \text{ kN/m}^2$ e $\Delta p_{\text{Sog}} = - 9 \text{ kN/m}^2$. 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 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 [11]. I risultati sono riportati nell'Appendice 3.

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.

6.3.11 Combinazioni di carico

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

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

	Lastfall / Caso di carico	ständig / permanenti				vorübergehend / variabili			außergewöhnlich / eccezionali			
		Eigengewicht	Wasserdruck	Gebirgslast ohne Auftrieb	Kriechen und Schwinden	Temperatur (Sommer)	Temperatur (Winter)	Verkehrslast (Zugfahrt)	Erdbeben	Brand	Druck infolge Zugfahrt	Sog infolge Zugfahrt
	Einwirkungskombination / Combinazioni	Peso proprio	Carico idraulico	Carichi della roccia in condizioni asciutte	Ritiro e rilassamento	Temperatura (Estate)	Temperatura (Inverno)	Carico ferroviario	Sisma	Fuoco	Carico aereodinamico (pressione)	Carico aereodinamico (aspirazione)
		G1	G4	G5	G6	Q1	Q1	Q2	E1	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	1.35		1.50						
		1.00	1.00	1.00		1.00						
	6	1.35	1.35	1.35	1.00		1.50					
		1.00	1.00	1.00	1.00		1.00					
	11	1.00				0.60					1.00	
	12	1.00			1.00		0.60					1.00
	13	1.00	1.00	1.00		0.60			1.00			
	14	1.00	1.00	1.00	1.00		0.60		1.00			
	21	1.00	1.00	1.00		0.60				1.00		
22	1.00	1.00	1.00	1.00					1.00			

Tabelle 23: Einwirkungskombinationen (in rosa die GZT-Kombinationen und in weiß die GZG-Kombinationen)

6.4 NACHWEISE

Für den Nachweis des Grenzzustandes und der Grenzgebrauchstauglichkeit der Innenschale wurden die Wirkungskombinationen gemäß Vorgaben des NTC2008, Kap. 2.5.3 berücksichtigt.

6.4.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

6.4.1.1 Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen

Die zu berücksichtigenden Teilsicherheitsfaktoren variieren abhängig von Kombinationen und Art der Einwirkungen. Gemäß NTC2008 werden folgende Teilsicherheitsfaktoren für ständige, vorübergehende und außergewöhnliche Bemessungssituationen berücksichtigt:

$$\gamma_{Gj,inf} \text{ günstig/favorevole} = 1,00 / 1,00 / 1,00$$

$$\gamma_{Gj,sup} \text{ ungünstig/sfavorevole} = 1,35 / 1,20 / 1,00$$

$$\gamma_{Q,1,sup} / \gamma_{Q,i,sup} \text{ günstig/favorevole} = 0,00 / 0,00 / 0,00$$

$$\gamma_{Q,1,sup} / \gamma_{Q,i,sup} \text{ ungünstig/sfavorevole} = 1,50 / 1,30 / 1,00$$

Angesichts der Einwirkungen aus dem Schwinden für die Überprüfung im Grenzzustand der Tragfähigkeit, wurde gemäß EC2, Teil 1, Kap. 2.4.2.1, der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{SH} = 1,0$ berücksichtigt.

6.4.1.2 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

Gemäß EN 1990 bzw. NTC2008 müssen folgende Kombinationsbeiwerte benutzt werden:

Einwirkung /	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Druck / Sog infolge Zugfahrt A1 / Pressione aerodinamica A1	0,8	0,5	0,0
Temperatur Q1 / Forze termiche Q1	0,6	0,6	0,5

Tabelle 24: Kombinationsbeiwerte

Tabella 23: Combinazioni di carico (in rosa le combinazioni SLU e in bianco le combinazioni SLE)

6.4 VERIFICHE

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

6.4.1 Stati Limite Ultimi (SLU)

6.4.1.1 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 $\gamma_{SH} = 1,0$.

6.4.1.2 Coefficienti di combinazione delle azioni

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

Tabella 24: Coefficienti di combinazione

6.4.1.3 Einwirkungskombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen müssen gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten ψ zu berücksichtigt werden.

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

6.4.1.4 Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände

Die Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände bei einer ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation sind, wie mit BBT SE vereinbart, wie folgt zu betrachten, unter Berücksichtigung einer Bauwerklebensdauer von 200 Jahren:

Stahlbeton

- Teilsicherheitsbeiwert für den Betonwiderstand $Y_c = 1,60$
- Minderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung der Betondruckfestigkeit: $\alpha_{cc} = 0,85$
- Teilsicherheitsbeiwert für Stahlwiderstand $Y_s = 1,20$

Für die Überprüfungen der außergewöhnlichen Bemessungssituation müssen die Teilsicherheitsfaktoren mit $Y_c = 1,20$ und $Y_s = 1,00$ berücksichtigt werden. Der Minderungsbeiwert der Betondruckfestigkeit α bleibt unverändert.

6.4.1.5 Überprüfung auf Beulspannung

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

6.4.1.6 Querkraftüberprüfung

Die Bemessung des Stahlbetons erfolgt gemäß den Vorgaben des NTC2008, Kap. 4.1.2.1.2.3.

6.4.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

6.4.2.1 Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen

Bei der Überprüfung des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit müssen die charakteristischen Einwirkungen mit deren Kombinationen berücksichtigt werden.

6.4.2.2 Kombinationsbeiwerte der Einwirkungen

In Tabelle 23 befinden sich die bei Einwirkungskombinationen zu berücksichtigenden Beiwerten. Die Kombinationsbeiwerte werden gemäß Tabelle 24 berücksichtigt.

6.4.1.3 Combinazione delle azioni

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

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

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

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

6.4.1.5 Verifica a pressoflessione

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

6.4.1.6 Verifica a taglio

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

6.4.2 Stati Limite Esercizio (SLE)

6.4.2.1 Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni

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

6.4.2.2 Coefficienti di combinazione delle azioni

In Tabella 23 si trovano i coefficienti da considerare nelle combinazioni delle azioni. I coefficienti di combinazione sono da considerare come in Tabella 24.

6.4.2.3 Einwirkungskombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen müssen, gemäß NTC 2008, mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten ψ berücksichtigt werden.

6.4.2.4 Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände

Für die Überprüfung des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit werden die charakteristischen Werte der Widerstände berücksichtigt.

6.4.2.5 Ermittlung der Verformungen

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

6.4.2.6 Begrenzung der Rissbreiten

Unter Berücksichtigung der NTC2008, wird im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit die maximale Rissweite w_{kal} für die maßgebenden Einwirkungskombinationen, unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsfaktoren und Minderungsfaktoren ψ Tabelle 23 nachgewiesen. Die zulässige Rissbreite für Normalbeton ohne besondere Stärkeanforderung oder bei Abdichtungsvorkommen wird auf $w_{kal} \leq 0,3$ mm begrenzt.

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

6.5 BAULICHE DURCHBILDUNG

6.5.1 Expositionsklasse und Mindestbetondeckung

Gemäß UNI 11104 und UNI EN 206-1:2006, wird bei Expositionsklasse XC3/XA1 die Anwendung von Beton der Festigkeitsklasse C30/37, hingegen bei Expositionsklasse XC4/XA2 Beton der Festigkeitsklasse C32/40 vorgesehen.

Die Berechnung der Mindestbetondeckung zur Gewährleistung der Bauwerklebensdauer >100 Jahren ist gemäß N.T.C. 2008 durchgeführt:

	XC3	XC4
Festigkeitsklasse	30/37	32/40
Umweltbedingungen	Normal	Aggressiv
C_{min} [mm]	20	30
Nutzbare Lebenszeit > 100 Jahre [mm]	+10	+10
Bauliche Toleranz [mm]	+10	+10

6.4.2.3 Combinazioni delle azioni

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

6.4.2.4 Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

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

6.4.2.5 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.

6.4.2.6 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 ψ secondo Tabella 23. 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.

6.5 STRUTTURA COSTRUTTIVA

6.5.1 Classe di esposizione e copriferro minimo

In accordo alle UNI 11104 e alle UNI EN 206-1:2006, in classe di esposizione XC3/XA1 è previsto l'utilizzo di calcestruzzo C30/37 mentre in classe di esposizione XC4/XA2 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	30/37	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]	40	50
----------------	----	----

C _{nom} [mm]	40	50
-----------------------	----	----

Tabelle 25: Mindestbetondeckung

Zur Einheitlichkeit ist eine Betondeckung von 5 cm entlang der ganzen Entwicklung der Tunnels vorgesehen.

6.5.2 Mindestbewehrung

Im Fall einer bewehrten Innenschale, wird die Mindestbewehrung im NTC 2008, Punkt 4.1.6.1.1 bestimmt.

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 $0,0013 \times b \times xd$,

wobei:

- b = mittlere Breite der Zugzone;
- d = Nutzhöhe des Querschnitts;
- f_{ctm} = Mittelwert der Zugfestigkeit des Betons;
- f_{yk} = charakteristische Wert der Streckengrenze des Betonstahls.

7 ERGEBNISSE

Folgende Tabelle zeigt eine Zusammenfassung der Mindeststärken und der berücksichtigten Bewehrungen bei den Überprüfungen der Haupttunnels in unmittelbarer Nähe der Verbindungen in den Klassen II, III und Rb:

	Calotta			Muretta			Platea di fondazione					
	h [m]	A _{Intrad.}	A _{Estrad.}	A _{taglio}	h [m]	A _{Intrad.}	A _{Estrad.}	A _{taglio}	h [m]	A _{Intrad.}	A _{Estrad.}	A _{taglio}
IN-GL-D	0.40	φ20/15cm	φ20/15cm	-	0.74	φ16/15cm	φ16/15cm	φ12/15x80cm	0.6	φ16/15cm	φ16/15cm	-
IN-GL-DA	0.45	φ20/15cm	φ20/15cm	-	0.74	φ20/15cm	φ20/15cm	φ12/15x40cm	0.6	φ20/15cm	φ20/15cm	-
IN-GL-MA	0.40	φ16/15cm	φ16/15cm	-	0.53	φ16/15cm	φ16/15cm	-	0.53	φ16/15cm	φ16/15cm	-
IN-GL-E-T	0.35 (0.39)	φ12/15cm (φ20/15cm)	φ12/15cm (φ20/15cm)	- (φ12/15x50cm)	0.48	φ16/15cm	φ16/15cm	φ12/15x30cm	1.34	φ16/15cm	φ16/15cm	-
IN-GL-T3	0.35	φ14/15cm	φ14/15cm	-	0.40-0.70	φ14/15cm	φ14/15cm	-	0.74	φ16/15cm	φ16/15cm	-

Tabelle 26: Bewehrung der laufenden Ausbruchquerschnitte in unmittelbarer Nähe der Verbindungen

Die in Klammer aufgezeigten Werte der Verbindungen der GL-E-T entsprechen den Berechnungswerten auf Höhe der Widerlager.

Wie in Anhang 3 dargestellt, ist im Verbindungsausbruchquerschnitt der Querstellen CT1-IN eine Längsbewehrung, aus φ 12mm, Abstand 15cm, mit φ10mm Verteilungsabstand 30cm, sowohl an der Kappe als auch an der Sohle, vorgesehen. Es ist keine Schubbewehrung erforderlich.

Tabella 25: Copriferro minimo.

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

6.5.2 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 $0,0013 \times b \times xd$,
- 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.

7 RISULTATI

La seguente tabella riporta un riassunto degli spessori minimi e delle armature considerate nelle verifiche delle gallerie di linea in prossimità degli innesti in classe II, III e Rb:

Tabella 26: Armatura delle sezioni correnti in prossimità degli innesti

I valori tra parentesi negli innesti della GL-E-T corrispondono ai valori di calcolo in corrispondenza dei ritti.

Come illustrato nell'Appendice 3, nella sezione di innesto dei cunicoli trasversali CT1-IN è prevista un'armatura longitudinale costituita da φ 12mm a passo 15cm, con φ10mm a passo 30cm di ripartizione, sia in calotta che in platea. Non è richiesta armatura a taglio.

Diese Bewehrung entspricht einem Einfall von 55kg/m³ an der Kappe und 25kg/m³ am Gegengewölbe.

Tale armatura corrisponde ad un'incidenza di 55kg/m³ in calotta e 25kg/m³ in arco rovescio.

Auf Höhe des BP47/1 in Klasse IV, wie in Anhang 4 dargestellt, ist folgende Bewehrung für den Haupttunnel und für die ersten 3 Abschlüge des Querstollens vorgesehen:

In corrispondenza del BP 47/1 in classe IV, come illustrato nell'appendice 4, è prevista la seguente armatura per la galleria di linea e per i primi 3 sfondi del cunicolo trasversale:

	Calotta				Muretta				Arco rovescio			
	h [m]	A _{Intrad.}	A _{estrad.}	A _{taglio}	h [m]	A _{Intrad.}	A _{estrad.}	A _{taglio}	h [m]	A _{Intrad.}	A _{estrad.}	A _{taglio}
IN-GL-T4	0.6	φ16/15cm	φ16/15cm	-	0.6	φ16/15cm	φ16/15cm	-	0.7	φ16/15cm	φ16/15cm	-
CT2-a-IN	0.40	φ12-14/15cm	φ12-14/15cm	-	0.65	φ16/15cm	φ16/15cm	-	0.9-1.30	φ16/15cm	φ16/15cm	-

Tabelle 27: Bewehrung der laufenden Ausbruchquerschnitte in unmittelbarer Nähe der Verbindungen (BP47/1 FVM-S-PS)

Tabella 27: Armatura delle sezioni correnti in prossimità degli innesti (BP 47/1 FVM-S-PS)

8 VERZEICHNISSE

8.1 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Synoptische Tafel der Stollen CT1-CT2a5

Tabelle 2: Charakterisierung der Außenschalen auf Höhe der Verbindungen 6

Tabelle 3: Geomechanische homogene Zonen 10

Tabelle 4 Charakterisierung des Gebirges jeder homogenen Zone und probabilistische Verteilung der unterschiedlichen Klassen 11

Tabelle 5: Charakterisierung der Gebirge auf Höhe des BP47/1 11

Tabelle 6: typische Parameter der Gebirges in den unterschiedlichen Zonen und Klassen 12

Tabelle 7: typische Parameter des Gebirges auf Höhe des BP47/1 12

Tabelle 8: Lage der Trennflächen im Sektor GB-G-GA1 12

Tabelle 9: Lage der Trennflächen im Sektor GB-G-GA2.... 13

Tabelle 10: Lage der Trennflächen im Sektor GB-G-GA3.. 13

Tabelle 11: Lage der Trennflächen im Sektor GB-G-GA4.. 13

Tabelle 12: Lage der Trennflächen im Sektor GB-G-GA5.. 13

Tabelle 13: Lage der Trennflächen im Sektor GB-G-GA6.. 13

Tabelle 14: Begrenzungsdrucke die von den ergänzenden Eingriffen auf Höhe der Verbindung geliefert werden..... 15

Tabelle 15: Begrenzungsdrucke die von den ergänzenden Eingriffen auf Höhe der Verbindung geliefert werden (BP47/1 - FVM-S-PS) 16

Tabelle 16: Axiale Wirkung an den Innenschalen auf Höhe des Trägers 17

Tabelle 17: Axiale Wirkung an den Innenschalen auf Höhe des Trägers BP 47/1 (FVM-S-PS) 17

8 ELENCHI

8.1 ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1: Quadro sinottico dei cunicoli CT1-CT2a.....5

Tabella 2: Caratterizzazione dei rivestimenti di prima fase in corrispondenza degli innesti.....6

Tabella 3: Zone geomeccaniche omogenee 10

Tabella 4: Caratterizzazione degli ammassi di ciascuna zona omogenea e distribuzione probabilistica delle diverse classi 11

Tabella 5: Caratterizzazione degli ammassi in corrispondenza del BP 47/1 11

Tabella 6: Parametri caratteristici dell'ammasso nelle diverse zone e classi 12

Tabella 7: Parametri caratteristici dell'ammasso in corrispondenza del BP 47/1 12

Tabella 8: Giacitura delle discontinuità nel settore GB-G-GA1 12

Tabella 9: Giacitura delle discontinuità nel settore GB-G-GA2 13

Tabella 10: Giacitura delle discontinuità nel settore GB-G-GA3 13

Tabella 11: Giacitura delle discontinuità nel settore GB-G-GA4 13

Tabella 12: Giacitura delle discontinuità nel settore GB-G-GA5 13

Tabella 13: Giacitura delle discontinuità nel settore GB-G-GA6 13

Tabella 14: Pressioni di confinamento fornite dagli interventi integrativi in corrispondenza degli innesti..... 15

Tabelle 18: Höchstbelastungen im Träger	18
Tabelle 19: Belastungen in der Mittellinie des Trägers.....	18
Tabelle 20: Zusammenfassung Trägermaße und - bewehrungen	19
Tabelle 21: Drucke auf der Innenschale des GL	23
Tabelle 22: Temperatureinwirkung.....	24
Tabelle 23: Einwirkungskombinationen (in rosa die GZT- Kombinationen und in weiß die GZG-Kombinationen)	26
Tabelle 24: Kombinationsbeiwerte	26
Tabelle 25: Mindestbetondeckung	29
Tabelle 26: Bewehrung der laufenden Ausbruchquerschnitte in unmittelbarer Nähe der Verbindungen	29
Tabelle 27: Bewehrung der laufenden Ausbruchquerschnitte in unmittelbarer Nähe der Verbindungen (BP47/1 FVM-S-PS)30	

Tabella 15: Pressioni di confinamento fornite dagli interventi integrativi in corrispondenza degli innesti (BP47/1 - FVM-S- PS)	16
Tabella 16: Azione assiale nei rivestimenti in corrispondenza dell'architrave	17
Tabella 17: Azione assiale nei rivestimenti in corrispondenza dell'architrave BP 47/1 (FVM-S-PS).....	17
Tabella 18: Sollecitazioni massime nell'architrave	18
Tabella 19: Sollecitazioni in mezzeria dell'architrave	18
Tabella 20: Sintesi dimensioni e armature dell'architrave ..	19
Tabella 21: Pressioni sul rivestimento definitivo del GL	23
Tabella 22: Variazione termica.....	24
Tabella 23: Combinazioni di carico (in rosa le combinazioni SLU e in bianco le combinazioni SLE)	26
Tabella 24: Coefficienti di combinazione.....	26
Tabella 25: Copriferro minimo.....	29
Tabella 26: Armatura delle sezioni correnti in prossimità degli innesti	29
Tabella 27: Armatura delle sezioni correnti in prossimità degli innesti (BP 47/1 FVM-S-PS)	30

8.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Schematisierung der Schnittstelle	21
Abbildung 2: Hydrostatischer Druck – drainierter Regelquerschnitt	22

8.3 ANLAGENVERZEICHNIS

- ANHANG 1 - ÜBERPRÜFUNG DES TRÄGERS
- ANHANG 2 - ÜBERPRÜFUNG DER INNENSCHALEN
DER GL AUF HÖHE DER VERBINDUNGEN
- ANHANG 3 - FEM-ANALYSE DER INNENSCAHL
CT1-IN
- ANHANG 3 - FEM-ANALYSE DER INNENSCAHL
CT2-a-IN

8.4 REFERENZDOKUMENTE

8.4.1 Dokumente der Ausschreibungsplanung

- [1] 02_H61_GD_992_GTB_D0700_13018 - Brenner
Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos

8.2 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 1: Schematizzazione dell'interfaccia	21
Figura 2: Pressione idrostatica - Sezione tipo drenata.....	22

8.3 ELENCO APPENDICI

- APPENDICE 1 - VERIFICA DELL'ARCHITRAVE
- APPENDICE 2 - VERIFICA DEI RIVESTIMENTI
DEFINITIVI DELLE GL IN CORRISPONDENZA
DEGLI INNESTI
- APPENDICE 3 - ANALISI FEM DEL
RIVESTIMENTO DEFINITIVO CT1-IN
- APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL
RIVESTIMENTO DEFINITIVO CT2-a-IN

8.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

8.4.1 Documenti in ingresso

- [1] 02_H61_GD_992_GTB_D0700_13018 - Galleria di
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -

- Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke - Technischer Bericht - Allgemeiner geomechanischer Bericht
- D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali - Relazione tecnica - Relazione geomeccanica generale
- [2] 02_H61_GD_090_GTB_D0700_21001 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 1 - Geomechanischer Detailbericht
- [2] 02_H61_GD_090_GTB_D0700_21001 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 1 - Relazione geomeccanica di dettaglio
- [3] 02_H61_GD_090_GLS_D0700_21002 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 1 - Geomechanisches Prognoseprofil Oströhre (Blatt 1/7)
- [3] 02_H61_GD_090_GLS_D0700_21002 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 1 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione Galleria principale Est (Tav. 1/7)
- [4] 02_H61_GD_090_GLS_D0700_21003 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 1 - Geomechanisches Prognoseprofil Oströhre (Blatt 2/7)
- [4] 02_H61_GD_090_GLS_D0700_21003 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 1 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione Galleria principale Est (Tav. 2/7)
- [5] 02_H61_GD_090_GLS_D0700_21004 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 1 - Geomechanisches Prognoseprofil Oströhre (Blatt 3/7)
- [5] 02_H61_GD_090_GLS_D0700_21004 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 1 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione Galleria principale Est (Tav. 3/7)
- [6] 02_H61_GD_090_GLS_D0700_21005 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 1 - Geomechanisches Prognoseprofil Oströhre (Blatt 4/7)
- [6] 02_H61_GD_090_GLS_D0700_21005 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 1 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione Galleria principale Est (Tav. 4/7)
- [7] 02_H61_GD_090_GLS_D0700_21006 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 1 - Geomechanisches Prognoseprofil Weströhre (Blatt 1/7)
- [7] 02_H61_GD_090_GLS_D0700_21006 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 1 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione Galleria principale Est (Tav. 1/7)
- [8] 02_H61_GD_090_GLS_D0700_21007 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 1 - Geomechanisches Prognoseprofil Weströhre (Blatt 2/7)
- [8] 02_H61_GD_090_GLS_D0700_21007 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 1 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione Galleria principale Ovest (Tav. 1/7)
- [9] 02_H61_GD_090_GLS_D0700_21008 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 1 - Geomechanisches Prognoseprofil Weströhre (Blatt 3/7)
- [9] 02_H61_GD_090_GLS_D0700_21008 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 1 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione Galleria principale Ovest (Tav. 2/7)
- [10] 02_H61_GD_090_GLS_D0700_21009 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 1 - Geomechanisches Prognoseprofil Weströhre (Blatt 4/7)
- [10] 02_H61_GD_090_GLS_D0700_21009 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 1 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione Galleria principale Est (Tav. 3/7)
- [11] 02_H61_EG_995_KTB_D0700_15003_00- Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke - Sicherheit gegen Feuereinwirkung
- [11] 02_H61_EG_995_KTB_D0700_15003_00- Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke - Sicherheit gegen Feuereinwirkung

- [12] 02_H61_OP_250_KST_D0700_21022 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Haupttunnel - Statische Berechnung GL-MA2/MARb/MA3
- [13] 02_H61_OP_260_KST_D0700_21024 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Doppelgleisiger Haupttunnel - Statische Berechnung GL-DA2/DA3
- [14] 02_H61_OP_260_KST_D0700_21025 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Doppelgleisiger Haupttunnel - Statische Berechnung GL-D2/D3/DM2/DM3
- [15] 02_H61_OP_095_KST_D0700_21028 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Haupttunnel - Statische Berechnung GL-T2/T3
- [16] 02_H61_OP_095_KST_D0700_21029 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Haupttunnel - Statische Berechnung GL-T4/T6
- [17] 02_H61_OP_100_KST_D0700_21031 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Haupttunnel mit Innenschale auszustatten - Statische Berechnung GL-E-Tb

- [11] 02_H61_EG_995_KTB_D0700_15003- Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Sicurezza nei riguardi dell'esposizione al fuoco
- [12] 02_H61_OP_250_KST_D0700_21022 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Gallerie principali - Relazione di calcolo GL-MA2/MARb/MA3
- [13] 02_H61_OP_260_KST_D0700_21024 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Gallerie principali a doppio binario - Relazione di calcolo GL-DA2/DA3
- [14] 02_H61_OP_260_KST_D0700_21025 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Gallerie principali a doppio binario - Relazione di calcolo GL-D2/D3/DM2/DM3
- [15] 02_H61_OP_095_KST_D0700_21028 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Gallerie principali - Relazione di calcolo GL-T2/T3
- [16] 02_H61_OP_095_KST_D0700_21029 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Gallerie principali - Relazione di calcolo GL-T4/T6
- [17] 02_H61_OP_100_KST_D0700_21031 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Gallerie principali da rivestire - Relazione di calcolo GL-E-Tb

8.4.2 Normen und Richtlinien

- [18] Technische Konstruktionsnormen 2008 – NTC 2008;
- [19] Leitfaden N.617, Vorgehensweise zur Anwendung der "Neue technische Konstruktionsnormen", laut MD 14.Januar 2008
- [20] DM 28/10/2005 Sicherheit für Bahntunnel
- [21] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 – Grundlage für Konstruktion und Dokumentation zur nationalen Umsetzung ;
- [22] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011
- [23] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Planung von für Stahlbetonbauwerke und Dokumente zur nationalen Umsetzung;
- [24] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Geotechnik und Dokumente zur nationalen Umsetzung

8.4.2 Normativa

- [18] Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 – NTC 2008;
- [19] Circolare n.617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008
- [20] DM 28/10/2005 , Sicurezza nelle gallerie ferroviarie.
- [21] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 – Basi per la progettazione strutturale e documento di applicazione nazionale3
- [22] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011
- [23] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo e documento di applicazione nazionale
- [24] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica e documento di applicazione nazionale

- [25] UNI EN 1992-1-2:2005 "Planung von Betonstrukturen Teil 1-2: Allgemeinregeln - Strukturelle Planung Brandschutz"
- [26] UNI 11076: des 1. Juli 2003, "Testmodalitäten zur Bewertung des Benehmens der an den Decken von Untertagebauten angebrachten Schutzmaßnahmen in Brandfall".
- [27] D.M. 16.02.2007 "Feuerwiderstandsklassifizierung von Erzeugnisse und Bauelemente für Bauwerke"
- [28] UNI 11104:2004
- [29] UNI EN 206-1:2006

8.4.3 Literatur

- [30] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.
- [31] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method", Eurock '96, pagg. 855-860.
- [32] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [33] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [34] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [35] UNWEDGE-rocsience, Underground Wedge Stability Analysis Manual
- [36] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [37] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and underground space technology 16, (247-293)

- [25] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
- [26] 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".
- [27] D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione"
- [28] UNI 11104:2004
- [29] UNI EN 206-1:2006

8.4.3 Letteratura

- [30] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.
- [31] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method", Eurock '96, pagg. 855-860.
- [32] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [33] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [34] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [35] UNWEDGE-rocsience, Underground Wedge Stability Analysis Manual
- [36] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [37] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and underground space technology 16, (247-293)

ANHANG 1 - ÜBERPRÜFUNG DES TRÄGERS

Anhang 1 enthält im Detail die graphischen und tabellarischen Abbildungen der Überprüfungen an GZT und GZG der Träger in unmittelbarer Nähe der Verbindungen.

Insbesondere, für jede gegenwärtige Schnitttypologie des Tunnels, sind bzgl. des Trägers aufgezeigt:

- Die Beulspannungüberprüfungen an GZT;
- Die Beulspannungüberprüfungen an außergewöhnlichen GZT;
- Die Querkraftüberprüfungen in der GZT Kombination;
- Die Betriebsspannungsüberprüfungen und Berechnung der Rissweite;
- Die Brandüberprüfungen (durchgeführt laut Kriterien des spezifischen Berichts [11]).

Folgende Diagramme sind unter Berücksichtigung der Geometrien und Bewehrungen von Tabelle 16 erlangt worden, auf denen hier hingewiesen wird:

		bxh	Armatura		
		[m]	A _{sup}	A _{inf}	A _{taglio}
GL-D	II	40x100	5+5φ26	5+2φ26	2φ10/10cm
	III				
GL-DA	II	45x100	5+5+2φ26	5+5φ26	2φ10/10cm
	III				
GL-MA	II	40x100	5φ26	5φ26	2φ10/30cm
	III				
	Rb				
GL-E-T	II	35x120	4+4+2φ26	4+2φ26	2φ10/10cm
	III				
GL-T	III	35x120	4φ26	4φ26	2φ10/30cm

		bxh	Armatura			
		[cm]	A _{sup}	A _{inf}	A _{contorno}	A _{taglio}
GL-T	IV-V	60x250	5φ26	5φ26	5x2φ26	2φ14/15cm

Bei den Querkraftüberprüfungen des Verbindungsbruchquerschnitts des Trägers wurde das Vorhandensein der Innenschale zwischen Träger (horizontal) und Innenschale des Querstollens berücksichtigt, indem die Höhe des zu berechnenden Ausbruchquerschnitts um 1 m erhöht wurde.

APPENDICE 1 - VERIFICA DELL'ARCHITRAVE

L'appendice 1 contiene nel dettaglio le illustrazioni in forma grafica e tabellare delle verifiche agli SLU e agli SLE delle architravi in prossimità degli innesti.

In particolare, per ciascuna tipologia di sezione corrente della galleria, sono riportate, con riferimento all'architrave:

- Le verifiche a pressoflessione agli SLU;
- Le verifiche a pressoflessione agli SLU eccezionali;
- Le verifiche a taglio nella combinazione SLU;
- La verifica delle tensioni in esercizio e il calcolo dell'ampiezza delle fessure;
- Le verifiche al fuoco (eseguite in accordo ai criteri esposti nella relazione specifica [11]).

I grafici di seguito riportati sono stati ottenuti considerando le geometrie e armature riportate in Tabella 20, qui richiamate:

Nelle verifica a taglio della sezione di incastro dell'architrave si è considerata la presenza del rivestimento definitivo tra l'architrave (orizzontale) e il rivestimento definitivo del cunicolo trasversale incrementando l'altezza della sezione di calcolo di 1 m.

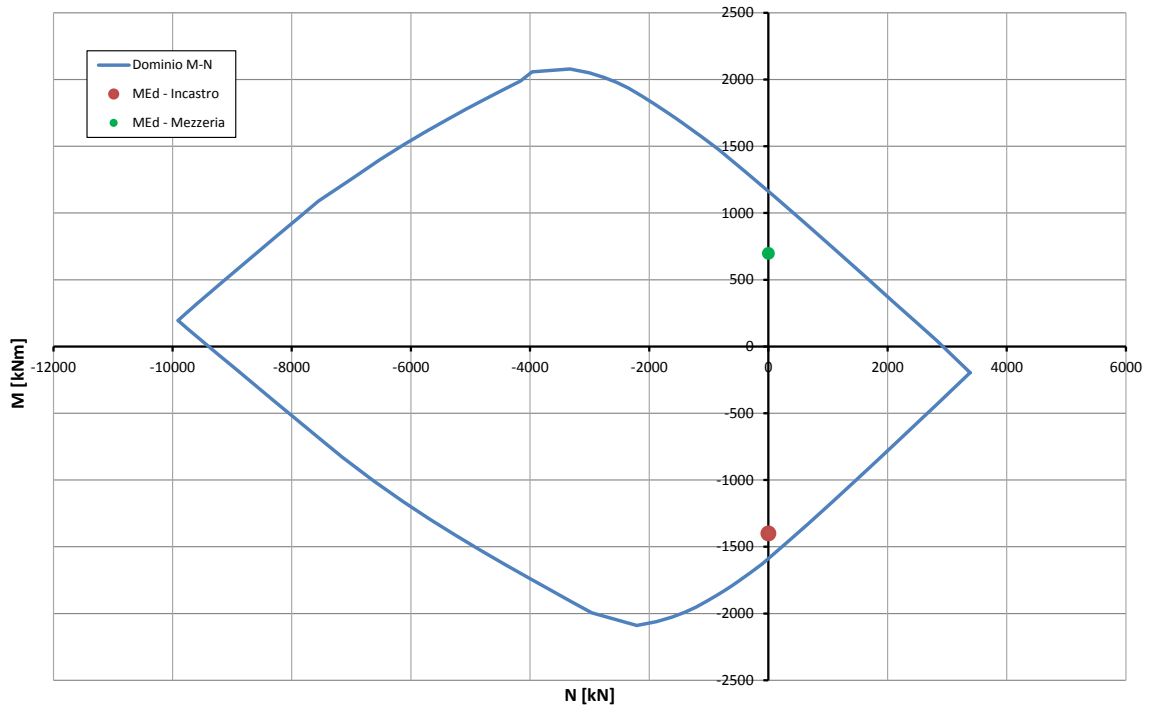


Abbildung 1: Träger GL-D - Überprüfung auf Beulspannung (GZT)

Illustrazione 1: Architrave GL-D - Verifica a pressoflessione (SLU)

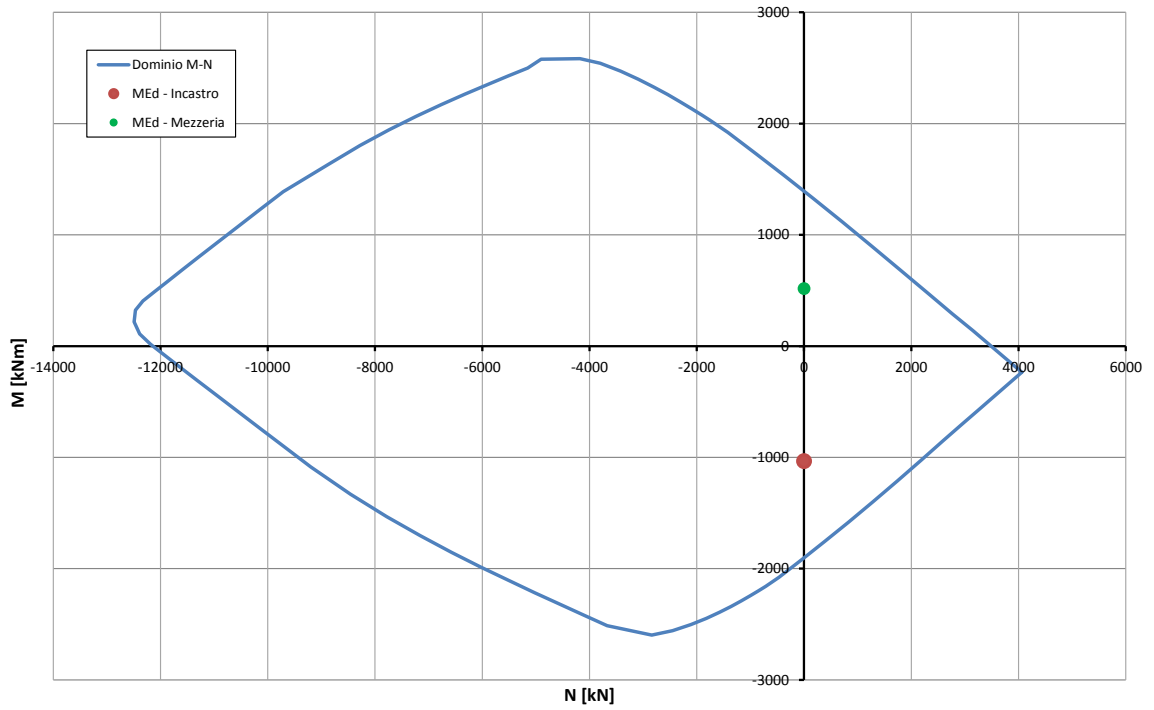


Abbildung 2: Träger GL-D - Überprüfung auf Beulspannung (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 2: Architrave GL-D - Verifica a pressoflessione (SLU_Ecc)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	1865.00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	1927	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	400	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	26	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	10.0	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	5310	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0069	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.32	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.29	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	227.29	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	338.23	kN

VERIFICA NON SODDISFATTA:

occorre procedere al dimensionamento dell'armatura trasversale resistente a taglio.

VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2)**Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento	α	=	90	°
Diametro ferri a taglio	\varnothing_{sw}	=	10	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	n_{sw}	=	2.0	--
Passo in direzione asse elemento	s	=	100	mm
Area totale di armatura a taglio	A_{sw}	=	158	mm ²

Fattori di resistenza a compressione:

Controllo duttilità (SI = duttile)	1.48	<	8.16	SI
Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	θ	=	25.22	°
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	f'_{cd}	=	8.16	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	α_c	=	1.00	--

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	V_{Rsd}	=	2181.52	kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	V_{Rcd}	=	2181.52	kN
Resistenza ultima a taglio	V_{Rd}	=	2181.52	kN

VERIFICA SODDISFATTA.

Abbildung 3: Träger GL-D - Querkraftüberprüfung (GZT)

Illustrazione 3: Architrave GL-D - Verifica a taglio

STRESS CHARACTERISTICS SLS			GL-D/DM	GL-D/DM
Design value of Axial Force	N_{Sd}	[kN]	0	0
Design value of Bending Moment	M_{Sd}	[kNm]	1041	521
Design value of Shear Force	T_{Sd}	[kN]	0.00	0.00
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-D/DM	GL-D/DM
Overall depth of the cross section	h	[mm]	1000	1000
Minimum width of the cross section in the tensile area	b_w	[mm]	400	400
Effective depth of the cross section	d	[mm]	923.0	923.0
Neutral axis depth	x	[mm]	381.1	328.3
Maximum concrete stress (- = compression)	σ_c	[N/mm ²]	-12.25	-6.78
Minimum concrete stress (- = compression)	σ_{c1}	[N/mm ²]	0.00	0.00
Maximum steel stress (+ = tension)	σ_s	[N/mm ²]	261.20	184.30
Minimum steel stress (+ = tension)	σ_{s1}	[N/mm ²]	0.00	0.00
Concrete limit stress	$\sigma_{c,lim}$	[N/mm ²]	-18.43	-18.43
Steel limit stress	$\sigma_{s,lim}$	[N/mm ²]	360.00	360.00
VERIFICATION RESULT			OK	OK
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-D/DM	GL-D/DM
Characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days	f_{ck}	[N/mm ²]	-	30.71
Mean value of axial tensile strength of concrete ($=0.3f_{ck}^{2/3}$ per C≤C50/60)	f_{ctm}	[N/mm ²]	-	2.942
Characteristic axial tensile strength of concrete ($=0.7f_{ctm}$)	f_{ctk}	[N/mm ²]	-	2.059
Partial factor of concrete	γ_c	[-]	-	1.000
Design tensile resistance of concrete	f_{ctd}	[N/mm ²]	-	2.059
Main value of tensile strength of the concrete in the effective tension area (f_{ctm})	$f_{ct,eff}$	[N/mm ²]	-	2.942
Elastic modulus of reinforcing steel	E_s	[N/mm ²]	-	210000
Secant elastic modulus of concrete	E_{cm}	[N/mm ²]	-	32000
= E_s/E_{cm}	α_e	[-]	-	6.56
Factor depending on the duration of the load (0.60: short term - 0.40: long term)	k_t	[-]	-	0.40
Effective tension area of concrete	$A_{c,eff}$	[mm ²]	-	77000
Number of rebar in tension area	n_l	[-]	-	5.0
Rebar main diameter	ϕ_l	[mm]	-	26
Cross section area of reinforcement in $A_{c,eff}$	A_{sl}	[mm ²]	-	2655
= $A_s/A_{c,eff}$	$\rho_{p,eff}$	[-]	-	0.0345
Main strain	$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	‰	-	0.678
Rebar cover	c	[mm]	-	60
Rebar spacing	s	[mm]	-	80
Bond factor (0.80: high bond bars - 1.60: plain bars)	k_1	[-]	-	0.80
Factor which takes account of the distribution of strain (0.50 bending - 1.00 tension)	k_2	[-]	-	0.50
Coefficient for $S_{r,max}$	k_3	[-]	-	3.40
Coefficient for $S_{r,max}$	k_4	[-]	-	0.425
Maximum crack spacing	$S_{r,max}$	[mm]	-	332.21
Crack width	w_k	[mm]	-	0.225
Crack width limit	w_{lim}	[mm]	-	0.300
VERIFICATION RESULT			-	OK

Abbildung 4: Träger GL-D - Spannungsüberprüfung (GZG)

Illustrazione 4: Architrave GL-D - Verifica tensionali (SLE)

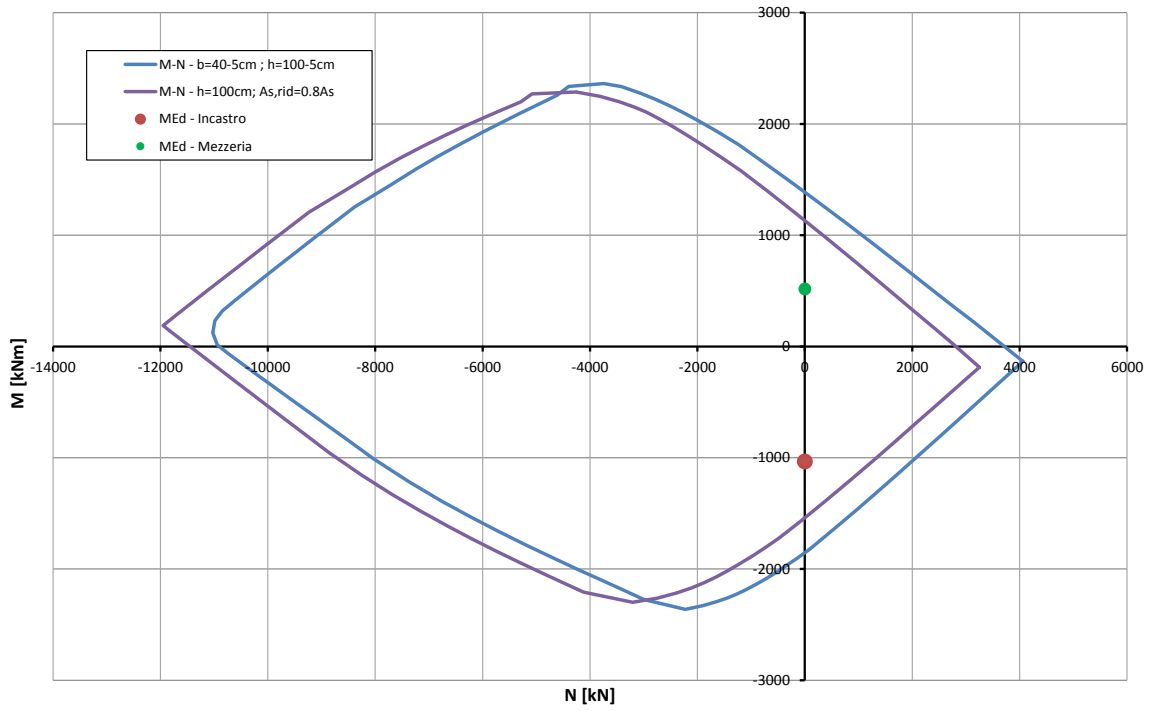


Abbildung 5: Träger GL-D - Überprüfung auf Beulspannung (GZT) bzgl. Brand.

Illustrazione 5: Architrave GL-D - Verifica a pressoflessione nei riguardi dell'esposizione al fuoco

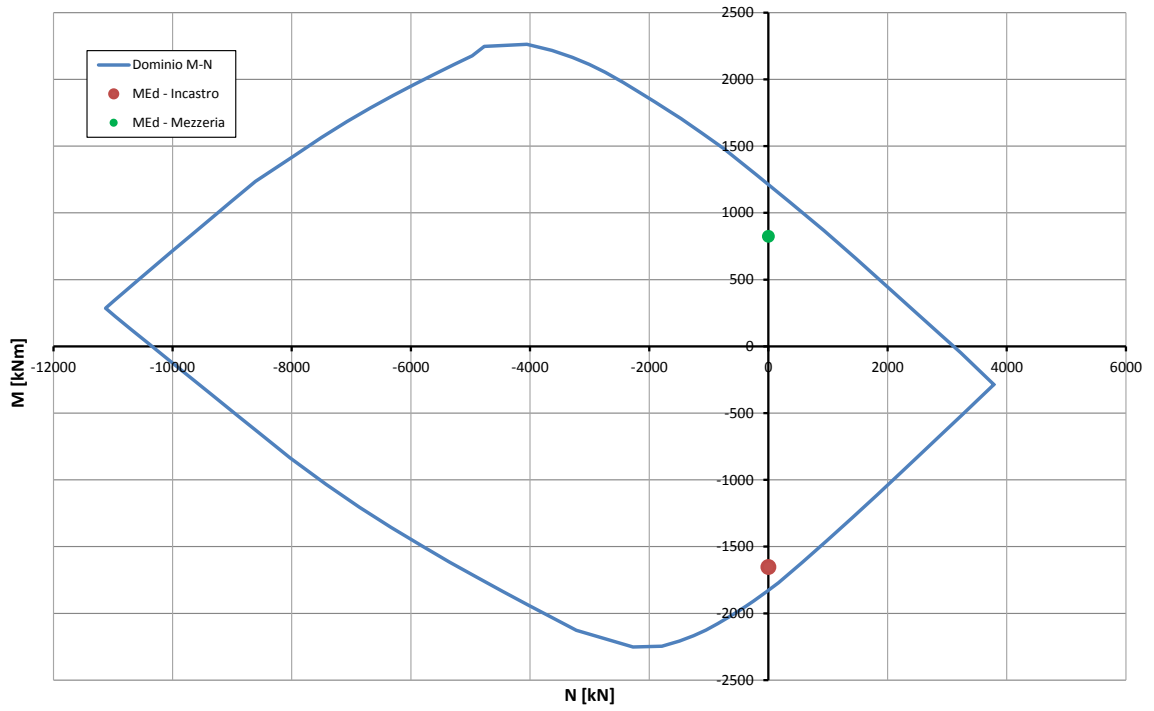


Abbildung 6: : Träger GL-DA - Überprüfung auf Beulspannung (GZT)

Illustrazione 6: Architrave GL-DA - Verifica a pressoflessione (SLU)

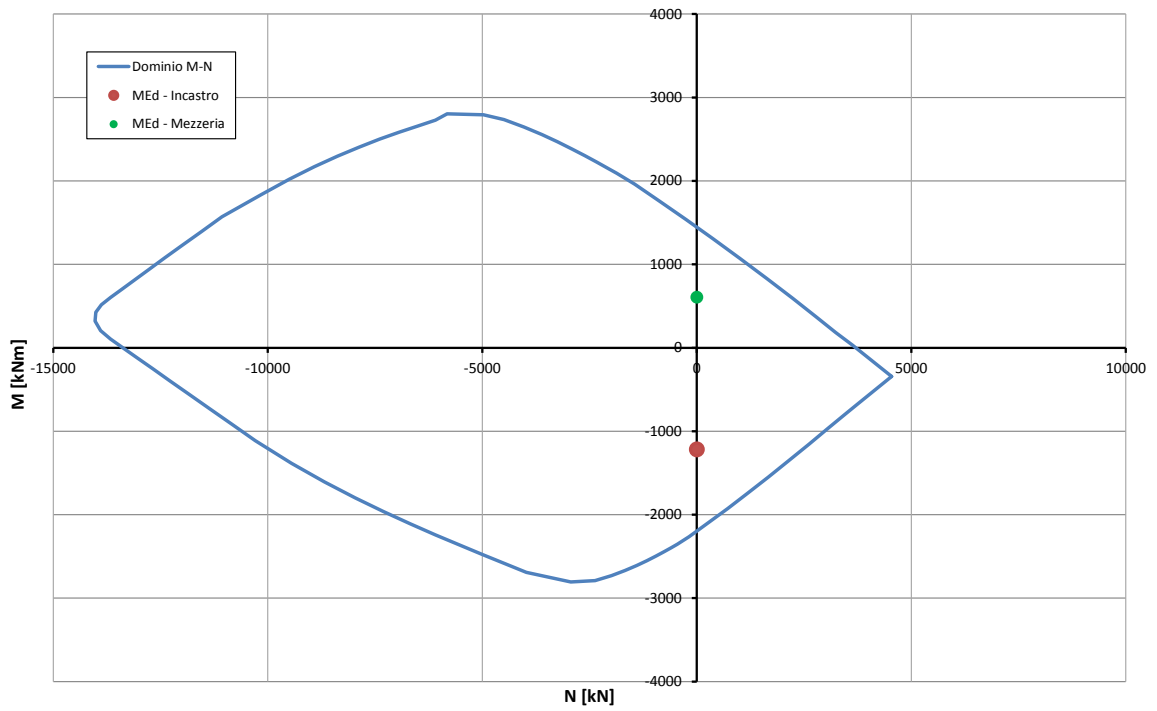


Abbildung 7: Träger GL-DA - Überprüfung auf Beulspannung (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 7: Architrave GL-DA - Verifica a pressoflessione (SLU_Ecc)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	2203.00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	1927	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	450	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	26	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	12.0	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	6372	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0073	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.32	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.29	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	255.70	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	388.79	kN

VERIFICA NON SODDISFATTA:

occorre procedere al dimensionamento dell'armatura trasversale resistente a taglio.

VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2)**Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento	α	=	90	°
Diametro ferri a taglio	\varnothing_{sw}	=	10	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	n_{sw}	=	2.0	--
Passo in direzione asse elemento	s	=	100	mm
Area totale di armatura a taglio	A_{sw}	=	158	mm ²

Fattori di resistenza a compressione:

Controllo duttilità (SI = duttile)	1.32	<	8.16	SI
Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	θ	=	23.69	°
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	f'_{cd}	=	8.16	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	α_c	=	1.00	--

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	V_{Rsd}	=	2342.20	kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	V_{Rcd}	=	2342.20	kN
Resistenza ultima a taglio	V_{Rd}	=	2342.20	kN

VERIFICA SODDISFATTA.

Abbildung 8: Träger GL-DA - Querkraftüberprüfung (GZT)

Illustrazione 8: Architrave GL-DA - Verifica a taglio

STRESS CHARACTERISTICS SLS			GL-DA	GL-DA
Design value of Axial Force	N_{Sd}	[kN]	0	0
Design value of Bending Moment	M_{Sd}	[kNm]	1227	613
Design value of Shear Force	T_{Sd}	[kN]	0.00	0.00
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-DA	GL-DA
Overall depth of the cross section	h	[mm]	1000	1000
Minimum width of the cross section in the tensile area	b_w	[mm]	450	450
Effective depth of the cross section	d	[mm]	923.0	923.0
Neutral axis depth	x	[mm]	370.4	295.6
Maximum concrete stress (- = compression)	σ_c	[N/mm ²]	-13.39	-6.85
Minimum concrete stress (- = compression)	σ_{c1}	[N/mm ²]	0.00	0.00
Maximum steel stress (+ = tension)	σ_s	[N/mm ²]	299.60	218.10
Minimum steel stress (+ = tension)	σ_{s1}	[N/mm ²]	0.00	0.00
Concrete limit stress	$\sigma_{c,lim}$	[N/mm ²]	-18.43	-18.43
Steel limit stress	$\sigma_{s,lim}$	[N/mm ²]	360.00	360.00
VERIFICATION RESULT			OK	OK
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-DA	GL-DA
Characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days	f_{ck}	[N/mm ²]	-	30.71
Mean value of axial tensile strength of concrete ($=0.3f_{ck}^{2/3}$ per C≤C50/60)	f_{ctm}	[N/mm ²]	-	2.942
Characteristic axial tensile strength of concrete ($=0.7f_{ctm}$)	f_{ctk}	[N/mm ²]	-	2.059
Partial factor of concrete	γ_c	[-]	-	1.000
Design tensile resistance of concrete	f_{ctd}	[N/mm ²]	-	2.059
Main value of tensile strength of the concrete in the effective tension area (f_{ctm})	$f_{ct,eff}$	[N/mm ²]	-	2.942
Elastic modulus of reinforcing steel	E_s	[N/mm ²]	-	210000
Secant elastic modulus of concrete	E_{cm}	[N/mm ²]	-	32000
= E_s/E_{cm}	α_e	[-]	-	6.56
Factor depending on the duration of the load (0.60: short term - 0.40: long term)	k_t	[-]	-	0.40
Effective tension area of concrete	$A_{c,eff}$	[mm ²]	-	86625
Number of rebar in tension area	n_l	[-]	-	7.0
Rebar main diameter	ϕ_l	[mm]	-	26
Cross section area of reinforcement in $A_{c,eff}$	A_{sl}	[mm ²]	-	3717
= $A_s/A_{c,eff}$	$\rho_{p,eff}$	[-]	-	0.0429
Main strain	$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	‰	-	0.871
Rebar cover	c	[mm]	-	60
Rebar spacing	s	[mm]	-	80
Bond factor (0.80: high bond bars - 1.60: plain bars)	k_1	[-]	-	0.80
Factor which takes account of the distribution of strain (0.50 bending - 1.00 tension)	k_2	[-]	-	0.50
Coefficient for $S_{r,max}$	k_3	[-]	-	3.40
Coefficient for $S_{r,max}$	k_4	[-]	-	0.425
Maximum crack spacing	$S_{r,max}$	[mm]	-	307.02
Crack width	w_k	[mm]	-	0.267
Crack width limit	w_{lim}	[mm]	-	0.300
VERIFICATION RESULT			-	OK

Abbildung 9: Träger GL-DA - Spannungsüberprüfung (GZG)

Illustrazione 9: Architrave GL-DA - Verifiche tensionali (SLE)

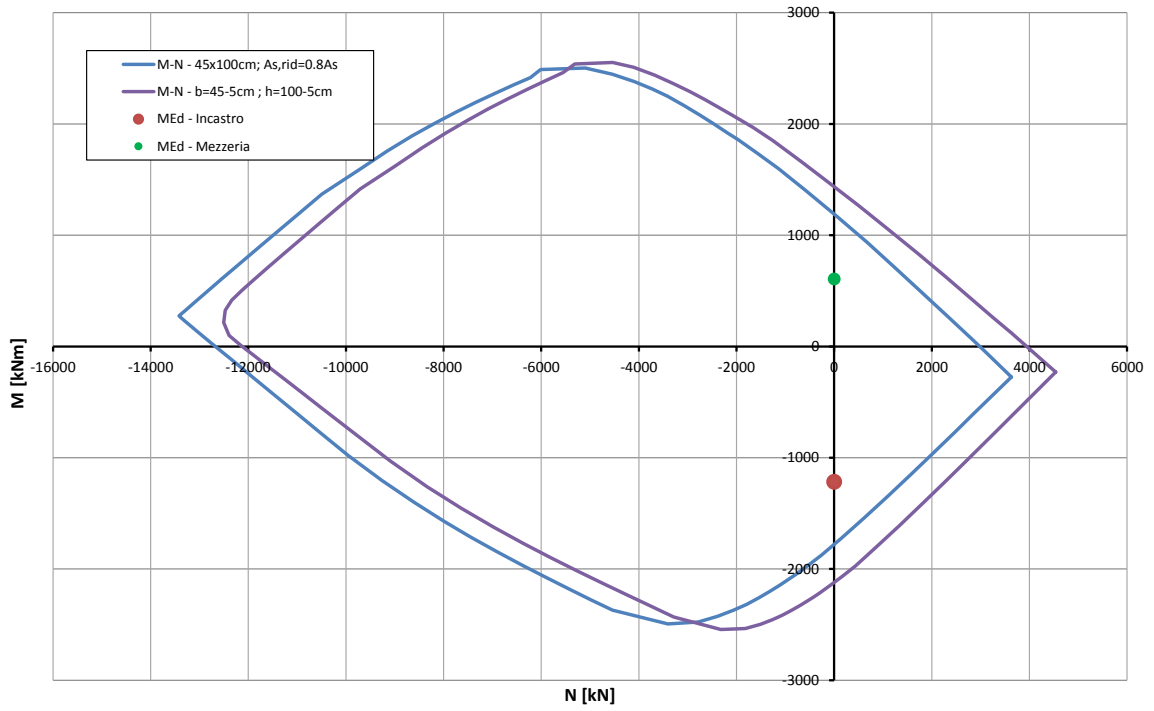


Abbildung 10: Träger GL-Da - Überprüfung auf Beulspannung (GZT) bzgl. Brand.

Illustrazione 10: Architrave GL-DA - Verifica a pressoflessione nei riguardi dell'esposizione al fuoco

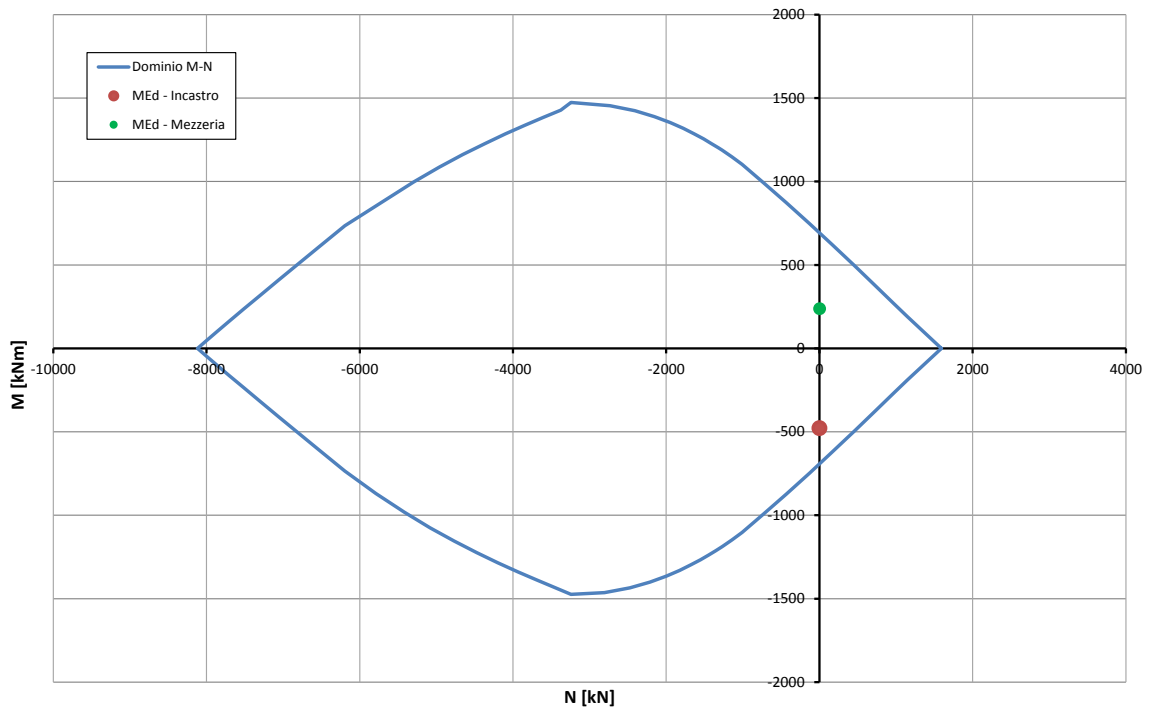


Abbildung 11: Träger GL-MA - Überprüfung auf Beulspannung (GZT) Illustrazione 11: Architrave GL-MA - Verifica a pressoflessione (SLU)

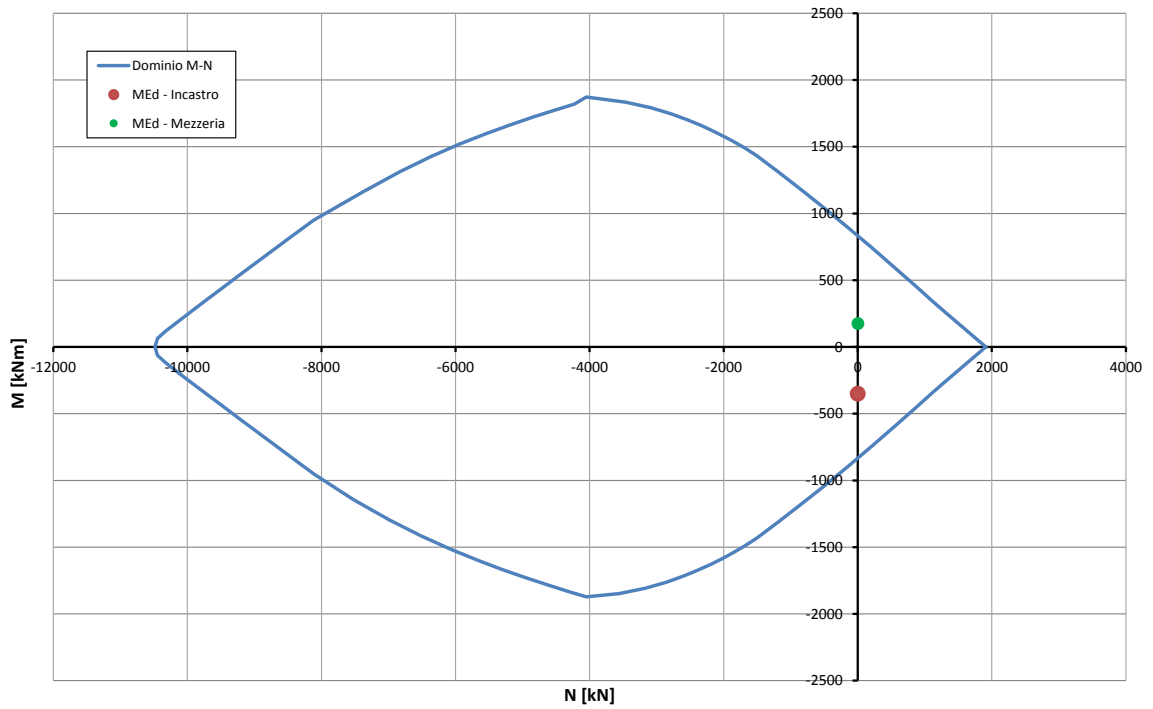


Abbildung 12: Träger GL-MA - Überprüfung auf Beulspannung (außergewöhnliches GZT) Illustrazione 12: Architrave GL-MA - Verifica a pressoflessione (SLU_Ecc)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	637.00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	1927	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	400	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	26	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	5.0	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	2655	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0034	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.32	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.29	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	227.29	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	268.46	kN

VERIFICA NON SODDISFATTA:

occorre procedere al dimensionamento dell'armatura trasversale resistente a taglio.

VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2)**Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento	α	=	90	°
Diametro ferri a taglio	\varnothing_{sw}	=	10	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	n_{sw}	=	2.0	--
Passo in direzione asse elemento	s	=	300	mm
Area totale di armatura a taglio	A_{sw}	=	158	mm ²

Fattori di resistenza a compressione:

Controllo duttilità (SI = duttile)	0.49	<	8.16	SI
Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	θ	=	22.00	°
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	f'_{cd}	=	8.16	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	α_c	=	1.00	--

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	V_{Rsd}	=	847.78	kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	V_{Rcd}	=	1965.51	kN
Resistenza ultima a taglio	V_{Rd}	=	847.78	kN

VERIFICA SODDISFATTA.

Abbildung 13: Träger GL-MA - Querkraftüberprüfung

Illustrazione 13: Architrave GL-MA - Verifica a taglio

STRESS CHARACTERISTICS SLS			GL-MA	GL-MA
Design value of Axial Force	N_{Sd}	[kN]	0	0
Design value of Bending Moment	M_{Sd}	[kNm]	354	177
Design value of Shear Force	T_{Sd}	[kN]	0.00	0.00
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-MA	GL-MA
Overall depth of the cross section	h	[mm]	1000	1000
Minimum width of the cross section in the tensile area	b_w	[mm]	400	400
Effective depth of the cross section	d	[mm]	923.0	923.0
Neutral axis depth	x	[mm]	270.4	270.4
Maximum concrete stress (- = compression)	σ_c	[N/mm ²]	-5.50	-2.75
Minimum concrete stress (- = compression)	σ_{c1}	[N/mm ²]	0.00	0.00
Maximum steel stress (+ = tension)	σ_s	[N/mm ²]	199.20	99.59
Minimum steel stress (+ = tension)	σ_{s1}	[N/mm ²]	0.00	0.00
Concrete limit stress	$\sigma_{c,lim}$	[N/mm ²]	-18.43	-18.43
Steel limit stress	$\sigma_{s,lim}$	[N/mm ²]	360.00	360.00
VERIFICATION RESULT			OK	OK
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-MA	GL-MA
Characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days	f_{ck}	[N/mm ²]	-	30.71
Mean value of axial tensile strength of concrete ($=0.3f_{ck}^{2/3}$ per C≤C50/60)	f_{ctm}	[N/mm ²]	-	2.942
Characteristic axial tensile strength of concrete ($=0.7f_{ctm}$)	f_{ctk}	[N/mm ²]	-	2.059
Partial factor of concrete	γ_c	[-]	-	1.000
Design tensile resistance of concrete	f_{ctd}	[N/mm ²]	-	2.059
Main value of tensile strength of the concrete in the effective tension area (f_{ctm})	$f_{ct,eff}$	[N/mm ²]	-	2.942
Elastic modulus of reinforcing steel	E_s	[N/mm ²]	-	210000
Secant elastic modulus of concrete	E_{cm}	[N/mm ²]	-	32000
= E_s/E_{cm}	α_e	[-]	-	6.56
Factor depending on the duration of the load (0.60: short term - 0.40: long term)	k_t	[-]	-	0.40
Effective tension area of concrete	$A_{c,eff}$	[mm ²]	-	77000
Number of rebar in tension area	n_l	[-]	-	5.0
Rebar main diameter	ϕ_l	[mm]	-	26
Cross section area of reinforcement in $A_{c,eff}$	A_{sl}	[mm ²]	-	2655
= $A_s/A_{c,eff}$	$\rho_{p,eff}$	[-]	-	0.0345
Main strain	$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	‰	-	0.285
Rebar cover	c	[mm]	-	60
Rebar spacing	s	[mm]	-	100
Bond factor (0.80: high bond bars - 1.60: plain bars)	k_1	[-]	-	0.80
Factor which takes account of the distribution of strain (0.50 bending - 1.00 tension)	k_2	[-]	-	0.50
Coefficient for $S_{r,max}$	k_3	[-]	-	3.40
Coefficient for $S_{r,max}$	k_4	[-]	-	0.425
Maximum crack spacing	$S_{r,max}$	[mm]	-	332.21
Crack width	w_k	[mm]	-	0.095
Crack width limit	w_{lim}	[mm]	-	0.300
VERIFICATION RESULT			-	OK

Abbildung 14: Träger GL-MA - Spannungsüberprüfung (GZG)

Illustrazione 14: Architrave GL-MA - Verifica tensionali (SLE)

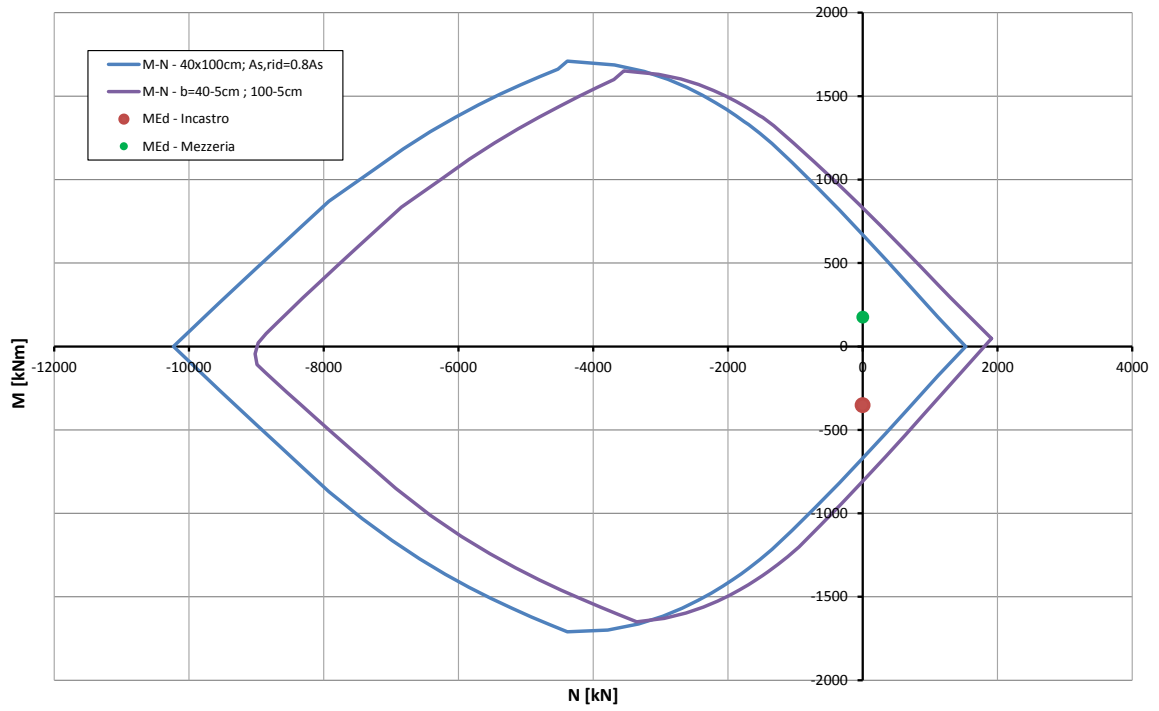


Abbildung 15: Träger GL-MA - Überprüfung auf Beulspannung (GZT) bzgl. Brand.

Illustrazione 15: Architrave GL-MA - Verifica a pressoflessione nei riguardi dell'esposizione al fuoco

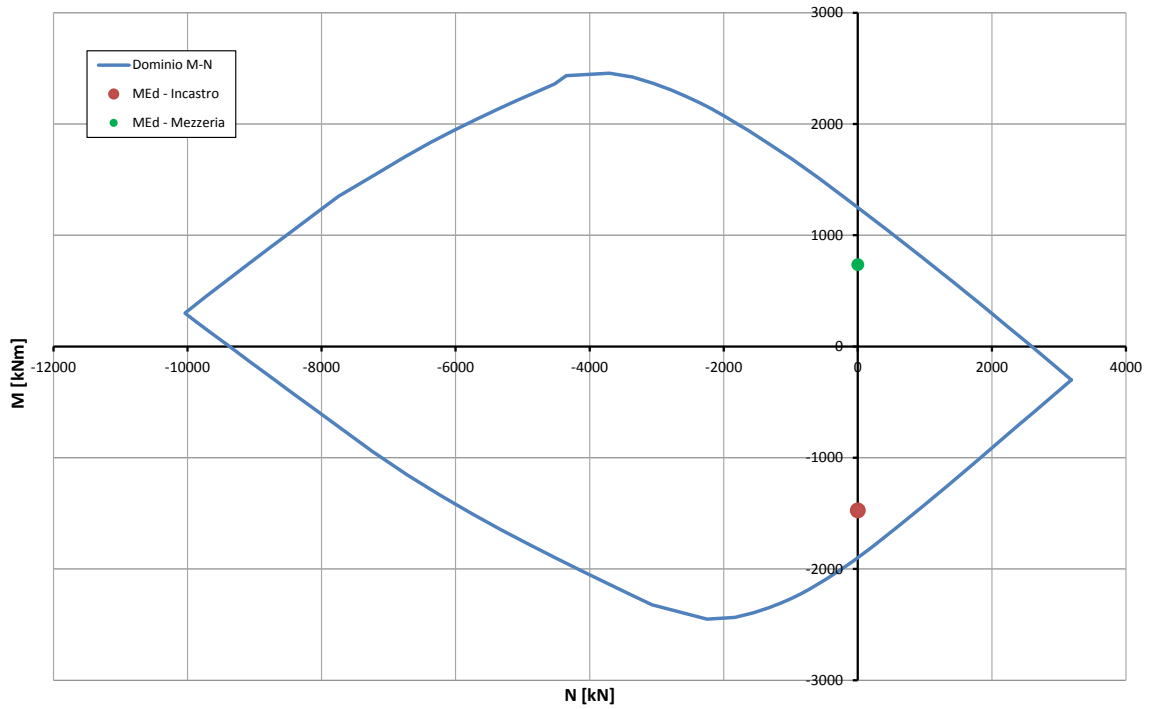


Abbildung 16: Träger GL-E-T - Überprüfung auf Beulspannung (GZT)

Illustrazione 16: Architrave GL-E-T - Verifica a pressoflessione (SLU)

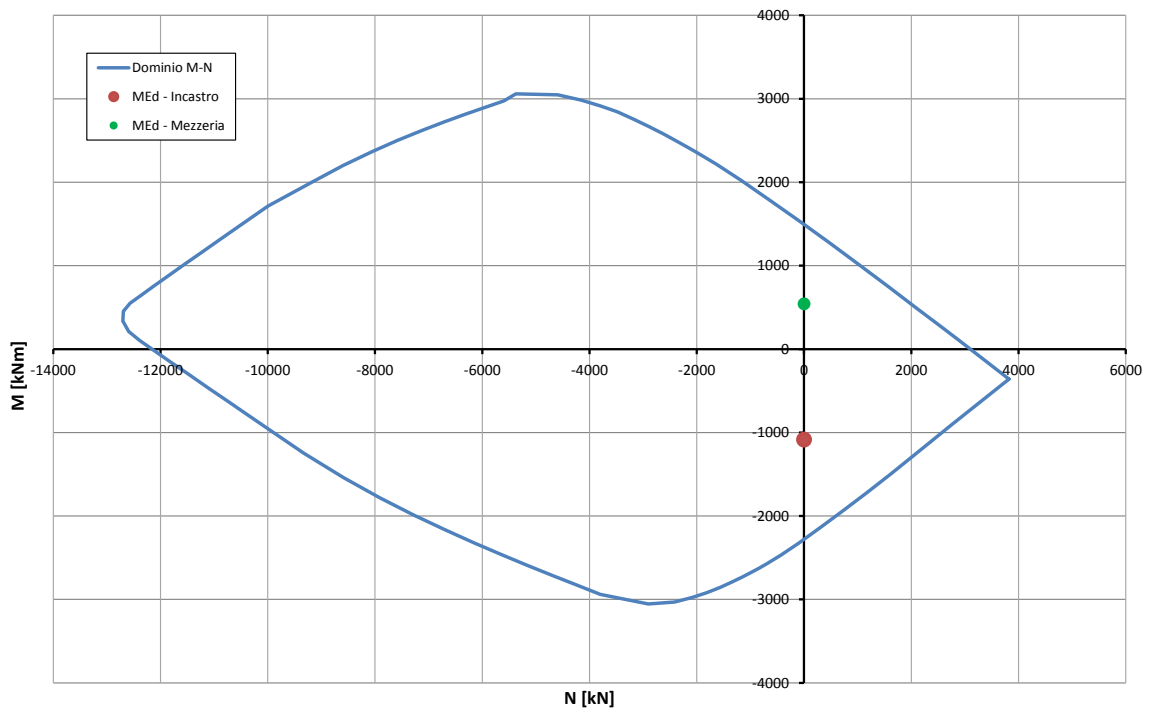


Abbildung 17: Träger GL-E-T - Überprüfung auf Beulspannung (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 17: Architrave GL-E-T - Verifica a pressoflessione (SLU_Ecc)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	1964.00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	2127	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	350	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	26	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	10.0	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	5310	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0071	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.31	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.29	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	215.66	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	326.60	kN

VERIFICA NON SODDISFATTA:

occorre procedere al dimensionamento dell'armatura trasversale resistente a taglio.

VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2)**Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento	α	=	90	°
Diametro ferri a taglio	\varnothing_{sw}	=	10	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	n_{sw}	=	2.0	--
Passo in direzione asse elemento	s	=	100	mm
Area totale di armatura a taglio	A_{sw}	=	158	mm ²

Fattori di resistenza a compressione:

Controllo duttilità (SI = duttile)	1.69	<	8.16	SI
Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	θ	=	27.10	°
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	f'_{cd}	=	8.16	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	α_c	=	1.00	--

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	V_{Rsd}	=	2216.44	kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	V_{Rcd}	=	2216.44	kN
Resistenza ultima a taglio	V_{Rd}	=	2216.44	kN

VERIFICA SODDISFATTA.

Abbildung 18: Träger GL-E-T - Querkraftüberprüfung (GZT)

Illustrazione 18: Architrave GL-E-T - Verifica a taglio

STRESS CHARACTERISTICS SLS			GL-E-T	GL-E-T
Design value of Axial Force	N_{Sd}	[kN]	0	0
Design value of Bending Moment	M_{Sd}	[kNm]	1095	548
Design value of Shear Force	T_{Sd}	[kN]	0.00	0.00
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-E-T	GL-E-T
Overall depth of the cross section	h	[mm]	1200	1200
Minimum width of the cross section in the tensile area	b_w	[mm]	350	350
Effective depth of the cross section	d	[mm]	1123.0	1123.0
Neutral axis depth	x	[mm]	417.8	337.1
Maximum concrete stress (- = compression)	σ_c	[N/mm ²]	-11.41	-5.90
Minimum concrete stress (- = compression)	σ_{c1}	[N/mm ²]	0.00	0.00
Maximum steel stress (+ = tension)	σ_s	[N/mm ²]	288.90	206.20
Minimum steel stress (+ = tension)	σ_{s1}	[N/mm ²]	0.00	0.00
Concrete limit stress	$\sigma_{c,lim}$	[N/mm ²]	-18.43	-18.43
Steel limit stress	$\sigma_{s,lim}$	[N/mm ²]	360.00	360.00
VERIFICATION RESULT			OK	OK
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-E-T	GL-E-T
Characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days	f_{ck}	[N/mm ²]	-	30.71
Mean value of axial tensile strength of concrete ($=0.3f_{ck}^{2/3}$ per C≤C50/60)	f_{ctm}	[N/mm ²]	-	2.942
Characteristic axial tensile strength of concrete ($=0.7f_{ctm}$)	f_{ctk}	[N/mm ²]	-	2.059
Partial factor of concrete	γ_c	[-]	-	1.000
Design tensile resistance of concrete	f_{ctd}	[N/mm ²]	-	2.059
Main value of tensile strength of the concrete in the effective tension area (f_{ctm})	$f_{ct,eff}$	[N/mm ²]	-	2.942
Elastic modulus of reinforcing steel	E_s	[N/mm ²]	-	210000
Secant elastic modulus of concrete	E_{cm}	[N/mm ²]	-	32000
= E_s/E_{cm}	α_e	[-]	-	6.56
Factor depending on the duration of the load (0.60: short term - 0.40: long term)	k_t	[-]	-	0.40
Effective tension area of concrete	$A_{c,eff}$	[mm ²]	-	67375
Number of rebar in tension area	n_l	[-]	-	6.0
Rebar main diameter	ϕ_l	[mm]	-	26
Cross section area of reinforcement in $A_{c,eff}$	A_{sl}	[mm ²]	-	3186
= $A_s/A_{c,eff}$	$\rho_{p,eff}$	[-]	-	0.0473
Main strain	$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	‰	-	0.827
Rebar cover	c	[mm]	-	60
Rebar spacing	s	[mm]	-	70
Bond factor (0.80: high bond bars - 1.60: plain bars)	k_1	[-]	-	0.80
Factor which takes account of the distribution of strain (0.50 bending - 1.00 tension)	k_2	[-]	-	0.50
Coefficient for $S_{r,max}$	k_3	[-]	-	3.40
Coefficient for $S_{r,max}$	k_4	[-]	-	0.425
Maximum crack spacing	$S_{r,max}$	[mm]	-	297.48
Crack width	w_k	[mm]	-	0.246
Crack width limit	w_{lim}	[mm]	-	0.300
VERIFICATION RESULT			-	OK

Abbildung 19: Träger GL-E-T - Spannungsüberprüfung (GZG)

Illustrazione 19: Architrave GL-E-T - Verifica tensionali (SLE)

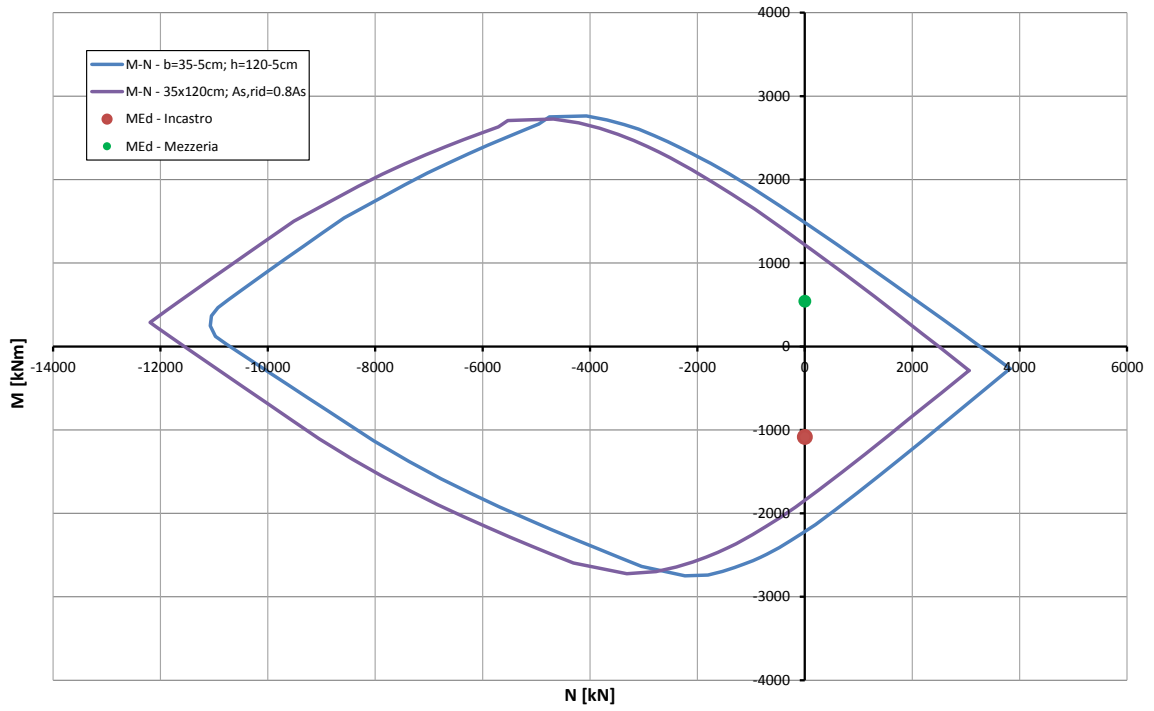


Abbildung 20: Träger GL-E-T - Überprüfung auf Beulspannung (GZT) bzgl. Brand.

Illustrazione 20: Architrave GL-E-T - Verifica a pressoflessione nei riguardi dell'esposizione al fuoco

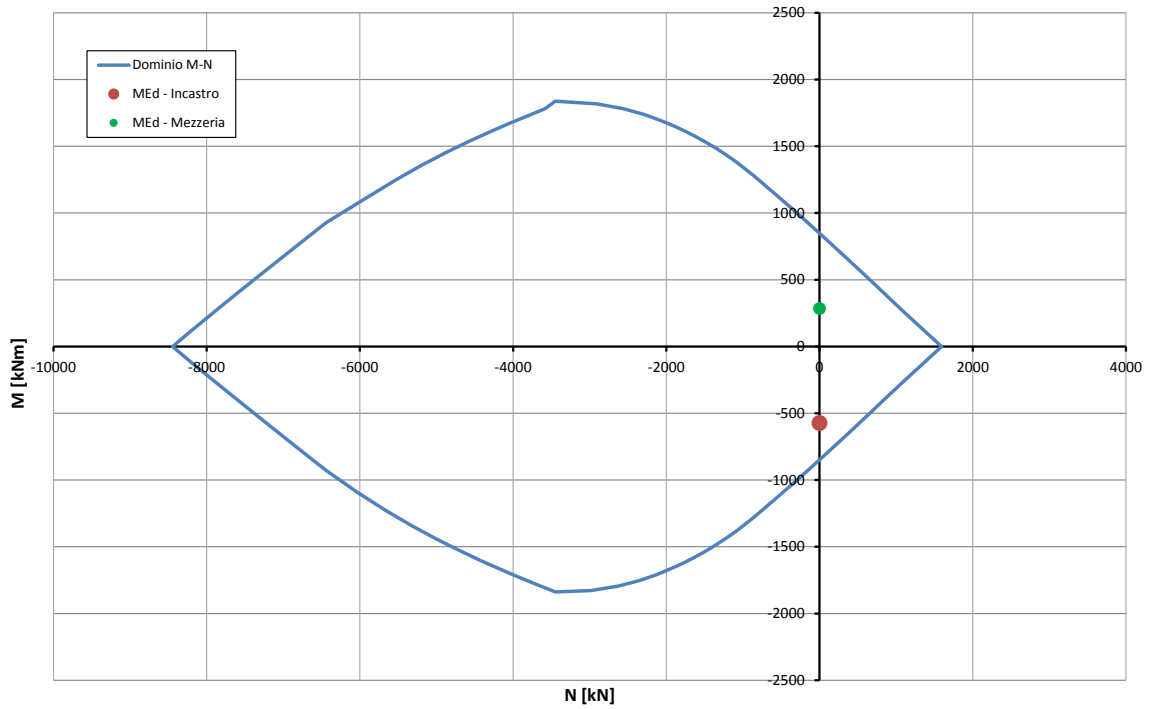


Abbildung 21: Träger GL-T3 - Überprüfung auf Beulspannung (GZT) Illustrazione 21: Architrave GL-T3 - Verifica a pressoflessione (SLU)

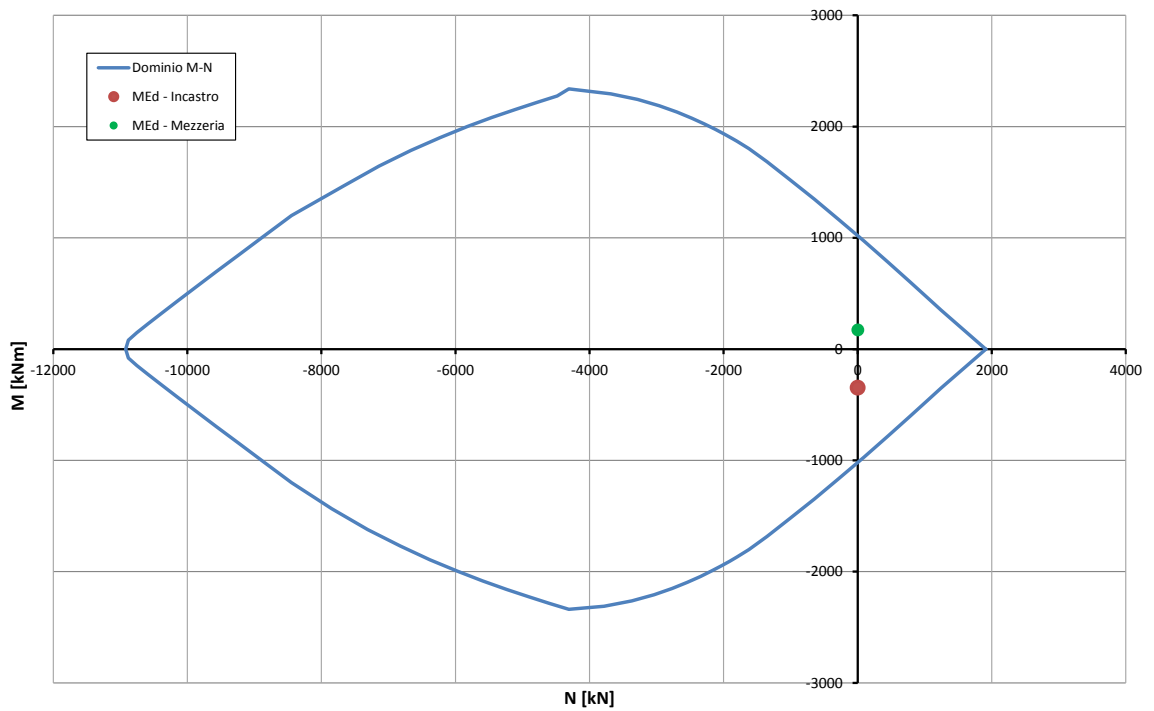


Abbildung 22: Träger GL-T3 - Überprüfung auf Beulspannung (außergewöhnliches GZT) Illustrazione 22: Architrave GL-T3 - Verifica a pressoflessione (SLU_Ecc)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	763.00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	2127	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	350	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	26	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	4.0	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	2124	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0029	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.31	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.29	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	215.66	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	240.64	kN

VERIFICA NON SODDISFATTA:

occorre procedere al dimensionamento dell'armatura trasversale resistente a taglio.

VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2)**Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento	α	=	90	°
Diametro ferri a taglio	\varnothing_{sw}	=	10	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	n_{sw}	=	2.0	--
Passo in direzione asse elemento	s	=	300	mm
Area totale di armatura a taglio	A_{sw}	=	158	mm ²

Fattori di resistenza a compressione:

Controllo duttilità (SI = duttile)	0.56	<	8.16	SI
Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	θ	=	22.00	°
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	f'_{cd}	=	8.16	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	α_c	=	1.00	--

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	V_{Rsd}	=	935.77	kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	V_{Rcd}	=	1898.31	kN
Resistenza ultima a taglio	V_{Rd}	=	935.77	kN

VERIFICA SODDISFATTA.

Abbildung 23: Träger GL-T3 - Querkraftüberprüfung (GZT)

Illustrazione 23: Architrave GL-T3 - Verifica a taglio

STRESS CHARACTERISTICS SLS			GL-T	GL-T
Design value of Axial Force	N_{Sd}	[kN]	0	0
Design value of Bending Moment	M_{Sd}	[kNm]	395	286
Design value of Shear Force	T_{Sd}	[kN]	0.00	0.00
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-T	GL-T
Overall depth of the cross section	h	[mm]	1200	1200
Minimum width of the cross section in the tensile area	b_w	[mm]	350	350
Effective depth of the cross section	d	[mm]	1123.0	1123.0
Neutral axis depth	x	[mm]	319.6	319.6
Maximum concrete stress (- = compression)	σ_c	[N/mm ²]	-4.81	-3.48
Minimum concrete stress (- = compression)	σ_{c1}	[N/mm ²]	0.00	0.00
Maximum steel stress (+ = tension)	σ_s	[N/mm ²]	181.40	131.30
Minimum steel stress (+ = tension)	σ_{s1}	[N/mm ²]	0.00	0.00
Concrete limit stress	$\sigma_{c,lim}$	[N/mm ²]	-18.43	-18.43
Steel limit stress	$\sigma_{s,lim}$	[N/mm ²]	360.00	360.00
VERIFICATION RESULT			OK	OK
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-T	GL-T
Characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days	f_{ck}	[N/mm ²]	-	30.71
Mean value of axial tensile strength of concrete ($=0.3f_{ck}^{2/3}$ per C≤C50/60)	f_{ctm}	[N/mm ²]	-	2.942
Characteristic axial tensile strength of concrete ($=0.7f_{ctm}$)	f_{ctk}	[N/mm ²]	-	2.059
Partial factor of concrete	γ_c	[-]	-	1.000
Design tensile resistance of concrete	f_{ctd}	[N/mm ²]	-	2.059
Main value of tensile strength of the concrete in the effective tension area (f_{ctm})	$f_{ct,eff}$	[N/mm ²]	-	2.942
Elastic modulus of reinforcing steel	E_s	[N/mm ²]	-	210000
Secant elastic modulus of concrete	E_{cm}	[N/mm ²]	-	32000
= E_s/E_{cm}	α_e	[-]	-	6.56
Factor depending on the duration of the load (0.60: short term - 0.40: long term)	k_t	[-]	-	0.40
Effective tension area of concrete	$A_{c,eff}$	[mm ²]	-	67375
Number of rebar in tension area	n_l	[-]	-	4.0
Rebar main diameter	ϕ_l	[mm]	-	26
Cross section area of reinforcement in $A_{c,eff}$	A_{sl}	[mm ²]	-	2124
= $A_s/A_{c,eff}$	$\rho_{p,eff}$	[-]	-	0.0315
Main strain	$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	‰	-	0.411
Rebar cover	c	[mm]	-	60
Rebar spacing	s	[mm]	-	70
Bond factor (0.80: high bond bars - 1.60: plain bars)	k_1	[-]	-	0.80
Factor which takes account of the distribution of strain (0.50 bending - 1.00 tension)	k_2	[-]	-	0.50
Coefficient for $S_{r,max}$	k_3	[-]	-	3.40
Coefficient for $S_{r,max}$	k_4	[-]	-	0.425
Maximum crack spacing	$S_{r,max}$	[mm]	-	344.22
Crack width	w_k	[mm]	-	0.141
Crack width limit	w_{lim}	[mm]	-	0.300
VERIFICATION RESULT			-	OK

Abbildung 24: Träger GL-T3 - Spannungsüberprüfung (GZG)

Illustrazione 24: Architrave GL-T3 - Verifica tensionali (SLE)

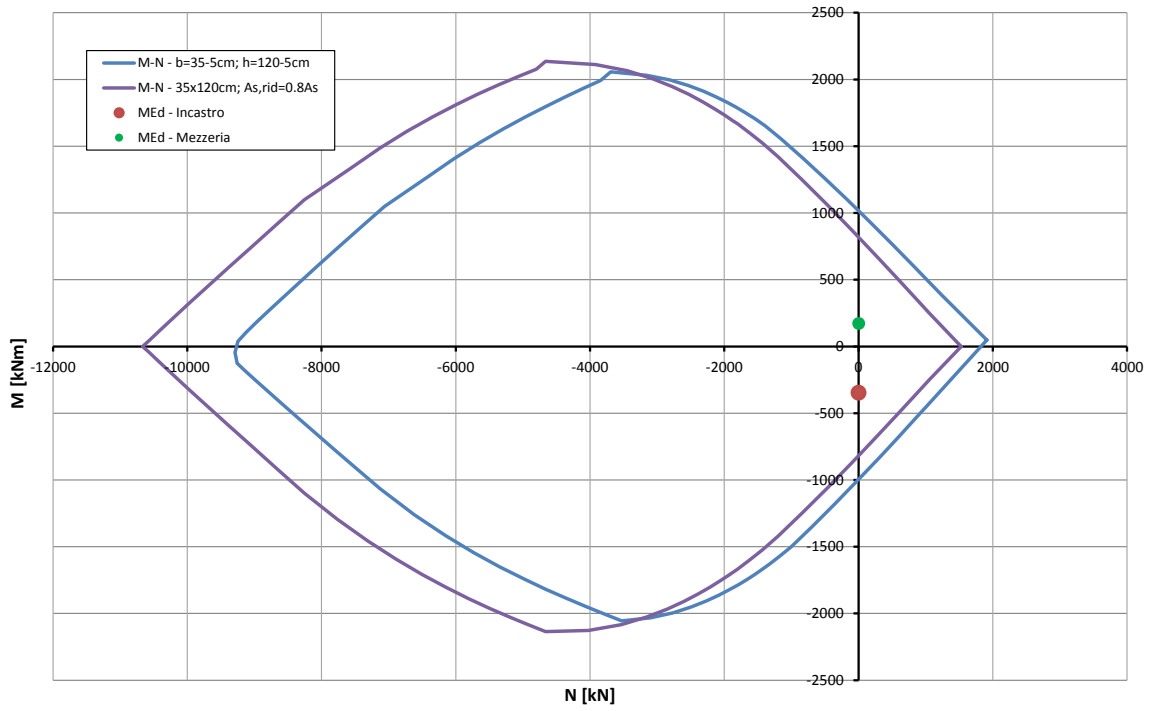


Abbildung 25: Träger GL-T3 - Überprüfung auf Beulspannung Spannungsnachweis (GZT) bzgl. Brand.

Illustrazione 25: Architrave GL-T3 - Verifica a pressoflessione nei riguardi dell'esposizione al fuoco

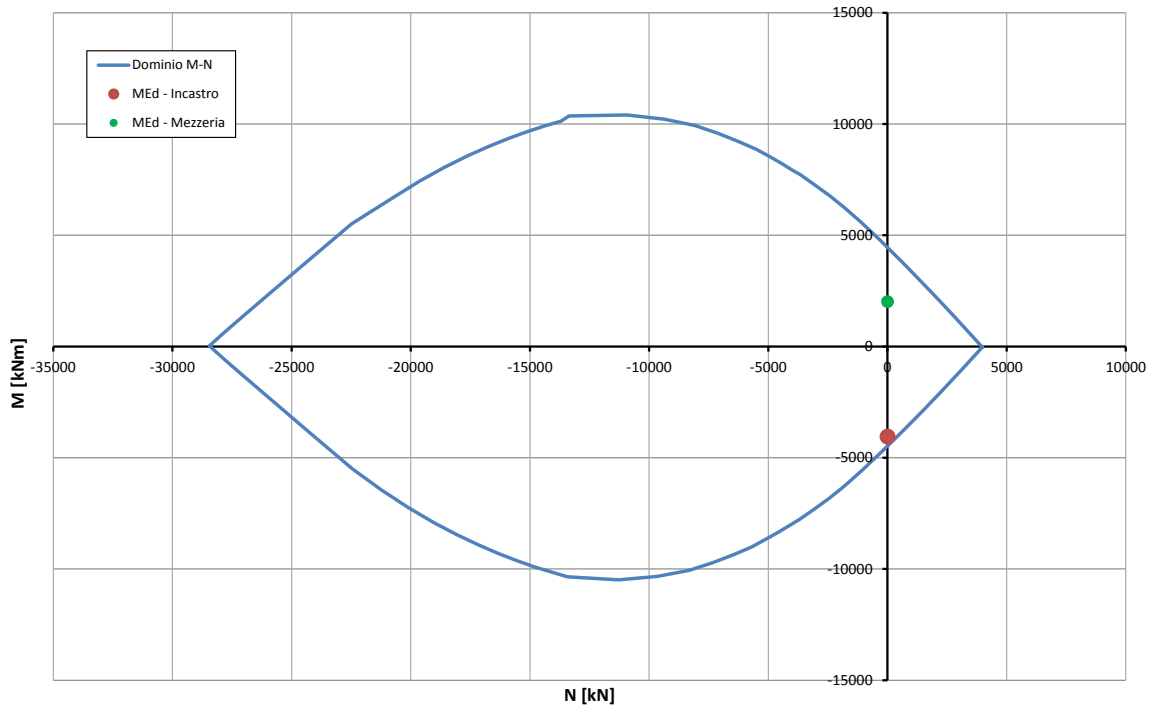


Abbildung 26: Träger GL-T4 - Überprüfung auf Beulspannung (GZT) Illustrazione 26: Architrave GL-T4 - Verifica a pressoflessione (SLU)

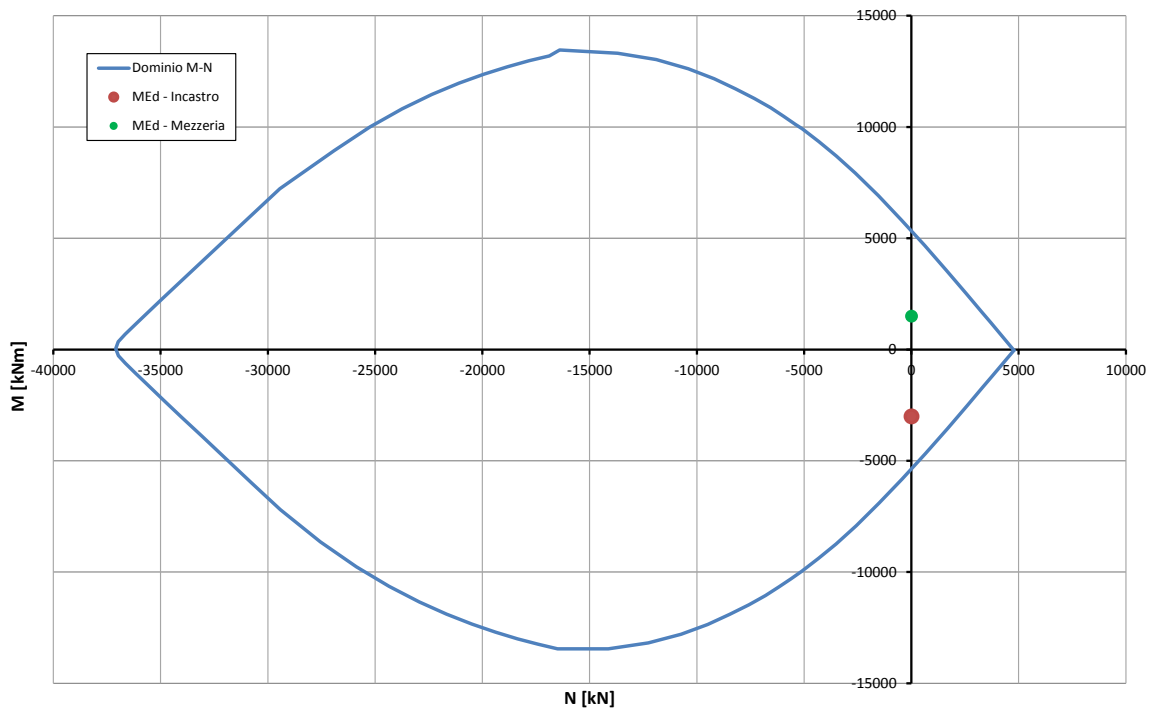


Abbildung 27: Träger GL-T4 - Überprüfung auf Beulspannung (außergewöhnliches GZT) Illustrazione 27: Architrave GL-T4 - Verifica a pressoflessione (SLU_Ecc)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	5400.00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	3500	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	600	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\emptyset	=	26	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	5.0	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	2655	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0013	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.24	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.27	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	561.77	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	561.77	kN

VERIFICA NON SODDISFATTA:

occorre procedere al dimensionamento dell'armatura trasversale resistente a taglio.

VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2)**Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento	α	=	90	°
Diametro ferri a taglio	\emptyset_{sw}	=	14	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	n_{sw}	=	2.0	--
Passo in direzione asse elemento	s	=	150	mm
Area totale di armatura a taglio	A_{sw}	=	308	mm ²

Fattori di resistenza a compressione:

Controllo duttilità (SI = duttile)	1.28	<	8.16	SI
Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	θ	=	23.37	°
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	f'_{cd}	=	8.16	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	α_c	=	1.00	--

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	V_{Rsd}	=	5613.54	kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	V_{Rcd}	=	5613.54	kN
Resistenza ultima a taglio	V_{Rd}	=	5613.54	kN

VERIFICA SODDISFATTA.

Abbildung 28: Träger GL-T4 - Querkraftüberprüfung (GZT)

Illustrazione 28: Architrave GL-T4 - Verifica a taglio

STRESS CHARACTERISTICS SLS			GL-T4	GL-T4
Design value of Axial Force	N_{Sd}	[kN]	0	0
Design value of Bending Moment	M_{Sd}	[kNm]	2987	1493
Design value of Shear Force	T_{Sd}	[kN]	0.00	0.00
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-T4	GL-T4
Overall depth of the cross section	h	[mm]	2500	2500
Minimum width of the cross section in the tensile area	b_w	[mm]	600	600
Effective depth of the cross section	d	[mm]	2427.0	2427.0
Neutral axis depth	x	[mm]	593.9	593.9
Maximum concrete stress (- = compression)	σ_c	[N/mm ²]	-7.24	-3.62
Minimum concrete stress (- = compression)	σ_{c1}	[N/mm ²]	0.00	0.00
Maximum steel stress (+ = tension)	σ_s	[N/mm ²]	335.00	167.40
Minimum steel stress (+ = tension)	σ_{s1}	[N/mm ²]	0.00	0.00
Concrete limit stress	$\sigma_{c,lim}$	[N/mm ²]	-18.43	-18.43
Steel limit stress	$\sigma_{s,lim}$	[N/mm ²]	360.00	360.00
VERIFICATION RESULT			OK	OK
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-T4	GL-T4
Characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days	f_{ck}	[N/mm ²]	-	30.71
Mean value of axial tensile strength of concrete ($=0.3f_{ck}^{2/3}$ per C≤C50/60)	f_{ctm}	[N/mm ²]	-	2.942
Characteristic axial tensile strength of concrete ($=0.7f_{ctm}$)	f_{ctk}	[N/mm ²]	-	2.059
Partial factor of concrete	γ_c	[-]	-	1.000
Design tensile resistance of concrete	f_{ctd}	[N/mm ²]	-	2.059
Main value of tensile strength of the concrete in the effective tension area (f_{ctm})	$f_{ct,eff}$	[N/mm ²]	-	2.942
Elastic modulus of reinforcing steel	E_s	[N/mm ²]	-	210000
Secant elastic modulus of concrete	E_{cm}	[N/mm ²]	-	32000
$= E_s/E_{cm}$	α_e	[-]	-	6.56
Factor depending on the duration of the load (0.60: short term - 0.40: long term)	k_t	[-]	-	0.40
Effective tension area of concrete	$A_{c,eff}$	[mm ²]	-	109500
Number of rebar in tension area	n_l	[-]	-	5.0
Rebar main diameter	ϕ_l	[mm]	-	26
Cross section area of reinforcement in $A_{c,eff}$	A_{sl}	[mm ²]	-	2655
$= A_s/A_{c,eff}$	$\rho_{p,eff}$	[-]	-	0.0242
Main strain	$\epsilon_{sm} \cdot \epsilon_{cm}$	‰	-	0.529
Rebar cover	c	[mm]	-	77
Rebar spacing	s	[mm]	-	100
Bond factor (0.80: high bond bars - 1.60: plain bars)	k_1	[-]	-	0.80
Factor which takes account of the distribution of strain (0.50 bending - 1.00 tension)	k_2	[-]	-	0.50
Coefficient for $S_{r,max}$	k_3	[-]	-	3.40
Coefficient for $S_{r,max}$	k_4	[-]	-	0.425
Maximum crack spacing	$S_{r,max}$	[mm]	-	444.12
Crack width	w_k	[mm]	-	0.235
Crack width limit	w_{lim}	[mm]	-	0.300
VERIFICATION RESULT			-	OK

Abbildung 29: Träger GL-T4 - Spannungsüberprüfung (GZG)

Illustrazione 29: Architrave GL-T4 - Verifica tensionali (SLE)

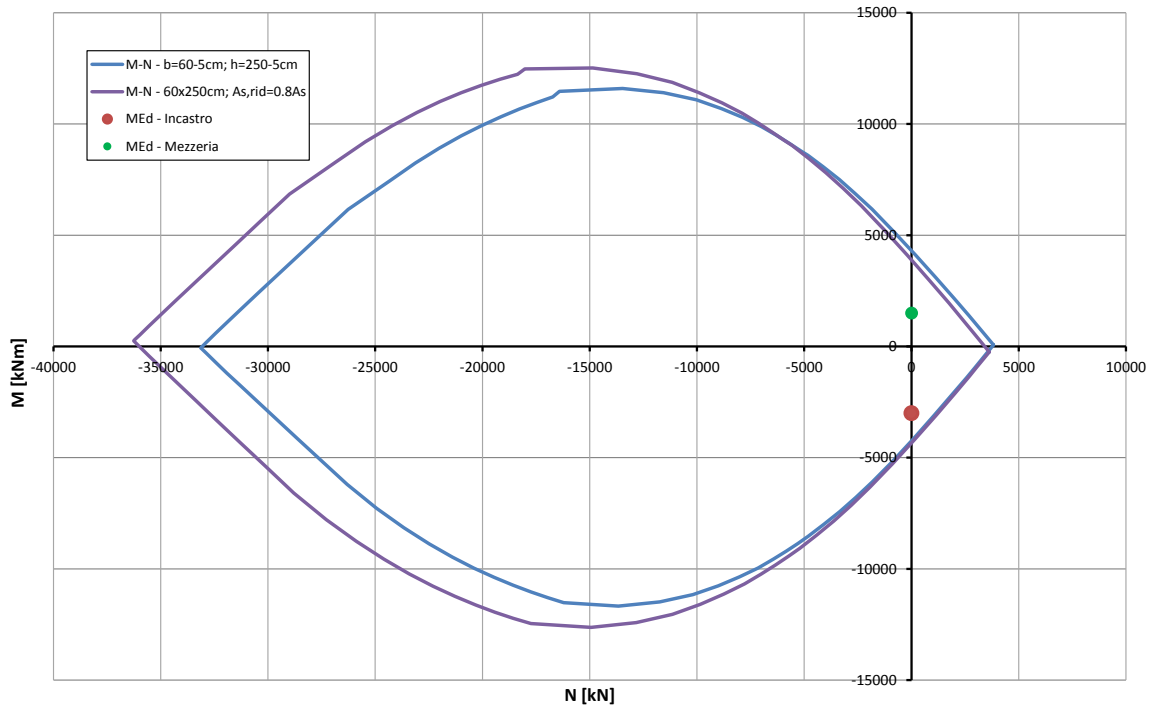


Abbildung 30: Träger GL-T4 - Überprüfung auf Beulspannung Spannungsnachweis (GZT) bzgl. Brand.

Illustrazione 30: Architrave GL-T4 - Verifica a pressoflessione nei riguardi dell'esposizione al fuoco

ANHANG 2 - ÜBERPRÜFUNGEN DER INNENSCHALEN DER GL AUF HÖHE DER VERBINDUNGEN

APPENDICE 2 - VERIFICA DEI RIVESTIMENTI DEFINITIVI DELLE GL IN CORRISPONDENZA DEGLI INNESTI

In Anhang 2 sind die Überprüfungen des unversehrten Haupttunnels zwischen den Verbindungen aufgezeigt. Die Belastungen sind die der spezifischen Berechnungsberichten jedes Ausbruchquerschnitts, welche um einen Erweiterungsbeiwert $R=1.6$ erhöht wurden.

Inbesondere, für jeden Ausbruchquerschnitt auf Höhe der Kappe, der Tunnelbogenaufsätze und der Sohle werden aufgezeigt:

- Die Beulspannungüberprüfungen an GZT;
- Die Beulspannungüberprüfungen an außergewöhnlichen GZT;
- Die Querkraftüberprüfungen in der GZT Kombination;
- Die Betriebsspannungsüberprüfungen und Berechnung der Rissweite;
- Die Brandüberprüfungen (durchgeführt laut Kriterien des spezifischen Berichts [11]).

Folgende Diagramme sind unter Berücksichtigung der Geometrien und Bewehrungen von Tabelle 22 erlangt worden, auf denen hier hingewiesen wird:

Nell'Appendice 2 sono riportate le verifiche strutturali delle gallerie di linea integra a cavallo degli innesti. Le sollecitazioni sono quelle riportate nelle relazioni di calcolo specifiche di ciascuna sezione amplificate per il coefficiente amplificativo $R=1.6$.

Nello specifico, per ciascuno sezione, in corrispondenza della calotta, delle murette e della platea, sono riportate:

- Le verifiche a pressoflessione agli SLU;
- Le verifiche a pressoflessione agli SLU eccezionali;
- Le verifiche a taglio nella combinazione SLU;
- La verifica delle tensioni in esercizio e il calcolo dell'ampiezza delle fessure;
- Le verifiche al fuoco (eseguite in accordo ai criteri esposti nella relazione specifica [11]).

I grafici di seguito riportati sono stati ottenuti considerando le geometrie e armature riportate in Tabella 26 e qui richiamate:

	Calotta				Muretta				Platea di fondazione			
	h [m]	A _{Intrad.}	A _{estrad.}	A _{taglio}	h [m]	A _{Intrad.}	A _{estrad.}	A _{taglio}	h [m]	A _{Intrad.}	A _{estrad.}	A _{taglio}
IN-GL-D	0.40	φ20/15cm	φ20/15cm	-	0.74	φ16/15cm	φ16/15cm	φ12/15x80cm	0.6	φ16/15cm	φ16/15cm	-
IN-GL-DA	0.45	φ20/15cm	φ20/15cm	-	0.74	φ20/15cm	φ20/15cm	φ12/15x40cm	0.6	φ20/15cm	φ20/15cm	-
IN-GL-MA	0.40	φ16/15cm	φ16/15cm	-	0.53	φ16/15cm	φ16/15cm	-	0.53	φ16/15cm	φ16/15cm	-
IN-GL-E-T	0.35 (0.39)	φ12/15cm (φ20/15cm)	φ12/15cm (φ20/15cm)	- (φ12/15x50cm)	0.48	φ16/15cm	φ16/15cm	φ12/15x30cm	1.34	φ16/15cm	φ16/15cm	-
IN-GL-T3	0.35	φ14/15cm	φ14/15cm	-	0.40-0.70	φ14/15cm	φ14/15cm	-	0.74	φ16/15cm	φ16/15cm	-

	Calotta				Muretta				Arco rovescio			
	h [m]	A _{Intrad.}	A _{estrad.}	A _{taglio}	h [m]	A _{Intrad.}	A _{estrad.}	A _{taglio}	h [m]	A _{Intrad.}	A _{estrad.}	A _{taglio}
IN-GL-T4	0.6	φ16/15cm	φ16/15cm	-	0.6	φ16/15cm	φ16/15cm	-	0.7	φ16/15cm	φ16/15cm	-

Ausbruchquerschnitt GL-D

Sezione GL-D

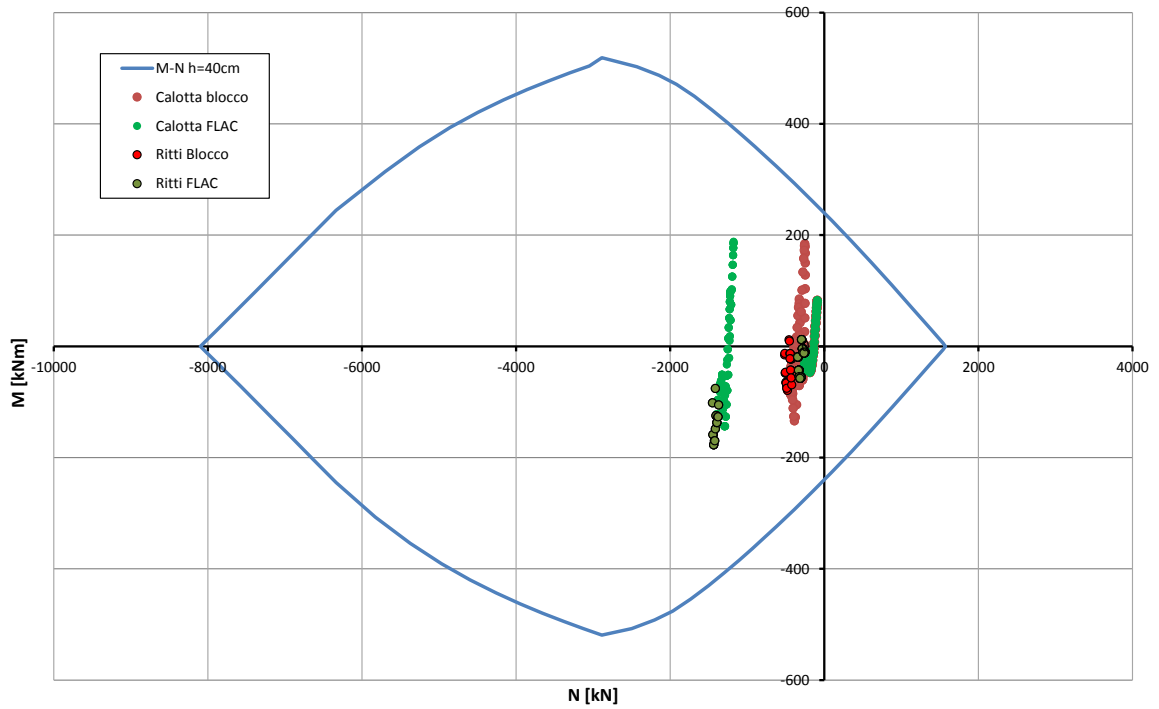


Abbildung 31: GL-D - Überprüfung auf Beulspannung der Kappe (GZT)

Illustrazione 31: GL-D - Verifica a pressoflessione della calotta (SLU)

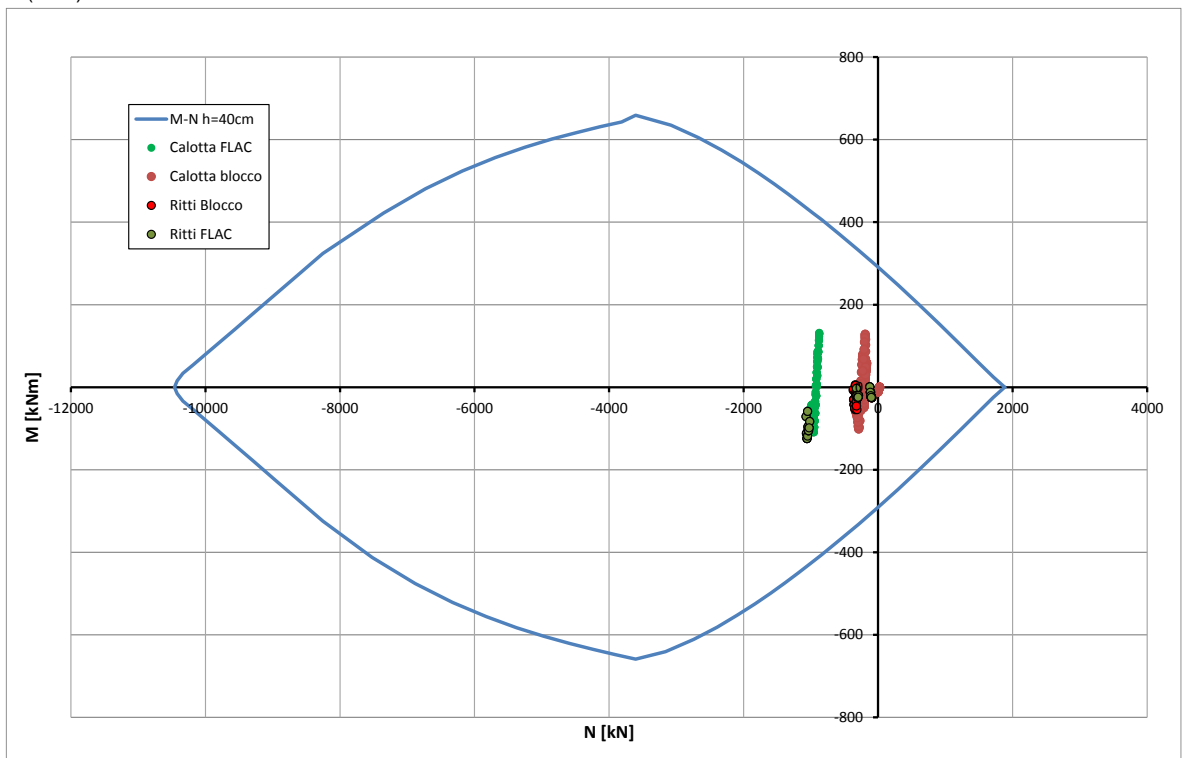


Abbildung 32: GL-D - Überprüfung auf Beulspannung der Kappe (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 32: GL-D - Verifica a pressoflessione della calotta (SLU Eccezionale)

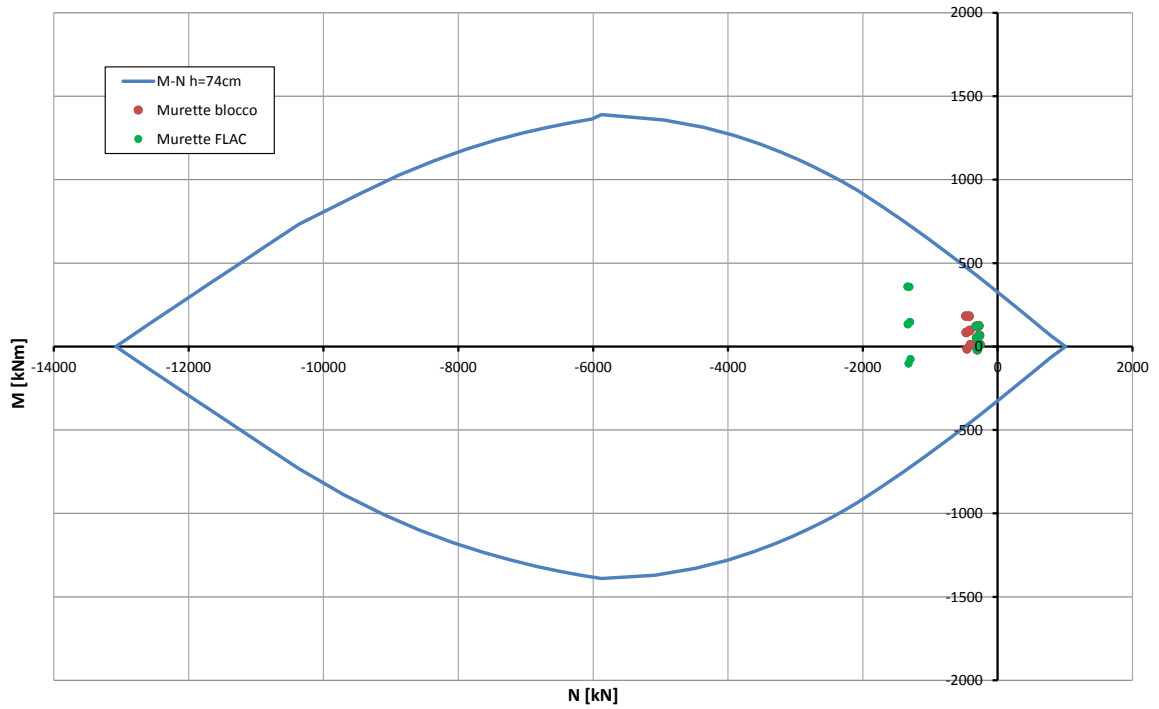


Abbildung 33: GL-D - Überprüfung auf Beulspannung des Tunnelbogenaufsatzes (GZT)

Illustrazione 33: GL-D - Verifica a pressoflessione della muretta (SLU)

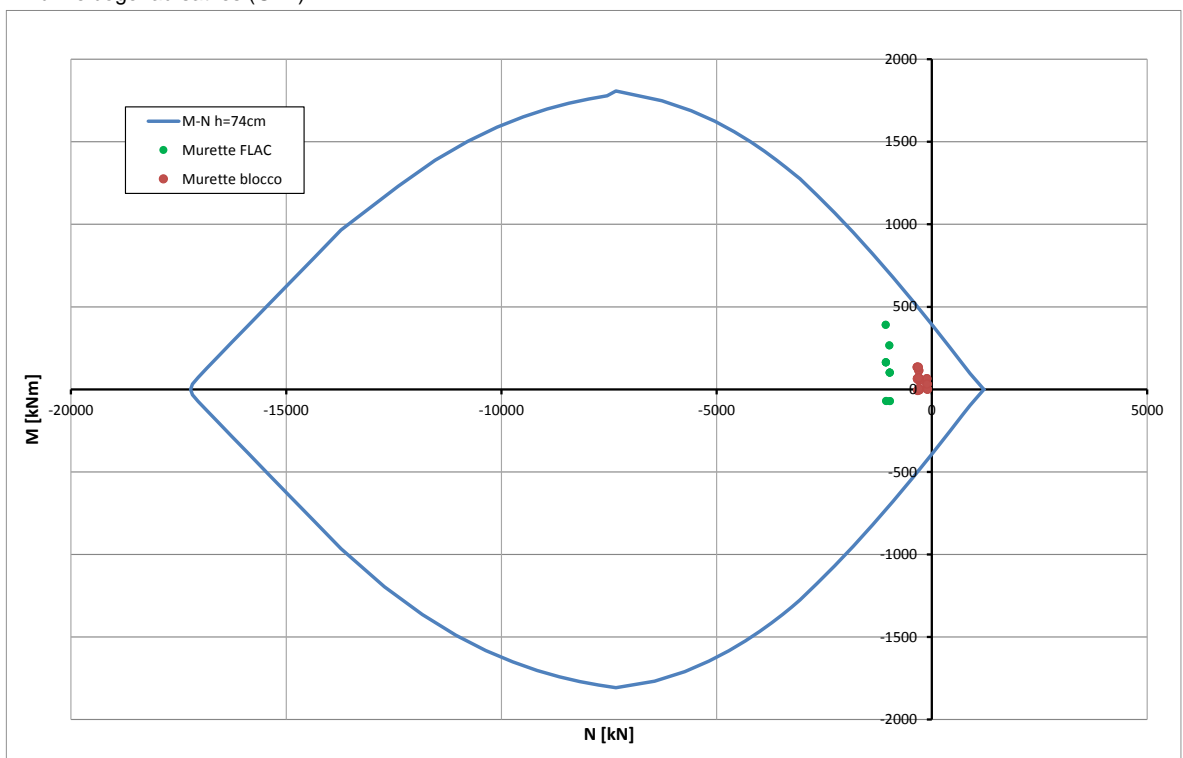


Abbildung 34: GL-D - Überprüfung auf Beulspannung des Tunnelbogenaufsatzes (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 34: GL-D - Verifica a pressoflessione della muretta (SLU Eccezionale)

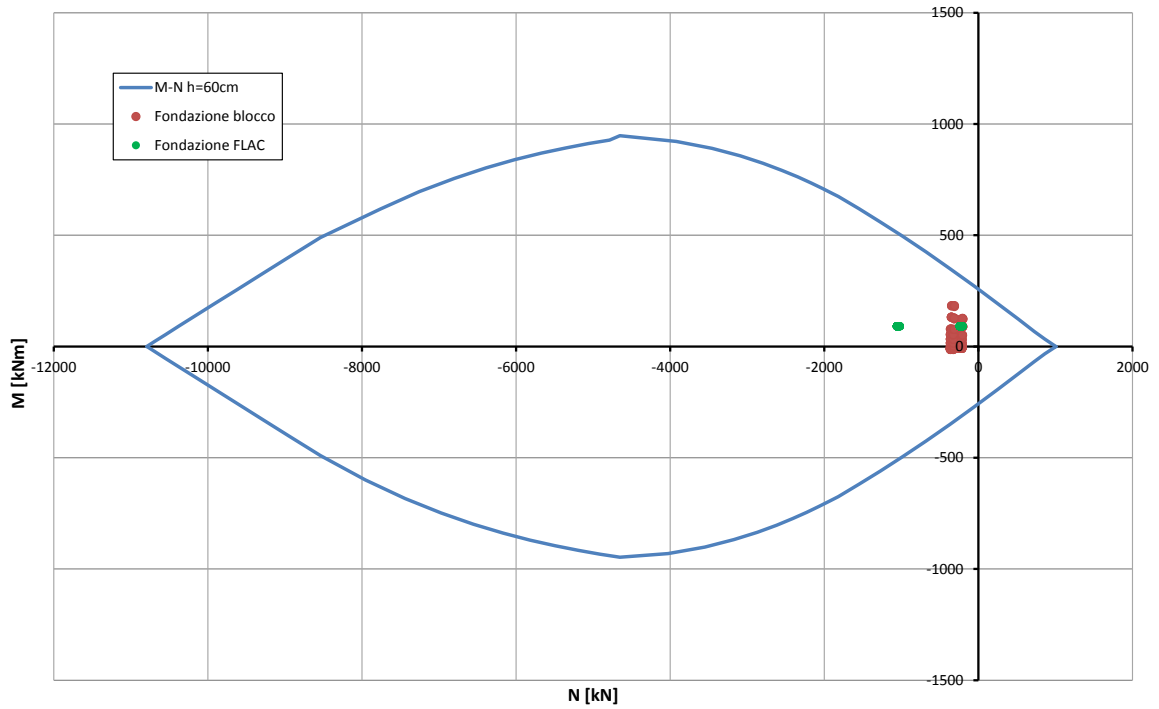


Abbildung 35: GL-D- Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (GZT)

Illustrazione 35: GL-D - Verifica a pressoflessione della platea di fondazione (SLU)

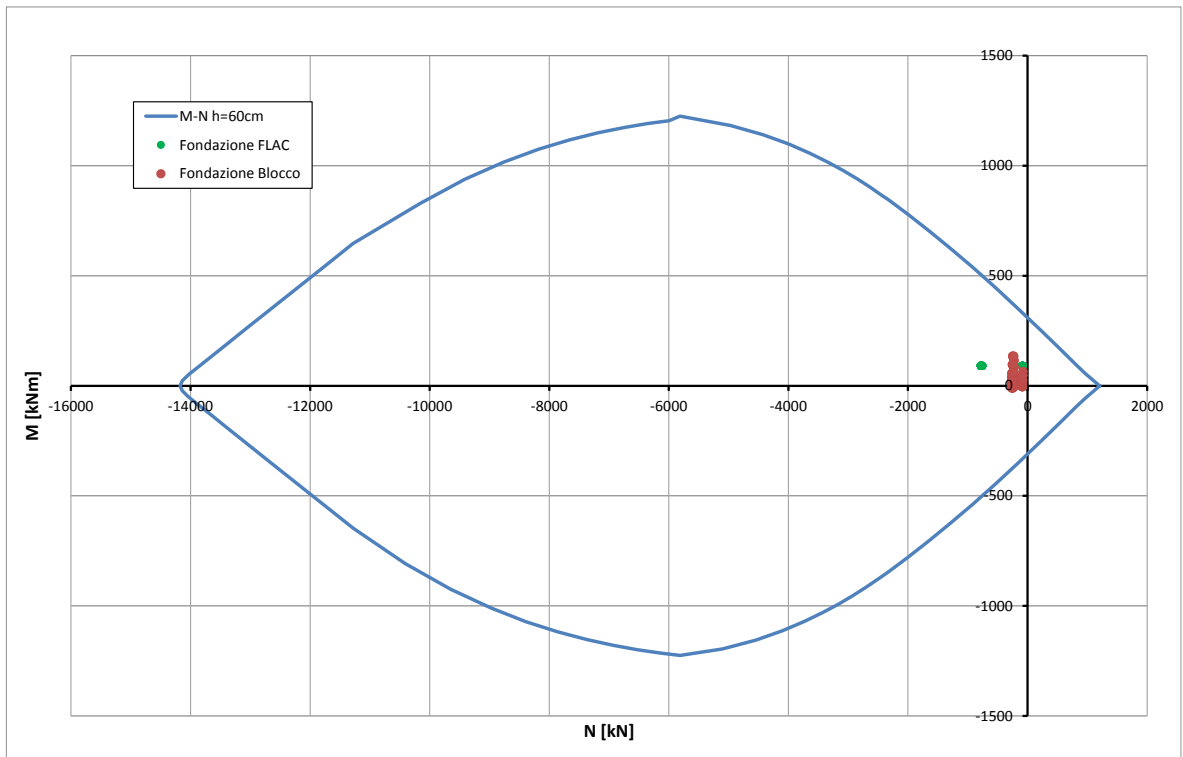


Abbildung 36: GL-D - Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 36: GL-D - Verifica a pressoflessione della platea di fondazione (SLU Eccezionale)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	131.20	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	330	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\emptyset	=	20	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	2093	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0063	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.78	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.46	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	151.81	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	189.50	kN

VERIFICA SODDISFATTA:

non occorre armatura trasversale resistente a taglio.

Abbildung 37: GL-D - Querkraftüberprüfung der Kappe (GZT)

Illustrazione 37: GL-D - Verifica a taglio della calotta (SLU)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	524.80	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	800.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	672	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	16	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	1340	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0020	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.55	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.37	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	1.19	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	370.44	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	370.44	kN

VERIFICA NON SODDISFATTA:

occorre procedere al dimensionamento dell'armatura trasversale resistente a taglio.

VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2)**Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento	α	=	90	°
Diametro ferri a taglio	\varnothing_{sw}	=	12	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	n_{sw}	=	6.7	--
Passo in direzione asse elemento	s	=	800	mm
Area totale di armatura a taglio	A_{sw}	=	753	mm ²

Fattori di resistenza a compressione:

Controllo duttilità (SI = duttile)	0.35	<	8.75	SI
Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	θ	=	22.00	°
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	f'_{cd}	=	8.16	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	=	1.19	N/mm ²
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	α_c	=	1.07	--

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	V_{Rsd}	=	528.60	kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	V_{Rcd}	=	1838.61	kN
Resistenza ultima a taglio	V_{Rd}	=	528.60	kN

VERIFICA SODDISFATTA.

Abbildung 38: GL-D - Querkraftüberprüfung des Tunnelbogenaufsatzes (GZT)

Illustrazione 38: GL-D - Verifica a taglio della muretta (SLU)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	249.60	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	1000.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	532	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	16	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	1340	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0025	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.61	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.40	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	1.88	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	361.41	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	361.41	kN

VERIFICA SODDISFATTA:

non occorre armatura trasversale resistente a taglio.

Abbildung 39: GL-D - Querkraftüberprüfung der Sohlplatte (GZT)

Illustrazione 39: GL-D - Verifica a taglio della platea di fondazione (SLU)

			FLAC	FLAC	FLAC
			R05-SLE05	M03-SLE05	F01-SLE05
STRESS CHARACTERISTICS SLS			GL-D3	GL-D3	GL-D3
Design value of Axial Force	N_{Sd}	[kN]	-1067	-995	-768
Design value of Bending Moment	M_{Sd}	[kNm]	-134	267	267
Design value of Shear Force	T_{Sd}	[kN]	0.00	0.00	0.00
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-D3	GL-D3	GL-D3
Overall depth of the cross section	h	[mm]	400	740	600
Minimum width of the cross section in the tensile area	b_w	[mm]	1000	1000	1000
Effective depth of the cross section	d	[mm]	332.0	672.0	532.0
Neutral axis depth	x	[mm]	268.9	415.5	227.2
Maximum concrete stress (- = compression)	σ_c	[N/mm ²]	-7.08	-4.69	-7.62
Minimum concrete stress (- = compression)	σ_{c1}	[N/mm ²]	0.00	0.00	0.00
Maximum steel stress (+ = tension)	σ_s	[N/mm ²]	24.92	43.44	153.50
Minimum steel stress (+ = tension)	σ_{s1}	[N/mm ²]	0.00	0.00	0.00
Concrete limit stress	$\sigma_{c,lim}$	[N/mm ²]	-18.43	-18.43	-18.43
Steel limit stress	$\sigma_{s,lim}$	[N/mm ²]	360.00	360.00	360.00
VERIFICATION RESULT			OK	OK	OK
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-D3	GL-D3	GL-D3
Characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days	f_{ck}	[N/mm ²]	30.71	30.71	30.71
Mean value of axial tensile strength of concrete ($=0.3f_{ck}^{2/3}$ per C≤C50/60)	f_{ctm}	[N/mm ²]	2.942	2.942	2.942
Characteristic axial tensile strength of concrete ($=0.7f_{ctm}$)	f_{ctk}	[N/mm ²]	2.059	2.059	2.059
Partial factor of concrete	γ_c	[-]	1.000	1.000	1.000
Design tensile resistance of concrete	f_{ctd}	[N/mm ²]	2.059	2.059	2.059
Main value of tensile strength of the concrete in the effective tension area ($f_{ct,eff}$)	$f_{ct,eff}$	[N/mm ²]	2.942	2.942	2.942
Elastic modulus of reinforcing steel	E_s	[N/mm ²]	210000	210000	210000
Secant elastic modulus of concrete	E_{cm}	[N/mm ²]	32000	32000	32000
$= E_s/E_{cm}$	α_e	[-]	6.56	6.56	6.56
Factor depending on the duration of the load (0.60: short term - 0.40: long term)	k_t	[-]	0.40	0.40	0.40
Effective tension area of concrete	$A_{c,eff}$	[mm ²]	43700	108167	124267
Number of rebar in tension area	n_l	[-]	6.7	6.7	6.7
Rebar main diameter	ϕ_l	[mm]	20	16	16
Cross section area of reinforcement in $A_{c,eff}$	A_{sl}	[mm ²]	2094	1340	1340
$= A_s/A_{c,eff}$	$\rho_{p,eff}$	[-]	0.0479	0.0124	0.0108
Main strain	$\epsilon_{sm} \cdot \epsilon_{cm}$	‰	0.071	0.124	0.439
Rebar cover	c	[mm]	60	60	60
Rebar spacing	s	[mm]	150	150	150
Bond factor (0.80: high bond bars - 1.60: plain bars)	k_1	[-]	0.80	0.80	0.80
Factor which takes account of the distribution of strain (0.50 bending - 1.00 tension)	k_2	[-]	0.50	0.50	0.50
Coefficient for $S_{r,max}$	k_3	[-]	3.40	3.40	3.40
Coefficient for $S_{r,max}$	k_4	[-]	0.425	0.425	0.425
Maximum crack spacing	$S_{r,max}$	[mm]	274.94	423.49	456.17
Crack width	w_k	[mm]	0.020	0.053	0.200
Crack width limit	w_{lim}	[mm]	0.300	0.300	0.300
VERIFICATION RESULT			OK	OK	OK

Abbildung 40: GL-D - Spannungsüberprüfung der Widerlager, des Tunnelbogenaufsatzes und der Sohlplatte (GZG)

Illustrazione 40: GL-D - Verifiche tensionali dei ritzi, della muretta e della platea di fondazione (SLE)

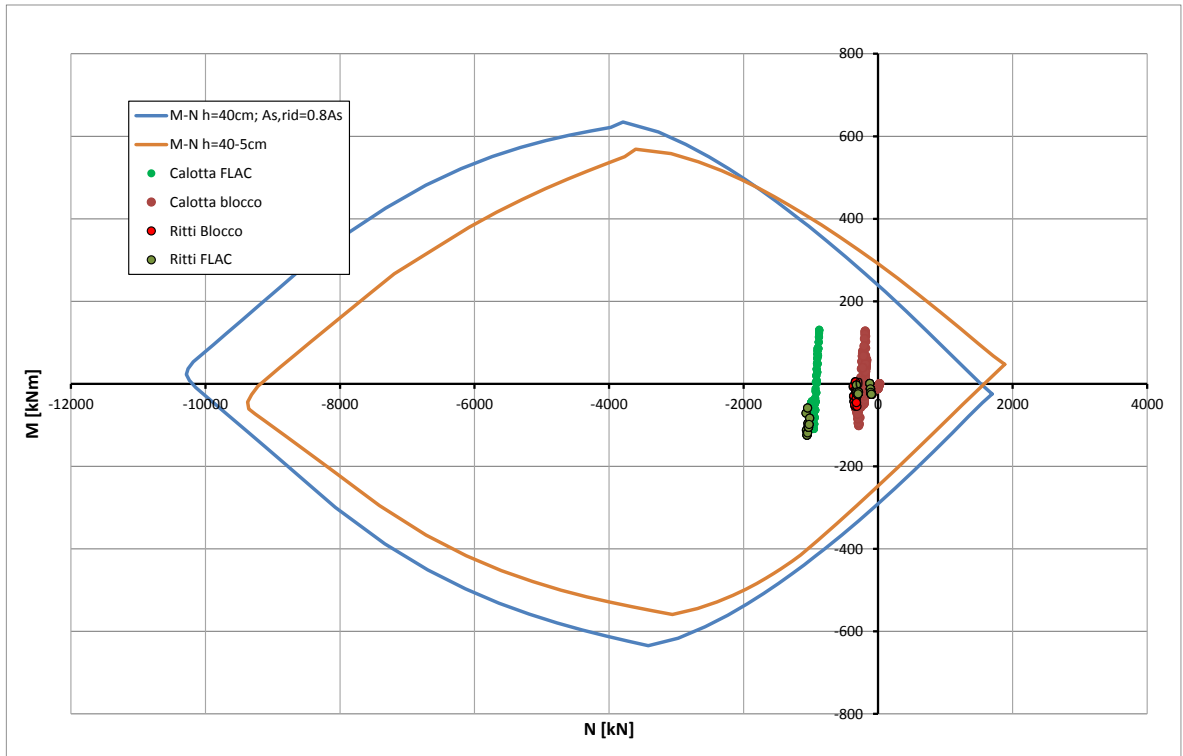


Abbildung 41: GL-D - Überprüfung auf Beulspannung der Kappe (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 41: GL-D - Verifica a pressoflessione della calotta nei riguardi dell'esposizione al fuoco

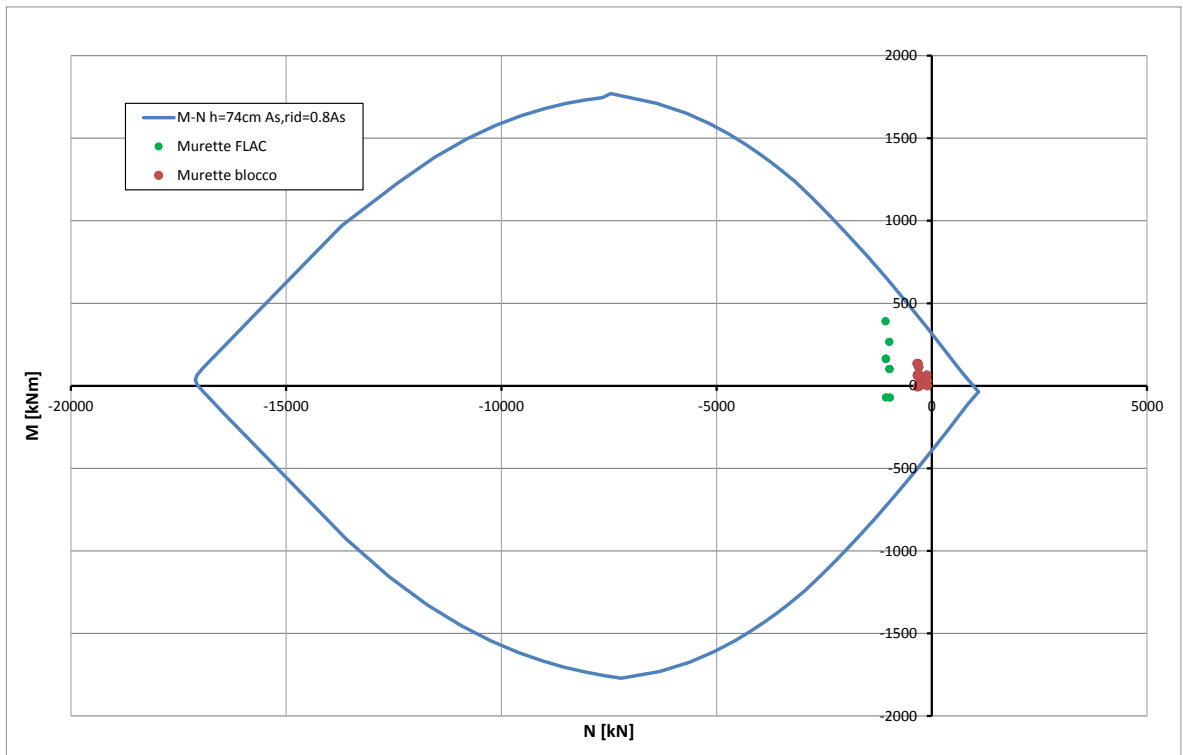


Abbildung 42: GL-D - Überprüfung auf Beulspannung des Tunnelbogenaufsatzes (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 42: GL-D - Verifica a pressoflessione della muretta nei riguardi dell'esposizione al fuoco

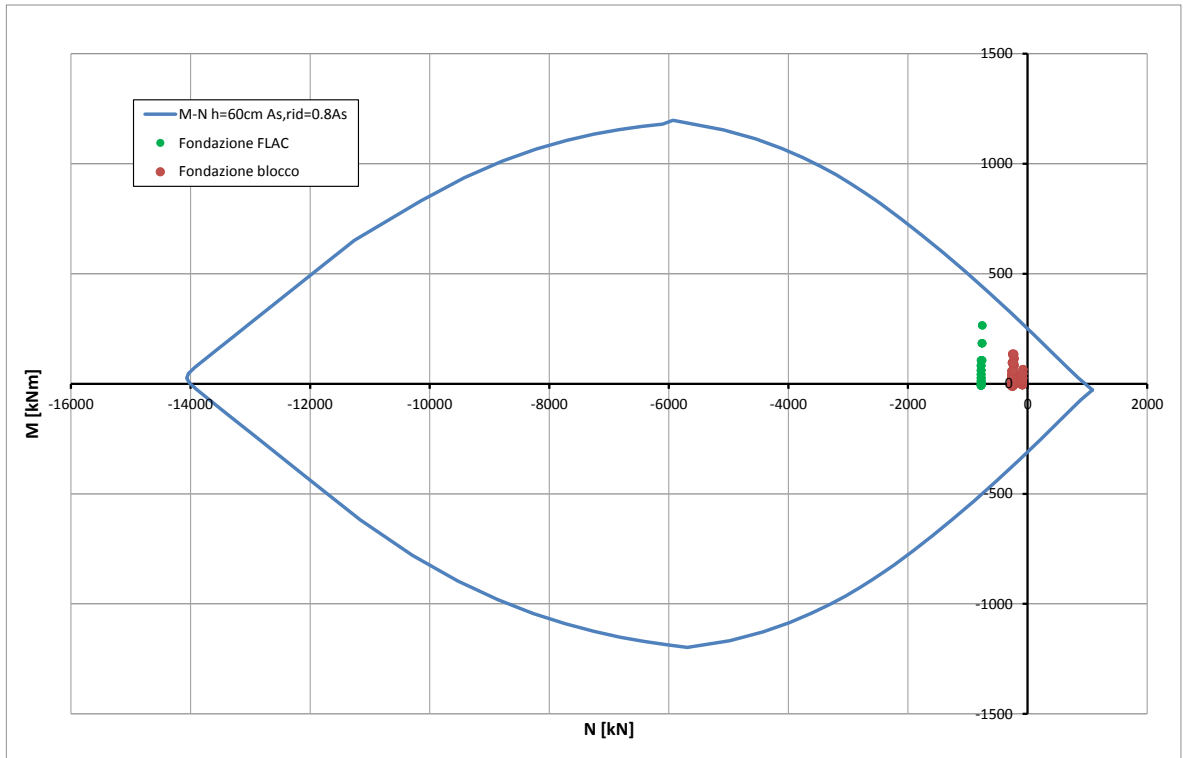


Abbildung 43: GL-D - Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (GZT) - Brand

Illustrazione 43: GL-D - Verifica a pressoflessione della platea di fondazione nei riguardi dell'esposizione al fuoco

Ausbruchquerschnitt GL-DA

Sezione GL-DA

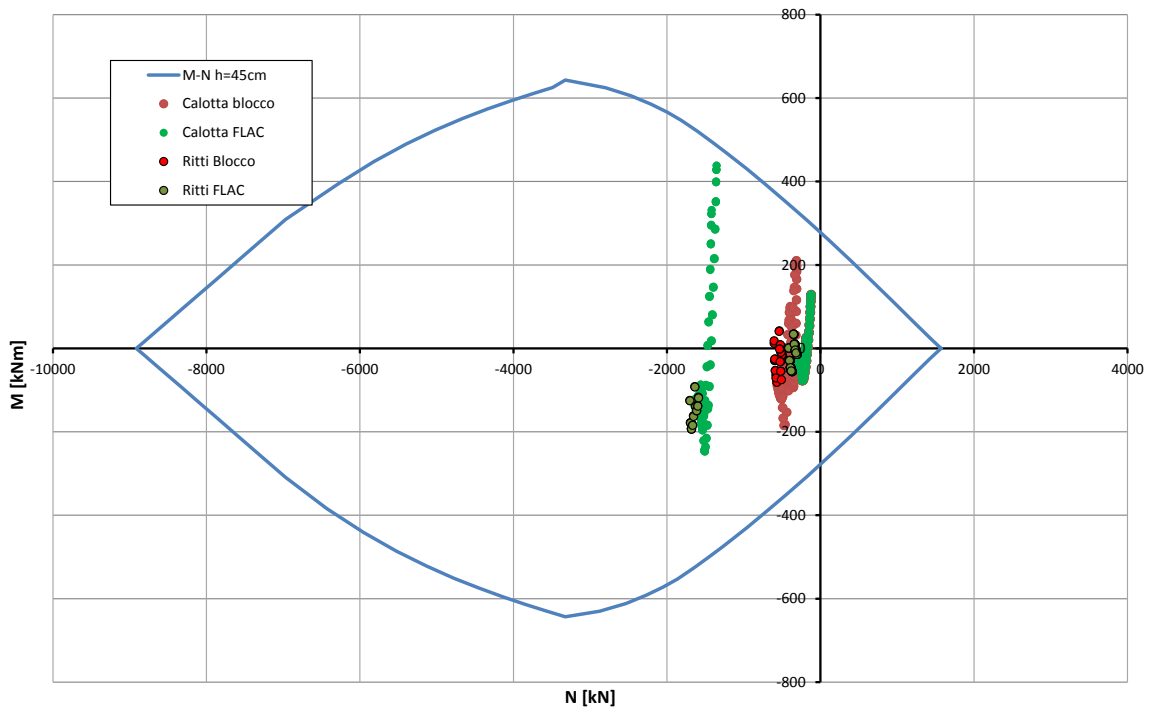


Abbildung 44: GL-DA - Überprüfung auf Beulspannung der Kappe (GZT)

Illustrazione 44: GL-DA - Verifica a pressoflessione della calotta (SLU)

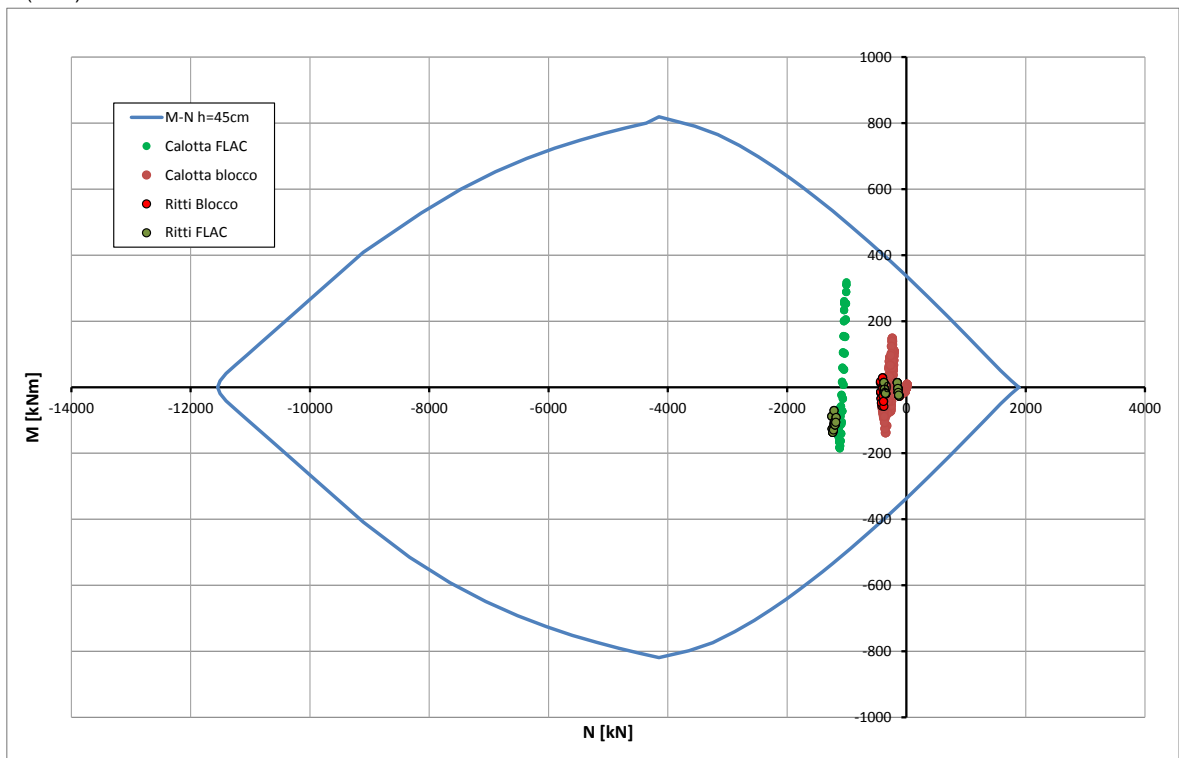


Abbildung 45: GL-DA - Überprüfung auf Beulspannung der Kappe (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 45: GL-DA - Verifica a pressoflessione della calotta (SLU Eccezionale)

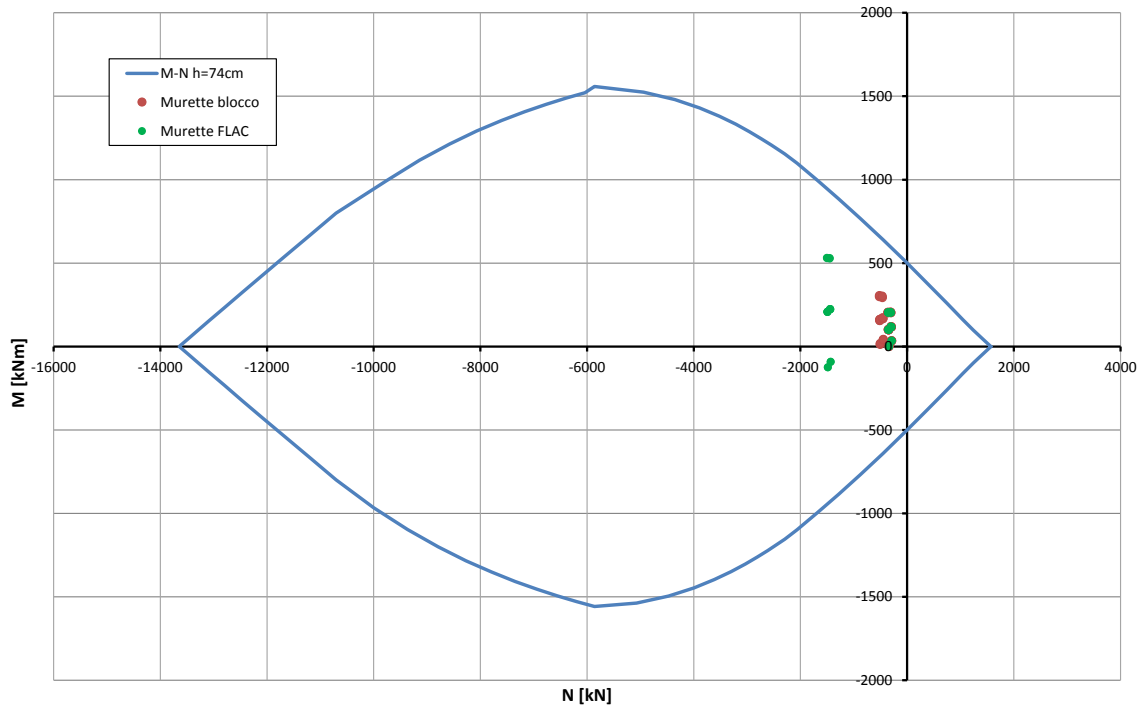


Abbildung 46: GL-DA - Überprüfung auf Beulspannung des Tunnelbogenaufsatzes (GZT)

Illustrazione 46: GL-DA - Verifica a pressoflessione della muretta (SLU)

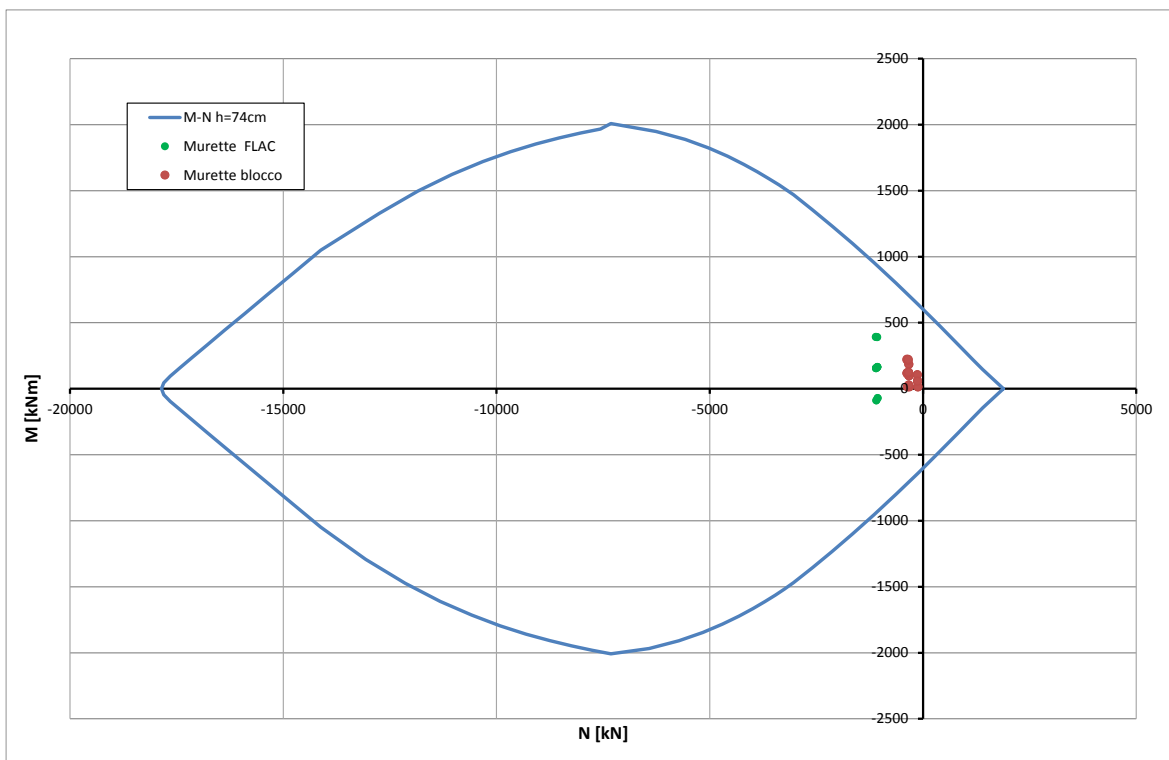


Abbildung 47: GL-DA - Überprüfung auf Beulspannung des Tunnelbogenaufsatzes (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 47: GL-DA - Verifica a pressoflessione della muretta (SLU Eccezionale)

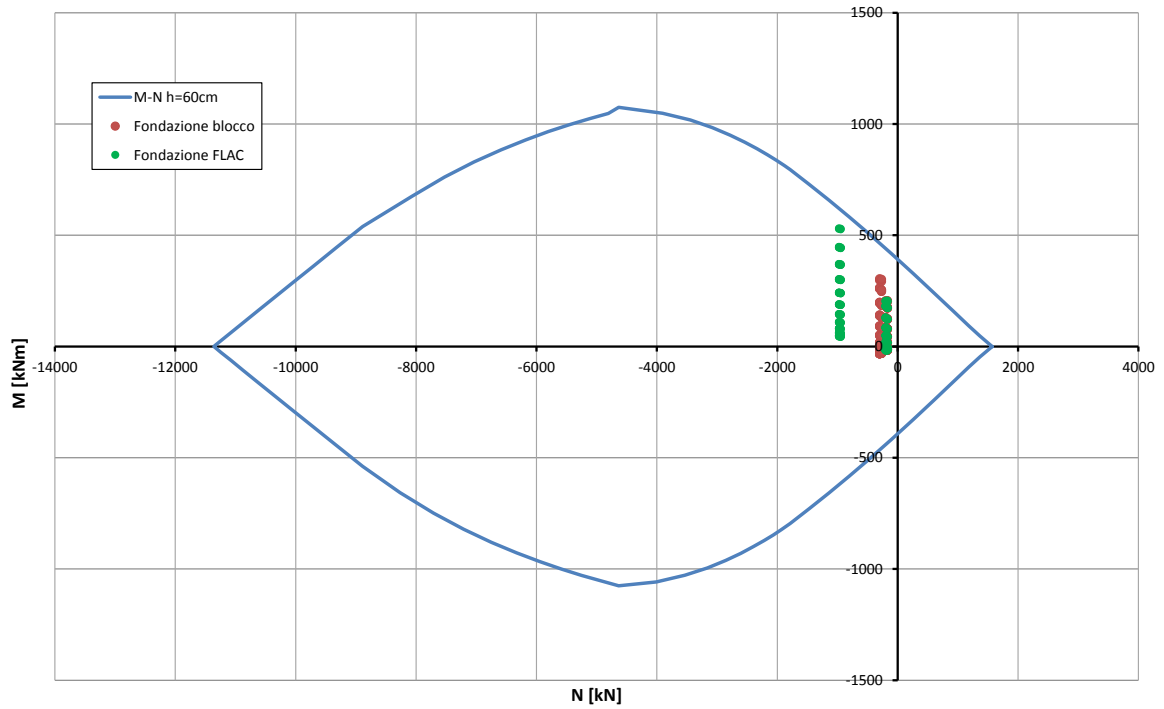


Abbildung 48: GL-DA- Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (GZT)

Illustrazione 48: GL-DA - Verifica a pressoflessione della platea di fondazione (SLU)

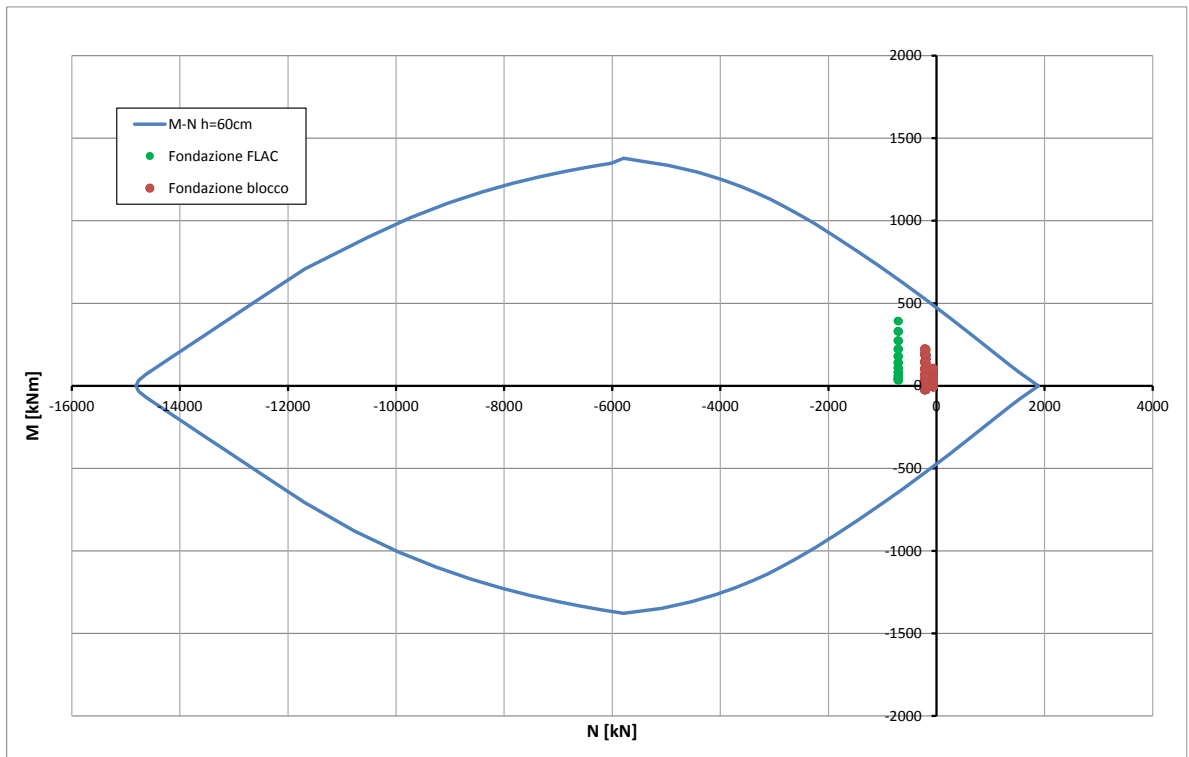


Abbildung 49: GL-DA - Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 49: GL-DA - Verifica a pressoflessione della platea di fondazione (SLU Eccezionale)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	195.20	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	380	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	20	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	2093	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0055	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.73	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.44	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	167.05	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	201.98	kN

VERIFICA SODDISFATTA:

non occorre armatura trasversale resistente a taglio.

Abbildung 50: GL-DA - Querkraftüberprüfung der Kappe (GZT)

Illustrazione 50: GL-DA - Verifica a taglio della calotta (SLU)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	747.20	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	900.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	670	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	20	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	2093	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0031	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.55	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.37	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	1.34	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	384.89	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	399.19	kN

VERIFICA NON SODDISFATTA:

occorre procedere al dimensionamento dell'armatura trasversale resistente a taglio.

VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2)**Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento	α	=	90	°
Diametro ferri a taglio	\varnothing_{sw}	=	12	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	n_{sw}	=	6.7	--
Passo in direzione asse elemento	s	=	400	mm
Area totale di armatura a taglio	A_{sw}	=	753	mm ²

Fattori di resistenza a compressione:

Controllo duttilità (SI = duttile)	0.71	<	8.83	SI
Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	θ	=	22.00	°
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	f'_{cd}	=	8.16	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	=	1.34	N/mm ²
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	α_c	=	1.08	--

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	V_{Rsd}	=	1054.06	kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	V_{Rcd}	=	1849.14	kN
Resistenza ultima a taglio	V_{Rd}	=	1054.06	kN

VERIFICA SODDISFATTA.

Abbildung 51: GL-DA - Querkraftüberprüfung des Tunnelbogenaufsatzes (GZT)

Illustrazione 51: GL-DA - Verifica a taglio della muretta (SLU)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	177.60	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	530	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	20	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	2093	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0039	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.61	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.40	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	210.84	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	235.90	kN

VERIFICA SODDISFATTA:**non occorre armatura trasversale resistente a taglio.**

Abbildung 52: GL-DA - Querkraftüberprüfung der Sohlplatte (GZT)

Illustrazione 52: GL-DA - Verifica a taglio della platea di fondazione (SLU)

			FLAC	FLAC	FLAC
			C37 - SLE06	M02 - SLE05	F01 - SLE05
STRESS CHARACTERISTICS SLS			GL-DA3	GL-DA3	GL-DA3
Design value of Axial Force	N_{Sd}	[kN]	-1003	-1117	-725
Design value of Bending Moment	M_{Sd}	[kNm]	-198	394	394
Design value of Shear Force	T_{Sd}	[kN]	0.00	0.00	0.00
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-DA3	GL-DA3	GL-DA3
Overall depth of the cross section	h	[mm]	450	740	600
Minimum width of the cross section in the tensile area	b_w	[mm]	1000	1000	1000
Effective depth of the cross section	d	[mm]	382.0	672.0	532.0
Neutral axis depth	x	[mm]	235.7	351.1	205.7
Maximum concrete stress (- = compression)	σ_c	[N/mm ²]	-8.30	-6.49	-9.78
Minimum concrete stress (- = compression)	σ_{c1}	[N/mm ²]	0.00	0.00	0.00
Maximum steel stress (+ = tension)	σ_s	[N/mm ²]	77.35	88.90	232.00
Minimum steel stress (+ = tension)	σ_{s1}	[N/mm ²]	0.00	0.00	0.00
Concrete limit stress	$\sigma_{c,lim}$	[N/mm ²]	-18.43	-18.43	-18.43
Steel limit stress	$\sigma_{s,lim}$	[N/mm ²]	360.00	360.00	360.00
VERIFICATION RESULT			OK	OK	OK
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-DA3	GL-DA3	GL-DA3
Characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days	f_{ck}	[N/mm ²]	30.71	30.71	30.71
Mean value of axial tensile strength of concrete ($=0.3f_{ck}^{2/3}$ per C≤C50/60)	f_{ctm}	[N/mm ²]	2.942	2.942	2.942
Characteristic axial tensile strength of concrete ($=0.7f_{ctm}$)	f_{ctk}	[N/mm ²]	2.059	2.059	2.059
Partial factor of concrete	γ_c	[-]	1.000	1.000	1.000
Design tensile resistance of concrete	f_{ctd}	[N/mm ²]	2.059	2.059	2.059
Main value of tensile strength of the concrete in the effective tension area (f_{ctm})	$f_{ct,eff}$	[N/mm ²]	2.942	2.942	2.942
Elastic modulus of reinforcing steel	E_s	[N/mm ²]	210000	210000	210000
Secant elastic modulus of concrete	E_{cm}	[N/mm ²]	32000	32000	32000
= E_s/E_{cm}	α_e	[-]	6.56	6.56	6.56
Factor depending on the duration of the load (0.60: short term - 0.40: long term)	k_t	[-]	0.40	0.40	0.40
Effective tension area of concrete	$A_{c,eff}$	[mm ²]	71433	129633	131433
Number of rebar in tension area	n_l	[-]	6.7	6.7	6.7
Rebar main diameter	ϕ_l	[mm]	20	20	20
Cross section area of reinforcement in $A_{c,eff}$	A_{sl}	[mm ²]	2094	2094	2105
= $A_s/A_{c,eff}$	$\rho_{p,eff}$	[-]	0.0293	0.0162	0.0160
Main strain	$\epsilon_{sm} \cdot \epsilon_{cm}$	‰	0.221	0.254	0.718
Rebar cover	c	[mm]	60	60	60
Rebar spacing	s	[mm]	150	150	150
Bond factor (0.80: high bond bars - 1.60: plain bars)	k_1	[-]	0.80	0.80	0.80
Factor which takes account of the distribution of strain (0.50 bending - 1.00 tension)	k_2	[-]	0.50	0.50	0.50
Coefficient for $S_{r,max}$	k_3	[-]	3.40	3.40	3.40
Coefficient for $S_{r,max}$	k_4	[-]	0.425	0.425	0.425
Maximum crack spacing	$S_{r,max}$	[mm]	319.96	414.44	416.30
Crack width	w_k	[mm]	0.071	0.105	0.299
Crack width limit	w_{lim}	[mm]	0.300	0.300	0.300
VERIFICATION RESULT			OK	OK	OK

Abbildung 53: GL-DA - Spannungsüberprüfung der Kappe, des Tunnelbogenaufsatzes und der Sohlplatte (GZG)

Illustrazione 53: GL-DA - Verifiche tensionali della calotta della muretta e della platea di fondazione (SLE)

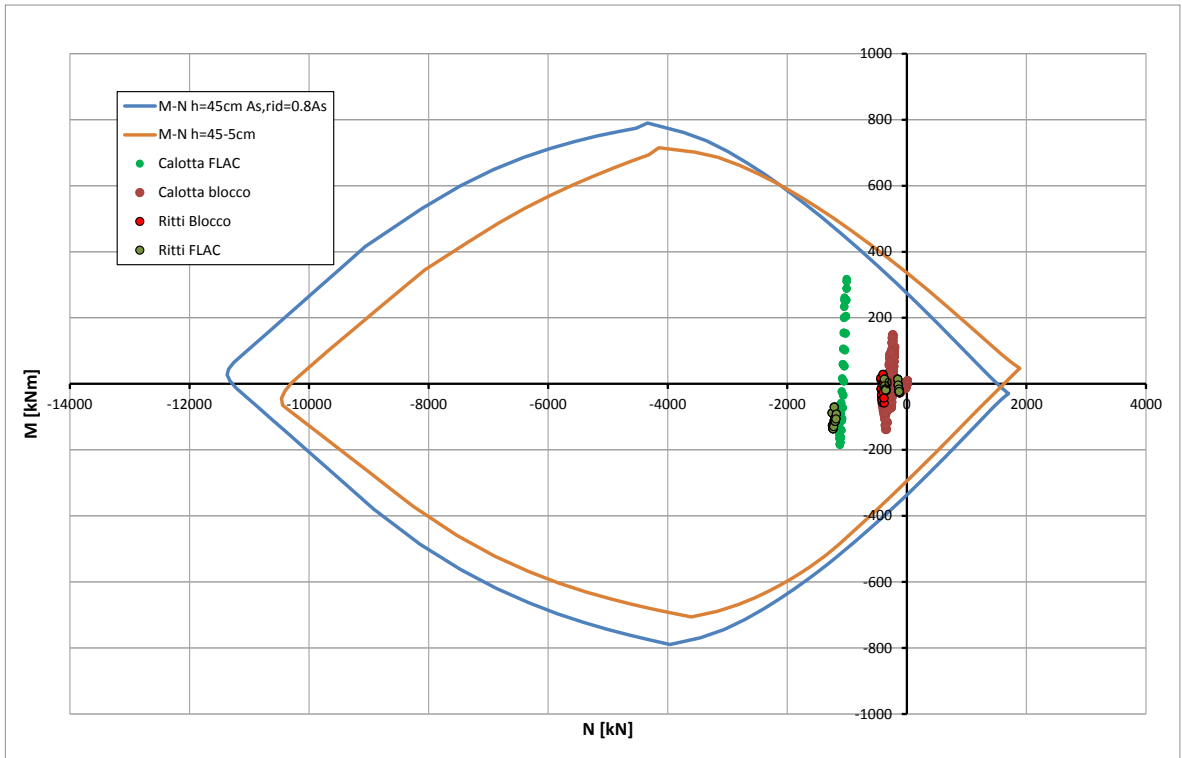


Abbildung 54: GL-DA - Überprüfung auf Beulspannung der Kappe (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 54: GL-DA - Verifica a pressoflessione della calotta nei riguardi dell'esposizione al fuoco

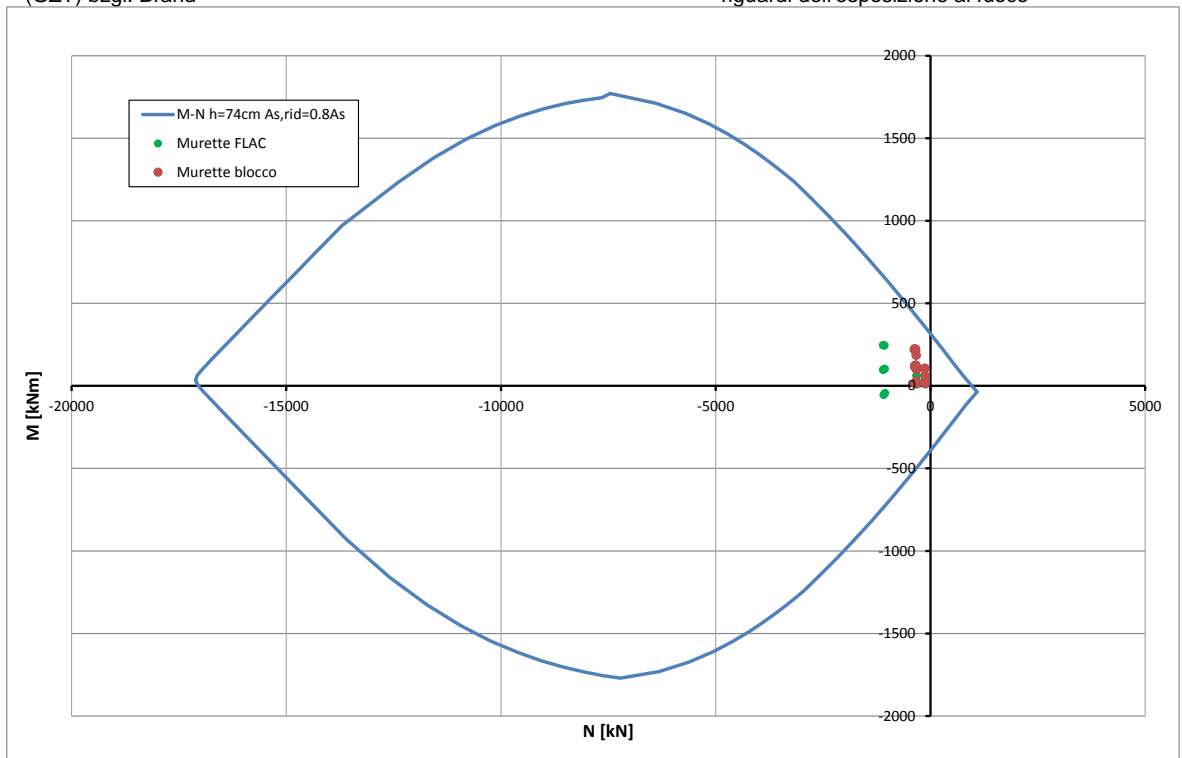


Abbildung 55: GL-DA - Überprüfung auf Beulspannung des Tunnelbogenaufsatzes (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 55: GL-DA - Verifica a pressoflessione della murette nei riguardi dell'esposizione al fuoco

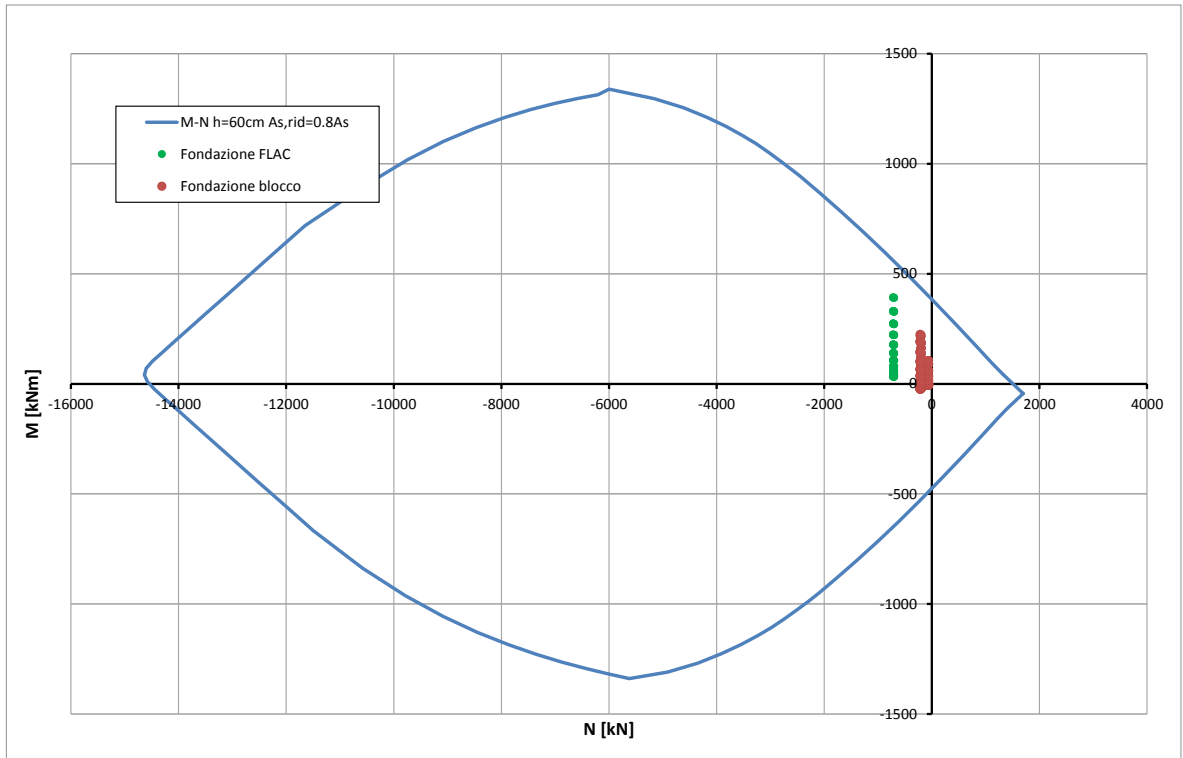


Abbildung 56: GL-DA - Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 56: GL-DA - Verifica a pressoflessione della platea di fondazione nei riguardi dell'esposizione al fuoco

Ausbruchquerschnitt GL-MA

Sezione GL-MA

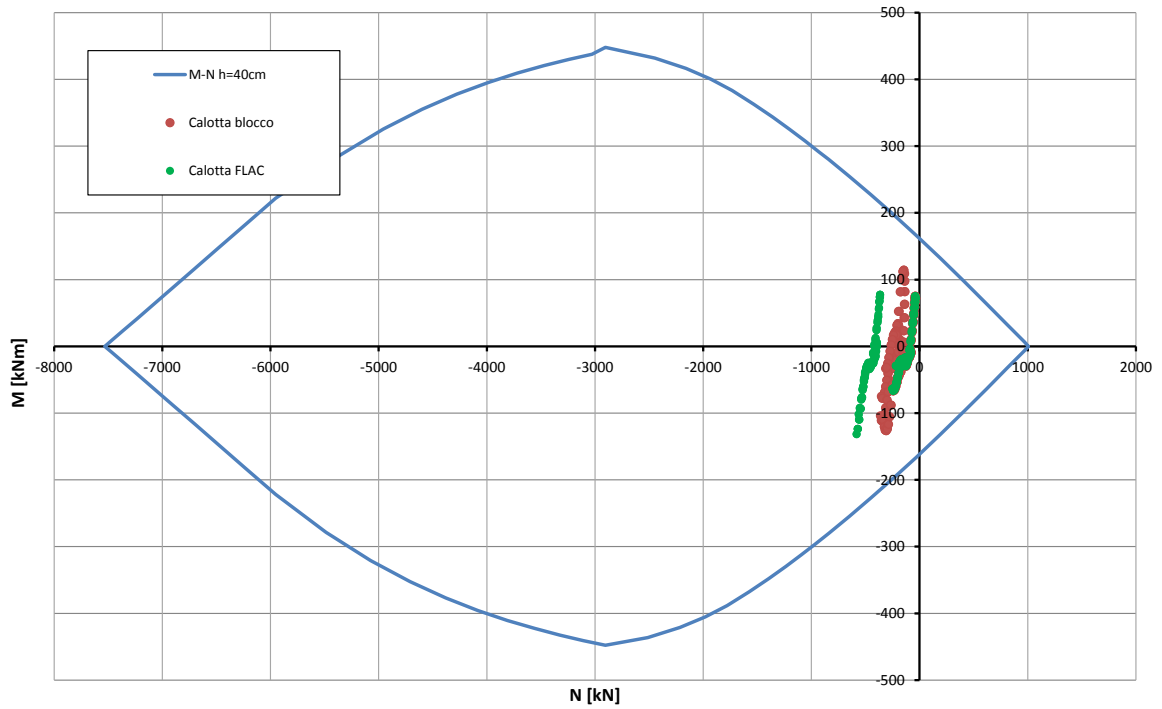


Abbildung 57: GL-MA - Überprüfung auf Beulspannung der Kappe (GZT)

Illustrazione 57: GL-MA - Verifica a pressoflessione della calotta (SLU)

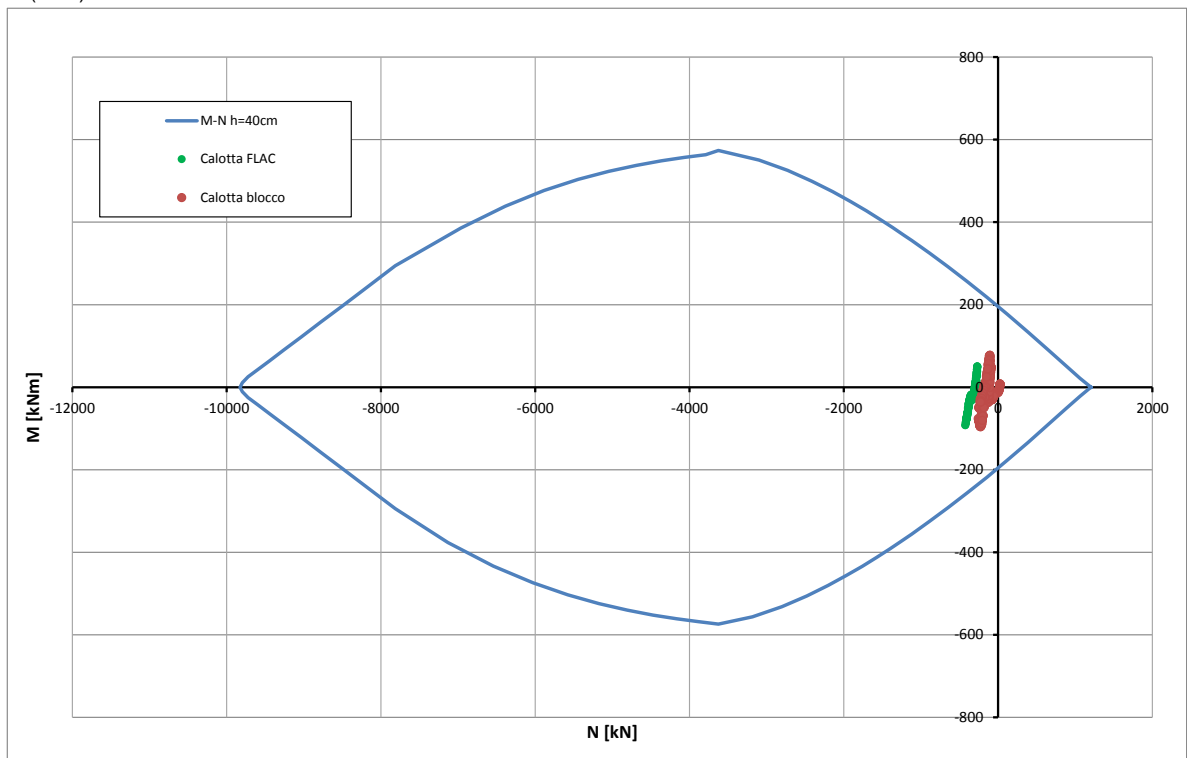


Abbildung 58: GL-MA - Überprüfung auf Beulspannung der Kappe (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 58: GL-MA - Verifica a pressoflessione della calotta (SLU Eccezionale)

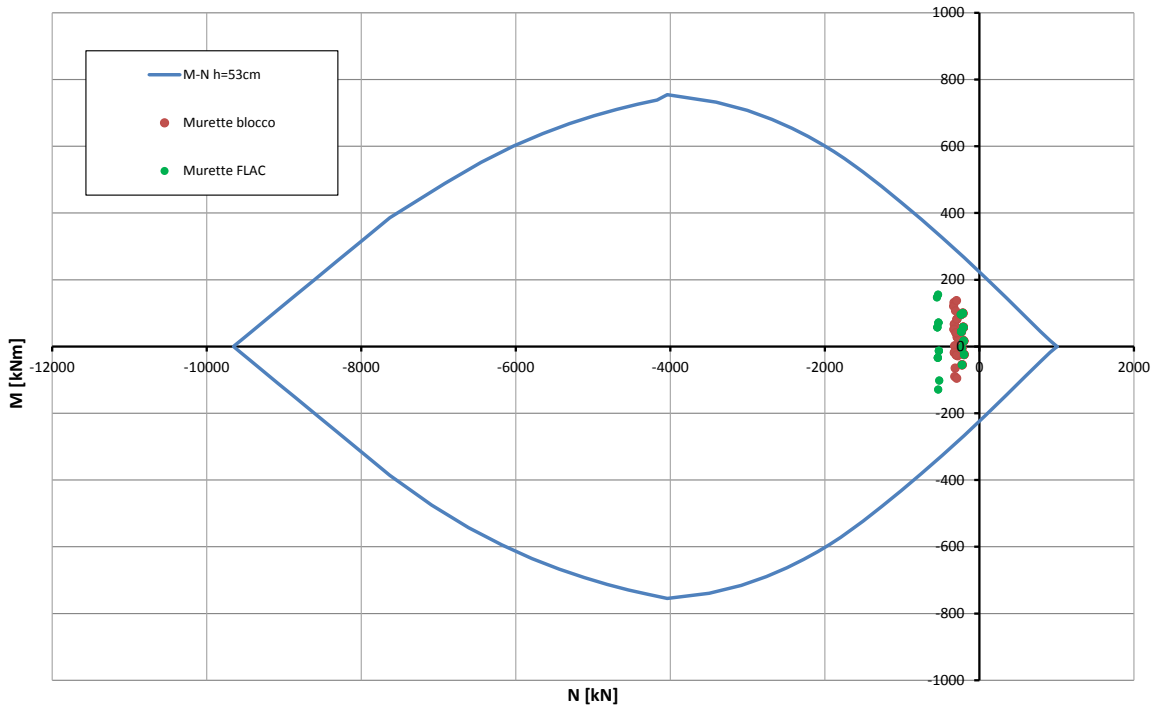


Abbildung 59: GL-MA - Überprüfung auf Beulspannung des Tunnelbogenaufsatzes (GZT)

Illustrazione 59: GL-MA - Verifica a pressoflessione della muretta (SLU)

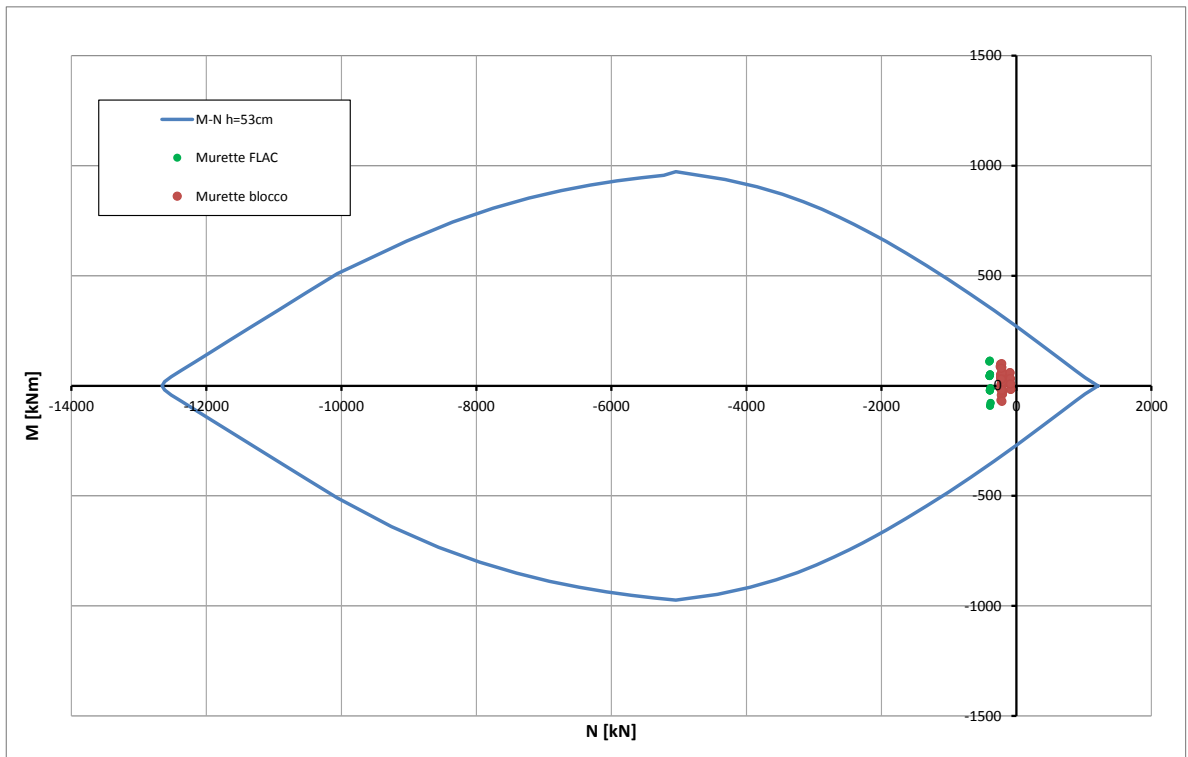


Abbildung 60: GL-MA Überprüfung auf Beulspannung des Tunnelbogenaufsatzes (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 60: GL-MA - Verifica a pressoflessione della muretta (SLU Eccezionale)

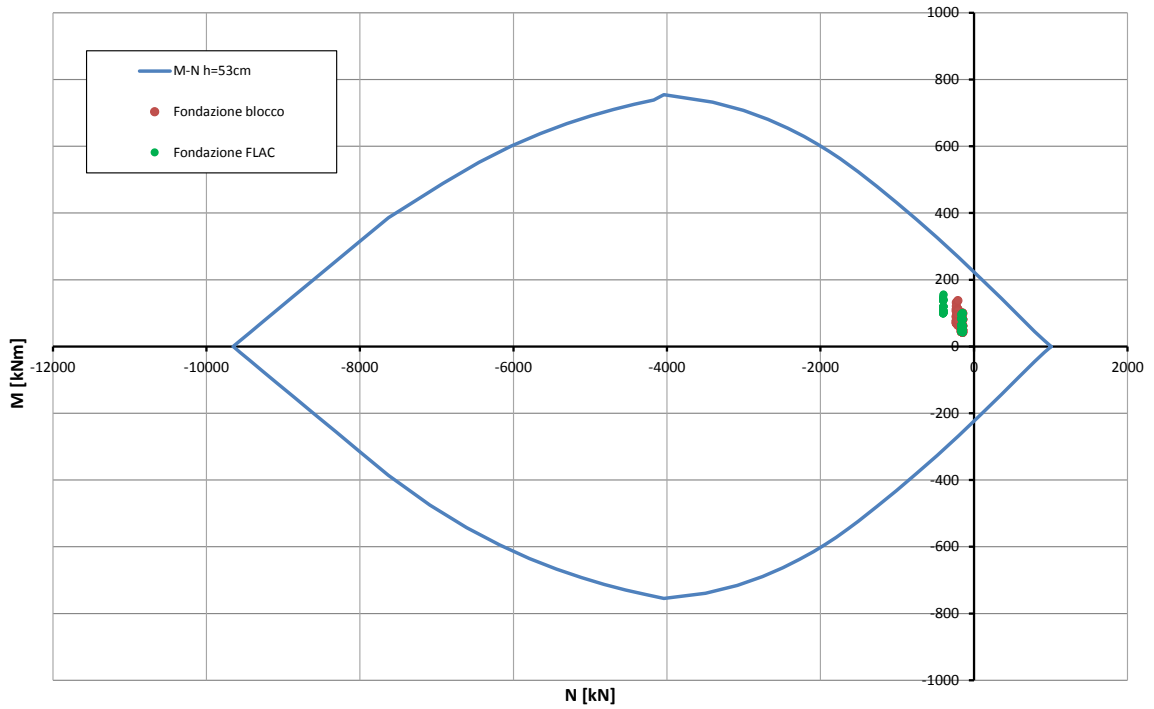


Abbildung 61: GL-MA- Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (GZT)

Illustrazione 61: GL-MA - Verifica a pressoflessione della platea di fondazione (SLU)

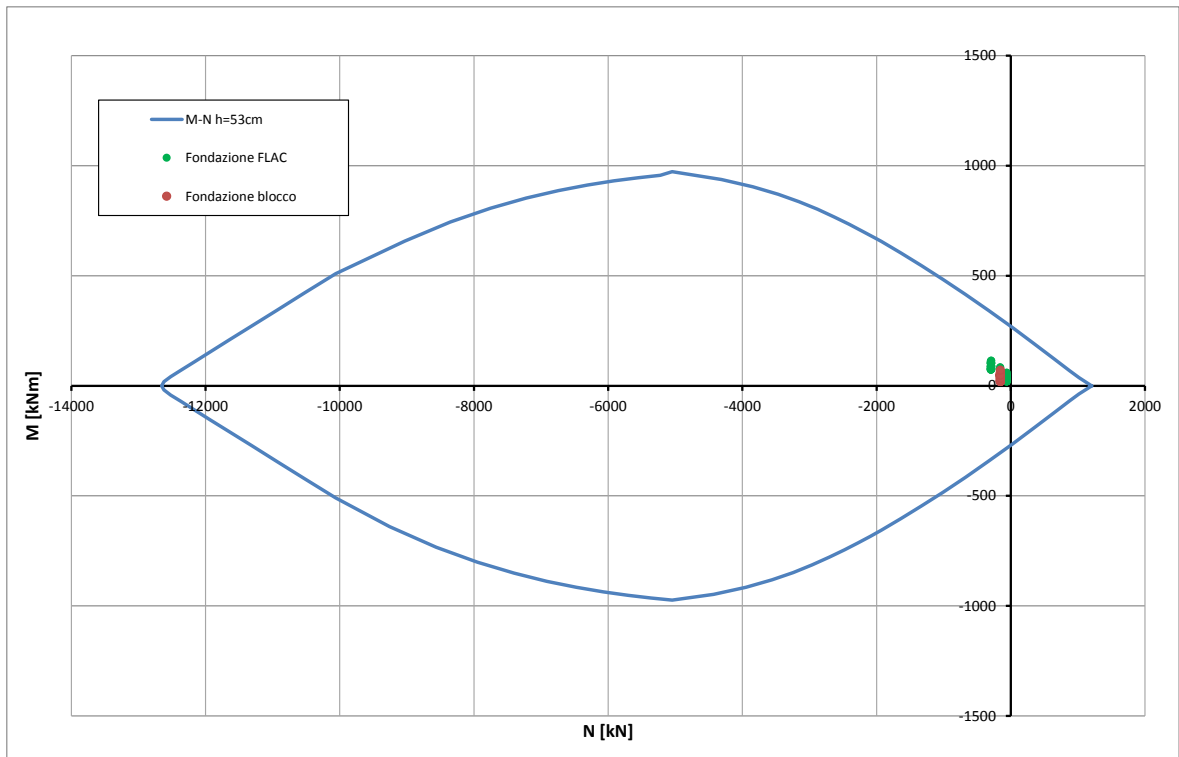


Abbildung 62: GL-MA - Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 62: GL-MA - Verifica a pressoflessione della platea di fondazione (SLU Eccezionale)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	72.80	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	332	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\emptyset	=	16	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	1340	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0040	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.78	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.46	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	152.43	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	163.76	kN

VERIFICA SODDISFATTA:

non occorre armatura trasversale resistente a taglio.

Abbildung 63: GL-MA - Querkraftüberprüfung der Kappe (GZT)

Illustrazione 63: GL-MA - Verifica a taglio della calotta (SLU)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	232.00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	500.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	462	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	16	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	1340	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0029	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.66	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.41	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	1.08	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	266.30	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	266.30	kN

VERIFICA SODDISFATTA:**non occorre armatura trasversale resistente a taglio.**

Abbildung 64: GL-MA - Querkraftüberprüfung des Tunnelbogenaufsatzes (Außergewöhnliches GZT) (GZT)

Illustrazione 64: GL-MA - Verifica a taglio della muretta (SLU Eccezionale) (SLU)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	60.80	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	462	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	16	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	1340	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0029	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.66	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.41	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	191.30	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	191.30	kN

VERIFICA SODDISFATTA:

non occorre armatura trasversale resistente a taglio.

Abbildung 65: GL-MA - Querkraftüberprüfung der Sohlplatte (GZT)

Illustrazione 65: GL-MA - Verifica a taglio della platea di fondazione (SLU)

			FLAC	FLAC	FLAC
			SLE05 - R07	SLE06 - M03	SLE06 - F01
STRESS CHARACTERISTICS SLS			GL-MA3	GL-MA3	GL-MA3
Design value of Axial Force	N _{Sd}	[kN]	-432	-392	-291
Design value of Bending Moment	M _{Sd}	[kNm]	-99	117	117
Design value of Shear Force	T _{Sd}	[kN]	0.00	0.00	0.00
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-MA3	GL-MA3	GL-MA3
Overall depth of the cross section	h	[mm]	400	530	530
Minimum width of the cross section in the tensile area	b _w	[mm]	1000	1000	1000
Effective depth of the cross section	d	[mm]	332.0	462.0	462.0
Neutral axis depth	x	[mm]	199.4	208.5	175.4
Maximum concrete stress (- = compression)	σ _c	[N/mm ²]	-4.34	-4.19	-4.33
Minimum concrete stress (- = compression)	σ _{c1}	[N/mm ²]	0.00	0.00	0.00
Maximum steel stress (+ = tension)	σ _s	[N/mm ²]	43.28	76.59	106.20
Minimum steel stress (+ = tension)	σ _{s1}	[N/mm ²]	0.00	0.00	0.00
Concrete limit stress	σ _{c,lim}	[N/mm ²]	-18.43	-18.43	-18.43
Steel limit stress	σ _{s,lim}	[N/mm ²]	360.00	360.00	360.00
VERIFICATION RESULT			OK	OK	OK
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-MA3	GL-MA3	GL-MA3
Characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days	f _{ck}	[N/mm ²]	30.71	30.71	30.71
Mean value of axial tensile strength of concrete (=0.3f _{ck} ^{2/3} per C≤C50/60)	f _{ctm}	[N/mm ²]	2.942	2.942	2.942
Characteristic axial tensile strength of concrete (=0.7f _{ctm})	f _{ctk}	[N/mm ²]	2.059	2.059	2.059
Partial factor of concrete	γ _c	[-]	1.000	1.000	1.000
Design tensile resistance of concrete	f _{ctd}	[N/mm ²]	2.059	2.059	2.059
Main value of tensile strength of the concrete in the effective tension area (f _{ctm})	f _{ct,eff}	[N/mm ²]	2.942	2.942	2.942
Elastic modulus of reinforcing steel	E _s	[N/mm ²]	210000	210000	210000
Secant elastic modulus of concrete	E _{cm}	[N/mm ²]	32000	32000	32000
= E _s /E _{cm}	α _e	[-]	6.56	6.56	6.56
Factor depending on the duration of the load (0.60: short term - 0.40: long term)	k _t	[-]	0.40	0.40	0.40
Effective tension area of concrete	A _{c,eff}	[mm ²]	66867	107167	118200
Number of rebar in tension area	n _l	[-]	6.7	6.7	6.7
Rebar main diameter	φ _l	[mm]	16	16	16
Cross section area of reinforcement in A _{c,eff}	A _{sl}	[mm ²]	1340	1340	1340
= A _s /A _{c,eff}	ρ _{p,eff}	[-]	0.0200	0.0125	0.0113
Main strain	ε _{sm} ·ε _{cm}	‰	0.124	0.219	0.303
Rebar cover	c	[mm]	60	60	60
Rebar spacing	s	[mm]	150	150	150
Bond factor (0.80: high bond bars - 1.60: plain bars)	k ₁	[-]	0.80	0.80	0.80
Factor which takes account of the distribution of strain (0.50 bending - 1.00 tension)	k ₂	[-]	0.50	0.50	0.50
Coefficient for S _{r,max}	k ₃	[-]	3.40	3.40	3.40
Coefficient for S _{r,max}	k ₄	[-]	0.425	0.425	0.425
Maximum crack spacing	S _{r,max}	[mm]	339.69	421.47	443.85
Crack width	w _k	[mm]	0.042	0.092	0.135
Crack width limit	w _{lim}	[mm]	0.300	0.300	0.300
VERIFICATION RESULT			OK	OK	OK

Abbildung 66: GL-MA - Spannungsüberprüfung der Widerlager, des Tunnelbogenaufsatzes und der Sohlplatte (GZG)

Illustrazione 66: GL-MA - Verifiche tensionali dei ritti della muretta e della platea di fondazione (SLE)

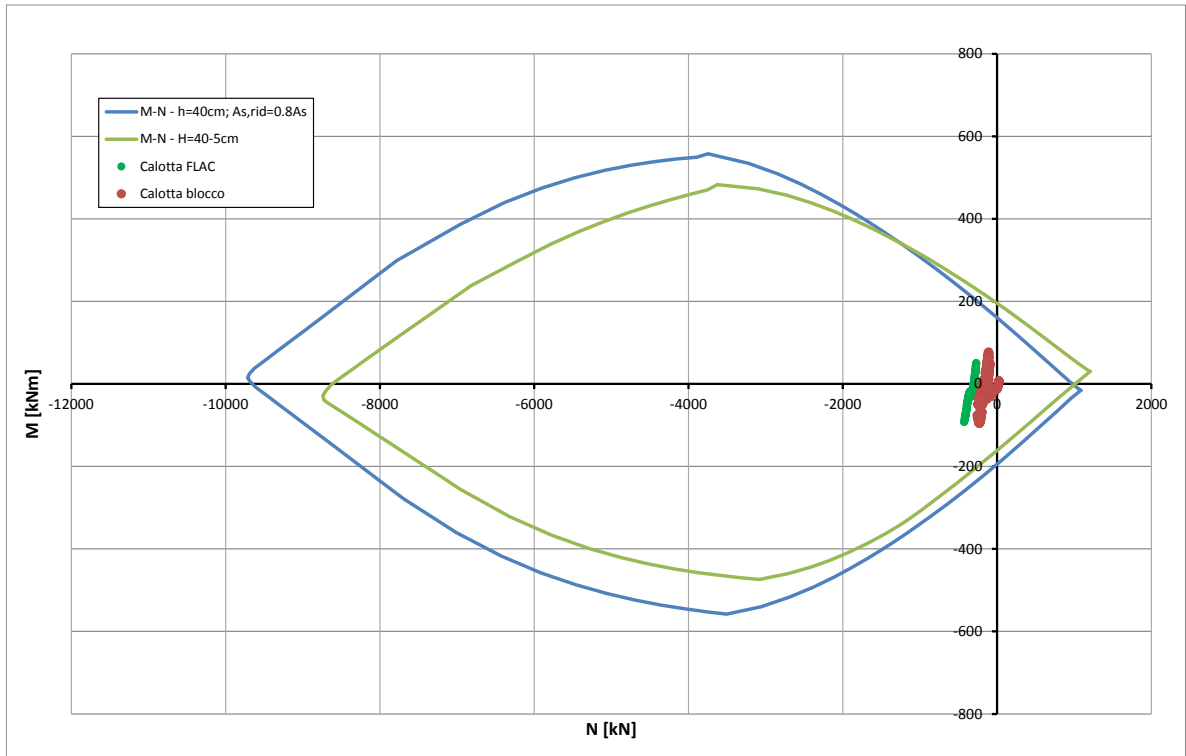


Abbildung 67: GL-MA - Überprüfung auf Beulspannung der Kappe (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 67: GL-MA - Verifica a pressoflessione della calotta nei riguardi dell'esposizione al fuoco (SLU)

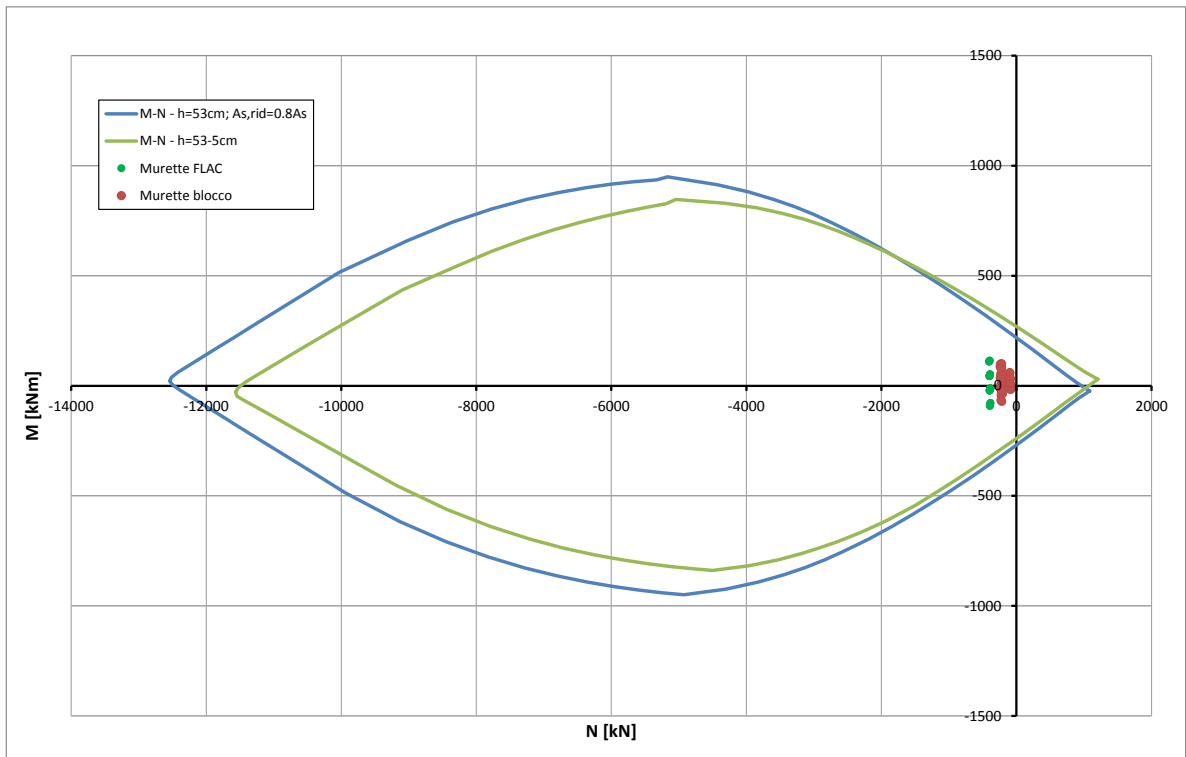


Abbildung 68: GL-MA - Überprüfung auf Beulspannung des Tunnelbogenaufsatzes (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 68: GL-MA - Verifica a pressoflessione della murette nei riguardi dell'esposizione al fuoco

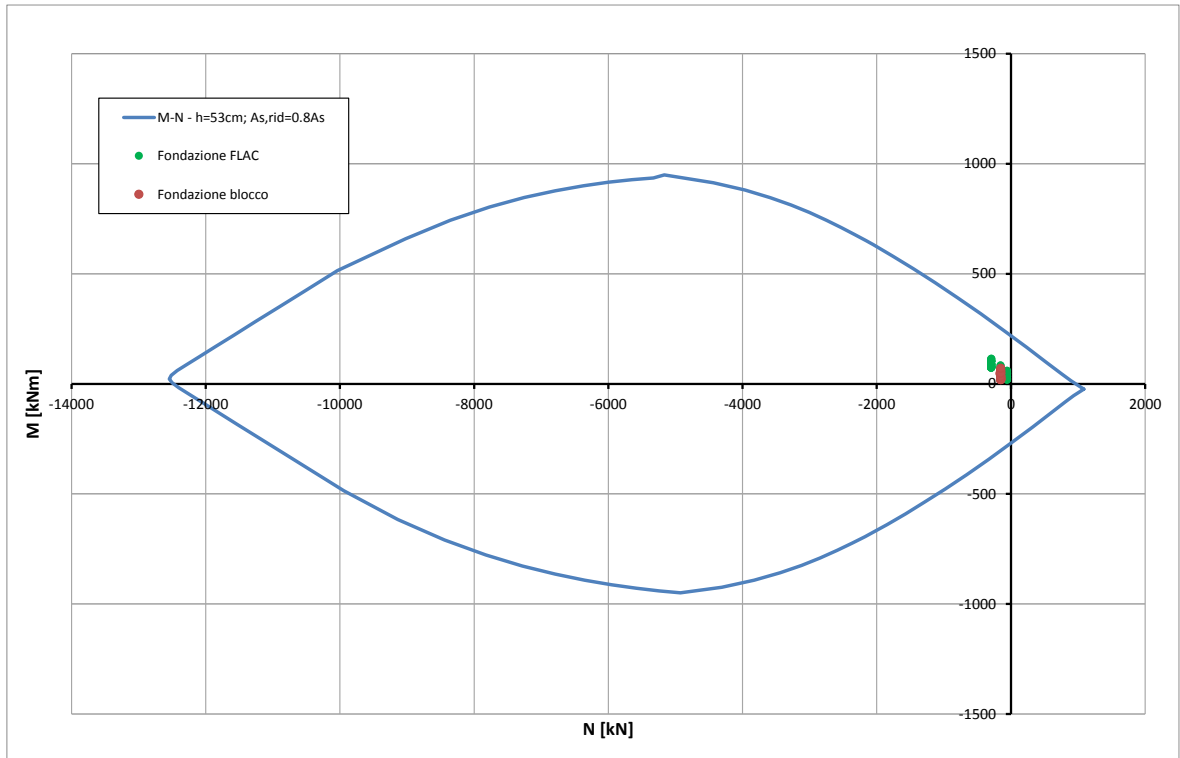


Abbildung 69: GL-MA - Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 69: GL-MA - Verifica a pressoflessione della platea di fondazione nei riguardi dell'esposizione al fuoco

GL-E-T

GL-E-T

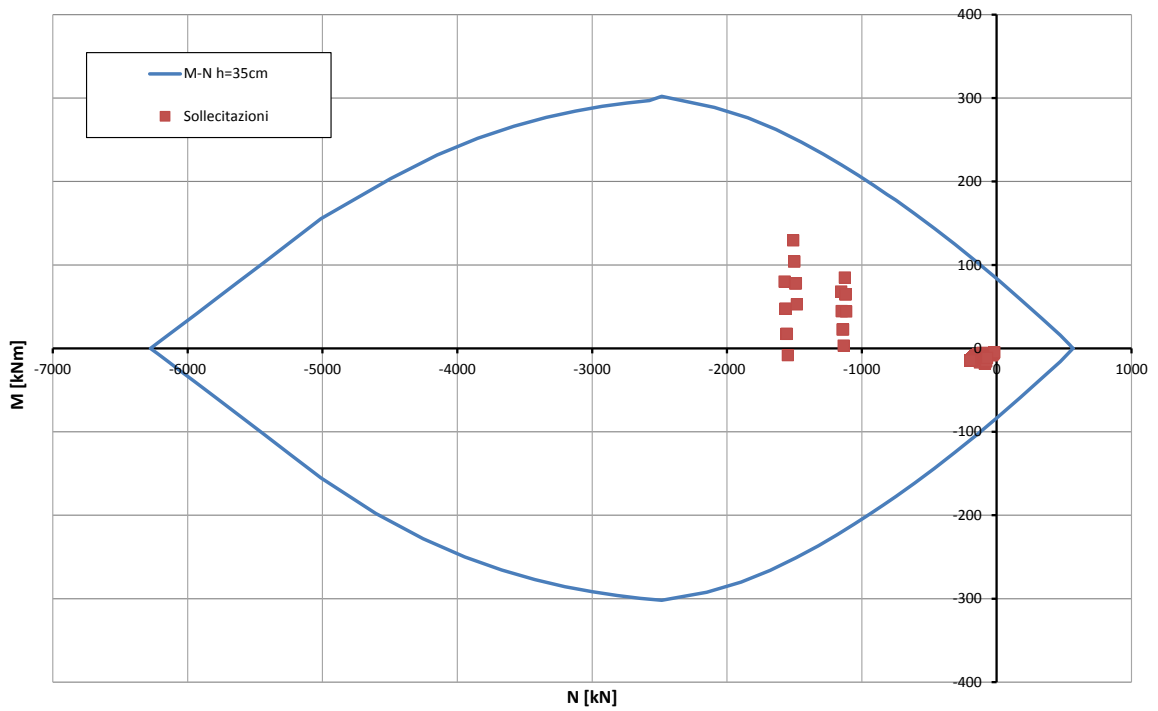


Abbildung 70: GL-E-T - Überprüfung auf Beulspannung der Kappe (GZT)

Illustrazione 70: GL-E-T - Verifica a pressoflessione della calotta (SLU)

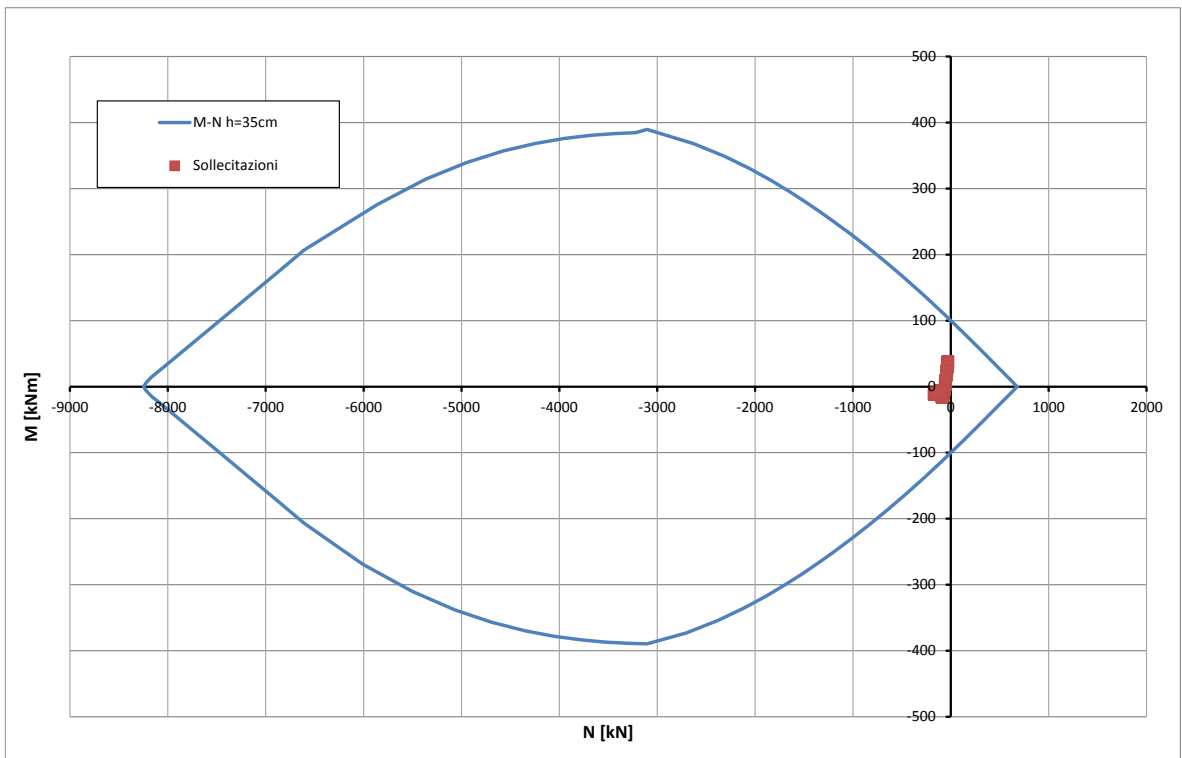


Abbildung 71: GL-E-T - Überprüfung auf Beulspannung der Kappe (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 71: GL-E-T - Verifica a pressoflessione della calotta (SLU Eccezionale)

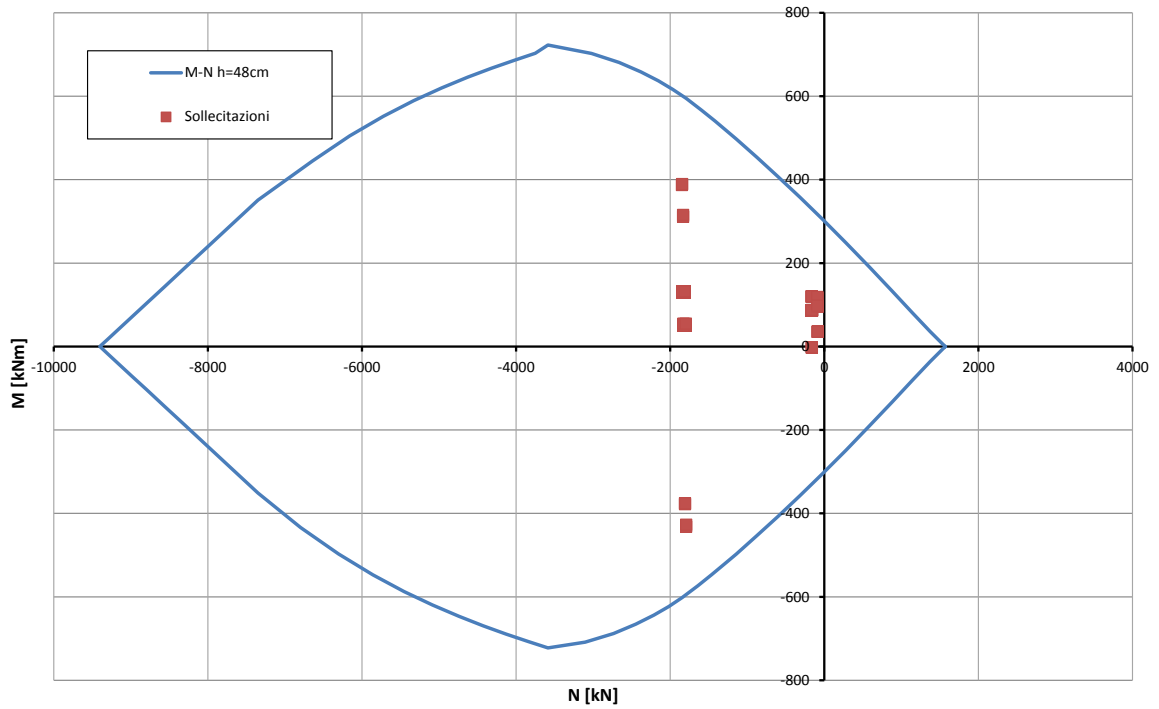


Abbildung 72: GL-E-T - Überprüfung auf Beulspannung des Tunnelbogenaufsatzes (GZT)

Illustrazione 72: GL-E-T - Verifica a pressoflessione della muretta (SLU)

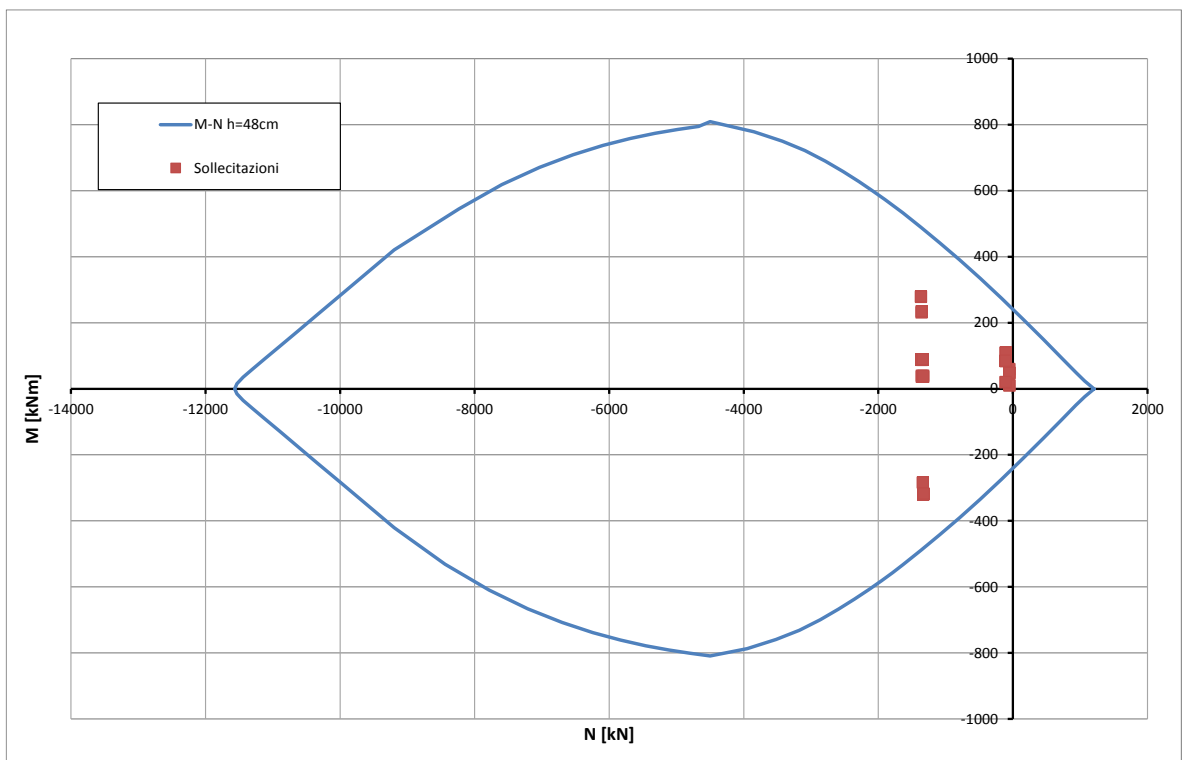


Abbildung 73: GL-E-T - Überprüfung auf Beulspannung des Tunnelbogenaufsatzes (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 73: GL-E-T - Verifica a pressoflessione della muretta (SLU Eccezionale)

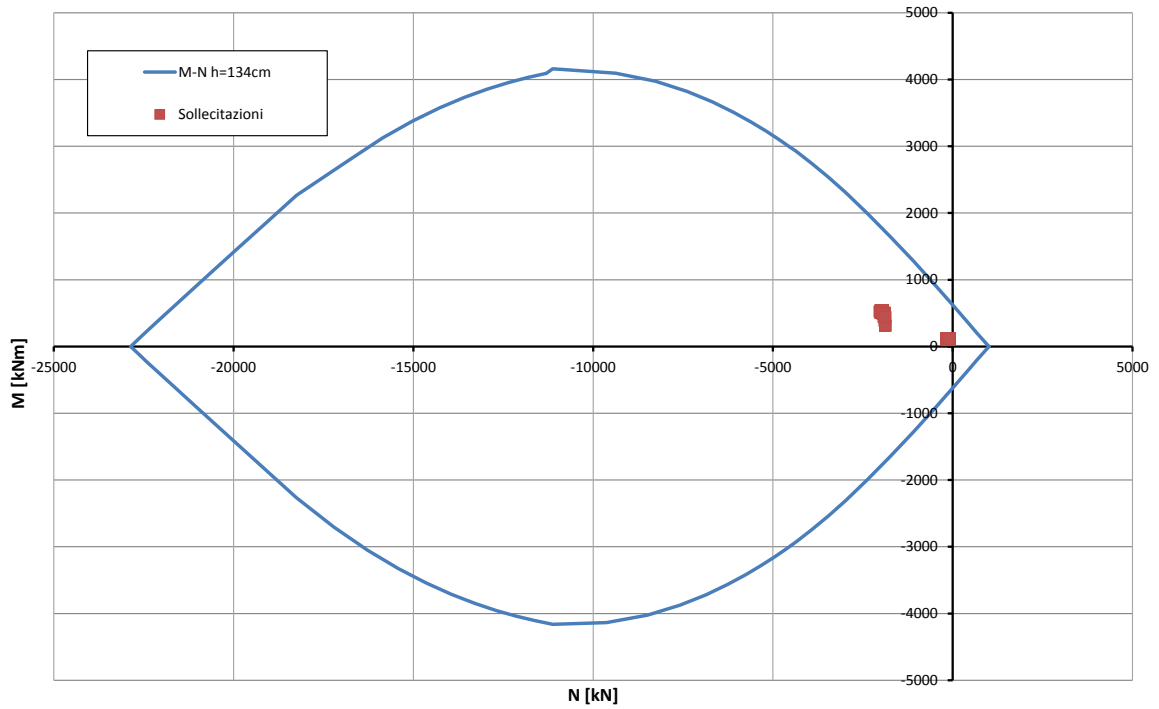


Abbildung 74: GL-E-T - Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (GZT)

Illustrazione 74: GL-E-T - Verifica a pressoflessione della platea di fondazione (SLU)

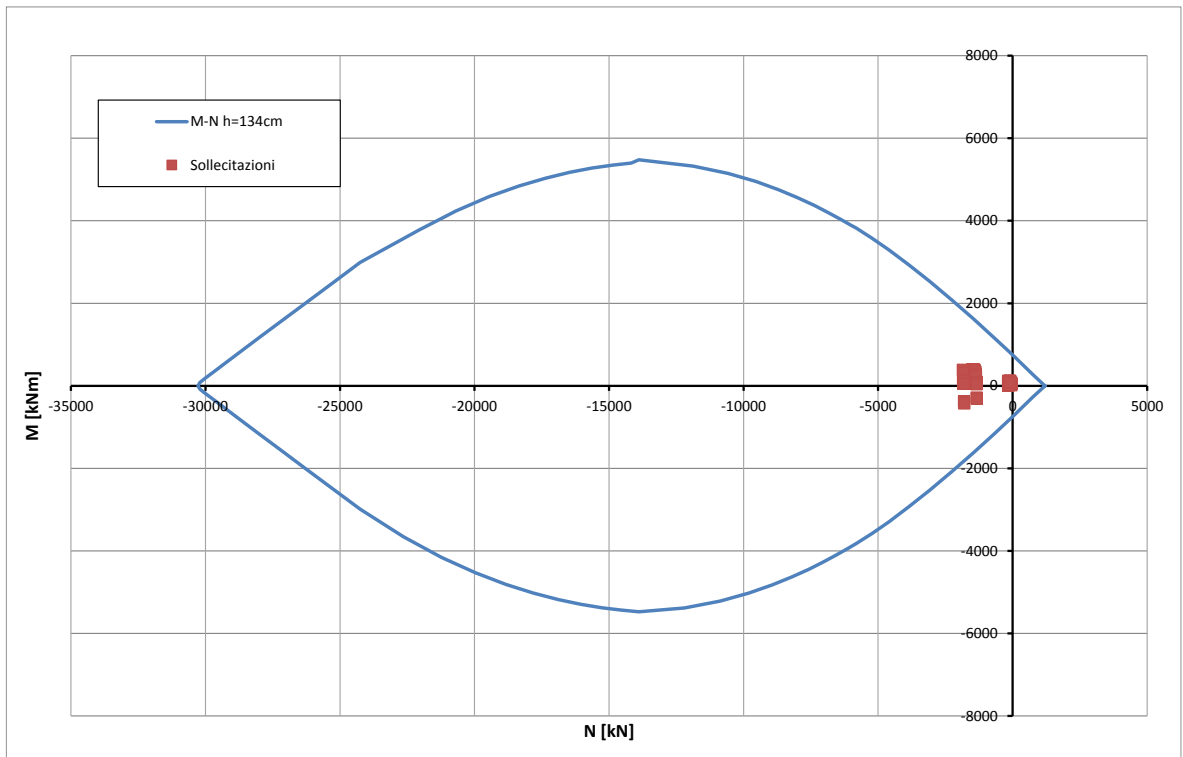


Abbildung 75: GL-E-T - Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 75: GL-E-T - Verifica a pressoflessione della platea di fondazione (SLU Eccezionale)

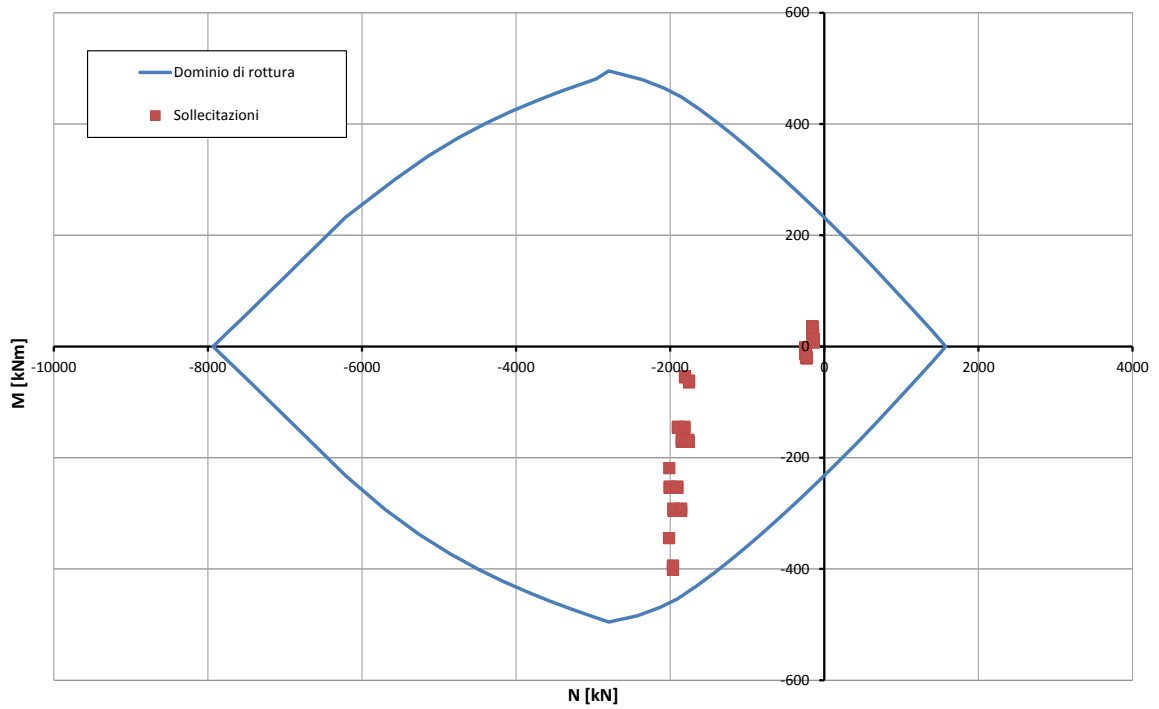


Abbildung 76: GL-E-T - Überprüfung auf Beulspannung der Widerlager (GZT)

Illustrazione 76: GL-E-T - Verifica a pressoflessione dei ritti (SLU)

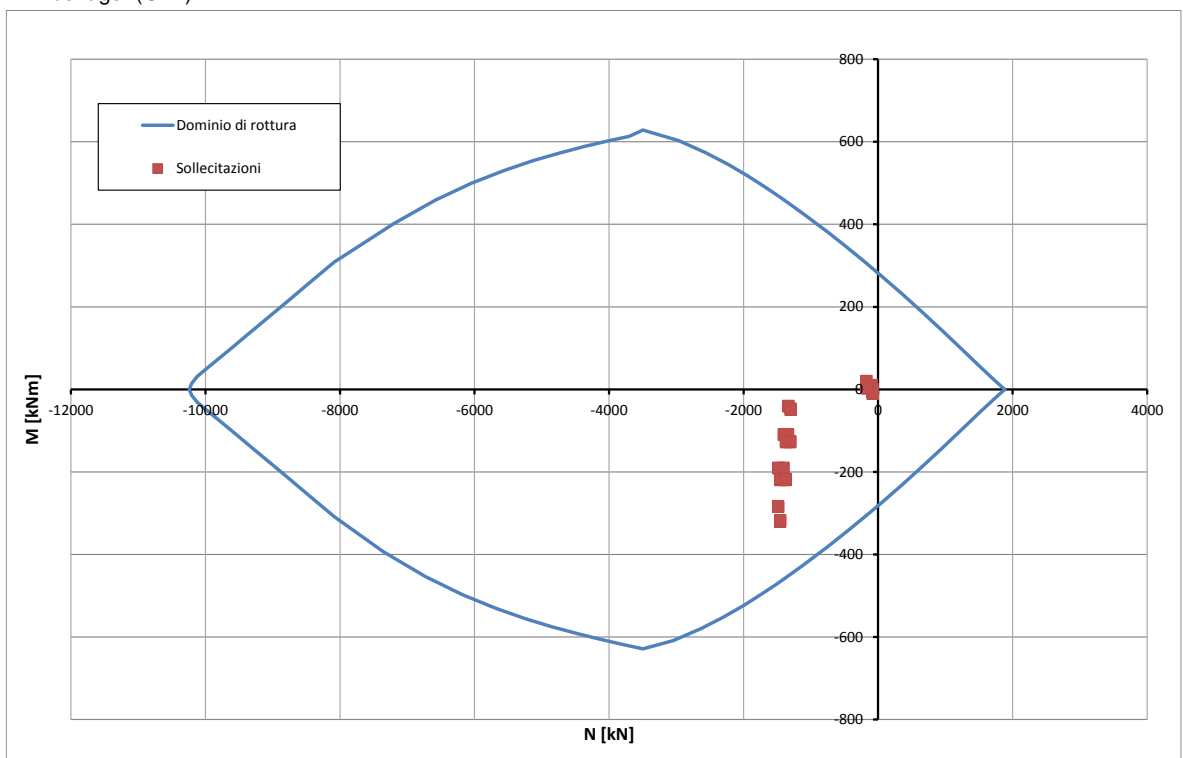


Abbildung 77: GL-E-T - Überprüfung auf Beulspannung der Widerlager (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 77: GL-E-T - Verifica a pressoflessione dei ritti (SLU Eccezionale)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	71.58	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	284	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	12	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	753	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0027	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.84	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.48	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	137.39	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	137.39	kN

VERIFICA SODDISFATTA:

non occorre armatura trasversale resistente a taglio.

Abbildung 78: GL-E-T - Querkraftüberprüfung der Kappe (GZT)

Illustrazione 78: GL-E-T - Verifica a taglio della calotta (SLU)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	1073.44	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	512	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	16	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	1340	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0026	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.63	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.40	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	205.71	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	205.71	kN

VERIFICA NON SODDISFATTA:

occorre procedere al dimensionamento dell'armatura trasversale resistente a taglio.

VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2)**Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento	α	=	90	°
Diametro ferri a taglio	\varnothing_{sw}	=	12	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	n_{sw}	=	7	--
Passo in direzione asse elemento	s	=	250	mm
Area totale di armatura a taglio	A_{sw}	=	753	mm ²

Fattori di resistenza a compressione:

Controllo duttilità (SI = duttile)	1.13	<	8.16	SI
Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	θ	=	22.00	°
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	f'_{cd}	=	8.16	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	α_c	=	1.00	--

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	V_{Rsd}	=	1287.50	kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	V_{Rcd}	=	1305.58	kN
Resistenza ultima a taglio	V_{Rd}	=	1287.50	kN

VERIFICA SODDISFATTA.

Abbildung 79: GL-E-T - Querkraftüberprüfung. des Tunnelbogenaufsatzes (GZT)

Illustrazione 79: GL-E-T - Verifica a taglio della muretta (SLU)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	344.06	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	1959.14	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	295.34	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	300	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	20	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	2093	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0070	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.82	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.47	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	3.26	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	289.29	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	328.47	kN

VERIFICA NON SODDISFATTA:

occorre procedere al dimensionamento dell'armatura trasversale resistente a taglio.

VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2)**Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento	α	=	90	°
Diametro ferri a taglio	\varnothing_{sw}	=	12	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	n_{sw}	=	7	--
Passo in direzione asse elemento	s	=	500	mm
Area totale di armatura a taglio	A_{sw}	=	753	mm ²

Fattori di resistenza a compressione:

Controllo duttilità (SI = duttile)	0.56	<	10.20	SI
Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	θ	=	22.00	°
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	f'_{cd}	=	8.16	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	=	6.53	N/mm ²
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	α_c	=	1.25	--

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	V_{Rsd}	=	377.20	kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	V_{Rcd}	=	956.23	kN
Resistenza ultima a taglio	V_{Rd}	=	377.20	kN

VERIFICA SODDISFATTA.

Abbildung 80: GL-E-T - Querkraftüberprüfung der Widerlager (GZT)

Illustrazione 80: GL-E-T - Verifica a taglio dei ritti (SLU)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	286.14	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	1272	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	16	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	1340	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0011	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.40	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.32	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	407.16	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	407.16	kN

VERIFICA SODDISFATTA:**non occorre armatura trasversale resistente a taglio.**

Abbildung 81: GL-E-T - Querkraftüberprüfung der Sohlplatte (GZT)

Illustrazione 81: GL-E-T - Verifica a taglio della fondazione (SLU)

			R-08	C-28	A-01	A-03
			RITTI	CALOTTA	MURETTA	FONDAZ.
STRESS CHARACTERISTICS SLS			GL-E-Tb	GL-E-T	GL-E-T	GL-E-T
Design value of Axial Force	N_{sd}	[kN]	1450.00	1510.08	1328.38	1404.19
Design value of Bending Moment	M_{sd}	[kNm]	304.00	131.10	329.63	380.80
Design value of Shear Force	T_{sd}	[kN]	0.00	0.00	0.00	0.00
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-E-Tb	GL-E-T	GL-E-T	GL-E-T
Overall depth of the cross section	h	[mm]	390	350	480	1340
Minimum width of the cross section in the tensile area	b_w	[mm]	1000	1000	1000	1000
Effective depth of the cross section	d	[mm]	320.0	284.0	412.0	1272.0
Neutral axis depth	x	[mm]	179.0	201.6	201.6	1235.3
Maximum concrete stress (- = compression)	σ_c	[N/mm ²]	-17.272	-10.526	-14.230	-2.213
Minimum concrete stress (- = compression)	σ_{c1}	[N/mm ²]	0.000	0.000	0.000	0.000
Maximum steel stress (+ = tension)	σ_s	[N/mm ²]	204.069	7.755	218.615	0.878
Minimum steel stress (+ = tension)	σ_{s1}	[N/mm ²]	0.000	0.000	0.000	0.000
Concrete limit stress	$\sigma_{c,lim}$	[N/mm ²]	-18.426	-18.426	-18.426	-18.426
Steel limit stress	$\sigma_{s,lim}$	[N/mm ²]	360.000	360.000	360.000	360.000
VERIFICATION RESULT			OK	OK	OK	OK
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			GL-E-Tb	GL-E-T	GL-E-T	GL-E-T
Characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days	f_{ck}	[N/mm ²]	30.71	30.71	30.71	30.71
Mean value of axial tensile strength of concrete ($=0.3f_{ck}^{2/3}$ per C<C50/60)	f_{ctm}	[N/mm ²]	2.942	2.942	2.942	2.942
Characteristic axial tensile strength of concrete ($=0.7f_{ctm}$)	f_{ctk}	[N/mm ²]	2.059	2.059	2.059	2.059
Partial factor of concrete	γ_c	[-]	1.000	1.000	1.000	1.000
Design tensile resistance of concrete	f_{ctd}	[N/mm ²]	2.059	2.059	2.059	2.059
Main value of tensile strength of the concrete in the effective tension area (f_{ctm})	$f_{ct,eff}$	[N/mm ²]	2.942	2.942	2.942	2.942
Elastic modulus of reinforcing steel	E_s	[N/mm ²]	210000	210000	210000	210000
Secant elastic modulus of concrete	E_{cm}	[N/mm ²]	32000	32000	32000	32000
= E_s/E_{cm}	α_e	[-]	6.56	6.56	6.56	6.56
Factor depending on the duration of the load (0.60: short term - 0.40: long term)	k_t	[-]	0.40	0.40	0.40	0.40
Effective tension area of concrete	$A_{c,eff}$	[mm ²]	70333	49467	92800	34900
Number of rebar in tension area	n_l	[-]	6.7	6.7	6.7	6.7
Rebar main diameter	ϕ_l	[mm]	20	12	16	16
Cross section area of reinforcement in $A_{c,eff}$	A_{sl}	[mm ²]	2094	754	1340	1340
= $A_s/A_{c,eff}$	$\rho_{p,eff}$	[-]	0.0298	0.0152	0.0144	0.0384
Main strain	$\epsilon_{sm} \cdot \epsilon_{cm}$	‰	0.747	0.022	0.625	0.003
Rebar cover	c	[mm]	60	60	60	60
Rebar spacing	s	[mm]	150	150	150	150
Bond factor (0.80: high bond bars - 1.60: plain bars)	k_1	[-]	0.80	0.80	0.80	0.80
Factor which takes account of the distribution of strain (0.50 bending - 1.00 tension)	k_2	[-]	0.50	0.50	0.50	0.50
Coefficient for $S_{r,max}$	k_3	[-]	3.40	3.40	3.40	3.40
Coefficient for $S_{r,max}$	k_4	[-]	0.425	0.425	0.425	0.425
Maximum crack spacing	$S_{r,max}$	[mm]	318.18	337.84	392.31	274.82
Crack width	w_k	[mm]	0.238	0.007	0.245	0.001
Crack width limit	w_{lim}	[mm]	0.300	0.300	0.300	0.300
VERIFICATION RESULT			OK	OK	OK	OK

Abbildung 82: GL-E-T - Spannungsüberprüfung der Kappe, der Widerlager, des Tunnelbogenaufsatzes und der Sohlplatte (GZG)

Illustrazione 82: GL-E-T - Verifiche tensionali della calotta, dei ritte, della muretta e della fondazione (SLE)

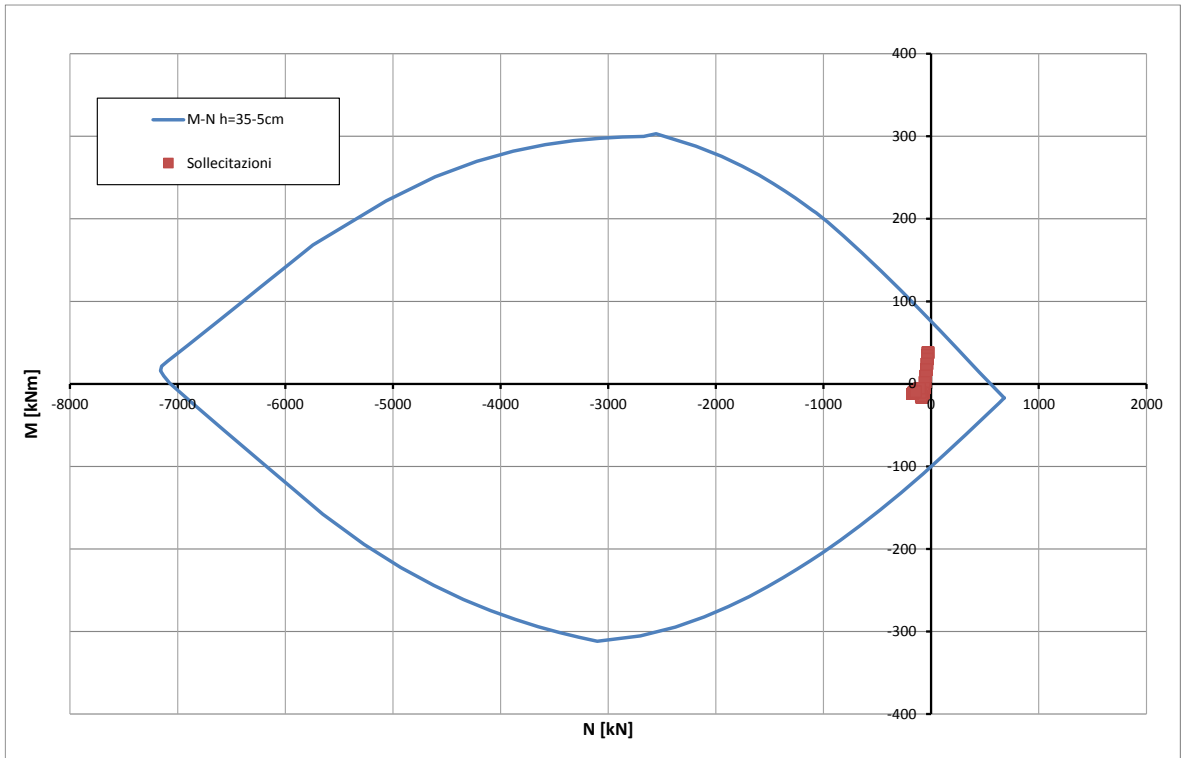


Abbildung 83: GL-E-T- Überprüfung auf Beulspannung der Kappe (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 83: GL-E-T - Verifica a pressoflessione della calotta nei riguardi dell'esposizione al fuoco

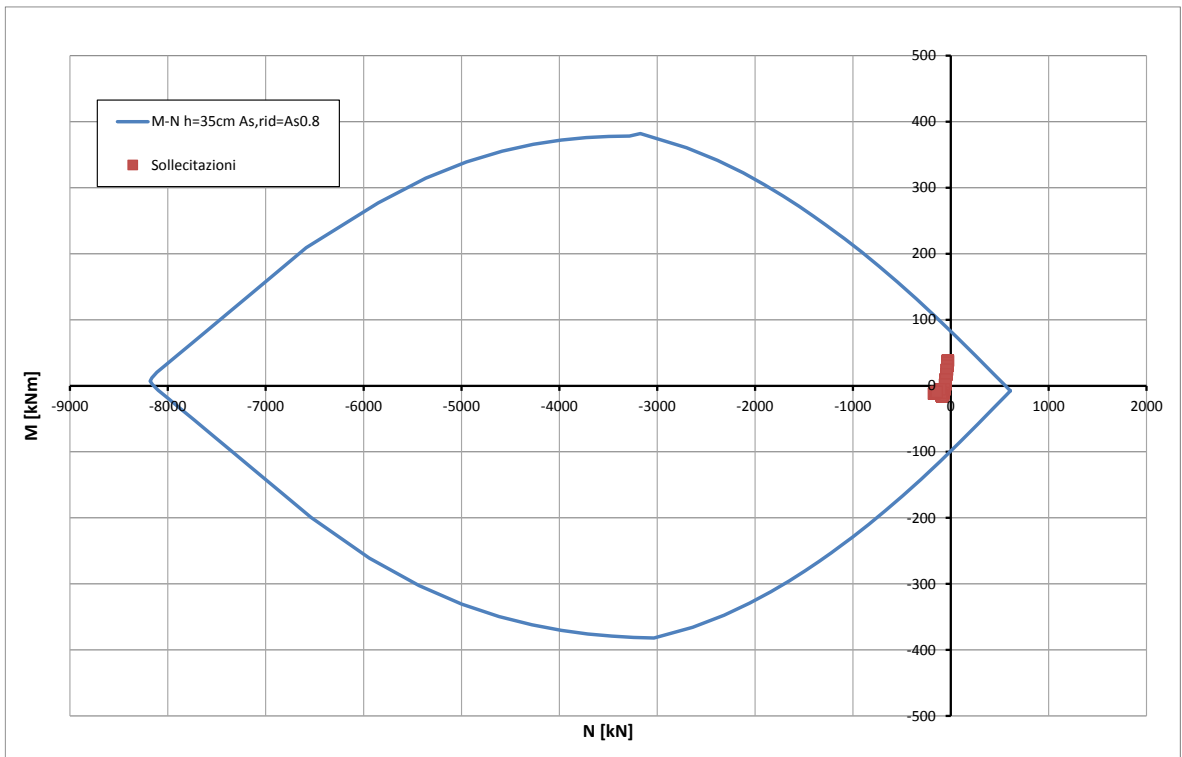


Abbildung 84: GL-E-T- Überprüfung auf Beulspannung der Kappe (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 84: GL-E-T - Verifica a pressoflessione della calotta nei riguardi dell'esposizione al fuoco

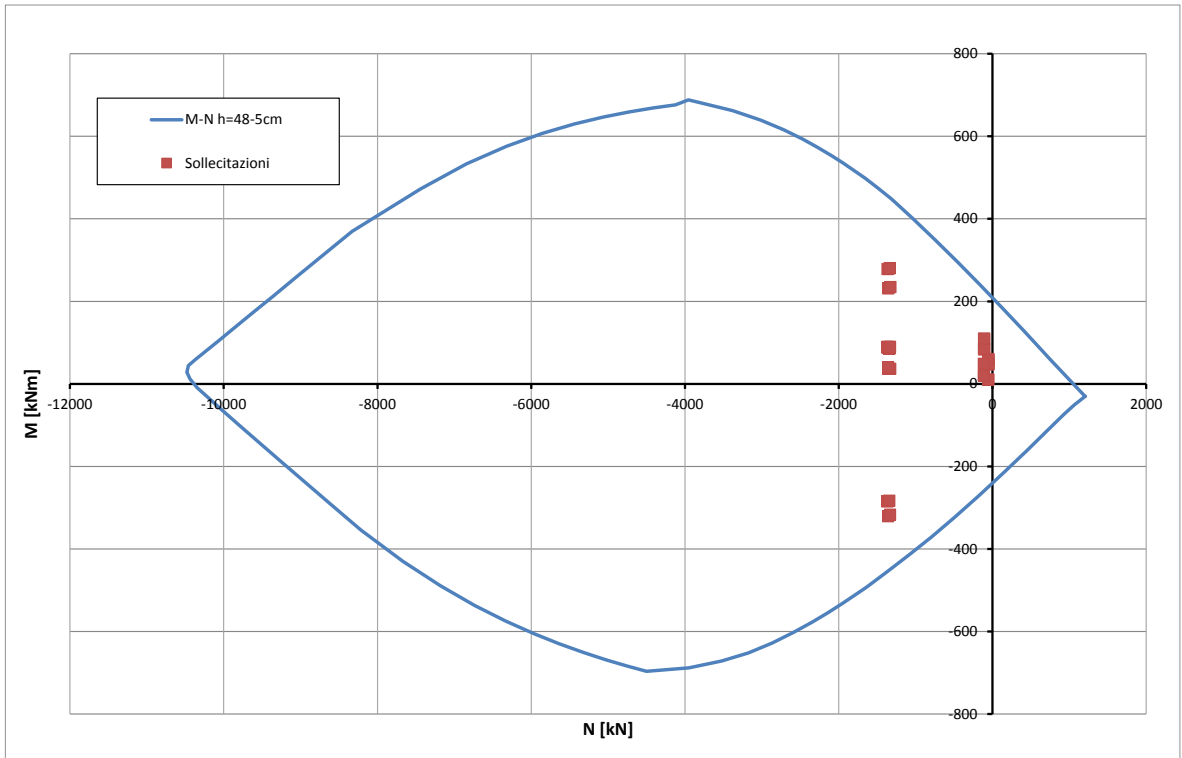


Abbildung 85: GL-E-T - Überprüfung auf Beulspannung des Tunnelbogenaufsatzes (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 85: GL-E-T - Verifica a pressoflessione della muretta nei riguardi dell'esposizione al fuoco

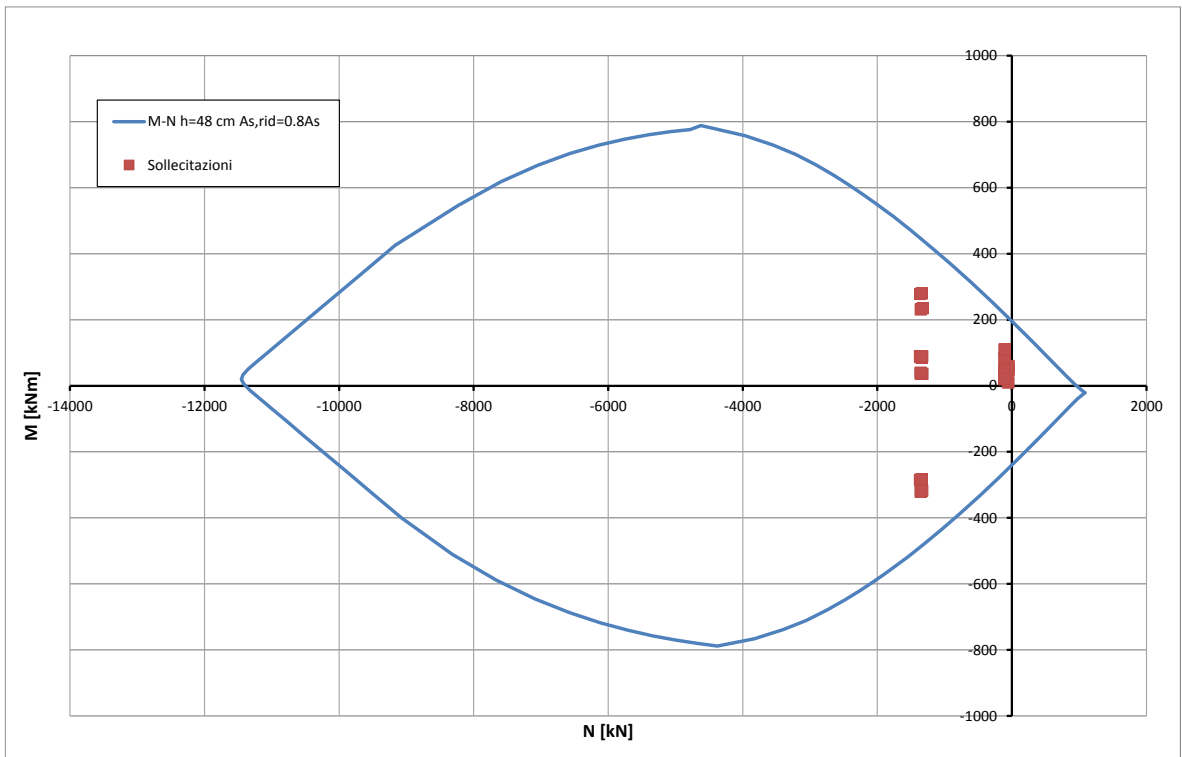


Abbildung 86: GL-D - Überprüfung auf Beulspannung des Tunnelbogenaufsatzes (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 86: GL-E-T - Verifica a pressoflessione della muretta nei riguardi dell'esposizione al fuoco

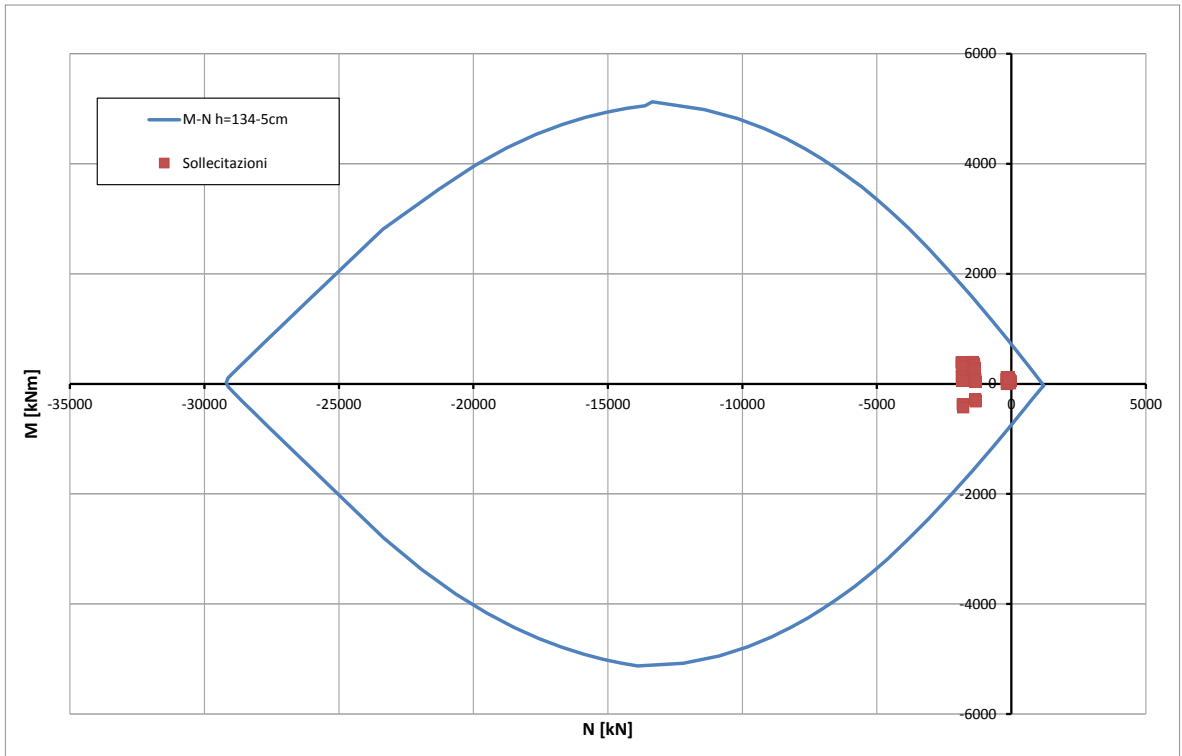


Abbildung 87: GL-E-T - Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 87: GL-E-T - Verifica a pressoflessione della platea di fondazione nei riguardi dell'esposizione al fuoco

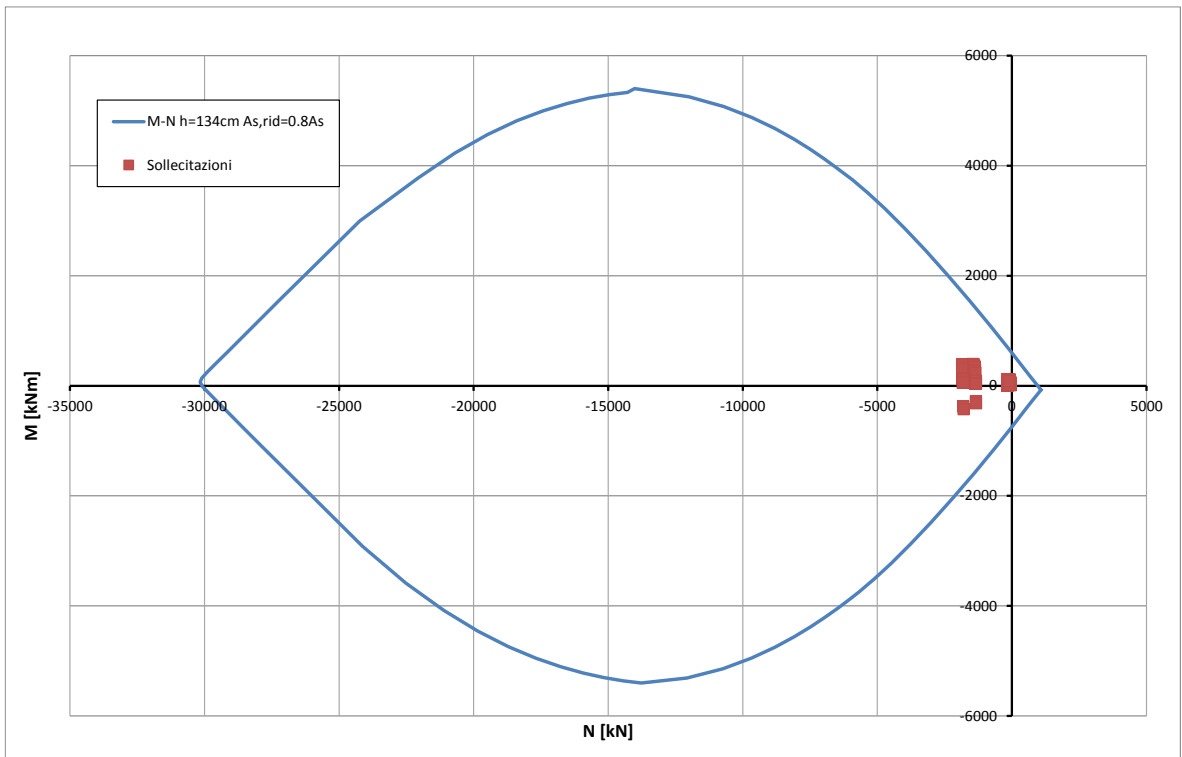


Abbildung 88: GL-E-T - Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 88: GL-E-T - Verifica a pressoflessione della platea di fondazione nei riguardi dell'esposizione al fuoco

GL-T3

GL-T3

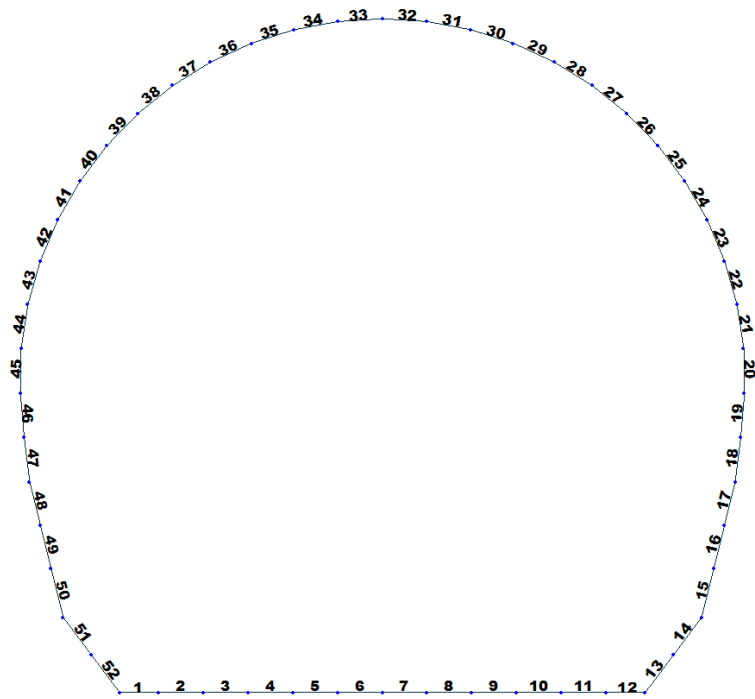


Abbildung 89: Modell GL-T3

Illustrazione 89: Modello GL-T3

SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		f _{ck}	f _{yk}	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 ²]	[N/mm ²]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
7	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	12'804	316.335	19.698	0.000	291.292	-	14.285
2	1.00	0.74								0.029	0.029	0.000	0.049	-	0.049
8	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	12'804	318.512	29.483	0.000	291.504	-	33.108
2	1.00	0.74								0.033	0.033	0.000	0.114	-	0.114
9	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	12'804	323.915	45.865	0.000	292.022	-	51.357
2	1.00	0.74								0.039	0.039	0.000	0.176	-	0.176
10	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	12'804	289.863	72.041	0.000	292.933	-	61.847
2	1.00	0.74								0.050	0.051	0.000	0.211	-	0.211
11	100 x 74		30.00	450.00	OK	N4	N4	14-2-P16	12'804	85.272	61.814	0.000	264.318	-	56.191
2	1.00	0.74								0.096	0.097	0.000	0.213	-	0.213
12	100 x 74		30.00	450.00	OK	N4	N4	14-2-P16	12'804	87.539	76.191	0.000	264.635	-	44.129
2	1.00	0.74								0.137	0.135	0.000	0.167	-	0.167
13	100 x 74		30.00	450.00	OK	N4	N6	14-2-P16	12'804	82.670	91.339	0.000	299.939	-	53.986
2	1.00	0.74								0.187	0.183	0.000	0.180	-	0.180
14	100 x 70		30.00	450.00	OK	N4	N5	14-2-P14	11'930	121.258	91.339	0.000	312.596	-	123.952
7	1.00	0.70								0.209	0.209	0.000	0.397	-	0.397
15	100 x 65		30.00	450.00	OK	N4	N6	14-2-P14	11'134	118.109	60.939	0.000	285.324	-	76.493
6	1.00	0.65								0.114	0.116	0.000	0.268	-	0.268
16	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5	N2	14-2-P14	11'134	519.954	35.316	0.000	243.719	-	26.605
6	1.00	0.65								0.059	0.058	0.000	0.109	-	0.109
17	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N2	14-2-P14	10'337	506.061	31.396	0.000	228.115	-	20.197
5	1.00	0.60								0.061	0.061	0.000	0.089	-	0.089
18	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	8'743	495.367	26.135	0.000	252.490	-	30.798
4	1.00	0.50								0.071	0.072	0.000	0.122	-	0.122
19	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	7'149	481.136	20.973	0.000	206.930	-	46.645
3	1.00	0.40								0.085	0.087	0.000	0.225	-	0.225
20	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	16-2-P12	6'227	475.967	23.031	0.000	190.261	-	44.851
1	1.00	0.35								0.104	0.105	0.000	0.236	-	0.236
21	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	16-2-P12	6'227	470.472	25.624	0.000	189.909	-	46.936
1	1.00	0.35								0.107	0.109	0.000	0.247	-	0.247
22	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	16-2-P12	6'227	379.581	39.019	0.000	189.603	-	38.674
1	1.00	0.35								0.123	0.126	0.000	0.204	-	0.204
23	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	16-2-P12	6'227	375.941	43.631	0.000	189.135	-	24.358
1	1.00	0.35								0.135	0.137	0.000	0.129	-	0.129
24	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	16-2-P12	6'227	376.099	43.631	0.000	189.155	-	21.781
1	1.00	0.35								0.135	0.137	0.000	0.115	-	0.115

Abbildung 90: GL-T3 - GZT

Illustrazione 90: GL-T3 - Verifica SLU

STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$ [N/mm ²]	$\sigma_{ct, Adm}$ [N/mm ²]	CHECK	$\sigma_{c, MAX}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c, Adm}$ [N/mm ²]	CHECK	$\sigma_{s, MAX}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s, Adm}$ [N/mm ²]	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)										
7	100 x 74		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-0.46	-18.00	OK	-0.32	360.00	OK
2	1.00	0.74										
8	100 x 74		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-0.54	-18.00	OK	-0.08	360.00	OK
2	1.00	0.74										
9	100 x 74		SLE - N5	0.10	2.90	OK	-0.67	-18.00	OK	0.44	360.00	OK
2	1.00	0.74										
10	100 x 74		SLE - N6	0.31	2.90	OK	-0.88	-18.00	OK	1.31	360.00	OK
2	1.00	0.74										
11	100 x 74		SLE - N4	0.48	2.90	OK	-1.08	-18.00	OK	2.22	360.00	OK
2	1.00	0.74										
12	100 x 74		SLE - N4	0.54	2.90	OK	-1.13	-18.00	OK	2.72	360.00	OK
2	1.00	0.74										
13	100 x 74		SLE - N4	0.69	2.90	OK	-1.36	-18.00	OK	3.37	360.00	OK
2	1.00	0.74										
14	100 X 70		SLE - N4	0.71	2.90	OK	-1.59	-18.00	OK	3.49	360.00	OK
7	1.00	0.70										
15	100 X 65		SLE - N4	0.51	2.90	OK	-1.23	-18.00	OK	2.40	360.00	OK
6	1.00	0.65										
16	100 X 65		SLE - N5	0.29	2.90	OK	-0.93	-18.00	OK	1.33	360.00	OK
6	1.00	0.65										
17	100 x 60		SLE - N5	0.17	2.90	OK	-0.97	-18.00	OK	0.68	360.00	OK
5	1.00	0.60										
18	100 x 50		SLE - N5	0.10	2.90	OK	-1.14	-18.00	OK	0.29	360.00	OK
4	1.00	0.50										
19	100 x 40		SLE - N5	0.19	2.90	OK	-1.39	-18.00	OK	0.17	360.00	OK
3	1.00	0.40										
20	100 x 35		SLE - N5	0.45	2.90	OK	-1.74	-18.00	OK	1.55	360.00	OK
1	1.00	0.35										
21	100 x 35		SLE - N5	0.63	2.90	OK	-1.97	-18.00	OK	2.27	360.00	OK
1	1.00	0.35										
22	100 x 35		SLE - N6	0.80	2.90	OK	-2.41	-18.00	OK	2.40	360.00	OK
1	1.00	0.35										
23	100 x 35		SLE - N6	0.94	2.90	OK	-2.53	-18.00	OK	2.41	360.00	OK
1	1.00	0.35										
24	100 x 35		SLE - N6	0.94	2.90	OK	-2.53	-18.00	OK	2.28	360.00	OK
1	1.00	0.35										

Abbildung 91: GL-T3 - GZT

Illustrazione 91: GL-T3 - Verifica SLE

SECTION CHECKING - FIRE COMBINATIONS LOAD															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		f _{ck} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	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	Ratio-V
24(M+N) / 21(V)	100 x 35		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P12	6'911	183.643	24.133	0.000	174.274	-	21.606
1	1.00	0.30								0.095	0.093	0.000	0.124	-	0.124
13(M+N) / 10(V)	100 x 74		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P16	15'616	176.801	52.703	0.000	300.945	-	32.257
2	1.00	0.69								0.037	0.037	0.000	0.107	-	0.107
19(M+N) / 19(V)	100 x 40		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P14	8'168	220.517	6.560	0.000	205.724	-	18.855
3	1.00	0.35								0.032	0.033	0.000	0.092	-	0.092
18(M+N) / 18(V)	100 x 50		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	10'293	230.002	10.403	0.000	236.243	-	15.686
4	1.00	0.45								0.028	0.028	0.000	0.066	-	0.066
17(M+N) / 17(V)	100 x 60		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	12'418	237.194	13.618	0.000	260.463	-	9.718
5	1.00	0.55								0.024	0.024	0.000	0.037	-	0.037
15(M+N) / 15(V)	100 X 65		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P14	13'480	222.355	24.643	0.000	268.518	-	37.623
6	1.00	0.60								0.025	0.026	0.000	0.140	-	0.140
14(M+N) / 14(V)	100 X 70		30.00	360.00	OK	N22	N21	14-2-P14	14'543	223.344	52.703	0.000	282.643	-	58.939
7	1.00	0.65								0.040	0.041	0.000	0.209	-	0.209

Abbildung 92: GL-T3 - Brand

Illustrazione 92: GL-T3 - Verifica nei riguardi dell'esposizione al fuoco

GL-T4/T5

GL-T4/T5

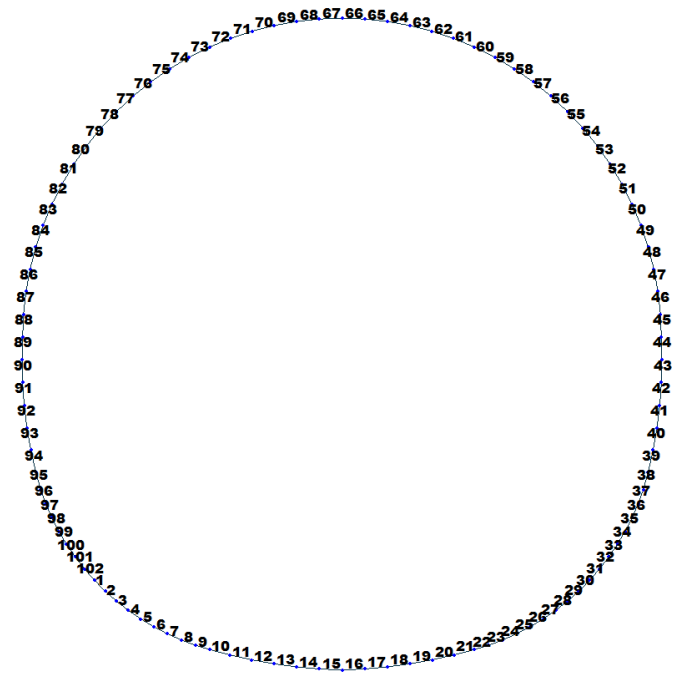


Abbildung 93: Modell GL-T4

Illustrazione 93: Modello GL-T4

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 ²]	[N/mm ²]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
16	100 x 74		30.00	450.00	OK	N9	N9	14-2-P16	12'804	3110.760	357.735	0.000	582.297	-	84.554
2	1.00	0.74								0.342	0.343	0.000	0.145	-	0.145
17	100 x 74		30.00	450.00	OK	N9	N9	14-2-P16	12'804	3110.410	378.766	0.000	582.297	-	69.807
2	1.00	0.74								0.349	0.353	0.000	0.120	-	0.120
18	100 x 74		30.00	450.00	OK	N9	N9	14-2-P16	12'804	3115.380	393.880	0.000	582.297	-	52.838
2	1.00	0.74								0.356	0.358	0.000	0.091	-	0.091
19	100 x 74		30.00	450.00	OK	N9	N9	14-2-P16	12'804	3125.260	400.423	0.000	278.497	-	22.087
2	1.00	0.74								0.363	0.356	0.000	0.079	-	0.079
20	100 x 74		30.00	450.00	OK	N9	N9	14-2-P16	12'804	3143.740	400.423	0.000	278.229	-	23.787
2	1.00	0.74								0.359	0.364	0.000	0.085	-	0.085
21	100 x 74		30.00	450.00	OK	N8	N9	14-2-P16	12'804	3164.900	395.282	0.000	582.297	-	107.483
2	1.00	0.74								0.361	0.360	0.000	0.185	-	0.185
22	100 x 74		30.00	450.00	OK	N8	N9	14-2-P16	12'804	3192.460	373.475	0.000	582.297	-	193.178
2	1.00	0.74								0.351	0.359	0.000	0.332	-	0.332
23	100 x 74		30.00	450.00	OK	N8	N9	14-2-P16	12'804	3231.150	340.205	0.000	582.297	-	199.707
2	1.00	0.74								0.343	0.348	0.000	0.343	-	0.343
24	100 x 74		30.00	450.00	OK	N8	N9	14-2-P16	12'804	3275.670	306.357	0.000	582.297	-	212.173
2	1.00	0.74								0.336	0.338	0.000	0.364	-	0.364
25	100 x 74		30.00	450.00	OK	N8	N9	14-2-P16	12'804	3326.390	270.662	0.000	582.297	-	230.011
2	1.00	0.74								0.329	0.327	0.000	0.395	-	0.395
26	100 x 74		30.00	450.00	OK	N8	N9	14-2-P16	12'804	3384.000	231.948	0.000	582.297	-	252.689
2	1.00	0.74								0.320	0.324	0.000	0.434	-	0.434
27	100 x 74		30.00	450.00	OK	N8	N9	14-2-P16	12'804	3448.990	189.133	0.000	582.297	-	279.449
2	1.00	0.74								0.313	0.319	0.000	0.480	-	0.480
28	100 x 74		30.00	450.00	OK	N8	N9	14-2-P16	12'804	3521.580	141.268	0.000	582.297	-	309.196
2	1.00	0.74								0.306	0.313	0.000	0.531	-	0.531
29	100 x 74		30.00	450.00	OK	N7	N9	14-2-P16	12'804	3602.320	87.595	0.000	582.297	-	341.059
2	1.00	0.74								0.301	0.295	0.000	0.586	-	0.586
30	100 x 74		30.00	450.00	OK	N7	N9	14-2-P16	12'804	3706.590	93.128	0.000	582.297	-	378.030
2	1.00	0.74								0.309	0.314	0.000	0.649	-	0.649
31	100 x 68		30.00	450.00	OK	N7	N10	14-2-P16	11'848	3809.940	169.898	0.000	537.315	-	414.361
3	1.00	0.68								0.368	0.368	0.000	0.771	-	0.771
32	100 x 70		30.00	450.00	OK	N7	N10	14-2-P16	12'964	3827.310	231.128	0.000	589.773	-	338.554
5	1.00	0.75								0.349	0.351	0.000	0.574	-	0.574
33	100 x 75		30.00	450.00	OK	N9	N10	14-2-P16	12'964	3839.670	277.286	0.000	589.773	-	265.255
6	1.00	0.75								0.362	0.366	0.000	0.450	-	0.450
34	100 x 85		30.00	450.00	OK	N7	N10	14-2-P16	14'557	3846.750	308.812	0.000	664.245	-	194.952
8	1.00	0.85								0.322	0.324	0.000	0.293	-	0.293
35	100 x 85		30.00	450.00	OK	N9	N10	14-2-P16	14'557	3849.100	326.055	0.000	664.245	-	129.411
8	1.00	0.85								0.325	0.332	0.000	0.195	-	0.195
36	100 x 80		30.00	450.00	OK	N9	N10	14-2-P16	13'760	3847.310	329.383	0.000	627.072	-	65.588
7	1.00	0.80								0.353	0.345	0.000	0.105	-	0.105
37	100 x 80		30.00	450.00	OK	N9	N7	14-2-P16	13'760	3846.110	329.383	0.000	627.072	-	93.692
7	1.00	0.80								0.353	0.345	0.000	0.149	-	0.149
38	100 x 80		30.00	450.00	OK	N9	N7	14-2-P16	13'760	3830.370	319.028	0.000	627.072	-	242.678
7	1.00	0.80								0.346	0.352	0.000	0.387	-	0.387
39	100 x 75		30.00	450.00	OK	N9	N7	14-2-P16	12'964	3815.720	274.351	0.000	589.773	-	231.996
6	1.00	0.75								0.360	0.362	0.000	0.393	-	0.393
40	100 x 75		30.00	450.00	OK	N9	N7	14-2-P16	12'964	3800.840	225.596	0.000	589.773	-	206.876
6	1.00	0.75								0.346	0.342	0.000	0.351	-	0.351

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 ²]	[N/mm ²]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
41	100 x 65		30.00	450.00	OK	N9	N10	14-2-P16	11'370	3787.400	185.306	0.000	514.737	-	177.183
4	1.00	0.65								0.388	0.395	0.000	0.344	-	0.344
42	100 x 65		30.00	450.00	OK	N7	N10	14-2-P16	11'370	3776.650	154.873	0.000	514.737	-	143.529
4	1.00	0.65								0.377	0.384	0.000	0.279	-	0.279
43	100 x 60		30.00	450.00	OK	N7	N10	14-2-P14	10'337	3767.790	135.460	0.000	476.962	-	106.763
1	1.00	0.60								0.413	0.411	0.000	0.224	-	0.224
44	100 x 60		30.00	450.00	OK	N7	N10	14-2-P14	10'337	3755.770	135.882	0.000	476.962	-	130.754
1	1.00	0.60								0.411	0.412	0.000	0.274	-	0.274
45	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	10'337	3750.720	200.342	0.000	476.962	-	318.374
1	1.00	0.60								0.436	0.445	0.000	0.668	-	0.668
46	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	10'337	3747.270	250.834	0.000	476.962	-	287.485
1	1.00	0.60								0.460	0.466	0.000	0.603	-	0.603
47	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	10'337	3764.920	302.046	0.000	476.962	-	250.523
1	1.00	0.60								0.488	0.492	0.000	0.525	-	0.525
48	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	10'337	3768.580	336.873	0.000	476.962	-	214.378
1	1.00	0.60								0.506	0.512	0.000	0.449	-	0.449
49	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N10	14-2-P14	10'337	3769.480	358.713	0.000	476.962	-	174.201
1	1.00	0.60								0.521	0.522	0.000	0.365	-	0.365
50	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N10	14-2-P14	10'337	3767.180	365.314	0.000	476.962	-	126.510
1	1.00	0.60								0.520	0.531	0.000	0.265	-	0.265
51	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	10'337	3766.630	365.314	0.000	476.962	-	175.957
1	1.00	0.60								0.520	0.531	0.000	0.369	-	0.369
52	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	10'337	3756.800	354.701	0.000	476.962	-	228.374
1	1.00	0.60								0.514	0.523	0.000	0.479	-	0.479

Abbildung 94: GL-T4 - GZT

Illustrazione 94: GL-T4 - Verifica SLU

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 ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	
16	100 x 74		SLE - N9	0.13	2.90	OK	-5.99	-18.00	OK	0.45	360.00	OK
2	1.00	0.74										
17	100 x 74		SLE - N9	0.15	2.90	OK	-6.17	-18.00	OK	0.52	360.00	OK
2	1.00	0.74										
18	100 x 74		SLE - N9	0.15	2.90	OK	-6.30	-18.00	OK	0.62	360.00	OK
2	1.00	0.74										
19	100 x 74		SLE - N9	0.17	2.90	OK	-6.36	-18.00	OK	0.73	360.00	OK
2	1.00	0.74										
20	100 x 74		SLE - N9	0.20	2.90	OK	-6.38	-18.00	OK	0.85	360.00	OK
2	1.00	0.74										
21	100 x 74		SLE - N8	0.21	2.90	OK	-6.37	-18.00	OK	0.93	360.00	OK
2	1.00	0.74										
22	100 x 74		SLE - N8	0.21	2.90	OK	-6.23	-18.00	OK	0.94	360.00	OK
2	1.00	0.74										
23	100 x 74		SLE - N8	0.21	2.90	OK	-6.00	-18.00	OK	0.95	360.00	OK
2	1.00	0.74										
24	100 x 74		SLE - N8	0.22	2.90	OK	-5.77	-18.00	OK	0.95	360.00	OK
2	1.00	0.74										
25	100 x 74		SLE - N8	0.22	2.90	OK	-5.54	-18.00	OK	0.99	360.00	OK
2	1.00	0.74										
26	100 x 74		SLE - N8	0.23	2.90	OK	-5.28	-18.00	OK	1.01	360.00	OK
2	1.00	0.74										
27	100 x 74		SLE - N8	0.22	2.90	OK	-5.00	-18.00	OK	0.98	360.00	OK
2	1.00	0.74										
28	100 x 74		SLE - N8	0.21	2.90	OK	-4.69	-18.00	OK	0.93	360.00	OK
2	1.00	0.74										
29	100 x 74		SLE - N7	0.20	2.90	OK	-4.34	-18.00	OK	0.86	360.00	OK
2	1.00	0.74										
30	100 x 74		SLE - N7	0.18	2.90	OK	-4.41	-18.00	OK	0.74	360.00	OK
2	1.00	0.74										

STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$ [N/mm ²]	$\sigma_{ct, Adm}$ [N/mm ²]	CHECK	σ_c, MAX [N/mm ²]	σ_c, Adm [N/mm ²]	CHECK	σ_s, MAX [N/mm ²]	σ_s, Adm [N/mm ²]	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)										
31	100 x 68		SLE - N7	0.18	2.90	OK	-5.72	-18.00	OK	0.68	360.00	OK
3	1.00	0.68										
32	100 x 70		SLE - N7	0.10	2.90	OK	-6.09	-18.00	OK	0.31	360.00	OK
5	1.00	0.75										
33	100 X 75		SLE - N9	0.07	2.90	OK	-5.93	-18.00	OK	0.08	360.00	OK
6	1.00	0.75										
34	100 X 85		SLE - N7	0.07	2.90	OK	-5.21	-18.00	OK	0.13	360.00	OK
8	1.00	0.85										
35	100 X 85		SLE - N9	0.10	2.90	OK	-5.32	-18.00	OK	0.30	360.00	OK
8	1.00	0.85										
36	100 X 80		SLE - N9	0.16	2.90	OK	-5.81	-18.00	OK	0.56	360.00	OK
7	1.00	0.80										
37	100 X 80		SLE - N9	0.17	2.90	OK	-5.81	-18.00	OK	0.64	360.00	OK
7	1.00	0.80										
38	100 X 80		SLE - N9	0.17	2.90	OK	-5.72	-18.00	OK	0.64	360.00	OK
7	1.00	0.80										
39	100 X 75		SLE - N9	0.21	2.90	OK	-5.90	-18.00	OK	0.81	360.00	OK
6	1.00	0.75										
40	100 X 75		SLE - N9	0.20	2.90	OK	-5.51	-18.00	OK	0.75	360.00	OK
6	1.00	0.75										
41	100 x 65		SLE - N9	0.29	2.90	OK	-6.23	-18.00	OK	1.11	360.00	OK
4	1.00	0.65										
42	100 x 65		SLE - N7	0.26	2.90	OK	-5.91	-18.00	OK	0.96	360.00	OK
4	1.00	0.65										
43	100 x 60		SLE - N7	0.29	2.90	OK	-6.31	-18.00	OK	1.07	360.00	OK
1	1.00	0.60										
44	100 x 60		SLE - N7	0.26	2.90	OK	-6.33	-18.00	OK	0.89	360.00	OK
1	1.00	0.60										
45	100 x 60		SLE - N5	0.24	2.90	OK	-7.19	-18.00	OK	0.82	360.00	OK
1	1.00	0.60										
46	100 x 60		SLE - N5	0.24	2.90	OK	-7.93	-18.00	OK	0.90	360.00	OK
1	1.00	0.60										
47	100 x 60		SLE - N5	0.24	2.90	OK	-8.51	-18.00	OK	0.95	360.00	OK
1	1.00	0.60										
48	100 x 60		SLE - N5	0.24	2.90	OK	-8.89	-18.00	OK	0.95	360.00	OK
1	1.00	0.60										
49	100 x 60		SLE - N5	0.24	2.90	OK	-9.10	-18.00	OK	0.88	360.00	OK
1	1.00	0.60										
50	100 x 60		SLE - N5	0.23	2.90	OK	-9.16	-18.00	OK	0.85	360.00	OK
1	1.00	0.60										
51	100 x 60		SLE - N5	0.22	2.90	OK	-9.16	-18.00	OK	0.82	360.00	OK
1	1.00	0.60										
52	100 x 60		SLE - N5	0.21	2.90	OK	-9.01	-18.00	OK	0.77	360.00	OK
1	1.00	0.60										

Abbildung 95: GL-T4 - GZT

Illustrazione 95: GL-T4 - Verifica SLE

SECTION CHECKING - FIRE COMBINATIONS LOAD															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck [N/mm ²]	fyk [N/mm ²]	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
50(M+N) / 45(V)	100 x 60		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P14	12'418	2780.040	256.467	0.000	546.868	-	239.774
1	1.00	0.55								0.332	0.326	0.000	0.438	-	0.438
21(M+N) / 30(V)	100 x 74		30.00	360.00	OK	N22	N21	14-2-P16	15'616	2334.720	250.832	0.000	661.941	-	254.572
2	1.00	0.69								0.211	0.215	0.000	0.385	-	0.385
31(M+N) / 31(V)	100 x 68		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P16	14'341	2816.500	103.655	0.000	637.350	-	284.706
3	1.00	0.63								0.221	0.222	0.000	0.447	-	0.447
41(M+N) / 41(V)	100 x 65		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P16	13'703	2795.660	95.054	0.000	611.487	-	131.194
4	1.00	0.60								0.229	0.229	0.000	0.215	-	0.215
32(M+N) / 32(V)	100 x 70		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P16	14'766	2828.460	144.970	0.000	654.514	-	231.549
5	1.00	0.65								0.225	0.230	0.000	0.354	-	0.354
33(M+N) / 33(V)	100 X 75		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P16	15'828	2836.640	175.586	0.000	676.104	-	181.053
6	1.00	0.70								0.216	0.218	0.000	0.268	-	0.268
36(M+N) / 38(V)	100 X 80		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P16	16'891	2835.330	197.054	0.000	689.030	-	185.460
7	1.00	0.75								0.203	0.208	0.000	0.269	-	0.269
35(M+N) / 34(V)	100 X 85		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P16	17'953	2842.150	206.003	0.000	701.181	-	132.265
8	1.00	0.80								0.192	0.193	0.000	0.189	-	0.189

Abbildung 96: GL-T4 - Brand

Illustrazione 96: GL-T4 - Verifica nei riguardi dell'esposizione al fuoco

ANHANG 3 - FEM-ANALYSE DER INNENSCHALE CT1-IN

Anhang 3 beinhaltet die graphischen Darstellungen der wichtigsten In- und Outputs der Innenschalenanalyse des Verbindungsabschnitts des Querstollens, welche mit dem Programm SAP2000 durchgeführt wurden.

APPENDICE 3 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO CT1-IN

L'appendice 3 contiene le rappresentazioni grafiche dei principali input e output dell'analisi del rivestimento definitivo della sezione di innesto del cunicolo trasversale CT1 condotte con il programma SAP2000.

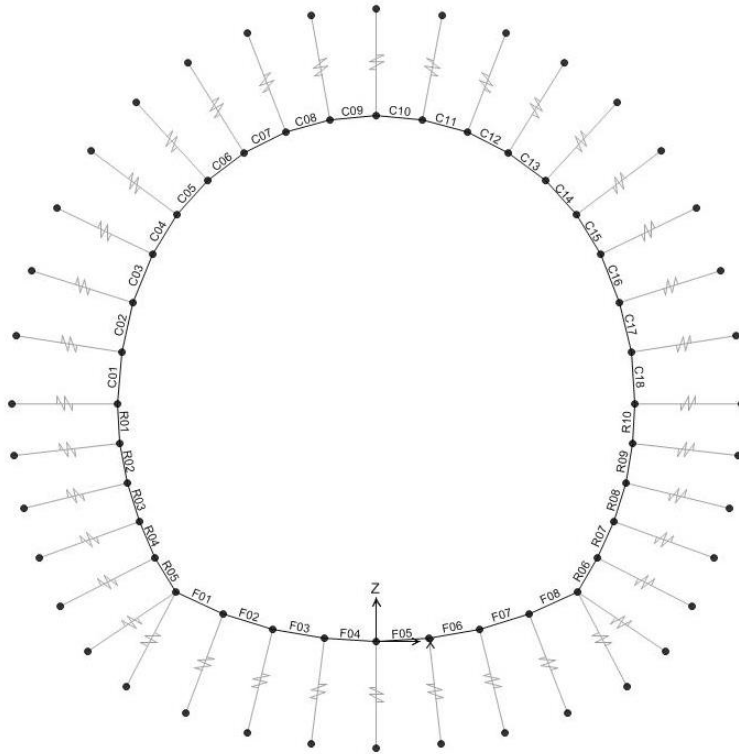


Abbildung 97: Modell CT1-IN

Illustrazione 97: Modello CT1-IN

SectionName	Material	Shape	t3
Text	Text	Text	m
C01	C30/37	Rectangular	0.38
C02	C30/37	Rectangular	0.36
C03	C30/37	Rectangular	0.35
C04	C30/37	Rectangular	0.35
C05	C30/37	Rectangular	0.35
C06	C30/37	Rectangular	0.35
C07	C30/37	Rectangular	0.35
C08	C30/37	Rectangular	0.35
C09	C30/37	Rectangular	0.35
C10	C30/37	Rectangular	0.35
C11	C30/37	Rectangular	0.35
C12	C30/37	Rectangular	0.35
C13	C30/37	Rectangular	0.35
C14	C30/37	Rectangular	0.35
C15	C30/37	Rectangular	0.35
C16	C30/37	Rectangular	0.35
C17	C30/37	Rectangular	0.36
C18	C30/37	Rectangular	0.38

Abbildung 98: Stärke der Ausbruchquerschnitte

SectionName	Material	Shape	t3
Text	Text	Text	m
F01	C30/37	Rectangular	0.59
F02	C30/37	Rectangular	0.75
F03	C30/37	Rectangular	0.89
F04	C30/37	Rectangular	0.99
F05	C30/37	Rectangular	0.99
F06	C30/37	Rectangular	0.89
F07	C30/37	Rectangular	0.75
F08	C30/37	Rectangular	0.59
R01	C30/37	Rectangular	0.41
R02	C30/37	Rectangular	0.45
R03	C30/37	Rectangular	0.5
R04	C30/37	Rectangular	0.5
R05	C30/37	Rectangular	0.36
R06	C30/37	Rectangular	0.36
R07	C30/37	Rectangular	0.5
R08	C30/37	Rectangular	0.5
R09	C30/37	Rectangular	0.45
R10	C30/37	Rectangular	0.41

Illustrazione 98: Spessore delle sezioni

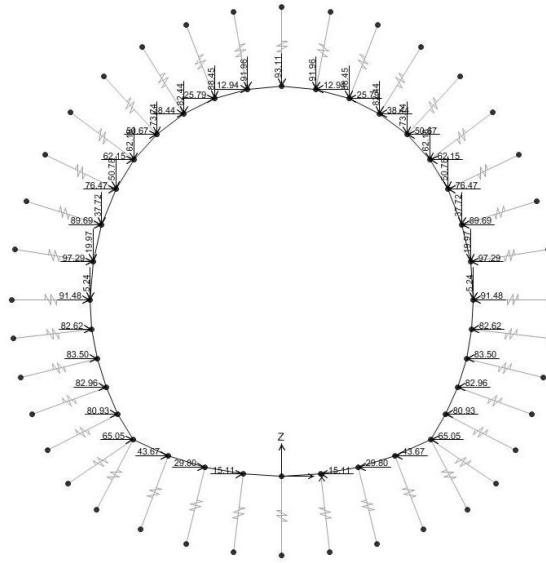


Abbildung 99: Gebirgslast (G5)

Illustrazione 99: Carico dell'ammasso (G5)

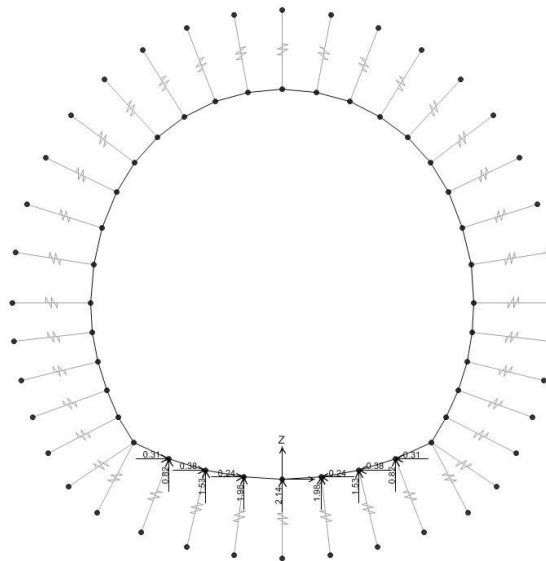


Abbildung 100: Hydrostatischer Druck G4)

Illustrazione 100: Pressione idrostatica (G4)

Im Folgenden wird der Belastungsverlauf im Ausbruchquerschnitt bei der gravierendste Kombination GZT06aufgezeigt

Di seguito viene riportato l'andamento delle sollecitazioni nella sezione nella combinazione più gravosa: SLU06

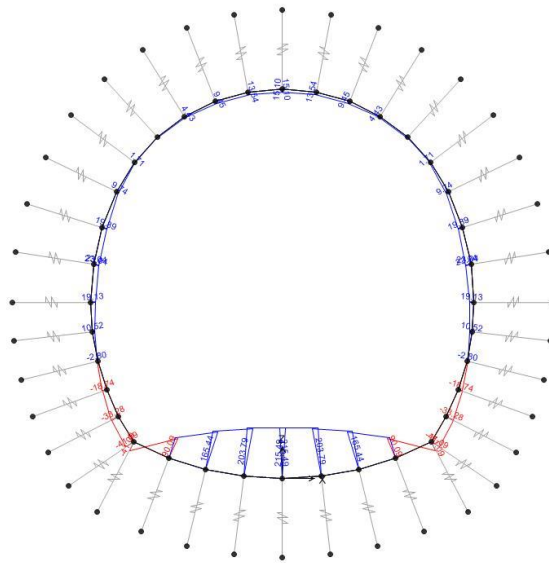


Abbildung 101: GZT06 - Biegemoment

Illustrazione 101: SLU06 - Momento flettente

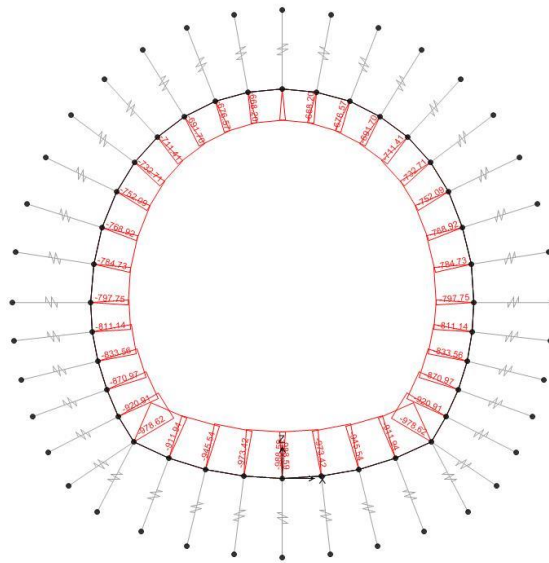


Abbildung 102: GZT06 - Axialwirkung

Illustrazione 102: SLU06 - Azione assiale

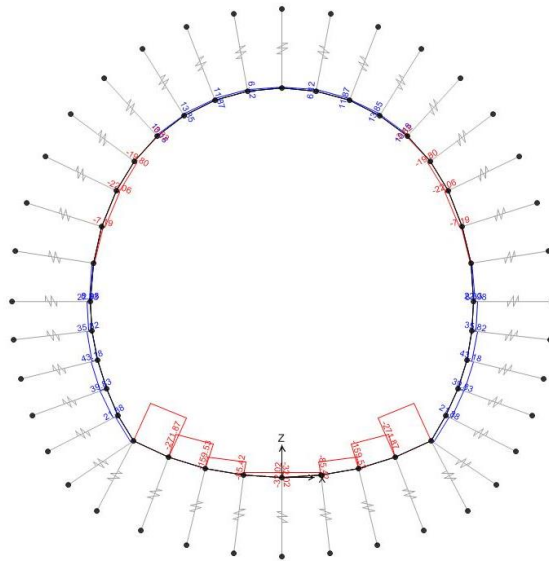


Abbildung 103: GZT06 - Schub

Illustrazione 103: SLU06 - Taglio

In folgenden Abbildungen sind die Überprüfungen an GZG und GZT des Ausbruchquerschnitts auf Höhe der Kappe, des Tunnelbogenaufsätze und des Gegengewölbe aufgezeigt. Insbesondere werden in Folge aufgezeigt:

- Die Beulspannungüberprüfungen an GZT;
- Die Beulspannungüberprüfungen an außergewöhnlichen GZT;
- Die Querkraftüberprüfungen in der GZT Kombination;
- Die Betriebsspannungsüberprüfungen und Berechnung der Rissweite;
- Die Brandüberprüfungen (durchgeführt laut Kriterien des spezifischen Berichts [11]).

Die in Folge aufgezeigten Diagramme wurden, vorsichtshalber, angesichts der Mindeststärken an Kappe und Gegengewölbe von jeweils 35 und 59 cm, und eine Längsbewehrungen, aus $\phi 12\text{mm}$, Abstand 15 cm, sowohl an Laibung als auch am Rücken, erhalten.

Nelle seguenti figure sono riportate le verifiche agli SLE e agli SLU della sezione in corrispondenza della calotta, delle murette e dell'arco rovescio. In particolare, nel seguito si riportano:

- Le verifiche a pressoflessione agli SLU;
- Le verifiche a pressoflessione agli SLU eccezionali;
- Le verifiche a taglio nella combinazione SLU;
- La verifica delle tensioni in esercizio e il calcolo dell'ampiezza delle fessure;
- Le verifiche al fuoco (eseguite in accordo ai criteri esposti nella relazione specifica [11]).

I grafici di seguito riportati sono stati ottenuti considerando, cautelativamente, gli spessori minimi in calotta e in arco rovescio, pari rispettivamente a 35 e 59 cm, e un'armatura longitudinale costituita da $\phi 12\text{mm}$ a passo 15 cm sia in intradosso che in estradosso.

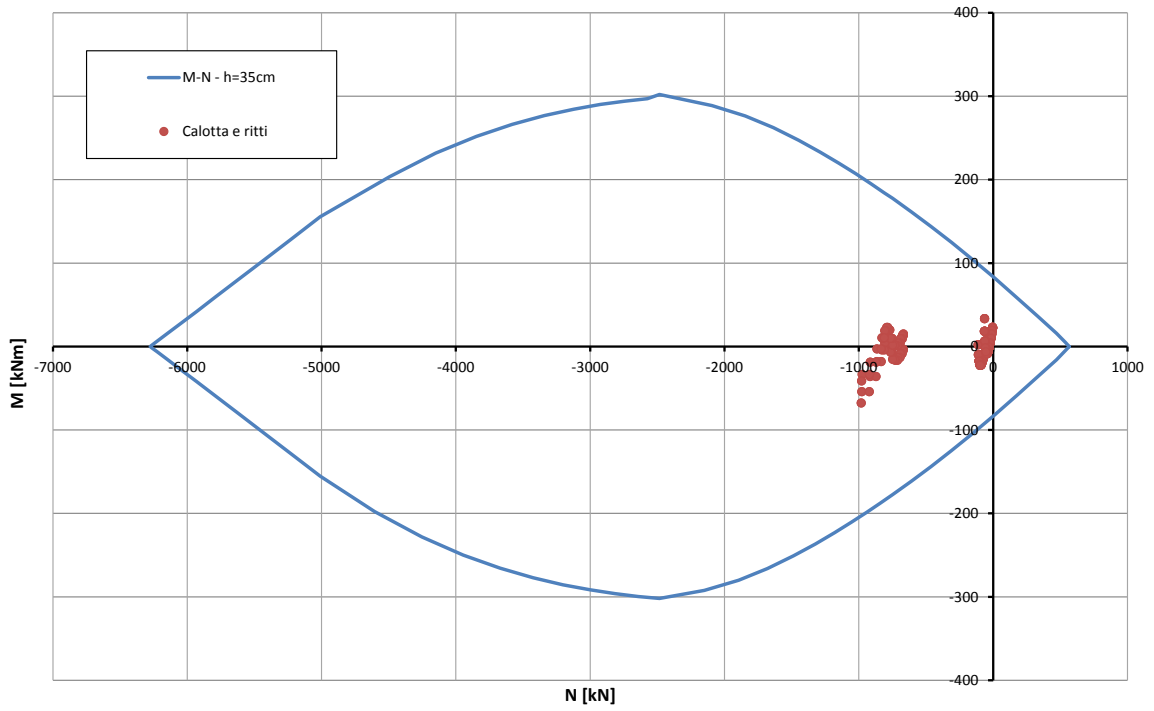


Abbildung 104: Überprüfung auf Beulspannung der Kappe und der Widerlager (GZT)

Illustrazione 104: Verifica a pressoflessione della calotta e dei ritto (SLU)

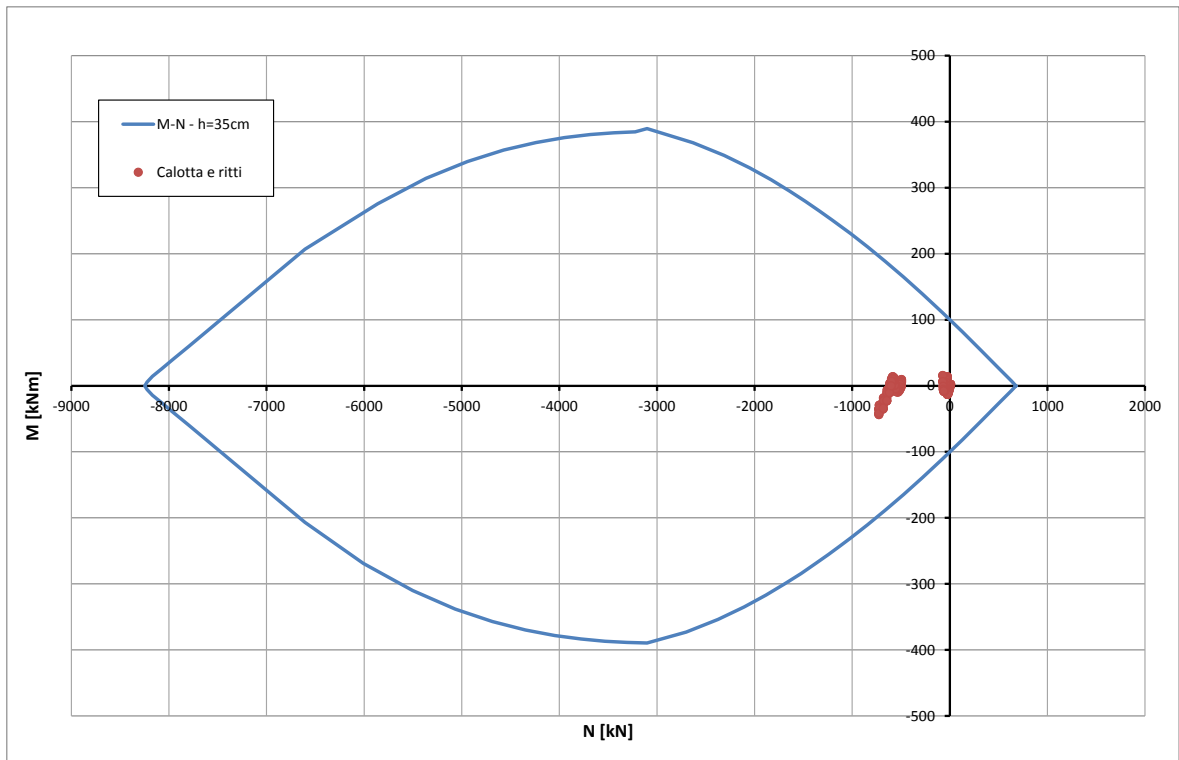


Abbildung 105: Überprüfung auf Beulspannung der Kappe und der Widerlager (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 105: Verifica a pressoflessione della calotta e dei ritto (SLU Eccezionale)

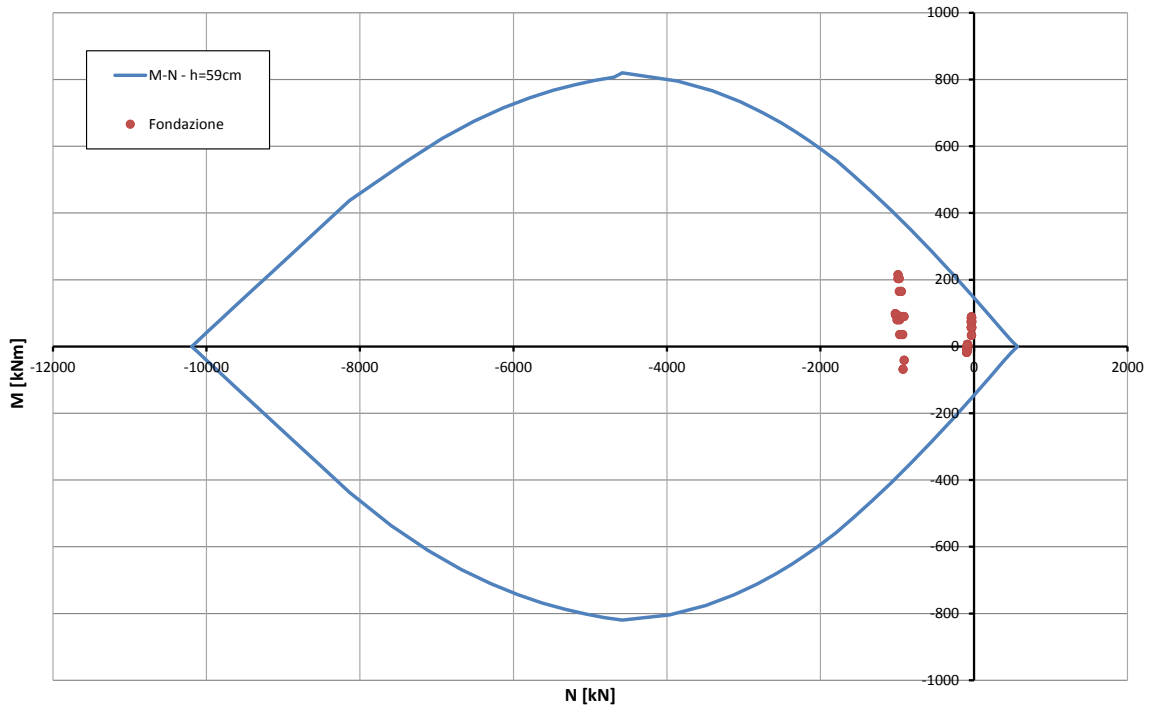


Abbildung 106: Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (GZT) Illustrazione 106: Verifica a pressoflessione dell'arco rovescio (SLU)

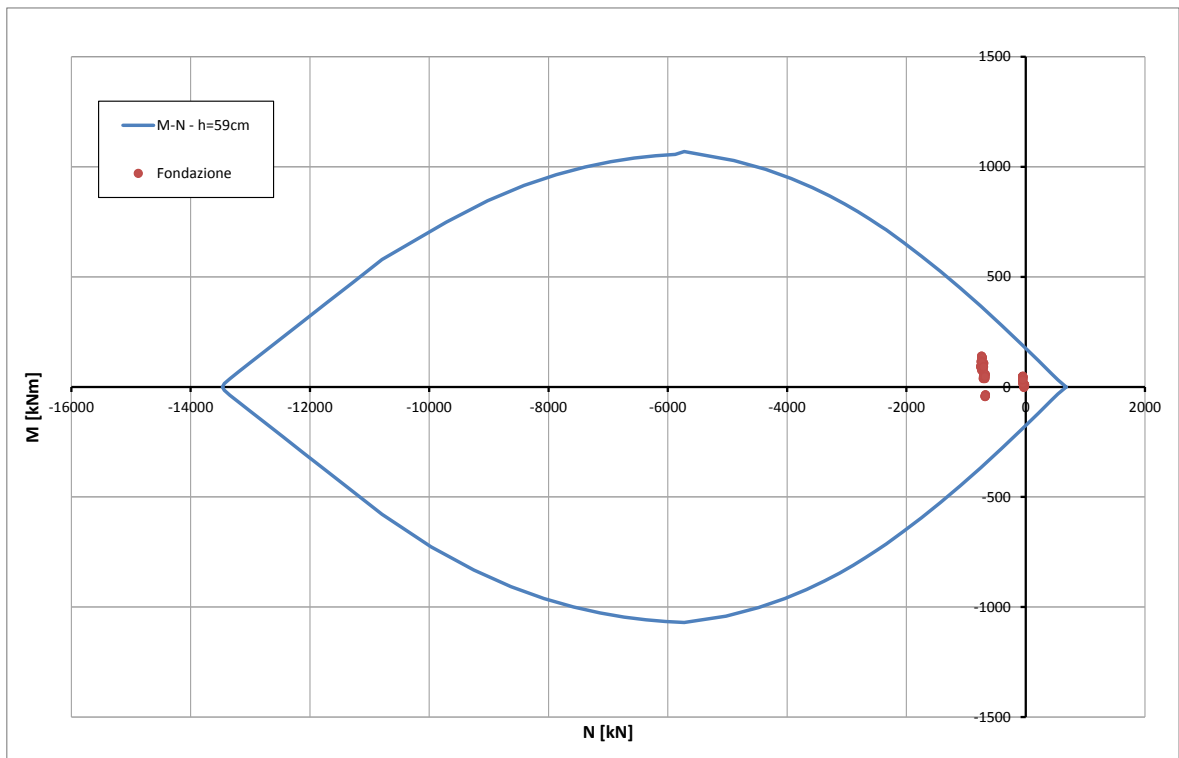


Abbildung 107: Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 107: Verifica a pressoflessione dell'arco rovescio (SLU Eccezionale)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	50.00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	284	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\emptyset	=	12	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	753	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0027	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.84	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.48	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	137.39	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	137.39	kN

VERIFICA SODDISFATTA:

non occorre armatura trasversale resistente a taglio.

Abbildung 108: Querkraftüberprüfung der Kappe und der Widerlager (GZT)

Illustrazione 108: Verifica a taglio della calotta e dei ritti (SLU)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	272.00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	900.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	524	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	12	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	753	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0014	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.62	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.40	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	1.72	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	344.14	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	344.14	kN

VERIFICA SODDISFATTA:

non occorre armatura trasversale resistente a taglio.

Abbildung 109: Querkraftüberprüfung der Sohlplatte (GZT)

Illustrazione 109: Verifica a taglio dell'arco rovescio (SLU)

			SLE06 - F04
STRESS CHARACTERISTICS SLS			CT1-IN
Design value of Axial Force	N_{Sd}	[kN]	730
Design value of Bending Moment	M_{Sd}	[kNm]	167
Design value of Shear Force	T_{Sd}	[kN]	0.00
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			CT1-IN
Overall depth of the cross section	h	[mm]	590
Minimum width of the cross section in the tensile area	b_w	[mm]	1000
Effective depth of the cross section	d	[mm]	522.0
Neutral axis depth	x	[mm]	286.8
Maximum concrete stress (- = compression)	σ_c	[N/mm ²]	-5.11
Minimum concrete stress (- = compression)	σ_{c1}	[N/mm ²]	0.00
Maximum steel stress (+ = tension)	σ_s	[N/mm ²]	62.90
Minimum steel stress (+ = tension)	σ_{s1}	[N/mm ²]	0.00
Concrete limit stress	σ_{c,lim}	[N/mm ²]	-18.43
Steel limit stress	σ_{s,lim}	[N/mm ²]	360.00
VERIFICATION RESULT			OK
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			CT1-IN
Characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days	f_{ck}	[N/mm ²]	30.71
Mean value of axial tensile strength of concrete ($=0.3f_{ck}^{2/3}$ per C≤C50/60)	f_{ctm}	[N/mm ²]	2.942
Characteristic axial tensile strength of concrete ($=0.7f_{ctm}$)	f_{ctk}	[N/mm ²]	2.059
Partial factor of concrete	γ_c	[-]	1.000
Design tensile resistance of concrete	f_{ctd}	[N/mm ²]	2.059
Main value of tensile strength of the concrete in the effective tension area (f _{ctm})	f_{ct,eff}	[N/mm ²]	2.942
Elastic modulus of reinforcing steel	E_s	[N/mm ²]	210000
Secant elastic modulus of concrete	E_{cm}	[N/mm ²]	32000
= E _s /E _{cm}	α_e	[-]	6.56
Factor depending on the duration of the load (0.60: short term - 0.40: long term)	k_t	[-]	0.40
Effective tension area of concrete	A_{c,eff}	[mm ²]	101067
Number of rebar in tension area	n_l	[-]	6.7
Rebar main diameter	φ_l	[mm]	12
Cross section area of reinforcement in A _{c,eff}	A_{sl}	[mm ²]	754
= A _s /A _{c,eff}	ρ_{p,eff}	[-]	0.0075
Main strain	ε_{sm}·ε_{cm}	‰	0.180
Rebar cover	c	[mm]	60
Rebar spacing	s	[mm]	150
Bond factor (0.80: high bond bars - 1.60: plain bars)	k₁	[-]	0.80
Factor which takes account of the distribution of strain (0.50 bending - 1.00 tension)	k₂	[-]	0.50
Coefficient for S _{r,max}	k₃	[-]	3.40
Coefficient for S _{r,max}	k₄	[-]	0.425
Maximum crack spacing	S_{r,max}	[mm]	477.45
Crack width	w_k	[mm]	0.086
Crack width limit	w_{lim}	[mm]	0.300
VERIFICATION RESULT			OK

Abbildung 110: - Überprüfung GZG

Illustrazione 110: Verifica SLE

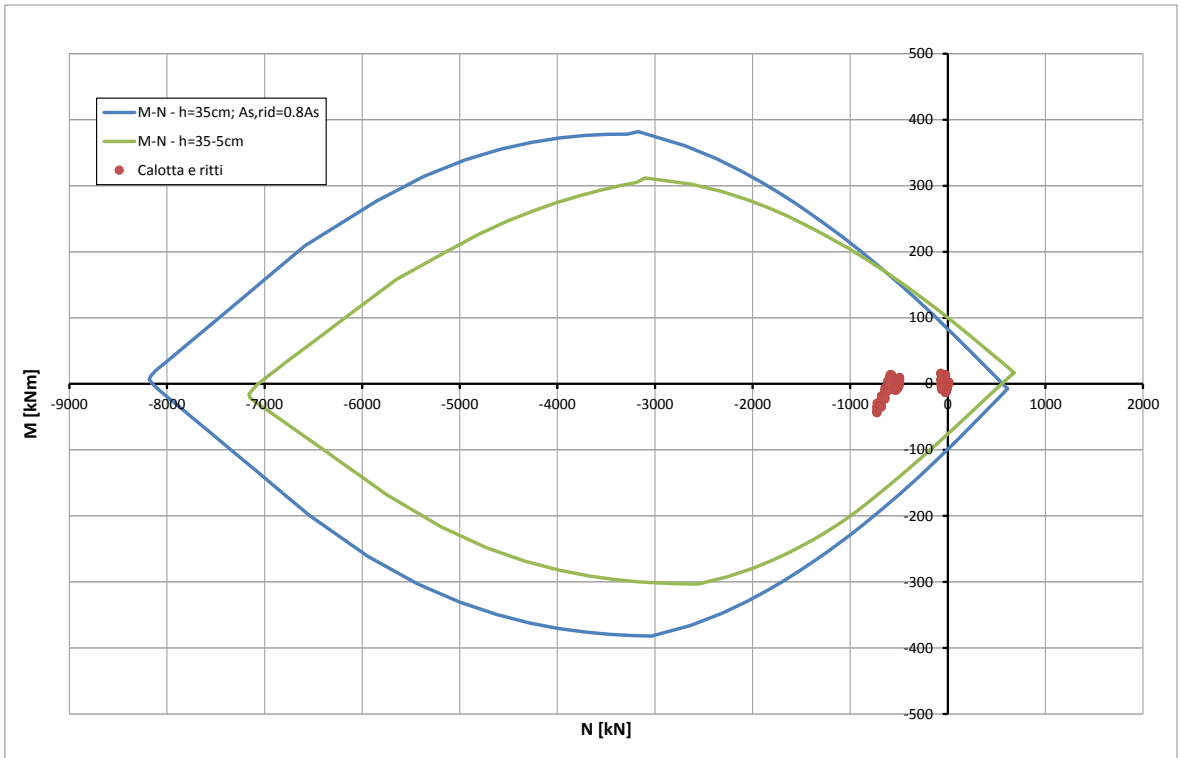


Abbildung 111: - Überprüfung auf Beulspannung der Kappe und der Widerlager (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 111: Verifica a pressoflessione della calotta e dei ritzi nei riguardi dell'esposizione al fuoco

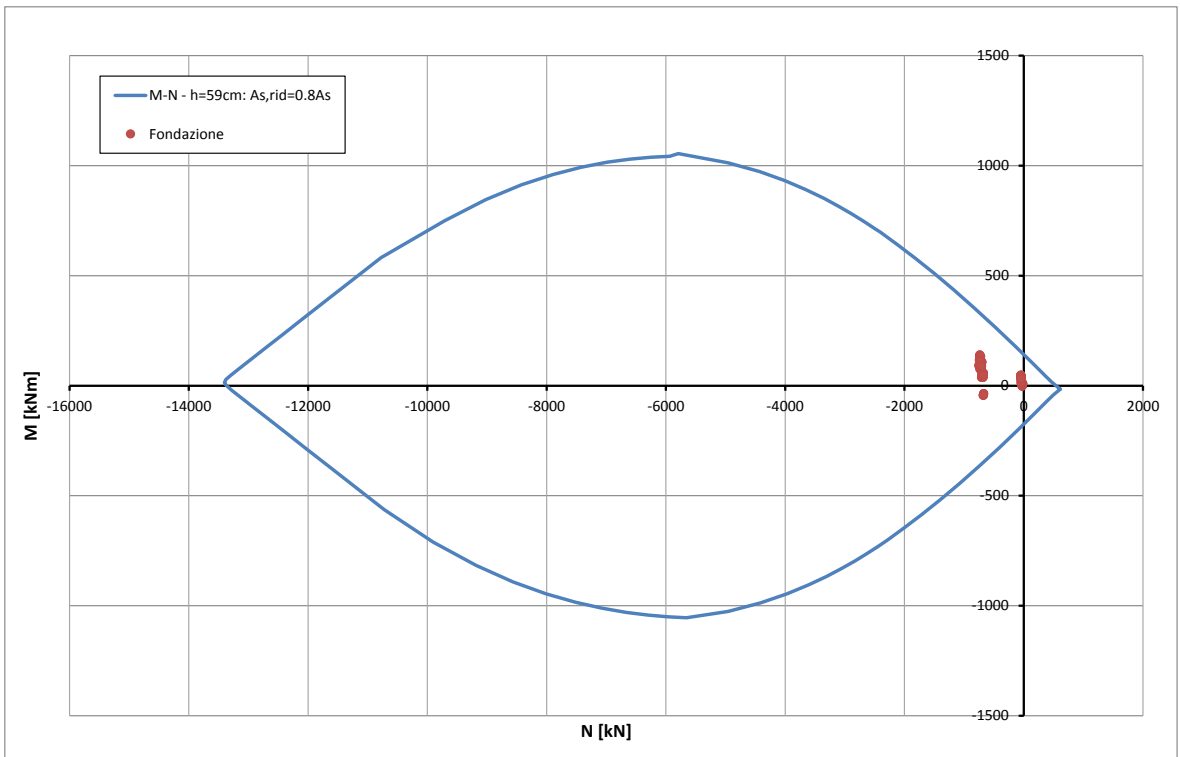


Abbildung 112: - Überprüfung auf Beulspannung des Gegengewölbes (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 112: Verifica a pressoflessione dell'arco rovescio nei riguardi dell'esposizione al fuoco

ANHANG 4 - FEM-ANALYSE DER INNENSCHALE CT2-A-IN

Anhang 4 beinhaltet die graphischen Darstellungen der wichtigsten In- und Outputs der Innenschalenanalyse des Verbindungsabschnitts des Querstollens CT-a-IN, welche mit dem Programm SAP2000 durchgeführt wurden.

APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO CT2-A-IN

L'appendice 4 contiene le rappresentazioni grafiche dei principali input e output dell'analisi del rivestimento definitivo della sezione di innesto del cunicolo trasversale CT2-a-IN condotte con il programma SAP2000.

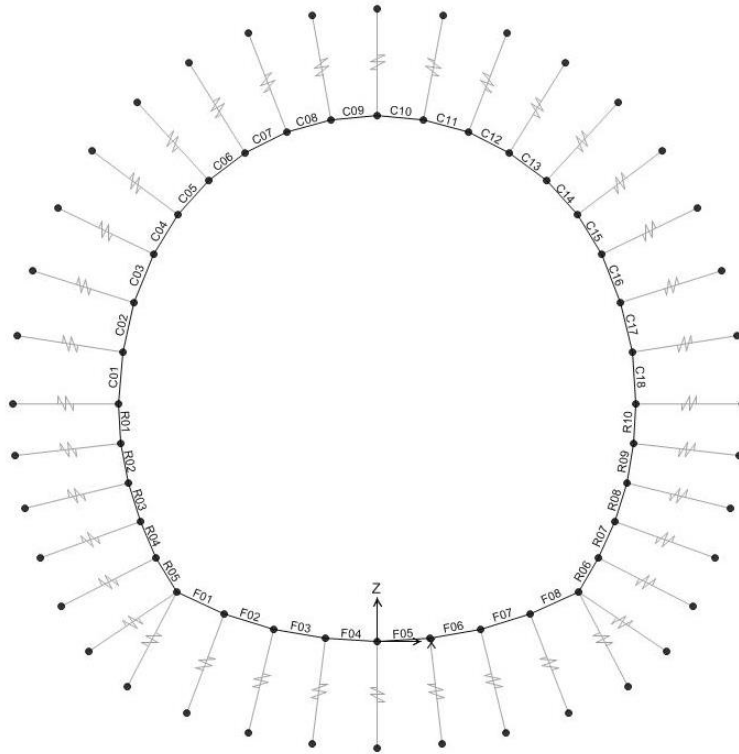


Abbildung 113: Modell CT2-a-IN

Illustrazione 113: Modello CT2-a-IN

SectionName	Material	Shape	t3	t2
Text	Text	Text	m	m
C01	C30/37	Rectangular	0.43	1
C02	C30/37	Rectangular	0.41	1
C03	C30/37	Rectangular	0.4	1
C04	C30/37	Rectangular	0.4	1
C05	C30/37	Rectangular	0.4	1
C06	C30/37	Rectangular	0.4	1
C07	C30/37	Rectangular	0.4	1
C08	C30/37	Rectangular	0.4	1
C09	C30/37	Rectangular	0.4	1
C10	C30/37	Rectangular	0.4	1
C11	C30/37	Rectangular	0.4	1
C12	C30/37	Rectangular	0.4	1
C13	C30/37	Rectangular	0.4	1
C14	C30/37	Rectangular	0.4	1
C15	C30/37	Rectangular	0.4	1
C16	C30/37	Rectangular	0.4	1
C17	C30/37	Rectangular	0.41	1
C18	C30/37	Rectangular	0.43	1

SectionName	Material	Shape	t3	t2
Text	Text	Text	m	m
F01	C30/37	Rectangular	0.92	1
F02	C30/37	Rectangular	1.06	1
F03	C30/37	Rectangular	1.2	1
F04	C30/37	Rectangular	1.28	1
F05	C30/37	Rectangular	1.28	1
F06	C30/37	Rectangular	1.2	1
F07	C30/37	Rectangular	1.06	1
F08	C30/37	Rectangular	0.92	1
R01	C30/37	Rectangular	0.46	1
R02	C30/37	Rectangular	0.5	1
R03	C30/37	Rectangular	0.58	1
R04	C30/37	Rectangular	0.65	1
R05	C30/37	Rectangular	0.65	1
R06	C30/37	Rectangular	0.65	1
R07	C30/37	Rectangular	0.65	1
R08	C30/37	Rectangular	0.58	1
R09	C30/37	Rectangular	0.5	1
R10	C30/37	Rectangular	0.46	1

Abbildung 114: Stärke der Ausbruchquerschnitte

Illustrazione 114: Spessore delle sezioni

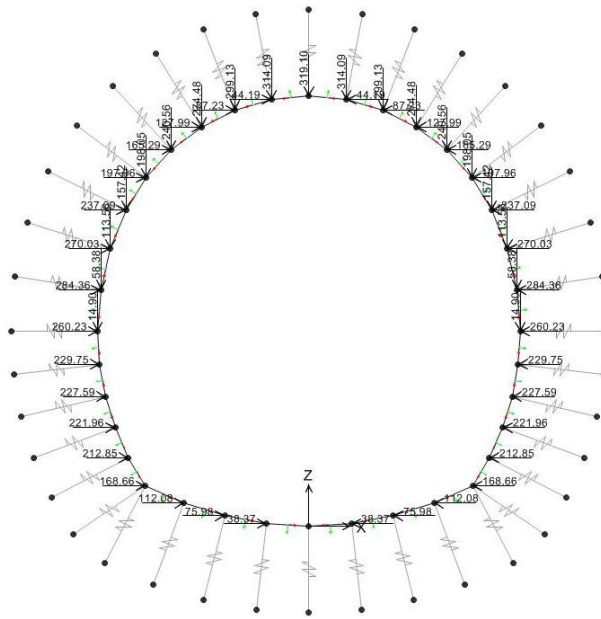


Abbildung 115: Gebirgslast (G5)

Illustrazione 115: Carico dell'ammasso (G5)

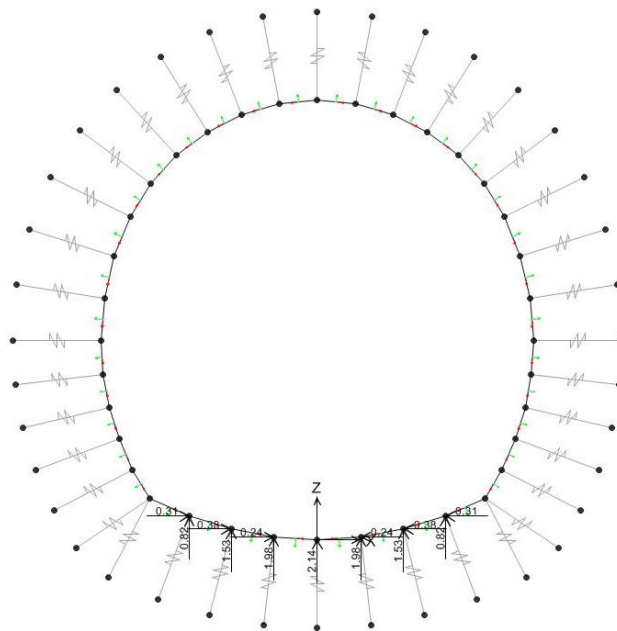


Abbildung 116: Hydrostatischer Druck G4)

Illustrazione 116: Pressione idrostatica (G4)

Im Folgenden wird der Belastungsverlauf im Ausbruchquerschnitt bei der gravierendste Kombination GZT06aufgezeigt

Di seguito viene riportato l'andamento delle sollecitazioni nella sezione nella combinazione più gravosa: SLU06

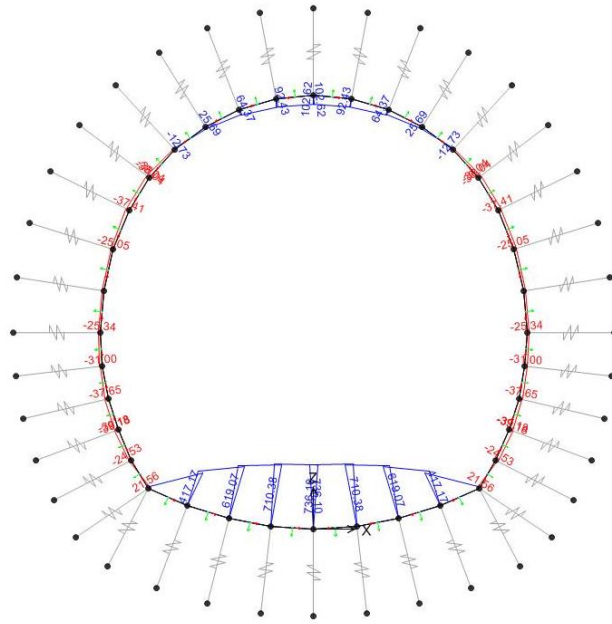


Abbildung 117: GZT06 - Biegemoment

Illustrazione 117: SLU06 - Momento flettente

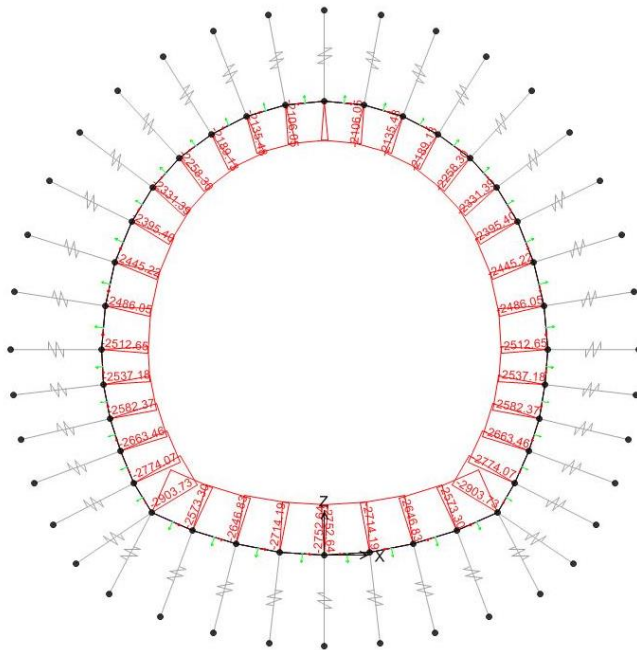


Abbildung 118: GZT06 - Axialwirkung

Illustrazione 118: SLU06 - Azione assiale

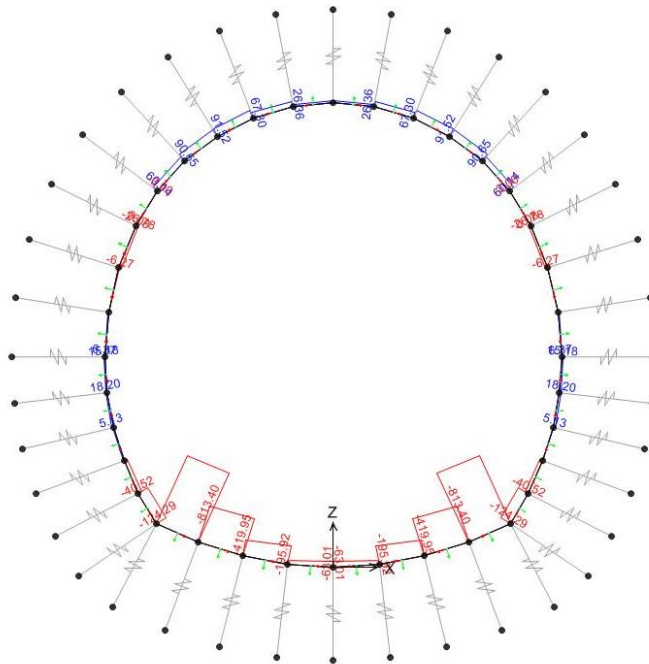


Abbildung 119: GZT06 - Schub

Illustrazione 119: SLU06 - Taglio

In folgenden Abbildungen sind die Überprüfungen an GZG und GZT des Ausbruchquerschnitts auf Höhe der Kappe, des Tunnelbogenaufsätze und des Gegengewölbe aufgezeigt. Insbesondere werden in Folge aufgezeigt:

- Die Beulspannungüberprüfungen an GZT;
- Die Beulspannungüberprüfungen an außergewöhnlichen GZT;
- Die Querkraftüberprüfungen in der GZT Kombination;
- Die Betriebsspannungsüberprüfungen und Berechnung der Rissweite;
- Die Brandüberprüfungen (durchgeführt laut Kriterien des spezifischen Berichts [11]).

Die in Folge aufgezeigten Diagramme wurden, vorsichtshalber, angesichts der Mindeststärken an Kappe und Gegengewölbe von jeweils 35 und 59 cm, und eine Längsbewehrungen, aus $\phi 12\text{mm}$, Abstand 15 cm, sowohl an Laibung als auch am Rücken, erhalten.

Nelle seguenti figure sono riportate le verifiche agli SLE e agli SLU della sezione in corrispondenza della calotta, delle murette e dell'arco rovescio. In particolare, nel seguito si riportano:

- Le verifiche a pressoflessione agli SLU;
- Le verifiche a pressoflessione agli SLU eccezionali;
- Le verifiche a taglio nella combinazione SLU;
- La verifica delle tensioni in esercizio e il calcolo dell'ampiezza delle fessure;
- Le verifiche al fuoco (eseguite in accordo ai criteri esposti nella relazione specifica [11]).

I grafici di seguito riportati sono stati ottenuti considerando, cautelativamente, gli spessori minimi in calotta e in arco rovescio, pari rispettivamente a 40 e 100 cm, e un'armatura longitudinale costituita da $\phi 12\text{mm}$ a passo 15 cm in calotta e $\phi 16\text{mm}$ a passo 15 cm in arco rovescio, sia in intradosso che in estradosso.

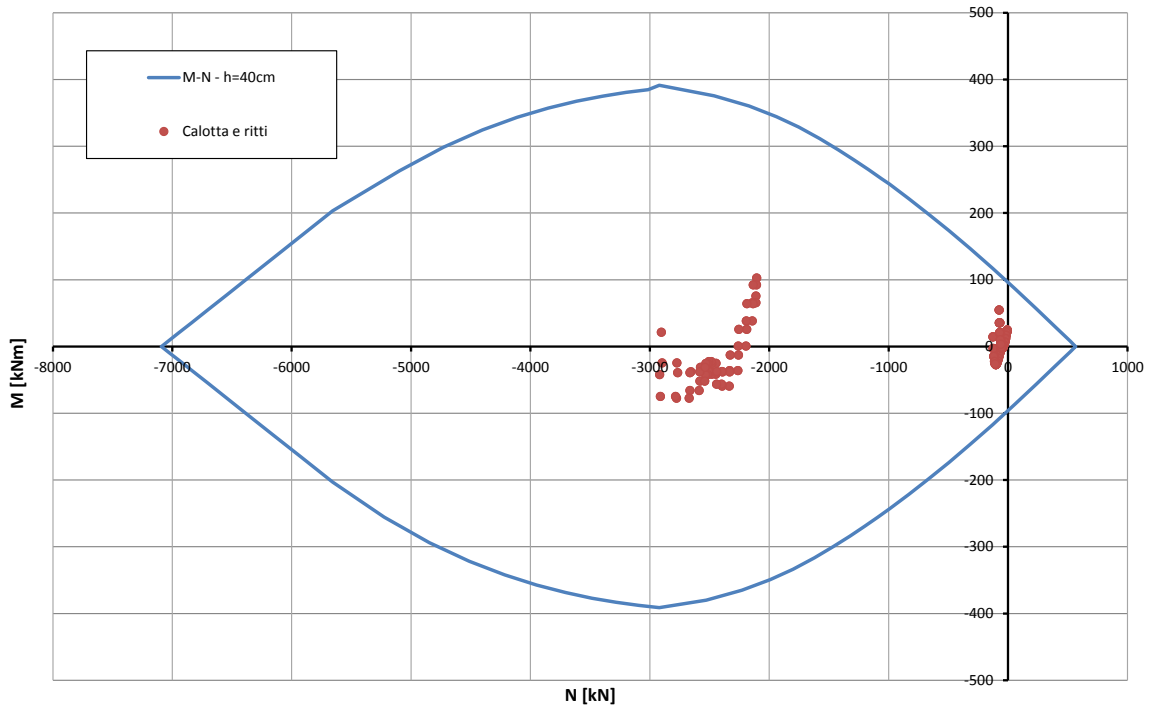


Abbildung 120: Überprüfung auf Beulspannung der Kappe und der Widerlager (GZT)

Illustrazione 120: Verifica a pressoflessione della calotta e dei ritti (SLU)

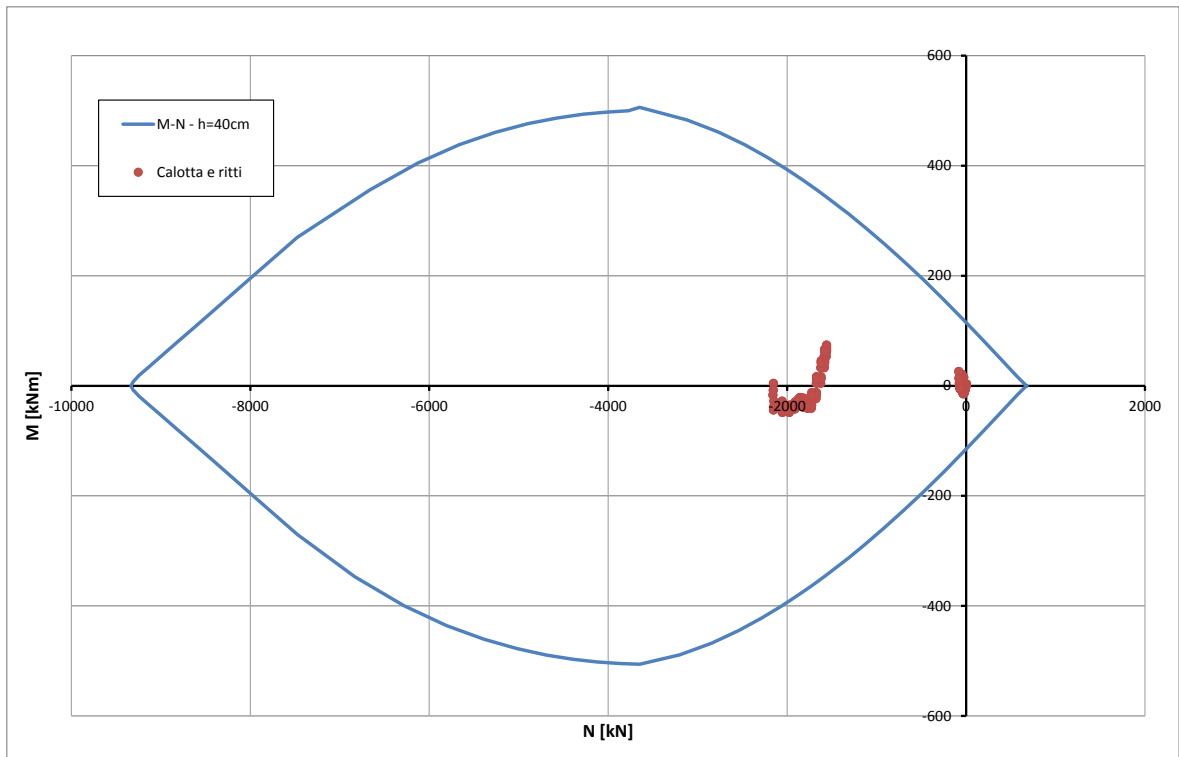


Abbildung 121: Überprüfung auf Beulspannung der Kappe und der Widerlager (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 121: Verifica a pressoflessione della calotta e dei ritti (SLU Eccezionale)

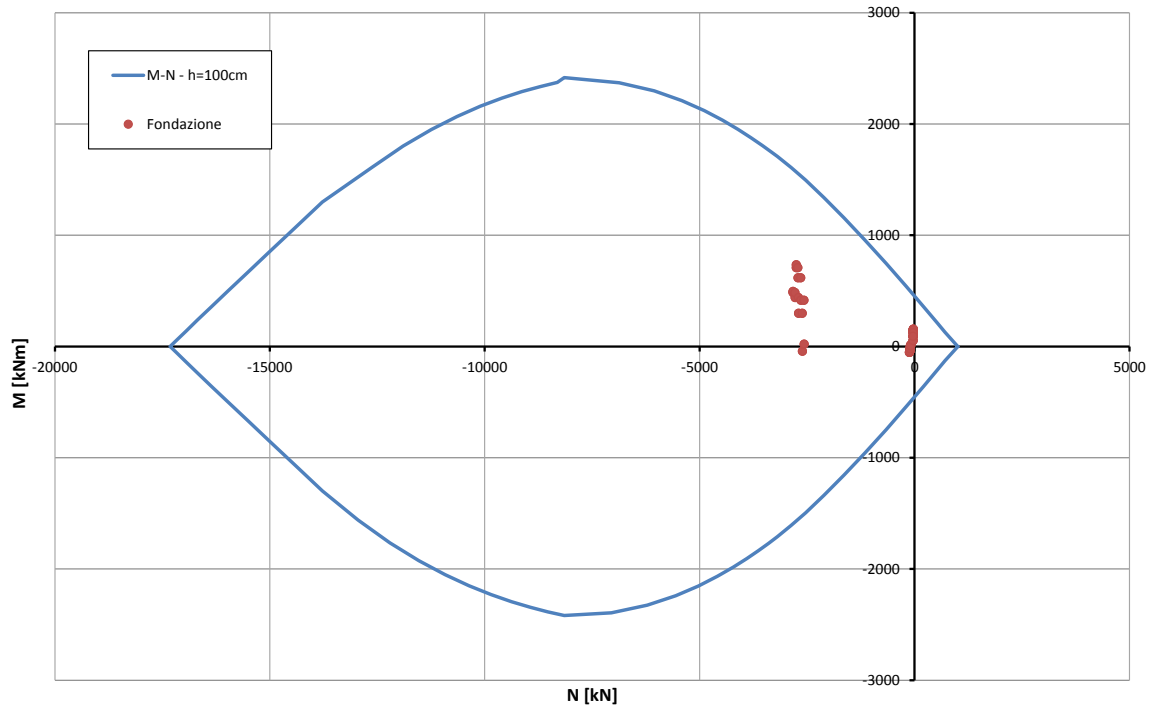


Abbildung 122: Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (GZT) Illustrazione 122: Verifica a pressoflessione dell'arco rovescio (SLU)

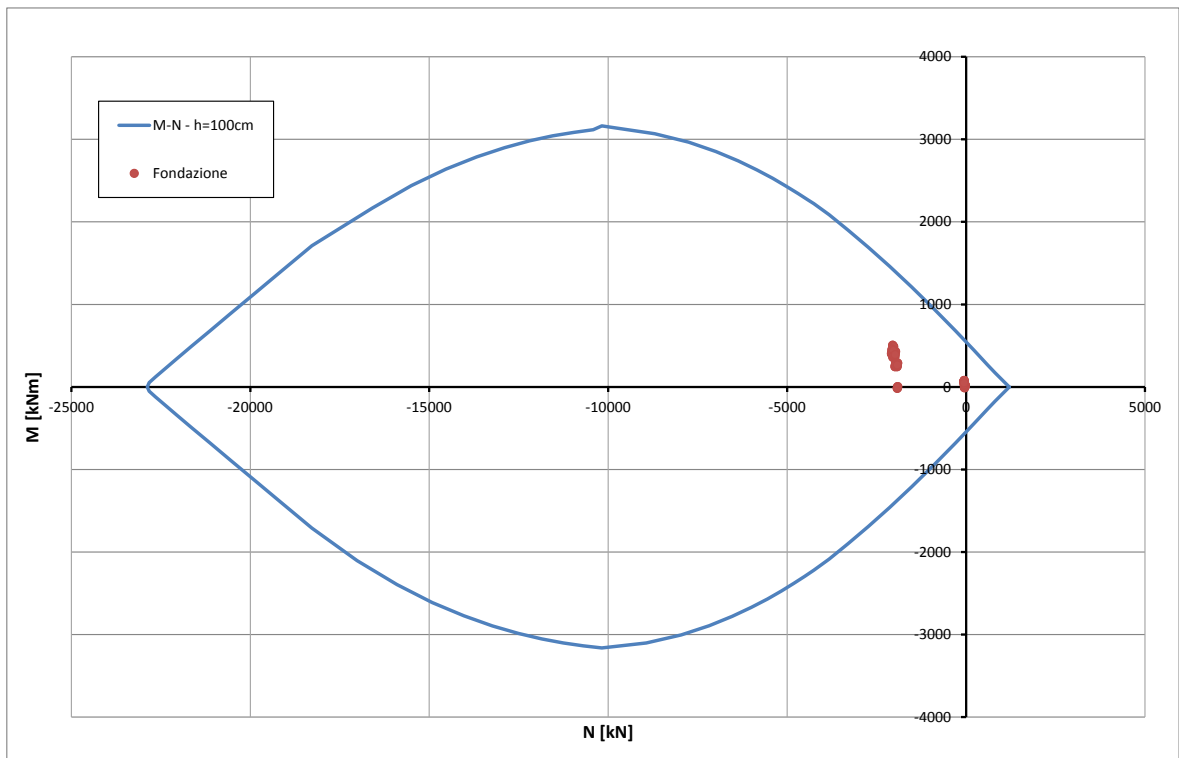


Abbildung 123: Überprüfung auf Beulspannung der Sohlplatte (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 123: Verifica a pressoflessione dell'arco rovescio (SLU Eccezionale)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	124.00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	334	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\emptyset	=	12	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	753	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0023	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.77	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.46	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	153.05	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	153.05	kN

VERIFICA SODDISFATTA:

non occorre armatura trasversale resistente a taglio.

Abbildung 124: Querkraftüberprüfung der Kappe und der Widerlager (GZT)

Illustrazione 124: Verifica a taglio della calotta e dei ritti (SLU)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	16.31	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	608.00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	2573.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	932	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\emptyset	=	16	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	6.7	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	1340	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0014	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.46	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.34	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	2.76	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	705.91	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	705.91	kN

VERIFICA SODDISFATTA:**non occorre armatura trasversale resistente a taglio.**

Abbildung 125: Querkraftüberprüfung der Sohlplatte (GZT)

Illustrazione 125: Verifica a taglio dell'arco rovescio (SLU)

			SLE06 - F04
STRESS CHARACTERISTICS SLS			CT1-IN
Design value of Axial Force	N_{Sd}	[kN]	2034
Design value of Bending Moment	M_{Sd}	[kNm]	539
Design value of Shear Force	T_{Sd}	[kN]	0.00
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			CT1-IN
Overall depth of the cross section	h	[mm]	1000
Minimum width of the cross section in the tensile area	b_w	[mm]	1000
Effective depth of the cross section	d	[mm]	932.0
Neutral axis depth	x	[mm]	755.3
Maximum concrete stress (- = compression)	σ_c	[N/mm ²]	-5.20
Minimum concrete stress (- = compression)	σ_{c1}	[N/mm ²]	0.00
Maximum steel stress (+ = tension)	σ_s	[N/mm ²]	18.24
Minimum steel stress (+ = tension)	σ_{s1}	[N/mm ²]	0.00
Concrete limit stress	$\sigma_{c,lim}$	[N/mm ²]	-18.43
Steel limit stress	$\sigma_{s,lim}$	[N/mm ²]	360.00
VERIFICATION RESULT			OK
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			CT1-IN
Characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days	f_{ck}	[N/mm ²]	30.71
Mean value of axial tensile strength of concrete ($=0.3f_{ck}^{2/3}$ per C≤C50/60)	f_{ctm}	[N/mm ²]	2.942
Characteristic axial tensile strength of concrete ($=0.7f_{ctm}$)	f_{ctk}	[N/mm ²]	2.059
Partial factor of concrete	γ_c	[-]	1.000
Design tensile resistance of concrete	f_{ctd}	[N/mm ²]	2.059
Main value of tensile strength of the concrete in the effective tension area (f_{ctm})	$f_{ct,eff}$	[N/mm ²]	2.942
Elastic modulus of reinforcing steel	E_s	[N/mm ²]	210000
Secant elastic modulus of concrete	E_{cm}	[N/mm ²]	32000
= E_s/E_{cm}	α_e	[-]	6.56
Factor depending on the duration of the load (0.60: short term - 0.40: long term)	k_t	[-]	0.40
Effective tension area of concrete	$A_{c,eff}$	[mm ²]	81567
Number of rebar in tension area	n_l	[-]	6.7
Rebar main diameter	ϕ_l	[mm]	16
Cross section area of reinforcement in $A_{c,eff}$	A_{sl}	[mm ²]	1340
= $A_s/A_{c,eff}$	$\rho_{p,eff}$	[-]	0.0164
Main strain	$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	‰	0.052
Rebar cover	c	[mm]	60
Rebar spacing	s	[mm]	150
Bond factor (0.80: high bond bars - 1.60: plain bars)	k_1	[-]	0.80
Factor which takes account of the distribution of strain (0.50 bending - 1.00 tension)	k_2	[-]	0.50
Coefficient for $S_{r,max}$	k_3	[-]	3.40
Coefficient for $S_{r,max}$	k_4	[-]	0.425
Maximum crack spacing	$S_{r,max}$	[mm]	369.52
Crack width	w_k	[mm]	0.019
Crack width limit	w_{lim}	[mm]	0.300
VERIFICATION RESULT			OK

Abbildung 126: - Überprüfung GZG

Illustrazione 126: Verifica SLE

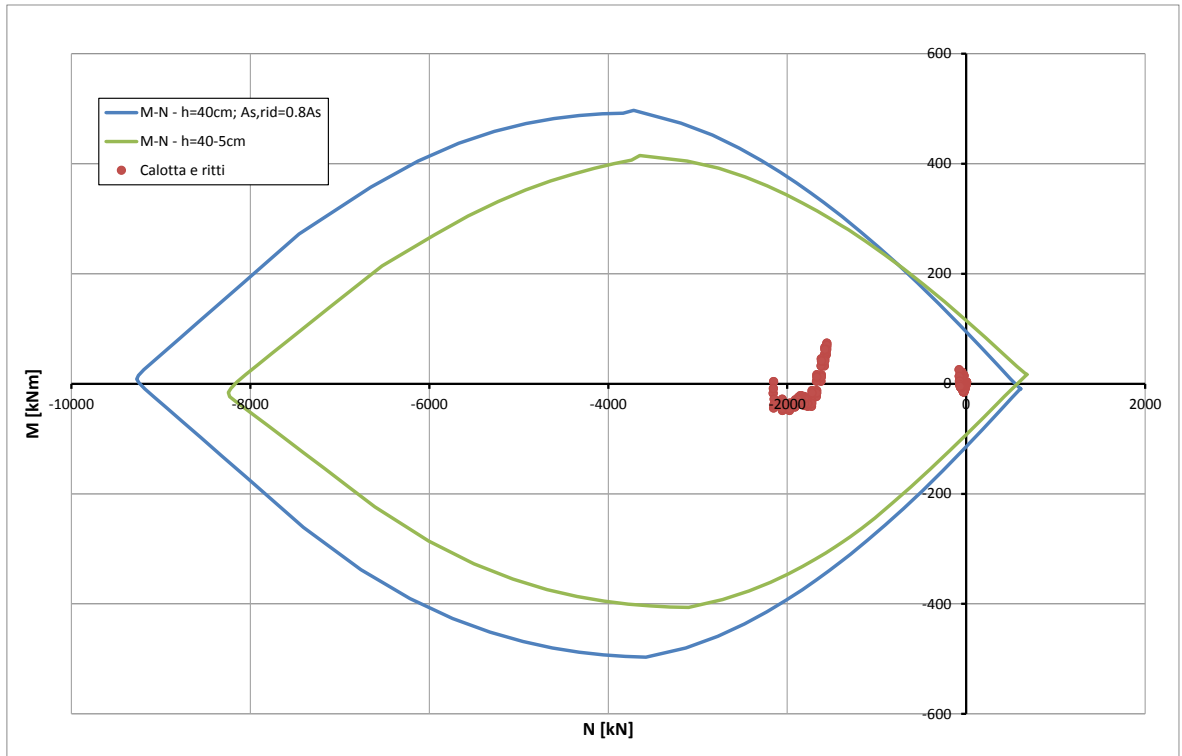


Abbildung 127: - Überprüfung auf Beulspannung der Kappe und der Widerlager (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 127: Verifica a pressoflessione della calotta e dei ritti nei riguardi dell'esposizione al fuoco

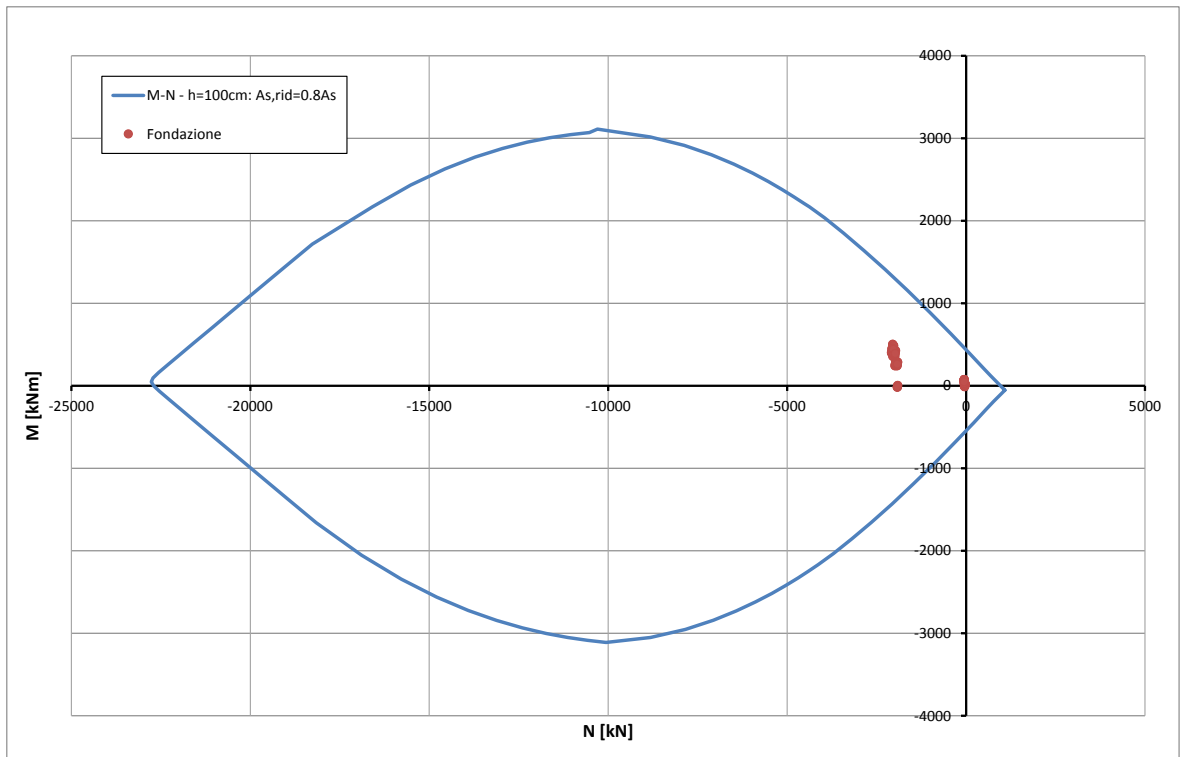


Abbildung 128: - Überprüfung auf Beulspannung des Gegengewölbes (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 128: Verifica a pressoflessione dell'arco rovescio nei riguardi dell'esposizione al fuoco