

COMMITTENTE



COMUNE DI GENOVA

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
**ALBERTO BITOSSI**  
IL DIRETTORE ESECUTORE DEL CONTRATTO  
**ANTONIO ROSSA**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)**

**PROGETTAZIONE**

**MANDANTARIA**

MANDANTE  
MANDANTE



MANDANTE



**ABDR architetti associati srl.**

STUDIO ARCHITETTONICO

**AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA**

IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE

*Dott. Ing. Alessandro Peresso*

SCALA:

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

E 2 1 D 0 0 D Z 3 R H F A 4 4 0 0 1 0 6 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	ABDR	23/02/2022	P. Desideri	23/02/2022	A. Peresso	23/02/2022	
B	VAR. TEAM COMMESSA	ABDR	17/05/2022	P. Desideri	17/05/2022	A. Peresso	17/05/2022	
C	EMISSIONE PER COMMENTI	ABDR	07/2022	P. Desideri	07/2022	A. Peresso	07/2022	



NOME FILE: E21D-00-D-Z3-RH-FA4400-106-C

n. Elab.:



	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">COMMESSA</th> <th style="width: 15%;">LOTTO</th> <th style="width: 15%;">CODIFICA</th> <th style="width: 15%;">DOCUMENTO</th> <th style="width: 15%;">REV.</th> <th style="width: 15%;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">3 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	3 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	3 di 94								

## INDICE

<b>1. Introduzione.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Riferimenti Normativi .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Proprietà dei materiali.....</b>	<b>7</b>
3.1 Calcestruzzo C25/30 - fondazioni (ex. § 4.1.2 NTC 18).....	7
3.2 Acciaio per barre d'armatura B450C (ex. § 11.3.2 NTC 18 ) .....	7
3.3 Acciaio S355J0 (ex. § 4.2.1.1 NTC 18) .....	8
3.4 Bulloni (ex. § 11.3.4.6 NTC 08) .....	9
<b>4. Analisi delle sezioni.....</b>	<b>10</b>
4.1 HEB260 .....	10
4.2 HEB120 .....	11
<b>5. Carichi.....</b>	<b>12</b>
5.1 Carico neve (Q <sub>1</sub> ) (ex. § 3.4 N.T.C.18).....	13
5.2 Carico vento (Q <sub>3</sub> ) (ex. § 3.3 N.T.C.18).....	14
5.3 Azione della temperatura (Q <sub>4</sub> ) (ex. § 3.5.5 N.T.C.18) .....	16
5.4 Carico da manutenzione.....	17
5.5 Azione sismica.....	18
5.5.1 Determinazione manuale dei torcenti sismici convenzionali di piano (ex. § 7.2.6 NTC '18).....	26
5.6 Combinazione dei carichi.....	30
<b>6. Modello di calcolo.....</b>	<b>33</b>
<b>7. Analisi dinamica.....</b>	<b>34</b>
<b>8. Verifiche di resistenza - carpenteria metallica.....</b>	<b>37</b>
8.1 Profilo HEB 260 .....	37
8.1.1 Verifica di instabilità.....	39
8.2 Profilo HEB 120 .....	41
<b>9. Verifiche di deformazione verticale .....</b>	<b>43</b>
<b>10. Verifica delle connessioni .....</b>	<b>47</b>
10.1 Connessione Pilastro-trave (tipo 1).....	47
10.1.1 Verifica dell'unione bullonata.....	48
10.1.2 Verifica del piatto .....	49
10.2 Connessione Pilastro-trave (tipo 2).....	50
10.3 Verifica della connessione Trave Principale - Trave secondaria .....	52
10.3.1 Verifica dell'unione bullonata.....	53
10.4 Verifica della connessione in fondazione .....	54
10.4.1 Verifica della carpenteria metallica.....	55
10.4.2 Verifica dei tirafondi.....	56
<b>11. Verifica delle fondazioni .....</b>	<b>60</b>

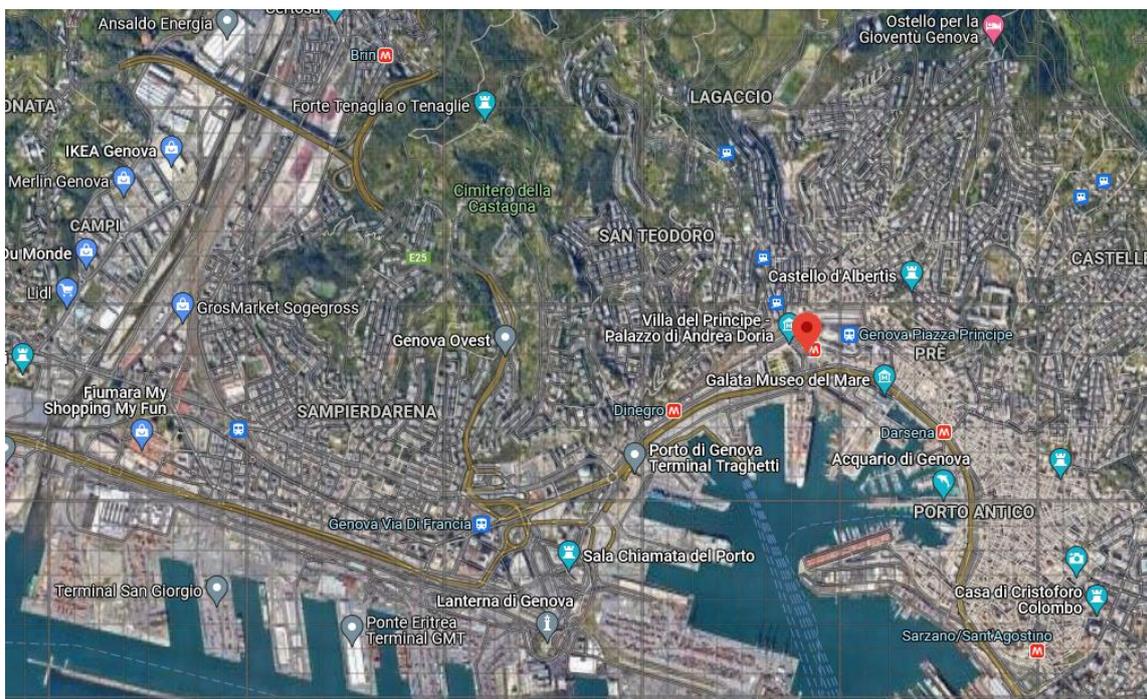
	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>4 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	4 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	4 di 94								

11.1	CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO .....	61
11.2	Modello di Calcolo della Fondazione con Winkler .....	61
11.2.1	Calcolo della costante elastica di Winkler.....	63
11.3	Confronto tra modello con fondazione rigida e flessibile .....	67
11.4	VERIFICHE DI RESISTENZA .....	69
11.4.1	Verifiche di Resistenza Geotecnica (A1+M1+R3) .....	69
11.4.2	Verifica della fondazione .....	79
11.4.3	Verifica Soletta di fondazione .....	86
11.5	Analisi conclusive in merito alla verifica delle fondazioni.....	94

	<p align="center"><b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b></p>												
<p><b>NOME DOCUMENTO</b>          AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -          STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>5 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	5 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	5 di 94								

## 1. Introduzione

La presente relazione di calcolo riporta le verifiche strutturali relative al nuovo capolinea degli autobus da realizzarsi a Genova, zona Fanti. La struttura di nuova realizzazione si compone di profili metallici che realizzano la parte in elevazione, collegati tra loro da giunti sia saldati sia realizzati da bulloni.



**Figura 1** Geolocalizzazione - vista in pianta

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">6 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	6 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	6 di 94								

## 2. Riferimenti Normativi

Nella stesura dei calcoli e nella redazione degli elaborati progettuali si è fatto riferimento alle Leggi ed alle Norme tecniche vigenti di seguito riportate:

- **D.M. 17.01.2018 [NTC 18]**

“Norme tecniche per le costruzioni”

- **Circolare 21 Gennaio 2019, n°7**

“Istruzioni per l’applicazione dell’“Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 Gennaio 2018.

- **CNR-DT 207/2008**

“Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”

- **UNI-EN 1090-1 2013**

“Esecuzione delle strutture in acciaio e di alluminio. Parte1: requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali”.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>7 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	7 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	7 di 94								

### 3. Proprietà dei materiali

#### 3.1 Calcestruzzo C25/30 - fondazioni (ex. § 4.1.2 NTC 18)

$E = 31476 [MPa]$  : modulo di elasticità

$\mu = 0.2$  : rapporto di Poisson

$\gamma = 25 [KN / m^3]$  : peso specifico

$\alpha = 1.0 \cdot 10^{-5} [1/^\circ C]$  : coefficiente di dilatazione termica

$f_{bk} = 4.04 [MPa]$  : resistenza di caratteristica di aderenza

$f_{cd} = 14.2 [MPa]$  : resistenza di calcolo a compressione del cls

$f_{ctd} = 1.2 [MPa]$  : resistenza di calcolo a trazione del cls

#### 3.2 Acciaio per barre d'armatura B450C (ex. § 11.3.2 NTC 18)

$E = 210000 [MPa]$  : modulo di elasticità

$f_{nom} = 540 [MPa]$  : tensione nominale a carico massimo

$f_{ynom} = 450 [MPa]$  : tensione nominale di snervamento

$f_{yd} = 390 [MPa]$  : resistenza di calcolo dell'acciaio

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>8 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	8 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	8 di 94								

### 3.3 Acciaio S355J0 (ex. § 4.2.1.1 NTC 18)

$E = 210000 [MPa]$  : modulo di elasticità

$\mu = 0.33$  : rapporto di Poisson

$\gamma = 80 [KN/m^3]$  : peso specifico

$\alpha = 1.2 \cdot 10^{-5} [1/^\circ C]$  : coefficiente di dilatazione termica

$f_{tk} = 510 [MPa]$  : tensione di rottura

$f_{yk} = 355 [MPa]$  : tensione caratteristica di snervamento

$f_{ywd} = 338 [MPa]$  : resistenza di progetto dell'acciaio

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">9 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	9 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	9 di 94								

### 3.4 Bulloni (ex. § 11.3.4.6 NTC 08)

CLASSE DI RESISTENZA: 8.8

$f_{yb} = 640 [MPa]$  : tensione di snervamento

$f_{ub} = 800 [MPa]$  : tensione di rottura

In accordo con le NTC'18, le resistenze a taglio e trazione si determinano come segue.

Resistenza a taglio:

$$F_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_{res}}{\gamma_{Mb}}$$

La resistenza a trazione:

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_{res}}{\gamma_{Mb}}$$

Bullone	Fvrd [kN]	Ftrd [kN]
M16	50.2	90
M24	135	203

**Tabella 1** Valori di resistenza bulloni

**NOME DOCUMENTO**

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
 STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA4400106

REV.

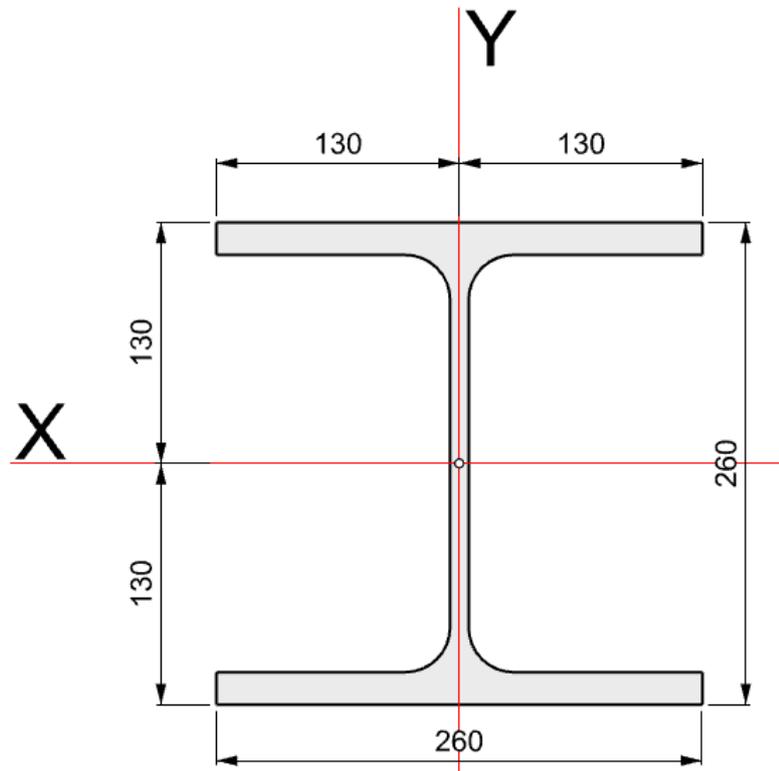
A

FOGLIO

10 di 94

## 4. Analisi delle sezioni

### 4.1 HEB260



HEB 260			
Parametri		Unità	
Area	A	118	cm <sup>2</sup>
Inerzia	J <sub>x</sub>	14919	cm <sup>4</sup>
	y <sub>max</sub>	13	cm
Modulo di resistenza	W <sub>x</sub>	1147	cm <sup>3</sup>
Inerzia	J <sub>y</sub>	5134	cm <sup>4</sup>
	x <sub>max</sub>	13	cm
Modulo di resistenza	W <sub>y</sub>	394	cm <sup>3</sup>

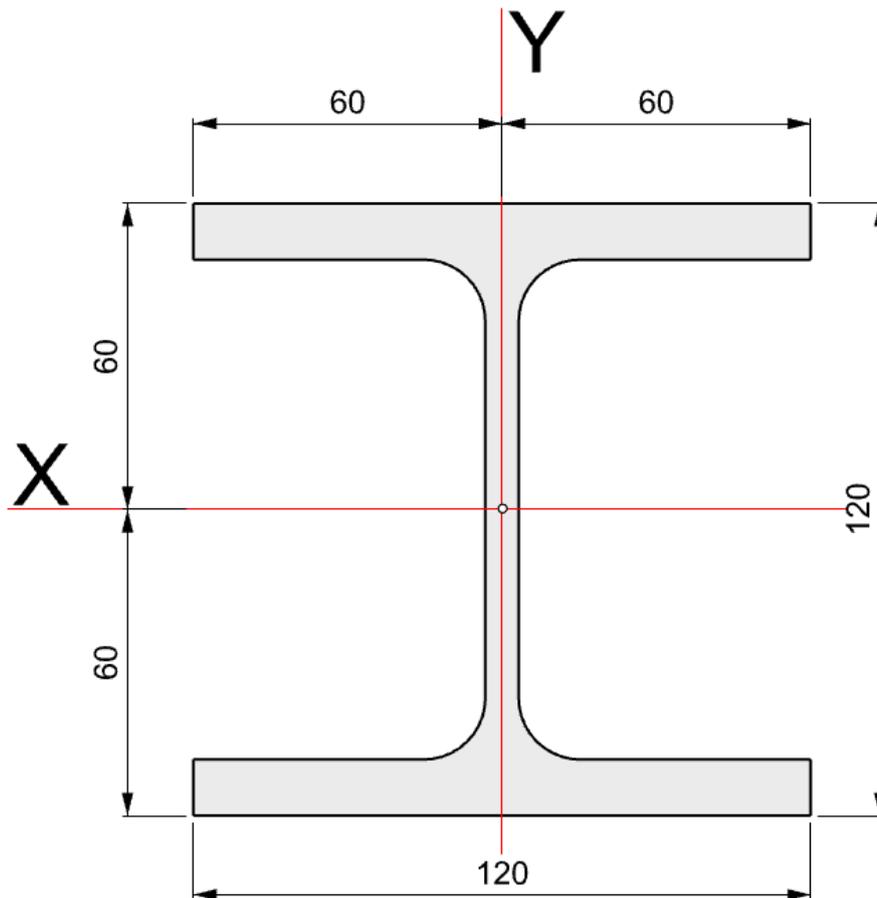
Tabella 2 Parametri geometrici HEB 260

**NOME DOCUMENTO**

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	11 di 94

**4.2 HEB120**



HEB 120			
Parametri		Unità	
Area	A	34	cm <sup>2</sup>
Inerzia	J <sub>x</sub>	864	cm <sup>4</sup>
	y <sub>max</sub>	6	cm
Modulo di resistenza	W <sub>x</sub>	144	cm <sup>3</sup>
Inerzia	J <sub>y</sub>	317	cm <sup>4</sup>
	x <sub>max</sub>	6	cm
Modulo di resistenza	W <sub>y</sub>	52.8	cm <sup>3</sup>

Tabella 3 Parametri geometrici HEB 120

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>12 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	12 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	12 di 94								

## 5. Carichi

Peso proprio degli elementi componenti la struttura (G1):

- Calcestruzzo armato = 25.0 [kN/m<sup>3</sup>];
- Elementi in acciaio = 78.5 [kN/m<sup>3</sup>].

Peso proprio degli elementi non strutturali (G2):

- Carico permanente portato (Copertura) **G2 = 0.50 [kN/m<sup>2</sup>]** così suddiviso:

Strati	carico
Pannello composito e sottostruttura [interno]	0.10 [kN / m <sup>2</sup> ]
Lamiera Grecata	0.08 [kN / m <sup>2</sup> ]
Tavolato	0.22 [kN / m <sup>2</sup> ]
Pannello composito e sottostruttura [esterno]	0.10 [kN / m <sup>2</sup> ]

Per i carichi variabili si rimanda ai paragrafi seguenti.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>13 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	13 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	13 di 94								

### 5.1 Carico neve ( $Q_1$ ) (ex. § 3.4 N.T.C.18)

Il carico dovuto alla neve sulle coperture viene valutato secondo Normativa dalla seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Dove:

- $q_s$  è il carico neve sulla copertura;
- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura, nel caso in oggetto pari a 0.8;
- $q_{sk}$  è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo, pari a 1.0kN/m<sup>2</sup> per la zona di Genova;
- $C_E$  è il coefficiente di esposizione, posto pari ad 1;
- $C_t$  è il coefficiente termico, posto pari ad 1.

Il carico provocato dalla neve risulta pertanto essere pari a  $q_s = 0.80[kN/m^2]$

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">14 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	14 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	14 di 94								

## 5.2 Carico vento ( $Q_3$ ) (ex. § 3.3 N.T.C.18)

La pressione del vento è data dalla seguente espressione:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Considerando come D la classe di rugosità del terreno, si determina una categoria II di esposizione del sito.

<b>Zona 7</b>	$v_{b,0} = 28 [m/s]$	$a_0 = 1000 [m]$	$k_a = 0.54 [1/s]$
<b>Categoria sito II</b>	$k_r = 0.19$	$z_0 = 0.05 [m]$	$z_{\min} = 4 [m]$

**Tabella 4** Parametri modellazione azione del vento

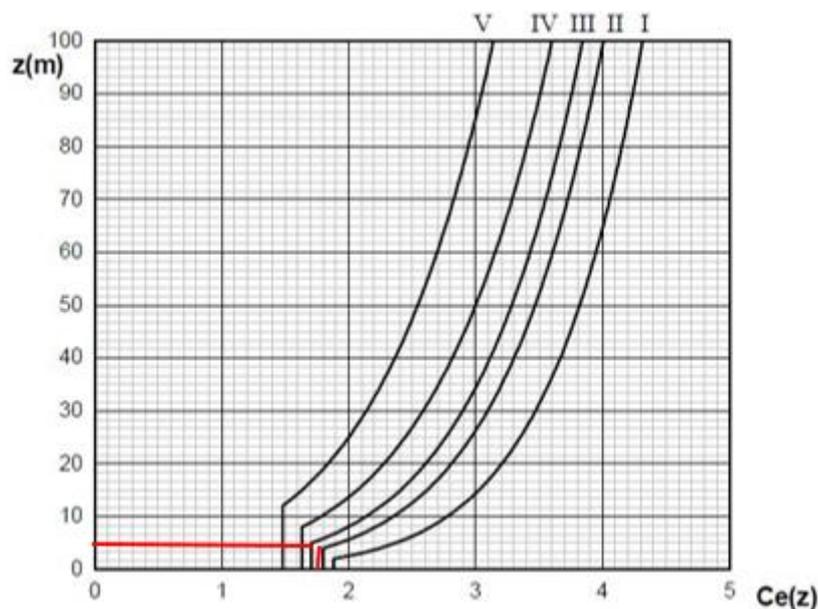
Dati questi parametri di input, si determinano i coefficienti dell'espressione vista sopra.

- $q_b$  è la pressione cinetica di riferimento, pari a  $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2 = 50 [kg/m^2]$

dove:

- $\rho$  è la densità dell'aria assunta pari a 1.25 kg/mc;
- $v_b$  è la velocità di riferimento del vento, pari a 28m/s

- $c_e$  è il coefficiente di esposizione, pari a  $c_e(z) = c_e(z_{\min}) = 1.8$  [determinabile graficamente dall'immagine sottostante]



**Figura 2** Coefficiente di esposizione

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">15 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	15 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	15 di 94								

La pressione del vento che si determina è pertanto pari a:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d = 0.9 [kN / m^2]$$

Il comportamento aerodinamico degli edifici e in particolare delle tettoie a semplice falda, viene analizzato in accordo con il paragrafo G.6.1 (CNR-DT207-2008). La tabella sottostante riporta i valori dei coefficienti di forza per le tettoie a semplice falda con vento agente perpendicolarmente alla linea di colmo.

**Tabella G.XII – Coefficienti di forza per tettoie a semplice falda ( $\alpha$  in  $^\circ$ ).**

Valori positivi	Tutti i valori di $\varphi$	$c_F = +0,2 + \alpha/30$
Valori negativi	$\varphi = 0$ $\varphi = 1$	$c_F = -0,5 - 1,3 \cdot \alpha/30$ $c_F = -1,4$

**Tabella 5** Coefficienti di forza

Il grado di bloccaggio ' $\varphi$ ' è assunto pari a 0.5. Con buona approssimazione si può infatti affermare come metà del volume al di sotto della pensilina sia ostruito da box, mentre l'altra metà sia libera.



**Figura 3** Prospetto architettonico

Pertanto, per valori di  $\varphi$  compresi tra 0 ed 1 è ammessa un'interpolazione lineare.

$$c_f(0) = -0.5$$

$$c_f(1) = -1.4$$

$$c_f(0.5) = -0.95$$

[coefficiente di forza negativo]

$$c_f(0.5) = +0.2$$

[coefficiente di forza positivo]

**NOME DOCUMENTO**  
 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
 STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	16 di 94

Il carico vento sulla tettoia è da applicarsi con distribuzione lineare, la cui risultante è come riportato nella figura sottostante.

Per il calcolo della tettoia si considerano le condizioni di carico più gravose tra le quattro indicate nella Figura G.27, dove la forza risultante  $F = q_p(\bar{z}) \cdot L^2 \cdot c_F$  (Eqq. 3.13a,b,c) è applicata sopravento ad una distanza pari a  $d/4$  dal bordo investito dal flusso.

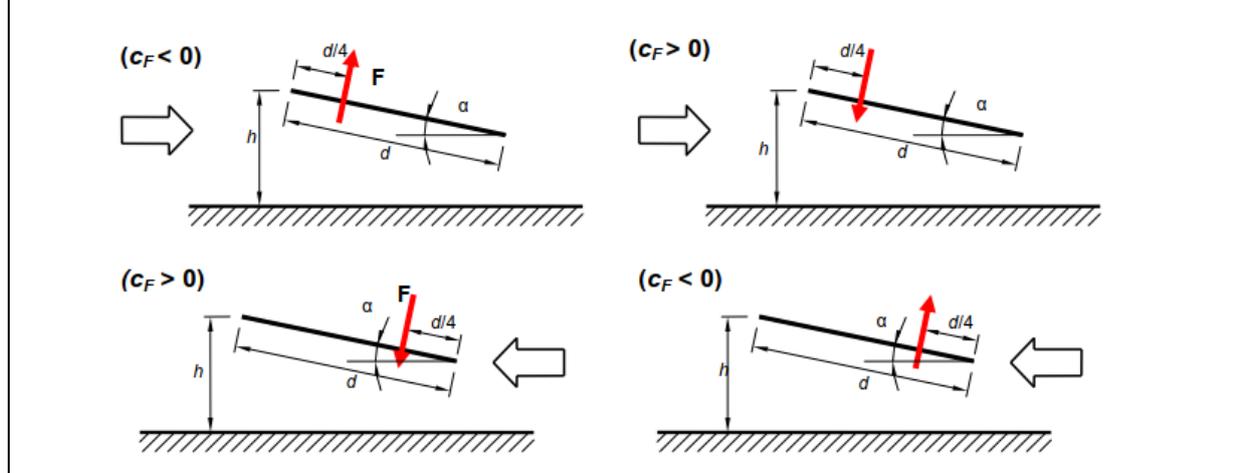


Figura 4 Applicazione carichi

$$q^- = p \cdot c_f^- = 0.85 [kN / m^2]$$

$$q^+ = p \cdot c_f^+ = 0.18 [kN / m^2]$$

### 5.3 Azione della temperatura (Q<sub>4</sub>) (ex. § 3.5.5 N.T.C.18)

Per la struttura in oggetto si considera una componente di  $\Delta T$  come azione sollecitante. Il valore viene assunto basandosi sulla tabella qui sotto riportata.

Tab. 3.5.II – Valori di  $\Delta T_u$  per gli edifici

Tipo di struttura	$\Delta T_u$
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio protette	$\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$

Tabella 6 Valori di  $\Delta T$

$$\Delta T = \pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">17 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	17 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	17 di 94								

#### 5.4 Carico da manutenzione

In accordo con le NTC '18 (tabella 3.1.II) si assume un carico da manutenzione uniformemente distribuito pari a:

$$q(M) = 0.50[kN / m^2]$$

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">18 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	18 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	18 di 94								

## 5.5 Azione sismica

L'opera oggetto di studio è situata a Genova. Di seguito si riportano i dati utilizzati ed i risultati ottenuti per l'elaborazione degli spettri di risposta, calcolati in direzione orizzontale e verticale per lo stato limite di danno (SLD) e per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

- VITA NOMINALE DELL'OPERA, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO (ex. § 2.4 N.T.C.)

$V_N \geq 50$  anni : Vita nominale di opere ordinarie.

Classe II : Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti (come definito al paragrafo 2.4.2 delle NTC '18);

$V_R$  : Periodo di riferimento.

$C_U$  : Coefficiente d'uso.

Classe II  $\Rightarrow C_U = 1.0$

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.0 = 50[\text{anni}]$$

- VALORI DI  $a_g, F_0, T_C^*$  PER PERIODO DI RITORNO  $T_R$

$a_g$  : Accelerazione orizzontale attesa massima al suolo

$F_0$  : Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di acc.orizzontale

$T_C^*$  : Periodo di inizio del tratto a velocità cost. dello spettro di acc. orizzontale

$P_{VR}$  : Probabilità di superamento

$T_R$  : Periodo di ritorno

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento  $P_{VR}$  in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$	
	Stati limite di esercizio	SLO
SLD		63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

**Tabella 7** Probabilità di superamento al variare dello stato limite considerato (ex. § 3.2.1 NTC 18).

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>19 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	19 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	19 di 94								

- CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE (ex. § 3.2.2 N.T.C.)

Categoria “C”

Categoria topografica “T1” : superficie pianeggiante

- VALUTAZIONE DELL’AZIONE SISMICA – SPETTRI DI RISPOSTA

Gli spettri di risposta considerati nel calcolo sono stati ottenuti con il programma di calcolo fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Tale programma permette di ottenere gli spettri di risposta orizzontali e verticali per ogni tipo di stato limite. Per l’opera in oggetto è stato considerato lo stato limite di danno (SLD) e di salvaguardia della vita (SLV).

Parametri considerati (ex. § 3.2.3 NTC 18):

$\xi = 5\%$  : Smorzamento  
 $\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} = \sqrt{10/(5+5)} = 1$  : Fattore di alterazione dello spettro  
 $q$  : Fattore di comportamento

- **Procedimento di calcolo del fattore di comportamento  $q$  (ex. § 7.3 NTC 18):**

**L’intera struttura viene assunta a carattere strutturale NON DISSIPATIVO.**

In accordo con quanto definito con il paragrafo 7.3 delle Norme Tecniche vigenti, per gli stati limite SLD ed SLV il limite massimo del fattore di comportamento è pari a 1.5. Per lo stato limite SLO il limite è 1.0.

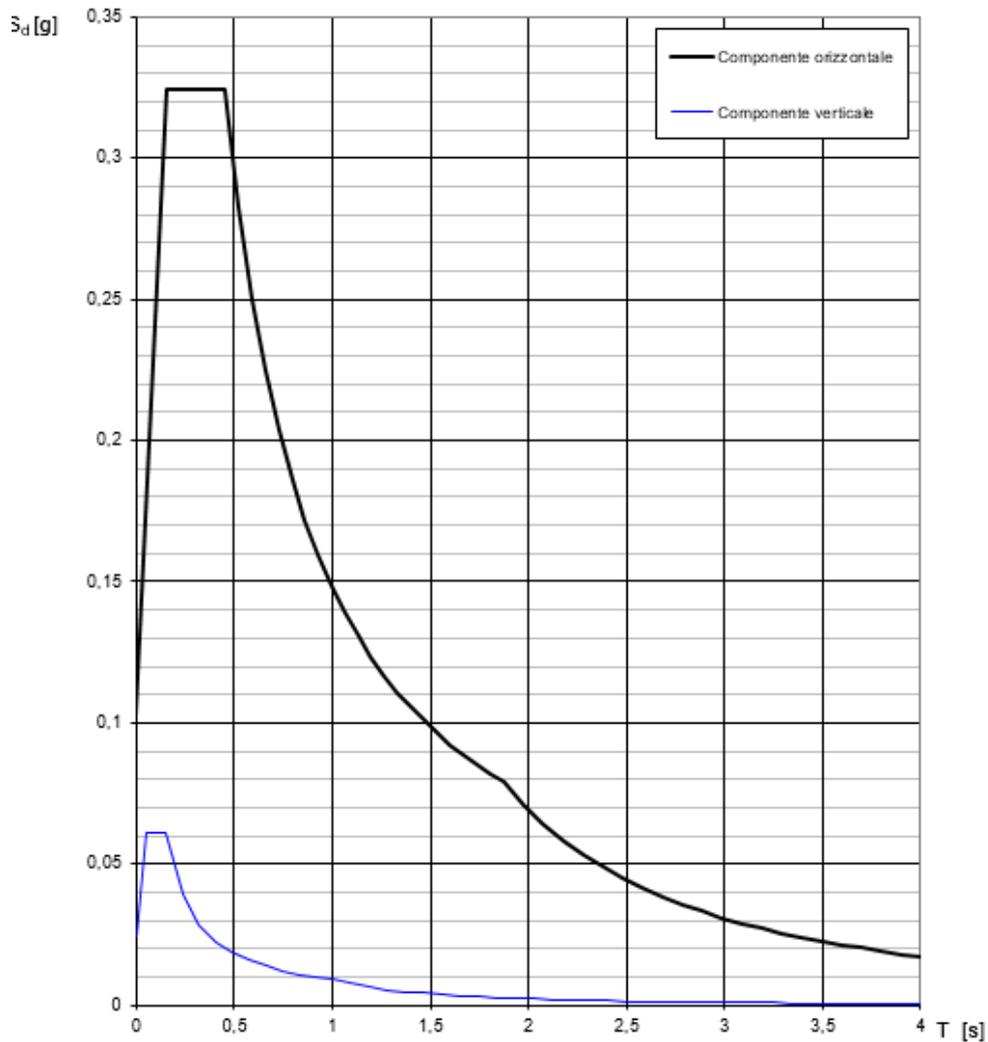
**A favore di sicurezza, si assume un fattore di sicurezza unitario.**

Il sisma è stato introdotto nel modello agli elementi finiti nelle tre direzioni principali  $x$ ,  $y$  e  $z$  secondo i seguenti spettri di risposta. Tali spettri sono poi moltiplicati nel modello di calcolo per l’accelerazione di gravità “ $g$ ”.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>20 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	20 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	20 di 94								

### SPETTRI DI RISPOSTA

#### Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Tabella 8** Spettro di risposta elastico orizzontale e verticale – SLV

**NOME DOCUMENTO**

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	21 di 94

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,068 g
$F_0$	2,536
$T_C$	0,287 s
$S_S$	1,500
$C_C$	1,585
$S_T$	1,000
$q$	0,800

**Parametri dipendenti**

$S$	1,500
$\eta$	1,250
$T_B$	0,152 s
$T_C$	0,455 s
$T_D$	1,873 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,102
$T_B$	0,152	0,325
$T_C$	0,455	0,325
	0,523	0,283
	0,590	0,250
	0,658	0,225
	0,725	0,204
	0,793	0,186
	0,860	0,172
	0,928	0,159
	0,995	0,148
	1,063	0,139
	1,130	0,131
	1,198	0,123
	1,265	0,117
	1,333	0,111
	1,400	0,105
	1,468	0,101
	1,535	0,096
	1,603	0,092
	1,671	0,088
	1,738	0,085
	1,806	0,082
$T_D$	1,873	0,079
	1,974	0,071
	2,076	0,064
	2,177	0,058
	2,278	0,053
	2,380	0,049
	2,481	0,045
	2,582	0,042
	2,683	0,038
	2,785	0,036
	2,886	0,033
	2,987	0,031
	3,088	0,029
	3,190	0,027
	3,291	0,026
	3,392	0,024
	3,494	0,023
	3,595	0,021
	3,696	0,020
	3,797	0,019
	3,899	0,018
	4,000	0,017

La verifica dell'adeguatezza del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

**Tabella 9** Parametri spettro di risposta elastico orizzontale - SLV

**NOME DOCUMENTO**

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

E21D

00 D Z3

RH

FA4400106

A

22 di 94

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato lin\$LV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{SLV}$	0,024 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,000
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	0,835
$S$	1,000
$\eta$	1,000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,024
$T_B$	0,050	0,061
$T_C$	0,150	0,061
	0,235	0,039
	0,320	0,029
	0,405	0,023
	0,490	0,019
	0,575	0,016
	0,660	0,014
	0,745	0,012
	0,830	0,011
	0,915	0,010
$T_D$	1,000	0,009
	1,094	0,008
	1,188	0,006
	1,281	0,006
	1,375	0,005
	1,469	0,004
	1,563	0,004
	1,656	0,003
	1,750	0,003
	1,844	0,003
	1,938	0,002
	2,031	0,002
	2,125	0,002
	2,219	0,002
	2,313	0,002
	2,406	0,002
	2,500	0,001
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001
	3,813	0,001
	3,906	0,001
	4,000	0,001

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

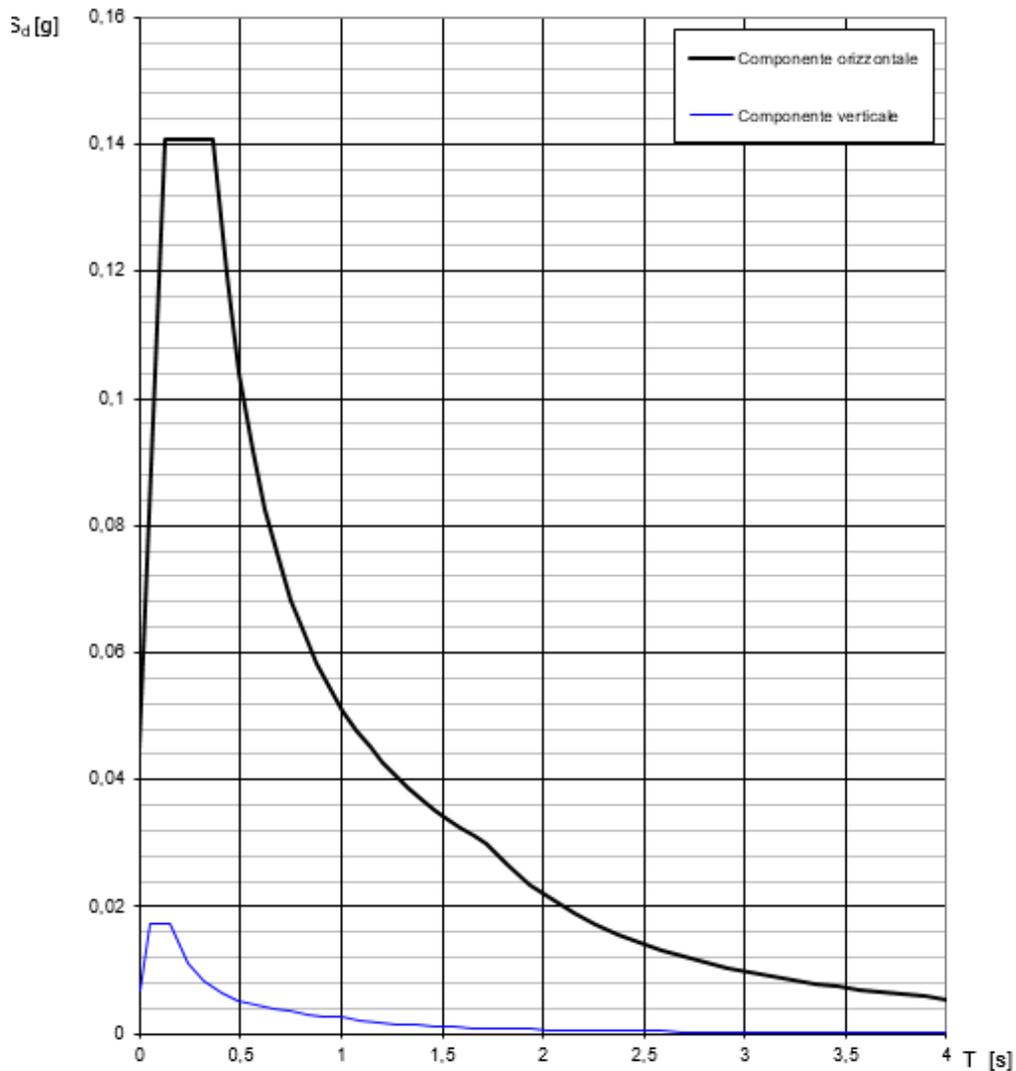
**NOME DOCUMENTO**

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	23 di 94

**Tabella 10** Parametri spettro di risposta elastico verticale – SLV

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLD**



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

**Figura 5** Spettro di risposta elastico orizzontale – SLD

**NOME DOCUMENTO**  
 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	24 di 94

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLD**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0,030 g
$F_0$	2,525
$T_C$	0,207 s
$S_s$	1,500
$C_C$	1,767
$S_T$	1,000
$q$	0,800

**Parametri dipendenti**

$S$	1,500
$\eta$	1,250
$T_B$	0,122 s
$T_C$	0,365 s
$T_D$	1,719 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_c(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,045
$T_B$	0,122	0,141
$T_C$	0,365	0,141
	0,430	0,120
	0,494	0,104
	0,559	0,092
	0,623	0,082
	0,687	0,075
	0,752	0,068
	0,816	0,063
	0,881	0,058
	0,945	0,054
	1,010	0,051
	1,074	0,048
	1,139	0,045
	1,203	0,043
	1,268	0,041
	1,332	0,039
	1,397	0,037
	1,461	0,035
	1,526	0,034
	1,590	0,032
	1,654	0,031
$T_D$	1,719	0,030
	1,828	0,026
	1,936	0,024
	2,045	0,021
	2,153	0,019
	2,262	0,017
	2,371	0,016
	2,479	0,014
	2,588	0,013
	2,697	0,012
	2,805	0,011
	2,914	0,010
	3,022	0,010
	3,131	0,009
	3,240	0,008
	3,348	0,008
	3,457	0,007
	3,566	0,007
	3,674	0,007
	3,783	0,006
	3,891	0,006
	4,000	0,006

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dell

**Tabella 11** Parametri spettro di risposta elastico orizzontale – SLD

**NOME DOCUMENTO**

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	25 di 94

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato lirSLD**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_{gv}$	0,007 g
$S_a$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,000
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	0,588
$S$	1,000
$\eta$	1,000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_a \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_{gv}}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,007
$T_B$	0,050	0,017
$T_C$	0,150	0,017
	0,235	0,011
	0,320	0,008
	0,405	0,006
	0,490	0,005
	0,575	0,005
	0,660	0,004
	0,745	0,004
	0,830	0,003
	0,915	0,003
$T_D$	1,000	0,003
	1,094	0,002
	1,188	0,002
	1,281	0,002
	1,375	0,001
	1,469	0,001
	1,563	0,001
	1,656	0,001
	1,750	0,001
	1,844	0,001
	1,938	0,001
	2,031	0,001
	2,125	0,001
	2,219	0,001
	2,313	0,000
	2,406	0,000
	2,500	0,000
	2,594	0,000
	2,688	0,000
	2,781	0,000
	2,875	0,000
	2,969	0,000
	3,063	0,000
	3,156	0,000
	3,250	0,000
	3,344	0,000
	3,438	0,000
	3,531	0,000
	3,625	0,000
	3,719	0,000
	3,813	0,000
	3,906	0,000
	4,000	0,000

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Tabella 12** Parametri spettro di risposta elastico verticale – SLD

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>26 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	26 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	26 di 94								

### 5.5.1 *Determinazione manuale dei torcenti sismici convenzionali di piano (ex. § 7.2.6 NTC '18)*

Le attuali Norme Tecniche per le costruzioni, al paragrafo 7.2.6, richiedono di attribuire un'eccentricità accidentale al baricentro delle masse rispetto alla sua posizione originale, in modo da tener conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella distribuzione delle masse. Questa eccentricità nella normativa viene assunta convenzionalmente pari al 5% della dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione del sisma.

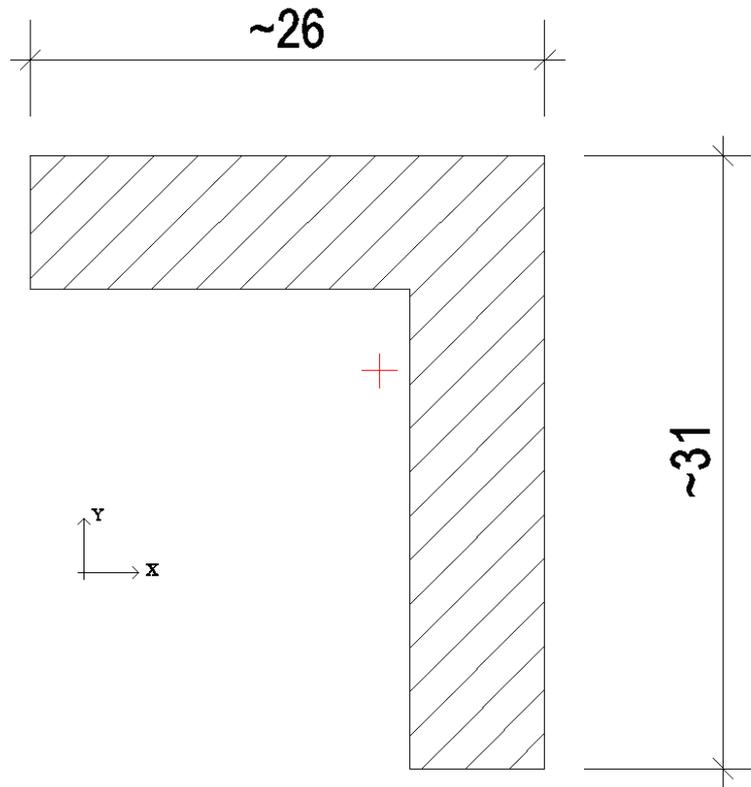
Le combinazioni con eccentricità accidentale vengono prese in considerazione aggiungendo un equivalente momento torcente di piano: questo viene determinato come il prodotto tra le forze statiche di piano e la suddetta eccentricità accidentale. Le forze statiche vengono valutate come forze di inerzia indotte dall'azione sismica, considerando le masse concentrate a livello degli impalcati. Nel modello di calcolo tale azione viene inserita sia con segno positivo sia con segno negativo in modo da massimizzare gli effetti sulla struttura.

Il centro di massa, in ogni direzione considerata, deve essere spostato di una distanza pari al 5% della dimensione dell'edificio in direzione perpendicolare all'azione sismica:

**NOME DOCUMENTO**

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	27 di 94



**Figura 6 3d edificio**

$$e_{ax} = \pm 0.05 \cdot 31 = \pm 1.55[m]$$

$$e_{ay} = \pm 0.05 \cdot 26 = \pm 1.30[m]$$

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">28 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	28 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	28 di 94								

Le forze statiche vengono determinate così come indicato al paragrafo 7.3.3.2 delle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2018 (*analisi lineare statica*).

$$F_i = F_h \cdot z_i \cdot \frac{W_i}{\sum_j z_j W_j} \quad \text{Forze statiche di piano;} \quad (\text{ex. } \S 7.3.3.2 \text{ NTC 18})$$

$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda_i / g$  è la forza di taglio alla base relativa al modo considerato;

$F_i$  è la forza da applicare alla massa i-esima;

$W_i$  e  $W_j$  sono i pesi, rispettivamente, della massa i e della massa j;

$z_i$  e  $z_j$  sono le quote, rispetto al piano di fondazione, delle masse i e j;

La massa del piano di copertura viene valutata in ambito sismico secondo la seguente formulazione:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$

dove i carichi permanenti non sono fattorizzati, mentre il coefficiente  $\psi_{2j}$  vale 0.0 per il carico neve, vento, temperatura e manutenzione.

Considerando un'area in pianta dell'edificio di circa 345m<sup>2</sup>, si valuta la massa sismica per la copertura.

$$w_{\text{Copertura}} = G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \approx 145 + 173 = 318[\text{kN}]$$

Impalcato	z (m)	Wi (kN)
Copertura	4.5	318

**Tabella 10** Masse concentrate a livello degli impalcati in elevazione.

Cautelativamente si assume  $S_d(T)$  pari al massimo valore dello spettro di risposta.

### Copertura

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda_i / g = 0.325 \cdot 318 \cdot 1 = 105[\text{kN}] \quad \text{:SLV}$$

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda_i / g = 0.141 \cdot 318 \cdot 1 = 45[\text{kN}] \quad \text{:SLD}$$

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">29 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	29 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	29 di 94								

**SLV**

Sisma in direzione x		$S_d(T) = 0.325g$	
Impalcato	$F_i$ (kN)	$e_y$ (m)	$M_t = F_i \cdot e_y$ (kNm)
Copertura	105	$\pm 1.30$	136

Sisma in direzione y		$S_d(T) = 0.507g$	
Impalcato	$F_i$ (kN)	$e_x$ (m)	$M_t = F_i \cdot e_y$ (kNm)
copertura	105	$\pm 1.55$	162

**Tabella 11** Momenti torcenti di piano equivalenti ad un'eccentricità del 5% per le combinazioni allo SLV.

**SLD**

Sisma in direzione x		$S_d(T) = 0.141g$	
Impalcato	$F_i$ (kN)	$e_y$ (m)	$M_t = F_i \cdot e_y$ (kNm)
Copertura	45	$\pm 1.30$	58

Sisma in direzione y		$S_d(T) = 0.199g$	
Impalcato	$F_i$ (kN)	$e_x$ (m)	$M_t = F_i \cdot e_y$ (kNm)
copertura	45	$\pm 1.55$	70

**Tabella 11** Momenti torcenti di piano equivalenti ad un'eccentricità del 5% per le combinazioni allo SLD.

I momenti torcenti determinati vengono applicati alla copertura della struttura e combinati con le altre azioni in gioco come definito nel capitolo seguente.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">30 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	30 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	30 di 94								

## 5.6 Combinazione dei carichi

Ai fini delle verifiche degli stati limite i carichi sopra citati sono stati combinati nel seguente modo (ex. § 2.5.3 NTC 18):

- Combinazione quasi permanente (SLE):

$$G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} \cdot Q_{Kj}$$

- Combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_Q \cdot \left[ Q_{K1} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} \cdot Q_{Kj} \right]$$

- Combinazione caratteristica rara (SLE):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{K1} + \left( \sum_{j=2}^n \psi_{0j} \cdot Q_{Kj} \right)$$

- Combinazione sismica (SLD - SLV):

$$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} \cdot Q_{Kj}$$

dove:  $G_1$  = carico permanente strutturale (peso proprio struttura)

$G_2$  = carico permanente non strutturale

$Q_{Kj}$  = carico variabile:  $Q_{K1}$  = carico variabile primario

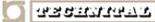
$Q_{K2}; Q_{K3}; \dots$  = carichi variabili secondari

$E$  = azione sismica

$\gamma_{Gi}; \gamma_{Qi}; \gamma_P$  = coefficienti parziali di sicurezza (ex. § 2.6.1 NTC 18)

$\psi_{0j}; \psi_{1j}; \psi_{2j}$  = coefficienti di combinazione (ex. § 2.5.2 NTC 18)

- Coefficienti parziali per i carichi di esercizio:

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services S.p.A.  ARCHITETTI ASSOCIATI	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">31 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	31 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	31 di 94								

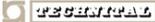
- $\gamma_{G1} = 1.3$  : coefficiente per i carichi permanenti strutturali  
 $\gamma_{G2} = 1.5$  : coefficiente per i carichi permanenti non strutturali  
 $\gamma_{Qi} = 1.5$  : coefficiente per i carichi variabili - SLU

- coefficiente per i carichi variabili  $\psi_i$  :

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	$\psi_0$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	da valutarsi caso per caso		
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella 13 Valori dei coefficienti di combinazione

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services S.p.A.  ARCHITETTI ASSOCIATI	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>32 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	32 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	32 di 94								

COMBINAZIONI	G1	G2	Q1 <sub>neve</sub>	Q2 <sub>man.</sub>	Q3 <sub>vento</sub>	Q4 <sub>ΔT</sub>	EX	EY	EZ	Mt(+/-)
Comb. 1 - SLU <sub>NEVE</sub>	1.3	1.5	1.5	0.0	0.9	0.9	/	/	/	/
Comb. 2 - SLU <sub>MANUTENZIONE</sub>	1.3	1.5	0.75	1.5	0.9	0.9	/	/	/	/
Comb. 3 - SLU <sub>VENTO</sub>	1.3	1.5	0.75	0.0	1.5	0.9	/	/	/	/
Comb. 4 - SLU <sub>ΔT</sub>	1.3	1.5	0.75	0.0	0.9	1.5	/	/	/	/
Comb. 5 - SLE <sub>NEVE</sub>	1.0	1.0	1.0	0.0	0.6	0.6	/	/	/	/
Comb. 6 - SLE <sub>MANUTENZIONE</sub>	1.0	1.0	0.5	1.0	0.6	0.6	/	/	/	/
Comb. 7 - SLE <sub>VENTO</sub>	1.0	1.0	0.5	0.0	1.0	0.6	/	/	/	/
Comb.8 - SLE <sub>ΔT</sub>	1.0	1.0	0.5	0.0	0.6	1.0	/	/	/	/
Comb. 9 - Quasi perm.	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	/	/	/	/
Comb. 10 - SLV X + ecc <sup>+/-</sup>	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.3	0.3	1.0
Comb. 11 - SLV Y + ecc <sup>+/-</sup>	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.3	1.0
Comb. 12 - SLV Z + ecc <sup>+/-</sup>	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	1.0	1.0
Comb. 13 - SLD X + ecc <sup>+/-</sup>	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.3	0.3	1.0
Comb. 14 - SLD Y + ecc <sup>+/-</sup>	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.3	1.0
Comb. 15 - SLD Z + ecc <sup>+/-</sup>	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	1.0	1.0

**Tabella 14** Combinazioni di carico

Per ottenere un controllo più agevole sui risultati del calcolo sono stati introdotti gli involuipi delle combinazioni esaminate:

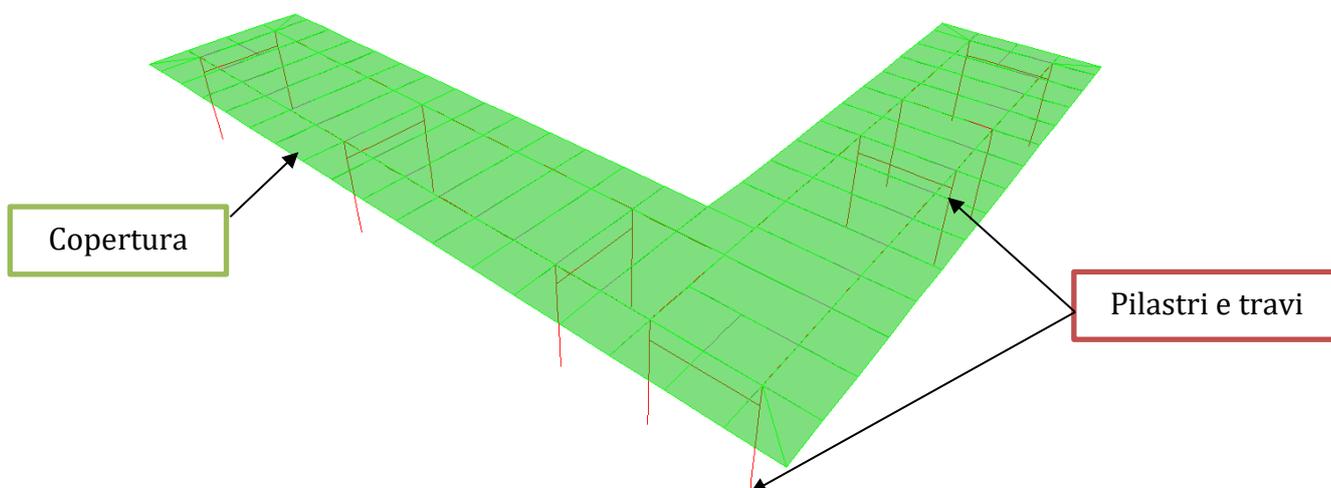
INVILUPPO	COMBINAZIONI
SLU	Comb.1 + Comb.2 + Comb.3 + Comb.4
SLE	Comb.5 + Comb.6 + Comb.7 + Comb.8
SLV	Comb.10 + Comb.11 + Comb.12
SLD	Comb.13 + Comb.14 + Comb.15

**Tabella 15** Involuppo delle combinazioni di carico

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">33 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	33 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	33 di 94								

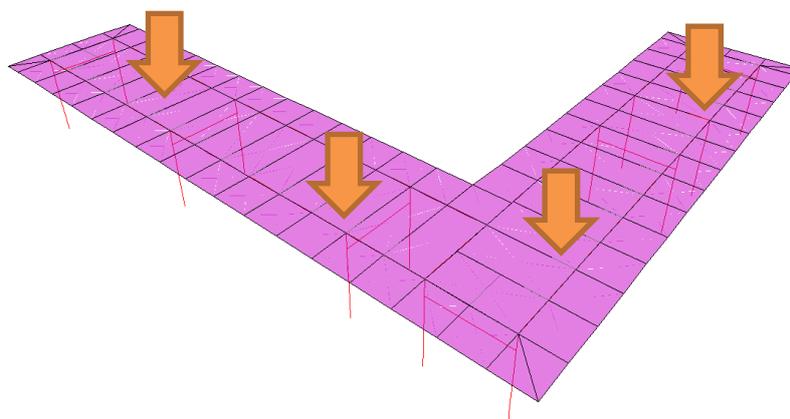
## 6. Modello di calcolo

Il modello di calcolo del capolinea in oggetto è realizzato da elementi tipo 'frame' per simulare le travi e i pilastri in acciaio. Per quanto riguarda la copertura, si adottano elementi tipo 'shell' privi di rigidezza, col solo compito di distribuire in maniera uniforme i carichi in gioco.



**Figura 7** Modello di calcolo carpenteria metallica

Il carico di neve e quello di manutenzione si applicano in maniera uniformemente distribuita sulla copertura, come si evince dall'immagine sottostante.



**Figura 8** Applicazione carico neve e manutenzione

Il carico vento è invece applicato come riportato in Figura 4.

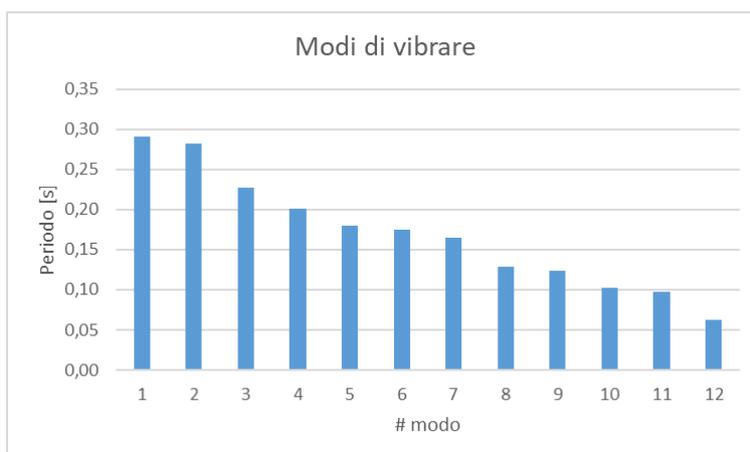
	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>34 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	34 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	34 di 94								

## 7. Analisi dinamica

In prima istanza è necessario valutare il comportamento dinamico della struttura. In accordo con il paragrafo 7.3.3.1 delle NTC'18, l'utilizzo di un'analisi lineare dinamica per la valutazione delle azioni sismiche (analisi modale) richiede di considerare una massa totale partecipante almeno pari all'85% di quella sismica globale. Pertanto, si riportano nel seguito i modi di vibrare della struttura che vengono considerati.

Modo	Periodo	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
N°	[s]	%/100	%/100	%/100	%/100	%/100	%/100
1	0,29	0,00	0,00	0,01	0,3%	0,2%	0,6%
2	0,28	0,38	0,00	0,22	38,0%	0,2%	23,0%
3	0,23	0,00	0,59	0,31	38,0%	59,0%	54,0%
4	0,20	0,00	0,11	0,27	38,0%	70,0%	81,0%
5	0,18	0,15	0,05	0,02	53,0%	75,0%	84,0%
6	0,17	0,01	0,16	0,03	54,0%	91,0%	87,0%
7	0,17	0,36	0,00	0,00	90,0%	91,0%	87,0%
8	0,13	0,01	0,00	0,03	91,0%	92,0%	89,0%
9	0,12	0,01	0,00	0,02	92,0%	92,0%	92,0%
10	0,10	0,04	0,01	0,00	95,0%	93,0%	92,0%
11	0,10	0,01	0,03	0,04	96,0%	96,0%	96,0%
12	0,06	0,00	0,00	0,00	96,0%	96,0%	96,0%

**Tabella 16** Modi di vibrare e percentuale di massa partecipante



**Tabella 17** Modi di vibrare

**NOME DOCUMENTO**

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

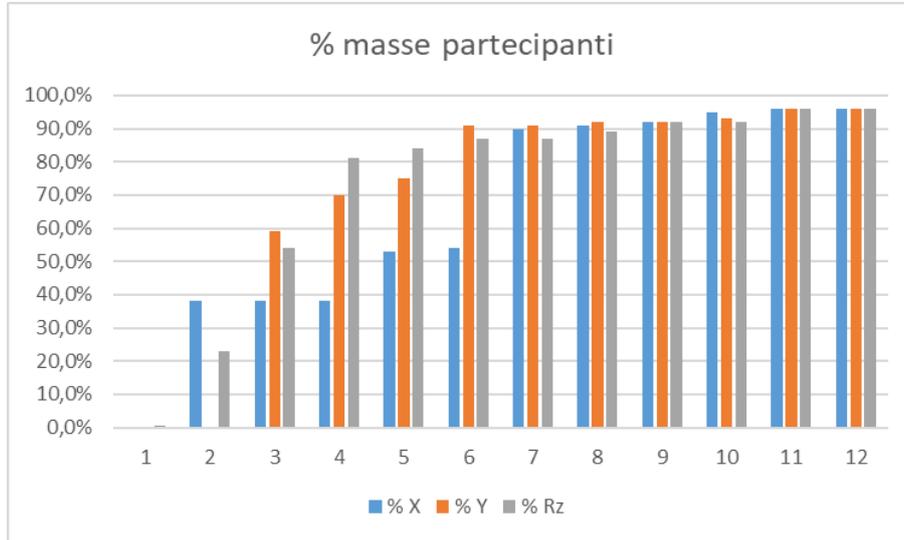
FA4400106

REV.

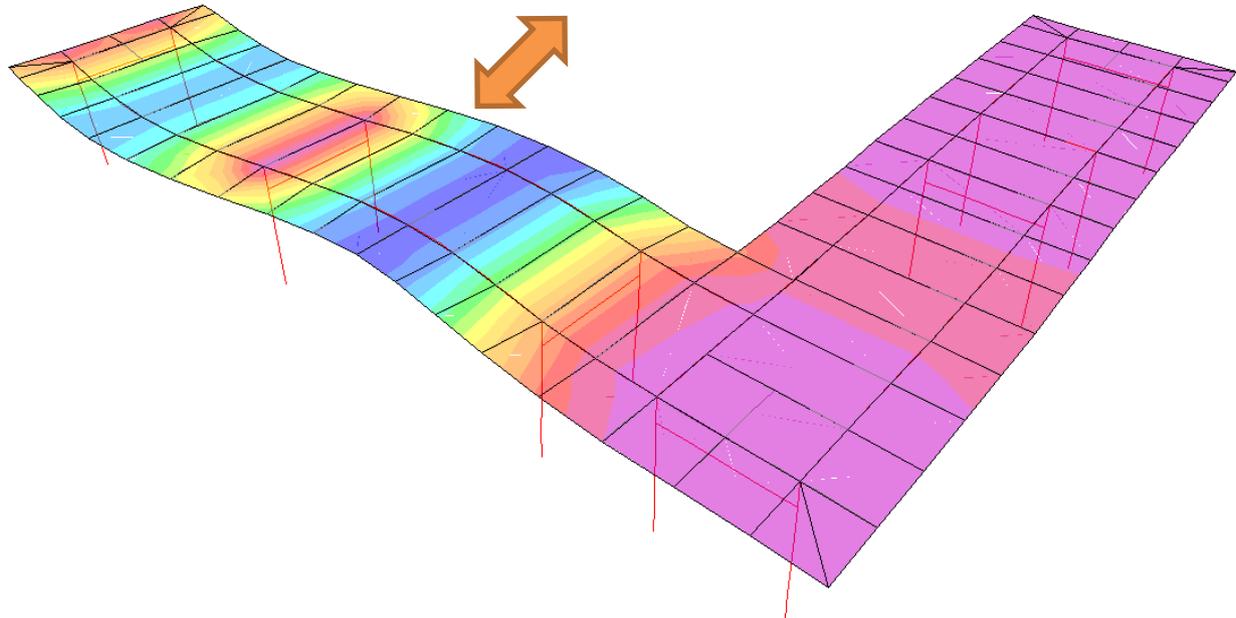
A

FOGLIO

35 di 94



**Tabella 18** Percentuali di massa partecipante



**Figura 9** Primo modo di vibrare

**NOME DOCUMENTO**

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

E21D

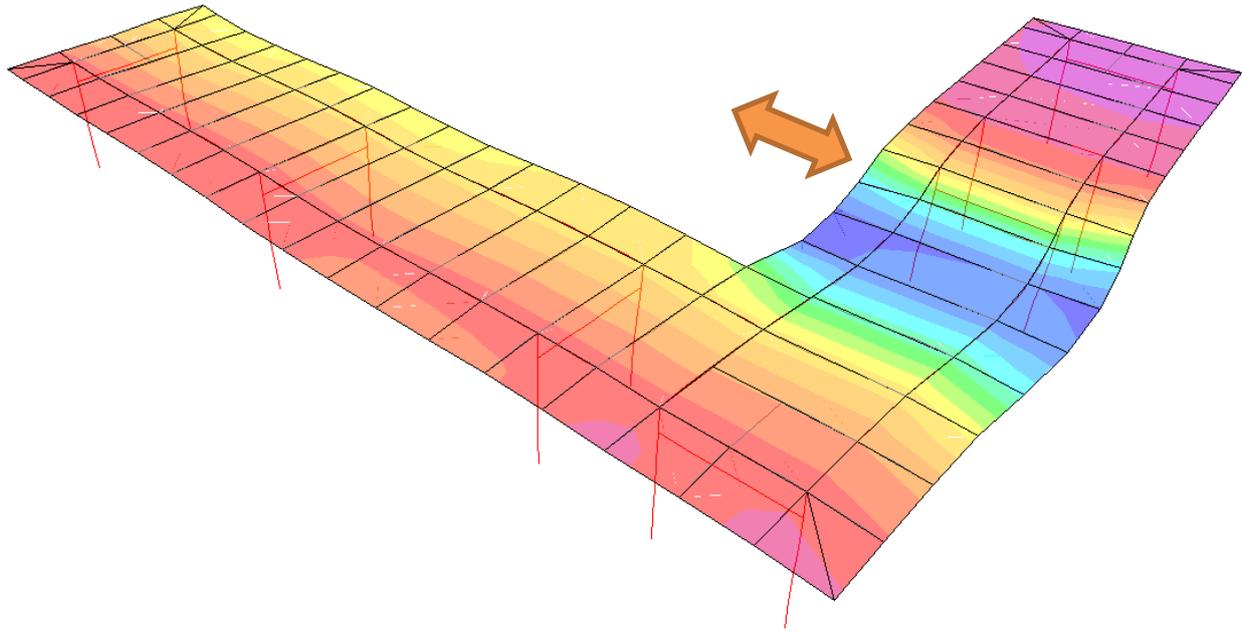
00 D Z3

RH

FA4400106

A

36 di 94



**Figura 10** Terzo modo di vibrare

**NOME DOCUMENTO**

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

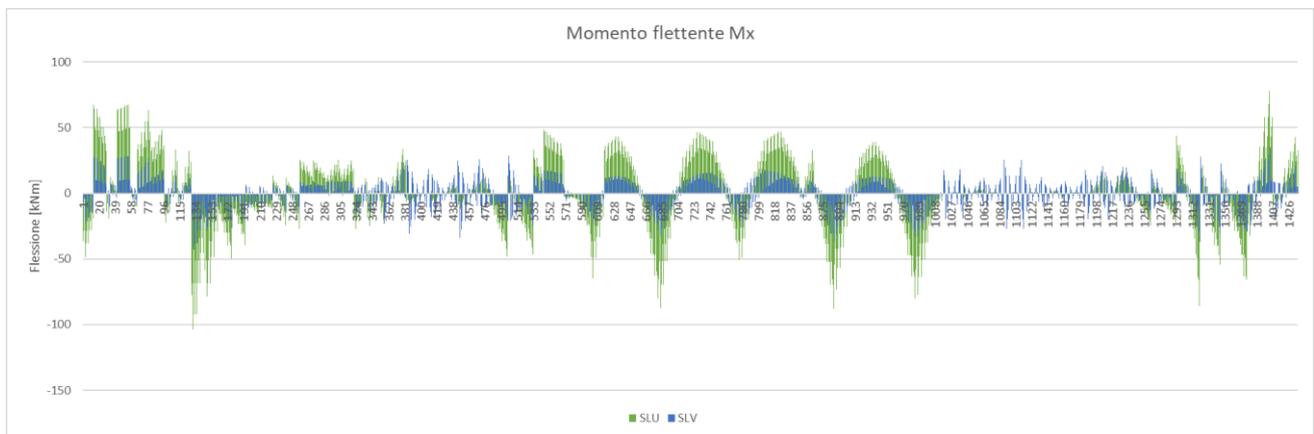
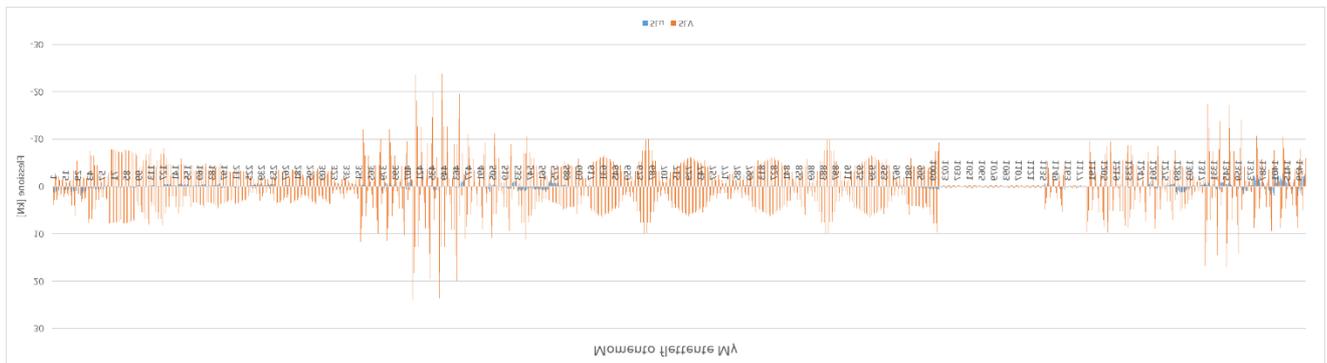
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	37 di 94

## 8. Verifiche di resistenza – carpenteria metallica

Nel seguito si riportano le verifiche di resistenza di tutti gli elementi strutturali.

### 8.1 Profilo HEB 260

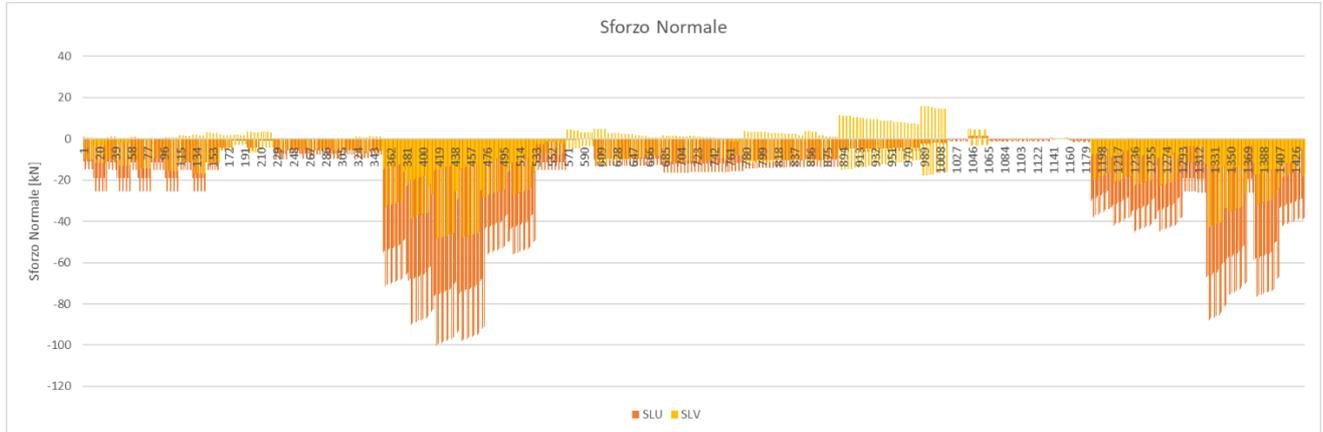
Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni ottenute dall'involuppo delle due combinazioni di carico che si assumono per la verifica dei profili metallici: SLU ed SLV.


**Tabella 19 Flessione Mx**

**Tabella 20 Flessione My**

**NOME DOCUMENTO**

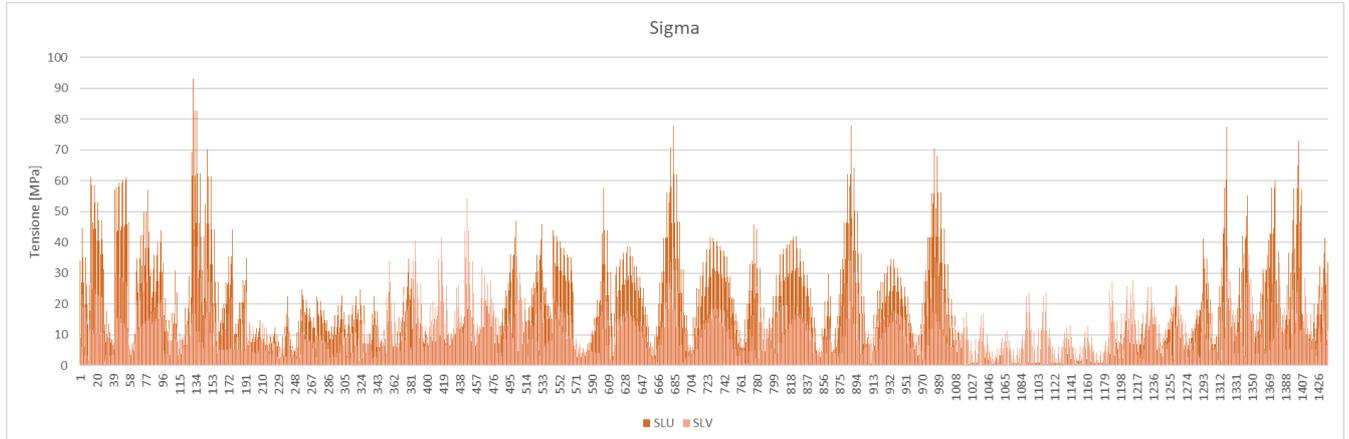
 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	38 di 94

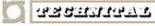

**Tabella 21 Sforzo normale**

Ai fini della verifica dei profili in oggetto, si assume il seguente criterio di verifica.

$$\sigma = \frac{M_x}{w_x} + \frac{M_y}{w_y} + \frac{N}{A} < f_{yd}$$


**Tabella 22 Tensioni massime**

Come si evince dal grafico sopra, le tensioni massime risultano inferiori alla tensione di progetto dell'acciaio S355 (si rimanda al paragrafo 3.3 per le caratteristiche meccaniche dell'acciaio). Pertanto si può affermare come le verifiche tensionali per il profilo HEB 260 risultino soddisfatte.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">COMMESSA</th> <th style="width: 15%;">LOTTO</th> <th style="width: 15%;">CODIFICA</th> <th style="width: 15%;">DOCUMENTO</th> <th style="width: 15%;">REV.</th> <th style="width: 15%;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">39 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	39 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	39 di 94								

### 8.1.1 Verifica di instabilità

Per le sole colonne si effettua una verifica di instabilità. Per le travi di copertura non esiste possibilità di instabilità in quanto irrigidite e vincolate dal graticcio formato dalle travi secondarie HEB120.

A favore di sicurezza, si assumono i valori massimi di ciascuna delle tre sollecitazioni determinate sulla stessa sezione.

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{\min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{2,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_2 \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,2}}\right)} + \frac{M_{3,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_3 \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,3}}\right)} \leq 1.00$$

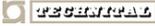
- Meccanismo di instabilità intorno all'asse X

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EJ}{(l_0)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2100000 \left[ \text{kg} / \text{cm}^2 \right] \cdot 14919 \left[ \text{cm}^4 \right]}{(400)^2 \left[ \text{cm}^2 \right]} = 19300 \left[ \text{kN} \right]$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} = 0.47$$

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0.67$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0.86 < 1$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">40 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	40 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	40 di 94								

- Meccanismo di instabilità intorno all'asse Y

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EJ}{(l_0)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2100000 \left[ \text{kg} / \text{cm}^2 \right] \cdot 5134 \left[ \text{cm}^4 \right]}{(400)^2 \left[ \text{cm}^2 \right]} = 6643 \left[ t \right]$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} = 0.79$$

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0.96$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0.67$$

Massime sollecitazioni alla comb. SLU	$N_{Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{x,Ed}$
	kN	kNm	kNm
<b>Massima in valore ass.</b>	100	223	103

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{\min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{2,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_2 \cdot \left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,2}} \right)} + \frac{M_{3,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_3 \cdot \left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,3}} \right)} = 0.04 + 0.18 + 0.27 = 0.48 \leq 1.00$$

**[ok, verificato]**

**NOME DOCUMENTO**

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA4400106

REV.

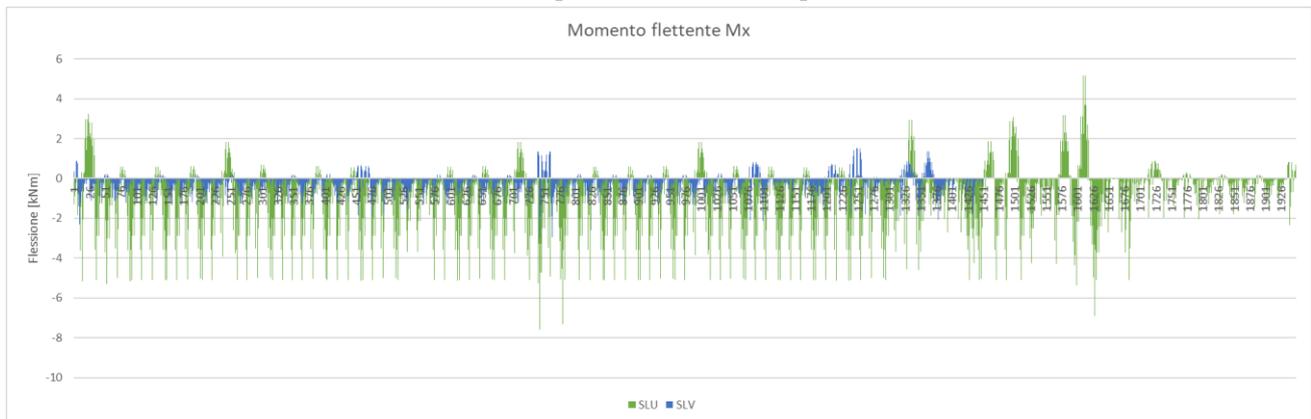
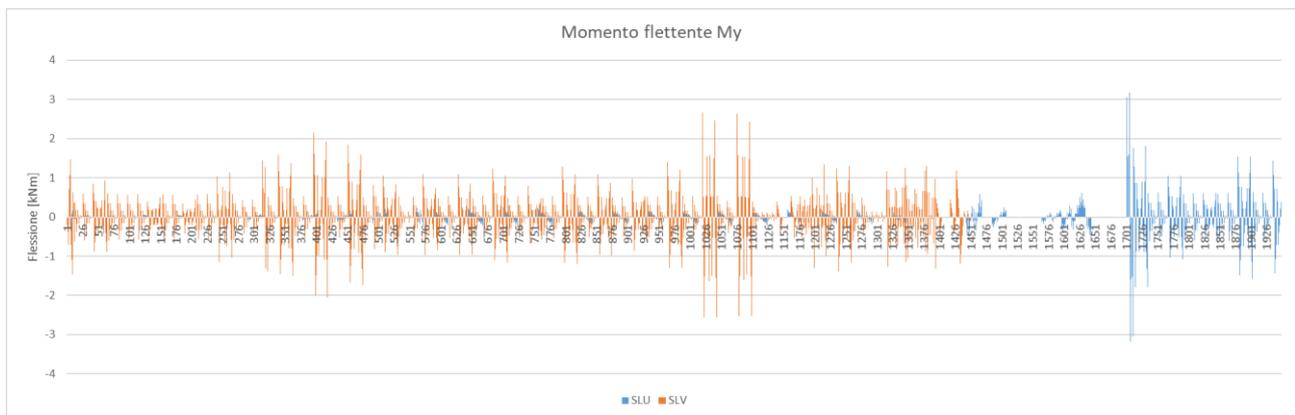
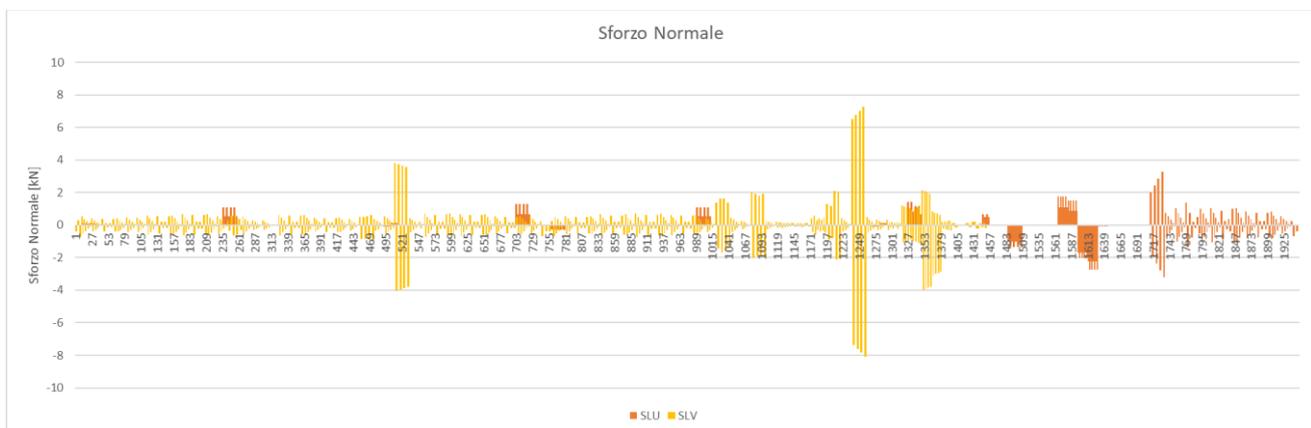
A

FOGLIO

41 di 94

## 8.2 Profilo HEB 120

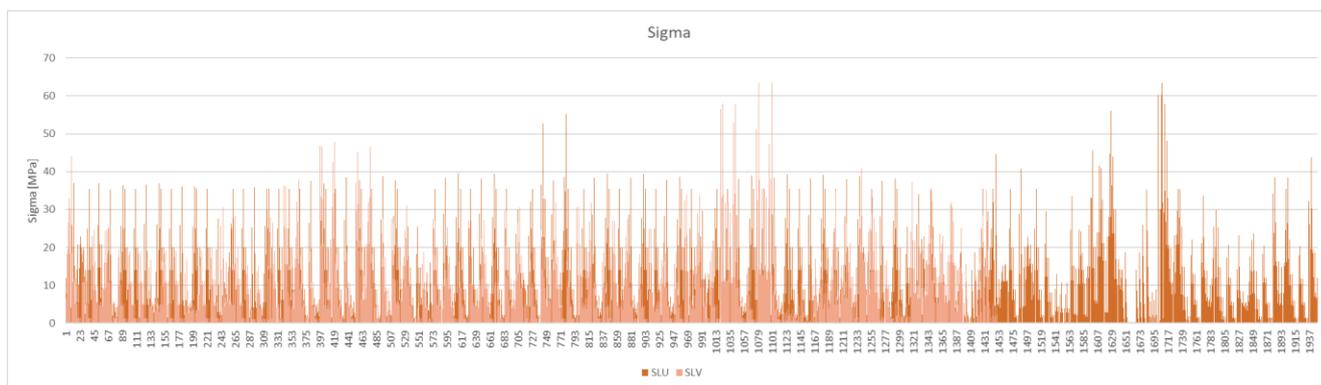
Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni ottenute dall'involuppo delle due combinazioni di carico che si assumono per la verifica dei profili metallici: SLU ed SLV.


**Tabella 23 Flessione Mx**

**Tabella 24 Flessione My**

**Tabella 25 Sforzo normale**

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">COMMESSA</th> <th style="width: 15%;">LOTTO</th> <th style="width: 15%;">CODIFICA</th> <th style="width: 15%;">DOCUMENTO</th> <th style="width: 10%;">REV.</th> <th style="width: 10%;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">42 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	42 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	42 di 94								

Ai fini della verifica dei profili in oggetto, si assume il seguente criterio di verifica.

$$\sigma = \frac{M_x}{w_x} + \frac{M_y}{w_y} + \frac{N}{A} < f_{yd}$$



**Tabella 26** Tensioni massime

Come si evince dal grafico sopra, le tensioni massime risultano inferiori alla tensione di progetto dell'acciaio S355 (si rimanda al paragrafo 3.3 per le caratteristiche meccaniche dell'acciaio). Pertanto si può affermare come le verifiche tensionali per il profilo HEB 120 risultino soddisfatte.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>					
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	COMMESSA E21D	LOTTO 00 D Z3	CODIFICA RH	DOCUMENTO FA4400106	REV. A	FOGLIO 43 di 94

## 9. Verifiche di deformazione verticale

In esercizio, combinazione di carico SLE, è possibile determinare il massimo spostamento verticale della copertura.

Per coperture in generale, il limite imposto da Normativa è pari a  $L/200$ . Nel caso in oggetto la luce 'L' viene assunta pari alla massima distanza fra i pilastri.

Tab. 4.2.XII - Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

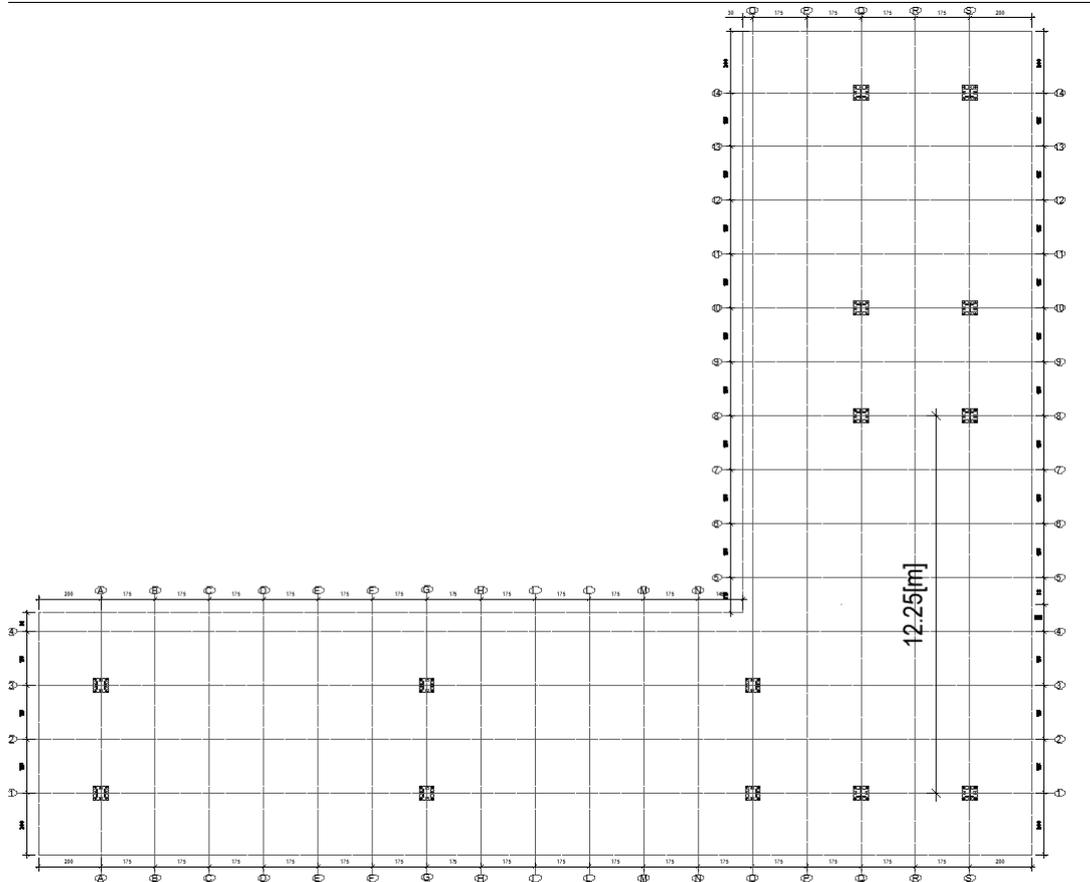
Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

*In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.*

**Tabella 27** Limite di deformabilità

**NOME DOCUMENTO**  
AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	44 di 94



$$\delta_{\max} = 1225 / 200 = 6.1[cm]$$

**NOME DOCUMENTO**

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

E21D

00 D Z3

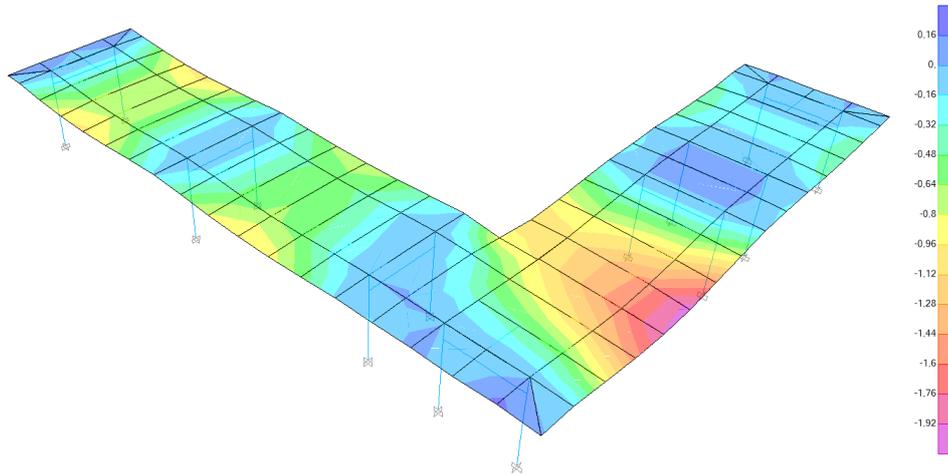
RH

FA4400106

A

45 di 94

COMB.5 – SLE neve

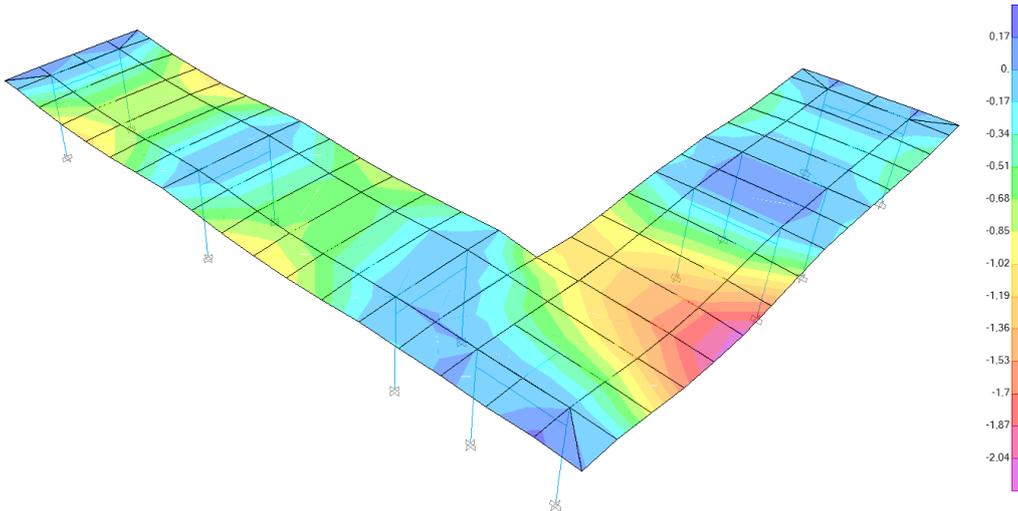


**Figura 11** Deformazione verticale [mm]

$$\delta_{comb5} = 19[mm] < \delta_{max}$$

**[ok, verificato]**

COMB.6 – SLE manutenzione



**Figura 12** Deformazione verticale [mm]

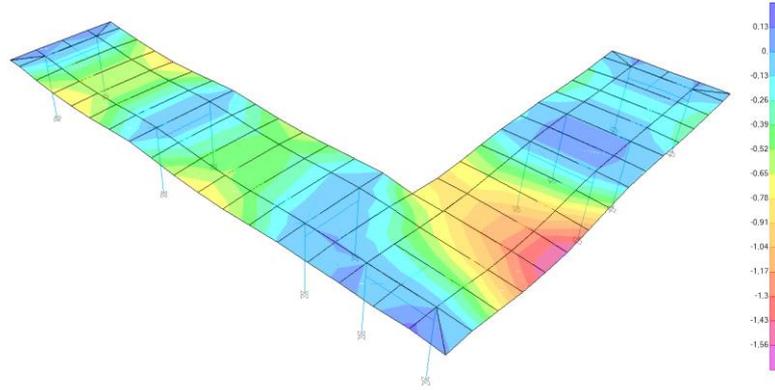
$$\delta_{comb6} = 20[mm] < \delta_{max}$$

**[ok, verificato]**

**NOME DOCUMENTO**  
AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	46 di 94

**COMB.7 – SLE vento**

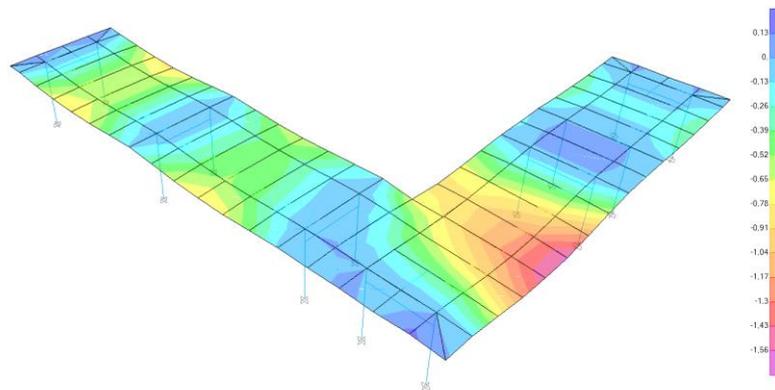


**Figura 13** Deformazione verticale [mm]

$$\delta_{comb7} = 15.6[mm] < \delta_{max}$$

**[ok, verificato]**

**COMB.8 – SLE Temp**



**Figura 14** Deformazione verticale [mm]

$$\delta_{comb7} = 15.6[mm] < \delta_{max}$$

**[ok, verificato]**

**NOME DOCUMENTO**

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	47 di 94

## 10. Verifica delle connessioni

### 10.1 Connessione Pilastro-trave (tipo 1)

La connessione in oggetto si realizza laddove la trave principale viene interrotta in corrispondenza dei pilastri inferiori. In particolare, tale connessione si compone di tre collegamenti con piastre in acciaio. Due di essi sono posti a livello delle ali dei profili delle travi; il terzo collega invece le anime delle travi. I bulloni della connessione sono zincati – classe 8.8 – M24.

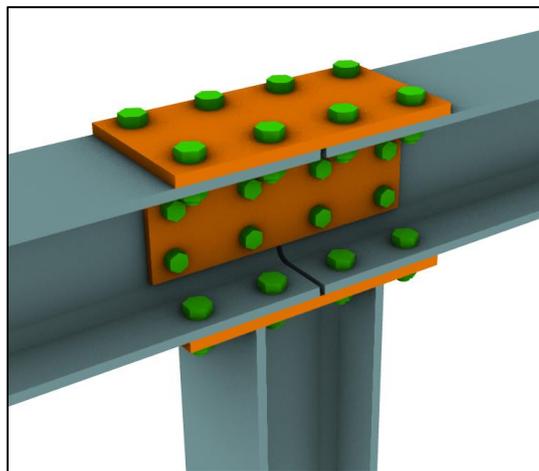


Figura 15 Vista 3d

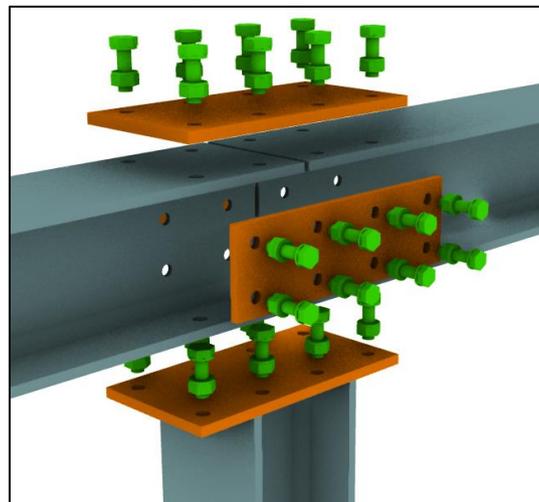


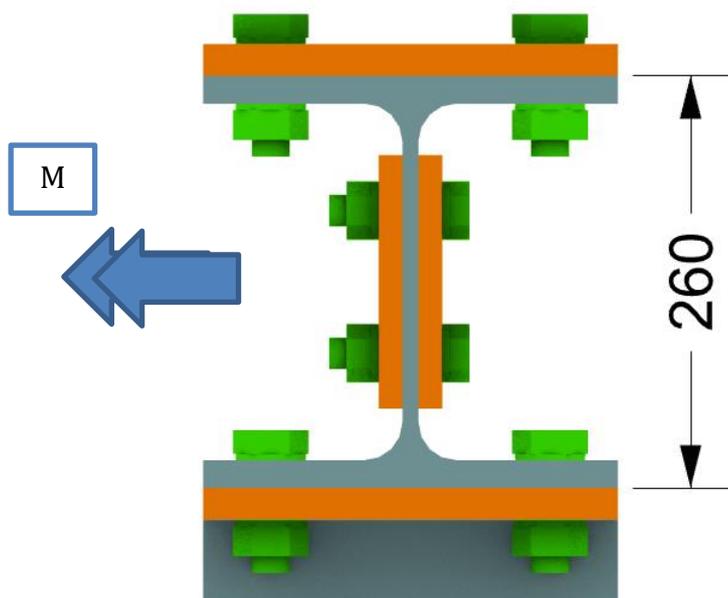
Figura 16 Vista esplosa

La connessione risulta prevalentemente sollecitata da momento flettente, il cui massimo valore fra tutte le combinazioni SLU ed SLV è pari a:

$$M = 105[kNm]$$

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>48 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	48 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	48 di 94								

Si può affermare come la flangia superiore e quella inferiore siano quelle che reagiscono a tale sollecitazione.



**Figura 17** Vista frontale

### 10.1.1 Verifica dell'unione bullonata

$$T = M / 260[mm] = 403[kN]$$

[azione di taglio su flangia superiore ed inferiore]

$$T' = T / 4 = 100[kN]$$

[taglio su singolo bullone]

$$F_{v,Rd} = 135[kN]$$

[taglio resistente - rif. Tabella 1]

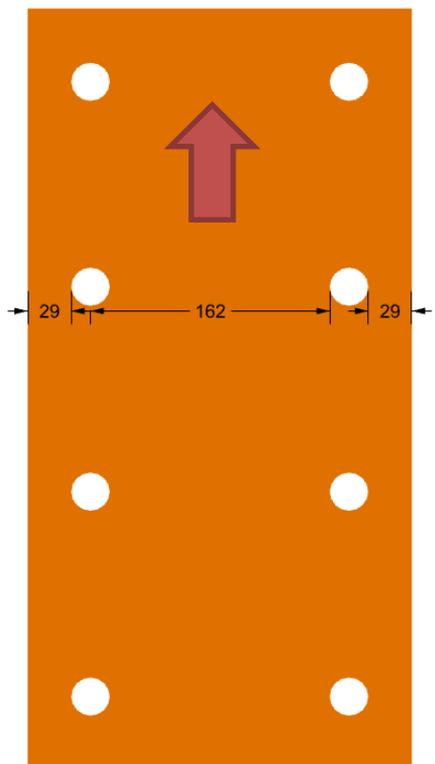
$$T' / F_{v,Rd} = 0.74 < 1.0$$

**[ok, verificato]**

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>49 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	49 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	49 di 94								

### 10.1.2 Verifica del piatto

Il piatto superiore ed anche quello inferiore hanno spessore 20[mm]. La forza di taglio determinata in precedenza rappresenta una forza di trazione-compressione per il piatto. Se ne riporta la verifica.



$$T = 403[kN]$$

$$A = (29 + 162 + 29) \cdot 20[mm] = 44[cm^2]$$

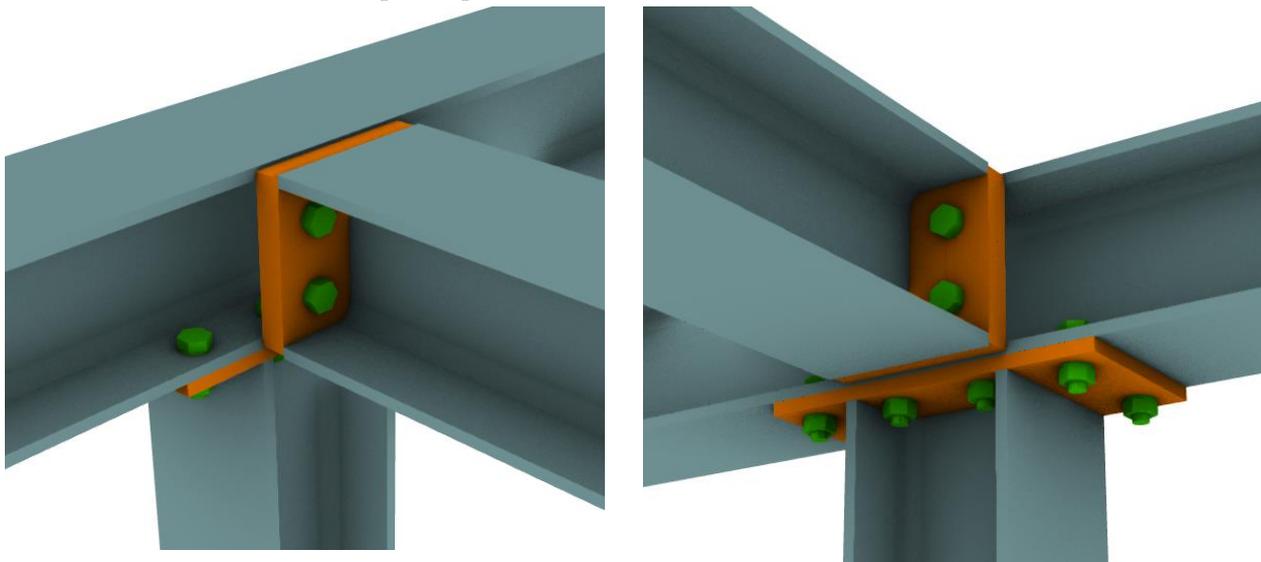
$$\sigma = T / A = 91[MPa] < f_{yd}$$

**[ok, verificato]**

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>50 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	50 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	50 di 94								

## 10.2 Connessione Pilastro-trave (tipo 2)

Differentemente dalla connessione tipo 1, quella tipo 2 viene realizzata laddove la trave principale è continua al di sopra del pilastro. La trave di raccordo fra i pilastri risulta collegata con 4 bulloni M24 alla trave principale.



**Tabella 28** 3d views

L'unione bullonata di collegamento fra le travi è sollecitata sia a flessione che taglio. I valori massimi delle sollecitazioni fra le combinazioni di involucro SLU ed SLV sono riportati nel seguito.

Sollecitazione	Valore
Flessione Mx	5 [kNm]
Taglio Vy	8 [kN]

**Tabella 29** Sollecitazioni connessione bullonata

**NOME DOCUMENTO**  
 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
 STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	51 di 94

Verifica a trazione

$$\sigma_s = 30[MPa]$$

$$T = \frac{\sigma_s \cdot A_s}{2} = \frac{30[MPa] \cdot 9.05[cm^2]}{2} = 13.5[kN]$$

[trazione massima]

$$F_{t,Rd} = 90[kN]$$

[trazione resistente - rif. Tabella 1]

$$T / F_{t,Rd} = 0.15 < 1.0$$

**[ok, verificato]**

Verifica a taglio

$$V = V' / 4 = 2[kN]$$

[taglio su singola barra]

$$F_{v,Rd} = 50.2[kN]$$

[taglio resistente - rif. Tabella 1]

$$V / F_{v,Rd} = 0.039 < 1.0$$

**[ok, verificato]**

Verifica a taglio - trazione

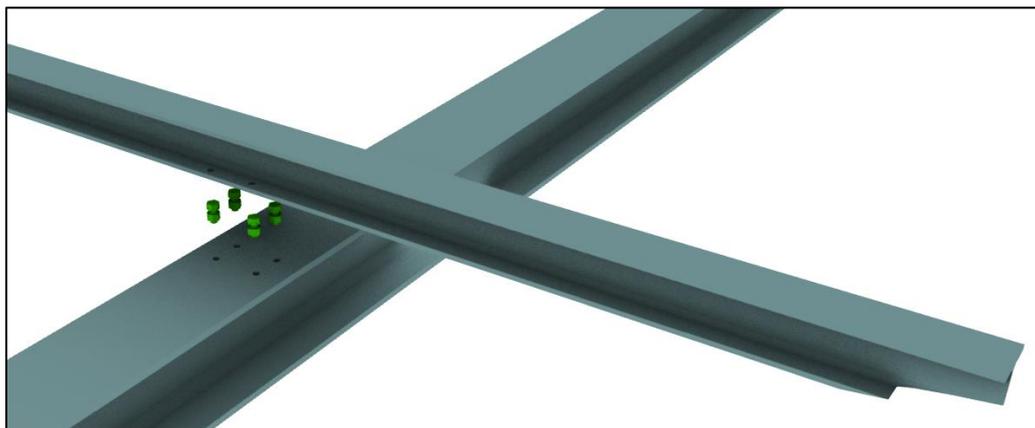
$$\frac{V}{F_{v,Rd}} + \frac{T}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} = 0.14 < 1$$

**[ok, verificato]**

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>52 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	52 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	52 di 94								

### 10.3 Verifica della connessione Trave Principale – Trave secondaria

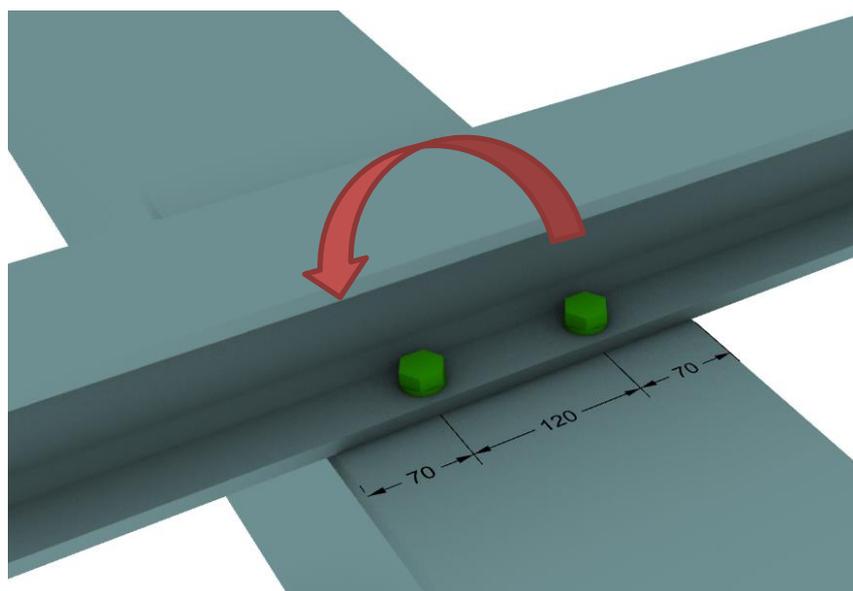
Le travi HEB120 si collegano alle travi principali HEB260 tramite un'unione bullonata composta da 4 bulloni zincati – classe 8.8 – M16.



**Figura 18** Vista 3d esplosa

La connessione risulta prevalentemente sollecitata da momento flettente, il cui massimo valore fra tutte le combinazioni SLU ed SLV è pari a:

$$M = 5.5[kNm]$$



**Figura 19** Vista 3d

**NOME DOCUMENTO**  
 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	53 di 94

### 10.3.1 Verifica dell'unione bullonata

**Verifica C.A. S.L.U. - File: trave 2**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Tipo Sezione**  
 Rettang. re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	12	26	1	4,02	7
			2	4,02	19

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n

**P. to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord. [cm] xN 0 yN 0

**Materiali**  
 B450C C25/30

$\epsilon_{su}$	67,5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰	$\sigma_c$	-16,49 N/mm²
$f_{yd}$	391,3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$	3,5 ‰	$\sigma_s$	71,59 N/mm²
$E_s$	200.000 N/mm²	$f_{cd}$	14,17	$\epsilon_s$	0,358 ‰
$E_s/E_c$	1	$f_{cc}/f_{cd}$	0,8	d	19 cm
$\epsilon_{syd}$	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9,75	x	3,557 x/d 0,1872
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	$\tau_{co}$	0,6	$\delta$	0,7
		$\tau_{cl}$	1,829		

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Verifica**  
 N° iterazioni: 5  
 Precompresso

$$\sigma_s = 71 [MPa]$$

$$T = \frac{\sigma_s \cdot A_s}{2} = \frac{71 [MPa] \cdot 4,02 [cm^2]}{2} = 14 [kN]$$

[trazione massima]

$$F_{t,Rd} = 90 [kN]$$

[taglio resistente - rif. Tabella 1]

$$T / F_{t,Rd} = 0,15 < 1,0$$

**[ok, verificato]**

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>54 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	54 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	54 di 94								

### 10.4 Verifica della connessione in fondazione

Ciascun pilastro si collega alla fondazione sottostante tramite una piastra saldata di spessore 30[mm] e 8 tirafondi realizzati da barre M24.

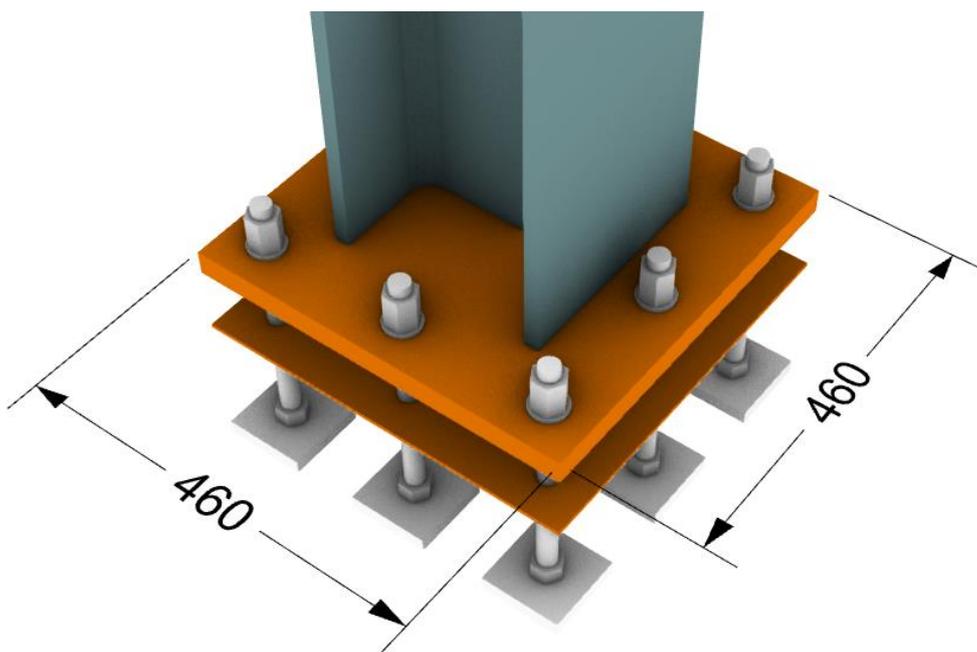


Figura 20 Vista 3d

La connessione è sollecitata da azioni di compressione, taglio e flessione. Nella seguente tabella si riportano i massimi valori determinabili dall'involuppo delle combinazioni SLU ed SLV. A favore di sicurezza, le sollecitazioni sotto riportate si assumono agenti contemporaneamente sulla stessa connessione.

Sollecitazione	Valore
Compressione	100 [kN]
Flessione Mx	33 [kNm]
Flessione My	32 [kNm]
Taglio Vx	26 [kN]
Taglio Vy	15 [kN]

Tabella 30 Sollecitazioni connessione in fondazione

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>55 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	55 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	55 di 94								

### 10.4.1 Verifica della carpenteria metallica

Tramite un modello di calcolo agli elementi finiti si analizzano le sollecitazioni massime sulla connessione maggiormente sollecitata. A favore di sicurezza, la compressione viene assunta pari a zero.

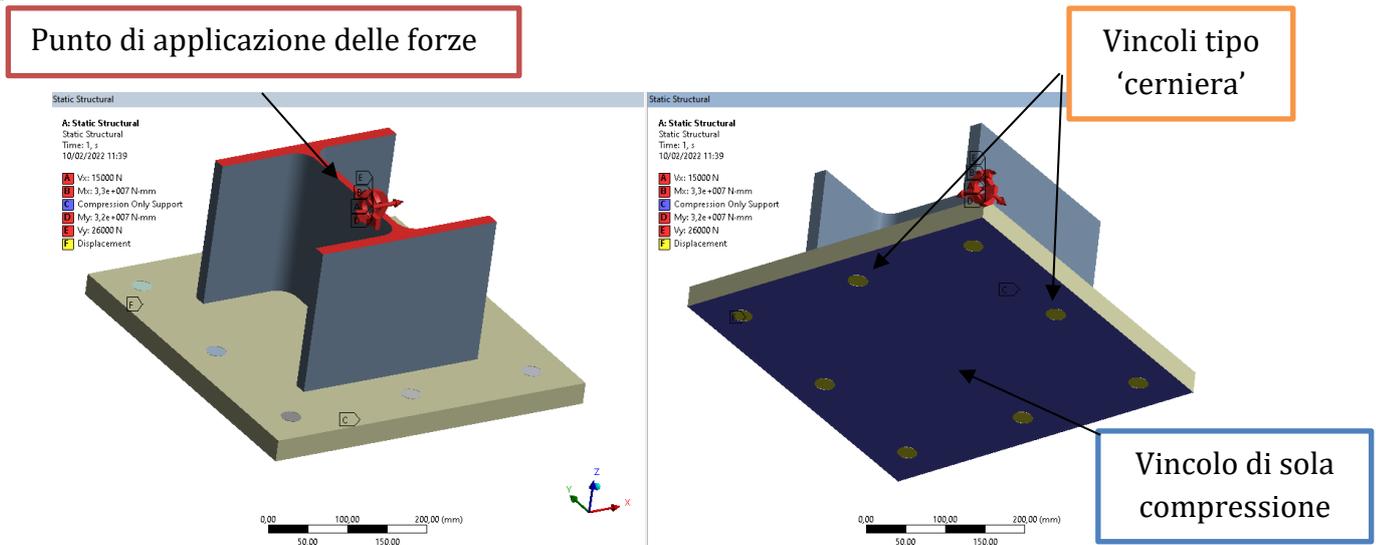
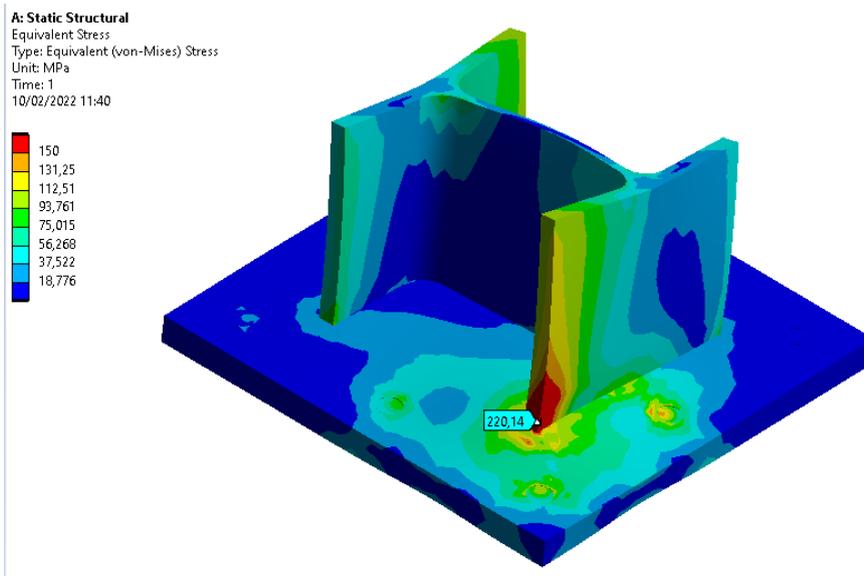


Figura 21 Modello di calcolo



$$\sigma_{VonMises} = 220 [MPa]$$

$$f_{ywd} = 338 [MPa]$$

$$\sigma_{VonMises} / f_{ywd} = 0.65 < 1$$

**[ok, verificato]**

Figura 22 Tensioni di VonMises

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>56 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	56 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	56 di 94								

### 10.4.2 Verifica dei tirafondi

I tirafondi sono realizzati da 8 barre filettate M24. La barra maggiormente sollecitata è caricata sia da azioni di trazione che di taglio.

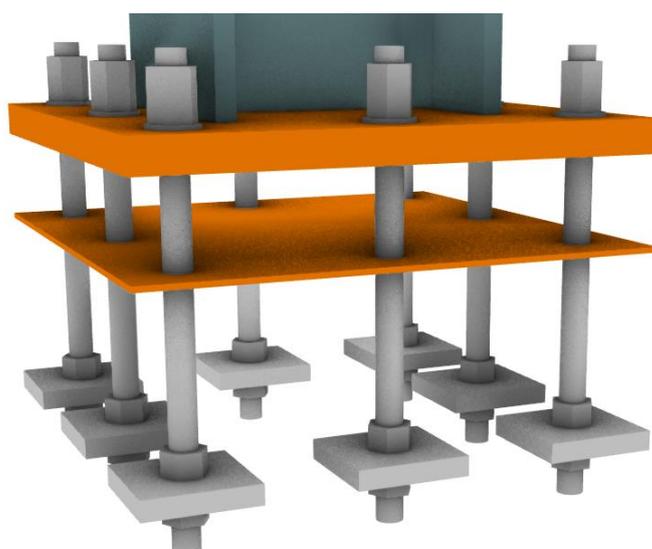
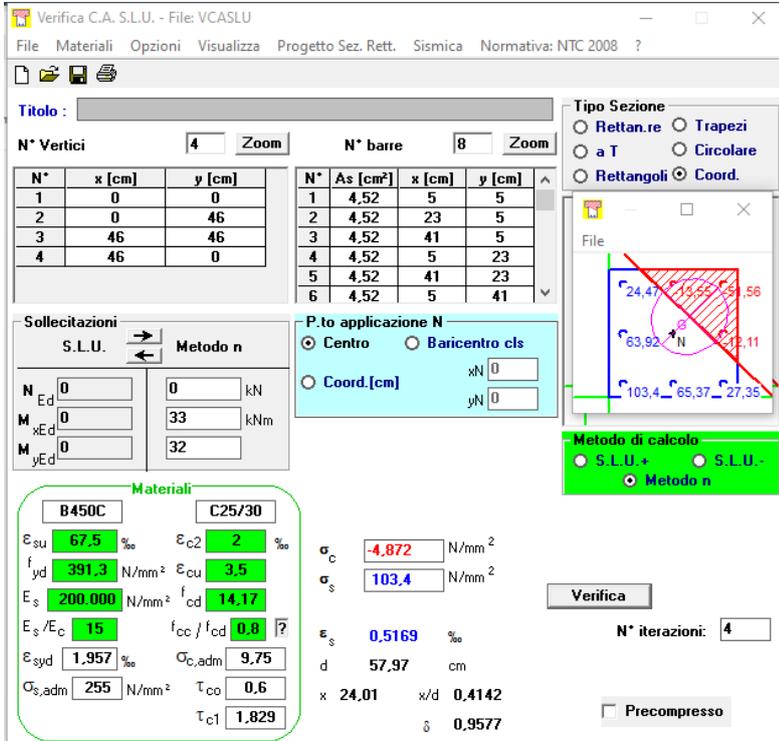


Figura 23 Vista 3d

**NOME DOCUMENTO**  
 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	57 di 94



Verifica a trazione

$$\sigma_s = 103 [MPa]$$

$$T = \frac{\sigma_s \cdot A_s}{2} = 103 [MPa] \cdot 4.52 [cm^2] = 46.5 [kN]$$

[trazione massima]

$$F_{t,Rd} = 90 [kN]$$

[trazione resistente - rif. Tabella 1]

$$T / F_{t,Rd} = 0.52 < 1.0$$

**[ok, verificato]**

Verifica a taglio

$$V = \frac{\sqrt{V_x^2 + V_y^2}}{8} = 3.7 [kN]$$

[taglio su singola barra]

$$F_{v,Rd} = 50.2 [kN]$$

[taglio resistente - rif. Tabella 1]

$$V / F_{v,Rd} = 0.07 < 1.0$$

**[ok, verificato]**

Verifica a taglio - trazione

$$\frac{V}{F_{v,Rd}} + \frac{T}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} = 0.14 < 1$$

**[ok, verificato]**

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">58 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	58 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	58 di 94								

Resistenza estrazione barra di ancoraggio

$$f_{bd} = f_{bk} / 1.5 = 2.69[MPa]$$

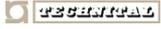
$$L = 340[mm]$$

$$P = 2 \cdot \pi \cdot r = 75[mm]$$

$$\tau = \frac{T}{P \cdot L} = \frac{46.5[kN]}{75[mm] \cdot 340[mm]} = 1.82[MPa]$$

$$\tau / f_{bd} = 0.67 < 1$$

**[ok, verificato]**



**PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)**

**NOME DOCUMENTO**

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	59 di 94

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>60 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	60 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	60 di 94								

## 11. Verifica delle fondazioni

Nella presente relazione di calcolo si riportano le verifiche inerenti alla sola struttura di fondazione intese come:

- Verifiche strutturali
- Verifiche geotecniche

Le verifiche geotecniche sono svolte come previsto dalla NTC del 2018 al punto 6.4.3.1 seguendo la combinazione di calcolo:

**A1+M1+R3**

**Si precisa come la relazione geologica a nostra disposizione non riporti delle indagini penetrometriche riferite al sito della costruzione. Pertanto nelle verifiche riportate nei seguenti punti si impiegano dei parametri geotecnici cautelativi i quali in fase esecutiva dovranno essere opportunamente verificati mediante prove geologiche in sito. Inoltre la fondazione oggetto di verifica è progettata considerando un andamento altimetrico del terreno pianeggiante. Nel caso in cui tale ipotesi non risulti essere verificata si deve necessariamente modificare la tipologia di fondazione inserendo pali e/o muri di sostegno.**

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">61 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	61 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	61 di 94								

## 11.1 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

Le caratteristiche meccaniche del terreno presente in sito sono le seguenti:

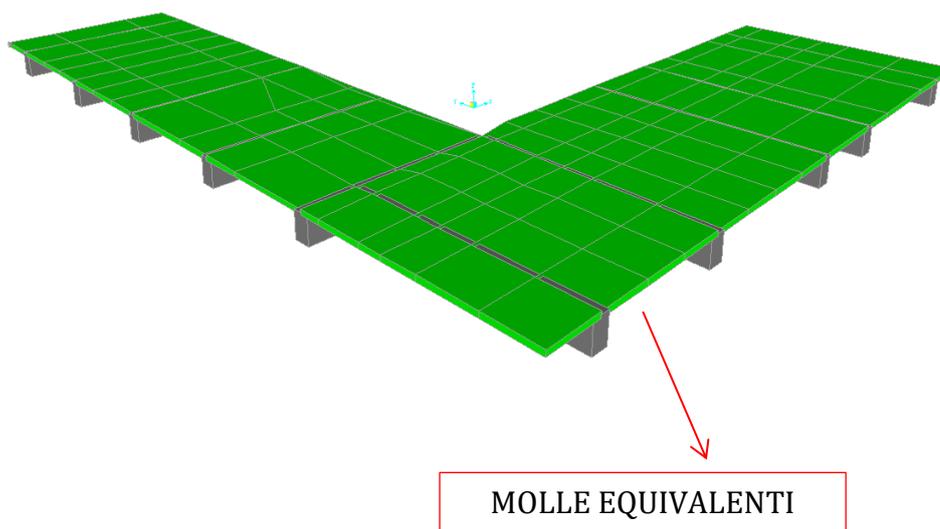
- Strato di Terreno argilloso spesso 15 m avente:

N	Descrizione	Classe	Tipo	Classe 2	Potenza [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$\phi'_{cv}$ [°]	Dr [%]	IC	$c'$ [kPa]	$c_u$ [kPa]	$v$	NSPT	OCR	$\Delta\sigma'_p$ [kPa]	$E_{ed}$ [MPa]	CR	RR	CR/RR	FC [%]
1	omogeneo	limo	fine	argillosa	15	18	25	25	1	0.4	8	100	0.3	30	1		5			8	0

**Vista la presenza di un terreno principalmente a grana fine, si ritiene opportuno considerare la posizione della falda alla quota del piano di posa della fondazione.**

## 11.2 Modello di Calcolo della Fondazione con Winkler

La fondazione dell'opera è analizzata mediante apposito modello agli elementi finiti in cui i vincoli di incastro perfetto sono sostituiti da apposite molle dotate di opportuna rigidità a simulare l'iterazione tra travi di fondazione ed il terreno. Si riporta nell'immagine sottostante la fondazione impiegata:



MOLLE EQUIVALENTI

L'iterazione tra la struttura di fondazione e il terreno è stata condotta tramite il modello di Winkler. Il calcolo della rigidità da assegnare alla molla è condotto calcolando prima il

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>62 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	62 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	62 di 94								

cedimento medio al di sotto del centro della fondazione. Noto il cedimento si calcola la rigidezza della molla con il rapporto tra il carico distribuito presente sulla platea ed il cedimento

$$K_W = \frac{\Delta q_{slu}}{W}$$

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">63 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	63 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	63 di 94								

### 11.2.1 Calcolo della costante elastica di Winkler

Considerando la combinazione quasi permanente è presente in fondazione, in corrispondenza del baricentro delle masse della sovrastruttura, un carico concentrato pari ad:

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
quasi permanente	Combination	1.376E-12	-2.083E-12	598.0762	-1.4385	-6.18283

$$Q_{\text{quasi permanente}} = 598 \text{ [ton]}$$

$$M_{x,slu} = -1,43 \text{ [tonm]}$$

$$M_{y,slu} = -6,18 \text{ [tonm]}$$

Tale risultante dei carichi è desunta considerando sulla fondazione la presenza:

- Pensilina del capolinea
- Box sottostanti alla pensilina del capolinea

La fondazione è composta da travi spesse 60 cm e profonde circa 100 cm collegate in testa mediante soletta in calcestruzzo spessa 20 cm non appoggiata a terra. Il piano di posa della fondazione è posto a quota -1.40 m dal piano campagna. Il terreno su cui poggia la fondazione è composto principalmente da terreno coesivo. Il calcolo dei cedimenti avviene mediante il metodo Edometrico. Si riporta la stratigrafia ipotizzata per il sito di costruzione dell'opera:

**NOME DOCUMENTO**

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	64 di 94

**Stratigrafie**

N	Descrizione	falda [m]	Strati
1	Tipo A		0 1 strati: Htot =15

**Strati stratigrafia Tipo A (1 strati: Htot =15)**

N	Descrizione	Classe	Tipo	Classe 2	Potenza [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi'$ [°]	$\varphi'_{cv}$ [°]	Dr [%]	IC	$c'$ [kPa]	$c_u$ [kPa]	v	NSPT	OCR	$\Delta\sigma'_p$ [kPa]	Eed [MPa]	CR	RR	CR/RR	FC [%]
1	omogeneo	limo	fine	argillosa	15	18	25	25	1	0.4	8	100	0.3	30	1		5			8	0

Si riporta il calco del cedimento:

**Verifiche Cedimenti Edometrici**

Piano	Rettagolo	Fam	Cmb	q	qN	$\sigma'v_0$	WTot	
k.Wink.				[Pa]	[Pa]	[Pa]	[mm]	[
N/cm <sup>3</sup>	fondazione							
0	Trave							1
sez.0	4	1	102972	93140	9832	12.84	8.0198	1
0	Trave							1
sez.1	4	1	102997	93165	9832	12.844	8.0191	1
0	Trave							1
sez.2	4	1	102958	93126	9832	12.838	8.02	2
0	Trave							2
sez.0	4	1	109681	99849	9832	13.86	7.9132	2
0	Trave							2
sez.1	4	1	109638	99806	9832	13.857	7.9122	2
0	Trave							2
sez.2	4	1	109687	99855	9832	13.861	7.9135	3
0	Trave							3
sez.0	4	1	111900	102068	9832	14.243	7.8565	3
0	Trave							3
sez.1	4	1	111875	102043	9832	14.241	7.8558	3
0	Trave							3
sez.2	4	1	111931	102099	9832	14.246	7.8568	4
0	Trave							4
sez.0	4	1	115760	105928	9832	14.815	7.8137	4
0	Trave							4
sez.1	4	1	116062	106230	9832	14.85	7.8154	4
0	Trave							4
sez.2	4	1	116506	106674	9832	14.9	7.8193	5
0	Trave							5
sez.0	4	1	125182	115350	9832	16.295	7.6824	5
0	Trave							5
sez.1	4	1	125905	116073	9832	16.378	7.6876	5
0	Trave							5
sez.2	4	1	127209	117377	9832	16.532	7.6947	6
0	Trave							6
sez.0	4	1	128255	118423	9832	16.647	7.7042	6
0	Trave							6
sez.1	4	1	136108	126276	9832	17.956	7.5801	6
0	Trave							6
sez.2	4	1	144801	134969	9832	19.231	7.5296	

**NOME DOCUMENTO**

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	65 di 94

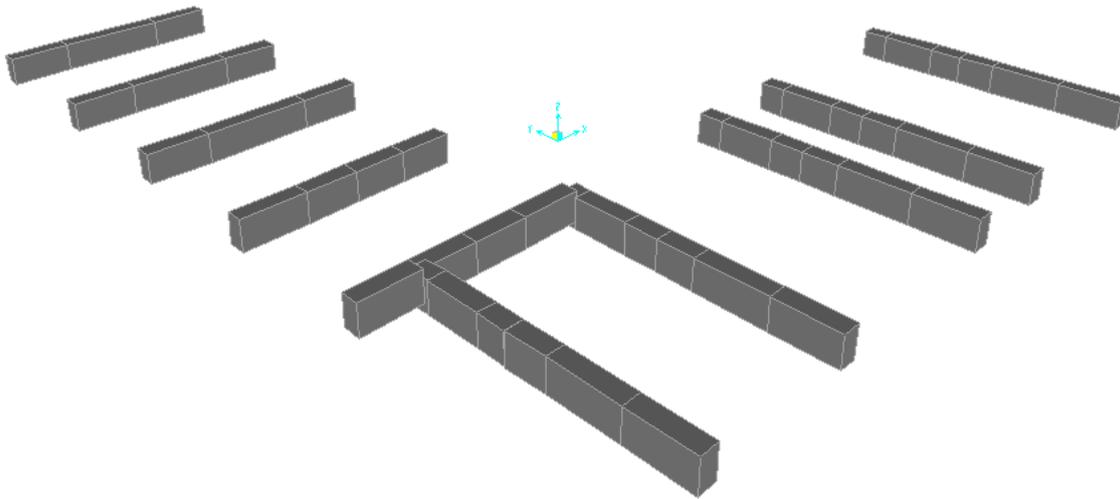
0	Trave							8
sez.0	4	1	144346	134514	9832	19.186	7.5234	8
0	Trave							8
sez.1	4	1	139504	129672	9832	18.34	7.6066	8
0	Trave							8
sez.2	4	1	136551	126719	9832	18.001	7.5857	9
0	Trave							9
sez.0	4	1	126672	116840	9832	16.482	7.6854	9
0	Trave							9
sez.1	4	1	121327	111495	9832	15.598	7.7782	9
0	Trave							9
sez.2	4	1	116960	107128	9832	14.951	7.8227	10
0	Trave							10
sez.0	4	1	112117	102285	9832	14.269	7.8574	10
0	Trave							10
sez.1	4	1	111961	102129	9832	14.252	7.8556	10
0	Trave							10
sez.2	4	1	111870	102038	9832	14.24	7.8561	11
0	Trave							11
sez.0	4	1	111903	102071	9832	14.244	7.8559	11
0	Trave							11
sez.1	4	1	111852	102020	9832	14.24	7.8548	11
0	Trave							11
sez.2	4	1	111861	102029	9832	14.239	7.8561	12
0	Trave							12
sez.0	4	1	114683	104851	9832	14.694	7.8046	12
0	Trave							12
sez.1	4	1	114770	104938	9832	14.708	7.8034	12
0	Trave							12
sez.2	4	1	114651	104819	9832	14.689	7.805	

Nella tabella precedente si riporta il carico agente su ciascuna trave, il relativo cedimento calcolato con anche il valore di rigidezza della molla. Tali valori di rigidezza sono assegnati alle travi di fondazione:

**NOME DOCUMENTO**

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	66 di 94



La costante di Winkler mediata tra tutte le travi è circa la seguente:

$$K_W = \frac{\Delta q_{slu}}{W} = 0.8 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]$$

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>67 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	67 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	67 di 94								

### 11.3 Confronto tra modello con fondazione rigida e flessibile

Al presente punto si riporta il confronto tra il modello con fondazione rigida (vincoli di incastro perfetto) con cui si sono valutate le sollecitazioni sulla struttura in elevazione ed il modello con fondazione flessibile (vincoli con molle) con cui si verifica la struttura di fondazione. Prima di procedere in questo modo la NTC del 2018 richiede al punto 7.2.6 punto b) che la risultante di taglio alla base e di sforzo normale calcolata con la fondazione flessibile deve essere almeno pari al 70% della risultante di taglio alla base e sforzo normale calcolati con modello di calcolo con fondazione rigida e spettro di risposta con suolo di tipo A. Si dimostra nel seguito il rispetto di tale disuguaglianza:

#### **Fondazione rigida:**

Nel caso in esame i valori di taglio alla base e sforzo normale calcolati allo SLV con modello con fondazione rigida sono i seguenti:

<b>TABLE: Base Reactions</b>					
<b>OutputCase</b>	<b>CaseType</b>	<b>StepType</b>	<b>GlobalFX</b>	<b>GlobalFY</b>	<b>GlobalFZ</b>
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	5.6523	2.1529	599.2323
SISMA X	Combination	Min	-5.6523	-2.1529	596.92
SISMA Y	Combination	Max	2.1484	5.9468	599.0311
SISMA Y	Combination	Min	-2.1484	-5.9468	597.1212

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,rigida}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 6.05 \text{ [ton]}$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,rigida}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 6.33 \text{ [ton]}$$

$$N_{\text{comb.SLV,rigida}} = 598 \text{ [ton]}$$

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">68 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	68 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	68 di 94								

### Fondazione flessibile:

Nel caso in esame i valori di taglio alla base e sforzo normale calcolati allo SLV con modello con fondazione flessibile sono i seguenti:

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	11.0715	5.2206	598.9556
SISMA X	Combination	Min	-11.0715	-5.2206	597.1967
SISMA Y	Combination	Max	4.9844	12.4447	599.1539
SISMA Y	Combination	Min	-4.9844	-12.4447	596.9984

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 12 [\text{ton}]$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 13.41 [\text{ton}]$$

$$N_{\text{comb.SLV,flessibile}} = 598 [\text{ton}]$$

Il limite posto da NTC del 2018 posto pari al 70% delle risultanti di taglio alla base e sforzo normale è rispettato in quanto le sollecitazioni ottenute con la fondazione flessibile sono superiori a quelle ottenute con fondazione rigida e spettro di risposta con terreno di tipo A.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>69 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	69 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	69 di 94								

## 11.4 VERIFICHE DI RESISTENZA

Nel presente capitolo si riportano le verifiche strutturali e geotecniche richieste da NTC del 2018.

### 11.4.1 Verifiche di Resistenza Geotecnica (A1+M1+R3)

Le verifiche geotecniche consistono in:

- Verifica capacità portante della fondazione
- Verifica a scorrimento
- Verifica dei cedimenti (metodo edometrico).

#### 11.4.1.1 Verifica di Portanza della fondazione

Il calcolo della portanza viene condotta a lungo termine in condizioni drenate per quanto riguarda la combinazione allo stato limite ultimo e nel breve termine in condizioni non drenate per la combinazione sismica allo stato limite di salvaguardia della vita. Le sollecitazioni massime ottenute sulla fondazione sono calcolate allo stato limite ultimo e di salvaguardia della vita.

- SLU
- SLV

##### 11.4.1.1.1 Verifica di Portanza della fondazione allo SLU-CONDIZIONE DRENATE

La resistenza di progetto  $R_d$ , cioè in questo caso la tensione massima sopportabile dal terreno è calcolata:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS}$$

Si procede al calcolo della portanza in condizioni drenate. La rottura di un terreno argilloso limoso viene determinata con il seguente cuneo di rottura:

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">70 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	70 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	70 di 94								

Il qlim cioè la capacità portante del terreno dove poggia la fondazione è valutato mediante la formula di Brinch-Hansen:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot (s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma}) + c' \cdot N_c \cdot (s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c) + \sigma'_v \cdot N_q \cdot (s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q)$$

Il terreno di posa della fondazione ha le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Base della fondazione  $B = 0.60 \text{ m}$
- peso dell'unità di volume  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- angolo di attrito interno  $\varphi = 25^\circ$
- coesione efficace  $c'=0.08 \text{ t/mq}$

Il piano di posa della fondazione si trova ad una distanza dal piano campagna pari ad:

$$h = 1.4 \text{ m}$$

inoltre esso non risulta essere inclinato quindi i fattori di forma b espressi in Brinch-Hansen vengono annullati:

$$b_c = b_q = 1$$

Anche il carico agente sulla fondazione non risulta essere, inclinato pertanto:

$$i_{\gamma} = i_c = i_q = 1$$

La fondazione ha i seguenti fattori di forma:

$$s_{\gamma} = 1.07$$

$$s_q = s_q = 1.01$$

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot K_P \cdot \left(\frac{B}{L}\right) = 1.30$$

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">71 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	71 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	71 di 94								

I fattori di approfondimento sono:

$$d_q = 1 + 2 \cdot \frac{d}{B} \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin \varphi)^2 = 1.37$$

$$d_c = 1 + 0.2 \cdot \sqrt{K_p} \cdot \frac{D}{B} = 1.73$$

I coefficienti di capacità portante impiegati (Vesic) sono:

$$N_q = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \cdot e^{\pi \cdot \tan \varphi} = 10.65$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi = 10.87$$

$$N_c = 20.70$$

Di conseguenza la capacità portante della fondazione risulta essere la seguente:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot (s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma) + c' \cdot N_c \cdot (s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c) + \sigma'_v \cdot N_q \cdot (s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q) =$$

$$q_{lim} = 0.54 [MPa]$$

Considerando un fattore di sicurezza pari ad:

<i>Tabella 6.4.1 – Coefficienti parziali <math>\gamma_R</math> per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali</i>			
VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE ( R1 )	COEFFICIENTE PARZIALE ( R2 )	COEFFICIENTE PARZIALE ( R3 )
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

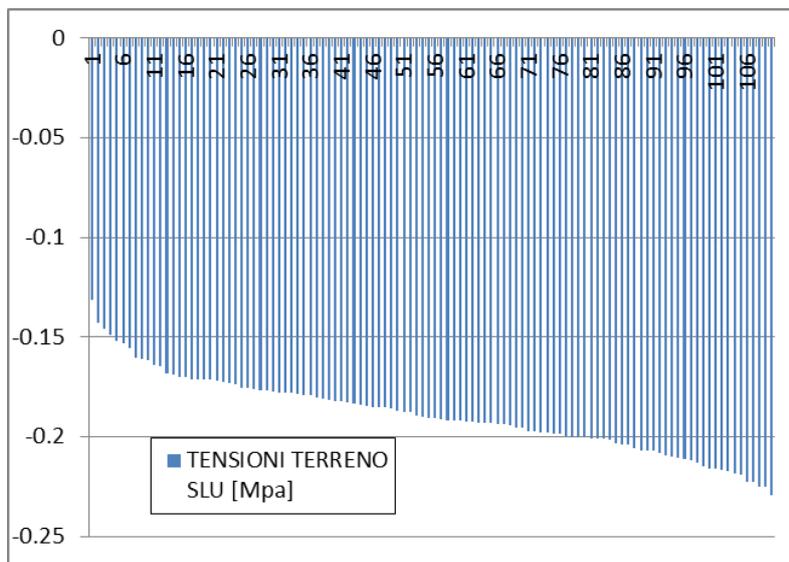
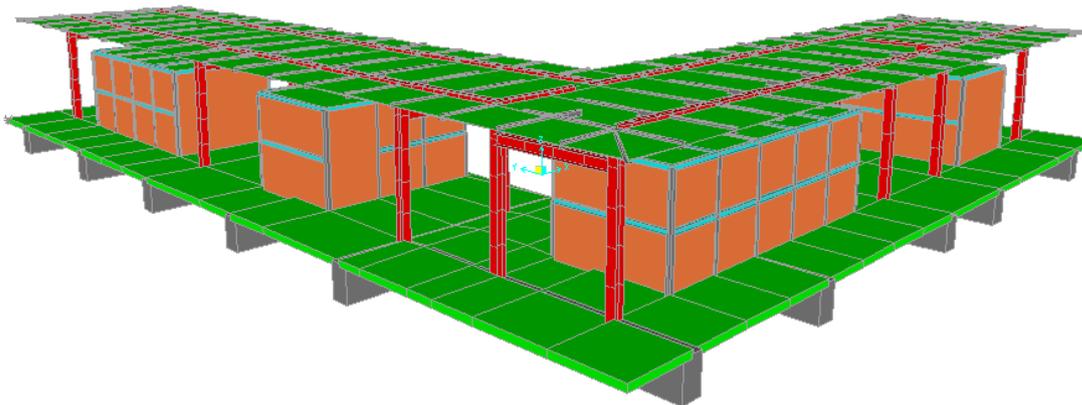
$$FS = 2.3$$

La capacità portante di progetto della fondazione è:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS} = 0.23 [MPa]$$

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>72 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	72 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	72 di 94								

La tensione massima agente sul terreno con costante di Winkler pari a 0.80 kg/cm<sup>3</sup>:



$$\sigma_t = 0.22 [MPa]$$

La verifica a capacità portante risulta quindi soddisfatta:

$$E_d = 0.22 [MPa] \leq R_d = 0.23 [MPa]$$

**OK, Verificato!**

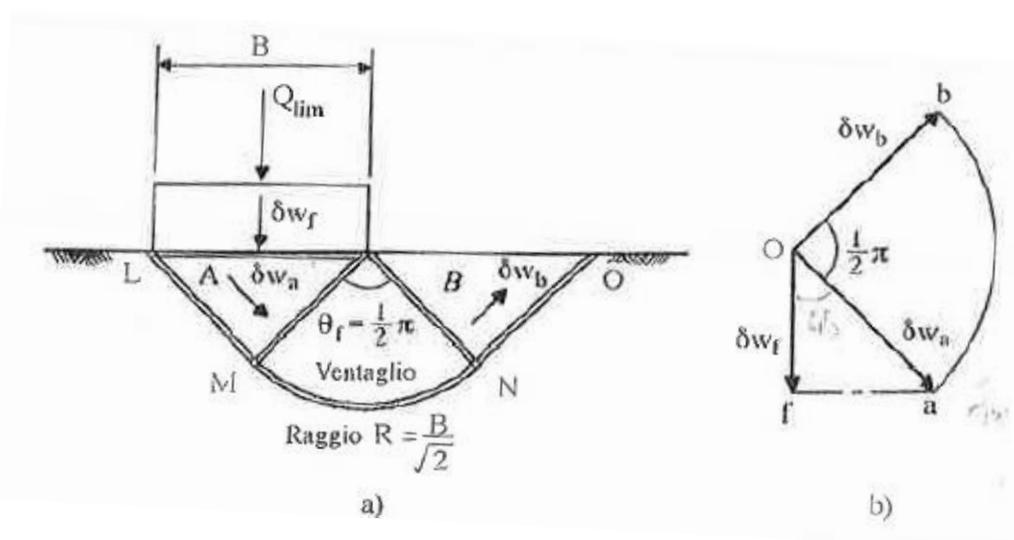
	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>73 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	73 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	73 di 94								

### 11.4.1.1.2 Verifica di Portanza della fondazione allo SLV-CONDIZIONI NON DRENATE

La resistenza di progetto  $R_d$ , cioè in questo caso la tensione massima sopportabile dal terreno è calcolata:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS}$$

Si procede al calcolo della portanza in condizioni non drenate. In questo caso le sovrappressioni interstiziali non sono dissipate ( $\Delta u \neq 0$ ), pertanto la verifica viene condotta in termini di tensioni e parametri meccanici totali. La rottura di un terreno argilloso limoso viene determinata con il seguente cuneo di rottura:



Con tale meccanismo di rottura il carico limite della fondazione è il seguente:

$$q_{lim} = \frac{Q_{lim}}{B} = (2 + \pi) \cdot c_{ud} + \gamma_{sat} \cdot h$$

Con l'approccio numero uno si devono dividere le resistenze caratteristiche geotecniche per i coefficienti parziali dati da NTC del 2018 al punto 6.2.4.1.2:

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">74 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	74 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	74 di 94								

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

Quindi:

$$c_{ud} = \frac{0.10}{1} = 0.10 \text{ MPa}$$

Il carico limite diviene:

$$q_{lim} = \frac{Q_{lim}}{B} = (2 + \pi) \cdot c_{ud} + \gamma_{sat} \cdot h = 0.514 + 0.0216 = 0.54 \text{ [MPa]}$$

Tale valore deve essere ridotto per il fattore di sicurezza FS posto pari ad:

<i>Tabella 6.4.1 – Coefficienti parziali <math>\gamma_R</math> per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali</i>			
VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE ( R1 )	COEFFICIENTE PARZIALE ( R2 )	COEFFICIENTE PARZIALE ( R3 )
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

$$FS = 2.3$$

La capacità portante di progetto della fondazione è:

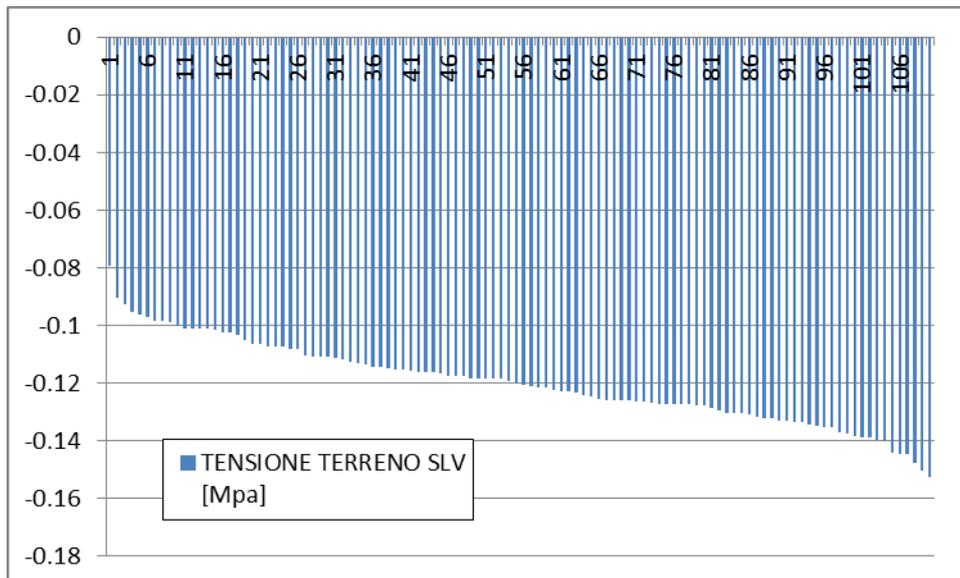
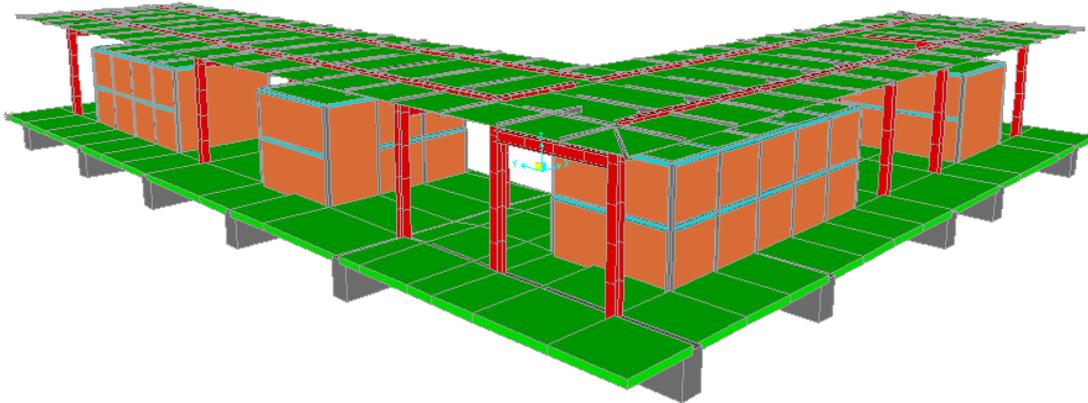
$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS} = 0.23 \text{ [MPa]}$$

**NOME DOCUMENTO**

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	75 di 94

La tensione massima agente sul terreno con costante di Winkler pari a 0.80 kg/cm<sup>3</sup>:



$$\sigma_t = 0.15 [MPa]$$

La verifica a capacità portante risulta quindi soddisfatta:

$$E_d = 0.15 [MPa] \leq R_d = 0.23 [MPa]$$

**[OK, Verificato]**

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">76 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	76 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	76 di 94								

### 11.4.1.1.3 Verifica a Scorrimento allo SLV

La resistenza di progetto  $R_d$ , cioè in questo caso la capacità a scorrimento è calcolata con la sottostante espressione:

$$R_d = \frac{A \cdot C_u}{\gamma_R}$$

In cui:

- $A$  è l'area della fondazione
- $C_u$  è la resistenza a taglio non drenata
- $\gamma_R$  è il coefficiente di sicurezza pari a 1.1

Allo stato limite di salvaguardia della vita si ha in fondazione il seguente carico verticale e taglio alla base:

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	11.0715	5.2206	598.9556
SISMA X	Combination	Min	-11.0715	-5.2206	597.1967
SISMA Y	Combination	Max	4.9844	12.4447	599.1539
SISMA Y	Combination	Min	-4.9844	-12.4447	596.9984

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 12 [\text{ton}]$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 13.41 [\text{ton}]$$

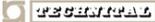
La capacità a scorrimento risulta essere:

$$R_d = \frac{A \cdot C_u}{\gamma_R} = \frac{(0.6 \cdot 7.85 \cdot 5) \cdot 10}{1.1} = 214 [\text{ton}]$$

La verifica a scorrimento è soddisfatta:

$$F_{h,SLV} = 13.41 [\text{ton}] \leq R_d = 214 [\text{ton}]$$

**[OK, Verificato]**

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services S.p.A.  ARCHITETTI ASSOCIATI	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>77 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	77 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	77 di 94								

#### 11.4.1.2 Verifica dei cedimenti allo SLE

In questo punto si riporta il calcolo dei cedimenti allo stato limite di esercizio. Il limite di cedimento è assunto pari ad (vedi autori Lancellotta, Viggiani):

$$w_{lim} = 50 \text{ [mm]}$$

Allo stato limite di esercizio sulla fondazione è presente un carico concentrato pari ad:

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
SLE ENV	Combination	Max	5.653E-13	-8.771E-12	715.7017	-1.63974	14.40394

$$Q_{sle} = 715 \text{ [ton]}$$

$$M_{x,sle} = -1,64 \text{ [tonm]}$$

$$M_{y,sle} = 14,40 \text{ [tonm]}$$

#### Verifiche Cedimenti Edometrici

Piano	Rettangolo	Fam	Cmb	q	qN	$\sigma'v0$	WTot
k.Wink.	fondazione			[Pa]	[Pa]	[Pa]	[mm]
[N/cm <sup>3</sup> ]							
0	Trave 1						
sez.0	4	1	118839	109007	9832	15.3	7.7674
0	Trave 1						
sez.1	4	1	118872	109040	9832	15.305	7.7667
0	Trave 1						
sez.2	4	1	118822	108990	9832	15.297	7.7675
0	Trave 2						
sez.0	4	1	127024	117192	9832	16.501	7.6981
0	Trave 2						
sez.1	4	1	126973	117141	9832	16.497	7.6969
0	Trave 2						
sez.2	4	1	127030	117198	9832	16.501	7.6984
0	Trave 3						
sez.0	4	1	130283	120451	9832	17.009	7.6597
0	Trave 3						
sez.1	4	1	130261	120429	9832	17.008	7.6588
0	Trave 3						
sez.2	4	1	130330	120498	9832	17.014	7.6602
0	Trave 4						
sez.0	4	1	137580	127748	9832	18.118	7.5936
0	Trave 4						
sez.1	4	1	138057	128225	9832	18.173	7.5969

**NOME DOCUMENTO**

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	78 di 94

0	Trave 4						
sez.2	4	1	138734	128902	9832	18.247	7.6032
0	Trave 5						
sez.0	4	1	157233	147401	9832	21.074	7.4609
0	Trave 5						
sez.1	4	1	158327	148495	9832	21.197	7.4693
0	Trave 5						
sez.2	4	1	160303	150471	9832	21.585	7.4265
0	Trave 6						
sez.0	4	1	161893	152061	9832	21.758	7.4407
0	Trave 6						
sez.1	4	1	173763	163931	9832	23.553	7.3777
0	Trave 6						
sez.2	4	1	186267	176435	9832	25.444	7.3206
0	Trave 8						
sez.0	4	1	185366	175534	9832	25.346	7.3133
0	Trave 8						
sez.1	4	1	175901	166069	9832	23.789	7.3943
0	Trave 8						
sez.2	4	1	170075	160243	9832	22.972	7.4035
0	Trave 9						
sez.0	4	1	159421	149589	9832	21.502	7.4144
0	Trave 9						
sez.1	4	1	150226	140394	9832	20.005	7.5096
0	Trave 9						
sez.2	4	1	142624	132792	9832	18.829	7.5746
0	Trave 10						
sez.0	4	1	131500	121668	9832	17.147	7.6688
0	Trave 10						
sez.1	4	1	131203	121371	9832	17.116	7.6654
0	Trave 10						
sez.2	4	1	130982	121150	9832	17.088	7.6651
0	Trave 11						
sez.0	4	1	130290	120458	9832	17.011	7.6593
0	Trave 11						
sez.1	4	1	130213	120381	9832	17.003	7.6583
0	Trave 11						
sez.2	4	1	130199	120367	9832	17	7.659
0	Trave 12						
sez.0	4	1	132951	123119	9832	17.455	7.6168
0	Trave 12						
sez.1	4	1	133064	123232	9832	17.472	7.6158
0	Trave 12						
sez.2	4	1	132909	123077	9832	17.449	7.6171

Si calcola un cedimento massimo allo stato limite di esercizio pari ad:

$$w = 26 \text{ [mm]}$$

La verifica è soddisfatta:

$$w = 26 \text{ [mm]} \leq w_{\text{lim}} = 50 \text{ [mm]}$$

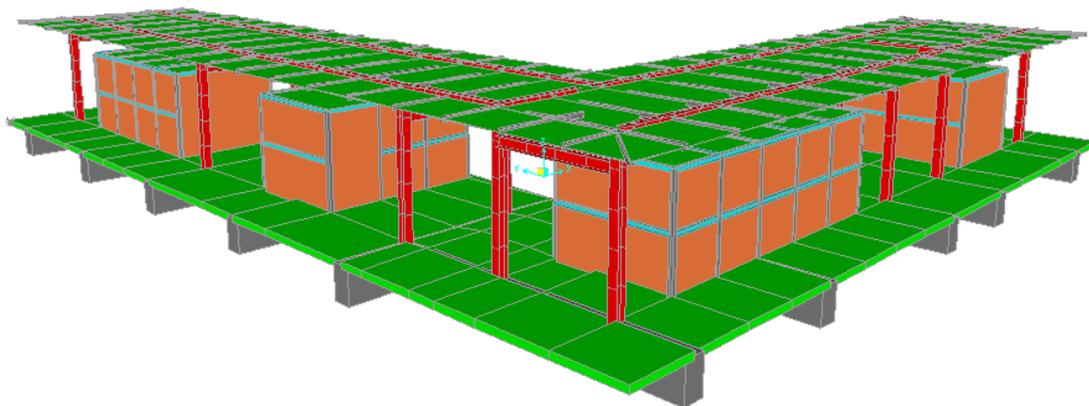
**[OK, Verificato]**

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>79 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	79 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	79 di 94								

### 11.4.2 *Verifica della fondazione*

L'opera in fondazione è composta da travi di fondazione in calcestruzzo gettato in opera collegate in testa grazie ad una soletta sempre in calcestruzzo armato non appoggiata a terra.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>80 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	80 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	80 di 94								



Le sollecitazioni presenti sulla platea sono influenzate dall'iterazione tra terreno e fondazione, pertanto le verifiche di resistenza riportate al presente punto sono condotte considerando le sollecitazioni calcolate mediante modello con fondazione rigida e flessibile.

#### 11.4.2.1.1 Verifica Travi di fondazione

Al presente punto si riporta la verifica di resistenza delle travi di fondazione a flessione e taglio. Le sollecitazioni sono calcolate considerando la fondazione come rigida in modo da massimizzare le sollecitazioni sugli elementi resistenti presenti in fondazione.

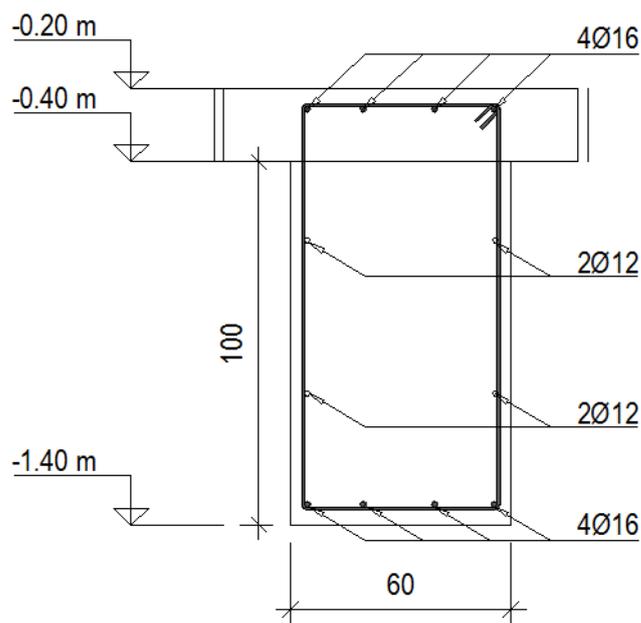
	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>81 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	81 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	81 di 94								

#### 11.4.2.1.1.1 Verifica a flessione fondazione rigida

La verifica a flessione viene condotta con le sollecitazioni calcolate mediante la combinazione più gravosa, che in questo specifico caso è allo stato limite ultimo SLU. Le travi presentano la seguente geometria e armatura:

4 + 4Ø16 barre longitudinali

1Ø8/20 Staffe a 2 braccia



**NOME DOCUMENTO**

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

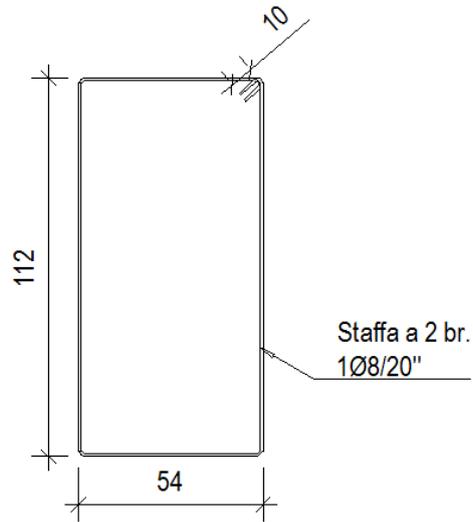
FA4400106

REV.

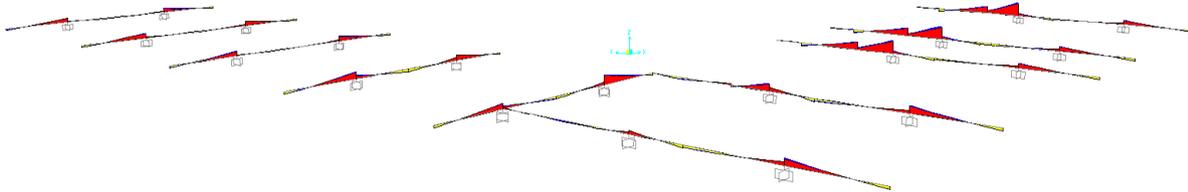
A

FOGLIO

82 di 94



SLU:

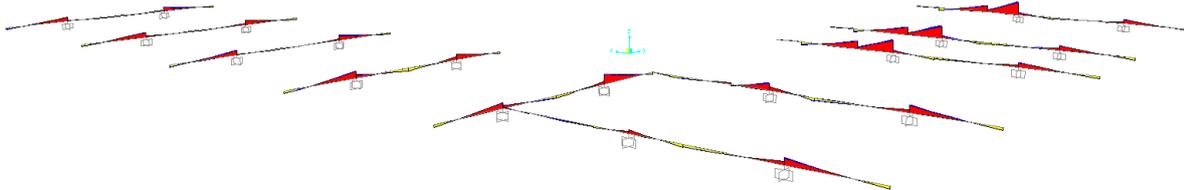


$$M_{max} = 21 [tm]$$

**NOME DOCUMENTO**  
 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	83 di 94

SLV:



$$M_{max} = 20 [tm]$$

Il momento resistente della trave è il seguente:

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	60	100	1	6,16	90

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>  kNm

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**  
 Lato acciaio - Acciaio snervato

**Materiali**  
 B450C  C25/30

ε<sub>su</sub>  % ε<sub>c2</sub>  %  
 f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  %  
 E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  %  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
 ε<sub>syd</sub>  % σ<sub>c,adm</sub>   
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>   
 τ<sub>c1</sub>

M<sub>xRd</sub>  kN m  
 σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²  
 ε<sub>c</sub>  %  
 ε<sub>s</sub>  %  
 d  cm  
 x  x/d   
 δ

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett.   
 Calcola MRd  Dominio M-N   
 L<sub>0</sub>  cm Col. modello

Precompresso

La verifica è soddisfatta:

$$M_{Ed} = 21 [tm] \leq M_{Rd} = 21 [tm]$$

**[OK, Verificato]**

**NOME DOCUMENTO**

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI -  
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

E21D

00 D Z3

RH

FA4400106

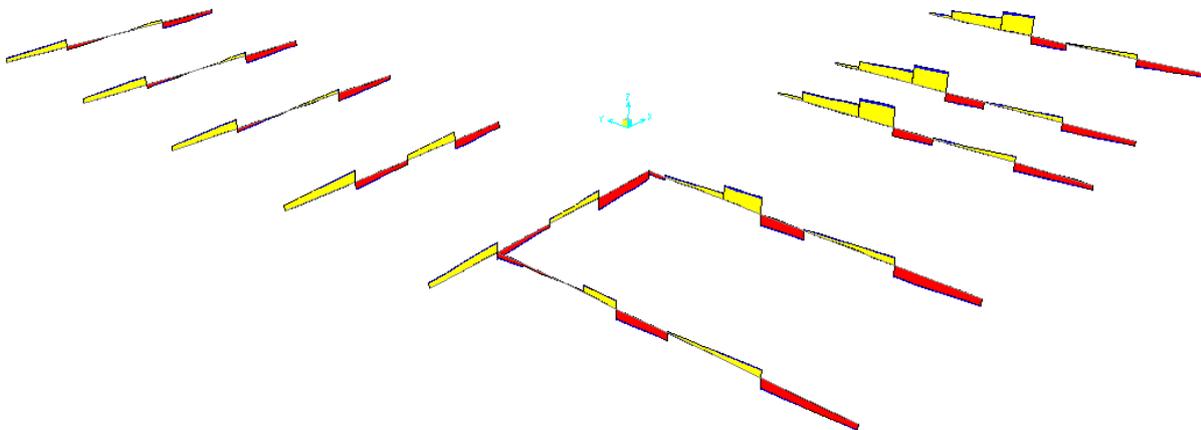
A

84 di 94

11.4.2.1.1.2 Verifica a taglio fondazione Rigida

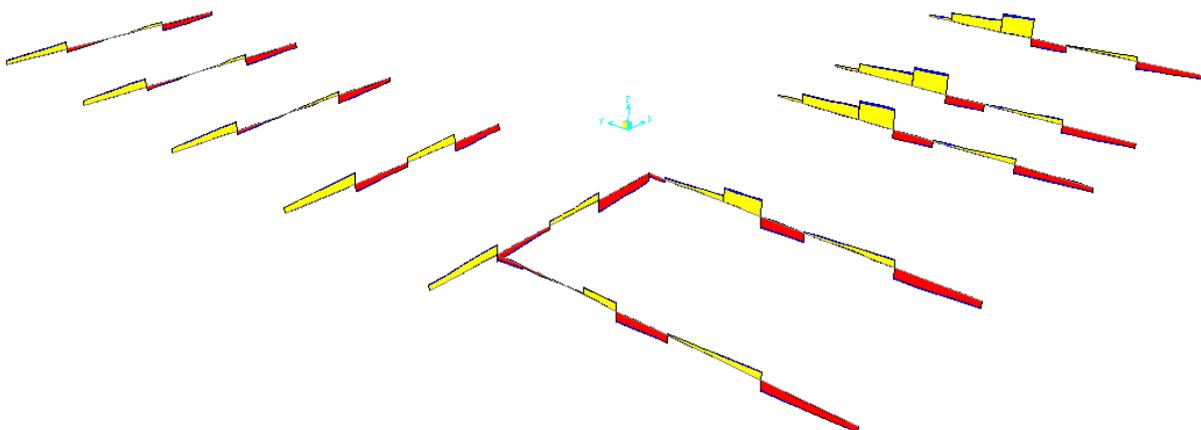
Al presente punto si verifica la trave di fondazione a taglio. Le sollecitazioni massime sono le seguenti:

SLU:

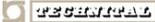


$$V_{max} = 18 \text{ [ton]}$$

SLV:



$$V_{max} = 12 \text{ [ton]}$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4400106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">85 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	85 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	85 di 94								

La capacità a taglio della sezione è la seguente:

VERIFICA A TAGLIO TRAVE IN C.A								
TAGLIO DI PROGETTO Ved (kg)							17500	
LUNGHEZZA TRAVE (m)							1.00	
CALCOLO Passo staffe								
d	Asw	fyd	ctg(teta)	ctg(alfa)	sen(alfa)	Vrsd	s	
(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(Mpa)	(/)	(/)	(/)	(N)	(mm)	
1120	100.48	391	1	0.00	1	175000	226	
						198010	200	
Area As (mm <sup>2</sup> )							804	
Ved<=As*fyd*sen(alfa) (N)							314364	VERIFICATO
fcd	bw	ni	alfa_c					
(Mpa)	(mm)	(/)	(/)					
14.16667	600	0.5	1					
ROTTURA LATO ACCIAIO SE E SOLO SE VRcd>VRsd (N)							2142000	VERIFICATO
Ved<=0.5*bw*Asw*ni*fcd (N)							2380000	VERIFICATO

Con una staffa da 8 mm ogni 20 cm si verifica una capacità a taglio pari ad:

$$V_{Rd} = 19,80 \text{ [ton]}$$

La verifica è soddisfatta:

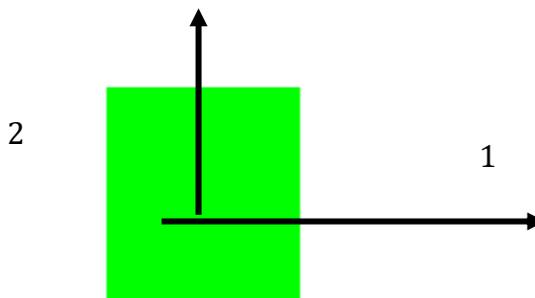
$$V_{Ed} = 18 \text{ [ton]} \leq M_{Rd} = 19,80 \text{ [ton]}$$

**[OK, Verificato]**

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>86 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	86 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	86 di 94								

### 11.4.3 Verifica Soletta di fondazione

Al presente punto si riporta la verifica a flessione della soletta allo stato limite ultimo SLU. Per comprendere la direzione delle sollecitazioni sulla platea si considera il seguente sistema di riferimento:



**Direzione 1:**

In direzione 1 con un'armatura diffusa composta da:

- 1Ø12/20'' (sopra)
- 1Ø12/20'' (sotto)

Il momento resistente di una striscia di platea larga un metro è pari ad:

**Titolo:** \_\_\_\_\_

N° strati barre:  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	20	1	5,65	5
			2	5,65	15

**Sollecitazioni**

S.L.U.    Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0    0 kN

M<sub>xEd</sub> 0    0 kNm

M<sub>yEd</sub> 0    0

**P.to applicazione N**

Centro     Baricentro cls

Coord.[cm]    xN 0    yN 0

**Tipo rottura**

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

B450C	C25/30
ε <sub>su</sub> 67,5 ‰	ε <sub>c2</sub> 2 ‰
f <sub>yd</sub> 391,3 N/mm²	ε <sub>cu</sub> 3,5 ‰
E <sub>s</sub> 200.000 N/mm²	f <sub>cd</sub> 14,17
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> 15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> 0,8
ε <sub>syd</sub> 1,957 ‰	σ <sub>c,adm</sub> 9,75
σ <sub>s,adm</sub> 255 N/mm²	τ <sub>co</sub> 0,6
	τ <sub>c1</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> 36,24 kN m

σ<sub>c</sub> -14,17 N/mm²

σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²

ε<sub>c</sub> 3,5 ‰

ε<sub>s</sub> 11,67 ‰

d 15 cm

x 3,46    x/d 0,2307

δ 0,7283

**Tipo Sezione**

Rettan.re     Trapezi

a T     Circolare

Rettangoli     Coord.

**Metodo di calcolo**

S.L.U.+     S.L.U.-

Metodo n

**Tipo flessione**

Retta     Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd    Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm    Col. modello

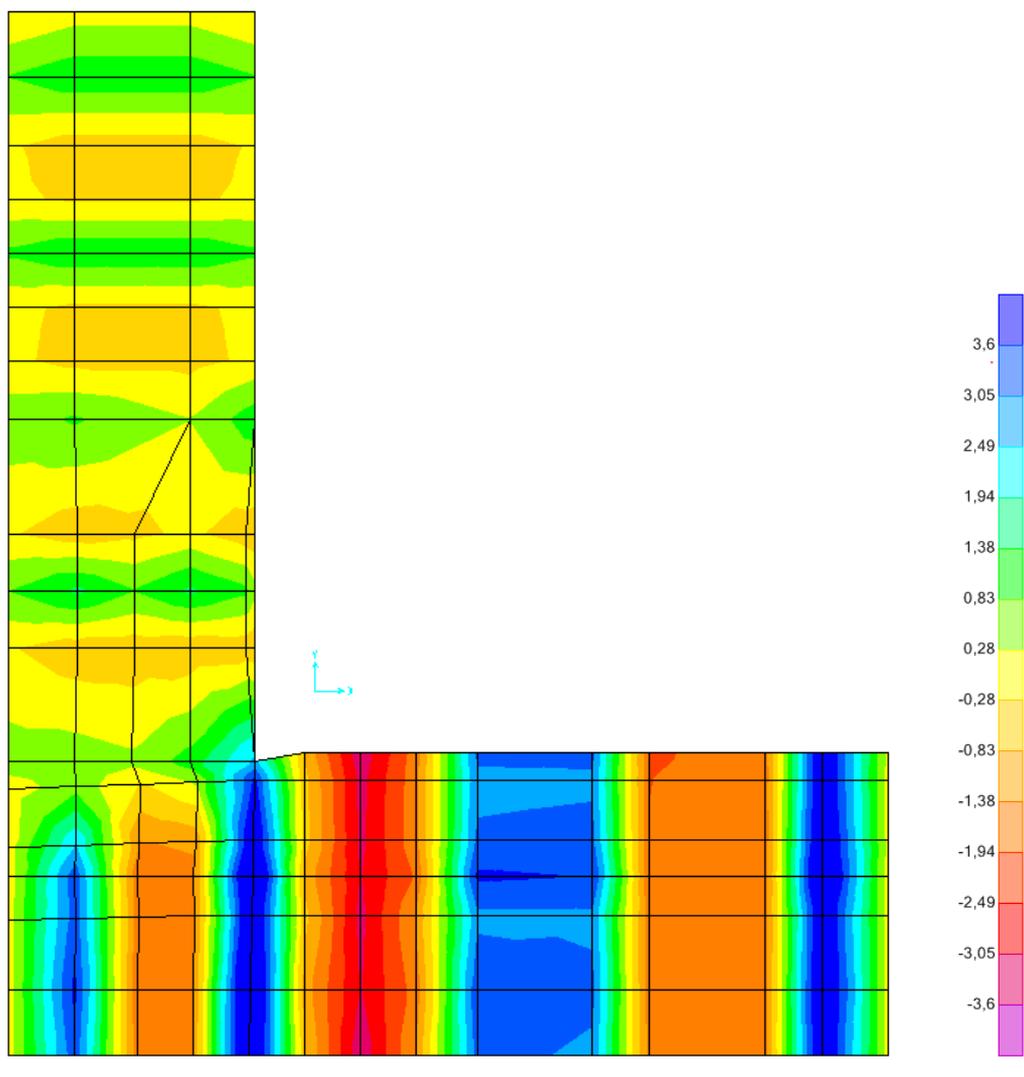
Precompresso

$$M_{Rd} = 3,6 \text{ [tm]}$$

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>87 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	87 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	87 di 94								

**Fondazione Rigida:**

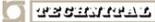
Con il momento resistente calcolato si ha il rispetto della verifica di resistenza nelle zone campite dal fuxia al celeste



*Momento Aree in Fuxia*  
 3,6 [tm]

*Momento Aree in Celeste*  
 3,6 [tm]

**[OK, Verificato]**

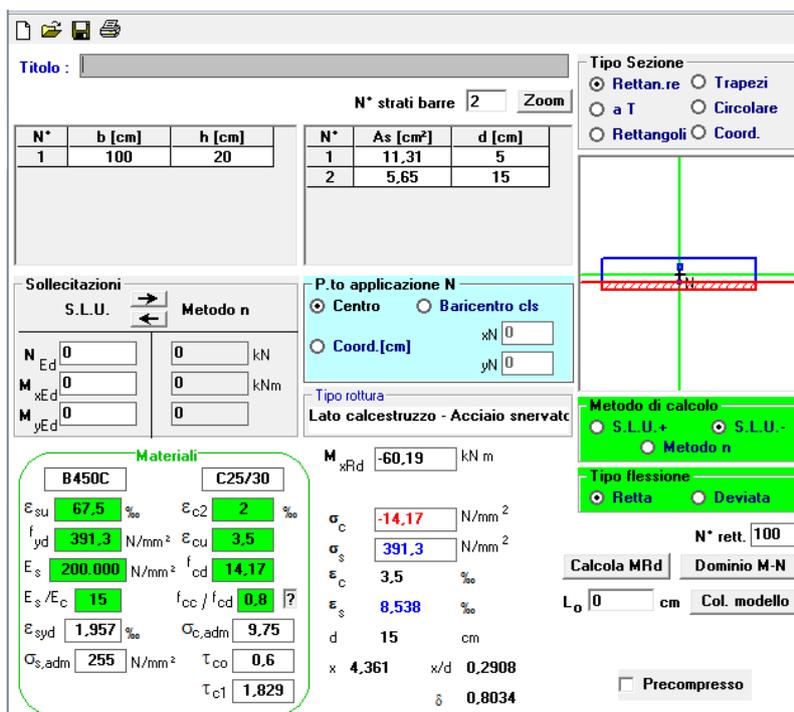
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOLGIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>88 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOLGIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	88 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOLGIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	88 di 94								

Nelle zone in cui non si ha il rispetto delle verifiche di resistenza (estradosso delle travi di fondazione) si predispone la seguente armatura aggiuntiva:

$$1\emptyset 12/20'' + 1\emptyset 12/20'' \text{ (sopra)}$$

$$1\emptyset 12/20''' \text{ (sotto)}$$

Il momento resistente di una striscia di platea larga un metro è pari ad:



The screenshot shows a software interface for structural analysis. Key data points include:

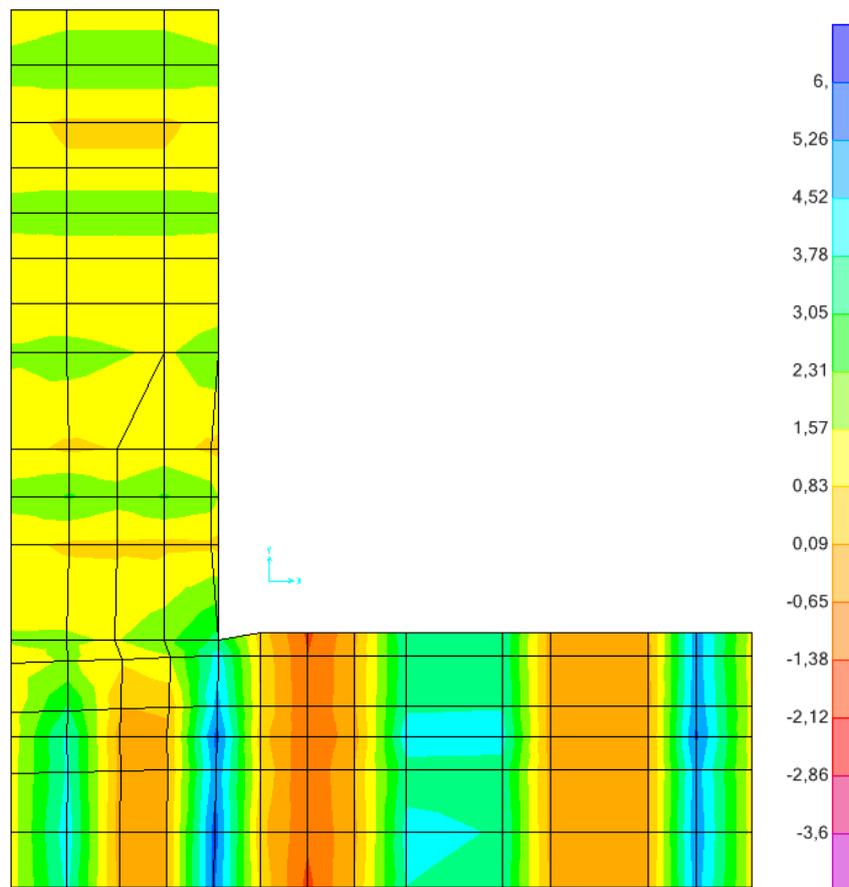
- Section Data:** N° strati barre = 2. Table with columns N°, b [cm], h [cm], As [cm²], d [cm].
- Materials:** B450C (steel) and C25/30 (concrete). Properties like  $E_{su}$ ,  $f_{yd}$ ,  $E_s$ ,  $E_s/E_c$ ,  $E_{s,adm}$ ,  $\sigma_{s,adm}$ ,  $\tau_{c1}$ ,  $\tau_{c0}$ ,  $\sigma_{c2}$ ,  $\epsilon_{cu}$ ,  $f_{cd}$ ,  $f_{cc}/f_{cd}$ ,  $\sigma_{c,adm}$  are listed.
- Calculation Results:**  $M_{Rd} = -60.19$  kN m,  $\sigma_c = -14.17$  N/mm²,  $\sigma_s = 391.3$  N/mm²,  $\epsilon_c = 3.5$ ‰,  $\epsilon_s = 8.538$ ‰,  $d = 15$  cm,  $x = 4.361$ ,  $x/d = 0.2908$ ,  $\delta = 0.8034$ .
- Other Parameters:**  $N_{Ed} = 0$ ,  $M_{xEd} = 0$ ,  $M_{yEd} = 0$ ,  $N_{Ed} = 0$  kN,  $M_{xEd} = 0$  kNm,  $M_{yEd} = 0$  kNm.

$$M_{Rd} = 6 \text{ [tm]}$$

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>89 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	89 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	89 di 94								

**Fondazione Rigida:**

Con il momento resistente calcolato si ha il rispetto della verifica di resistenza nelle zone campite dal fuxia al blu.



**[OK, Verificato]**

*Momento Aree in Rosso*  
 3,6 [tm]

*Momento Aree in Blu*  
 6,00 [tm]

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>90 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	90 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	90 di 94								

## Direzione 2:

In direzione 2 con un'armatura diffusa composta da:

$1\varnothing 12/20''$  (sopra)

$1\varnothing 12/20''$  (sotto)

Il momento resistente di una striscia di platea larga un metro è pari ad:

Titolo : \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	20	1	5,65	5
			2	5,65	15

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN

M<sub>xEd</sub>  kNm

M<sub>yEd</sub>  kNm

**P.to applicazione N**

Centro  Baricentro cls

Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**

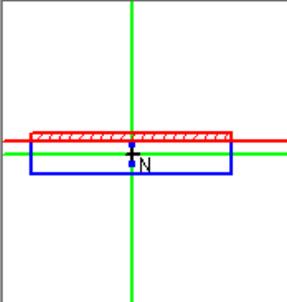
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Tipo Sezione**

Rettan.re  Trapezi

a T  Circolare

Rettangoli  Coord.



**Materiali**

**B450C** **C25/30**

$\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰

$f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰

$E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   ‰

$E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?

$\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   ‰

$\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$   ‰

$\tau_{cl}$   ‰

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$   N/mm²

$\sigma_s$   N/mm²

$\epsilon_c$   ‰

$\epsilon_s$   ‰

d  cm

x  x/d   $\delta$

**Metodo di calcolo**

S.L.U.+  S.L.U.-

Metodo n

**Tipo flessione**

Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

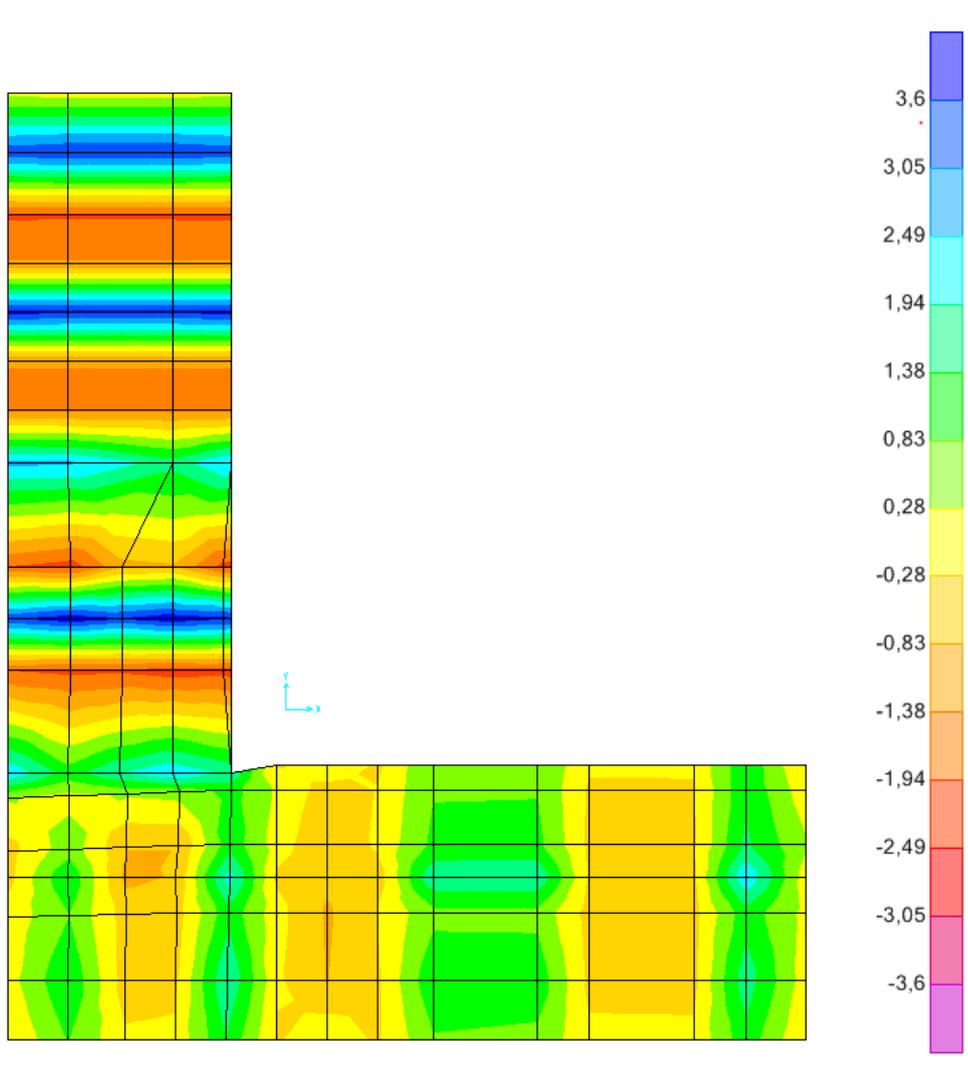
Precompresso

$$M_{Rd} = 3,6 \text{ [tm]}$$

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>91 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	91 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	91 di 94								

**Fondazione Rigida:**

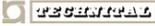
Con il momento resistente calcolato si ha il rispetto della verifica di resistenza nelle zone campite dal fuxia al blu



*Momento Aree in Fuxia  
3,6 [tm]*

**[OK, Verificato]**

*Momento Aree in Blu  
3,6 [tm]*

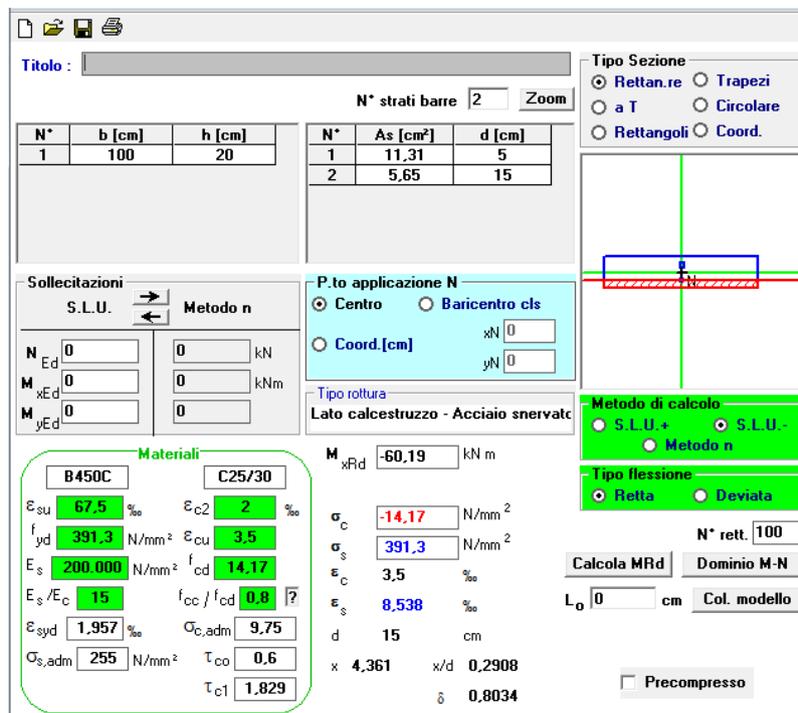
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOLLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>92 di 94</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOLLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	92 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOLLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	92 di 94								

Nelle zone in cui non si ha il rispetto delle verifiche di resistenza (estradosso delle travi di fondazione) si predispone la seguente armatura aggiuntiva:

$$1\emptyset 12/20'' + 1\emptyset 12/20'' \text{ (sopra)}$$

$$1\emptyset 12/20''' \text{ (sotto)}$$

Il momento resistente di una striscia di platea larga un metro è pari ad:



The screenshot shows a software interface for structural analysis. Key data points include:

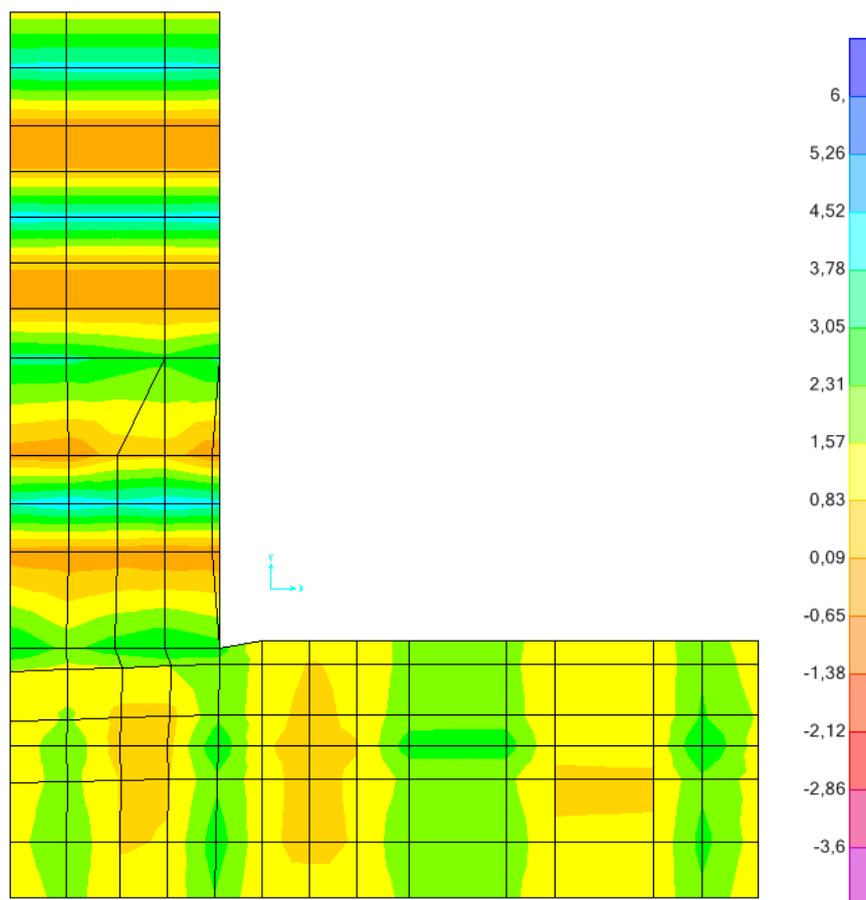
- Section Data:** N° strati barre = 2. Table with columns N°, b [cm], h [cm], As [cm²], d [cm].
- Materials:** B450C and C25/30. Properties like  $E_{su}$ ,  $f_{yd}$ ,  $E_s$ ,  $E_s/E_c$ ,  $E_{s,adm}$ ,  $\sigma_{s,adm}$ ,  $\tau_{co}$ ,  $\tau_{c1}$ ,  $E_{c2}$ ,  $\epsilon_{cu}$ ,  $f_{cd}$ ,  $f_{cc}/f_{cd}$ ,  $\sigma_{c,adm}$ ,  $\tau_{co}$ ,  $\tau_{c1}$ .
- Calculation Results:**  $M_{Rd} = -60.19$  kN m,  $\sigma_c = -14.17$  N/mm²,  $\sigma_s = 391.3$  N/mm²,  $\epsilon_c = 3.5$ ‰,  $\epsilon_s = 8.538$ ‰,  $d = 15$  cm,  $x = 4.361$ ,  $x/d = 0.2908$ ,  $\delta = 0.8034$ .
- Other Parameters:**  $N^*$  (1: 11.31, 2: 5.65),  $N_{Ed}$ ,  $M_{xEd}$ ,  $M_{yEd}$ ,  $N^*$  rett. = 100,  $L_0 = 0$  cm,  $\delta = 0.8034$ .

$$M_{Rd} = 6 \text{ [tm]}$$

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>93 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	93 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	93 di 94								

**Fondazione Rigida:**

Con il momento resistente calcolato si ha il rispetto della verifica di resistenza nelle zone campite dal fuxia al blu.



**[OK, Verificato]**

*Momento Aree in Rosso*  
*3,6 [tm]*

*Momento Aree in Blu*  
*6,00 [tm]*

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>NOME DOCUMENTO</b> AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FANTI - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4400106</td> <td>A</td> <td>94 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	94 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4400106	A	94 di 94								

### 11.5 Analisi conclusive in merito alla verifica delle fondazioni

In seguito alle analisi svolte ed alle valutazioni effettuate sui risultati ottenuti in termini di resistenza e di deformabilità è possibile affermare che l'organismo strutturale così progettato e tutti gli elementi che lo compongono rispettano i limiti e le prestazioni richieste da normativa.

Inoltre si dispone la seguente prescrizione:

**La relazione geologica a nostra disposizione non riporta delle indagini penetrometriche riferite al sito della costruzione. Pertanto nelle verifiche riportate ai punti precedenti si impiegano dei parametri geotecnici cautelativi i quali in fase esecutiva dovranno essere opportunamente verificati mediante prove geologiche in sito. Inoltre la fondazione oggetto di verifica è progettata considerando un andamento altimetrico del terreno pianeggiante. Nel caso in cui tale ipotesi non risulti essere verificata si deve necessariamente modificare la tipologia di fondazione inserendo pali e/o muri di sostegno.**

## 12. Allegato A

Il codice di calcolo utilizzato è "Sap 2000 - licenza n° SN:265B".