



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

<b>D0700: Baulos Mauls 2-3</b>	<b>D0700: Lotto Mules 2-3</b>
<b>Projekteinheit</b> Fensterstollen Mauls und angrenzende Bauwerke	<b>WBS</b> Finestra di Mules e opere annesse
<b>Dokumentenart</b> Statische Berechnung	<b>Tipo Documento</b> Calcolo statico
<b>Titel</b> Statische Berechnung M-Ea-T, M-G-C-Ea	<b>Titolo</b> Relazione di calcolo M-Ea-T, M-G-C-Ea

 <b>RTI 4P</b> Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P Via Pio Iler S.r.l., Via G.B. Sannarini 5, 20125 Milano, Tel. +39 026767911, Fax +39 0287152612	Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470
--	--

<b>Mandataria</b>  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	<b>Mandante</b>  PÖYRY	<b>Mandante</b>  pini swiss engineers	<b>Mandante</b>  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	Fachplaner / il progettista specialista	Fachplaner / il progettista specialista

	Datum / Data	Name / Nome	Gesellschaft / Società
Bearbeitet / Elaborato	30.01.2015	Bignamini	Pro Iter
Geprüft / Verificato	30.01.2015	Rivoltini	Pro Iter

 <b>BBT</b> 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 bis / a bei / al	Status Dokument / Stato documento	Masstab / Scala
---	---	--------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	-----------------

Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Dokumentenart Tipo Documento	Vertrag Contratto	Nummer Codice	Revision Revisione
02	H61	OP	200	KST	D0700	21060	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	Projektvollständigung 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

<b>1</b>	<b>EINFÜHRUNG</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>MATERIALIEN</b>	
<b>2</b>	<b>MATERIALI</b> .....	<b>5</b>
2.1	BETON	
2.1	CALCESTRUZZO.....	5
2.2	BEWEHRUNGSSTAHL	
2.2	ACCIAIO DA ARMATURA.....	5
<b>3</b>	<b>GEOTECHNISCHES MODELL</b>	
<b>3</b>	<b>MODELLO GEOTECNICO</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>INNENSCHALE</b>	
<b>4</b>	<b>RIVESTIMENTO DEFINITIVO</b> .....	<b>8</b>
4.1	STABWERKSMODELLE	
4.1	METODO DELLE REAZIONI IPERSTATICHE .....	8
4.2	MODELLIERUNG DER BETTUNG	
4.2	INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA.....	8
4.2.1	Modellierung der Bettung	
4.2.1	Rigidità radiale.....	9
4.3	LASTENANALYSE	
4.3	ANALISI DEI CARICHI .....	9
4.3.1	Eigengewicht G1	
4.3.1	Peso proprio G1 .....	9
4.3.2	Gebirgslast G5	
4.3.2	Carico dell'ammasso G5 .....	10
4.3.3	Kriechen und Schwinden des Betons G6	
4.3.3	Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6.....	10
4.3.4	Temperatur Q1	
4.3.4	Temperatura Q1 .....	11
4.3.5	Erdbebeneinwirkung E1	
4.3.5	Azione sismica E1 .....	11
4.3.6	Aufprall A2	
4.3.6	Urto A2 .....	12
4.3.7	Brand A3	
4.3.7	Incendio A3 .....	12
4.4	EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN	
4.4	COMBINAZIONI DI CARICO.....	12
4.5	NACHWEISE	
4.5	VERIFICHE .....	13
4.5.1	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	
4.5.1	Stati Limite Ultimi (SLU) .....	13
4.5.1.1	Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen	
4.5.1.1	Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni .....	13
4.5.1.2	Kombinationsbeiwerte Einwirkungen	
4.5.1.2	Coefficienti di combinazione delle azioni .....	13
4.5.1.3	Einwirkungskombinationen	
4.5.1.3	Combinazione delle azioni.....	13
4.5.1.4	Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände	
4.5.1.4	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze .....	13

4.5.1.5	Überprüfung auf Beulspannung	
4.5.1.5	Verifica a pressoflessione.....	14
4.5.1.6	Querkraftüberprüfung	
4.5.1.6	Verifica a taglio.....	15
4.5.2	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	
4.5.2	Stati Limite Esercizio (SLE).....	16
4.5.2.1	Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen	
4.5.2.1	Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni.....	16
4.5.2.2	Kombinationsbeiwerte Einwirkungen	
4.5.2.2	Coefficienti di combinazione delle azioni.....	16
4.5.2.3	Einwirkungskombinationen	
4.5.2.3	Combinazioni delle azioni.....	16
4.5.2.4	Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände	
4.5.2.4	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze.....	16
4.5.2.5	Ermittlung der Verformungen	
4.5.2.5	Calcolo delle deformazioni.....	16
4.5.2.6	Begrenzung der Rissbreiten	
4.5.2.6	Limitazione dello spessore delle fessure.....	16
4.6	BAULICHE DURCHBILDUNG	
4.6	STRUTTURA COSTRUTTIVA.....	16
4.6.1	Bauliche Durchbildung	
4.6.1	Classe di esposizione e copriferro minimo.....	16
4.6.2	Mindestbewehrung	
4.6.2	Armatura minima.....	17
4.7	ERGEBNISSE	
4.7	RISULTATI.....	18
<b>5</b>	<b>VERZEICHNISSE</b>	
<b>5</b>	<b>ELENCHI.....</b>	<b>19</b>
5.1	TABELLENVERZEICHNIS	
5.1	ELENCO DELLE TABELLE.....	19
5.2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
5.2	ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI.....	19
5.3	ANLAGENVERZEICHNIS	
5.3	ELENCO APPENDICI.....	19
5.4	REFERENZDOKUMENTE	
5.4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	19
5.4.1	Eingangsdokumente	
5.4.1	Documenti in ingresso.....	19
5.4.2	Normen und Richtlinien	
5.4.2	Normativa.....	20
5.4.3	Literatur	
5.4.3	Letteratura.....	20
<b>ANHANG 1 - FEM-ANALYSE DER INNENSCHALE</b>		
<b>APPENDICE 1 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO.....</b>		
		<b>22</b>

## 1 EINFÜHRUNG

Der vorliegende Bericht beinhaltet die Bemessung der Innenschale des Mauls Fensterstollens, zwischen Kilometrierungen km 0+000 und km 0+212, sowie des Lüftungstunnels, zwischen Kilometrierungen km 0+152 und km 0+207, welche konventionell vorgetrieben werden.

An den obengenannten Kilometrierungen sind unterschiedliche Innenschalenausbruchquerschnitte vorgesehen: M-Ea-T und M-Ea-T mit variablen Belag im Mauls Fensterstollen, M-G-C-Ea im Lüftungstunnel. Die Modellierung, Gegenstand dieses Berichts, wird vorsichtshalber für jeder der obengenannten Ausbruchquerschnitte als gültig erfasst.

Die behandelte Strecke betrifft ein einziges Gebirge, im Profil [3] als GB-G-D-18h bezeichnet, mit maximale Überdeckungen von 1205 m.

Der Ausbruch dieser Querschnitte hat eine maximale Breite und Höhe jeweils von ca. 11 m und 9.7 m.

Die Innenschale besteht aus Ortbeton der Festigkeitsklasse C30/37 mit folgenden Stärken:

- Kappe: gleichmäßige Stärke von 35 cm für alle Ausbruchquerschnitte.
- Widerlager und Tunnelbogenaufsätze: variable Stärke von 35 bis 65 cm für Ausbruchquerschnitt M-Ea-T, von 35 cm bis 56 cm für Ausbruchquerschnitt M-G-C-Ea.
- Basisplatte: variable Stärke von 10 bis 30 cm für Ausbruchquerschnitt M-Ea-T, gleichmäßige Stärke von 35 cm für Ausbruchquerschnitt M-G-C-Ea.

In Ausbruchquerschnitt M-G-C-Ea wird über der Platte eine 17 cm starke Betonfüllschicht gelegt.

Im vorliegenden Dokument ist die Bemessung der Innenschale aufgezeigt.

## 1 INTRODUZIONE

La seguente relazione riporta il dimensionamento del rivestimento definitivo della Finestra di Mules, scavata in tradizionale, tra km 0+000 e km 0+212, e del ramo di ventilazione tra le progressive km 0+152 e km 0+207.

Alle sopracitate progressive sono previste diverse sezioni tipo di rivestimento definitivo: M-Ea-T e M-Ea-T con pavimentazione variabile nella Finestra di Mules, M-G-C-Ea nella galleria di ventilazione. La modellazione oggetto della seguente relazione è da considerarsi cautelativamente valida per ognuna delle sopracitate sezioni.

La tratta considerata interessa un unico ammasso, indicato nel profilo [3] come GB-G-D-18h, con coperture massime di 1205 m.

Lo scavo delle sezioni in oggetto presenta una larghezza e un'altezza massima rispettivamente di 11 m e di 9.7 m circa.

Il rivestimento definitivo è costituito da calcestruzzo C30/37 gettato in opera con i seguenti spessori:

- Calotta: spessore costante pari a 35 cm per tutte le sezioni.
- Ritti e Murette: spessore variabile, da 35 cm a 65 cm per la sezione M-Ea-T, da 35 cm a 56 cm per la sezione M-G-C-Ea.
- Soletta di base: spessore variabile da 10 cm a 30 cm per la sezione M-Ea-T, spessore costante pari a 35 cm per la sezione M-G-C-Ea.

Nella sezione M-G-C-Ea sopra la soletta è posato uno strato di calcestruzzo di riempimento di spessore pari a 17 cm.

Nel presente documento è riportato il dimensionamento del rivestimento definitivo.

## 2 MATERIALIEN

### 2.1 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

### 2.2 BEWEHRUNGSSTAHL

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

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

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

wobei:

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

## 2 MATERIALI

### 2.1 CALCESTRUZZO

Per il dimensionamento del rivestimento definitivo si considera un calcestruzzo con classe di resistenza 30/37 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

### 2.2 ACCIAIO DA ARMATURA

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

dove:

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

### 3 GEOTECHNISCHES MODELL

Zur geomechanischen Charakterisierung sowohl der vom Mauls Fensterstollen durchquerten Gebirgen, zwischen Kilometrierung km 0 und Kilometrierung km 1+607 des Mauls Fensterstollens, als auch für die von den Strecken A und B durchquerten Gebirgen, wird auf das geomechanische Profil [3] Bezug genommen.

Aufgrund der fehlenden As-built Daten ist die Charakterisierung aus den Planungsdokumenten des Mauls Fensterstollens (Ausführungsplanung Oktober 2006) entnommen worden, mit Annahme einer einzigen homogene geomechanische Zone für die gesamte Strecke. Auf dieser Weise wurde die Äußerung von Bericht [4] der Ausführungsplanung des Baulos Mauls I berücksichtigt, wo deutlich zum Ausdruck gebracht wird, dass keine kartographierbaren und darstellbaren Verwerfungen im geologischen Ausbruchquerschnitt beobachtet wurden.

Es wurde das Vorkommen von kleinen Verwerfungen festgestellt, mit einem Abstand im Dekameterbereich, welche sich aus einem Kernbereich mit Verwerfungsgesteine (tektonische Brekzien) mit einer Mächtigkeit bis in den Dezimeterbereich und einer an den beiden Enden der Verwerfung bis zu mehreren Metern mächtigen damage zone zusammensetzen. Diese kleinen Verwerfungen scheinen den Zerklüftungsgrad entscheidend zu beeinflussen, insgesamt jedoch in bescheidenem Ausmaß, da auf dieser Strecke die Klüfte mit einer den Verwerfungen ähnlichen Verlaufsrichtung überwiegen. Zusammenfassend kann demnach behauptet werden, dass die im Zuge des Vortriebs des Mauls Fensterstollens gewonnenen Erkenntnisse die ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften des Gebirges bestätigt haben.

Folgende Tabelle berichtet die geomechanischen Grundparameter welche die geomechanisch homogene Zone bestimmen.

### 3 MODELLO GEOTECNICO

Per la caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi attraversati dalla Finestra di Mules tra la progressiva km 0 e la progressiva km 1+607 della Finestra di Mules, così come per gli ammassi rocciosi attraversati dai rami A e B, si fa riferimento al profilo geomeccanico [3].

In assenza di dati di as-built la caratterizzazione è stata ricavata dai documenti progettuali della Finestra di Mules (Progetto Esecutivo Ottobre 2006), assumendo per l'intera tratta la presenza di un'unica zona geomeccanicamente omogenea; in questo modo si è tenuto conto di quanto espresso nella relazione [4] del Progetto Esecutivo del Lotto Mules I, in cui si esplicita che non sono state osservate faglie cartografabili e rappresentabili sulla sezione geologica.

È stata riscontrata la presenza di piccole faglie, con spaziatura di ordine decametrico, costituite da una zona di nucleo con rocce di faglia (brecce tettoniche) di spessore fino a decimetrico e da una zona di danneggiamento potente fino a un paio di metri per ogni lato della faglia. Sembra che la presenza di tali piccole faglie condizioni in maniera marcata lo stato di fratturazione, nel complesso comunque molto modesto, poiché in questo tratto dominano i giunti con direzione simile alle faglie. In conclusione comunque le informazioni ricavate dallo scavo della Finestra di Mules hanno confermato le ottime caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso.

La seguente tabella riporta i parametri di base che caratterizzano la zona geomeccanicamente omogenea.

Rock mass name	GB-G-D-18h
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	26.5
$\sigma_{ci}$ [MPa]	74
$m_i$	24
$E_i$ [GPa]	20
CAI[-]	4.8
RMR	60-80
GSI	55-75

Tabelle 1: Charakterisierung des Gebirges  
Wobei:

- $\gamma$  = spezifisches Gewicht des Gebirges
- $\sigma_{ci}$  = einaxialen Druckfestigkeit der Gesteinsmatrix

Tabella 1: Caratterizzazione dell'ammasso  
Dove:

- $\gamma$  è il peso di volume naturale dell'ammasso roccioso.
- $\sigma_{ci}$  è la resistenza a compressione monoassiale di matrice.

- $m_i$  = Krümmungsparameter aus triaxialem Druckversuch des Gebirgsmaterial
- $E_i$  = Verformungsmodul der Gesteinsmatrix
- RMR = *Rock Mass Rating 1989*
- CAI = *Reibungsindex Cerchar*
- GSI = *Geological Strength Index*

- $m_i$  è un parametro di curvatura dell'involuppo di rottura triassiale del materiale roccia.
- $E_i$  è il modulo di deformazione di matrice.
- RMR è il *Rock Mass Rating 1989*.
- CAI è l'*indice di abrasività Cerchar*.
- GSI è il *Geological Strength Index*.

Die typischen Verformungs- und Festigkeitsparameter jeder Strecke wurden gemäß dem Bruchkriterium nach Hoek & Brown [20] berechnet, welches und im geomechanischem Hauptbericht [1] näher beschrieben wird.

I parametri di deformabilità e di resistenza caratteristici sono stati calcolati in accordo al principio di linearizzazione dell'involuppo di rottura proposto da Hoek & Brown [20] e esplicitato nella relazione geomeccanica generale [1].

Für die Lastberechnung des Gebirges nach Bieniawski wird das in Folge bestimmte BRMR genutzt.

Per il calcolo del carico di Bieniawski, dell'ammasso roccioso, si utilizza il BRMR definito come segue.

$$BRMR = RMR - R_6$$

Wobei:

Dove:

- RMR è il *Rock Mass Rating 1989*.
- $R_6$  = Parameter der Klassifizierung nach Bieniawski, welche die angenommene Ausrichtung der Gelenke von -10 berücksichtigt.

- RMR è il *Rock Mass Rating 1989*.
- $R_6$  = Parametro della classificazione di Bieniawski che tiene conto dell'orientazione dei giunti, assunto pari a -10.

Tabella 2 beinhaltet die im Plan vorsichtshalber benutzten geomechanischen Parameter und entsprechenden Anwendungsstrecken; mit  $E_m$  ist das Verformungsmodul des Gebirges angezeigt worden.

La Tabella 2 riporta i parametri geomeccanici cautelativamente utilizzati nel progetto e le relative tratte di applicazione; con  $E_m$  si è indicato il modulo di deformazione dell'ammasso.

sezione tipo	initial pk	final pk	BRMR	GSI	Em
	[km]	[km]			
	<b>FDM</b>		-	-	<b>[GPa]</b>
M-Ea-T	0	0+212	50	55	8
M-Eb-T	0+212	1+479			
M-Ec-T	1+512	1+525			
M-Ed-T	1+525	1+607			
<b>Galleria di ventilazione</b>					
M-G-C-Ea	0+152	0+207			
M-G-C-Eb	0	0+085			
<b>Ramo "B" Mules</b>					
M-B-Ea-T	0	0+175			
M-B-Eb-T					
<b>Ramo "A" Mules</b>					
M-A-Ea-T	0	0+171			
M-A-Eb-T					

Tabelle 2: typische Parameter des Gebirges

Tabella 2: Parametri caratteristici dell'ammasso



## 4 INNENSCHALE

### 4.1 STABWERKSMODELLE

Die Beanspruchungen der Innenschale wurden durch den Kodex SAP2000© (basiert auf die Finite-Elemente-Methode) mit den Stabwerksmodellen berechnet.

Die FEM Berechnung 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  $E'_c \times I_g$  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;
- $\nu$  = Poisson Verhältnis (0.2);

Zur Modellierung des unbewehrten Betons wird eine Methode, welche im Stande ist die Verformungskapazität des Querschnitts laut Absatz 12.5 des EC2: Pöttler Methode [24][25], genutzt.

### 4.2 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 0.5 cm. Wenn diese Verschiebungen überwunden sind, wird die Schnittstellensteifigkeit die des Gebirges.

## 4 RIVESTIMENTO DEFINITIVO

### 4.1 METODO DELLE REAZIONI IPERSTATICHE

Le sollecitazioni nel rivestimento definitivo sono state calcolate 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 rigidità 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;
- $\nu$  = rapporto di Poisson (0.2);

Per la modellazione del calcestruzzo non armato si utilizza un metodo in grado di considerare la capacità di deformazione della sezione come richiesto al paragrafo 12.5 dell'EC2: il metodo di Pöttler [24][25].

### 4.2 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 rigidità 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 0.5 cm. Superati tali spostamenti, la rigidità dell'interfaccia diventa quella dell'ammasso.

Die tangentielle Steifigkeit ist übergangen worden.

La rigidezza tangenziale è stata trascurata.

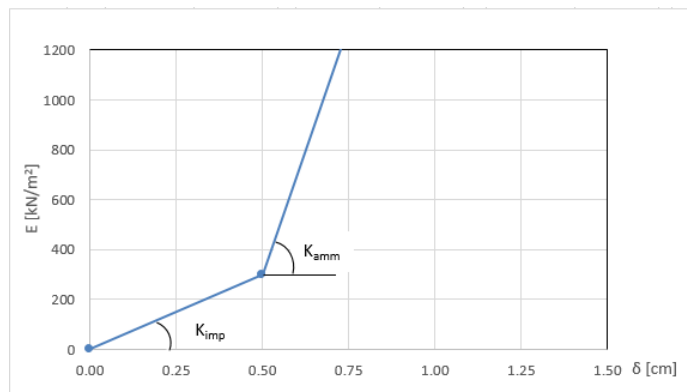


Abbildung 1: Schematisierung der Schnittstelle

Figura 1: Schematizzazione dell'interfaccia

An dem Tunnelbogenaufsatz wurde die Inneschale durch ein Scharnier an die Erde gebunden.

In corrispondenza della muretta il rivestimento è stato vincolato a terra mediante una cerniera.

#### 4.2.1 Modellierung der Bettung

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

#### 4.2.1 Rigidezza radiale

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

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

Wobei:

- $K_R$  = Steifigkeit der radialen Bettung Innenschale – Gebirge [MN/m³]
- $E$  = Elastizitätsmodul des Gebirges
- $E_S$  = Steifemodul des Gebirges
- $\nu$  = 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
- $\nu$  = coeff. di Poisson dell'ammasso roccioso
- $R$  = raggio della galleria – linea di riferimento

#### 4.3 LASTENANALYSE

Folgende Kürzel werden für die Einwirkungen benutzt:

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

#### 4.3 ANALISI DEI CARICHI

Per le azioni si utilizzano le seguenti abbreviazioni:

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

##### 4.3.1 Eigengewicht G1

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

##### 4.3.1 Peso proprio G1

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

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

#### 4.3.2 Gebirgslast G5

Die Gebirgslast an der Kappe wurde gemäß Bieniawski-Theorie berechnet und in das Berechnungsmodell mittels äquivalente Knotenkräfte eingesetzt.

Diese Einwirkungen ergeben sich aus verschiedenen Beiträgen, welche in vertikaler und horizontaler Richtung agieren.

Die vertikale Komponente ist mit folgendem Verhältnis zu berechnen:

$$P_v = \gamma * z + P_{v\text{Bieniawski}}$$

Wobei:

- $\gamma$  = spezifische Gebirgseigengewicht in  $\text{kN/m}^3$
- $z$  = Quotendifferenz zwischen dem Punkt auf der Mittellinie der Kappe und den berücksichtigten Schalenpunkt.
- $P_{v\text{Bieniawski}}$  = Bezugslast des Gebirge an der Kappe, welche gemäß Bieniawski-Theorie durch folgendes Verhältnis bestimmt wird:

$$P_{v\text{Bieniawski}} = \gamma * b * \frac{(100 - \text{BRMR})}{100}$$

Wobei:

- $\gamma$  = spezifische Gebirgseigengewicht in  $\text{kN/m}^3$
- $b$  = maximale horizontale Ausbruchquerschnittsbreite
- BRMR = Bieniawski-Index

Die seitliche Last wurde, gemäß folgendem Verhältnis, proportional zur vertikalen Last angenommen:

$$P_h = P_{v\text{Bieniawski}} * K_0 + \gamma * z * K_0$$

Sezione tipo	k0	$\gamma$ [ $\text{kN/m}^3$ ]	b[m]	BRMR	$P_{v\text{Bieniawski}}$
M-Ea-T	0.750	26.5	10.42	50	138

Tabelle 3: Bei der Analyse benutzte Parameter

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

#### 4.3.2 Carico dell'ammasso G5

Il carico d'ammasso in calotta è stato calcolato secondo la teoria di Bieniawski e inserito nel modello di calcolo mediante forze nodali equivalenti.

Tali azioni sono il risultato di diversi contributi agenti in direzione verticale e orizzontale.

La componente verticale è calcolabile attraverso la seguente relazione:

Dove:

- $\gamma$  è il peso specifico equivalente dell'ammasso espresso in  $\text{kN/m}^3$ .
- $z$  rappresenta la differenza di quota tra il punto in mezzeria della calotta e il punto del rivestimento considerato.
- $P_{v\text{Bieniawski}}$  è il carico di riferimento dell'ammasso in calotta definito secondo la teoria di Bieniawski mediante la seguente relazione:

Dove:

- $\gamma$  è il peso specifico equivalente dell'ammasso espresso in  $\text{kN/m}^3$ .
- $b$  è l'ampiezza massima della sezione in direzione orizzontale.
- BRMR è l'indice di Bieniawski

Il carico laterale è stato assunto proporzionale a quello verticale secondo la seguente relazione:

#### 4.3.3 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  $\phi$  si calcola secondo le NTC 2008, capitolo 11.2.10.7.

#### 4.3.3 Kriechen und Schwinden des Betons G6

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

Die Kriechzahl  $\phi$  wird gemäß NTC 2008 Kap. 11.2.10.7 ermittelt.

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

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

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.

#### 4.3.4 Temperatur Q1

Zur Dimensionierung der Innenschalen berücksichtigt man, gemäß folgende Tabelle, die nach Eingangsabstand, unter 3 km, sich ergebenden Temperatureinwirkungen.

Abstand Portal / Distanza dall'imbocco [km]	< 3,0	
Temperaturgradient / gradiente della temperatura $\Delta T$ [°C]	5	
$\Delta T_{eff}$ [°C]	Winter / inverno	Sommer / estate
	-16	16

Tabelle 4: Temperatureinwirkung

Der Temperaturgradient zeigt die Temperaturdifferenz zwischen den Innen- und Außenoberflächen der Betonquaderschale.

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 4.3.74.3.7.

#### 4.3.5 Erdbebeneinwirkung E1

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

Il coefficiente di viscosità  $\phi$  si calcola ai sensi delle NTC 2008 par. 11.2.10.7, considerando la condizione tensionale derivante dalla combinazione di azioni permanenti (G1 (peso proprio) + G2 (catenaria) + G5 (Carico dell'ammasso)).

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

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

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

#### 4.3.4 Temperatura Q1

Per il dimensionamento rivestimenti definitivi si considerano le azioni termiche, in conformità alla seguente tabella, secondo la distanza dall'imbocco, minore di 3 km.

Tabella 4: Variazione termica

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

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

Le azioni derivanti dalle alte temperatura a seguito di incendio sono oggetto del paragrafo 4.3.7.

#### 4.3.5 Azione sismica E1

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

#### 4.3.6 Aufprall A2

Die Last des Aufpralls wird nur in den Verzweigungskavernen und den Portalen berücksichtigt. Im vorliegenden Bereich wird sie daher nicht berücksichtigt.

#### 4.3.7 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 [5] geprüft worden. Die Ergebnisse sind im Anhang 1 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 über 160mm;
- Betondeckung 'a' (Achsenabstand der Bewehrung von der ausgesetzten Oberfläche) über 35mm.

Beide Voraussetzungen sind zufriedenstellend.

#### 4.4 EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen müssen gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten  $\psi$  berücksichtigt werden.

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

Lastfall / Caso di carico	ständig / permanenti							vorübergehend / variabili			außergewöhnlich / eccezionali				
	Eigengewicht	Oberleitung	Sohlbeton	Wasserdruck	Gebirgslast ohne Auftrieb	Kriechen und Schwinden	Quell-druck	Temperatur (Sommer)	Temperatur (Winter)	Verkehrslast (Zugfahrt)	Erdbeben	Anprall	Brand	Druck infolge Zugfahrt	Sog infolge Zugfahrt
	Peso proprio	Catenaria	Carichi permanenti sull'arco rovescio	Carico idraulico	Carichi della roccia in condizioni asciutte	Ritiro e rilassamento	Swelling-Squeezing	Temperatura (Estate)	Temperatura (inverno)	Carico ferroviario	Sisma	Impatto	Fuoco	Carico aerodinamico (pressione)	Carico aerodinamico (aspirazione)
Einwirkungskombination / Combinazioni	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	Q1	Q1	Q2	E1	A2	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						
	3	1.35	1.35	1.00					1.50						
		1.00	1.00	1.00					1.00						
	4	1.35	1.35	1.00			1.00		1.50						
		1.00	1.00	1.00			1.00		1.00						
	5	1.35	1.35	1.00	1.35	1.35			1.50						
		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			1.00						
	6	1.35	1.35	1.00	1.35	1.35	1.00		1.50						
		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00						
	13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			0.60			1.00			
	14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		0.60			1.00			
21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			0.60				1.00			
22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00						1.00			

Tabelle 5: Lastenkombinationen

#### 4.3.6 Urto A2

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

#### 4.3.7 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 [5]. I risultati sono riportati nell'Appendice 1. 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.

#### 4.4 COMBINAZIONI DI CARICO

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

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

Tabella 5: Combinazioni di carico

#### 4.5 NACHWEISE

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

##### 4.5.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

###### 4.5.1.1 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:

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

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.

###### 4.5.1.2 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

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

Einwirkung /	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
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 6: Kombinationsbeiwerte

###### 4.5.1.3 Einwirkungskombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen müssen gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten  $\psi$  zu berücksichtigt werden.

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

###### 4.5.1.4 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:

#### 4.5 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.

##### 4.5.1 Stati Limite Ultimi (SLU)

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

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

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

###### 4.5.1.2 Coefficienti di combinazione delle azioni

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

Tabella 6: Coefficienti di combinazione

###### 4.5.1.3 Combinazione delle azioni

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

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

###### 4.5.1.4 Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

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

#### Stahlbeton

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

#### Unbewehrter Beton

- Teilsicherheitskoeffizient für den Betonwiderstand  $Y_c = 1,60$
- Minderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung der Betondruck:  $\alpha_{cc} = 0,80$

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  $\alpha$  bleibt unverändert.

#### 4.5.1.5 Überprüfung auf Beulspannung

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

Bei den unbewehrten überwiegend komprimierten Ausbruchquerschnitten erfolgt die Überprüfung auf Beulspannung, gemäß dem N.T.C. 2008, durch die Überprüfung folgender Ungleichung:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = f_{cd} \cdot b \cdot x$$

$$\text{Con } x = h - 2 \cdot e = h - 2 \cdot \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

Wobei:

- $N_{Ed}, M_{Ed}$  = Planungsbelastungen;
- $b$  = Breite des Bezugausbruchquerschnitts (1m);
- $h$  = Höhe des Ausbruchquerschnitts;
- $x$  = Höhe des reagierenden Ausbruchquerschnitts.

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

#### 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  $Y_s = 1,20$

#### Calcestruzzo non 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:  $\alpha_{cc} = 0,80$

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  $\alpha$  resta invariato.

#### 4.5.1.5 Verifica a pressoflessione

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

Nelle sezioni non armate prevalentemente compresse, la verifica a pressoflessione è condotta, in accordo con le N.T.C. 2008, verificando la seguente disuguaglianza:

Dove:

- $N_{Ed}, M_{Ed}$  sono le sollecitazioni di progetto;
- $b$  è la larghezza della sezione di riferimento (1m);
- $h$  è l'altezza della sezione;
- $x$  è l'altezza della sezione reagente.

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

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

Wobei:

- J = Trägheitsmoment des Ausbruchquerschnitts.

Dove:

- J è il momento d'inerzia della sezione

#### 4.5.1.6 Querkraftüberprüfung

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

Die Bemessung bei der unbewehrten Innenschale erfolgt gemäß des NTC2008, bei Prüfung folgender Ungleichung:

#### 4.5.1.6 Verifica a taglio

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

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

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

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

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

$$\delta = \sigma_c - \sigma_{clim}$$

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

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

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

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

In den Ausbruchquerschnitten mit hoher Exzentrizität, konsequenterweise zur Annahme die Betonzugfestigkeit bis auf den Wert  $f_{ctd}$  zu erfassen, wird der Querkraftwiderstand des Ausbruchquerschnitts ausgewertet, indem der ganze Ausbruchquerschnitt als reagierend ( $x=h$ ) betrachtet wird, und die Spannung  $\sigma_c$  als Durchschnittsspannung des ganzen Querschnitts, sowohl komprimiert als auch gespannt, gewertet wird.

Nelle sezioni con un'elevata eccentricità, coerentemente con l'assunzione di considerare la resistenza a trazione del calcestruzzo fino al valore di  $f_{ctd}$ , la resistenza a taglio della sezione viene valutata considerando reagente l'intera sezione ( $x=h$ ) e valutando la tensione  $\sigma_c$  come tensione media nell'intera sezione, sia compressa che tesa.

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



#### 4.5.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

##### 4.5.2.1 Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen

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

##### 4.5.2.2 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

In Tabelle 6 befinden sich die bei Einwirkungskombinationen zu berücksichtigenden Beiwerten. Die Kombinationsbeiwerte werden gemäß Tabelle 6 berücksichtigt.

##### 4.5.2.3 Einwirkungskombinationen

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

##### 4.5.2.4 Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände

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

##### 4.5.2.5 Ermittlung der Verformungen

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

##### 4.5.2.6 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  $\psi$  laut Tabelle 5 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.

#### 4.6 BAULICHE DURCHBILDUNG

##### 4.6.1 Bauliche Durchbildung

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.

#### 4.5.2 Stati Limite Esercizio (SLE)

##### 4.5.2.1 Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni

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

##### 4.5.2.2 Coefficienti di combinazione delle azioni

In Tabella 5 si trovano i coefficienti da considerare nelle combinazioni delle azioni. I coefficienti di combinazione sono da considerare come in Tabella 6.

##### 4.5.2.3 Combinazioni delle azioni

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

##### 4.5.2.4 Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

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

##### 4.5.2.5 Calcolo delle deformazioni

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

##### 4.5.2.6 Limitazione dello spessore delle fessure

In considerazione delle NTC2008, si controlla allo SLE lo spessore massimo delle fessure  $w_{kal}$  per le combinazioni di carico rilevanti, in considerazione dei fattori parziali di sicurezza e dei coefficienti di riduzione  $\psi$  secondo Tabella 5. 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.

#### 4.6 STRUTTURA COSTRUTTIVA

##### 4.6.1 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:

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	+10	+10
Bauliche Toleranz [mm]	+10	+10

$C_{nom}$ [mm]	40	50
----------------	----	----

Tabelle 7: Mindestbetondeckung

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

#### 4.6.2 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  $0,0013 \times b \times d$ ,

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.

	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
----------------	----	----

Tabella 7: Copriferro minimo.

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

#### 4.6.2 Armatura minima

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

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

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

dove:

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

#### 4.7 ERGEBNISSE

Die Berechnungen in Anhang 1 zeigen, dass der Ausbruchquerschnitt keine Bewehrung am oberen Teil der Kappe benötigt, während er diese an den Widerlagern und an einem ca. 80cm großen Teil der Kappe (die ersten 3 C-Elemente) erfordert. Diese Bewehrung wird aus  $\varnothing$  24mm, Abstand 15cm, mit  $\varnothing$ 12mm Verteilungsabstand 15cm an den Widerlagern und aus  $\varnothing$  16mm, Abstand 15cm, mit  $\varnothing$ 10mm, Abstand 15cm im bewehrten Kappenteil, bestehen. Eine Schubbewehrung ist nicht erforderlich.

Der Einfall der Widerlager ist von  $150\text{kg/m}^3$ .

Das Berechnungsmodell konvergiert ohne Bewehrung in der Kappe, aber es zeigt die Bildung von 1 plastischem Scharnier in der Kappe. Dieses plastische Scharnier ermöglicht auf jeden Fall die Gewährleistung der Strukturstatik und ihre langzeitliche Funktionsfähigkeit.

#### 4.7 RISULTATI

Le analisi riportate in Appendice 1 mostrano che la sezione non necessita di armatura nella porzione di calotta superiore mentre richiede un'armatura in corrispondenza dei ritti e di una porzione di calotta di circa 80cm (primi 3 elementi C). Tale armatura sarà costituita da  $\varnothing$  24mm a passo 15cm, con  $\varnothing$ 12mm a passo 15cm di ripartizione nei ritti e da  $\varnothing$  16mm a passo 15cm, con  $\varnothing$ 10mm a passo 15cm nella porzione di calotta armata. Non è richiesta armatura a taglio.

L'incidenza dei ritti è di  $150\text{kg/m}^3$ .

Il modello di calcolo converge senza armatura in calotta, ma mostra la formazione di 1 cerniera. Tale cerniera plastica consente comunque di garantire la statica della struttura e la sua funzionalità nel tempo.

## 5 VERZEICHNISSE

### 5.1 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Charakterisierung des Gebirges .....	6
Tabelle 2: typische Parameter des Gebirges .....	7
Tabelle 3: Bei der Analyse benutzte Parameter .....	10
Tabelle 4: Temperatureinwirkung .....	11
Tabelle 5: Lastenkombinationen .....	12
Tabelle 6: Kombinationsbeiwerte .....	13
Tabelle 7: Mindestbetondeckung .....	17

### 5.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Schematisierung der Schnittstelle .....	9
--	---

### 5.3 ANLAGENVERZEICHNIS

- ANHANG 1 - FEM-ANALYSE DER INNENSCHALE

### 5.4 REFERENZDOKUMENTE

#### 5.4.1 Eingangsdokumente

- [1] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13018 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke - Technischer Bericht - Allgemeiner geomechanischer Bericht
- [2] 02\_H61\_GD\_090\_GTBS\_D0700\_21001 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 1 - Geomechanischer Detailbericht
- [3] 02\_H61\_GD\_090\_GLS\_D0700\_21011 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 1 - Geomechanisches Prognoseprofil Fensterstollen Muls und angrenzende Bauwerke
- [4] OP-EI.01.01 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - Erkundungsstollen Periadriatik und vorbereitende Bauwerke Bereich Muls - Beschreibender Gesamtbericht - Rev 01, (Becchiega, 06/12/2010, Marini, 10/12/2010, Lombardi, 15/12/2010)
- [5] 02\_H61\_EG\_995\_KTB\_D0700\_15003 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke - Sicherheit gegen Feuereinwirkung

## 5 ELENCHI

### 5.1 ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1: Caratterizzazione dell'ammasso .....	6
Tabella 2: Parametri caratteristici dell'ammasso .....	7
Tabella 3: Parametri utilizzati nell'analisi .....	10
Tabella 4: Variazione termica .....	11
Tabella 5: Combinazioni di carico .....	12
Tabella 6: Coefficienti di combinazione .....	13
Tabella 7: Copriferro minimo .....	17

### 5.2 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 1: Schematizzazione dell'interfaccia .....	9
---	---

### 5.3 ELENCO APPENDICI

- APPENDICE 1 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO

### 5.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 5.4.1 Documenti in ingresso

- [1] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13018 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Relazione tecnica - Relazione geomeccanica generale
- [2] 02\_H61\_GD\_090\_GTB\_D0700\_21001 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali Parte 1 - Relazione geomeccanica di dettaglio
- [3] 02\_H61\_GD\_090\_GLS\_D0700\_21011 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali Parte 1 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione Finestra di Muls e opere annesse
- [4] OP-EI.01.01 - Galleria di Base del Brennero-Progetto Esecutivo - Cunicolo Esplorativo Periadriatica ed Opere Propedeutiche ambito Muls - Relazione descrittiva generale-Rev 01, (Becchiega, 06/12/2010, Marini, 10/12/2010, Lombardi, 15/12/2010)
- [5] 02\_H61\_EG\_995\_KTB\_D0700\_15003 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Sicurezza nei riguardi di esposizione al fuoco

#### 5.4.2 Normen und Richtlinien

- [6] Technische Konstruktionsnormen 2008 – NTC 2008;
- [7] Leitfaden N.617, Vorgehensweise zur Anwendung der "Neue technische Konstruktionsnormen", laut MD 14.Januar 2008
- [8] DM 28/10/2005 Sicherheit für Bahntunnel
- [9] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 – Grundlage für Konstruktion und Dokumentation zur nationalen Umsetzung ;
- [10] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011
- [11] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Planung von für Stahlbetonbauwerke und Dokumente zur nationalen Umsetzung;
- [12] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Geotechnik und Dokumente zur nationalen Umsetzung
- [13] UNI EN 1992-1-2:2005 „Planung von Stahlbetonbauwerke Teil 1-2: Allgemeinregelung – Brandschutz Strukturplanung“
- [14] UNI 11076: 2003 "Testmodalitäten zur Bewertung des Benehmens der an den Decken von Untertagebauten angebrachten Schutzmaßnahmen in Brandfall"
- [15] D.M. 16.02.2007 "Feuerwiderstandsklassifizierung von Erzeugnisse und Bauelemente für Bauwerke"

#### 5.4.3 Literatur

- [16] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.
- [17] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method", Eurock '96, pagg. 855-860.
- [18] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [19] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [20] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [21] UNWEDGE-rocsience, Underground Wedge Stability Analysis Manual

#### 5.4.2 Normativa

- [6] Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 – NTC 2008;
- [7] Circolare n.617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008
- [8] DM 28/10/2005, Sicurezza nelle gallerie ferroviarie.
- [9] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 – Basi per la progettazione strutturale e documento di applicazione nazionale3
- [10] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011
- [11] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo e documento di applicazione nazionale
- [12] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica e documento di applicazione nazionale
- [13] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
- [14] 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".
- [15] D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione"

#### 5.4.3 Letteratura

- [16] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.
- [17] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method", Eurock '96, pagg. 855-860.
- [18] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [19] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [20] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [21] UNWEDGE-rocsience, Underground Wedge Stability Analysis Manual

- [22] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [23] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and underground space technology 16, (247-293)
- [24] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993
- [25] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990

- [22] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [23] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and underground space technology 16, (247-293)
- [24] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993
- [25] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990

## ANHANG 1 - FEM-ANALYSE DER INNENSCHALE

Anhang 1 beinhaltet die graphischen Darstellungen der wichtigsten In- und Outputs der Innenschalenanalyse, die mit dem Programm SAP2000 durchgeführt wurden.

## APPENDICE 1 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO

L'appendice 1 contiene le rappresentazioni grafiche dei principali input e output dell'analisi del rivestimento definitivo condotte con il programma SAP2000.

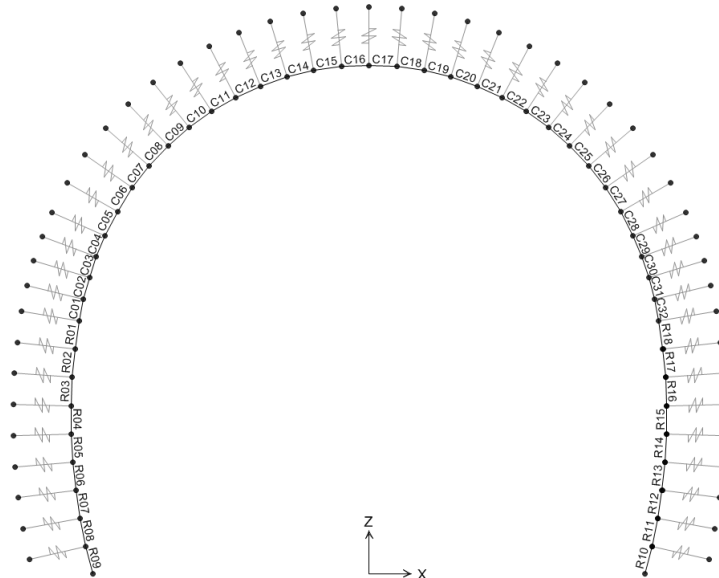


Abbildung 1: Modell M-Ea-T

SectionName	Material	Shape	t3
Text	Text	Text	m
C01	C30/37	Rectangular	0.41
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	0.35
C18	C30/37	Rectangular	0.35
C19	C30/37	Rectangular	0.35
C20	C30/37	Rectangular	0.35
C21	C30/37	Rectangular	0.35
C22	C30/37	Rectangular	0.35
C23	C30/37	Rectangular	0.35
C24	C30/37	Rectangular	0.35
C25	C30/37	Rectangular	0.35
C26	C30/37	Rectangular	0.35
C27	C30/37	Rectangular	0.35
C28	C30/37	Rectangular	0.35
C29	C30/37	Rectangular	0.35
C30	C30/37	Rectangular	0.35
C31	C30/37	Rectangular	0.36
C32	C30/37	Rectangular	0.37

Abbildung 2: Stärke der Ausbruchquerschnitte

Illustrazione 1: Modello M-Ea-T

SectionName	Material	Shape	t3
Text	Text	Text	m
R01	C30/37	Rectangular	0.41
R02	C30/37	Rectangular	0.42
R03	C30/37	Rectangular	0.44
R04	C30/37	Rectangular	0.45
R05	C30/37	Rectangular	0.46
R06	C30/37	Rectangular	0.48
R07	C30/37	Rectangular	0.53
R08	C30/37	Rectangular	0.40
R09	C30/37	Rectangular	0.35
R10	C30/37	Rectangular	0.35
R11	C30/37	Rectangular	0.40
R12	C30/37	Rectangular	0.53
R13	C30/37	Rectangular	0.48
R14	C30/37	Rectangular	0.46
R15	C30/37	Rectangular	0.45
R16	C30/37	Rectangular	0.44
R17	C30/37	Rectangular	0.42
R18	C30/37	Rectangular	0.41
S40	C30/37	Rectangular	0.40

Illustrazione 2: Spessore delle sezioni

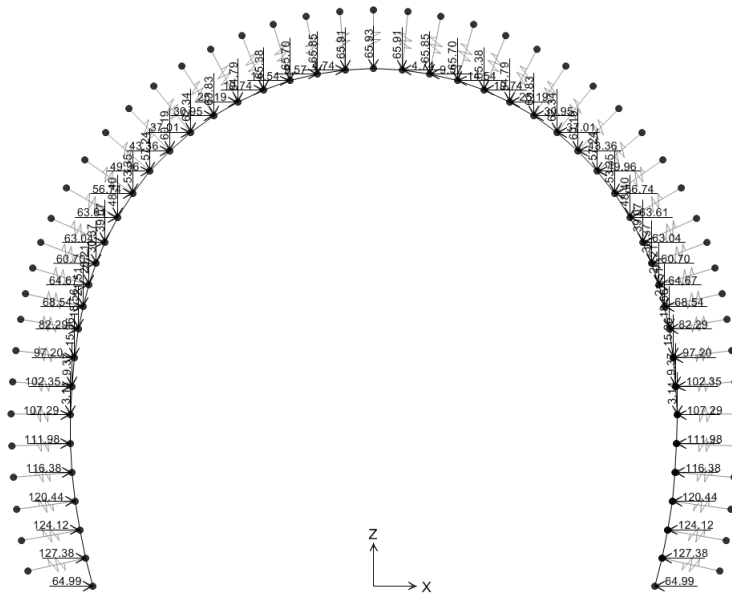


Abbildung 3: Gebirgslast (G5)

Illustrazione 3: Carico della roccia G5

In Folge wird der Belastungsverlauf im Ausbruchquerschnitt bei der gravierendste Kombination GZT06 aufgezeigt

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

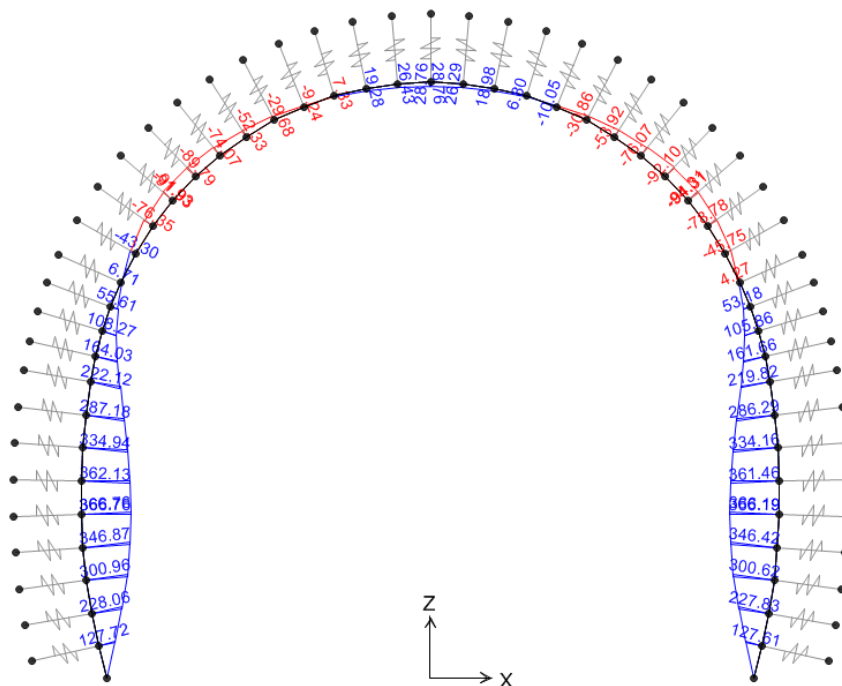


Abbildung 4: GZT06 - Biegemoment

Illustrazione 4: SLU06 - Momento flettente



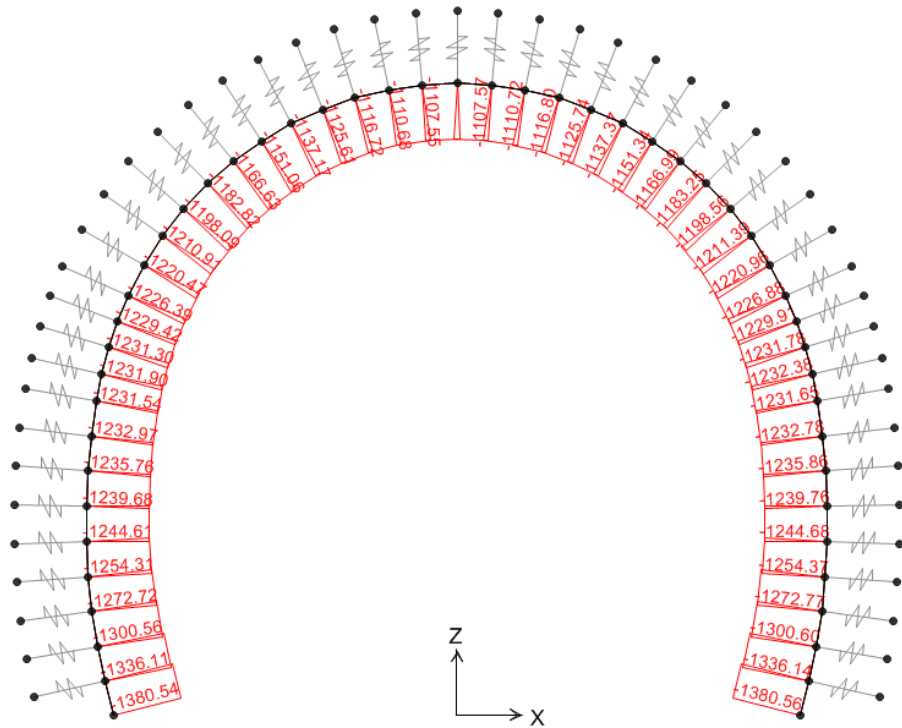


Illustrazione 6: SLU06 - Azione assiale

Abbildung 5: GZT06 - Axialwirkung

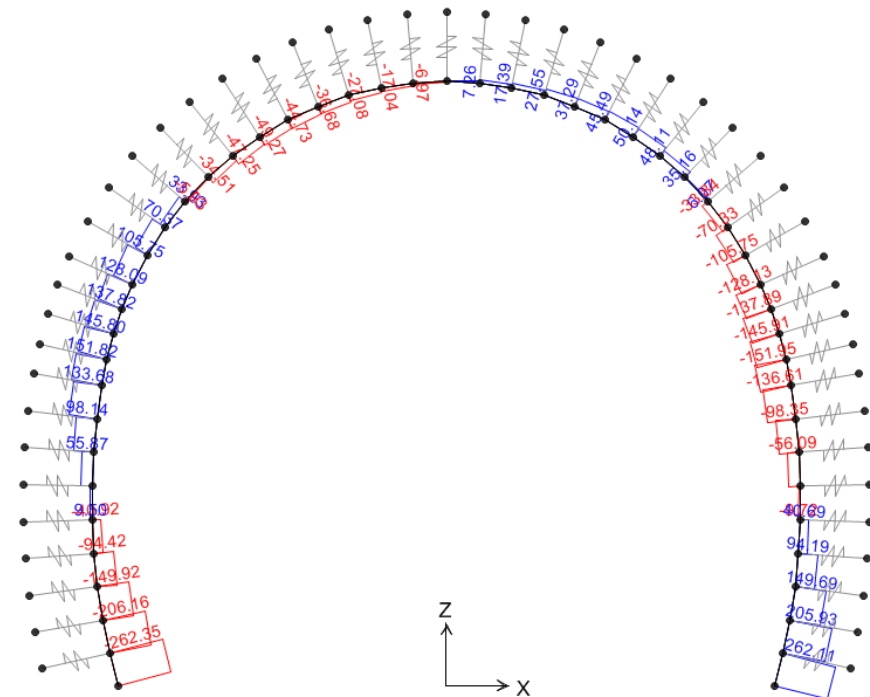
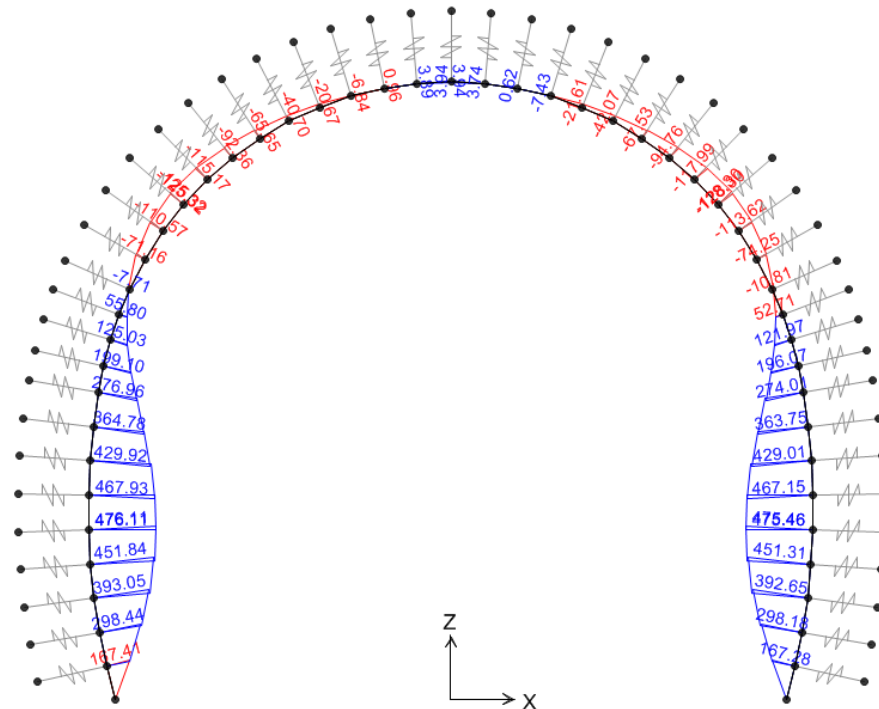


Illustrazione 7: SLU06 - Taglio

Abbildung 5: GZT06 - Schub



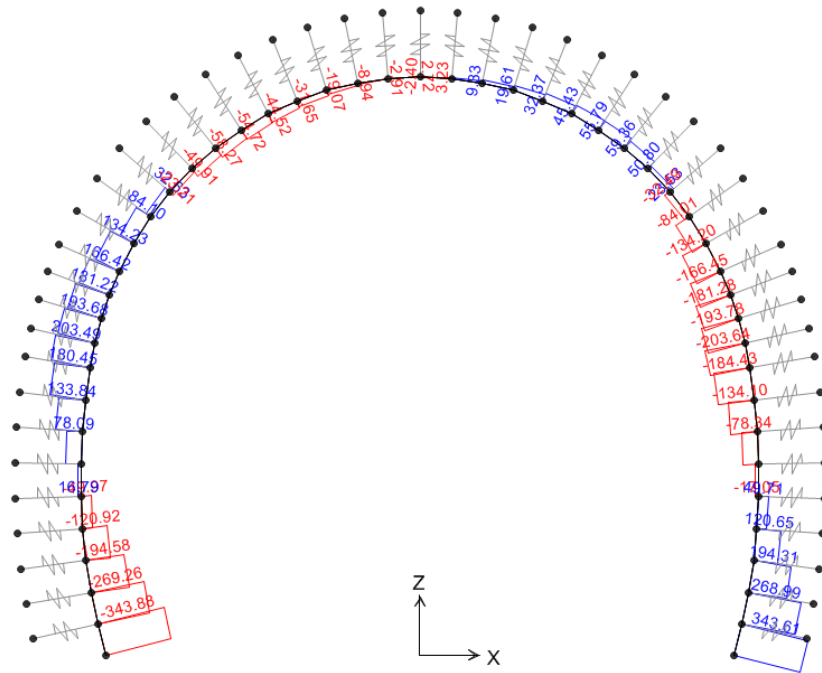


Abbildung 8: GZT06 - Schub nach Anwendung des Pöttler

Illustrazione 10: SLU06 - Taglio dopo l'applicazione del Pöttler

TABLE: Element Forces - Frames											Positive le trazioni			VERIFICHE SLE	
Frame	OutputCase	StepType	P	V3	V2	T	M3	M2	h	σ <sub>1</sub>	σ <sub>2</sub>	σ <sub>min</sub>   < f <sub>tk</sub>	σ <sub>max</sub> < f <sub>tk</sub>		
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-n	KN-m	KN-n	[m]	[MPa]	[MPa]	[-]	[-]		
C03	SLE01	Max	-250.28	0.00	-1.51	0.00	-14.12	0.00	0.35	-0.032	-1.379	OK	OK		
C04	SLE01	Max	-247.05	0.00	-0.42	0.00	-13.75	0.00	0.35	-0.041	-1.352	OK	OK		
C04	SLE01	Max	-247.08	0.00	1.18	0.00	-13.75	0.00	0.35	-0.033	-1.379	OK	OK		
C04	SLE01	Max	-243.97	0.00	2.45	0.00	-14.44	0.00	0.35	0.010	-1.404	OK	OK		
C05	SLE01	Max	-244.25	0.00	0.94	0.00	-14.44	0.00	0.35	0.009	-1.405	OK	OK		
C05	SLE01	Max	-240.53	0.00	2.84	0.00	-15.34	0.00	0.35	0.064	-1.439	OK	OK		
C06	SLE01	Max	-240.59	0.00	-1.57	0.00	-15.34	0.00	0.35	0.064	-1.439	OK	OK		
C06	SLE01	Max	-237.07	0.00	0.67	0.00	-15.13	0.00	0.35	0.064	-1.418	OK	OK		
C07	SLE01	Max	-236.96	0.00	-3.02	0.00	-15.13	0.00	0.35	0.064	-1.418	OK	OK		
C07	SLE01	Max	-233.66	0.00	-0.45	0.00	-14.30	0.00	0.35	0.033	-1.368	OK	OK		
C08	SLE01	Max	-233.46	0.00	-3.70	0.00	-14.30	0.00	0.35	0.033	-1.368	OK	OK		
C08	SLE01	Max	-230.43	0.00	-0.83	0.00	-13.22	0.00	0.35	-0.011	-1.306	OK	OK		
C09	SLE01	Max	-230.20	0.00	-3.88	0.00	-13.22	0.00	0.35	-0.010	-1.305	OK	OK		
C09	SLE01	Max	-227.46	0.00	-0.73	0.00	-12.12	0.00	0.35	-0.056	-1.244	OK	OK		
C10	SLE01	Max	-227.24	0.00	-3.75	0.00	-12.12	0.00	0.35	-0.056	-1.243	OK	OK		
C10	SLE01	Max	-224.81	0.00	-0.36	0.00	-11.14	0.00	0.35	-0.097	-1.188	OK	OK		
C11	SLE01	Max	-224.63	0.00	-3.48	0.00	-11.14	0.00	0.35	-0.096	-1.187	OK	OK		
C11	SLE01	Max	-222.53	0.00	0.13	0.00	-10.34	0.00	0.35	-0.129	-1.142	OK	OK		
C12	SLE01	Max	-222.39	0.00	-3.16	0.00	-10.34	0.00	0.35	-0.129	-1.142	OK	OK		
C12	SLE01	Max	-220.64	0.00	0.63	0.00	-9.74	0.00	0.35	-0.154	-1.107	OK	OK		
C13	SLE01	Max	-220.54	0.00	-2.87	0.00	-9.74	0.00	0.35	-0.153	-1.107	OK	OK		
C13	SLE01	Max	-219.16	0.00	1.08	0.00	-9.31	0.00	0.35	-0.170	-1.082	OK	OK		
C14	SLE01	Max	-219.09	0.00	-2.60	0.00	-9.31	0.00	0.35	-0.170	-1.082	OK	OK		
C14	SLE01	Max	-218.10	0.00	1.45	0.00	-9.04	0.00	0.35	-0.181	-1.066	OK	OK		
C15	SLE01	Max	-218.06	0.00	-2.38	0.00	-9.04	0.00	0.35	-0.180	-1.066	OK	OK		
C15	SLE01	Max	-217.46	0.00	1.75	0.00	-8.88	0.00	0.35	-0.186	-1.056	OK	OK		
C16	SLE01	Max	-217.44	0.00	-2.18	0.00	-8.88	0.00	0.35	-0.186	-1.056	OK	OK		
C16	SLE01	Max	-217.24	0.00	1.99	0.00	-8.84	0.00	0.35	-0.188	-1.054	OK	OK		
C17	SLE01	Max	-217.24	0.00	-1.98	0.00	-8.84	0.00	0.35	-0.188	-1.054	OK	OK		
C17	SLE01	Max	-217.44	0.00	2.19	0.00	-8.89	0.00	0.35	-0.186	-1.057	OK	OK		
C18	SLE01	Max	-217.46	0.00	-1.74	0.00	-8.89	0.00	0.35	-0.186	-1.057	OK	OK		
C18	SLE01	Max	-218.06	0.00	2.39	0.00	-9.05	0.00	0.35	-0.180	-1.066	OK	OK		
C19	SLE01	Max	-218.11	0.00	-1.44	0.00	-9.05	0.00	0.35	-0.180	-1.066	OK	OK		
C19	SLE01	Max	-219.09	0.00	2.61	0.00	-9.33	0.00	0.35	-0.169	-1.083	OK	OK		
C20	SLE01	Max	-219.17	0.00	-1.07	0.00	-9.33	0.00	0.35	-0.169	-1.083	OK	OK		
C20	SLE01	Max	-220.54	0.00	2.87	0.00	-9.76	0.00	0.35	-0.152	-1.108	OK	OK		
C21	SLE01	Max	-220.65	0.00	-0.63	0.00	-9.76	0.00	0.35	-0.153	-1.108	OK	OK		
C21	SLE01	Max	-222.39	0.00	3.16	0.00	-10.36	0.00	0.35	-0.128	-1.143	OK	OK		
C22	SLE01	Max	-222.53	0.00	-0.15	0.00	-10.36	0.00	0.35	-0.128	-1.143	OK	OK		
C22	SLE01	Max	-224.63	0.00	3.46	0.00	-11.15	0.00	0.35	-0.096	-1.188	OK	OK		
C23	SLE01	Max	-224.81	0.00	0.33	0.00	-11.15	0.00	0.35	-0.096	-1.188	OK	OK		
C23	SLE01	Max	-227.24	0.00	3.72	0.00	-12.12	0.00	0.35	-0.056	-1.243	OK	OK		
C24	SLE01	Max	-227.46	0.00	0.68	0.00	-12.12	0.00	0.35	-0.056	-1.243	OK	OK		
C24	SLE01	Max	-230.20	0.00	3.82	0.00	-13.19	0.00	0.35	-0.012	-1.304	OK	OK		
C25	SLE01	Max	-230.42	0.00	0.75	0.00	-13.19	0.00	0.35	-0.012	-1.304	OK	OK		
C25	SLE01	Max	-233.45	0.00	3.62	0.00	-14.23	0.00	0.35	0.030	-1.364	OK	OK		
C26	SLE01	Max	-233.64	0.00	0.35	0.00	-14.23	0.00	0.35	0.030	-1.365	OK	OK		
C26	SLE01	Max	-236.94	0.00	2.91	0.00	-15.01	0.00	0.35	0.058	-1.412	OK	OK		
C27	SLE01	Max	-237.04	0.00	-0.80	0.00	-15.01	0.00	0.35	0.058	-1.413	OK	OK		
C27	SLE01	Max	-240.56	0.00	1.44	0.00	-15.16	0.00	0.35	0.055	-1.430	OK	OK		
C28	SLE01	Max	-240.49	0.00	-2.98	0.00	-15.16	0.00	0.35	0.056	-1.430	OK	OK		
C28	SLE01	Max	-244.21	0.00	-1.09	0.00	-14.19	0.00	0.35	-0.003	-1.393	OK	OK		
C29	SLE01	Max	-243.92	0.00	-2.60	0.00	-14.19	0.00	0.35	-0.002	-1.392	OK	OK		
C29	SLE01	Max	-247.02	0.00	-1.32	0.00	-13.44	0.00	0.35	-0.048	-1.364	OK	OK		
C30	SLE01	Max	-246.99	0.00	0.30	0.00	-13.44	0.00	0.35	-0.055	-1.337	OK	OK		
C30	SLE01	Max	-250.21	0.00	1.39	0.00	-13.76	0.00	0.35	-0.049	-1.362	OK	OK		
C03	SLE02	Max	-60.33	0.00	0.83	0.00	-5.72	0.00	0.35	0.103	-0.443	OK	OK		
C03	SLE02	Max	-57.11	0.00	1.92	0.00	-6.25	0.00	0.35	0.137	-0.459	OK	OK		
C04	SLE02	Max	-57.12	0.00	-1.73	0.00	-6.25	0.00	0.35	0.143	-0.469	OK	OK		
C04	SLE02	Max	-54.02	0.00	-0.45	0.00	-5.83	0.00	0.35	0.131	-0.440	OK	OK		
C05	SLE02	Max	-53.81	0.00	-4.75	0.00	-5.83	0.00	0.35	0.132	-0.439	OK	OK		
C05	SLE02	Max	-50.09	0.00	-2.86	0.00	-4.02	0.00	0.35	0.054	-0.340	OK	OK		
C06	SLE02	Max	-49.58	0.00	-7.63	0.00	-4.02	0.00	0.35	0.055	-0.338	OK	OK		
C06	SLE02	Max	-46.06	0.00	-5.39	0.00	-0.91	0.00	0.35	-0.087	-0.176	OK	OK		
C07	SLE02	Max	-45.34	0.00	-9.76	0.00	-0.91	0.00	0.35	-0.085	-0.174	OK	OK		
C07	SLE02	Max	-42.04	0.00	-7.20	0.00	3.14	0.00	0.35	-0.274	0.033	OK	OK		
C08	SLE02	Max	-41.16	0.00	-11.18	0.00	3.14	0.00	0.35	-0.271	0.036	OK	OK		
C08	SLE02	Max	-38.13	0.00	-8.31	0.00	7.79	0.00	0.35	-0.490	0.272	OK	OK		
C09	SLE02	Max	-37.16	0.00	-11.91	0.00	7.79	0.00	0.35	-0.488	0.275	OK	OK		
C09	SLE02	Max	-34.42	0.00	-8.77	0.00	12.72	0.00	0.35	-0.721	0.525	OK	OK		
C10	SLE02	Max	-33.42	0.00	-12.01	0.00	12.72	0.00	0.35	-0.719	0.528	OK	OK		
C10	SLE02	Max	-30.99	0.00	-8.62	0.00	17.64	0.00	0.35	-0.953	0.776	OK	OK		
C11	SLE02	Max	-30.02	0.00	-11.54	0.00	17.64	0.00	0.35	-0.950	0.778	OK	OK		
C11	SLE02	Max	-27.93	0.00	-7.93	0.00	22.29	0.00	0.35	-1.172	1.012	OK	OK		
C12	SLE02	Max	-27.04	0.00	-10.56	0.00	22.29	0.00	0.35	-1.169	1.014	OK	OK		
C12	SLE02	Max	-25.30	0.00	-6.77	0.00	26.42	0.00	0.35	-1.367	1.222	OK	OK		
C13	SLE02	Max	-24.54	0.00	-9.15	0.00	26.42	0.00	0.35	-1.364	1.224	OK	OK		
C13	SLE02	Max	-23.16	0.00	-5.21	0.00	29.85	0.00	0.35	-1.528	1.396	OK	OK		
C14	SLE02	Max	-22.56	0.00	-7.40	0.00	29.85	0.00	0.35	-1.527	1.398	OK	OK		
C14	SLE02	Max	-21.57	0.00	-3.34	0.00	32.41	0.00	0.35	-1.649	1.526	OK	OK		
C15	SLE02	Max	-21.15	0.00	-5.38	0.00	32.41	0.00	0.35	-1.648	1.527	OK	OK		
C15	SLE02	Max	-20.56	0.00	-1.25	0.00	34.00	0.00	0.35	-1.724	1.606	OK	OK		
C16	SLE02	Max	-20.34	0.00	-3.21	0.00	34.00	0.00	0.35	-1.723	1.607	OK	OK		
C16	SLE02	Max	-20.14	0.00	0.96	0.00	34.53	0.00	0.35	-1.749	1.634	OK	OK		
C17	SLE02	Max	-20.14	0.00	-0.97	0.00	34.53	0.00	0.35	-1.749	1.634	OK	OK		
C17	SLE02	Max	-20.34	0.00	3.20	0.00	34.00	0.00	0.35	-1.723	1.607	OK	OK		
C18	SLE02	Max	-20.56	0.00	1.25	0.00	34.00	0.00	0.35	-1.724	1.606	OK	OK		
C18	SLE02	Max	-21.15	0.00	5.38	0.00	32.42	0.00	0.35	-1.648	1.527	OK	OK		
C19	SLE02	Max	-21.57	0.00	3.33	0.00	32.42	0.00	0.35	-1.649	1.526	OK	OK		
C19	SLE02	Max	-22.56	0.00	7.39	0.00	29.86	0.00	0.35	-1.527	1.398	OK	OK		
C20	SLE02	Max	-23.16	0.00	5.20	0.00	29.86	0.00	0.35	-1.529	1.396	OK	OK		
C20	SLE02	Max	-24.54	0.00	9.15	0.00	26.43	0.00	0.35	-1.365	1.225	OK	OK		
C21	SLE02	Max	-25.30	0.00	6.76	0.00	26.43	0.00	0.35	-1.367	1.222	OK	OK		
C21	SLE02	Max	-27.04	0.00	10.56	0.00	22.30	0.00	0.35	-1.170	1.015	OK	OK		
C22	SLE02	Max	-27.92	0.00	7.92	0.00	22.30	0.00	0.35	-1.172	1.013	OK	OK		
C22	SLE02	Max	-30.02	0.00	11.54	0.00	17.66	0.00	0.35	-0.951	0.779	OK	OK		
C23	SLE02	Max	-30.99	0.00	8.62	0.00	17.66	0.00	0.35	-0.953	0.776	OK	OK		
C23	SLE02	Max	-33.42	0.00	12.01	0.00	1								

TABLE: Element Forces - Frames										Positive le trazioni			VERIFICHE SLE	
Frame	OutputCase	StepType	P	V3	V2	T	M3	M2		h	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$ \sigma_{min}  < f_{tk}$	$\sigma_{max} < f_{ctk}$
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m		[m]	[MPa]	[MPa]	[-]	[-]
C03	SLE03	Max	-250.28	0.00	-1.51	0.00	-14.12	0.00		0.35	-0.032	-1.379	OK	OK
C03	SLE03	Max	-247.05	0.00	-0.42	0.00	-13.75	0.00		0.35	-0.041	-1.352	OK	OK
C04	SLE03	Max	-247.08	0.00	1.18	0.00	-13.75	0.00		0.35	-0.033	-1.379	OK	OK
C04	SLE03	Max	-243.97	0.00	2.45	0.00	-14.44	0.00		0.35	0.010	-1.404	OK	OK
C05	SLE03	Max	-244.25	0.00	0.94	0.00	-14.44	0.00		0.35	0.009	-1.405	OK	OK
C05	SLE03	Max	-240.53	0.00	2.84	0.00	-15.34	0.00		0.35	0.064	-1.439	OK	OK
C06	SLE03	Max	-240.59	0.00	-1.57	0.00	-15.34	0.00		0.35	0.064	-1.439	OK	OK
C06	SLE03	Max	-237.07	0.00	0.67	0.00	-15.13	0.00		0.35	0.064	-1.418	OK	OK
C07	SLE03	Max	-236.96	0.00	-3.02	0.00	-15.13	0.00		0.35	0.064	-1.418	OK	OK
C07	SLE03	Max	-233.66	0.00	-0.45	0.00	-14.30	0.00		0.35	0.033	-1.368	OK	OK
C08	SLE03	Max	-233.46	0.00	-3.70	0.00	-14.30	0.00		0.35	0.033	-1.368	OK	OK
C08	SLE03	Max	-230.43	0.00	-0.83	0.00	-13.22	0.00		0.35	-0.011	-1.306	OK	OK
C09	SLE03	Max	-230.20	0.00	-3.88	0.00	-13.22	0.00		0.35	-0.010	-1.305	OK	OK
C09	SLE03	Max	-227.46	0.00	-0.73	0.00	-12.12	0.00		0.35	-0.056	-1.244	OK	OK
C10	SLE03	Max	-227.24	0.00	-3.75	0.00	-12.12	0.00		0.35	-0.056	-1.243	OK	OK
C10	SLE03	Max	-224.81	0.00	-0.36	0.00	-11.14	0.00		0.35	-0.097	-1.188	OK	OK
C11	SLE03	Max	-224.63	0.00	-3.48	0.00	-11.14	0.00		0.35	-0.096	-1.187	OK	OK
C11	SLE03	Max	-222.53	0.00	0.13	0.00	-10.34	0.00		0.35	-0.129	-1.142	OK	OK
C12	SLE03	Max	-222.39	0.00	-3.16	0.00	-10.34	0.00		0.35	-0.129	-1.142	OK	OK
C12	SLE03	Max	-220.64	0.00	0.63	0.00	-9.74	0.00		0.35	-0.154	-1.107	OK	OK
C13	SLE03	Max	-220.54	0.00	-2.87	0.00	-9.74	0.00		0.35	-0.153	-1.107	OK	OK
C13	SLE03	Max	-219.16	0.00	1.08	0.00	-9.31	0.00		0.35	-0.170	-1.082	OK	OK
C14	SLE03	Max	-219.09	0.00	-2.60	0.00	-9.31	0.00		0.35	-0.170	-1.082	OK	OK
C14	SLE03	Max	-218.10	0.00	1.45	0.00	-9.04	0.00		0.35	-0.181	-1.066	OK	OK
C15	SLE03	Max	-218.06	0.00	-2.38	0.00	-9.04	0.00		0.35	-0.180	-1.066	OK	OK
C15	SLE03	Max	-217.46	0.00	1.75	0.00	-8.88	0.00		0.35	-0.186	-1.056	OK	OK
C16	SLE03	Max	-217.44	0.00	-2.18	0.00	-8.88	0.00		0.35	-0.186	-1.056	OK	OK
C16	SLE03	Max	-217.24	0.00	1.99	0.00	-8.84	0.00		0.35	-0.188	-1.054	OK	OK
C17	SLE03	Max	-217.24	0.00	-1.98	0.00	-8.84	0.00		0.35	-0.188	-1.054	OK	OK
C17	SLE03	Max	-217.44	0.00	2.19	0.00	-8.89	0.00		0.35	-0.186	-1.057	OK	OK
C18	SLE03	Max	-217.46	0.00	-1.74	0.00	-8.89	0.00		0.35	-0.186	-1.057	OK	OK
C18	SLE03	Max	-218.06	0.00	2.39	0.00	-9.05	0.00		0.35	-0.180	-1.066	OK	OK
C19	SLE03	Max	-218.11	0.00	-1.44	0.00	-9.05	0.00		0.35	-0.180	-1.066	OK	OK
C19	SLE03	Max	-219.09	0.00	2.61	0.00	-9.33	0.00		0.35	-0.169	-1.083	OK	OK
C20	SLE03	Max	-219.17	0.00	-1.07	0.00	-9.33	0.00		0.35	-0.169	-1.083	OK	OK
C20	SLE03	Max	-220.54	0.00	2.87	0.00	-9.76	0.00		0.35	-0.152	-1.108	OK	OK
C21	SLE03	Max	-220.65	0.00	-0.63	0.00	-9.76	0.00		0.35	-0.153	-1.108	OK	OK
C21	SLE03	Max	-222.39	0.00	3.16	0.00	-10.36	0.00		0.35	-0.128	-1.143	OK	OK
C22	SLE03	Max	-222.53	0.00	-0.15	0.00	-10.36	0.00		0.35	-0.128	-1.143	OK	OK
C22	SLE03	Max	-224.63	0.00	3.46	0.00	-11.15	0.00		0.35	-0.096	-1.188	OK	OK
C23	SLE03	Max	-224.81	0.00	0.33	0.00	-11.15	0.00		0.35	-0.096	-1.188	OK	OK
C23	SLE03	Max	-227.24	0.00	3.72	0.00	-12.12	0.00		0.35	-0.056	-1.243	OK	OK
C24	SLE03	Max	-227.46	0.00	0.68	0.00	-12.12	0.00		0.35	-0.056	-1.243	OK	OK
C24	SLE03	Max	-230.20	0.00	3.82	0.00	-13.19	0.00		0.35	-0.012	-1.304	OK	OK
C25	SLE03	Max	-230.42	0.00	0.75	0.00	-13.19	0.00		0.35	-0.012	-1.304	OK	OK
C25	SLE03	Max	-233.45	0.00	3.62	0.00	-14.23	0.00		0.35	0.030	-1.364	OK	OK
C26	SLE03	Max	-233.64	0.00	0.35	0.00	-14.23	0.00		0.35	0.030	-1.365	OK	OK
C26	SLE03	Max	-236.94	0.00	2.91	0.00	-15.01	0.00		0.35	0.058	-1.412	OK	OK
C27	SLE03	Max	-237.04	0.00	-0.80	0.00	-15.01	0.00		0.35	0.058	-1.413	OK	OK
C27	SLE03	Max	-240.56	0.00	1.44	0.00	-15.16	0.00		0.35	0.055	-1.430	OK	OK
C28	SLE03	Max	-240.49	0.00	-2.98	0.00	-15.16	0.00		0.35	0.056	-1.430	OK	OK
C28	SLE03	Max	-244.21	0.00	-1.09	0.00	-14.19	0.00		0.35	-0.003	-1.393	OK	OK
C29	SLE03	Max	-243.92	0.00	-2.60	0.00	-14.19	0.00		0.35	-0.002	-1.392	OK	OK
C29	SLE03	Max	-247.02	0.00	-1.32	0.00	-13.44	0.00		0.35	-0.048	-1.364	OK	OK
C30	SLE03	Max	-246.99	0.00	0.30	0.00	-13.44	0.00		0.35	-0.055	-1.337	OK	OK
C30	SLE03	Max	-250.21	0.00	1.39	0.00	-13.76	0.00		0.35	-0.049	-1.362	OK	OK
C03	SLE04	Max	-60.33	0.00	0.83	0.00	-5.72	0.00		0.35	0.103	-0.443	OK	OK
C03	SLE04	Max	-57.11	0.00	1.92	0.00	-6.25	0.00		0.35	0.137	-0.459	OK	OK
C04	SLE04	Max	-57.12	0.00	-1.73	0.00	-6.25	0.00		0.35	0.143	-0.469	OK	OK
C04	SLE04	Max	-54.02	0.00	-0.45	0.00	-5.83	0.00		0.35	0.131	-0.440	OK	OK
C05	SLE04	Max	-53.81	0.00	-4.75	0.00	-5.83	0.00		0.35	0.132	-0.439	OK	OK
C05	SLE04	Max	-50.09	0.00	-2.86	0.00	-4.02	0.00		0.35	0.054	-0.340	OK	OK
C06	SLE04	Max	-49.58	0.00	-7.63	0.00	-4.02	0.00		0.35	0.055	-0.338	OK	OK
C06	SLE04	Max	-46.06	0.00	-5.39	0.00	-0.91	0.00		0.35	-0.087	-0.176	OK	OK
C07	SLE04	Max	-45.34	0.00	-9.76	0.00	-0.91	0.00		0.35	-0.085	-0.174	OK	OK
C07	SLE04	Max	-42.04	0.00	-7.20	0.00	3.14	0.00		0.35	-0.274	0.033	OK	OK
C08	SLE04	Max	-41.16	0.00	-11.18	0.00	3.14	0.00		0.35	-0.271	0.036	OK	OK
C08	SLE04	Max	-38.13	0.00	-8.31	0.00	7.79	0.00		0.35	-0.490	0.272	OK	OK
C09	SLE04	Max	-37.16	0.00	-11.91	0.00	7.79	0.00		0.35	-0.488	0.275	OK	OK
C09	SLE04	Max	-34.42	0.00	-8.77	0.00	12.72	0.00		0.35	-0.721	0.525	OK	OK
C10	SLE04	Max	-33.42	0.00	-12.01	0.00	12.72	0.00		0.35	-0.719	0.528	OK	OK
C10	SLE04	Max	-30.99	0.00	-8.62	0.00	17.64	0.00		0.35	-0.953	0.776	OK	OK
C11	SLE04	Max	-30.02	0.00	-11.54	0.00	17.64	0.00		0.35	-0.950	0.778	OK	OK
C11	SLE04	Max	-27.93	0.00	-7.93	0.00	22.29	0.00		0.35	-1.172	1.012	OK	OK
C12	SLE04	Max	-27.04	0.00	-10.56	0.00	22.29	0.00		0.35	-1.169	1.014	OK	OK
C12	SLE04	Max	-25.30	0.00	-6.77	0.00	26.42	0.00		0.35	-1.367	1.222	OK	OK
C13	SLE04	Max	-24.54	0.00	-9.15	0.00	26.42	0.00		0.35	-1.364	1.224	OK	OK
C13	SLE04	Max	-23.16	0.00	-5.21	0.00	29.85	0.00		0.35	-1.528	1.396	OK	OK
C14	SLE04	Max	-22.56	0.00	-7.40	0.00	29.85	0.00		0.35	-1.527	1.398	OK	OK
C14	SLE04	Max	-21.57	0.00	-3.34	0.00	32.41	0.00		0.35	-1.649	1.526	OK	OK
C15	SLE04	Max	-21.15	0.00	-5.38	0.00	32.41	0.00		0.35	-1.648	1.527	OK	OK
C15	SLE04	Max	-20.56	0.00	-1.25	0.00	34.00	0.00		0.35	-1.724	1.606	OK	OK
C16	SLE04	Max	-20.34	0.00	-3.21	0.00	34.00	0.00		0.35	-1.723	1.607	OK	OK
C16	SLE04	Max	-20.14	0.00	0.96	0.00	34.53	0.00		0.35	-1.749	1.634	OK	OK
C17	SLE04	Max	-20.14	0.00	-0.97	0.00	34.53	0.00		0.35	-1.749	1.634	OK	OK
C17	SLE04	Max	-20.34	0.00	3.20	0.00	34.00	0.00		0.35	-1.723	1.607	OK	OK
C18	SLE04	Max	-20.56	0.00	1.25	0.00	34.00	0.00		0.35	-1.724	1.606	OK	OK
C18	SLE04	Max	-21.15	0.00	5.38	0.00	32.42	0.00		0.35	-1.648	1.527	OK	OK
C19	SLE04	Max	-21.57	0.00	3.33	0.00	32.42	0.00		0.35	-1.649	1.526	OK	OK
C19	SLE04	Max	-22.56	0.00	7.39	0.00	29.86	0.00		0.35	-1.527	1.398	OK	OK
C20	SLE04	Max	-23.16	0.00	5.20	0.00	29.86	0.00		0.35	-1.529	1.396	OK	OK
C20	SLE04	Max	-24.54	0.00	9.15	0.00	26.43	0.00		0.35	-1.365	1.225	OK	OK
C21	SLE04	Max	-25.30	0.00	6.76	0.00	26.43	0.00		0.35	-1.367	1.222	OK	OK
C21	SLE04	Max	-27.04	0.00	10.56	0.00	22.30	0.00		0.35	-1.170	1.015	OK	OK
C22	SLE04	Max	-27.92	0.00	7.92	0								

TABLE: Element Forces - Frames											Positive le trazioni			VERIFICHE SLE	
Frame	OutputCase	StepType	P	V3	V2	T	M3	M2	h	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$ \sigma_{min}  < f_{ck}$	$\sigma_{max} < f_{ctk}$		
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	[m]	[MPa]	[MPa]	[ ]	[ ]		
C03	SLE05	Max	-1401.28	0.00	99.43	0.00	-0.69	0.00	0.35	-3.918	-3.983	OK	OK		
C03	SLE05	Max	-1398.06	0.00	100.52	0.00	-39.04	0.00	0.35	-2.080	-5.803	OK	OK		
C04	SLE05	Max	-1396.68	0.00	78.74	0.00	-39.04	0.00	0.35	-2.078	-5.903	OK	OK		
C04	SLE05	Max	-1393.57	0.00	80.02	0.00	-69.49	0.00	0.35	-0.578	-7.385	OK	OK		
C05	SLE05	Max	-1389.28	0.00	42.61	0.00	-69.49	0.00	0.35	-0.566	-7.373	OK	OK		
C05	SLE05	Max	-1385.56	0.00	44.50	0.00	-90.27	0.00	0.35	0.463	-8.380	OK	OK		
C06	SLE05	Max	-1377.25	0.00	1.66	0.00	-90.27	0.00	0.35	0.487	-8.357	OK	OK		
C06	SLE05	Max	-1373.72	0.00	3.90	0.00	-91.60	0.00	0.35	0.562	-8.412	OK	OK		
C07	SLE05	Max	-1361.92	0.00	-22.44	0.00	-91.60	0.00	0.35	0.595	-8.378	OK	OK		
C07	SLE05	Max	-1358.63	0.00	-19.88	0.00	-81.50	0.00	0.35	0.110	-7.874	OK	OK		
C08	SLE05	Max	-1345.19	0.00	-33.92	0.00	-81.50	0.00	0.35	0.149	-7.835	OK	OK		
C08	SLE05	Max	-1342.16	0.00	-31.05	0.00	-66.00	0.00	0.35	-0.602	-7.067	OK	OK		
C09	SLE05	Max	-1328.47	0.00	-36.77	0.00	-66.00	0.00	0.35	-0.563	-7.028	OK	OK		
C09	SLE05	Max	-1325.73	0.00	-33.63	0.00	-49.20	0.00	0.35	-1.378	-6.198	OK	OK		
C10	SLE05	Max	-1312.79	0.00	-34.35	0.00	-49.20	0.00	0.35	-1.341	-6.161	OK	OK		
C10	SLE05	Max	-1310.36	0.00	-30.96	0.00	-33.62	0.00	0.35	-2.097	-5.390	OK	OK		
C11	SLE05	Max	-1298.80	0.00	-29.23	0.00	-33.62	0.00	0.35	-2.064	-5.357	OK	OK		
C11	SLE05	Max	-1296.71	0.00	-25.62	0.00	-20.53	0.00	0.35	-2.699	-4.710	OK	OK		
C12	SLE05	Max	-1286.90	0.00	-23.19	0.00	-20.53	0.00	0.35	-2.671	-4.682	OK	OK		
C12	SLE05	Max	-1285.16	0.00	-19.40	0.00	-10.37	0.00	0.35	-3.164	-4.180	OK	OK		
C13	SLE05	Max	-1277.29	0.00	-17.33	0.00	-10.37	0.00	0.35	-3.142	-4.157	OK	OK		
C13	SLE05	Max	-1275.92	0.00	-13.39	0.00	-3.04	0.00	0.35	-3.497	-3.794	OK	OK		
C14	SLE05	Max	-1270.05	0.00	-12.16	0.00	-3.04	0.00	0.35	-3.480	-3.778	OK	OK		
C14	SLE05	Max	-1269.06	0.00	-8.10	0.00	1.79	0.00	0.35	-3.714	-3.538	OK	OK		
C15	SLE05	Max	-1265.16	0.00	-7.76	0.00	1.79	0.00	0.35	-3.703	-3.527	OK	OK		
C15	SLE05	Max	-1264.57	0.00	-3.62	0.00	4.51	0.00	0.35	-3.824	-3.392	OK	OK		
C16	SLE05	Max	-1262.63	0.00	-3.92	0.00	4.51	0.00	0.35	-3.828	-3.387	OK	OK		
C16	SLE05	Max	-1262.43	0.00	0.25	0.00	5.39	0.00	0.35	-3.871	-3.343	OK	OK		
C17	SLE05	Max	-1262.43	0.00	-0.28	0.00	5.39	0.00	0.35	-3.871	-3.343	OK	OK		
C17	SLE05	Max	-1262.63	0.00	3.89	0.00	4.53	0.00	0.35	-3.829	-3.386	OK	OK		
C18	SLE05	Max	-1264.56	0.00	3.61	0.00	4.53	0.00	0.35	-3.835	-3.391	OK	OK		
C18	SLE05	Max	-1265.16	0.00	7.74	0.00	1.82	0.00	0.35	-3.704	-3.526	OK	OK		
C19	SLE05	Max	-1269.05	0.00	8.12	0.00	1.82	0.00	0.35	-3.715	-3.537	OK	OK		
C19	SLE05	Max	-1270.04	0.00	12.18	0.00	-3.03	0.00	0.35	-3.480	-3.777	OK	OK		
C20	SLE05	Max	-1275.92	0.00	13.47	0.00	-3.03	0.00	0.35	-3.497	-3.794	OK	OK		
C20	SLE05	Max	-1277.30	0.00	17.41	0.00	-10.40	0.00	0.35	-3.140	-4.159	OK	OK		
C21	SLE05	Max	-1285.18	0.00	19.55	0.00	-10.40	0.00	0.35	-3.163	-4.181	OK	OK		
C21	SLE05	Max	-1286.92	0.00	23.35	0.00	-20.63	0.00	0.35	-2.666	-4.687	OK	OK		
C22	SLE05	Max	-1296.74	0.00	25.86	0.00	-20.63	0.00	0.35	-2.694	-4.716	OK	OK		
C22	SLE05	Max	-1298.83	0.00	29.47	0.00	-33.84	0.00	0.35	-2.054	-5.368	OK	OK		
C23	SLE05	Max	-1310.42	0.00	31.30	0.00	-33.84	0.00	0.35	-2.087	-5.401	OK	OK		
C23	SLE05	Max	-1312.85	0.00	34.70	0.00	-49.58	0.00	0.35	-1.322	-6.180	OK	OK		
C24	SLE05	Max	-1325.83	0.00	34.07	0.00	-49.58	0.00	0.35	-1.359	-6.217	OK	OK		
C24	SLE05	Max	-1328.57	0.00	37.21	0.00	-66.59	0.00	0.35	-0.534	-7.058	OK	OK		
C25	SLE05	Max	-1342.30	0.00	31.56	0.00	-66.59	0.00	0.35	-0.573	-7.097	OK	OK		
C25	SLE05	Max	-1345.33	0.00	34.43	0.00	-82.34	0.00	0.35	0.189	-7.877	OK	OK		
C26	SLE05	Max	-1358.82	0.00	20.39	0.00	-82.34	0.00	0.35	0.151	-7.915	OK	OK		
C26	SLE05	Max	-1362.12	0.00	22.96	0.00	-92.68	0.00	0.35	0.648	-8.431	OK	OK		
C27	SLE05	Max	-1373.96	0.00	-3.49	0.00	-92.68	0.00	0.35	0.614	-8.465	OK	OK		
C27	SLE05	Max	-1377.49	0.00	-1.25	0.00	-91.55	0.00	0.35	0.548	-8.420	OK	OK		
C28	SLE05	Max	-1385.82	0.00	-44.36	0.00	-91.55	0.00	0.35	0.525	-8.444	OK	OK		
C28	SLE05	Max	-1389.54	0.00	-42.47	0.00	-70.83	0.00	0.35	-0.501	-7.439	OK	OK		
C29	SLE05	Max	-1393.84	0.00	-79.90	0.00	-70.83	0.00	0.35	-0.513	-7.452	OK	OK		
C29	SLE05	Max	-1396.95	0.00	-78.62	0.00	-40.43	0.00	0.35	-2.011	-5.971	OK	OK		
C30	SLE05	Max	-1398.34	0.00	-100.42	0.00	-40.43	0.00	0.35	-2.014	-5.870	OK	OK		
C30	SLE05	Max	-1401.56	0.00	-99.33	0.00	-2.11	0.00	0.35	-3.851	-4.052	OK	OK		
C03	SLE06	Max	-1231.30	0.00	136.73	0.00	108.27	0.00	0.35	-8.635	1.692	OK	OK		
C03	SLE06	Max	-1228.08	0.00	137.82	0.00	55.61	0.00	0.35	-6.114	-0.810	OK	OK		
C04	SLE06	Max	-1229.42	0.00	126.81	0.00	55.61	0.00	0.35	-6.236	-0.789	OK	OK		
C04	SLE06	Max	-1226.32	0.00	128.09	0.00	6.71	0.00	0.35	-3.833	-3.175	OK	OK		
C05	SLE06	Max	-1226.39	0.00	103.86	0.00	6.71	0.00	0.35	-3.833	-3.175	OK	OK		
C05	SLE06	Max	-1222.67	0.00	105.75	0.00	-43.30	0.00	0.35	-1.372	-5.614	OK	OK		
C06	SLE06	Max	-1220.47	0.00	68.13	0.00	-43.30	0.00	0.35	-1.366	-5.608	OK	OK		
C06	SLE06	Max	-1216.95	0.00	70.37	0.00	-76.35	0.00	0.35	0.263	-7.217	OK	OK		
C07	SLE06	Max	-1210.91	0.00	31.37	0.00	-76.35	0.00	0.35	0.280	-7.199	OK	OK		
C07	SLE06	Max	-1207.61	0.00	33.93	0.00	-91.93	0.00	0.35	1.053	-7.953	OK	OK		
C08	SLE06	Max	-1198.09	0.00	-5.93	0.00	-91.93	0.00	0.35	1.080	-7.926	OK	OK		
C08	SLE06	Max	-1195.05	0.00	-3.05	0.00	-89.79	0.00	0.35	0.983	-7.812	OK	OK		
C09	SLE06	Max	-1182.82	0.00	-34.51	0.00	-89.79	0.00	0.35	1.018	-7.777	OK	OK		
C09	SLE06	Max	-1180.07	0.00	-31.37	0.00	-74.07	0.00	0.35	0.256	-7.000	OK	OK		
C10	SLE06	Max	-1166.63	0.00	-47.25	0.00	-74.07	0.00	0.35	0.295	-6.961	OK	OK		
C10	SLE06	Max	-1164.19	0.00	-43.86	0.00	-52.33	0.00	0.35	-0.763	-5.889	OK	OK		
C11	SLE06	Max	-1151.06	0.00	-49.27	0.00	-52.33	0.00	0.35	-0.726	-5.852	OK	OK		
C11	SLE06	Max	-1148.97	0.00	-45.66	0.00	-29.68	0.00	0.35	-1.829	-4.736	OK	OK		
C12	SLE06	Max	-1137.17	0.00	-44.73	0.00	-29.68	0.00	0.35	-1.795	-4.703	OK	OK		
C12	SLE06	Max	-1135.43	0.00	-40.94	0.00	-9.24	0.00	0.35	-2.792	-3.696	OK	OK		
C13	SLE06	Max	-1125.61	0.00	-36.68	0.00	-9.24	0.00	0.35	-2.764	-3.668	OK	OK		
C13	SLE06	Max	-1124.23	0.00	-32.73	0.00	7.33	0.00	0.35	-3.571	-2.853	OK	OK		
C14	SLE06	Max	-1116.72	0.00	-27.08	0.00	7.33	0.00	0.35	-3.549	-2.832	OK	OK		
C14	SLE06	Max	-1115.73	0.00	-23.03	0.00	19.28	0.00	0.35	-4.132	-2.243	OK	OK		
C15	SLE06	Max	-1110.68	0.00	-17.04	0.00	19.28	0.00	0.35	-4.118	-2.229	OK	OK		
C15	SLE06	Max	-1110.08	0.00	-12.91	0.00	26.43	0.00	0.35	-4.466	-1.877	OK	OK		
C16	SLE06	Max	-1107.55	0.00	-6.97	0.00	26.43	0.00	0.35	-4.459	-1.870	OK	OK		
C16	SLE06	Max	-1107.35	0.00	-2.80	0.00	28.76	0.00	0.35	-4.573	-1.755	OK	OK		
C17	SLE06	Max	-1107.37	0.00	3.09	0.00	28.76	0.00	0.35	-4.573	-1.755	OK	OK		
C17	SLE06	Max	-1107.57	0.00	7.26	0.00	26.29	0.00	0.35	-4.452	-1.877	OK	OK		
C18	SLE06	Max	-1110.12	0.00	13.26	0.00	26.29	0.00	0.35	-4.459	-1.884	OK	OK		
C18	SLE06	Max	-1110.72	0.00	17.39	0.00	18.98	0.00	0.35	-4.103	-2.244	OK	OK		
C19	SLE06	Max	-1115.81	0.00	23.49	0.00	18.98	0.00	0.35	-4.118	-2.258	OK	OK		
C19	SLE06	Max	-1116.80	0.00	27.55	0.00	6.80	0.00	0.35	-3.524	-2.858	OK	OK		
C20	SLE06	Max	-1124.37	0.00	33.34	0.00	6.80	0.00	0.35	-3.546	-2.879	OK	OK		
C20	SLE06	Max	-1125.74	0.00	37.29	0.00	-10.05	0.00	0.35	-2.724	-3.709	OK	OK		
C21	SLE06	Max	-1135.63	0.00	41.70	0.00	-10.05	0.00	0.35	-2.752	-3.737	OK	OK		
C21	SLE06	Max	-1137.37	0.00	45.49	0.00	-30.86	0.00	0.35	-1.738	-4.761	OK	OK		
C22	SLE06	Max	-1149.24	0.00	46.53	0.00	-30.86	0.00	0.35	-1.772	-4.795	OK	OK		
C22	SLE06	Max	-1151.34	0.00	50.14	0.00	-53.92	0.00	0.35	-0.648					

VERIFICA DELLA SEZIONE NON ARMATA CONSIDERANDO F <sub>ctm</sub> = 0														VERIFICA DELLA SEZIONE NON ARMATA CONSIDERANDO IL CALCESTRUZZO REAGENTE A TRAZIONE F <sub>ctd</sub>																				
Positive in trazione														Positive in compressione																				
VERIFICA A PRESSOFLSSIONE														VERIFICA A TAGLIO																				
Frame	Input	Step	Type	P	V3	V2	T	M1	M2	h	e	A <sub>eq</sub>	M <sub>Ed</sub> [kN]	Verifica V <sub>Ed</sub> < V <sub>Rd</sub>	σ <sub>1</sub>	σ <sub>2</sub>	δ	f <sub>ctd</sub>	Verifica V <sub>Ed</sub> < V <sub>Rd</sub>	σ <sub>1</sub>	σ <sub>2</sub>	δ	f <sub>ctd</sub>	Verifica V <sub>Ed</sub> < V <sub>Rd</sub>	σ <sub>1</sub>	σ <sub>2</sub>	δ	f <sub>ctd</sub>	Verifica V <sub>Ed</sub> < V <sub>Rd</sub>					
[m]	[m]	[m]	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[ ]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kN]	[ ]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kN]	[ ]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kN]	[ ]		
C03	SILU01	Max	-290.33	0.00	-1.77	0.00	-16.11	0.00	0.35	0.056	0.24	-3722	OK	OK	1.20	7.14	5.94	1.51	358	OK	OK	1.17	7.14	5.97	1.51	356	OK	OK	1.20	7.14	5.94	1.51	358	OK
C04	SILU01	Max	-285.98	0.00	-0.29	0.00	-15.91	0.00	0.35	0.056	0.24	-3738	OK	OK	1.17	7.14	5.97	1.51	356	OK	OK	1.20	7.14	5.94	1.51	358	OK	OK	1.17	7.14	5.97	1.51	356	OK
C05	SILU01	Max	-277.12	0.00	3.45	0.00	-17.77	0.00	0.35	0.064	0.22	-3495	OK	OK	1.25	7.14	5.89	1.53	367	OK	OK	1.11	7.14	6.03	1.48	346	OK	OK	1.11	7.14	6.03	1.48	346	OK
C06	SILU01	Max	-277.18	0.00	2.34	0.00	-17.77	0.00	0.35	0.064	0.22	-3495	OK	OK	1.25	7.14	5.89	1.53	367	OK	OK	1.11	7.14	6.03	1.48	346	OK	OK	1.11	7.14	6.03	1.48	346	OK
C07	SILU01	Max	-267.55	0.00	0.89	0.00	-16.37	0.00	0.35	0.059	0.23	-3551	OK	OK	1.22	7.14	5.92	1.52	355	OK	OK	1.18	7.14	5.96	1.51	352	OK	OK	1.18	7.14	5.96	1.51	352	OK
C08	SILU01	Max	-267.55	0.00	0.89	0.00	-16.37	0.00	0.35	0.059	0.23	-3551	OK	OK	1.22	7.14	5.92	1.52	355	OK	OK	1.18	7.14	5.96	1.51	352	OK	OK	1.18	7.14	5.96	1.51	352	OK
C09	SILU01	Max	-263.12	0.00	-5.79	0.00	-14.84	0.00	0.35	0.056	0.24	-3642	OK	OK	1.11	7.14	6.03	1.48	346	OK	OK	1.11	7.14	6.03	1.48	346	OK	OK	1.11	7.14	6.03	1.48	346	OK
C10	SILU01	Max	-259.41	0.00	-1.55	0.00	-13.09	0.00	0.35	0.050	0.25	-3825	OK	OK	1.04	7.14	6.10	1.46	341	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK
C11	SILU01	Max	-259.41	0.00	-1.55	0.00	-13.09	0.00	0.35	0.050	0.25	-3825	OK	OK	1.04	7.14	6.10	1.46	341	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK
C12	SILU01	Max	-252.13	0.00	-6.78	0.00	-9.27	0.00	0.35	0.037	0.28	-4245	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK	OK	0.86	7.14	6.28	1.39	325	OK	OK	0.86	7.14	6.28	1.39	325	OK
C13	SILU01	Max	-249.37	0.00	-6.89	0.00	-7.26	0.00	0.35	0.029	0.29	-4480	OK	OK	0.86	7.14	6.29	1.39	325	OK	OK	0.80	7.14	6.34	1.37	321	OK	OK	0.80	7.14	6.34	1.37	321	OK
C14	SILU01	Max	-247.11	0.00	-6.77	0.00	-5.22	0.00	0.35	0.021	0.31	-4725	OK	OK	0.80	7.14	6.34	1.37	321	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK
C15	SILU01	Max	-245.78	0.00	-1.30	0.00	-3.30	0.00	0.35	0.013	0.32	-4962	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK
C16	SILU01	Max	-245.43	0.00	-6.94	0.00	-3.30	0.00	0.35	0.013	0.32	-4961	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK
C17	SILU01	Max	-244.62	0.00	-0.46	0.00	-1.75	0.00	0.35	0.007	0.34	-5155	OK	OK	0.73	7.14	6.41	1.35	314	OK	OK	0.71	7.14	6.43	1.34	313	OK	OK	0.71	7.14	6.43	1.34	313	OK
C18	SILU01	Max	-244.12	0.00	-1.26	0.00	-1.01	0.00	0.35	0.004	0.34	-5247	OK	OK	0.71	7.14	6.43	1.34	313	OK	OK	0.71	7.14	6.43	1.34	313	OK	OK	0.71	7.14	6.43	1.34	313	OK
C19	SILU01	Max	-244.39	0.00	4.37	0.00	-1.75	0.00	0.35	0.007	0.34	-5154	OK	OK	0.73	7.14	6.41	1.35	314	OK	OK	0.73	7.14	6.41	1.35	314	OK	OK	0.73	7.14	6.41	1.35	314	OK
C20	SILU01	Max	-243.48	0.00	-1.75	0.00	-1.48	0.00	0.35	0.007	0.34	-5154	OK	OK	0.73	7.14	6.41	1.35	314	OK	OK	0.73	7.14	6.41	1.35	314	OK	OK	0.73	7.14	6.41	1.35	314	OK
C21	SILU01	Max	-243.48	0.00	6.06	0.00	-3.31	0.00	0.35	0.013	0.32	-4960	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK
C22	SILU01	Max	-243.78	0.00	3.31	0.00	-3.31	0.00	0.35	0.013	0.32	-4960	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK
C23	SILU01	Max	-243.78	0.00	3.31	0.00	-3.31	0.00	0.35	0.013	0.32	-4960	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK	OK	0.76	7.14	6.38	1.36	317	OK
C24	SILU01	Max	-243.48	0.00	1.49	0.00	-5.24	0.00	0.35	0.021	0.31	-4724	OK	OK	0.80	7.14	6.34	1.37	321	OK	OK	0.86	7.14	6.28	1.39	325	OK	OK	0.86	7.14	6.28	1.39	325	OK
C25	SILU01	Max	-243.78	0.00	6.39	0.00	-7.28	0.00	0.35	0.029	0.29	-4478	OK	OK	0.86	7.14	6.28	1.39	325	OK	OK	0.86	7.14	6.28	1.39	325	OK	OK	0.86	7.14	6.28	1.39	325	OK
C26	SILU01	Max	-243.78	0.00	6.39	0.00	-7.28	0.00	0.35	0.029	0.29	-4478	OK	OK	0.86	7.14	6.28	1.39	325	OK	OK	0.86	7.14	6.28	1.39	325	OK	OK	0.86	7.14	6.28	1.39	325	OK
C27	SILU01	Max	-252.14	0.00	6.78	0.00	-9.29	0.00	0.35	0.037	0.28	-4242	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK	OK	0.86	7.14	6.28	1.39	325	OK	OK	0.86	7.14	6.28	1.39	325	OK
C28	SILU01	Max	-252.54	0.00	1.63	0.00	-9.29	0.00	0.35	0.037	0.28	-4242	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK
C29	SILU01	Max	-252.54	0.00	1.63	0.00	-9.29	0.00	0.35	0.037	0.28	-4242	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK
C30	SILU01	Max	-252.54	0.00	1.63	0.00	-9.29	0.00	0.35	0.037	0.28	-4242	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK
C31	SILU01	Max	-252.54	0.00	1.63	0.00	-9.29	0.00	0.35	0.037	0.28	-4242	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK
C32	SILU01	Max	-252.54	0.00	1.63	0.00	-9.29	0.00	0.35	0.037	0.28	-4242	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK
C33	SILU01	Max	-252.54	0.00	1.63	0.00	-9.29	0.00	0.35	0.037	0.28	-4242	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK	OK	0.91	7.14	6.23	1.41	330	OK
C34	SILU01	Max	-259.04	0.00	6.17	0.00	-13.08	0.00	0.35	0.051	0.25	-3823	OK	OK	1.04	7.14	6.10	1.46	341	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK
C35	SILU01	Max	-259.04	0.00	6.17	0.00	-13.08	0.00	0.35	0.051	0.25	-3823	OK	OK	1.04	7.14	6.10	1.46	341	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK
C36	SILU01	Max	-259.04	0.00	6.17	0.00	-13.08	0.00	0.35	0.051	0.25	-3823	OK	OK	1.04	7.14	6.10	1.46	341	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK
C37	SILU01	Max	-259.04	0.00	6.17	0.00	-13.08	0.00	0.35	0.051	0.25	-3823	OK	OK	1.04	7.14	6.10	1.46	341	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK
C38	SILU01	Max	-259.04	0.00	6.17	0.00	-13.08	0.00	0.35	0.051	0.25	-3823	OK	OK	1.04	7.14	6.10	1.46	341	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK
C39	SILU01	Max	-259.04	0.00	6.17	0.00	-13.08	0.00	0.35	0.051	0.25	-3823	OK	OK	1.04	7.14	6.10	1.46	341	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK
C40	SILU01	Max	-259.04	0.00	6.17	0.00	-13.08	0.00	0.35	0.051	0.25	-3823	OK	OK	1.04	7.14	6.10	1.46	341	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK
C41	SILU01	Max	-259.04	0.00	6.17	0.00	-13.08	0.00	0.35	0.051	0.25	-3823	OK	OK	1.04	7.14	6.10	1.46	341	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK	OK	0.98	7.14	6.16	1.44	335	OK
C42	SILU01	Max	-259.04	0.00	6.17	0.00	-13.08																											







												VERIFICA DELLA SEZIONE NON ARMATA CONSIDERANDO $F_{ctd} = 0$										
												Positive le trazioni					Positive le compressioni					
TABLE: Element Forces - Frames												VERIFICA A PRESOLLESSIONE					VERIFICA A TAGLIO					
Frame	Output	Cas	Step	Type	P	V3	V2	T	M3	M2		h	e	$A_{resg}$	$N_{ed}$ [kN]	Verifica $N_{ed} < N_{Rd}$	$\sigma_c$	$\sigma_{lim}$	$\delta$	$f_{ctd}$	$V_{ed}$ [kN]	Verifica $V_{ed} < V_{Rd}$
Text	Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m		[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[kN]	[-]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kN]	[kN]
C03	SLU05	Max	-1871.72	0.00	139.25	0.00	8.89	0.00	0.35	0.005	0.35	-5300	OK				5.42	7.14	1.72	2.58	609	OK
C04	SLU05	Max	-1867.37	0.00	140.72	0.00	-44.81	0.00	0.35	0.024	0.31	-4710	OK				6.09	7.14	1.05	2.71	640	OK
C03	SLU05	Max	-1865.87	0.00	112.58	0.00	-44.81	0.00	0.35	0.024	0.30	-4637	OK				6.18	7.14	0.96	2.72	636	OK
C04	SLU05	Max	-1861.68	0.00	114.30	0.00	-88.33	0.00	0.35	0.047	0.26	-3917	OK				7.30	7.14	-0.16	2.93	683	OK
C05	SLU05	Max	-1856.45	0.00	65.35	0.00	-88.33	0.00	0.35	0.048	0.25	-3913	OK				7.28	7.14	-0.14	2.93	683	OK
C06	SLU05	Max	-1851.43	0.00	67.90	0.00	-120.12	0.00	0.35	0.065	0.22	-3382	OK				8.41	7.14	-1.27	3.05	712	OK
C05	SLU05	Max	-1840.78	0.00	6.43	0.00	-120.12	0.00	0.35	0.065	0.22	-3370	OK				8.39	7.14	-1.25	3.05	712	OK
C06	SLU05	Max	-1836.02	0.00	9.46	0.00	-123.91	0.00	0.35	0.067	0.22	-3302	OK				8.54	7.14	-1.40	3.06	714	OK
C07	SLU05	Max	-1820.38	0.00	-28.56	0.00	-123.91	0.00	0.35	0.068	0.21	-3284	OK				8.51	7.14	-1.37	3.06	714	OK
C07	SLU05	Max	-1815.93	0.00	-25.10	0.00	-111.11	0.00	0.35	0.061	0.23	-3495	OK				7.98	7.14	-0.84	3.02	704	OK
C08	SLU05	Max	-1797.88	0.00	-45.46	0.00	-111.11	0.00	0.35	0.062	0.23	-3476	OK				7.94	7.14	-0.80	3.01	703	OK
C08	SLU05	Max	-1793.79	0.00	-41.58	0.00	-90.34	0.00	0.35	0.050	0.25	-3828	OK				7.20	7.14	-0.06	2.91	679	OK
C09	SLU05	Max	-1775.32	0.00	-49.82	0.00	-90.34	0.00	0.35	0.051	0.25	-3812	OK				7.15	7.14	-0.01	2.90	677	OK
C09	SLU05	Max	-1771.62	0.00	-45.57	0.00	-67.58	0.00	0.35	0.038	0.27	-4203	OK				6.47	7.14	0.67	2.78	649	OK
C10	SLU05	Max	-1754.14	0.00	-46.40	0.00	-67.58	0.00	0.35	0.039	0.27	-4191	OK				6.43	7.14	0.71	2.77	647	OK
C10	SLU05	Max	-1750.86	0.00	-41.82	0.00	-46.53	0.00	0.35	0.027	0.30	-4558	OK				5.90	7.14	1.24	2.67	623	OK
C11	SLU05	Max	-1735.29	0.00	-38.89	0.00	-46.53	0.00	0.35	0.027	0.30	-4551	OK				5.86	7.14	1.29	2.66	621	OK
C11	SLU05	Max	-1732.45	0.00	-34.01	0.00	-29.13	0.00	0.35	0.017	0.32	-4858	OK				5.48	7.14	1.66	2.59	604	OK
C12	SLU05	Max	-1719.32	0.00	-29.93	0.00	-29.13	0.00	0.35	0.017	0.32	-4854	OK				5.44	7.14	1.70	2.58	602	OK
C12	SLU05	Max	-1716.97	0.00	-24.80	0.00	-16.07	0.00	0.35	0.009	0.33	-5087	OK				5.18	7.14	1.96	2.53	590	OK
C13	SLU05	Max	-1706.51	0.00	-21.22	0.00	-16.07	0.00	0.35	0.009	0.33	-5085	OK				5.15	7.14	1.99	2.52	589	OK
C13	SLU05	Max	-1704.66	0.00	-15.90	0.00	-7.22	0.00	0.35	0.004	0.34	-5244	OK				4.99	7.14	2.15	2.49	581	OK
C14	SLU05	Max	-1696.96	0.00	-13.75	0.00	-7.22	0.00	0.35	0.004	0.34	-5244	OK				4.97	7.14	2.17	2.49	580	OK
C14	SLU05	Max	-1695.62	0.00	-8.28	0.00	-1.96	0.00	0.35	0.001	0.35	-5339	OK				4.88	7.14	2.26	2.47	575	OK
C15	SLU05	Max	-1690.62	0.00	-7.97	0.00	-1.96	0.00	0.35	0.001	0.35	-5339	OK				4.86	7.14	2.28	2.46	575	OK
C15	SLU05	Max	-1689.81	0.00	-2.39	0.00	0.51	0.00	0.35	0.000	0.35	-5365	OK				4.84	7.14	2.30	2.46	573	OK
C16	SLU05	Max	-1687.38	0.00	-3.98	0.00	0.51	0.00	0.35	0.000	0.35	-5365	OK				4.83	7.14	2.31	2.46	573	OK
C16	SLU05	Max	-1687.11	0.00	1.66	0.00	1.06	0.00	0.35	0.001	0.35	-5355	OK				4.84	7.14	2.30	2.46	574	OK
C17	SLU05	Max	-1687.11	0.00	-1.70	0.00	1.06	0.00	0.35	0.001	0.35	-5355	OK				4.84	7.14	2.30	2.46	574	OK
C17	SLU05	Max	-1687.38	0.00	3.93	0.00	0.53	0.00	0.35	0.000	0.35	-5365	OK				4.83	7.14	2.31	2.46	573	OK
C18	SLU05	Max	-1689.80	0.00	2.37	0.00	0.53	0.00	0.35	0.000	0.35	-5365	OK				4.84	7.14	2.30	2.46	573	OK
C18	SLU05	Max	-1690.61	0.00	7.95	0.00	-1.93	0.00	0.35	0.001	0.35	-5339	OK				4.86	7.14	2.28	2.46	575	OK
C19	SLU05	Max	-1695.62	0.00	8.32	0.00	-1.93	0.00	0.35	0.001	0.35	-5339	OK				4.88	7.14	2.26	2.47	575	OK
C19	SLU05	Max	-1696.96	0.00	13.79	0.00	-7.20	0.00	0.35	0.004	0.34	-5244	OK				4.97	7.14	2.17	2.49	580	OK
C20	SLU05	Max	-1704.67	0.00	16.02	0.00	-7.20	0.00	0.35	0.004	0.34	-5244	OK				4.99	7.14	2.15	2.49	581	OK
C20	SLU05	Max	-1706.52	0.00	21.35	0.00	-16.12	0.00	0.35	0.009	0.33	-5084	OK				5.15	7.14	1.99	2.52	589	OK
C21	SLU05	Max	-1716.99	0.00	25.04	0.00	-16.12	0.00	0.35	0.009	0.33	-5086	OK				5.18	7.14	1.96	2.53	590	OK
C21	SLU05	Max	-1719.34	0.00	30.17	0.00	-29.30	0.00	0.35	0.017	0.32	-4851	OK				5.44	7.14	1.70	2.58	602	OK
C22	SLU05	Max	-1732.51	0.00	34.39	0.00	-29.30	0.00	0.35	0.017	0.32	-4855	OK				5.48	7.14	1.66	2.59	604	OK
C22	SLU05	Max	-1735.34	0.00	39.27	0.00	-46.87	0.00	0.35	0.027	0.30	-4545	OK				5.86	7.14	1.28	2.66	622	OK
C23	SLU05	Max	-1750.95	0.00	42.34	0.00	-46.87	0.00	0.35	0.027	0.30	-4552	OK				5.91	7.14	1.23	2.67	624	OK
C23	SLU05	Max	-1754.24	0.00	46.93	0.00	-68.17	0.00	0.35	0.039	0.27	-4181	OK				6.44	7.14	0.70	2.77	647	OK
C24	SLU05	Max	-1771.77	0.00	46.24	0.00	-68.17	0.00	0.35	0.038	0.27	-4193	OK				6.49	7.14	0.65	2.78	649	OK
C24	SLU05	Max	-1775.48	0.00	50.49	0.00	-91.25	0.00	0.35	0.051	0.25	-3796	OK				7.18	7.14	-0.04	2.91	678	OK
C25	SLU05	Max	-1794.01	0.00	42.34	0.00	-91.25	0.00	0.35	0.051	0.25	-3812	OK				7.23	7.14	-0.09	2.92	680	OK
C25	SLU05	Max	-1798.10	0.00	46.22	0.00	-112.39	0.00	0.35	0.063	0.22	-3455	OK				7.99	7.14	-0.85	3.02	704	OK
C26	SLU05	Max	-1816.22	0.00	25.86	0.00	-112.39	0.00	0.35	0.062	0.23	-3474	OK				8.03	7.14	-0.89	3.02	705	OK
C26	SLU05	Max	-1820.67	0.00	29.32	0.00	-125.55	0.00	0.35	0.069	0.21	-3257	OK				8.58	7.14	-1.44	3.06	715	OK
C27	SLU05	Max	-1836.38	0.00	-8.87	0.00	-125.55	0.00	0.35	0.068	0.21	-3275	OK				8.61	7.14	-1.47	3.06	715	OK
C27	SLU05	Max	-1841.14	0.00	-5.84	0.00	-122.04	0.00	0.35	0.066	0.22	-3339	OK				8.47	7.14	-1.33	3.06	713	OK
C28	SLU05	Max	-1851.82	0.00	-67.74	0.00	-122.04	0.00	0.35	0.066	0.22	-3350	OK				8.49	7.14	-1.35	3.06	713	OK
C28	SLU05	Max	-1856.84	0.00	-65.18	0.00	-90.32	0.00	0.35	0.049	0.25	-3880	OK				7.35	7.14	-0.21	2.94	685	OK
C29	SLU05	Max	-1862.08	0.00	-114.17	0.00	-90.32	0.00	0.35	0.049	0.25	-3885	OK				7.36	7.14	-0.22	2.94	685	OK
C29	SLU05	Max	-1866.27	0.00	-112.44	0.00	-46.86	0.00	0.35	0.025	0.30	-4603	OK				6.23	7.14	0.91	2.73	638	OK
C30	SLU05	Max	-1867.79	0.00	-140.61	0.00	-46.86	0.00	0.35	0.025	0.30	-4676	OK				6.13	7.14	1.01	2.72	642	OK
C30	SLU05	Max	-1872.14	0.00	-139.14	0.00	6.80	0.00	0.35	0.004	0.35	-5335	OK				5.39	7.14	1.75	2.57	608	OK
C03	SLU06	Max	-1688.44	0.00	179.74	0.00	125.03	0.00	0.35	0.074	0.21	-3172	OK				8.17	7.14	-1.03	3.03	718	OK
C03	SLU06	Max	-1684.09	0.00	181.22	0.00	55.80	0.00	0.35	0.033	0.29	-4429	OK				5.84	7.14	1.30	2.66	629	OK
C04	SLU06	Max	-1685.54	0.00	164.70	0.00	55.80	0.00	0.35	0.033	0.28	-4358	OK				5.94	7.14	1.20	2.68	625	OK
C04	SLU06	Max	-1681.35	0.00	166.42	0.00	-7.71	0.00	0.35	0.005	0.34	-5233	OK				4.93	7.14	2.21	2.48	578	OK
C05	SLU06	Max	-1680.85	0.00	131.67	0.00	-7.71	0.00	0.35	0.005	0.34	-5233	OK				4.93	7.14	2.21	2.48	578	OK
C05	SLU06	Max	-1675.82	0.00	134.23	0.00	-71.16	0.00	0.35	0.042	0.27	-4070	OK</									

TABLE: Element Forces - Frames										VERIFICA DELLA SEZIONE NON ARMATA CONSIDERANDO $F_{red} = 0$										
										Positive le trazioni					Positive le compressioni					
Frame	OutputCase	StepType	P	V3	V2	T	M3	M2		VERIFICA A PROSFLESSIONE					VERIFICA A TAGLIO					
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m		h	e	$A_{req}$	$N_{Ed}$ [kN]	Verifica $N_{Ed} < N_{Rd}$	$\sigma_c$	$\sigma_{lim}$	$\delta$	$f_{tEd}$	$V_{Ed}$ [kN]	Verifica $V_{Ed} < V_{Rd}$
										[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[kN]	[-]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kN]	[kN]
C03	SLU13-21	Max	-1355.08	0.00	110.79	0.00	23.06	0.00	0.35	0.017	0.32	0.6565	OK	4.23	9.52	5.29	2.77	656	OK	
C03	SLU13-21	Max	-1351.85	0.00	111.88	0.00	-19.65	0.00	0.35	0.015	0.33	-6667	OK	4.15	9.52	5.37	2.75	651	OK	
C04	SLU13-21	Max	-1351.29	0.00	93.03	0.00	-19.65	0.00	0.35	0.015	0.32	-6570	OK	4.21	9.52	5.31	2.77	646	OK	
C04	SLU13-21	Max	-1348.19	0.00	94.30	0.00	-55.58	0.00	0.35	0.041	0.27	-5478	OK	5.04	9.52	4.48	2.97	692	OK	
C05	SLU13-21	Max	-1345.18	0.00	60.47	0.00	-55.58	0.00	0.35	0.041	0.27	-5474	OK	5.03	9.52	4.49	2.97	692	OK	
C05	SLU13-21	Max	-1341.46	0.00	62.36	0.00	-84.89	0.00	0.35	0.063	0.22	-4575	OK	6.00	9.52	3.52	3.18	743	OK	
C06	SLU13-21	Max	-1334.57	0.00	13.59	0.00	-84.89	0.00	0.35	0.064	0.22	-4561	OK	5.99	9.52	3.53	3.18	742	OK	
C06	SLU13-21	Max	-1331.05	0.00	15.83	0.00	-91.91	0.00	0.35	0.069	0.21	-4338	OK	6.28	9.52	3.24	3.24	756	OK	
C07	SLU13-21	Max	-1320.06	0.00	-17.33	0.00	-91.91	0.00	0.35	0.070	0.21	-4315	OK	6.26	9.52	3.26	3.24	756	OK	
C07	SLU13-21	Max	-1316.77	0.00	-14.76	0.00	-84.25	0.00	0.35	0.064	0.22	-4546	OK	5.92	9.52	3.59	3.17	739	OK	
C08	SLU13-21	Max	-1303.61	0.00	-33.08	0.00	-84.25	0.00	0.35	0.065	0.22	-4519	OK	5.91	9.52	3.61	3.16	738	OK	
C08	SLU13-21	Max	-1300.58	0.00	-30.21	0.00	-69.15	0.00	0.35	0.053	0.24	-4989	OK	5.34	9.52	4.18	3.04	708	OK	
C09	SLU13-21	Max	-1286.87	0.00	-38.10	0.00	-69.15	0.00	0.35	0.054	0.24	-4965	OK	5.31	9.52	4.21	3.03	707	OK	
C09	SLU13-21	Max	-1284.13	0.00	-34.96	0.00	-51.72	0.00	0.35	0.040	0.27	-5517	OK	4.77	9.52	4.75	2.90	677	OK	
C10	SLU13-21	Max	-1271.04	0.00	-36.26	0.00	-51.72	0.00	0.35	0.041	0.27	-5500	OK	4.73	9.52	4.79	2.90	676	OK	
C10	SLU13-21	Max	-1268.60	0.00	-32.87	0.00	-35.22	0.00	0.35	0.028	0.29	-6029	OK	4.31	9.52	5.21	2.79	652	OK	
C11	SLU13-21	Max	-1256.89	0.00	-30.63	0.00	-35.22	0.00	0.35	0.028	0.29	-6018	OK	4.28	9.52	5.24	2.78	650	OK	
C11	SLU13-21	Max	-1254.79	0.00	-27.01	0.00	-21.47	0.00	0.35	0.017	0.32	-6465	OK	3.97	9.52	5.55	2.71	632	OK	
C12	SLU13-21	Max	-1244.91	0.00	-23.46	0.00	-21.47	0.00	0.35	0.017	0.32	-6460	OK	3.95	9.52	5.57	2.70	631	OK	
C12	SLU13-21	Max	-1243.17	0.00	-19.66	0.00	-11.18	0.00	0.35	0.009	0.33	-6797	OK	3.74	9.52	5.78	2.65	618	OK	
C13	SLU13-21	Max	-1235.34	0.00	-16.29	0.00	-11.18	0.00	0.35	0.009	0.33	-6795	OK	3.72	9.52	5.80	2.64	617	OK	
C13	SLU13-21	Max	-1233.97	0.00	-12.35	0.00	-4.34	0.00	0.35	0.004	0.34	-7021	OK	3.60	9.52	5.92	2.61	610	OK	
C14	SLU13-21	Max	-1228.24	0.00	-10.09	0.00	-4.34	0.00	0.35	0.004	0.34	-7021	OK	3.58	9.52	5.94	2.61	609	OK	
C14	SLU13-21	Max	-1227.25	0.00	-6.03	0.00	-0.50	0.00	0.35	0.000	0.35	-7149	OK	3.51	9.52	6.01	2.59	604	OK	
C15	SLU13-21	Max	-1223.57	0.00	-5.40	0.00	-0.50	0.00	0.35	0.000	0.35	-7149	OK	3.50	9.52	6.02	2.59	604	OK	
C15	SLU13-21	Max	-1222.97	0.00	-1.27	0.00	1.10	0.00	0.35	0.001	0.35	-7129	OK	3.51	9.52	6.01	2.59	604	OK	
C16	SLU13-21	Max	-1221.21	0.00	-2.52	0.00	1.10	0.00	0.35	0.001	0.35	-7129	OK	3.51	9.52	6.01	2.59	604	OK	
C16	SLU13-21	Max	-1221.01	0.00	1.64	0.00	1.31	0.00	0.35	0.001	0.35	-7122	OK	3.51	9.52	6.01	2.59	604	OK	
C17	SLU13-21	Max	-1221.01	0.00	-1.64	0.00	1.31	0.00	0.35	0.001	0.35	-7122	OK	3.51	9.52	6.01	2.59	604	OK	
C17	SLU13-21	Max	-1221.21	0.00	2.54	0.00	1.09	0.00	0.35	0.001	0.35	-7129	OK	3.51	9.52	6.01	2.59	604	OK	
C18	SLU13-21	Max	-1222.97	0.00	1.31	0.00	1.09	0.00	0.35	0.001	0.35	-7129	OK	3.51	9.52	6.01	2.59	604	OK	
C18	SLU13-21	Max	-1223.57	0.00	5.44	0.00	-0.52	0.00	0.35	0.000	0.35	-7148	OK	3.50	9.52	6.02	2.59	604	OK	
C19	SLU13-21	Max	-1227.26	0.00	6.13	0.00	-0.52	0.00	0.35	0.000	0.35	-7148	OK	3.51	9.52	6.01	2.59	604	OK	
C19	SLU13-21	Max	-1228.25	0.00	10.18	0.00	-4.41	0.00	0.35	0.004	0.34	-7019	OK	3.58	9.52	5.94	2.61	609	OK	
C20	SLU13-21	Max	-1233.99	0.00	12.53	0.00	-4.41	0.00	0.35	0.004	0.34	-7019	OK	3.60	9.52	5.92	2.61	610	OK	
C20	SLU13-21	Max	-1235.36	0.00	16.47	0.00	-11.33	0.00	0.35	0.009	0.33	-6790	OK	3.72	9.52	5.80	2.65	617	OK	
C21	SLU13-21	Max	-1243.21	0.00	19.95	0.00	-11.33	0.00	0.35	0.009	0.33	-6793	OK	3.75	9.52	5.77	2.65	619	OK	
C21	SLU13-21	Max	-1244.96	0.00	23.74	0.00	-21.75	0.00	0.35	0.017	0.32	-6450	OK	3.95	9.52	5.57	2.70	631	OK	
C22	SLU13-21	Max	-1254.87	0.00	27.42	0.00	-21.75	0.00	0.35	0.017	0.32	-6456	OK	3.98	9.52	5.54	2.71	633	OK	
C22	SLU13-21	Max	-1256.97	0.00	31.03	0.00	-35.70	0.00	0.35	0.028	0.29	-6003	OK	4.29	9.52	5.23	2.79	650	OK	
C23	SLU13-21	Max	-1268.72	0.00	33.38	0.00	-35.70	0.00	0.35	0.028	0.29	-6014	OK	4.32	9.52	5.20	2.80	652	OK	
C23	SLU13-21	Max	-1271.16	0.00	36.77	0.00	-52.44	0.00	0.35	0.041	0.27	-5477	OK	4.75	9.52	4.77	2.90	677	OK	
C24	SLU13-21	Max	-1284.30	0.00	35.55	0.00	-52.44	0.00	0.35	0.041	0.27	-5494	OK	4.79	9.52	4.73	2.91	679	OK	
C24	SLU13-21	Max	-1287.05	0.00	38.69	0.00	-70.15	0.00	0.35	0.055	0.24	-4934	OK	5.34	9.52	4.18	3.04	708	OK	
C25	SLU13-21	Max	-1300.81	0.00	30.80	0.00	-70.15	0.00	0.35	0.054	0.24	-4957	OK	5.37	9.52	4.15	3.04	710	OK	
C25	SLU13-21	Max	-1303.84	0.00	33.67	0.00	-85.54	0.00	0.35	0.066	0.22	-4479	OK	5.96	9.52	3.56	3.17	740	OK	
C26	SLU13-21	Max	-1317.05	0.00	15.22	0.00	-85.54	0.00	0.35	0.065	0.22	-4506	OK	5.98	9.52	3.54	3.18	742	OK	
C26	SLU13-21	Max	-1320.34	0.00	17.79	0.00	-93.42	0.00	0.35	0.071	0.21	-4269	OK	6.33	9.52	3.19	3.25	759	OK	
C27	SLU13-21	Max	-1331.36	0.00	-15.70	0.00	-93.42	0.00	0.35	0.070	0.21	-4293	OK	6.35	9.52	3.17	3.26	760	OK	
C27	SLU13-21	Max	-1334.88	0.00	-13.46	0.00	-86.46	0.00	0.35	0.065	0.22	-4514	OK	6.05	9.52	3.47	3.19	745	OK	
C28	SLU13-21	Max	-1341.78	0.00	-62.26	0.00	-86.46	0.00	0.35	0.064	0.22	-4527	OK	6.07	9.52	3.45	3.20	746	OK	
C28	SLU13-21	Max	-1345.50	0.00	-60.36	0.00	-57.20	0.00	0.35	0.043	0.26	-5425	OK	5.08	9.52	4.44	2.98	694	OK	
C29	SLU13-21	Max	-1348.51	0.00	-94.23	0.00	-57.20	0.00	0.35	0.042	0.27	-5429	OK	5.09	9.52	4.43	2.98	695	OK	
C29	SLU13-21	Max	-1351.62	0.00	-92.95	0.00	-21.30	0.00	0.35	0.016	0.32	-6520	OK	4.24	9.52	5.28	2.78	648	OK	
C30	SLU13-21	Max	-1352.18	0.00	-111.83	0.00	-21.30	0.00	0.35	0.016	0.32	-6617	OK	4.18	9.52	5.34	2.76	653	OK	
C30	SLU13-21	Max	-1355.41	0.00	-110.73	0.00	21.39	0.00	0.35	0.016	0.32	-6616	OK	4.19	9.52	5.33	2.76	654	OK	
C03	SLU14-22	Max	-1288.84	0.00	126.21	0.00	61.25	0.00	0.35	0.048	0.26	-5316	OK	4.96	9.52	4.56	2.95	697	OK	
C03	SLU14-22	Max	-1285.62	0.00	127.30	0.00	12.62	0.00	0.35	0.010	0.34	-6860	OK	3.84	9.52	5.68	2.67	632	OK	
C04	SLU14-22	Max	-1286.18	0.00	112.64	0.00	12.62	0.00	0.35	0.010	0.33	-6764	OK	3.89	9.52	5.63	2.69	627	OK	
C04	SLU14-22	Max	-1283.07	0.00	113.92	0.00	-30.84	0.00	0.35	0.024	0.30	-6182	OK	4.25	9.52	5.27	2.78	648	OK	
C05	SLU14-22	Max	-1281.84	0.00	85.21	0.00	-30.84	0.00	0.35	0.024	0.30	-6181	OK	4.25	9.52	5.27	2.78	648	OK	
C05	SLU14-22	Max	-1278.12	0.00	87.10	0.00	-71.95	0.00	0.35	0.056	0.24	-4860	OK	5.38	9.52	4.14	3.05	711	OK	
C06	SLU14-22	Max	-1273.88	0.00	44.28	0.00	-71.95	0.00	0.35	0.056	0.24	-4853	OK	5.37	9.52	4.15	3.04	710	OK	
C06	SLU14-22	Max	-1270.36	0.00	46.52	0.00	-93.62	0.00	0.35	0.074	0.20	-4148	OK	6.27	9.52	3.25	3.24	756	OK	
C07	SLU14-22	Max	-1261.29	0.00	2.52	0.00	-93.62	0.00	0.35	0.074	0.20	-4128								

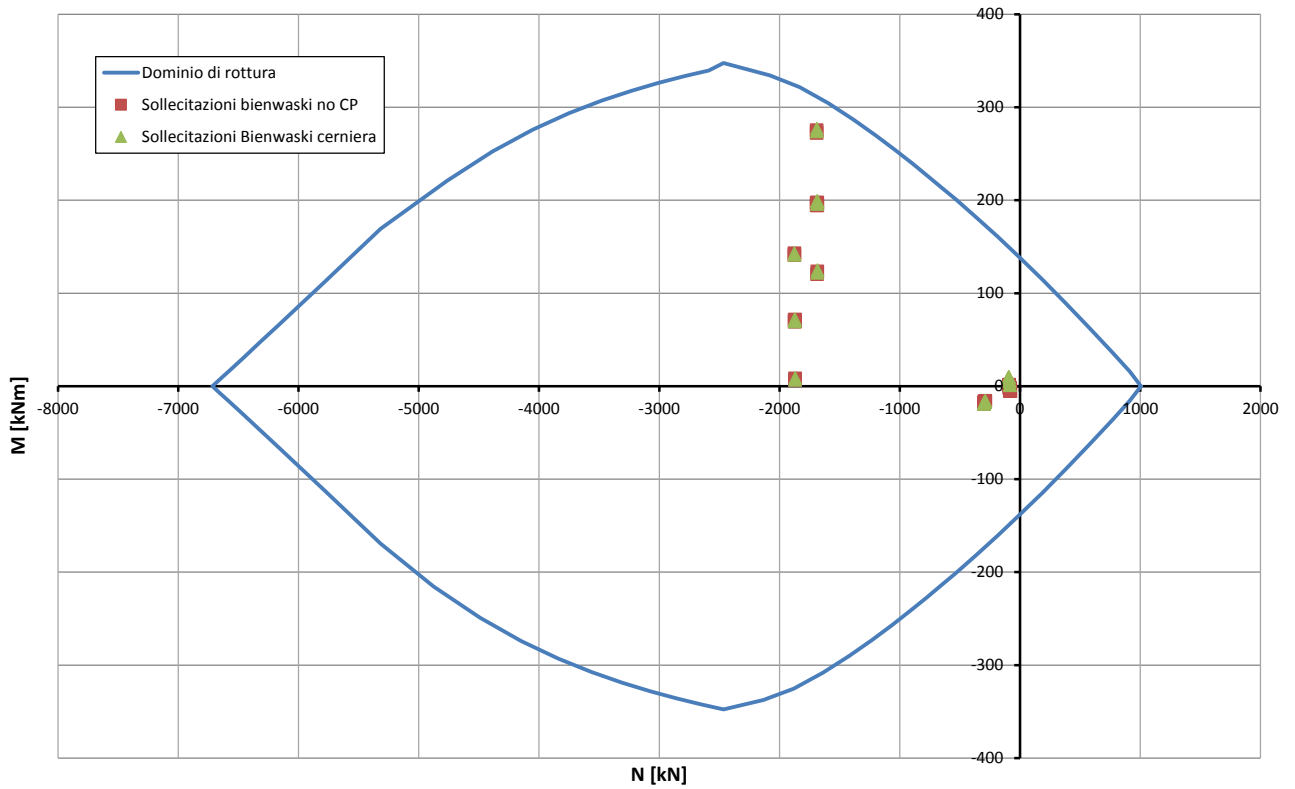


Abbildung 11: Überprüfung auf Beulspannung an der Kappenbasis (GZT)

Illustrazione 13: Verifica a pressoflessione base calotta (SLU)

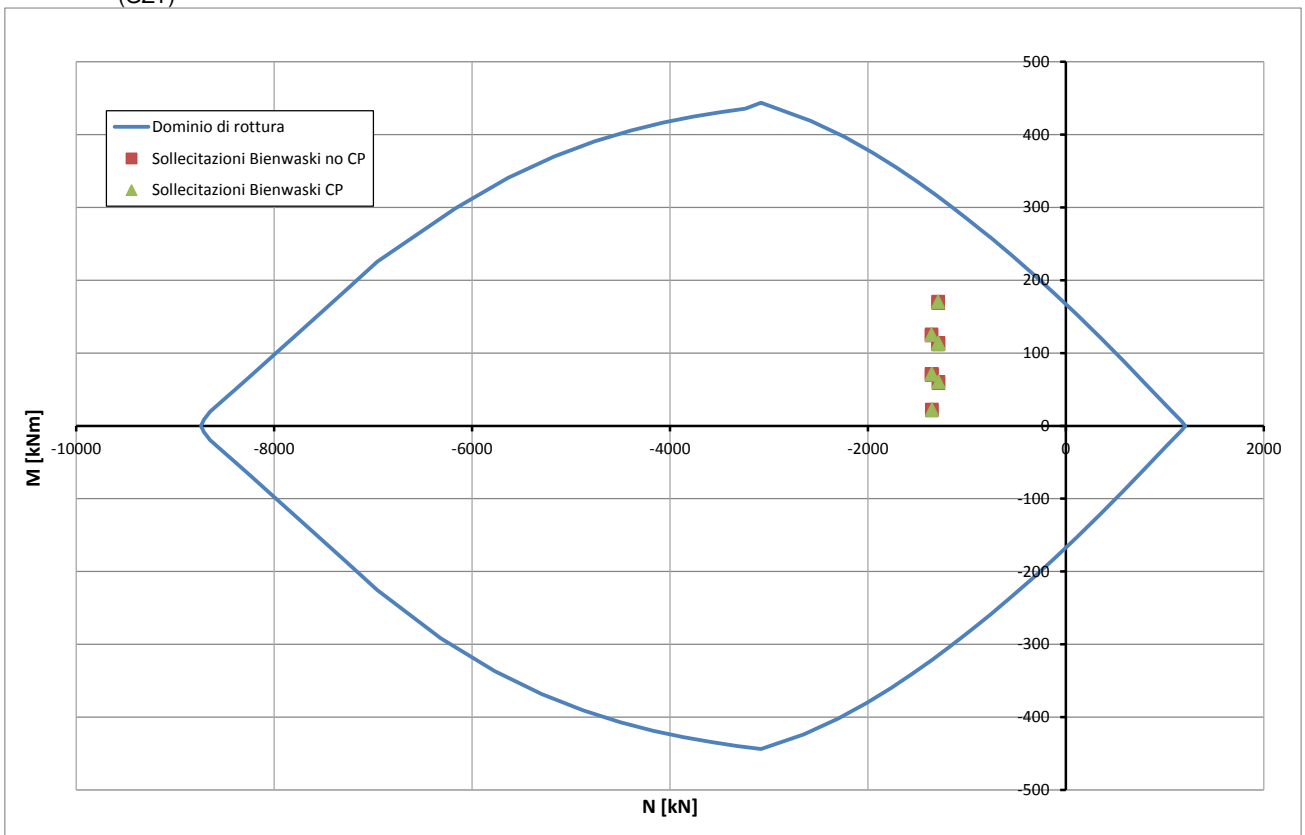


Abbildung 12: Überprüfung auf Beulspannung an der Kappenbasis (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 14: Verifica a pressoflessione base calotta (SLU Eccezionale)

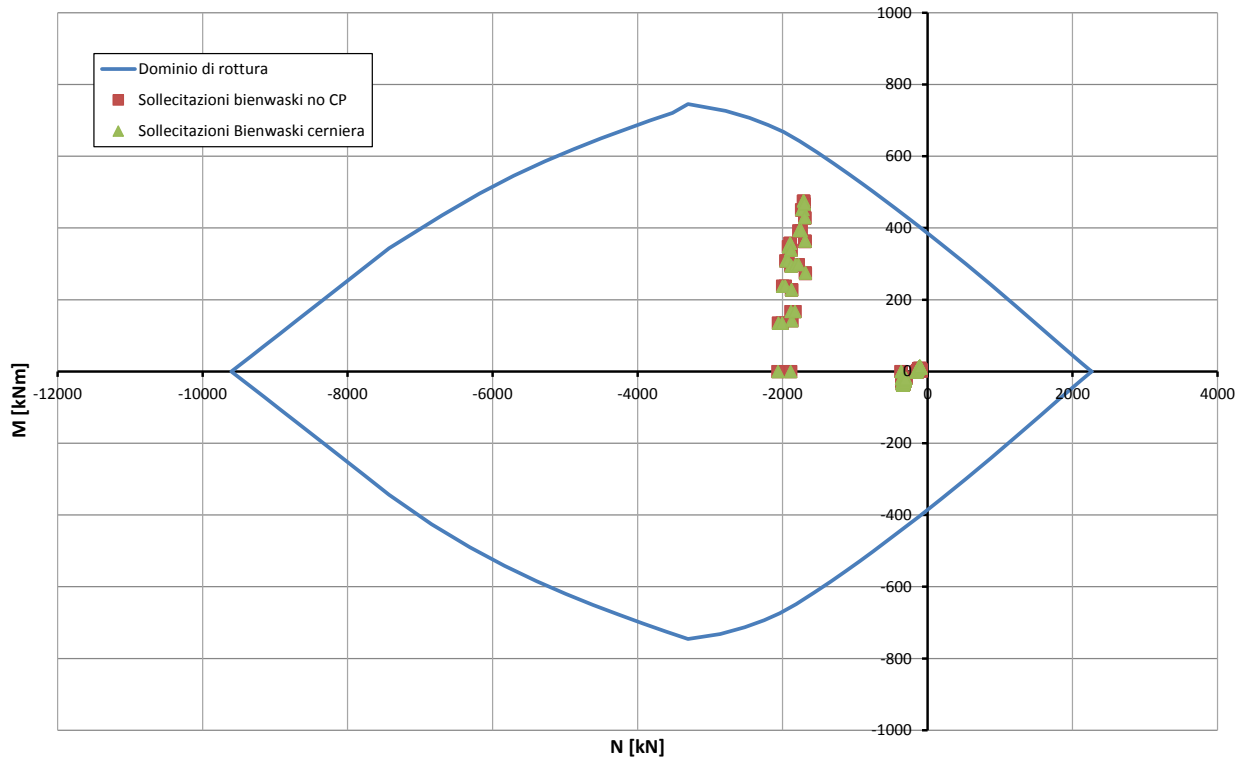


Abbildung 13: Überprüfung auf Beulspannung des Widerlagers (GZT)

Illustrazione 15: Verifica a pressoflessione ritto (SLU)

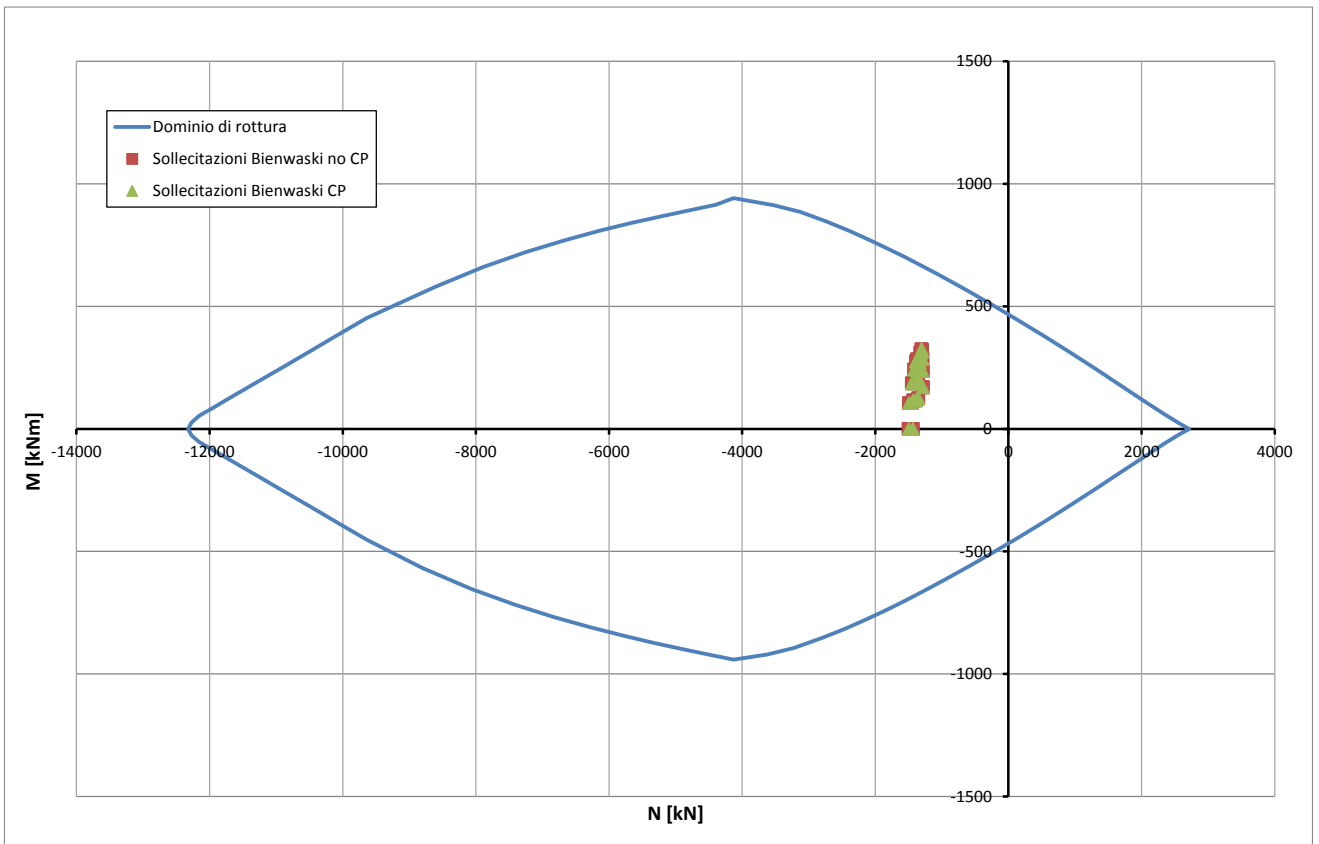


Abbildung 14: Beul Spannungsnachweis des Widerlagers (außergewöhnliches GZT)

Illustrazione 16: Verifica a pressoflessione ritto (SLU Eccezionale)

## VERIFICHE A TAGLIO SECONDO D.M. 14/01/2008 (§ 4.1.2.1.3)

### **Caratteristiche dei materiali:**

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

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

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	$V_{Ed}$	=	<b>203.49</b>	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed})$	=	<b>1690.00</b>	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed})$	=	<b>276.96</b>	kNm

### **Caratteristiche geometriche della sezione:**

Altezza utile della sezione	$d$	=	<b>282</b>	mm
Larghezza minima della sezione	$b_w$	=	<b>1000</b>	mm

### **Armatura della sezione in zona tesa:**

Diametro ferri longitudinali	$\emptyset$	=	<b>16</b>	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n$	=	<b>6.7</b>	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl}$	=	1340	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ )	$\rho_l$	=	0.0048	--

## VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione ( $\leq 2$ )	$k$	=	1.84	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	$v_{min}$	=	0.48	N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 \times f_{cd}$ )	$\sigma_{cp}$	=	3.26	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	274.78	kN
<b>Resistenza ultima a taglio (<math>V_{Rd} \geq V_{Rd,min}</math>)</b>	$V_{Rd}$	=	<b>290.36</b>	<b>kN</b>

### **VERIFICA SODDISFATTA:**

**non occorre armatura trasversale resistente a taglio.**

Abbildung 15: Querkraftbemessung der Kappenbasis (GZT)

Illustrazione 17: Verifica a taglio base calotta (SLU)

## VERIFICHE A TAGLIO SECONDO D.M. 14/01/2008 (§ 4.1.2.1.3)

### **Caratteristiche dei materiali:**

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

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

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	$V_{Ed}$	=	<b>343.88</b>	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed})$	=	<b>1888.29</b>	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed})$	=	<b>0.00</b>	kNm

### **Caratteristiche geometriche della sezione:**

Altezza utile della sezione	$d$	=	<b>279</b>	mm
Larghezza minima della sezione	$b_w$	=	<b>1000</b>	mm

### **Armatura della sezione in zona tesa:**

Diametro ferri longitudinali	$\varnothing$	=	<b>24</b>	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n$	=	<b>6.7</b>	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl}$	=	3013	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ )	$\rho_l$	=	0.0108	--

## VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione ( $\leq 2$ )	$k$	=	1.85	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	$v_{min}$	=	0.49	N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 \times f_{cd}$ )	$\sigma_{cp}$	=	3.26	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	272.35	kN
<b>Resistenza ultima a taglio (<math>V_{Rd} \geq V_{Rd,min}</math>)</b>	$V_{Rd}$	=	<b>335.20</b>	<b>kN</b>

### **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	$\alpha$	=	<b>90</b>	°
Diametro ferri a taglio	$\varnothing_{sw}$	=	<b>12</b>	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	$n_{sw}$	=	<b>6.7</b>	--
Passo in direzione asse elemento	$s$	=	<b>500</b>	mm
Area totale di armatura a taglio	$A_{sw}$	=	753	mm <sup>2</sup>

### **Fattori di resistenza a compressione:**

Controllo duttilità (SI = duttile)	0.56	<	10.20	SI
Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	$\theta$	=	<b>22.00</b>	°
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	$f'_{cd}$	=	8.16	N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	=	6.77	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo per membrane compresse	$\alpha_c$	=	1.25	--

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	$V_{Rsd}$	=	350.79	kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	$V_{Rcd}$	=	889.30	kN
<b>Resistenza ultima a taglio</b>	$V_{Rd}$	=	<b>350.79</b>	<b>kN</b>

### **VERIFICA SODDISFATTA.**

Abbildung 16: Querkraftüberprüfung des Widerlagers (GZT)

Illustrazione 18: Verifica a taglio ritto (SLU)

<b>STRESS CHARACTERISTICS SLS</b>			<b>M-Ea-T</b>
Design value of Axial Force	$N_{Sd}$	[kN]	1230.14
Design value of Bending Moment	$M_{Sd}$	[kNm]	223.32
Design value of Shear Force	$T_{Sd}$	[kN]	0.00
<b>STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE</b>			<b>M-Ea-T</b>
Overall depth of the cross section	$h$	[mm]	350
Minimum width of the cross section in the tensile area	$b_w$	[mm]	1000
Effective depth of the cross section	$d$	[mm]	282.0
Neutral axis depth	$x$	[mm]	150.4
Maximum concrete stress (- = compression)	$\sigma_c$	[N/mm <sup>2</sup> ]	-17.935
Minimum concrete stress (- = compression)	$\sigma_{c1}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0.000
Maximum steel stress (+ = tension)	$\sigma_s$	[N/mm <sup>2</sup> ]	235.420
Minimum steel stress (+ = tension)	$\sigma_{s1}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0.000
Concrete limit stress	$\sigma_{c,lim}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	-18.426
Steel limit stress	$\sigma_{s,lim}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	360.000
<b>VERIFICATION RESULT</b>			<b>OK</b>
<b>STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE</b>			<b>M-Ea-T</b>
Characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days	$f_{ck}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	30.71
Mean value of axial tensile strength of concrete ( $=0.3f_{ck}^{2/3}$ per C≤C50/60)	$f_{ctm}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	2.942
Characteristic axial tensile strength of concrete ( $=0.7f_{ctm}$ )	$f_{ctk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	2.059
Partial factor of concrete	$\gamma_c$	[-]	1.000
Design tensile resistance of concrete	$f_{ctd}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	2.059
Main value of tensile strength of the concrete in the effective tension area ( $f_{ct,eff}$ )	$f_{ct,eff}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	2.942
Elastic modulus of reinforcing steel	$E_s$	[N/mm <sup>2</sup> ]	210000
Secant elastic modulus of concrete $= E_s/E_{cm}$	$E_{cm}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	32000
Factor depending on the duration of the load (0.60: short term - 0.40: long term)	$\alpha_e$	[-]	6.56
Effective tension area of concrete	$k_t$	[-]	0.40
Number of rebar in tension area	$A_{c,eff}$	[mm <sup>2</sup> ]	66533
Rebar main diameter	$n_l$	[-]	6.7
Cross section area of reinforcement in $A_{c,eff}$ $= A_s/A_{c,eff}$	$\phi_l$	[mm]	16
Main strain	$A_{sl}$	[mm <sup>2</sup> ]	1340
Rebar cover	$\rho_{p,eff}$	[-]	0.0201
Rebar spacing	$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	‰	0.806
Bond factor (0.80: high bond bars - 1.60: plain bars)	$c$	[mm]	60
Factor which takes account of the distribution of strain (0.50 bending - 1.00 tension)	$s$	[mm]	150
Coefficient for $S_{r,max}$	$k_1$	[-]	0.80
Coefficient for $S_{r,max}$	$k_2$	[-]	0.50
Maximum crack spacing	$k_3$	[-]	3.40
Crack width	$k_4$	[-]	0.425
Crack width limit	$S_{r,max}$	[mm]	339.01
	$w_k$	[mm]	0.273
	$w_{lim}$	[mm]	0.300
<b>VERIFICATION RESULT</b>			<b>OK</b>

Abbildung17: Rissüberprüfung an der Kappenbasis (GZG)

Illustrazione 19: Verifica fessurazione base calotta (SLE)

STRESS CHARACTERISTICS SLS			M-Ea-T
Design value of Axial Force	$N_{Sd}$	[kN]	1244.61
Design value of Bending Moment	$M_{Sd}$	[kNm]	366.76
Design value of Shear Force	$T_{Sd}$	[kN]	0.00
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			M-Ea-T
Overall depth of the cross section	$h$	[mm]	450
Minimum width of the cross section in the tensile area	$b_w$	[mm]	1000
Effective depth of the cross section	$d$	[mm]	378.0
Neutral axis depth	$x$	[mm]	201.3
Maximum concrete stress (- = compression)	$\sigma_c$	[N/mm <sup>2</sup> ]	-13.886
Minimum concrete stress (- = compression)	$\sigma_{c1}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0.000
Maximum steel stress (+ = tension)	$\sigma_s$	[N/mm <sup>2</sup> ]	182.900
Minimum steel stress (+ = tension)	$\sigma_{s1}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0.000
Concrete limit stress	$\sigma_{c,lim}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	-18.426
Steel limit stress	$\sigma_{s,lim}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	360.000
<b>VERIFICATION RESULT</b>			<b>OK</b>
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			M-Ea-T
Characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days	$f_{ck}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	30.71
Mean value of axial tensile strength of concrete ( $=0.3f_{ck}^{2/3}$ per C≤C50/60)	$f_{ctm}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	2.942
Characteristic axial tensile strength of concrete ( $=0.7f_{ctm}$ )	$f_{ctk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	2.059
Partial factor of concrete	$\gamma_c$	[-]	1.000
Design tensile resistance of concrete	$f_{ctd}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	2.059
Main value of tensile strength of the concrete in the effective tension area ( $f_{ctm}$ )	$f_{ct,eff}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	2.942
Elastic modulus of reinforcing steel	$E_s$	[N/mm <sup>2</sup> ]	210000
Secant elastic modulus of concrete	$E_{cm}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	32000
$= E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	[-]	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 <sup>2</sup> ]	82900
Number of rebar in tension area	$n_l$	[-]	6.7
Rebar main diameter	$\phi_l$	[mm]	24
Cross section area of reinforcement in $A_{c,eff}$	$A_{sl}$	[mm <sup>2</sup> ]	3016
$= A_s/A_{c,eff}$	$\rho_{p,eff}$	[-]	0.0364
Main strain	$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	‰	0.680
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]	316.15
Crack width	$w_k$	[mm]	0.215
Crack width limit	$w_{lim}$	[mm]	0.300
<b>VERIFICATION RESULT</b>			<b>OK</b>

Abbildung18: Rissüberprüfung des Widerlagers (GZG)

In folgenden Abbildungen sind die strukturellen Überprüfungen der Ausbruchquerschnitte auf Feuerwiderstand aufgezeigt. In den unbewehrten Ausbruchquerschnitten wurden die Überprüfungen mit Reduzierung der Ausbruchquerschnittsstärken durchgeführt. Die Überprüfungen an den Stützen wurde, durch Vergleichung der Belastungen mit dem Bereich der auf 5 cm reduzierten Ausbruchquerschnitten (dem Feuer ausgesetzten Beton) oder mit dem Bereich der durch 20% herabgesetzten Bewehrungswiderstand erreicht wurde (Spannbeton an der Laibung), durchgeführt.

Illustrazione 20: Verifica fessurazione ritto (SLE)

Nelle seguenti illustrazioni sono riportate le verifiche strutturali delle sezioni nei confronti dell'esposizione al fuoco. Nelle sezioni non armate le verifiche sono state condotte riducendo lo spessore della sezione, nei ritti le verifiche sono state condotte confrontando le sollecitazioni con il dominio delle sezioni ridotte di 5cm (cls esposto al fuoco) o con il dominio ottenuto riducendo la resistenza dell'armatura del 20% (cls teso all'intradosso).



VERIFICA DELLA SEZIONE NON ARMATA CONSIDERANDO $F_{td} = 0$																			
Positive le trazioni																			
Positive le compressioni																			
VERIFICA A PRESSOFLESSIONE																			
VERIFICA A TAGLIO																			
Frame	Output/Cas	Step/Type	P	V3	V2	T	M3	M2	h	e	$N_{Ed}$	$N_{Ed}$ [kN]	Verifica $N_{Ed} < N_{Rd}$	$\sigma_c$	$\sigma_{sm}$	$\delta$	$f_{ctd}$	$V_{Ed}$ [kN]	Verifica $V_{Ed} < V_{Rd}$
Text	Text	Text	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m	[m]	[m]	[kN]	[kN]	[ ]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kN]	[kN]
C03	SLU13-21	Max	-1355.08	0.00	110.79	0.00	23.95	0.00	0.25	0.017	0.23	-5667	OK	4.23	9.52	5.29	2.77	656	OK
C03	SLU13-21	Max	-1351.85	0.00	111.88	0.00	-19.55	0.00	0.35	0.015	0.33	-6667	OK	4.15	9.52	5.37	2.75	651	OK
C04	SLU13-21	Max	-1351.29	0.00	93.03	0.00	-19.65	0.00	0.28	0.015	0.25	-5137	OK	5.39	9.52	4.13	3.05	569	OK
C04	SLU13-21	Max	-1348.19	0.00	94.30	0.00	-55.58	0.00	0.28	0.041	0.20	-4044	OK	6.82	9.52	2.70	3.35	626	OK
C05	SLU13-21	Max	-1345.18	0.00	60.47	0.00	-55.58	0.00	0.28	0.041	0.20	-4041	OK	6.82	9.52	2.70	3.35	626	OK
C05	SLU13-21	Max	-1341.46	0.00	62.36	0.00	-84.89	0.00	0.28	0.063	0.15	-3141	OK	8.74	9.52	0.78	3.73	696	OK
C06	SLU13-21	Max	-1334.57	0.00	13.59	0.00	-84.89	0.00	0.28	0.064	0.15	-3128	OK	8.74	9.52	0.79	3.73	695	OK
C06	SLU13-21	Max	-1331.05	0.00	15.83	0.00	-91.91	0.00	0.28	0.069	0.14	-2905	OK	9.38	9.52	0.14	3.84	717	OK
C07	SLU13-21	Max	-1320.06	0.00	-17.33	0.00	-91.91	0.00	0.28	0.070	0.14	-2882	OK	9.38	9.52	0.14	3.84	717	OK
C07	SLU13-21	Max	-1316.77	0.00	-14.76	0.00	-84.25	0.00	0.28	0.054	0.15	-3113	OK	8.66	9.52	0.86	3.71	693	OK
C08	SLU13-21	Max	-1303.61	0.00	-33.08	0.00	-84.25	0.00	0.28	0.065	0.15	-3096	OK	8.65	9.52	0.87	3.71	692	OK
C08	SLU13-21	Max	-1300.58	0.00	-30.21	0.00	-69.15	0.00	0.28	0.053	0.17	-3555	OK	7.49	9.52	2.03	3.49	651	OK
C09	SLU13-21	Max	-1286.87	0.00	-38.10	0.00	-69.15	0.00	0.28	0.054	0.17	-3532	OK	7.46	9.52	2.06	3.48	650	OK
C09	SLU13-21	Max	-1284.13	0.00	-34.96	0.00	-51.72	0.00	0.28	0.040	0.20	-4083	OK	6.44	9.52	3.08	3.27	611	OK
C10	SLU13-21	Max	-1271.04	0.00	-36.26	0.00	-51.72	0.00	0.28	0.041	0.20	-4066	OK	6.40	9.52	3.12	3.27	610	OK
C10	SLU13-21	Max	-1268.60	0.00	-32.87	0.00	-35.22	0.00	0.28	0.028	0.22	-4596	OK	5.65	9.52	3.87	3.11	580	OK
C11	SLU13-21	Max	-1256.89	0.00	-30.63	0.00	-35.22	0.00	0.28	0.028	0.22	-4585	OK	5.61	9.52	3.91	3.10	578	OK
C11	SLU13-21	Max	-1254.79	0.00	-27.01	0.00	-21.47	0.00	0.28	0.017	0.25	-5032	OK	5.11	9.52	4.41	2.98	557	OK
C12	SLU13-21	Max	-1244.91	0.00	-23.46	0.00	-21.47	0.00	0.28	0.017	0.25	-5026	OK	5.07	9.52	4.45	2.97	555	OK
C12	SLU13-21	Max	-1243.17	0.00	-19.66	0.00	-11.18	0.00	0.28	0.009	0.26	-5364	OK	4.74	9.52	4.78	2.90	541	OK
C13	SLU13-21	Max	-1235.34	0.00	-16.29	0.00	-11.18	0.00	0.28	0.009	0.26	-5362	OK	4.72	9.52	4.80	2.89	540	OK
C13	SLU13-21	Max	-1233.97	0.00	-12.35	0.00	-4.34	0.00	0.28	0.004	0.27	-5588	OK	4.52	9.52	5.00	2.84	531	OK
C14	SLU13-21	Max	-1228.24	0.00	-10.09	0.00	-4.34	0.00	0.28	0.004	0.27	-5588	OK	4.50	9.52	5.02	2.84	530	OK
C14	SLU13-21	Max	-1227.25	0.00	-6.03	0.00	-0.50	0.00	0.28	0.000	0.28	-5716	OK	4.40	9.52	5.12	2.81	525	OK
C15	SLU13-21	Max	-1225.57	0.00	-5.40	0.00	-0.50	0.00	0.28	0.000	0.28	-5716	OK	4.38	9.52	5.14	2.81	525	OK
C15	SLU13-21	Max	-1222.97	0.00	-1.27	0.00	-1.10	0.00	0.28	0.001	0.28	-5696	OK	4.40	9.52	5.12	2.81	525	OK
C16	SLU13-21	Max	-1221.21	0.00	-2.53	0.00	-1.10	0.00	0.28	0.001	0.28	-5696	OK	4.39	9.52	5.13	2.81	525	OK
C16	SLU13-21	Max	-1221.01	0.00	1.64	0.00	1.31	0.00	0.28	0.001	0.28	-5689	OK	4.39	9.52	5.13	2.81	525	OK
C17	SLU13-21	Max	-1221.01	0.00	-1.64	0.00	1.31	0.00	0.28	0.001	0.28	-5689	OK	4.39	9.52	5.13	2.81	525	OK
C17	SLU13-21	Max	-1221.21	0.00	2.54	0.00	1.09	0.00	0.28	0.001	0.28	-5696	OK	4.39	9.52	5.13	2.81	525	OK
C18	SLU13-21	Max	-1222.97	0.00	1.31	0.00	1.09	0.00	0.28	0.001	0.28	-5696	OK	4.40	9.52	5.12	2.81	525	OK
C18	SLU13-21	Max	-1223.57	0.00	5.44	0.00	-0.52	0.00	0.28	0.000	0.28	-5715	OK	4.38	9.52	5.14	2.81	525	OK
C19	SLU13-21	Max	-1227.26	0.00	6.13	0.00	-0.52	0.00	0.28	0.000	0.28	-5715	OK	4.40	9.52	5.12	2.81	525	OK
C19	SLU13-21	Max	-1228.25	0.00	10.18	0.00	-4.41	0.00	0.28	0.004	0.27	-5586	OK	4.50	9.52	5.02	2.84	530	OK
C20	SLU13-21	Max	-1223.99	0.00	12.53	0.00	-4.41	0.00	0.28	0.004	0.27	-5586	OK	4.52	9.52	5.00	2.84	531	OK
C20	SLU13-21	Max	-1235.36	0.00	16.47	0.00	-11.33	0.00	0.28	0.009	0.26	-5357	OK	4.72	9.52	4.80	2.80	540	OK
C21	SLU13-21	Max	-1243.21	0.00	19.95	0.00	-11.33	0.00	0.28	0.009	0.26	-5359	OK	4.75	9.52	4.77	2.90	541	OK
C21	SLU13-21	Max	-1244.96	0.00	23.74	0.00	-21.75	0.00	0.28	0.017	0.25	-5017	OK	5.08	9.52	4.44	2.98	556	OK
C22	SLU13-21	Max	-1254.87	0.00	27.42	0.00	-21.75	0.00	0.28	0.017	0.25	-5023	OK	5.12	9.52	4.41	2.98	557	OK
C22	SLU13-21	Max	-1256.97	0.00	31.03	0.00	-35.70	0.00	0.28	0.028	0.22	-4570	OK	5.63	9.52	3.89	3.10	579	OK
C23	SLU13-21	Max	-1268.72	0.00	33.38	0.00	-35.70	0.00	0.28	0.028	0.22	-4580	OK	5.67	9.52	3.85	3.11	580	OK
C23	SLU13-21	Max	-1271.16	0.00	36.77	0.00	-52.44	0.00	0.28	0.041	0.20	-4043	OK	6.44	9.52	3.08	3.27	611	OK
C24	SLU13-21	Max	-1284.30	0.00	35.55	0.00	-52.44	0.00	0.28	0.041	0.20	-4061	OK	6.48	9.52	3.04	3.28	613	OK
C24	SLU13-21	Max	-1287.05	0.00	38.69	0.00	-70.15	0.00	0.28	0.055	0.17	-3501	OK	7.53	9.52	1.99	3.50	653	OK
C25	SLU13-21	Max	-1300.81	0.00	30.80	0.00	-70.15	0.00	0.28	0.054	0.17	-3524	OK	7.56	9.52	1.96	3.50	654	OK
C25	SLU13-21	Max	-1303.84	0.00	33.67	0.00	-85.54	0.00	0.28	0.066	0.15	-3046	OK	8.76	9.52	0.76	3.73	696	OK
C26	SLU13-21	Max	-1317.05	0.00	15.22	0.00	-85.54	0.00	0.28	0.065	0.15	-3073	OK	8.77	9.52	0.75	3.73	697	OK
C26	SLU13-21	Max	-1320.34	0.00	17.79	0.00	-93.42	0.00	0.28	0.071	0.14	-2836	OK	9.53	9.52	-0.01	3.87	722	OK
C27	SLU13-21	Max	-1331.36	0.00	-15.70	0.00	-93.42	0.00	0.28	0.070	0.14	-2859	OK	9.53	9.52	-0.01	3.87	722	OK
C27	SLU13-21	Max	-1334.88	0.00	-13.46	0.00	-86.46	0.00	0.28	0.065	0.15	-3081	OK	8.87	9.52	0.65	3.75	700	OK
C28	SLU13-21	Max	-1341.78	0.00	-62.26	0.00	-86.46	0.00	0.28	0.064	0.15	-3094	OK	8.88	9.52	0.64	3.75	700	OK
C28	SLU13-21	Max	-1345.50	0.00	60.36	0.00	-57.20	0.00	0.28	0.043	0.19	-3992	OK	6.80	9.52	2.62	3.37	629	OK
C29	SLU13-21	Max	-1348.51	0.00	-94.23	0.00	-57.20	0.00	0.28	0.042	0.20	-3996	OK	6.91	9.52	2.61	3.37	629	OK
C29	SLU13-21	Max	-1351.62	0.00	-92.95	0.00	-21.30	0.00	0.28	0.016	0.25	-5087	OK	5.44	9.52	4.08	3.06	571	OK
C30	SLU13-21	Max	-1352.18	0.00	-111.89	0.00	-21.30	0.00	0.35	0.016	0.32	-6617	OK	4.18	9.52	5.34	2.76	653	OK
C30	SLU13-21	Max	-1355.41	0.00	-110.73	0.00	21.39	0.00	0.35	0.016	0.32	-6616	OK	4.19	9.52	5.33	2.76	654	OK
C03	SLU14-22	Max	-1288.84	0.00	126.21	0.00	61.25	0.00	0.35	0.048	0.26	-5316	OK	4.96	9.52	4.56	2.95	697	OK
C03	SLU14-22	Max	-1285.62	0.00	127.30	0.00	12.62	0.00	0.35	0.010	0.34	-6860	OK	3.84	9.52	5.68	2.67	632	OK
C04	SLU14-22	Max	-1286.18	0.00	112.64	0.00	12.62	0.00	0.28	0.010	0.26	-5331	OK	4.94	9.52	4.58	2.94	590	OK
C04	SLU14-22	Max	-1283.07	0.00	113.92	0.00	-30.84	0.00	0.28	0.024	0.23	-4747	OK	5.53	9.52	3.99	3.08	575	OK
C05	SLU14-22	Max	-1281.84	0.00	85.21	0.00	-30.84	0.00	0.28	0.024	0.23	-4747	OK	4.93	9.52	3.99	3.08	575	OK
C05	SLU14-22	Max	-1278.12	0.00	87.10	0.00	-71.95	0.00	0.28	0.056	0.17	-3427	OK	7.63	9.52	1.89	3.52	656	OK
C06	SLU14-22	Max	-1273.88	0.00	44.28	0.00	-71.95	0.00	0.28	0.056	0.17	-3420	OK	7.63	9.52	1.89	3.52	656	OK
C06	SLU14-22	Max	-1270.36	0.00	46.52	0.00	-93.62	0.00	0.28	0.074	0.13	-2715	OK	9.58	9.52	-0.06	3.88	724	OK
C07	SLU14-22	Max	-1261.79	0.00	2.52	0.00	-93.62	0.00	0.28	0.074	0.13	-2694	OK	9.59	9.52	-0.07	3.88	724	OK
C07	SLU1																		

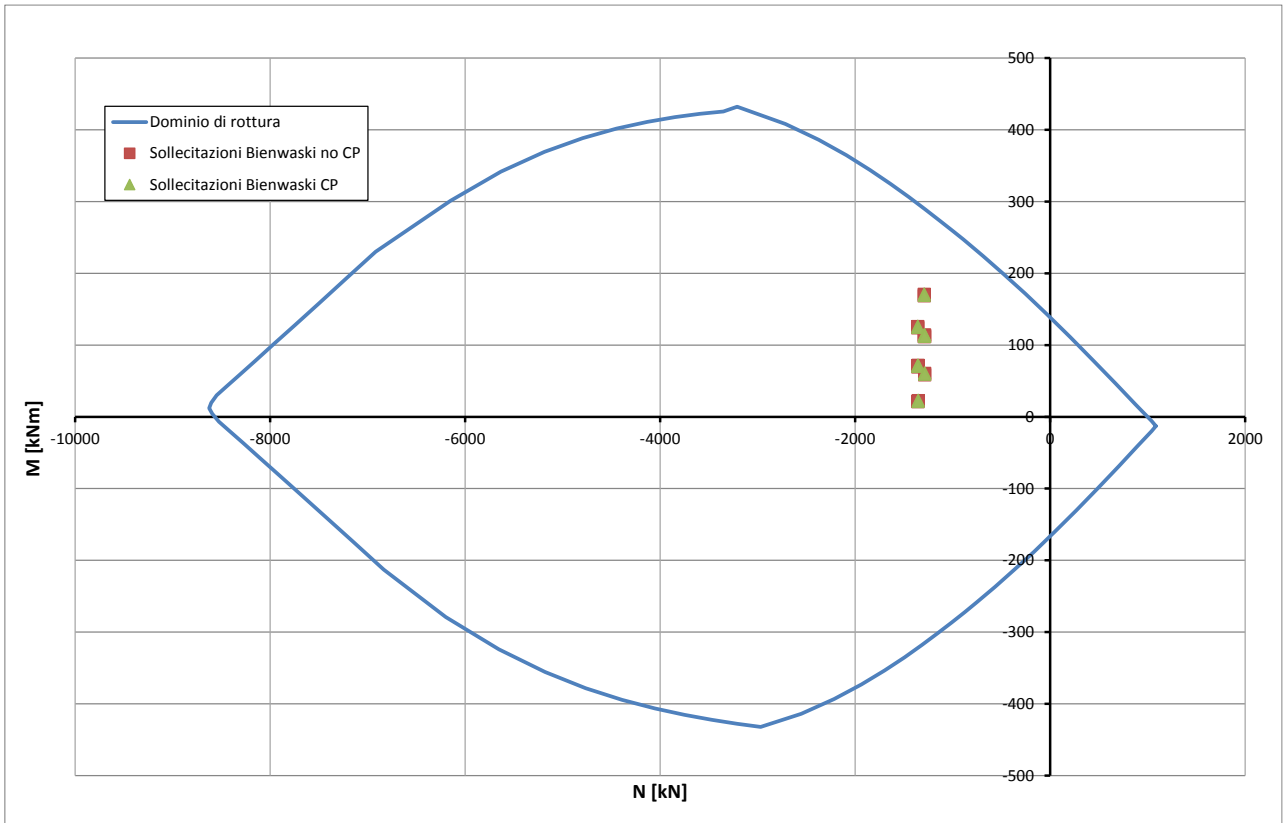


Abbildung20: Überprüfung auf Beulspannung an der Kappenbasis (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 22: Verifica a pressoflessione base calotta (SLU) nei confronti del fuoco

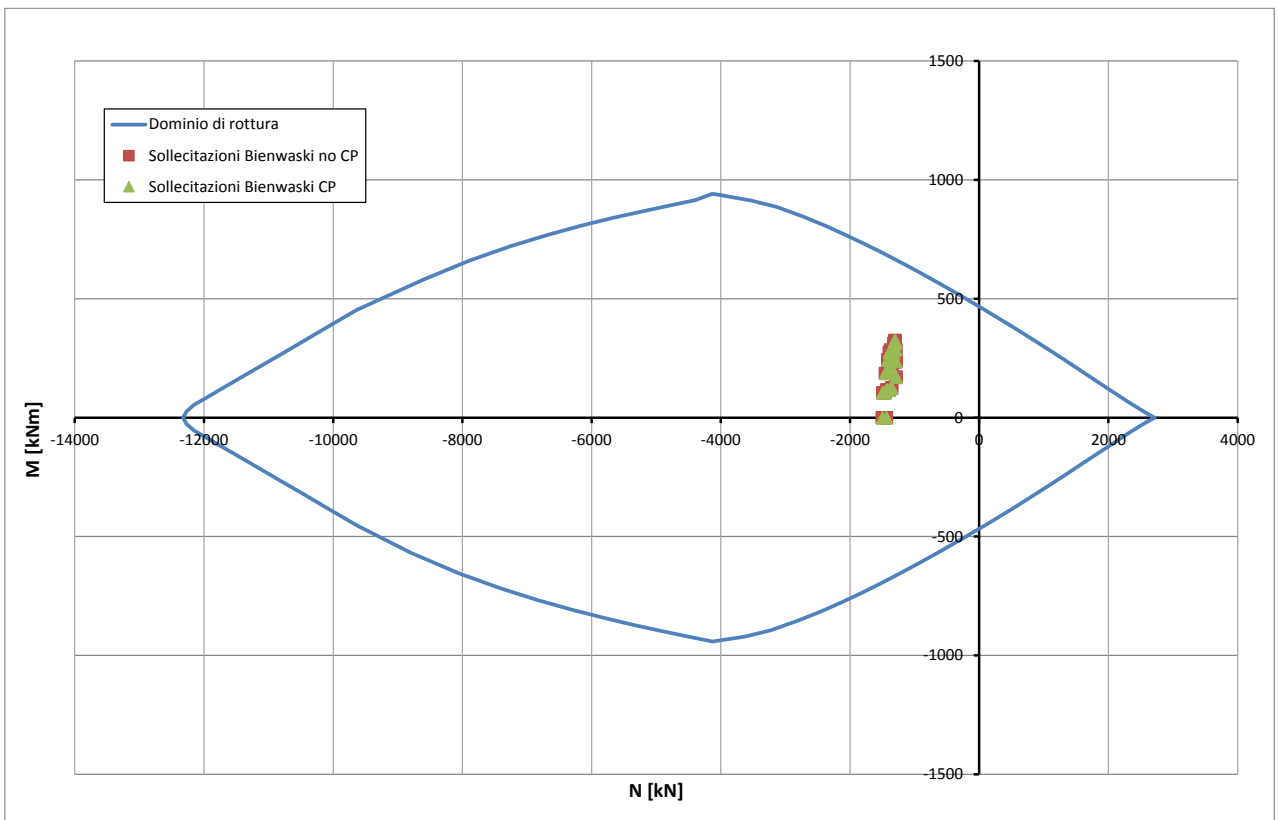


Abbildung21: Beul Spannungsnachweis der Widerlager (GZT) bzgl. Brand

Illustrazione 23: Verifica a pressoflessione dei ritti (SLU) nei confronti del fuoco