

COMMITTENTE



COMUNE DI GENOVA

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
ALBERTO BITOSSÌ
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 PRATO - 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 5 1 0 0 1 0 6 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	ABDR	15/01/2022	P. Desideri	15/01/2022	A. Peresso	20/12/2021	
B	VAR. TEAM COMMESSA	ABDR	18/05/2022	P. Desideri	18/05/2022	A. Peresso	18/05/2022	
C	EMISSIONE PER COMMENTI	ABDR	07/2022	P. Desideri	07/2022	A. Peresso	07/2022	



NOME FILE: E21D-00-D-Z3-RH-FA5100-106-C

n. Elab.:

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">3 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	3 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	3 di 116								

INDICE

1. Introduzione	5
2. Riferimenti Normativi	7
3. Proprietà dei materiali	8
3.1 Calcestruzzo C25/30 - fondazioni (ex. § 4.1.2 NTC 18).....	8
3.2 Acciaio per barre d'armatura B450C (ex. § 11.3.2 NTC 18)	8
3.3 Acciaio S355J0 (ex. § 4.2.1.1 NTC 18)	9
3.4 Bulloni (ex. § 11.3.4.6 NTC 08)	10
4. Analisi delle sezioni	11
4.1 HEB260	11
4.2 HEB120	12
5. Carichi	13
5.1 Carico neve (Q ₁) (ex. § 3.4 N.T.C.18).....	14
5.2 Carico vento (Q ₃) (ex. § 3.3 N.T.C.18).....	15
5.3 Azione della temperatura (Q ₄) (ex. § 3.5.5 N.T.C.18)	17
5.4 Carico da manutenzione.....	18
5.5 Azione sismica.....	19
5.5.1 Determinazione manuale dei torcenti sismici convenzionali di piano (ex. § 7.2.6 NTC '18).....	27
5.6 Combinazione dei carichi.....	30
6. Modello di calcolo	33
7. Analisi dinamica	34
8. Verifiche di resistenza - carpenteria metallica	36
8.1 Profilo HEB 260	36
8.1.1 Verifica di instabilità	38
8.2 Profilo HEB 120	40
9. Verifiche di deformazione verticale	42
10. Verifica delle connessioni	45
10.1 Connessione Pilastro-trave (tipo 1).....	45
10.1.1 Verifica dell'unione bullonata.....	46
10.1.2 Verifica del piatto	47
10.2 Connessione Pilastro-trave (tipo 2).....	48
10.3 Verifica della connessione Trave Principale - Trave secondaria	50
10.3.1 Verifica dell'unione bullonata.....	51
10.4 Verifica della connessione in fondazione	52
10.4.1 Verifica della carpenteria metallica.....	53
10.4.2 Verifica dei tirafondi.....	54
12. Verifica delle fondazioni- modello Prato 1	57

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	4 di 116

12.1	CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO	58
12.2	Modello di Calcolo della Fondazione con Winkler	58
12.2.1	Calcolo della costante elastica di Winkler.....	59
12.3	Confronto tra modello con fondazione rigida e flessibile	62
12.4	VERIFICHE DI RESISTENZA	64
12.4.1	Verifiche di Resistenza Geotecnica (A1+M1+R3)	64
12.4.2	Verifica della fondazione	74
12.4.3	Verifica Soletta di fondazione	80
12.5	Analisi conclusive in merito alla verifica delle fondazioni.....	86
13.	Verifica delle fondazioni- modello Prato 2	87
13.1	CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO	88
13.2	Modello di Calcolo della Fondazione con Winkler	88
13.2.1	Calcolo della costante elastica di Winkler.....	89
13.3	Confronto tra modello con fondazione rigida e flessibile	92
13.4	VERIFICHE DI RESISTENZA	94
13.4.1	Verifiche di Resistenza Geotecnica (A1+M1+R3)	94
13.4.2	Verifica della fondazione	104
13.4.3	Verifica Soletta di fondazione	110
13.5	Analisi conclusive in merito alla verifica delle fondazioni.....	116

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

E21D

00 D Z3

RH

FA5100106

B

5 di 116

1. Introduzione

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

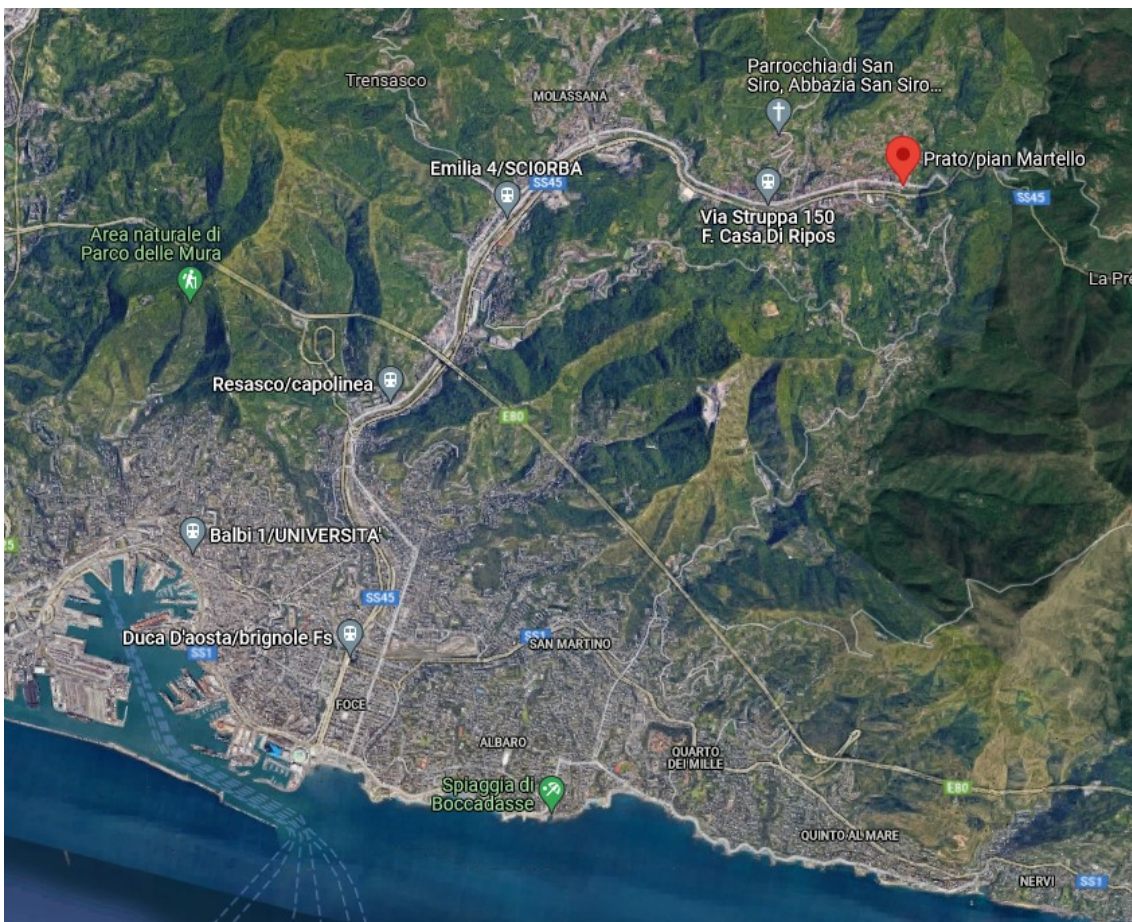


Figura 1 Geolocalizzazione - vista in pianta

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	6 di 116



Figura 2 Vista 3d della carpenteria metallica

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>7 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	7 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	7 di 116								

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”.

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>8 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	8 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	8 di 116								

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

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>9 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	9 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	9 di 116								

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

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">10 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	10 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	10 di 116								

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 PRATO -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA5100106

REV.

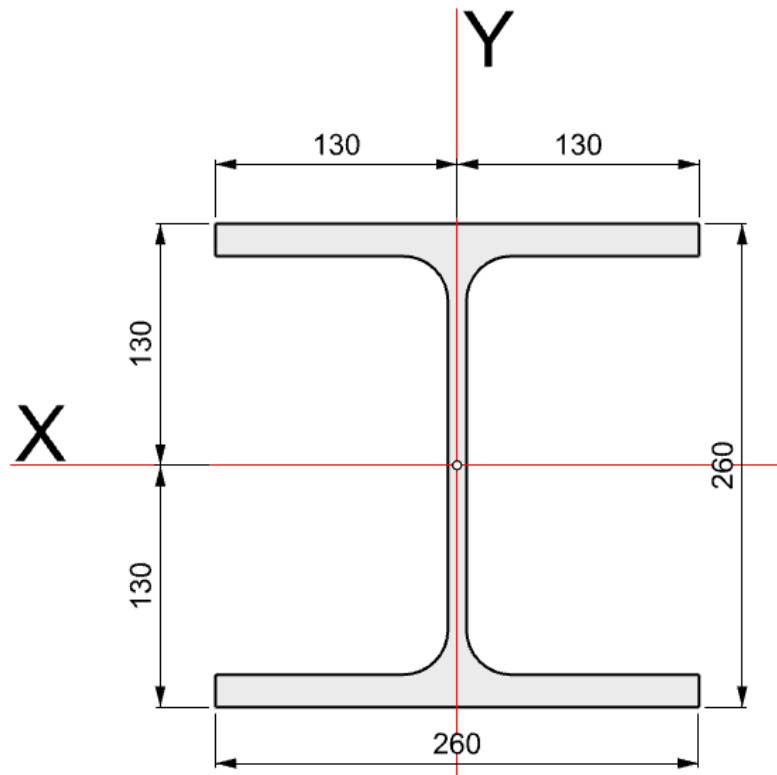
B

FOGLIO

11 di 116

4. Analisi delle sezioni

4.1 HEB260



HEB 260			
Parametri		Unità	
Area	A	118	cm ²
Inerzia	J _x	14919	cm ⁴
	y _{max}	13	cm
Modulo di resistenza	W _x	1147	cm ³
Inerzia	J _y	5134	cm ⁴
	x _{max}	13	cm
Modulo di resistenza	W _y	394	cm ³

Tabella 2 Parametri geometrici HEB 260

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA5100106

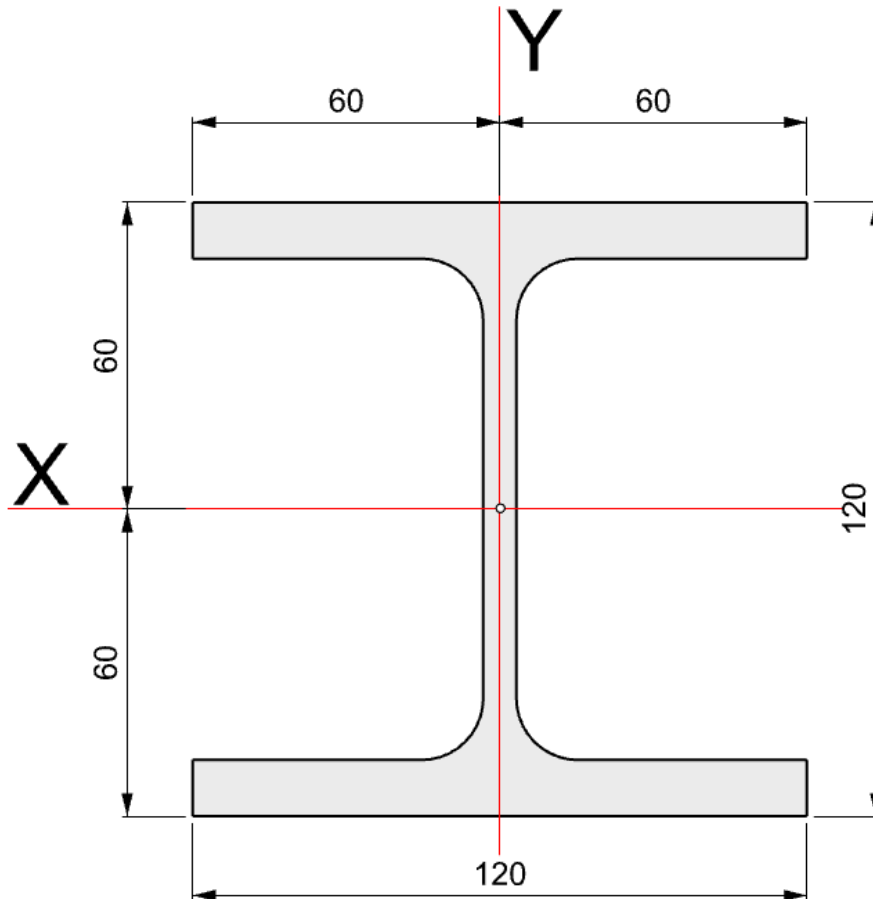
REV.

B

FOGLIO

12 di 116

4.2 HEB120



HEB 120			
Parametri		Unità	
Area	A	34	cm ²
Inerzia	J _x	864	cm ⁴
	y _{max}	6	cm
Modulo di resistenza	W _x	144	cm ³
Inerzia	J _y	317	cm ⁴
	x _{max}	6	cm
Modulo di resistenza	W _y	52.8	cm ³

Tabella 3 Parametri geometrici HEB 120

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">13 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	13 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	13 di 116								

5. Carichi

Peso proprio degli elementi componenti la struttura (G1):

- Calcestruzzo armato = 25.0 [kN/m³];
- Elementi in acciaio = 78.5 [kN/m³].

Peso proprio degli elementi non strutturali (G2):

- Carico permanente portato (Copertura) **G2 = 0.50 [kN/m²]** così suddiviso:

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

Per i carichi variabili si rimanda ai paragrafi seguenti.

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">14 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	14 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	14 di 116								

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;
- μ_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/m² 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 $q_s = 0.80[kN/m^2]$

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">15 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	15 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	15 di 116								

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.

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

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:

- ρ 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]

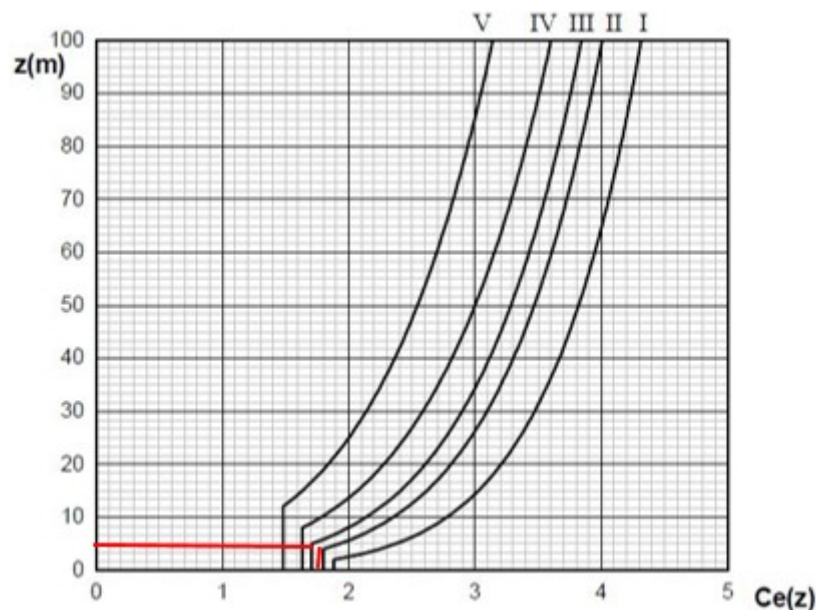


Figura 3 Coefficiente di esposizione

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">16 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	16 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	16 di 116								

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 (α in $^\circ$).

Valori positivi	Tutti i valori di φ	$c_F = + 0,2 + \alpha/30$
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 ' φ ' 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.

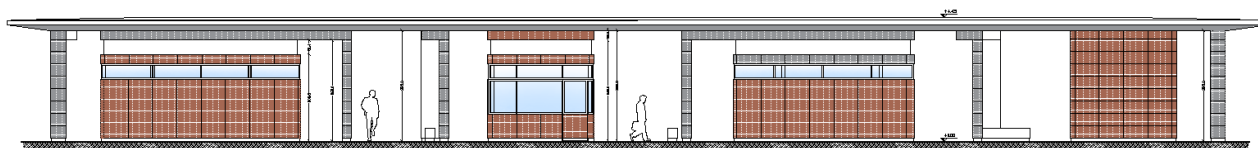


Figura 4 Prospetto architettonico

Pertanto, per valori di φ 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 PRATO -
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	17 di 116

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.

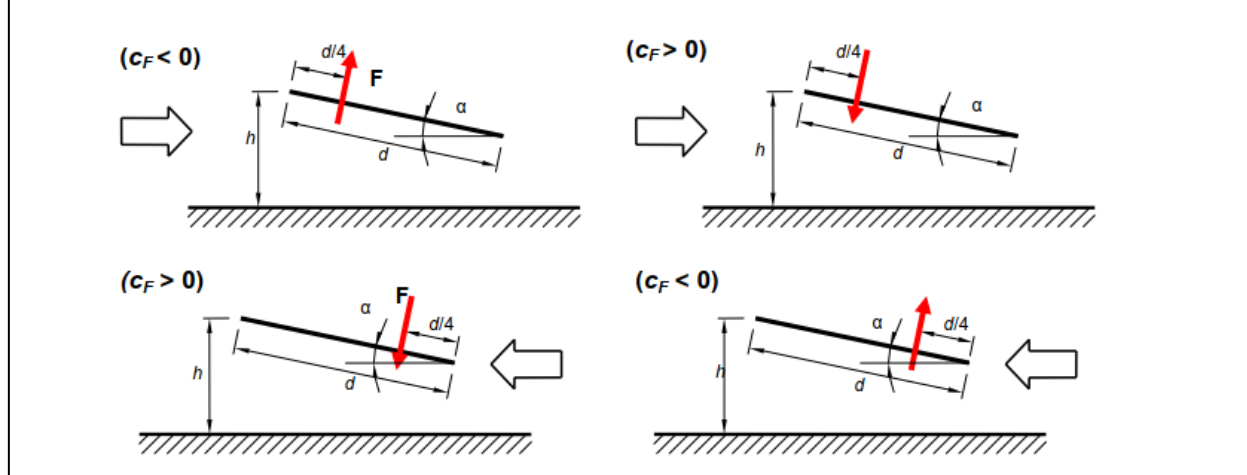


Figura 5 Applicazione carichi

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

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

5.3 Azione della temperatura (Q₄) (ex. § 3.5.5 N.T.C.18)

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

Tab. 3.5.II – Valori di ΔT_u per gli edifici

Tipo di struttura	ΔT_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 ΔT

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

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>18 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	18 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	18 di 116								

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:

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

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">19 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	19 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	19 di 116								

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	81%
	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).

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">20 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	20 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	20 di 116								

- 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”.

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

E21D

00 D Z3

RH

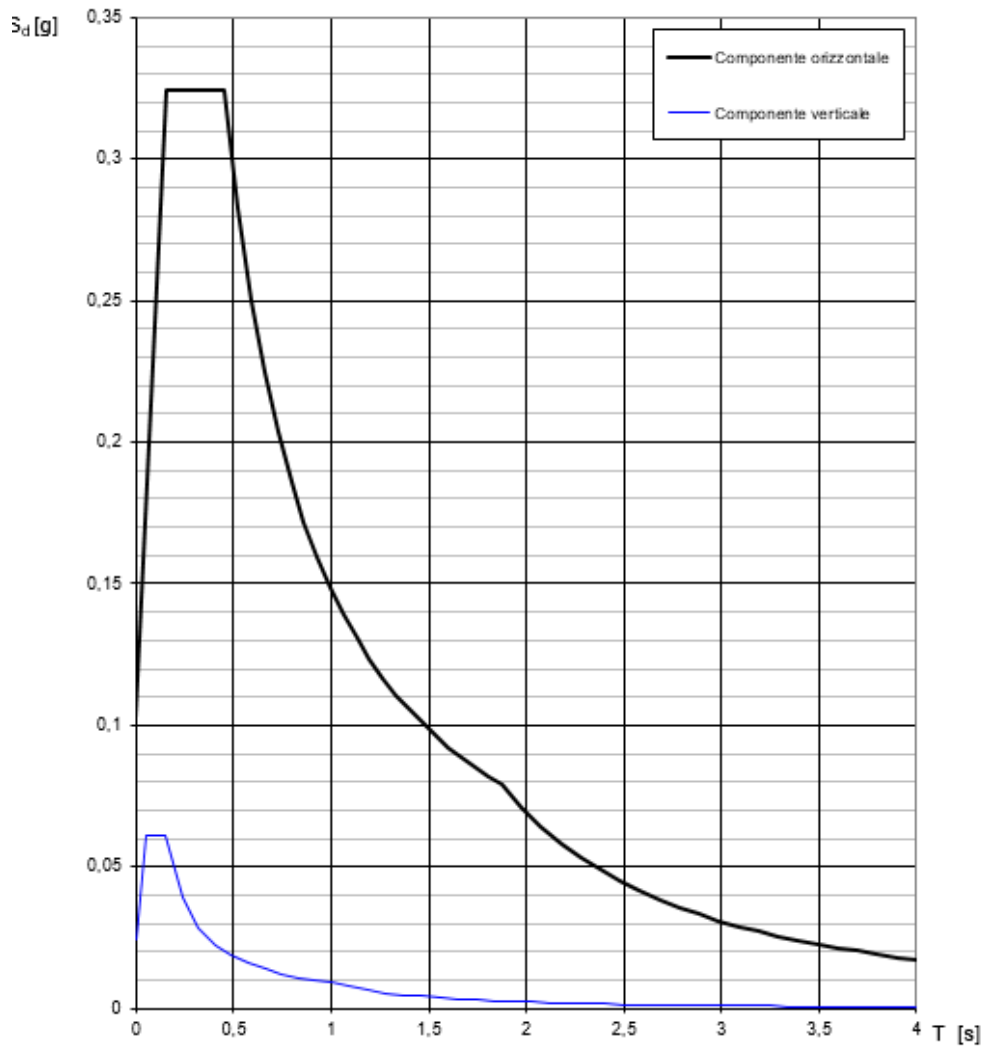
FA5100106

B

21 di 116

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 PRATO -
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA5100106

REV.

B

FOGLIO

22 di 116

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
η	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 η 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 PRATO -
 STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	23 di 116

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
η	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
$T_B \leftarrow$	0,050	0,061
$T_C \leftarrow$	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
$T_D \leftarrow$	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.

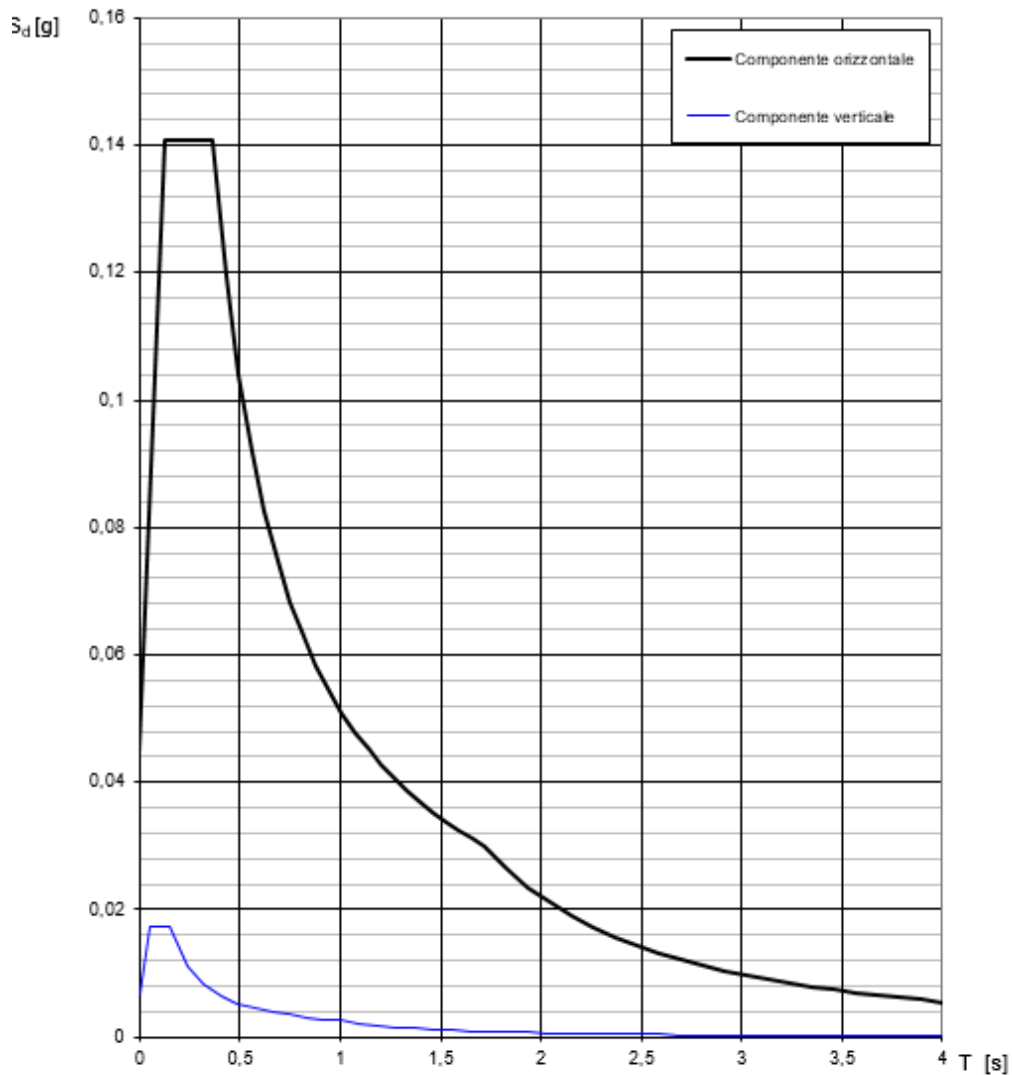
NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	24 di 116

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 6 Spettro di risposta elastico orizzontale – SLD

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	25 di 116

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
η	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 η 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 PRATO -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	26 di 116

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
η	1,000

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>27 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	27 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	27 di 116								

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:

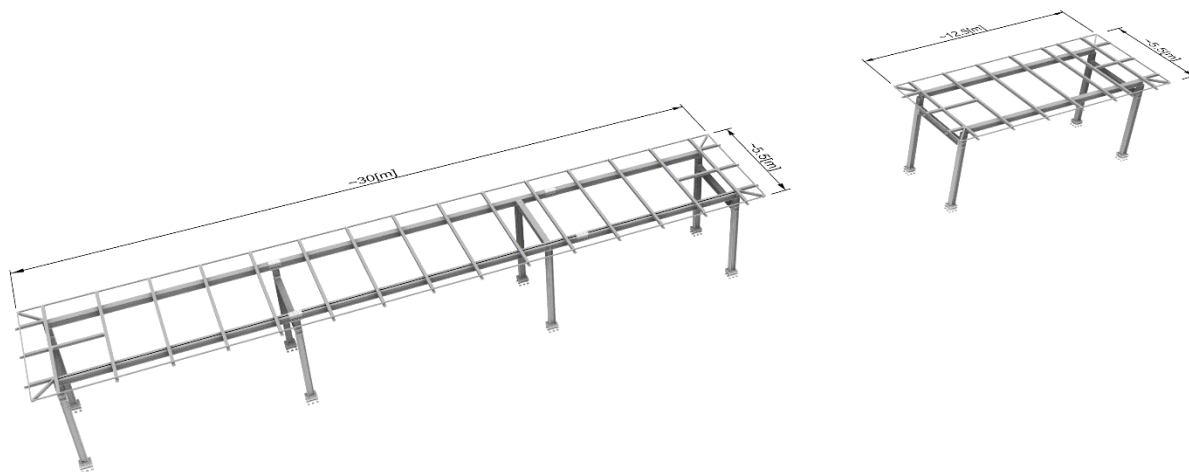


Figura 7 3d edificio

$$e_{ax} = \pm 0.05 \cdot 7 = \pm 0.28[m]$$

$$e_{ay} = \pm 0.05 \cdot 30 = \pm 1.50[m]$$

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">28 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	28 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	28 di 116								

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 ψ_{2j} vale 0.0 per il carico neve, vento, temperatura e manutenzione.

Considerando un'area in pianta dell'edificio di circa 315m², si valuta la massa sismica per la copertura.

$$w_{\text{Copertura}} = G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \approx 135 + 157 = 292 [kN]$$

Impalcato	z (m)	Wi (kN)
Copertura	4.5	206

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

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda_i / g = 0.325 \cdot 206 \cdot 1 = 67 [kN] \quad \text{:SLV}$$

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda_i / g = 0.141 \cdot 206 \cdot 1 = 29.1 [kN] \quad \text{:SLD}$$

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">29 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	29 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	29 di 116								

SLV

Sisma in direzione x		$S_d(T) = 0.325g$	
Impalcato	F _i (kN)	e _y (m)	Mt= F _i ·e _y (kNm)
Copertura	67	±0.28	18.75

Sisma in direzione y		$S_d(T) = 0.507g$	
Impalcato	F _i (kN)	e _x (m)	Mt= F _i ·e _y (kNm)
copertura	67	±1.5	101

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)	Mt= F _i ·e _y (kNm)
Copertura	29.1	±0.28	8.2

Sisma in direzione y		$S_d(T) = 0.199g$	
Impalcato	F _i (kN)	e _x (m)	Mt= F _i ·e _y (kNm)
copertura	29.1	±1.5	43.7

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.

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">30 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	30 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	30 di 116								

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)

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">31 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	31 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	31 di 116								

- Coefficienti parziali per i carichi di esercizio:

- $\gamma_{G1} = 1.3$: 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 ψ_i :

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_0	Ψ_{1j}	Ψ_{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 ≤ 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 ≤ 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	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>32 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	32 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	32 di 116								

COMBINAZIONI	G1	G2	Q1 _{neve}	Q2 _{man.}	Q3 _{vento}	Q4 _{ΔT}	EX	EY	EZ	Mt(+/-)
Comb. 1 - SLU _{NEVE}	1.3	1.5	1.5	0.0	0.9	0.9	/	/	/	/
Comb. 2 - SLU _{MANUTENZIONE}	1.3	1.5	0.75	1.5	0.9	0.9	/	/	/	/
Comb. 3 - SLU _{VENTO}	1.3	1.5	0.75	0.0	1.5	0.9	/	/	/	/
Comb. 4 - SLU _{ΔT}	1.3	1.5	0.75	0.0	0.9	1.5	/	/	/	/
Comb. 5 - SLE _{NEVE}	1.0	1.0	1.0	0.0	0.6	0.6	/	/	/	/
Comb. 6 - SLE _{MANUTENZIONE}	1.0	1.0	0.5	1.0	0.6	0.6	/	/	/	/
Comb. 7 - SLE _{VENTO}	1.0	1.0	0.5	0.0	1.0	0.6	/	/	/	/
Comb.8 - SLE _{ΔT}	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 ^{+/-}	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 ^{+/-}	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 ^{+/-}	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 ^{+/-}	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 ^{+/-}	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 ^{+/-}	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 involuppi 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 Inviluppo delle combinazioni di carico

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>33 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	33 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	33 di 116								

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.

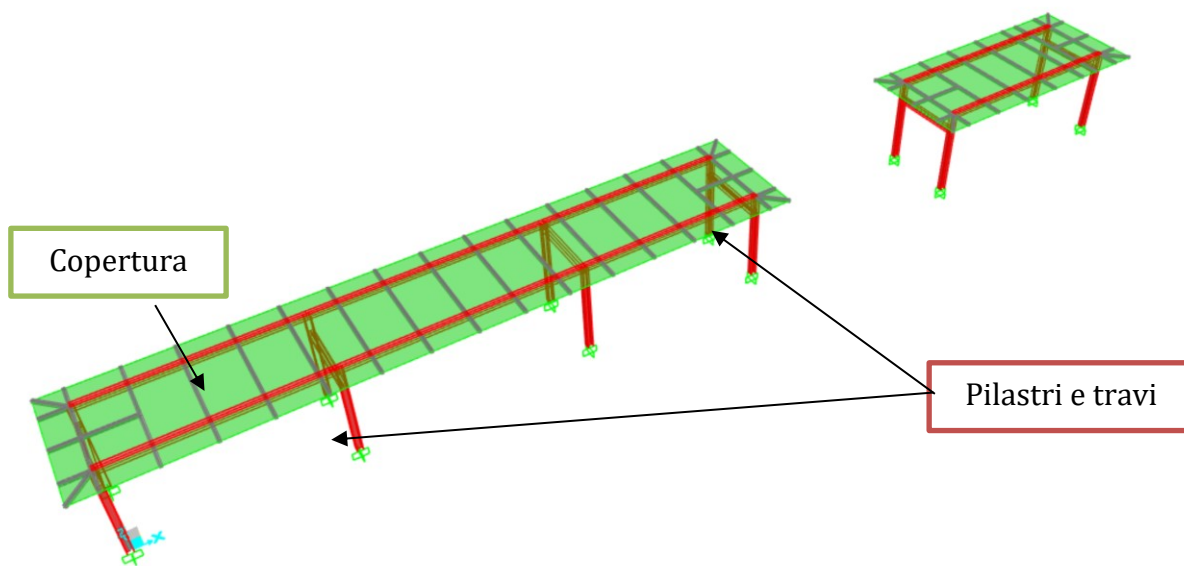


Figura 8 Modello di calcolo carpenteria metallica

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

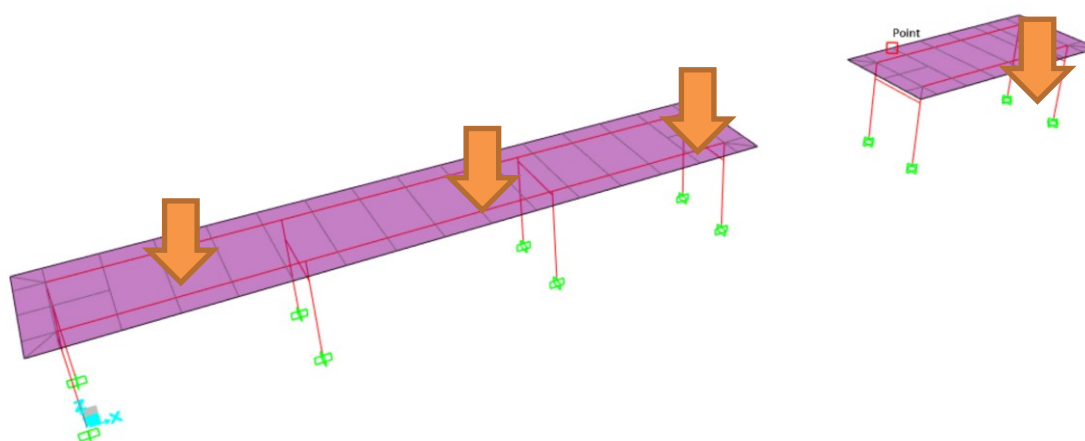


Figura 9 Applicazione carico neve e manutenzione

Il carico vento è invece applicato come riportato in Figura 5.

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>34 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	34 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	34 di 116								

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	0.297	0.00	0.35	0.07	0%	35%	7%
2	0.268	0.00	0.25	0.44	0%	60%	52%
3	0.229	0.00	0.14	0.28	0%	74%	80%
4	0.226	0.00	0.15	0.00	0%	89%	80%
5	0.191	0.98	0.00	0.00	98%	89%	80%
6	0.126	0.00	0.00	0.17	98%	89%	97%
7	0.126	0.00	0.00	0.00	98%	89%	97%
8	0.116	0.00	0.11	0.02	98%	99%	99%
9	0.099	0.00	0.00	0.00	98%	99%	99%
10	0.087	0.00	0.00	0.00	98%	99%	99%
11	0.054	0.01	0.00	0.00	99%	99%	99%
12	0.044	0.01	0.00	0.00	99%	99%	99%

Tabella 16 Modi di vibrare e percentuale di massa partecipante

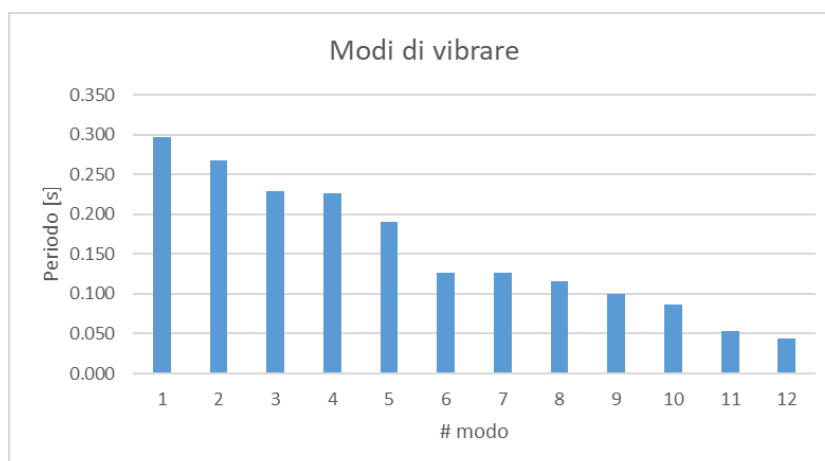


Tabella 17 Modi di vibrare

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	35 di 116

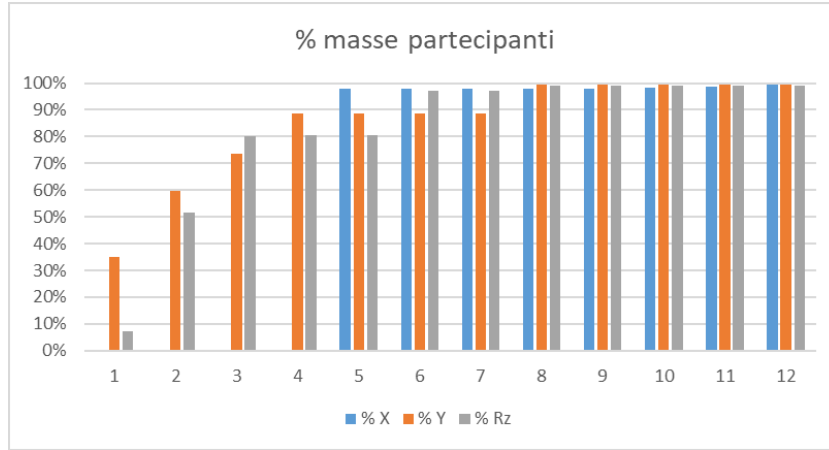


Tabella 18 Percentuali di massa partecipante

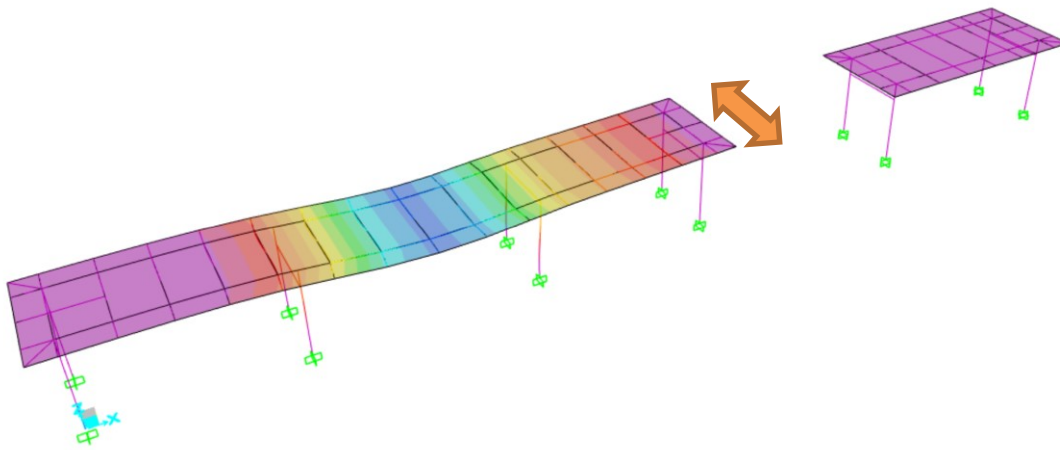


Figura 10 Primo modo di vibrare

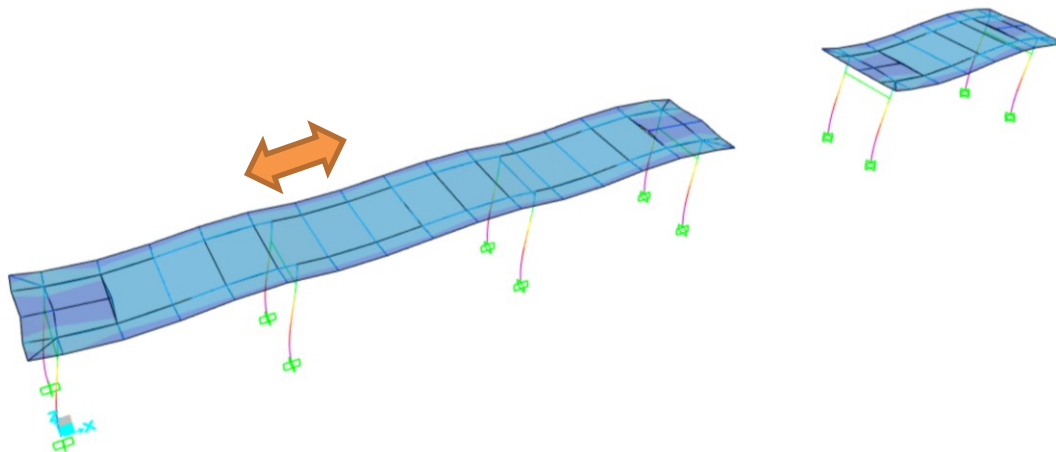


Figura 11 Quinto modo di vibrare

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA5100106

REV.

B

FOGLIO

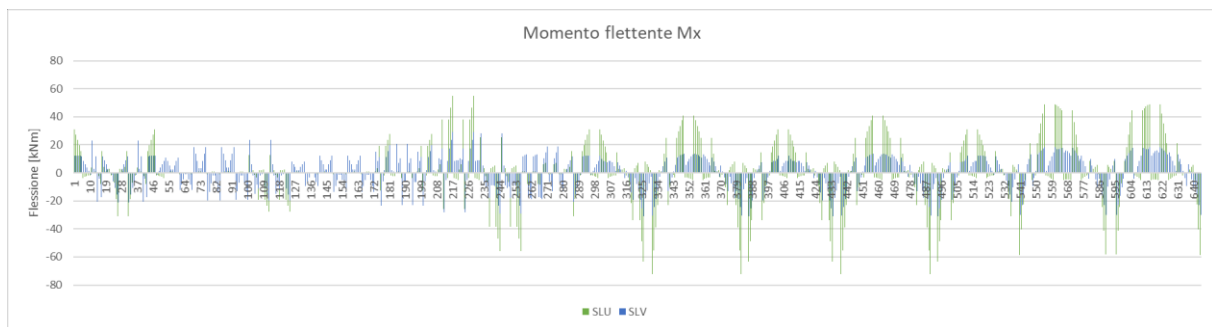
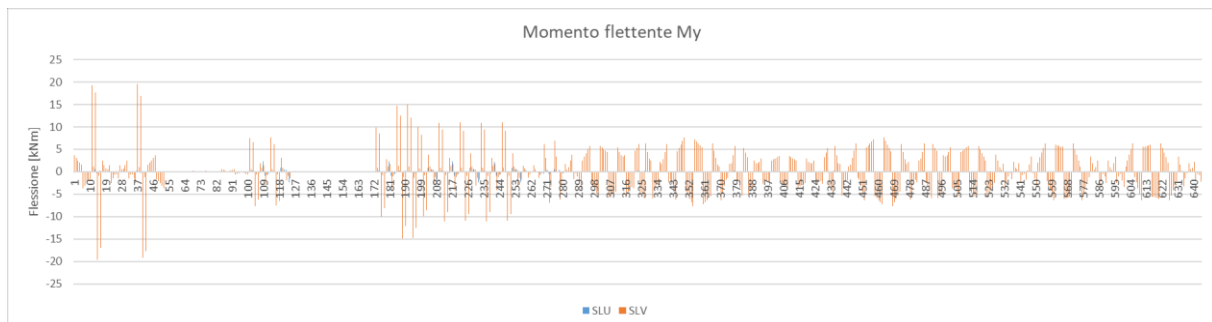
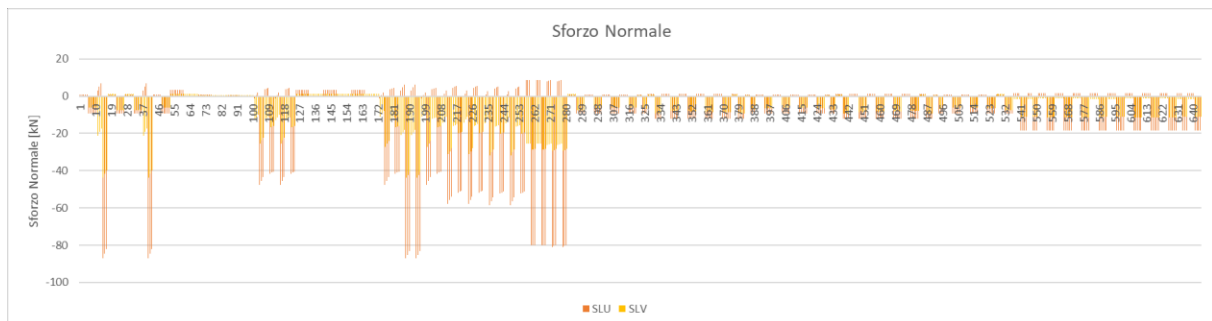
36 di 116

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

Tabella 21 Sforzo normale

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

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	37 di 116

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

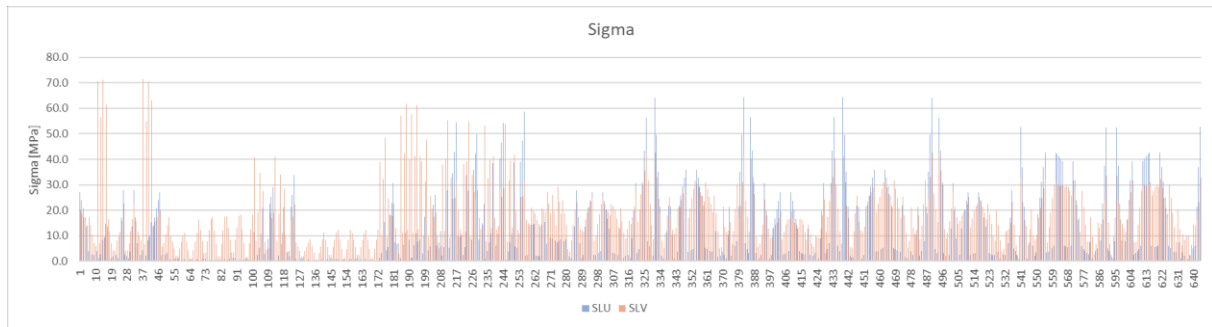


Tabella 22 Tensioni massime

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   	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">38 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	38 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	38 di 116								

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

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EJ}{(l_0)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \left[\frac{N}{mm^2} \right] \cdot 14920 \cdot 10^4 \left[mm^4 \right]}{(4000)^2 \left[cm^2 \right]} = 19300 \left[kN \right]$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} = 0.263$$

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0.545$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0.978 < 1$$

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	39 di 116

- Meccanismo di instabilità intorno all'asse Y

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EJ}{(l_0)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \left[\frac{N}{mm^2} \right] \cdot 5134 \cdot 10^4 \left[cm^4 \right]}{(4000)^2 \left[mm^2 \right]} = 6652 \left[kN \right]$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} = 0.45$$

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0.661$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0.872$$

Massime sollecitazioni alla comb. SLU	N_{Ed}	$M_{y,Ed}$	$M_{x,Ed}$
	kN	kNm	kNm
Massima in valore ass.	88	20	73

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{2,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_2 \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,2}} \right)} + \frac{M_{3,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_3 \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,3}} \right)} = 0.079 + 0.169 + 0.100 = 0.348 \leq 1.00$$

[ok, verificato]

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA5100106

REV.

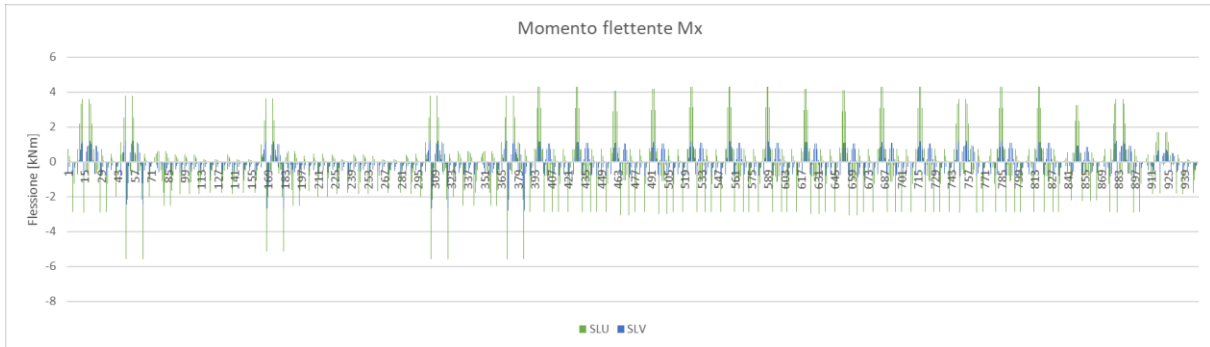
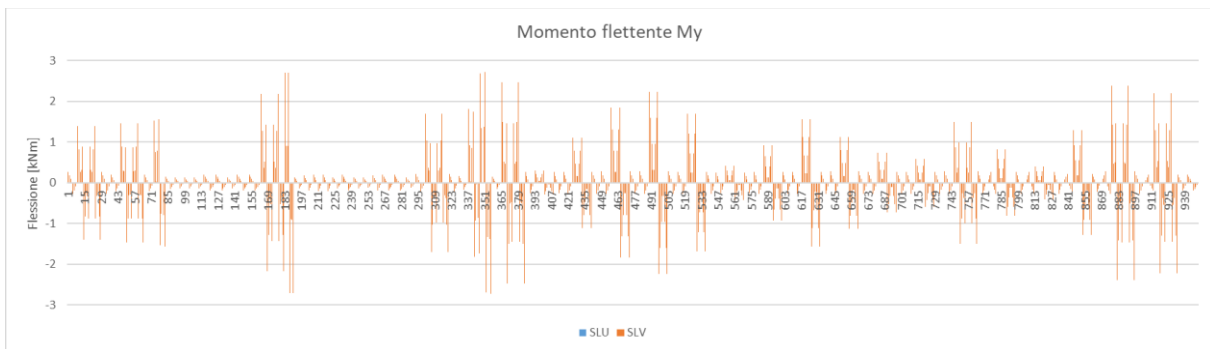
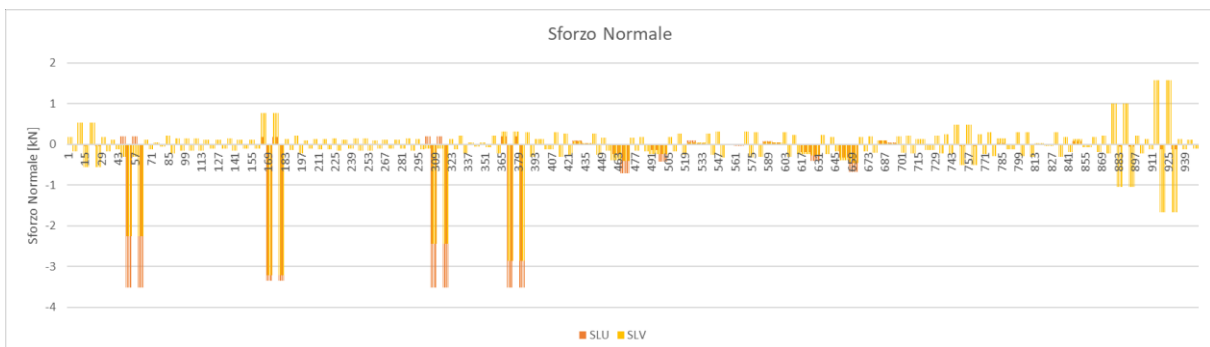
B

FOGLIO

40 di 116

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

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

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

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	41 di 116

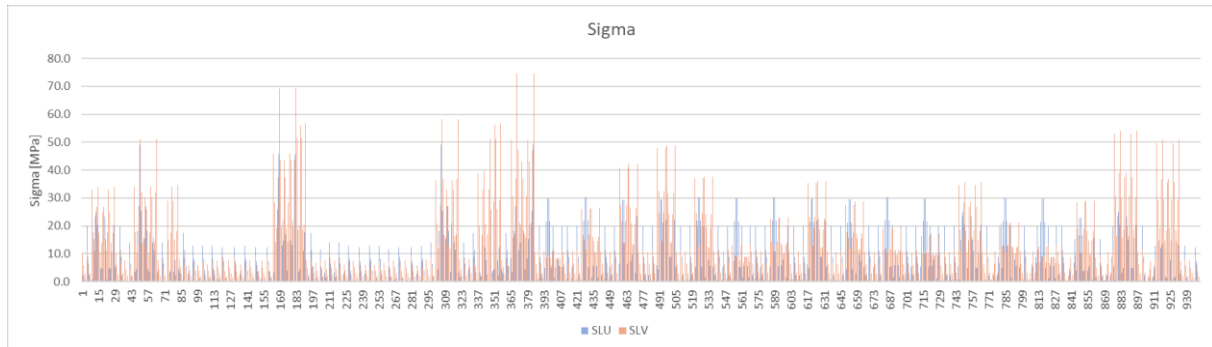


Tabella 26 Tensioni massime

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.

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">42 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	42 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	42 di 116								

9. Verifiche di deformazione verticale

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

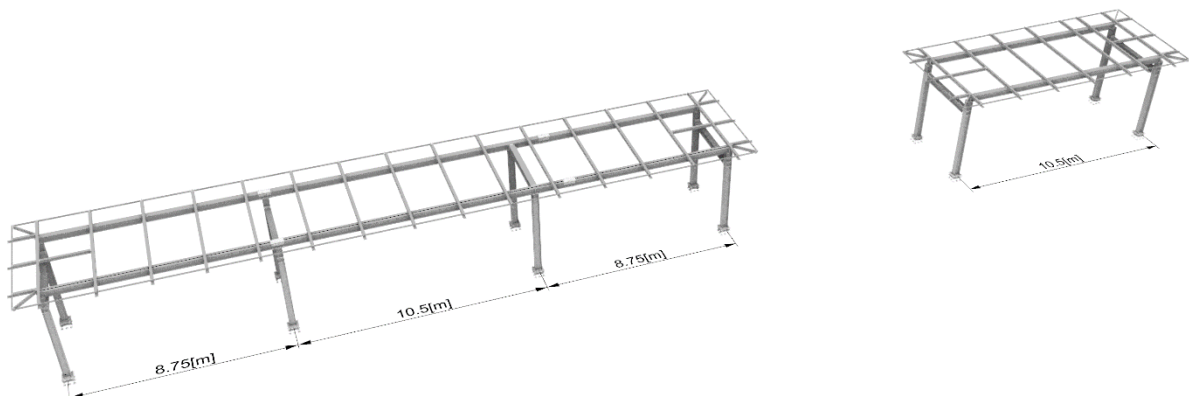
Per coperture in generale, il limite imposto da Normativa è pari a $L/200$. Nel caso in oggetto la luce 'L' viene assunta pari alla massima distanza fra i pilastri.

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



$$\delta_{\max-1} = 875 / 200 = 4.38[cm]$$

$$\delta_{\max-2} = 1050 / 200 = 5.25[cm]$$

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA5100106

REV.

B

FOGLIO

43 di 116

COMB.5 – SLE neve

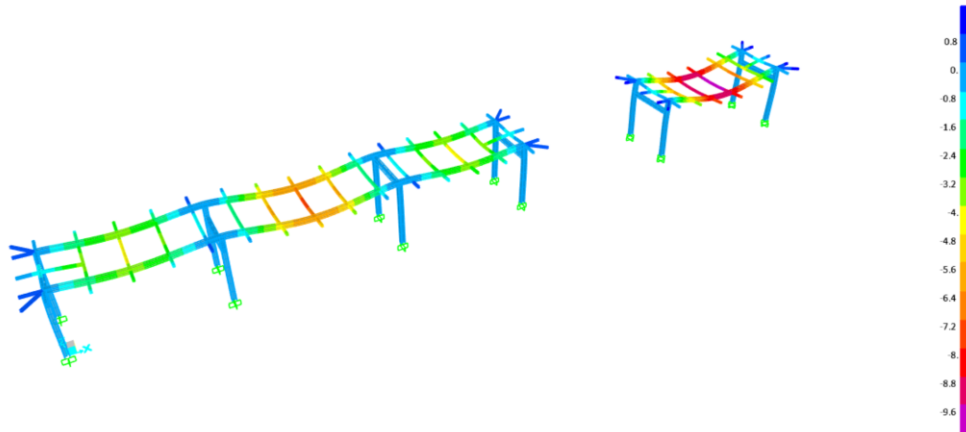


Figura 12 Deformazione verticale [mm]

$$\delta_{comb5-1} = 6.5[mm] < \delta_{max-1}$$

[ok, verificato]

$$\delta_{comb5-2} = 9.6[mm] < \delta_{max-2}$$

[ok, verificato]

COMB.6 – SLE manutenzione

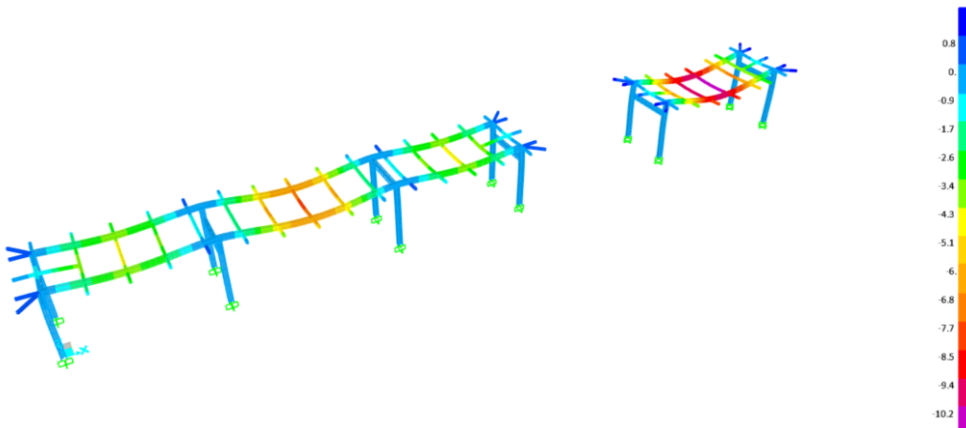


Figura 13 Deformazione verticale [mm]

$$\delta_{comb6-1} = 5[mm] < \delta_{max-1}$$

[ok, verificato]

$$\delta_{comb6-2} = 1[mm] < \delta_{max-2}$$

[ok, verificato]

COMB.7 – SLE vento

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

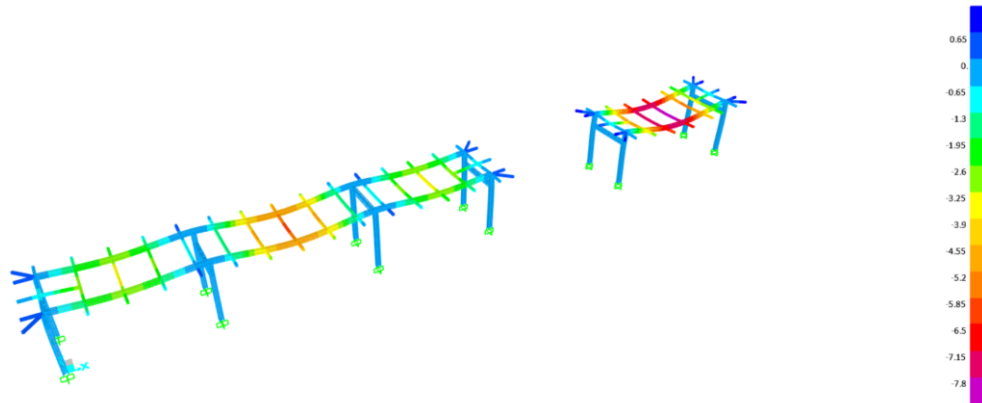
FA5100106

REV.

B

FOGLIO

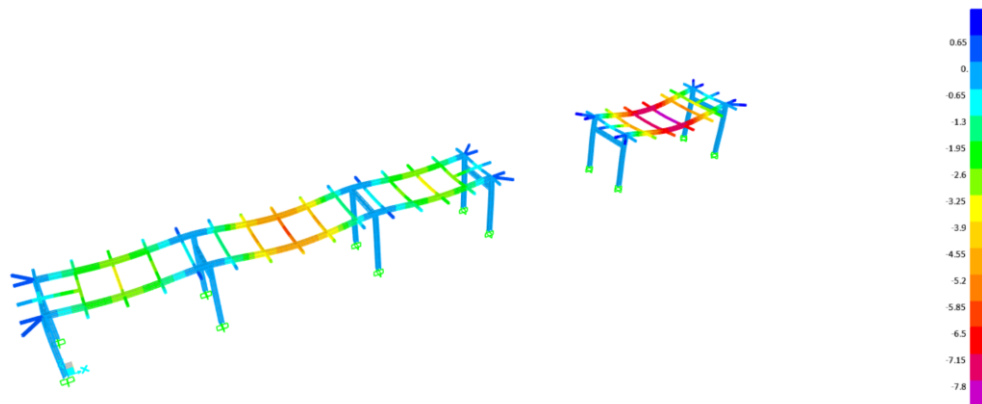
44 di 116


Figura 14 Deformazione verticale [mm]

$$\delta_{comb7-1} = 3.2[mm] < \delta_{max-1}$$

[ok, verificato]

$$\delta_{comb7-2} = 7.5[mm] < \delta_{max-2}$$

[ok, verificato]
COMB.8 - SLE Temp

Figura 15 Deformazione verticale [mm]

$$\delta_{comb8-1} = 3.2[mm] < \delta_{max-1}$$

[ok, verificato]

$$\delta_{comb8-2} = 7.5[mm] < \delta_{max-2}$$

[ok, verificato]

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	45 di 116

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.

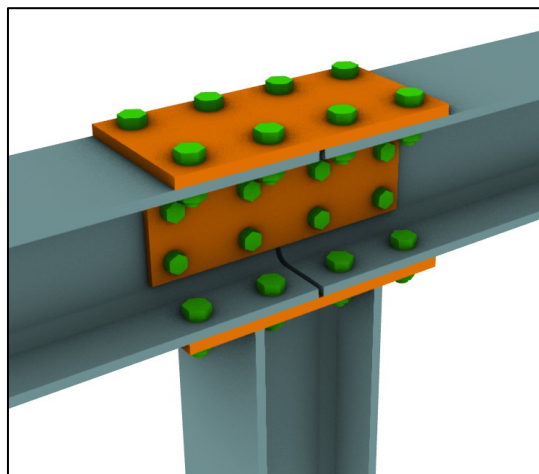


Figura 16 Vista 3d

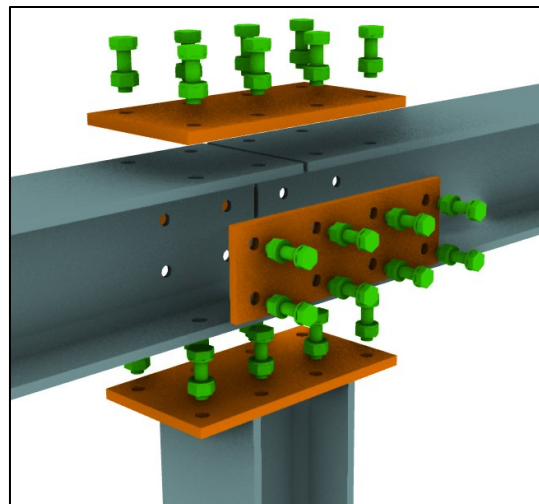


Figura 17 Vista esplosa

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

$$M = 72[kNm]$$

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>46 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	46 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	46 di 116								

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

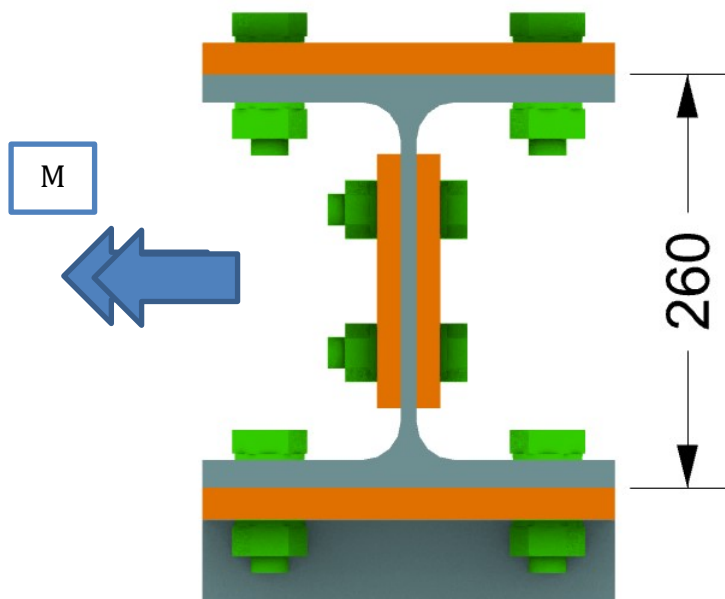


Figura 18 Vista frontale

10.1.1 Verifica dell'unione bullonata

$$T = M / 260[mm] = 275[kN]$$

[azione di taglio su flangia superiore ed inferiore]

$$T' = T / 4 = 70[kN]$$

[taglio su singolo bullone]

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

[taglio resistente - rif. Tabella 1]

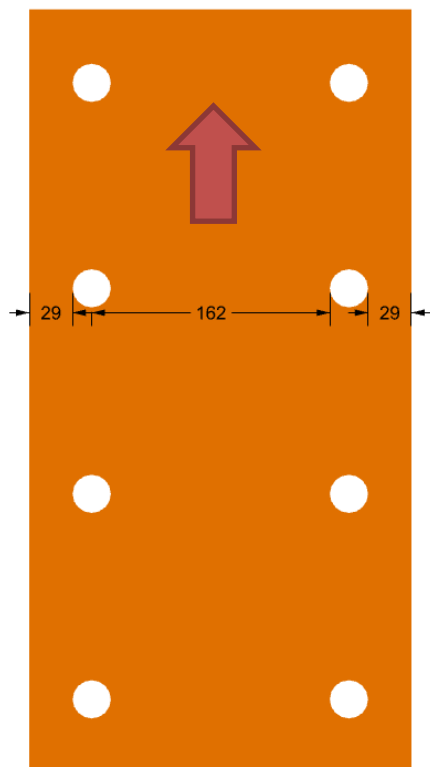
$$T' / F_{v,Rd} = 0.52 < 1.0$$

[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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>47 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	47 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	47 di 116								

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.



$$T = 275[kN]$$

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

$$\sigma = T / A = 62.5[MPa] < f_{yd}$$

[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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>48 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	48 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	48 di 116								

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.

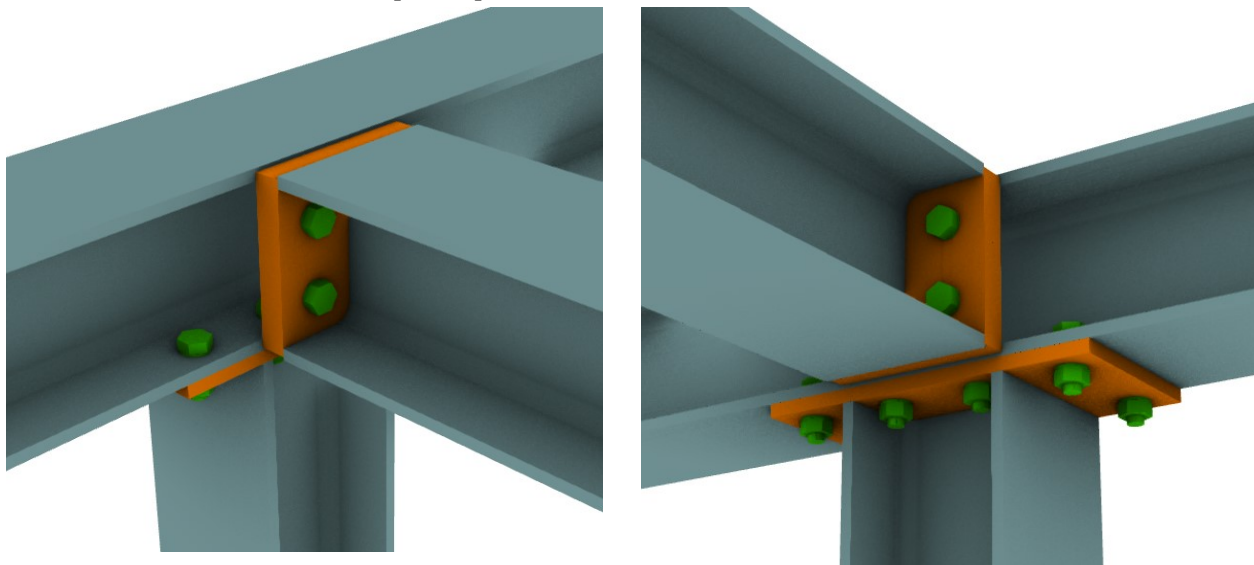


Tabella 28 3d views

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 M_x	19 [kNm]
Taglio V_y	12.3 [kN]

Tabella 29 Sollecitazioni connessione bullonata

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	49 di 116

Verifica a trazione

$$\sigma_s = 115 [MPa]$$

$$T = \frac{\sigma_s \cdot A_s}{2} = \frac{115 [MPa] \cdot 9.05 [cm^2]}{2} = 52 [kN]$$

[trazione massima]

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

[trazione resistente - rif. Tabella 1]

$$T / F_{t,Rd} = 0.57 < 1.0$$

[ok, verificato]

Verifica a taglio

$$V = V' / 4 = 3.1 [kN]$$

[taglio su singola barra]

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

[taglio resistente - rif. Tabella 1]

$$V / F_{v,Rd} = 0.06 < 1.0$$

[ok, verificato]

Verifica a taglio - trazione

$$\frac{V}{F_{v,Rd}} + \frac{T}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} = 0.47 < 1$$

[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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>50 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	50 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	50 di 116								

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.

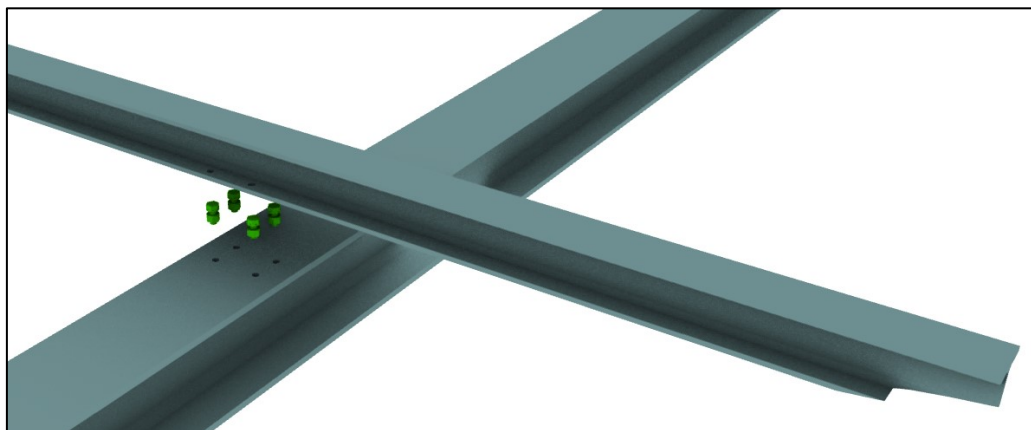


Figura 19 Vista 3d esplosa

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

$$M = 5.5[kNm]$$

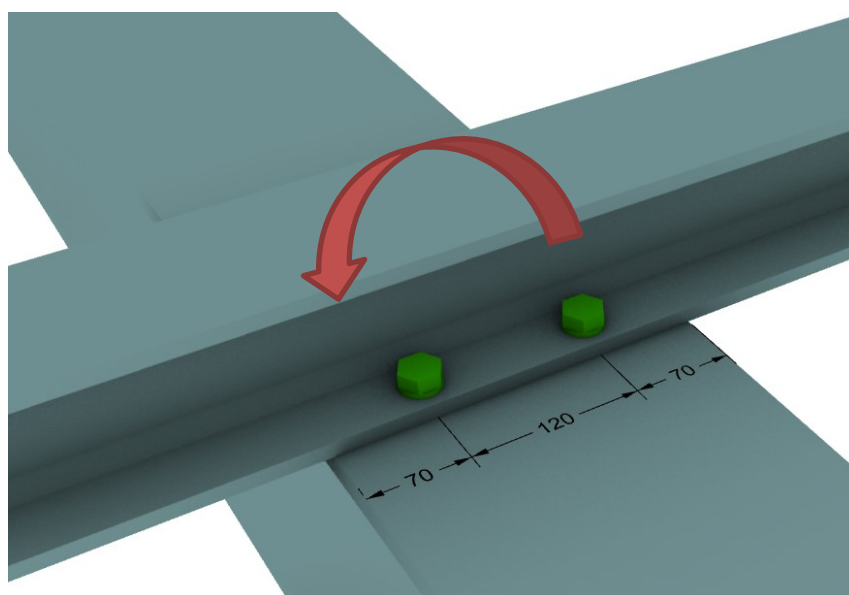


Figura 20 Vista 3d

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	51 di 116

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 ?

TITOLO : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

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

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

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

Materiali
 B450C C25/30
 ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 N/mm²
 E_s/E_c 1 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 9,75 N/mm²
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

σ_c -16,49 N/mm²
 σ_s 71,59 N/mm²
 ε_s 0,358 ‰
 d 19 cm
 x 3,557 x/d 0,1872
 δ 0,7

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

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

Verifica N° iterazioni:
 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]

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>52 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	52 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	52 di 116								

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.

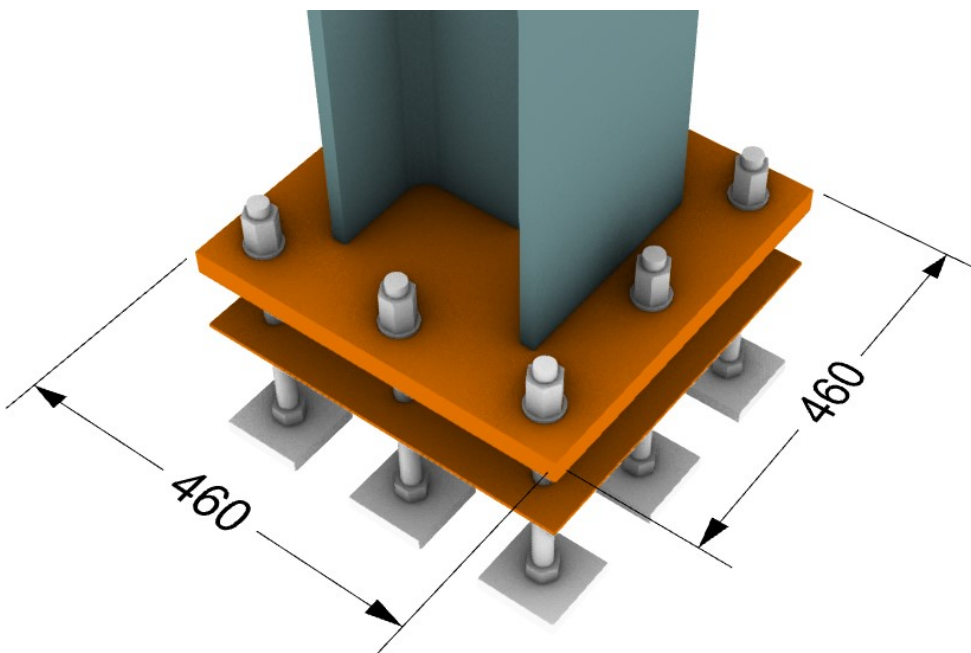


Figura 21 Vista 3d

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	90 [kN]
Flessione Mx	28.2 [kNm]
Flessione My	20 [kNm]
Taglio Vx	8.9 [kN]
Taglio Vy	18 [kN]

Tabella 30 Sollecitazioni connessione in fondazione

	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 PRATO - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	COMMESSA E21D	LOTTO 00 D Z3	CODIFICA RH	DOCUMENTO FA5100106	REV. B	FOGLIO 53 di 116

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.

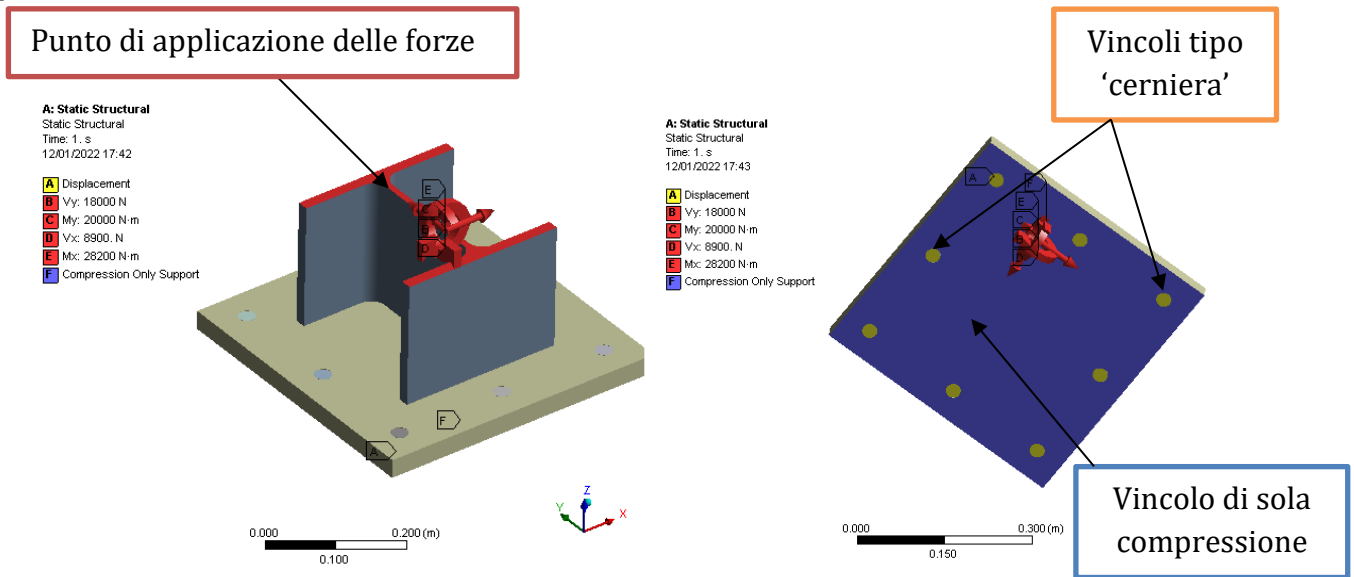


Figura 22 Modello di calcolo

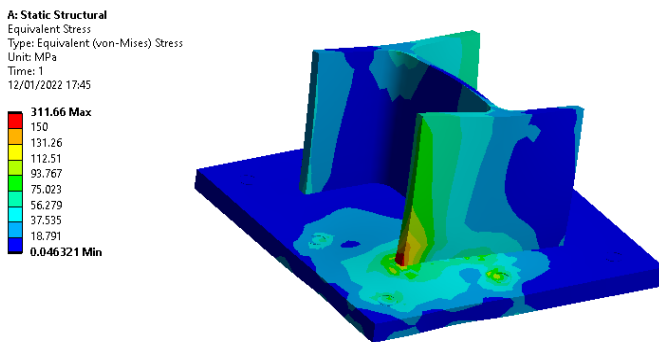


Figura 23 Tensioni di VonMises

$$\sigma_{VonMises} = 311 [MPa]$$

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

$$\sigma_{VonMises} / f_{ywd} = 0.92 < 1$$

[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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>54 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	54 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	54 di 116								

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.

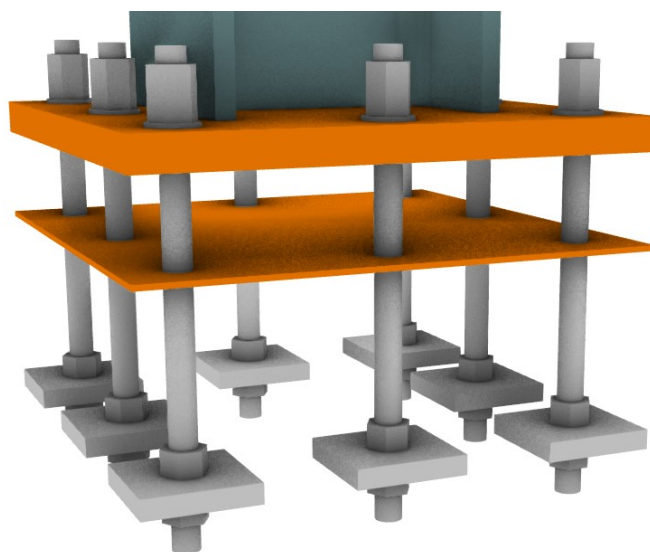


Figura 24 Vista 3d

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	55 di 116

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. It includes a menu bar (File, Materiali, Opzioni, Visualizza, Progetto Sez. Rett., Sismica, Normativa: NTC 2008), a title bar, and several data entry fields. The 'Materiali' section shows properties for B450C and C25/30. The 'P.to applicazione N' section shows 'Centro' selected. The 'Metodo di calcolo' section shows 'S.L.U.' and 'Metodo n' selected. The 'Verifica' button is visible, along with 'N* iterazioni: 4' and a 'Precompresso' checkbox.

Verifica a trazione

$$\sigma_s = 78[\text{MPa}]$$

$$T = \frac{\sigma_s \cdot A_s}{2} = 78[\text{MPa}] \cdot 4.52[\text{cm}^2] = 35[\text{kN}]$$

[trazione massima]

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

[trazione resistente - rif. Tabella 1]

$$T / F_{t,Rd} = 0.38 < 1.0$$

[ok, verificato]

Verifica a taglio

$$V = \frac{\sqrt{V_x^2 + V_y^2}}{8} = 2.5[\text{kN}]$$

[taglio su singola barra]

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

[taglio resistente - rif. Tabella 1]

$$V / F_{v,Rd} = 0.05 < 1.0$$

[ok, verificato]

Verifica a taglio - trazione

$$\frac{V}{F_{v,Rd}} + \frac{T}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} = 0.32 < 1$$

[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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>56 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	56 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	56 di 116								

Resistenza estrazione barra di ancoraggio

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

$$L = 340[mm]$$

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

$$\tau = \frac{T}{P \cdot L} = \frac{35[kN]}{75[mm] \cdot 340[mm]} = 1.37[MPa]$$

$$\tau / f_{bd} = 0.51 < 1$$

[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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>57 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	57 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	57 di 116								

12. Verifica delle fondazioni- modello Prato 1

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.

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">58 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	58 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	58 di 116								

12.1 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

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

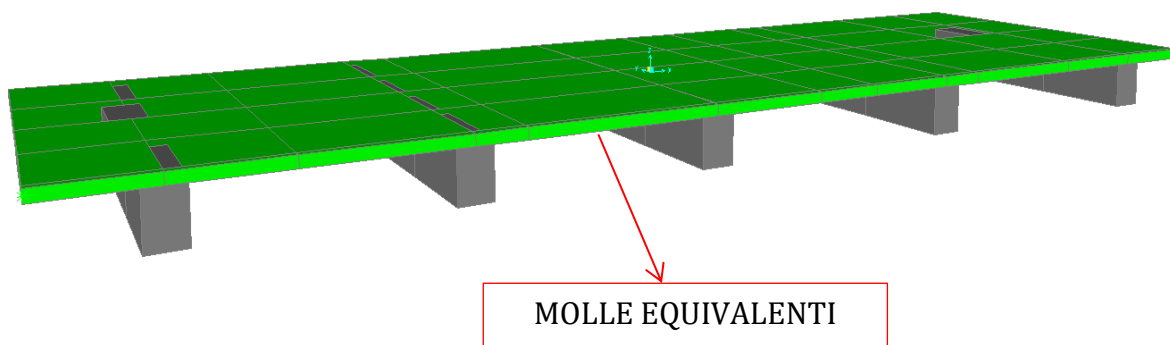
- Strato di Terreno argilloso spesso 15 m avente:

N	Descrizione	Classe	Tipo	Classe 2	Potenza [m]	γ [kN/m ³]	φ' [°]	φ'_{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.

12.2 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:



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

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

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>59 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	59 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	59 di 116								

12.2.1 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	-1.241E-15	-2.1E-15	150.6846	-3.72E-05	4.8162

$$Q_{\text{quasi permanente}} = 151 \text{ [ton]}$$

$$M_{x,slu} = 0,00 \text{ [tonm]}$$

$$M_{y,slu} = 4,81 \text{ [tonm]}$$

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 PRATO -
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	60 di 116

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]	γ [kN/m ³]	φ' [°]	φ'_{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

Si riporta il calco del cedimento:

Verifiche Cedimenti Edometrici

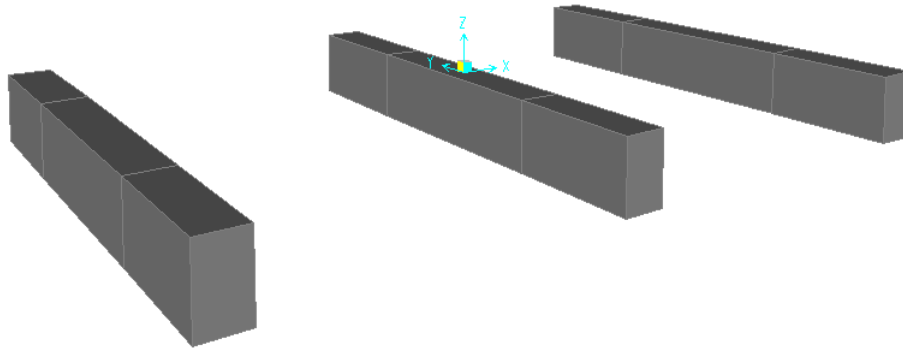
Piano	Rettangolo fondazione	Fam	Cmb	q [Pa]	qN [Pa]	σ'_{v0} [Pa]	WTot [mm]	k.Wink. [N/cm ²]
0	Trave 1 sez.0	4	1	102961	93129	9832	12.839	8.0194
0	Trave 1 sez.1	4	1	102976	93144	9832	12.841	8.0193
0	Trave 1 sez.2	4	1	102989	93157	9832	12.842	8.0197
0	Trave 2 sez.0	4	1	102995	93163	9832	12.843	8.0193
0	Trave 2 sez.1	4	1	103002	93170	9832	12.845	8.0188
0	Trave 2 sez.2	4	1	102989	93157	9832	12.842	8.0197
0	Trave 3 sez.0	4	1	102982	93150	9832	12.842	8.0195
0	Trave 3 sez.1	4	1	102971	93139	9832	12.84	8.0193
0	Trave 3 sez.2	4	1	102944	93112	9832	12.836	8.0196
0	Trave 4 sez.0	4	1	124835	115003	9832	16.114	7.7471
0	Trave 4 sez.1	4	1	124885	115053	9832	16.119	7.7475
0	Trave 4 sez.2	4	1	124975	115143	9832	16.13	7.7482
0	Trave 5 sez.0	4	1	125033	115201	9832	16.274	7.6827
0	Trave 5 sez.1	4	1	125132	115300	9832	16.287	7.6831
0	Trave 5 sez.2	4	1	124970	115138	9832	16.129	7.7481
0	Trave 6 sez.0	4	1	124916	115084	9832	16.123	7.7477
0	Trave 6 sez.1	4	1	124858	115026	9832	16.116	7.7473
0	Trave 6 sez.2	4	1	124798	114966	9832	16.11	7.7468
0	Trave 7 sez.0	4	1	103019	93187	9832	12.846	8.0197
0	Trave 7 sez.1	4	1	103034	93202	9832	12.848	8.0197
0	Trave 7 sez.2	4	1	103047	93215	9832	12.849	8.0201
0	Trave 8 sez.0	4	1	103053	93221	9832	12.85	8.0197
0	Trave 8 sez.1	4	1	103059	93227	9832	12.851	8.0192
0	Trave 8 sez.2	4	1	103047	93215	9832	12.849	8.0201
0	Trave 9 sez.0	4	1	103041	93209	9832	12.848	8.0198
0	Trave 9 sez.1	4	1	103029	93197	9832	12.847	8.0197
0	Trave 9 sez.2	4	1	103003	93171	9832	12.843	8.02

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 PRATO -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	61 di 116



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

$$K_W = \frac{\Delta q_{slu}}{W} = 0.80 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]$$

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>62 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	62 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	62 di 116								

12.3 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 riposta 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:

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	1.5362	0.3128	150.7194
SISMA X	Combination	Min	-1.5362	-0.3128	150.6498
SISMA Y	Combination	Max	0.4609	1.0427	150.695
SISMA Y	Combination	Min	-0.4609	-1.0427	150.6741

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,rigida}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 1.57 \text{ [ton]}$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,rigida}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 1.14 \text{ [ton]}$$

$$N_{\text{comb.SLV,rigida}} = 151 \text{ [ton]}$$

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>63 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	63 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	63 di 116								

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	3.1264	0.85	150.702
SISMA X	Combination	Min	-3.1264	-0.85	150.6672
SISMA Y	Combination	Max	0.9506	2.8207	150.6899
SISMA Y	Combination	Min	-0.9506	-2.8207	150.6793

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 3.23 \text{ [ton]}$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 2.98 \text{ [ton]}$$

$$N_{\text{comb.SLV,flessibile}} = 151 \text{ [ton]}$$

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.

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">64 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	64 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	64 di 116								

12.4 VERIFICHE DI RESISTENZA

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

12.4.1 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).

12.4.1.1 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

12.4.1.1.1 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:

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">65 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	65 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	65 di 116								

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:

$$s_{\gamma} = 1.07$$

$$s_{\gamma} = s_q = 1.01$$

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

I fattori di approfondimento sono:

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">66 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	66 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	66 di 116								

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

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

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.I – Coefficienti parziali γ_R 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:

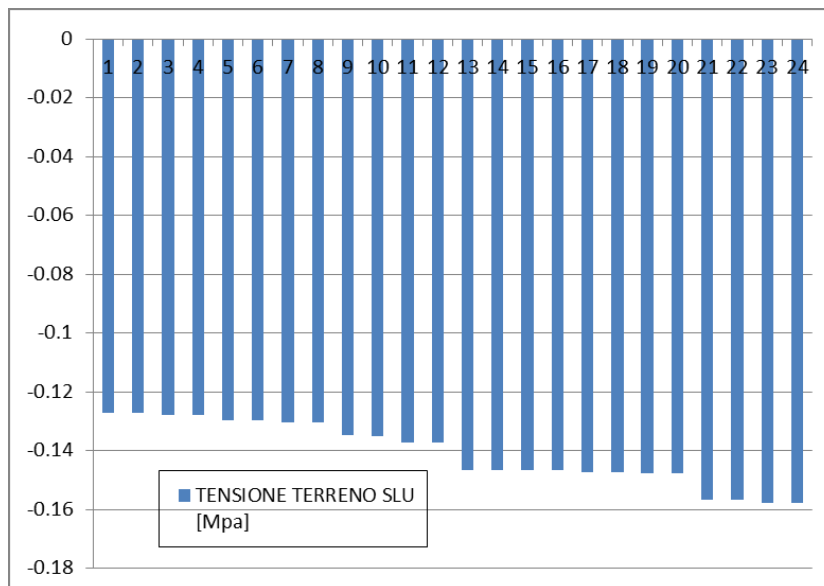
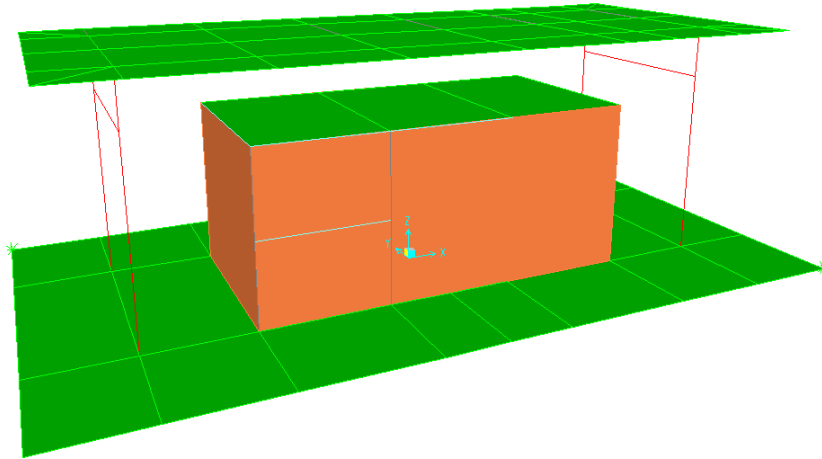
$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS} = 0.23 [MPa]$$

La tensione massima agente sul terreno con costante di Winkler pari a 1.0 kg/cm³:

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	67 di 116



$$\sigma_t = 0.16 [MPa]$$

La verifica a capacità portante risulta quindi soddisfatta:

$$E_d = 0.16 [MPa] \leq R_d = 0.23 [MPa]$$

OK, Verificato!

NOME DOCUMENTO

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

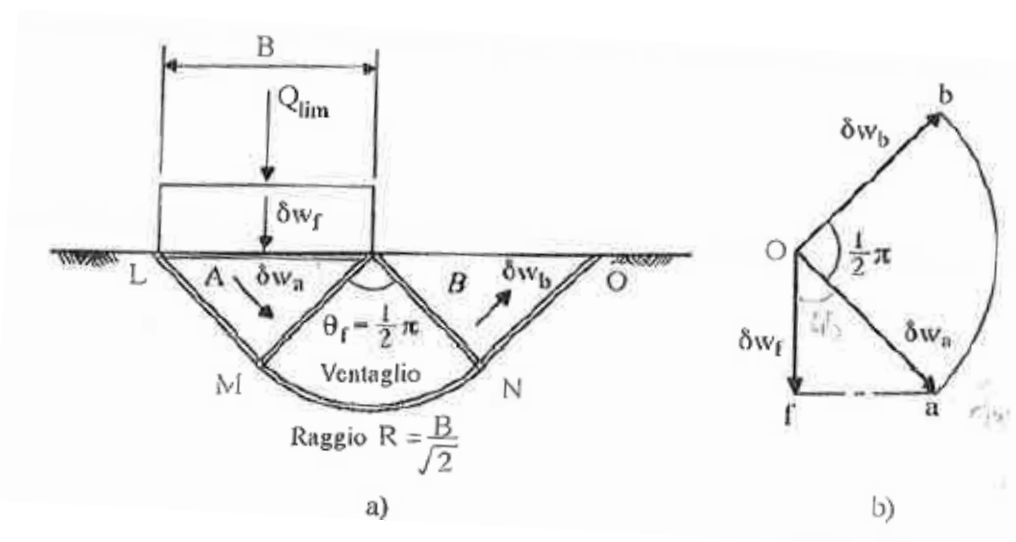
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	68 di 116

12.4.1.1.2 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:

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">69 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	69 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	69 di 116								

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}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_{γ}	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:

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	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

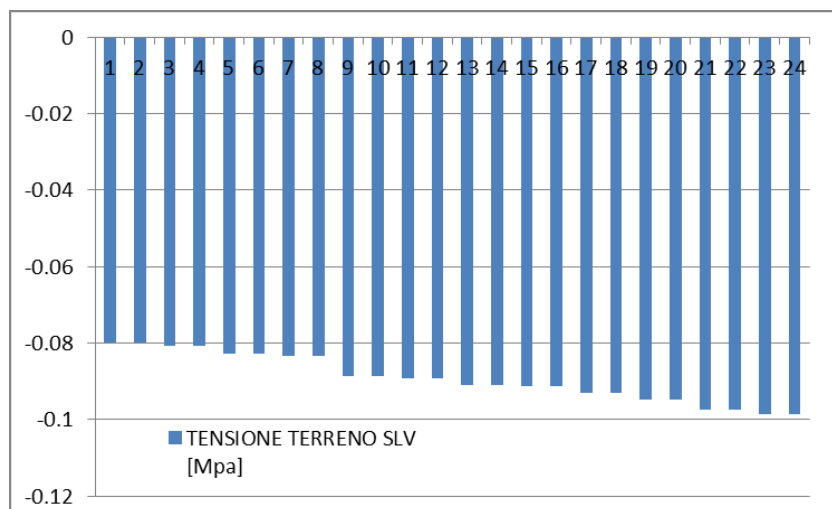
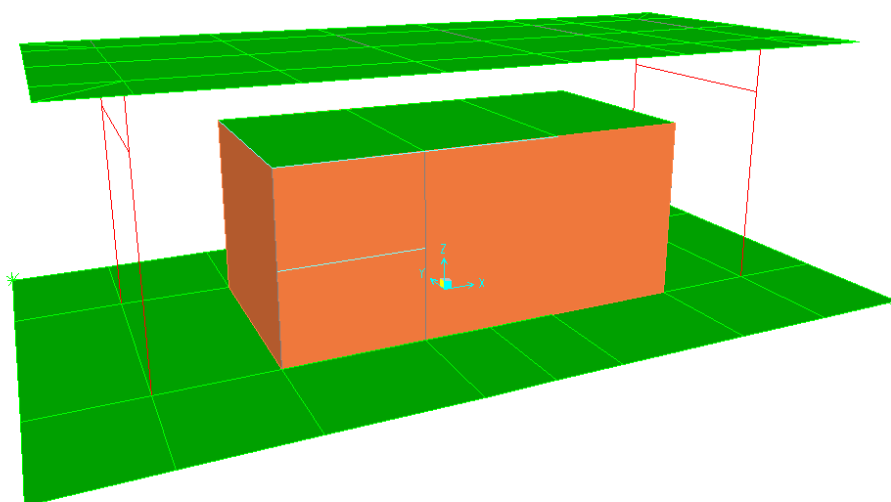
$$FS = 2.3$$

La capacità portante di progetto della fondazione è:

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

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>70 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	70 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	70 di 116								

La tensione massima agente sul terreno con costante di Winkler pari a 1.0 kg/cm³:



$$\sigma_t = 0.10 [MPa]$$

La verifica a capacità portante risulta quindi soddisfatta:

$$E_d = 0.10 [MPa] \leq R_d = 0.23 [MPa]$$

[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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>71 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	71 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	71 di 116								

12.4.1.1.3 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
- γ_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	3.1264	0.85	150.702
SISMA X	Combination	Min	-3.1264	-0.85	150.6672
SISMA Y	Combination	Max	0.9506	2.8207	150.6899
SISMA Y	Combination	Min	-0.9506	-2.8207	150.6793

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 3.23 \text{ [ton]}$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 2.98 \text{ [ton]}$$

$$R_d = \frac{A \cdot C_u}{\gamma_R} = \frac{(0.6 \cdot 7.5 \cdot 3) \cdot 10}{1.1} = 123 \text{ [ton]}$$

La verifica a scorrimento è soddisfatta:

$$F_{h,SLV} = 3.23 \text{ [ton]} \leq R_d = 123 \text{ [ton]}$$

[OK, Verificato]

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">72 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	72 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	72 di 116								

12.4.1.2 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	1.9658	3.8754	179.893	5.91	8.28122

$$Q_{sle} = 180 \text{ [ton]}$$

$$M_{x,sle} = 5.91 \text{ [tonm]}$$

$$M_{y,sle} = 8.28 \text{ [tonm]}$$

Verifiche Cedimenti Edometrici

Piano	Rettangolo fondazione	Fam	Cmb	q [Pa]	qN [Pa]	$\sigma'v0$ [Pa]	WTot [mm]	k.Wink. [N/cm ³]
0	Trave 1 sez.0	4	1	121503	111671	9832	15.739	7.72
0	Trave 1 sez.1	4	1	121525	111693	9832	15.742	7.72
0	Trave 1 sez.2	4	1	121543	111711	9832	15.743	7.7204
0	Trave 2 sez.0	4	1	121552	111720	9832	15.745	7.72
0	Trave 2 sez.1	4	1	121561	111729	9832	15.747	7.7194
0	Trave 2 sez.2	4	1	121540	111708	9832	15.743	7.7204
0	Trave 3 sez.0	4	1	121530	111698	9832	15.742	7.7201
0	Trave 3 sez.1	4	1	121513	111681	9832	15.74	7.7199
0	Trave 3 sez.2	4	1	121474	111642	9832	15.599	7.7874
0	Trave 4 sez.0	4	1	155587	145755	9832	20.885	7.4496
0	Trave 4 sez.1	4	1	155670	145838	9832	20.895	7.4503
0	Trave 4 sez.2	4	1	155817	145985	9832	20.911	7.4514
0	Trave 5 sez.0	4	1	155905	146073	9832	20.922	7.4518
0	Trave 5 sez.1	4	1	155997	146165	9832	20.935	7.4514
0	Trave 5 sez.2	4	1	155647	145815	9832	20.892	7.4501
0	Trave 6 sez.0	4	1	155545	145713	9832	20.881	7.4493
0	Trave 6 sez.1	4	1	155437	145605	9832	20.869	7.4484
0	Trave 6 sez.2	4	1	155324	145492	9832	20.7	7.5036
0	Trave 7 sez.0	4	1	121996	112164	9832	15.795	7.7237
0	Trave 7 sez.1	4	1	122019	112187	9832	15.798	7.7238
0	Trave 7 sez.2	4	1	122039	112207	9832	15.799	7.7243
0	Trave 8 sez.0	4	1	122047	112215	9832	15.801	7.7239
0	Trave 8 sez.1	4	1	122056	112224	9832	15.803	7.7234
0	Trave 8 sez.2	4	1	122034	112202	9832	15.799	7.7242
0	Trave 9 sez.0	4	1	122023	112191	9832	15.798	7.7239
0	Trave 9 sez.1	4	1	122004	112172	9832	15.796	7.7237
0	Trave 9 sez.2	4	1	121964	112132	9832	15.79	7.7239

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>73 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	73 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	73 di 116								

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

$$w = 21 \text{ [mm]}$$

La verifica è soddisfatta:

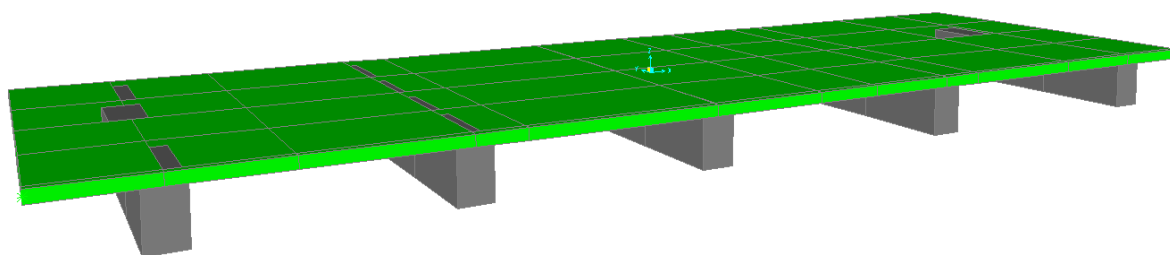
$$w = 21 \text{ [mm]} \leq w_{lim} = 50 \text{ [mm]}$$

[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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>74 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	74 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	74 di 116								

12.4.2 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.



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.

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">75 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	75 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	75 di 116								

12.4.2.1.1 Verifica Travi di fondazione

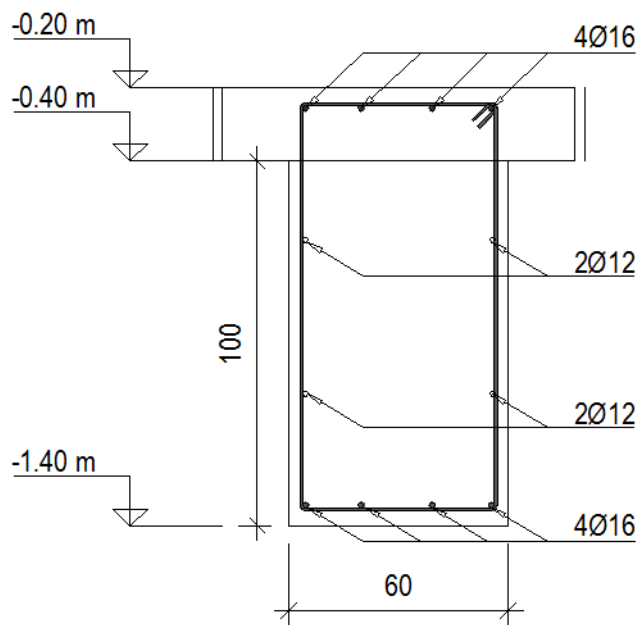
Al presente punto si riporta la verifica di resistenza delle travi di fondazione a flessione e taglio. Le sollecitazioni sono calcolate considerando la fondazione come rigida in modo da massimizzare le sollecitazioni sugli elementi resistenti presenti in fondazione.

12.4.2.1.1.1 *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 di salvaguardia della vita SLV. 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 PRATO -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

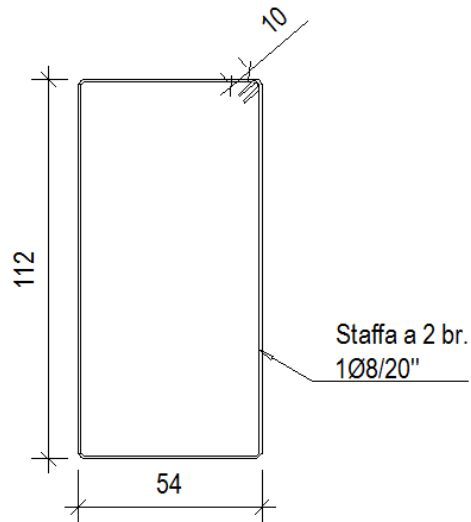
FA5100106

REV.

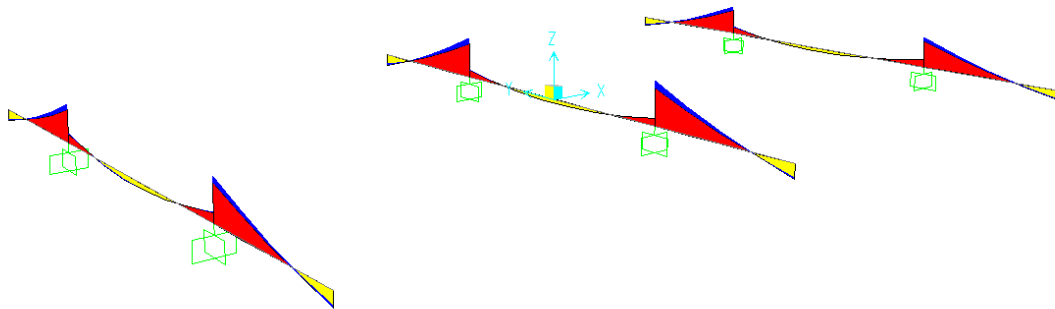
B

FOGLIO

76 di 116



SLU:



$$M_{max} = 18 [tm]$$

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA5100106

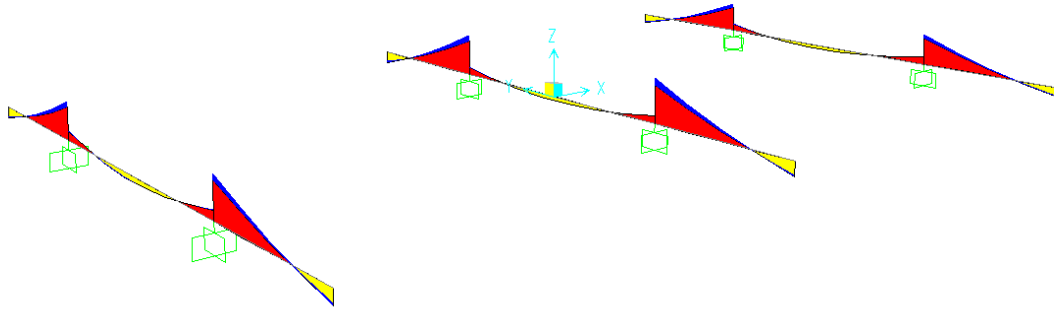
REV.

B

FOGLIO

77 di 116

SLV:



$$M_{max} = 11 [tm]$$

Il momento resistente della trave è il seguente:

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

N _{Ed}	0	0	kN
M _{xEd}	0	0	kNm
M _{yEd}	0	0	

M _{xRd}	213,3	kN m
------------------	-------	------

ε _{su}	67,5	‰	ε _{c2}	2	‰
f _{yd}	391,3	N/mm²	ε _{cu}	3,5	‰
E _s	200.000	N/mm²	f _{cd}	14,17	
E _s /E _c	15		f _{cc} /f _{cd}	0,8	
ε _{syd}	1,957	‰	σ _{c,adm}	9,75	
σ _{s,adm}	255	N/mm²	τ _{co}	0,6	
			τ _{c1}	1,829	

σ _c	-14,17	N/mm²
σ _s	391,3	N/mm²
ε _c	2,86	‰
ε _s	67,5	‰
x	3,659	x/d
	0,04065	
δ	0,7	

La verifica è soddisfatta:

$$M_{Ed} = 18 [tm] \leq M_{Rd} = 21 [tm]$$

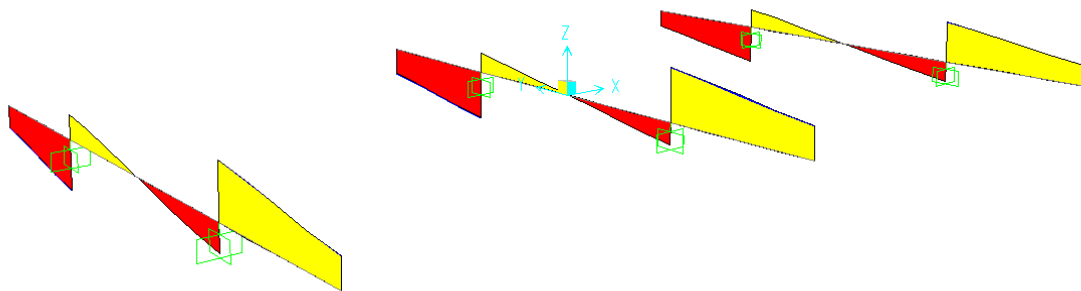
[OK, Verificato]

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>78 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	78 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	78 di 116								

12.4.2.1.1.2 Verifica a taglio fondazione Rigida

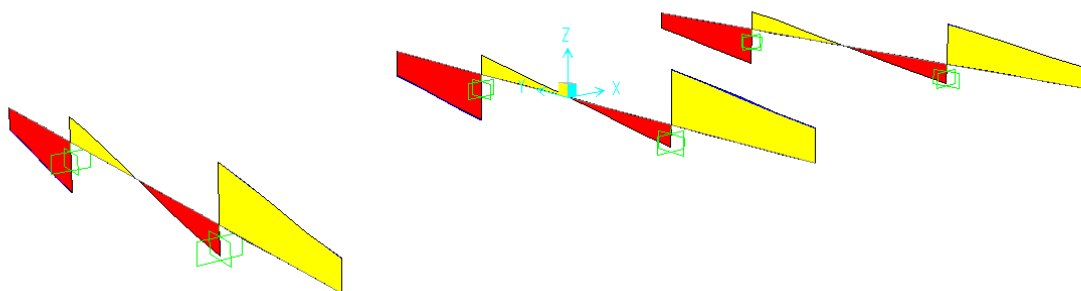
Al presente punto si verifica la trave di fondazione a taglio. Le sollecitazioni massime sono le seguenti:

SLU:



$$V_{max} = 14 \text{ [ton]}$$

SLV:



$$V_{max} = 9,00 \text{ [ton]}$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">79 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	79 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	79 di 116								

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 ²)	(Mpa)	(/)	(/)	(/)	(N)	(mm)	
1120	100.48	391	1	0.00	1	175000	226	
						198010	200	
Area As (mm ²)							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:

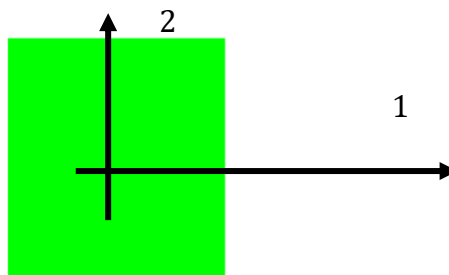
$$V_{Ed} = 14 \text{ [ton]} \leq M_{Rd} = 19,80 \text{ [ton]}$$

[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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>80 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	80 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	80 di 116								

12.4.3 Verifica Soletta di fondazione

Al presente punto si riporta la verifica a flessione della soletta. 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_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd}

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	
ε _{su}	67,5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391,3 N/mm²	ε _{cu}	3,5 ‰
E _s	200.000 N/mm²	f _{cd}	14,17
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0,8
ε _{syd}	1,957 ‰	σ _{c,adm}	9,75
σ _{s,adm}	255 N/mm²	T _{co}	0,6
		T _{c1}	1,829

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

x x/d δ

Metodo di calcolo

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

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviate

N° rett.

Calcola MRd

L₀ cm

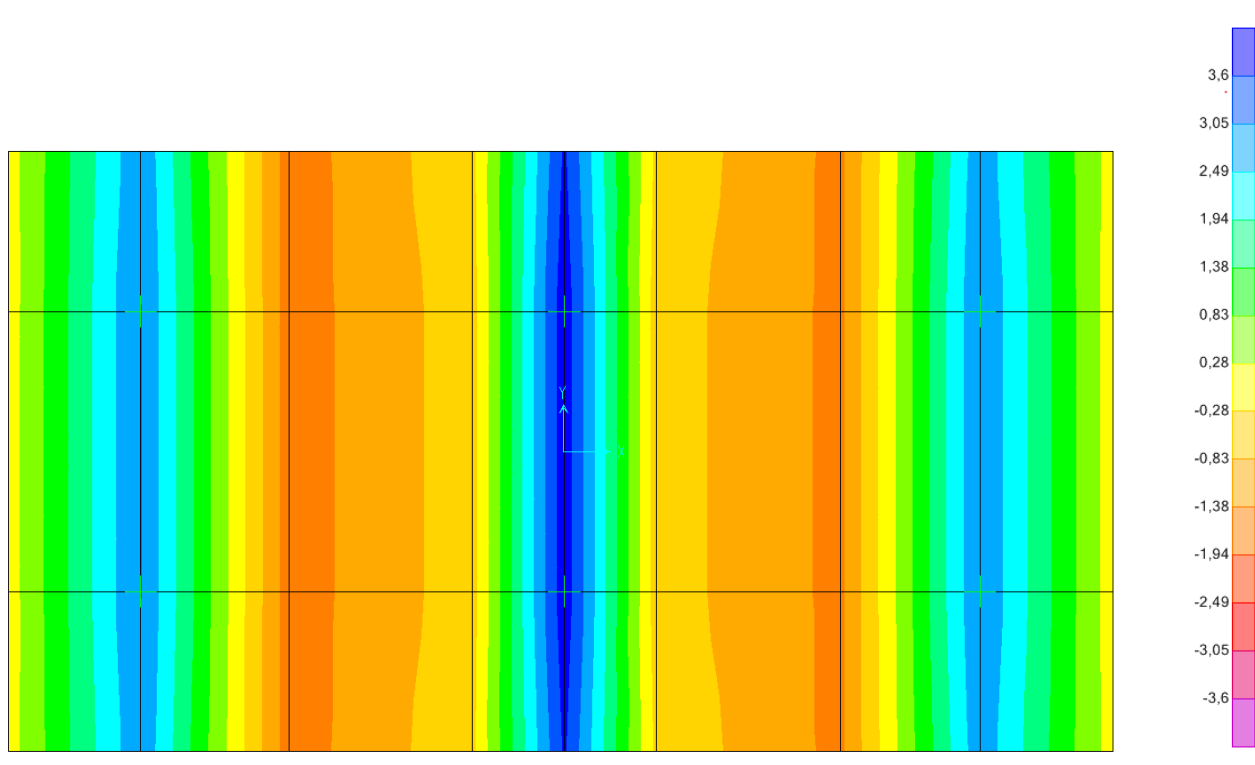
Precompresso

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

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>81 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	81 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	81 di 116								

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]

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	82 di 116

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 sections include:

- Titolo:** [Empty field]
- N° strati barre:** 2
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20
- Table 2:**

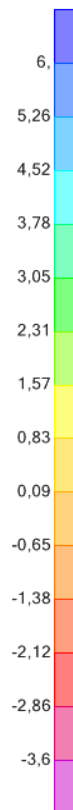
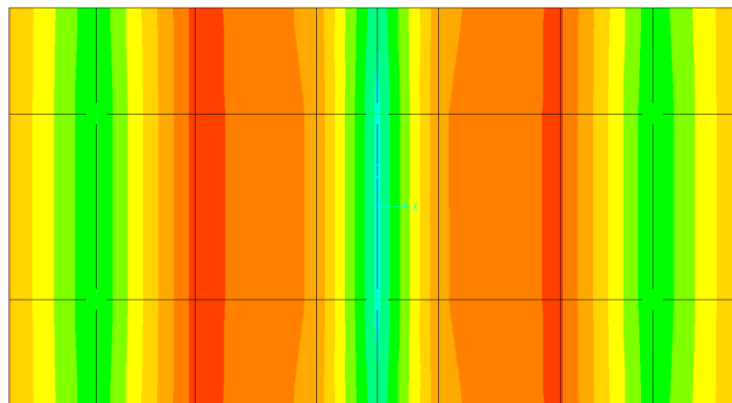
N°	As [cm²]	d [cm]
1	11,31	5
2	5,65	15
- Sollecitazioni:** S.L.U. Metodo n
- P.to applicazione N:** Centro
- Materiali:**
 - B450C:** ϵ_{su} 67,5%, f_{yd} 391,3 N/mm², E_s 200.000 N/mm², E_s/E_c 15, ϵ_{syd} 1,957%, $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²
 - C25/30:** ϵ_{c2} 2%, ϵ_{cu} 3,5%, f_{cd} 14,17, f_{cc}/f_{cd} 0,8, $\sigma_{c,adm}$ 9,75, τ_{co} 0,6, τ_{c1} 1,829
- Calculated Values:**
 - M_{xRd} -60,19 kN m
 - σ_c -14,17 N/mm²
 - σ_s 391,3 N/mm²
 - ϵ_c 3,5%
 - ϵ_s 8,538%
 - d 15 cm
 - x 4,361, x/d 0,2908
 - δ 0,8034
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+, Metodo n
- Tipo flessione:** Retta
- N° rett.** 100
- Buttons:** Calcola MRd, Dominio M-N, L₀ 0 cm, Col. modello, Precompresso

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

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>83 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	83 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	83 di 116								

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 Rosso
3,6 [tm]

Momento Aree in Blu
6,00 [tm]

[OK, Verificato]

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>84 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	84 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	84 di 116								

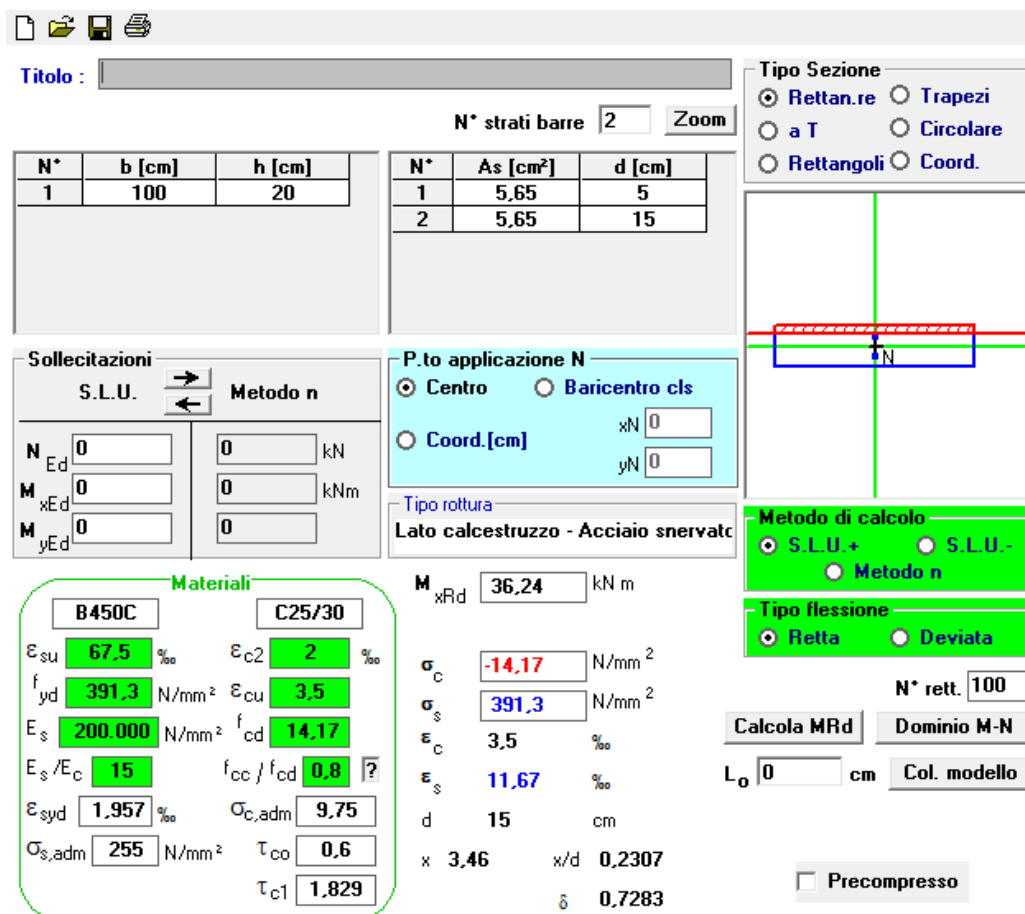
Direzione 2:

In direzione 2 con un'armatura diffusa composta da:

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

$1\emptyset 12/20''$ (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]
1	100	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,65	5
2	5,65	15

Tipologia Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

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

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

Tipologia flessione
 Retta Deviata

Materiali
B450C **C25/30**
 ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
 M_{xRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_c ‰
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

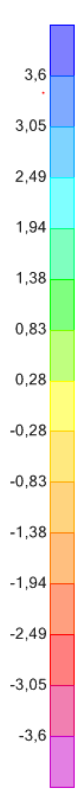
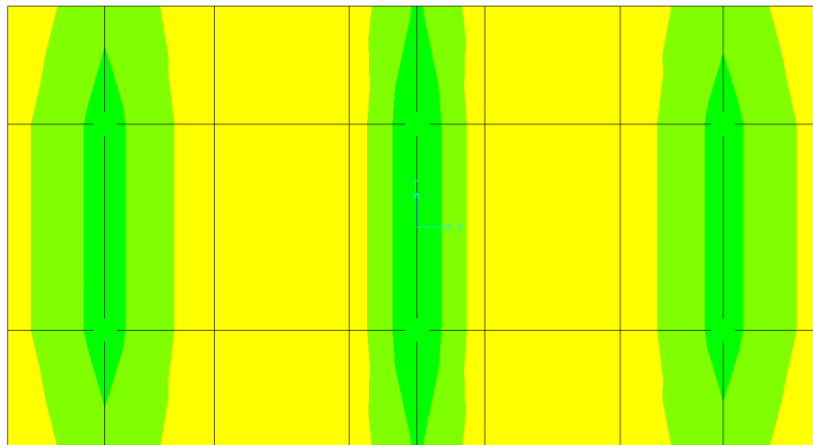
Calcoli
 N° rett.
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello
 Precompresso

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

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>85 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	85 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	85 di 116								

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]*

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

[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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>86 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	86 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	86 di 116								

12.5 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.

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>87 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	87 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	87 di 116								

13. Verifica delle fondazioni- modello Prato 2

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.

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>88 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	88 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	88 di 116								

13.1 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

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

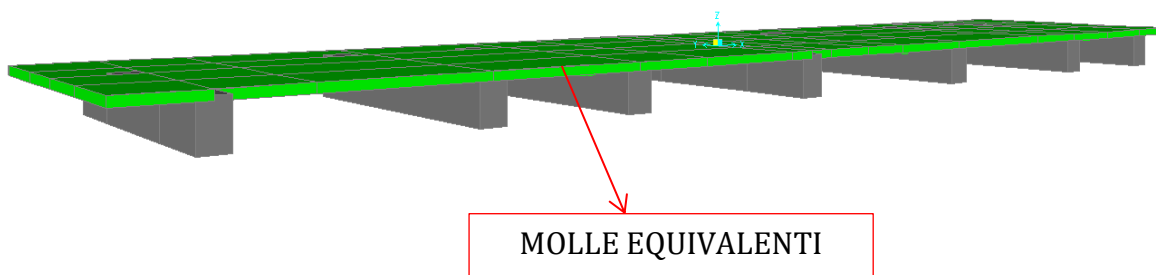
- Strato di Terreno argilloso spesso 15 m avente:

N	Descrizione	Classe	Tipo	Classe 2	Potenza [m]	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	ϕ'_{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.

13.2 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:



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

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

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">89 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	89 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	89 di 116								

13.2.1 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	GlobalMZ
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
quasi permanente	Combination	4.48E-14	5.12E-12	340.5201	1.55052	-1.46047	3.993E-12

$$Q_{\text{quasi permanente}} = 340 \text{ [ton]}$$

$$M_{x,slu} = 1.55 \text{ [tonm]}$$

$$M_{y,slu} = -1.46 \text{ [tonm]}$$

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 PRATO -
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	90 di 116

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]	γ [kN/m ³]	φ' [°]	φ'_{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

Si riporta il calco del cedimento:

Verifiche Cedimenti Edometrici

Piano	Rettangolo fondazione	Fam	Cmb	q [Pa]	qN [Pa]	σ'_{v0} [Pa]	WTot [mm]	k.Wink. [N/cm ²]
0	Trave 1 sez.0	4	1	92169	82337	9832	11.113	8.2935
0	Trave 1 sez.1	4	1	92175	82343	9832	11.114	8.2935
0	Trave 1 sez.2	4	1	92181	82349	9832	11.115	8.2937
0	Trave 2 sez.0	4	1	92183	82351	9832	11.115	8.2934
0	Trave 2 sez.1	4	1	92185	82353	9832	11.116	8.2932
0	Trave 2 sez.2	4	1	92181	82349	9832	11.115	8.2937
0	Trave 3 sez.0	4	1	92178	82346	9832	11.114	8.2936
0	Trave 3 sez.1	4	1	92173	82341	9832	11.114	8.2935
0	Trave 3 sez.2	4	1	92161	82329	9832	11.112	8.2937
0	Trave 4 sez.0	4	1	99116	89284	9832	12.272	8.0765
0	Trave 4 sez.1	4	1	99116	89283	9832	12.272	8.0764
0	Trave 4 sez.2	4	1	99115	89283	9832	12.272	8.0767
0	Trave 5 sez.0	4	1	99115	89283	9832	12.272	8.0763
0	Trave 5 sez.1	4	1	99113	89281	9832	12.273	8.0759
0	Trave 5 sez.2	4	1	99115	89283	9832	12.272	8.0767
0	Trave 6 sez.0	4	1	99115	89283	9832	12.272	8.0765
0	Trave 6 sez.1	4	1	99116	89284	9832	12.272	8.0764
0	Trave 6 sez.2	4	1	99115	89283	9832	12.272	8.0768
0	Trave 7 sez.0	4	1	110041	100209	9832	13.903	7.9151
0	Trave 7 sez.1	4	1	110044	100212	9832	13.903	7.915
0	Trave 7 sez.2	4	1	110046	100214	9832	13.903	7.9155
0	Trave 8 sez.0	4	1	110046	100214	9832	13.904	7.9149
0	Trave 8 sez.1	4	1	110044	100212	9832	13.905	7.9141
0	Trave 8 sez.2	4	1	110046	100214	9832	13.903	7.9155
0	Trave 9 sez.0	4	1	110045	100213	9832	13.903	7.9152
0	Trave 9 sez.1	4	1	110043	100211	9832	13.903	7.915
0	Trave 9 sez.2	4	1	110037	100205	9832	13.901	7.9156
0	Trave 10 sez.0	4	1	145403	135571	9832	19.289	7.538
0	Trave 10 sez.1	4	1	145507	135675	9832	19.301	7.5388
0	Trave 10 sez.2	4	1	145694	135862	9832	19.322	7.5403
0	Trave 11 sez.0	4	1	145812	135980	9832	19.336	7.5411
0	Trave 11 sez.1	4	1	146016	136184	9832	19.362	7.5414
0	Trave 11 sez.2	4	1	145679	135847	9832	19.32	7.5402
0	Trave 12 sez.0	4	1	145567	135735	9832	19.308	7.5393
0	Trave 12 sez.1	4	1	145446	135614	9832	19.294	7.5383
0	Trave 12 sez.2	4	1	145317	135485	9832	19.28	7.5373
0	Trave 13 sez.0	4	1	110265	100433	9832	13.928	7.9167
0	Trave 13 sez.1	4	1	110268	100436	9832	13.929	7.9165
0	Trave 13 sez.2	4	1	110270	100438	9832	13.928	7.9171
0	Trave 14 sez.0	4	1	110270	100438	9832	13.929	7.9165
0	Trave 14 sez.1	4	1	110268	100436	9832	13.93	7.9158
0	Trave 14 sez.2	4	1	110270	100438	9832	13.928	7.9171

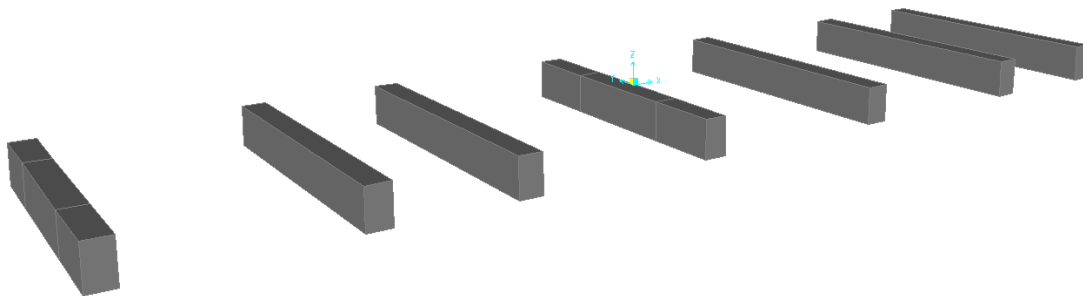
NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	91 di 116

0	Trave 15 sez.0	4	1	110268	100436	9832	13.929	7.9167
0	Trave 15 sez.1	4	1	110265	100433	9832	13.929	7.9165
0	Trave 15 sez.2	4	1	110258	100426	9832	13.927	7.9171
0	Trave 16 sez.0	4	1	99142	89309	9832	12.275	8.0767
0	Trave 16 sez.1	4	1	99141	89309	9832	12.275	8.0766
0	Trave 16 sez.2	4	1	99141	89309	9832	12.275	8.0768
0	Trave 17 sez.0	4	1	99140	89308	9832	12.275	8.0764
0	Trave 17 sez.1	4	1	99139	89307	9832	12.276	8.076
0	Trave 17 sez.2	4	1	99141	89309	9832	12.275	8.0768
0	Trave 18 sez.0	4	1	99141	89309	9832	12.275	8.0766
0	Trave 18 sez.1	4	1	99141	89309	9832	12.275	8.0766
0	Trave 18 sez.2	4	1	99141	89309	9832	12.275	8.0769
0	Trave 19 sez.0	4	1	92145	82313	9832	11.111	8.2935
0	Trave 19 sez.1	4	1	92151	82319	9832	11.111	8.2934
0	Trave 19 sez.2	4	1	92157	82325	9832	11.112	8.2936
0	Trave 20 sez.0	4	1	92159	82327	9832	11.112	8.2933
0	Trave 20 sez.1	4	1	92161	82329	9832	11.113	8.2931
0	Trave 20 sez.2	4	1	92157	82325	9832	11.112	8.2936
0	Trave 21 sez.0	4	1	92154	82322	9832	11.112	8.2935
0	Trave 21 sez.1	4	1	92149	82317	9832	11.111	8.2934
0	Trave 21 sez.2	4	1	92137	82305	9832	11.109	8.2936

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



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

$$K_W = \frac{\Delta q_{slu}}{W} = 0,8 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]$$

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>92 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	92 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	92 di 116								

13.3 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:

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	2.3557	0.9387	340.5651
SISMA X	Combination	Min	-2.3557	-0.9387	340.4751
SISMA Y	Combination	Max	0.8539	2.4115	340.5446
SISMA Y	Combination	Min	-0.8539	-2.4115	340.4956

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,rigida}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 2.54 \text{ [ton]}$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,rigida}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 2.56 \text{ [ton]}$$

$$N_{\text{comb.SLV,rigida}} = 340 \text{ [ton]}$$

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">93 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	93 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	93 di 116								

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	6.3729	1.9514	340.5455
SISMA X	Combination	Min	-6.3729	-1.9514	340.4947
SISMA Y	Combination	Max	2.1743	5.4021	340.5618
SISMA Y	Combination	Min	-2.1743	-5.4021	340.4784

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 6.66 [\text{ton}]$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 5.82 [\text{ton}]$$

$$N_{\text{comb.SLV,flessibile}} = 340 [\text{ton}]$$

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.

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>94 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	94 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	94 di 116								

13.4 VERIFICHE DI RESISTENZA

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

13.4.1 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).

13.4.1.1 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

13.4.1.1.1 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:

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>95 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	95 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	95 di 116								

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:

$$s_{\gamma} = 1.07$$

$$s_{\gamma} = s_q = 1.01$$

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

I fattori di approfondimento sono:

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">96 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	96 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	96 di 116								

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

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

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.I – Coefficienti parziali γ_R 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	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

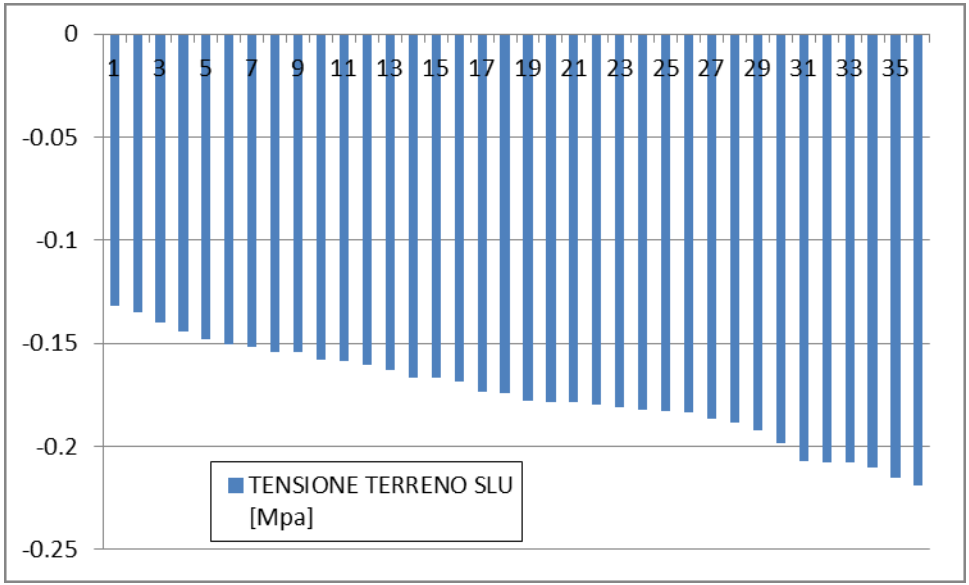
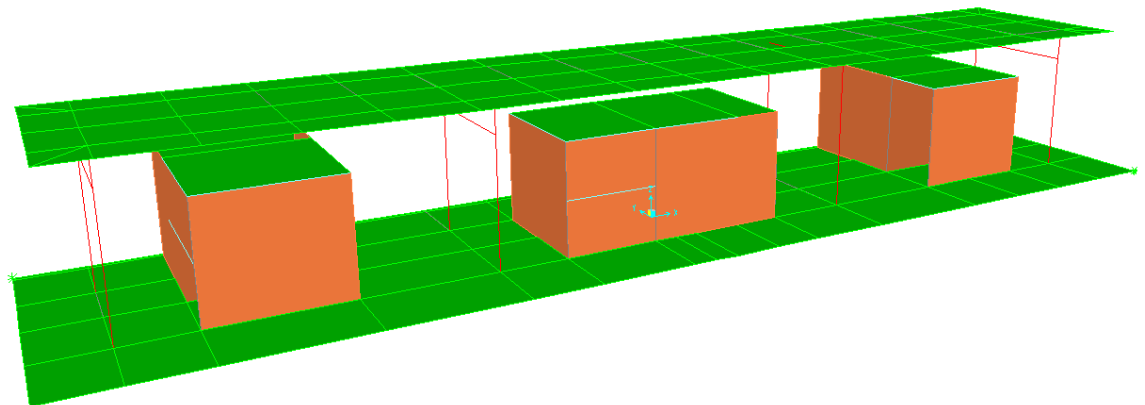
$$FS = 2.3$$

La capacità portante di progetto della fondazione è:

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

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>97 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	97 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	97 di 116								

La tensione massima agente sul terreno con costante di Winkler pari a 0,8 kg/cm³:



$$\sigma_t = 0.22 [MPa]$$

La verifica a capacità portante risulta quindi soddisfatta:

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

OK, Verificato!

NOME DOCUMENTO

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

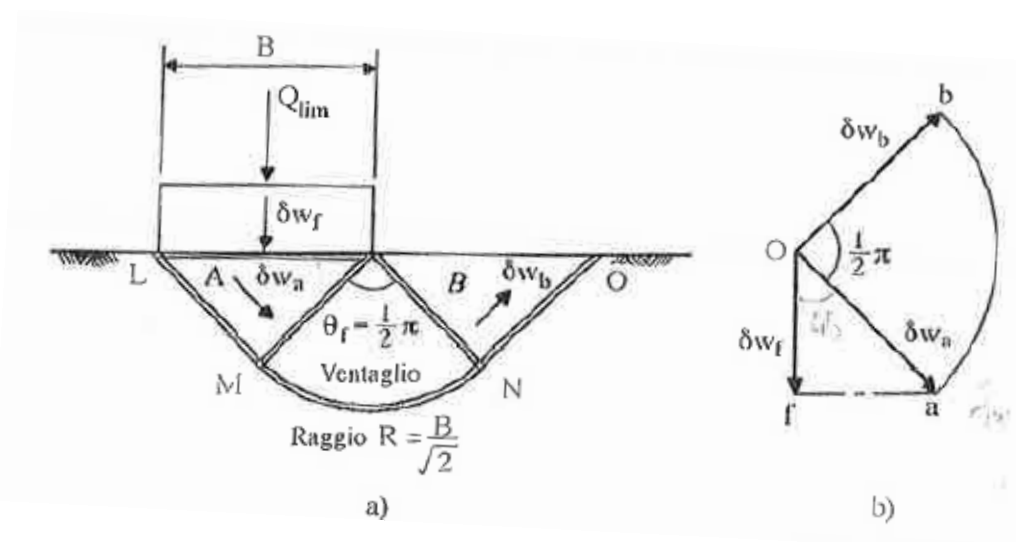
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	98 di 116

13.4.1.1.2 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:

	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">99 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	99 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	99 di 116								

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}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_{γ}	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 γ_R 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	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

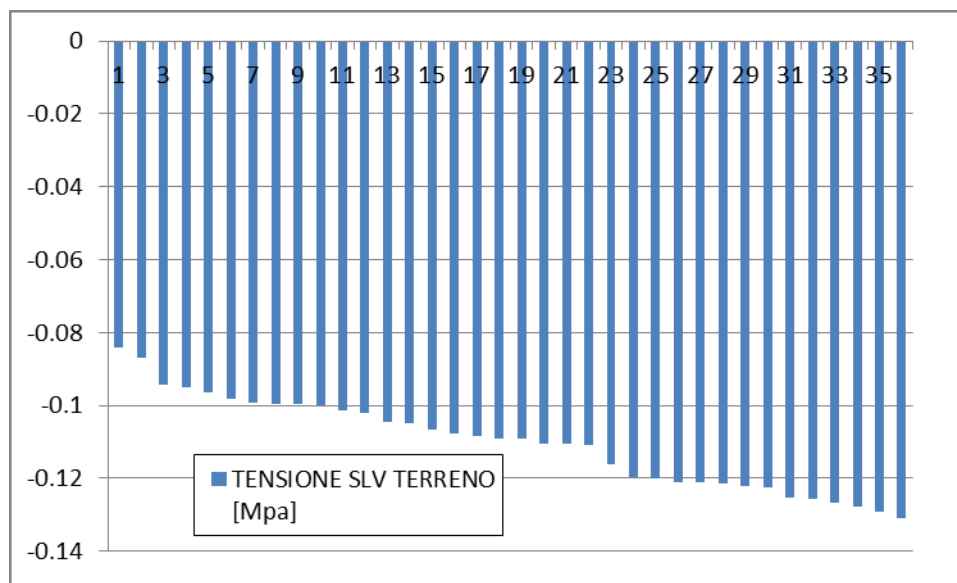
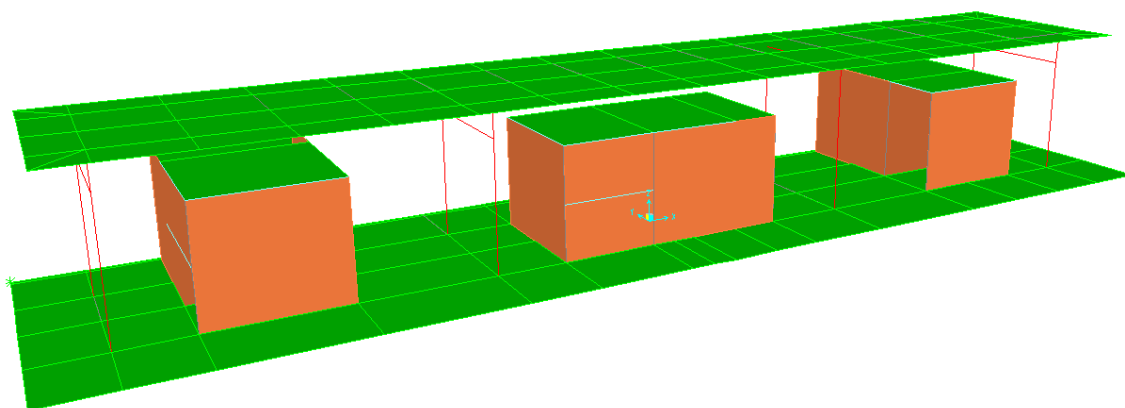
$$FS = 2.3$$

La capacità portante di progetto della fondazione è:

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

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>100 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	100 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	100 di 116								

La tensione massima agente sul terreno con costante di Winkler pari a 0,8 kg/cm³:



$$\sigma_t = 0.13 [MPa]$$

La verifica a capacità portante risulta quindi soddisfatta:

$$E_d = 0.13 [MPa] \leq R_d = 0.23 [MPa]$$

[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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">101 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	101 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	101 di 116								

13.4.1.1.3 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
- γ_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	6.3729	1.9514	340.5455
SISMA X	Combination	Min	-6.3729	-1.9514	340.4947
SISMA Y	Combination	Max	2.1743	5.4021	340.5618
SISMA Y	Combination	Min	-2.1743	-5.4021	340.4784

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,flexibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 6.66[\text{ton}]$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,flexibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 5.82[\text{ton}]$$

$$R_d = \frac{A \cdot C_u}{\gamma_R} = \frac{(0.6 \cdot 7.5 \cdot 7) \cdot 10}{1.1} = 286[\text{ton}]$$

La verifica a scorrimento è soddisfatta:

$$F_{h,SLV} = 6.66[\text{ton}] \leq R_d = 286[\text{ton}]$$

[OK, Verificato]

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services S.p.A.  ARCHITETTI ASSOCIATI	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">102 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	102 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	102 di 116								

13.4.1.2 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	7.9755	7.5487	407.8007	13.97662	12.63264

$$Q_{sle} = 408 \text{ [ton]}$$

$$M_{x,sle} = 13.97 \text{ [tonm]}$$

$$M_{y,sle} = 12.63 \text{ [tonm]}$$

Verifiche Cedimenti Edometrici

Piano	Rettangolo fondazione	Fam	Cmb	q [Pa]	qN [Pa]	$\sigma'v0$ [Pa]	WTot [mm]	k.Wink. [N/cm ³]
0	Trave 1 sez.0	4	1	106398	96566	9832	13.358	7.9653
0	Trave 1 sez.1	4	1	106406	96574	9832	13.359	7.9653
0	Trave 1 sez.2	4	1	106414	96582	9832	13.359	7.9655
0	Trave 2 sez.0	4	1	106417	96585	9832	13.36	7.9653
0	Trave 2 sez.1	4	1	106419	96587	9832	13.361	7.965
0	Trave 2 sez.2	4	1	106414	96582	9832	13.359	7.9655
0	Trave 3 sez.0	4	1	106410	96578	9832	13.359	7.9654
0	Trave 3 sez.1	4	1	106403	96571	9832	13.358	7.9653
0	Trave 3 sez.2	4	1	106388	96556	9832	13.356	7.9654
0	Trave 4 sez.0	4	1	115723	105891	9832	14.811	7.8132
0	Trave 4 sez.1	4	1	115723	105891	9832	14.811	7.8131
0	Trave 4 sez.2	4	1	115723	105891	9832	14.811	7.8134
0	Trave 5 sez.0	4	1	115722	105890	9832	14.812	7.813
0	Trave 5 sez.1	4	1	115721	105889	9832	14.812	7.8125
0	Trave 5 sez.2	4	1	115723	105891	9832	14.811	7.8134
0	Trave 6 sez.0	4	1	115723	105891	9832	14.811	7.8132
0	Trave 6 sez.1	4	1	115723	105891	9832	14.811	7.8131
0	Trave 6 sez.2	4	1	115721	105889	9832	14.81	7.8135
0	Trave 7 sez.0	4	1	132431	122599	9832	17.395	7.6132
0	Trave 7 sez.1	4	1	132437	122604	9832	17.396	7.613
0	Trave 7 sez.2	4	1	132440	122608	9832	17.395	7.6137
0	Trave 8 sez.0	4	1	132440	122608	9832	17.397	7.6128
0	Trave 8 sez.1	4	1	132435	122603	9832	17.399	7.6119
0	Trave 8 sez.2	4	1	132433	122601	9832	17.394	7.6136
0	Trave 9 sez.0	4	1	132430	122598	9832	17.395	7.6132
0	Trave 9 sez.1	4	1	132424	122592	9832	17.395	7.6129
0	Trave 9 sez.2	4	1	132412	122580	9832	17.391	7.6136

NOME DOCUMENTO

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	103 di 116

0	Trave 10 sez.0	4	1	195700	185868	9832	26.809	7.2999
0	Trave 10 sez.1	4	1	195875	186043	9832	26.828	7.3012
0	Trave 10 sez.2	4	1	196177	186345	9832	26.861	7.3034
0	Trave 11 sez.0	4	1	196346	186514	9832	26.881	7.3042
0	Trave 11 sez.1	4	1	196397	186565	9832	26.896	7.302
0	Trave 11 sez.2	4	1	195433	185601	9832	26.78	7.2978
0	Trave 12 sez.0	4	1	195188	185356	9832	26.753	7.2961
0	Trave 12 sez.1	4	1	194932	185100	9832	26.724	7.2942
0	Trave 12 sez.2	4	1	194665	184833	9832	26.695	7.2922
0	Trave 13 sez.0	4	1	133023	123191	9832	17.462	7.6179
0	Trave 13 sez.1	4	1	133030	123198	9832	17.463	7.6177
0	Trave 13 sez.2	4	1	133035	123203	9832	17.462	7.6185
0	Trave 14 sez.0	4	1	133035	123203	9832	17.464	7.6177
0	Trave 14 sez.1	4	1	133030	123198	9832	17.465	7.6169
0	Trave 14 sez.2	4	1	133026	123194	9832	17.461	7.6184
0	Trave 15 sez.0	4	1	133022	123190	9832	17.462	7.6179
0	Trave 15 sez.1	4	1	133014	123182	9832	17.461	7.6176
0	Trave 15 sez.2	4	1	132999	123167	9832	17.458	7.6183
0	Trave 16 sez.0	4	1	115852	106019	9832	14.826	7.8142
0	Trave 16 sez.1	4	1	115852	106020	9832	14.826	7.8141
0	Trave 16 sez.2	4	1	115852	106020	9832	14.825	7.8144
0	Trave 17 sez.0	4	1	115851	106019	9832	14.826	7.8139
0	Trave 17 sez.1	4	1	115850	106018	9832	14.827	7.8134
0	Trave 17 sez.2	4	1	115852	106020	9832	14.825	7.8144
0	Trave 18 sez.0	4	1	115852	106020	9832	14.826	7.8142
0	Trave 18 sez.1	4	1	115852	106020	9832	14.826	7.8141
0	Trave 18 sez.2	4	1	115850	106018	9832	14.825	7.8144
0	Trave 19 sez.0	4	1	106408	96576	9832	13.359	7.9654
0	Trave 19 sez.1	4	1	106416	96584	9832	13.36	7.9654
0	Trave 19 sez.2	4	1	106424	96592	9832	13.36	7.9656
0	Trave 20 sez.0	4	1	106427	96595	9832	13.361	7.9653
0	Trave 20 sez.1	4	1	106430	96598	9832	13.362	7.965
0	Trave 20 sez.2	4	1	106424	96592	9832	13.36	7.9656
0	Trave 21 sez.0	4	1	106420	96588	9832	13.36	7.9655
0	Trave 21 sez.1	4	1	106414	96582	9832	13.36	7.9654
0	Trave 21 sez.2	4	1	106398	96566	9832	13.357	7.9655

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

$$w = 27 \text{ [mm]}$$

La verifica è soddisfatta:

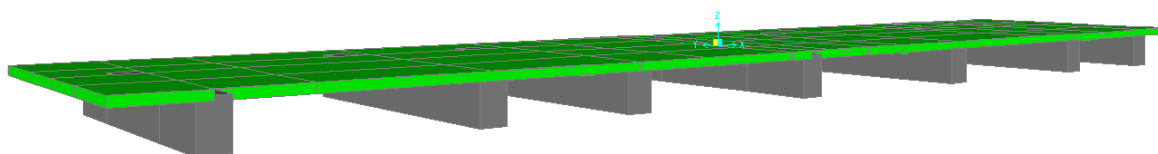
$$w = 27 \text{ [mm]} \leq w_{\text{lim}} = 50 \text{ [mm]}$$

[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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>104 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	104 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	104 di 116								

13.4.2 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.



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.

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>105 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	105 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	105 di 116								

13.4.2.1.1 Verifica Travi di fondazione

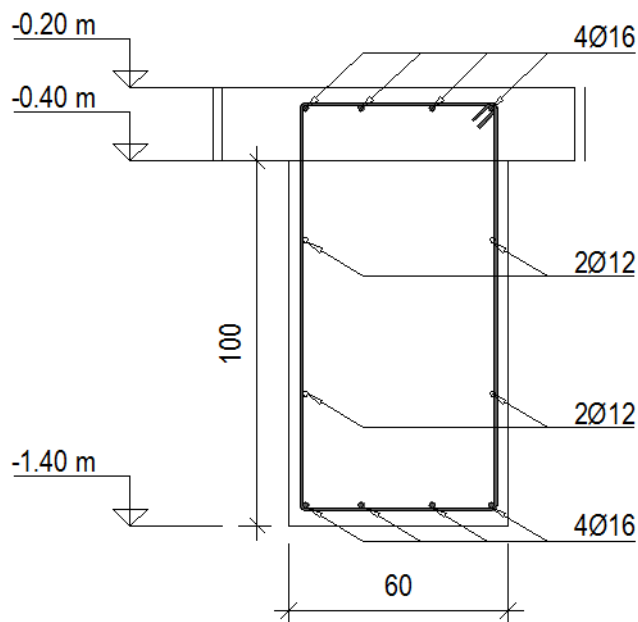
Al presente punto si riporta la verifica di resistenza delle travi di fondazione a flessione e taglio. Le sollecitazioni sono calcolate considerando la fondazione come rigida in modo da massimizzare le sollecitazioni sugli elementi resistenti presenti in fondazione.

13.4.2.1.1.1 *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 di salvaguardia della vita SLV. 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 PRATO -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

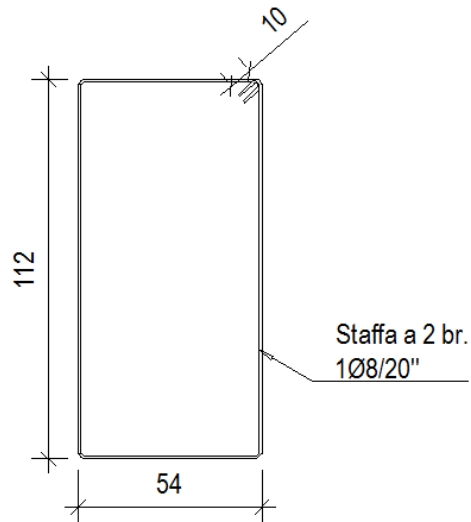
FA5100106

REV.

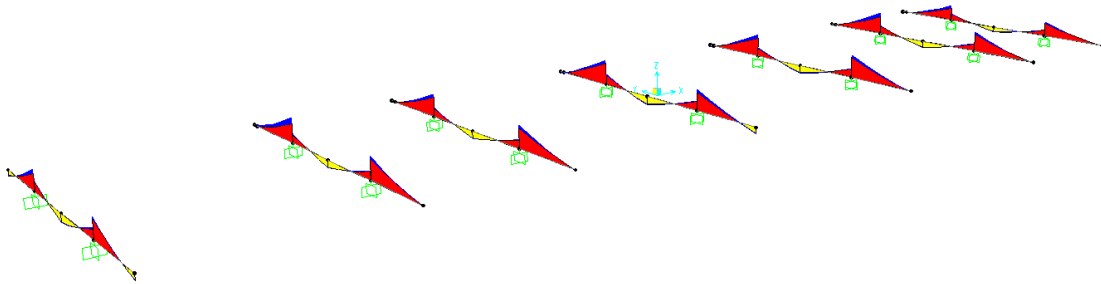
B

FOGLIO

106 di 116



SLU:

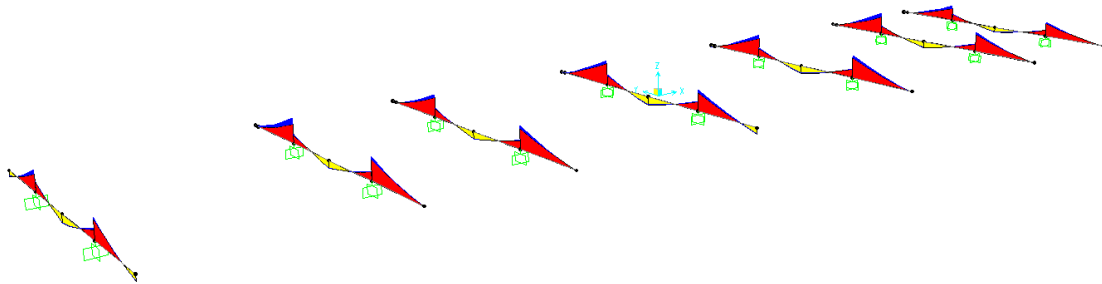


$$M_{max} = 21 [tm]$$

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	107 di 116

SLV:



$$M_{max} = 13.33 [tm]$$

Il momento resistente della trave è il seguente:

Titolo: _____

N° strati barre [1] Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	60	100	1	6.16	90

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls

Coord.[cm]: xN [0], yN [0]

Tipo rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo: S.L.U. Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

Lo 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C25/30

ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200.000 N/mm²	f_{cd}	14.17 N/mm²
ϵ_s / ϵ_c	15	f_{cc} / f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9.75 N/mm²
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.6
		τ_{cl}	1.829

M_{xRd} 213,3 kN m

σ_c -14,17 N/mm²

σ_s 391,3 N/mm²

ϵ_c 2,86 ‰

ϵ_s 67,5 ‰

d 90 cm

x 3,659 x/d 0,04065

δ 0,7

La verifica è soddisfatta:

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

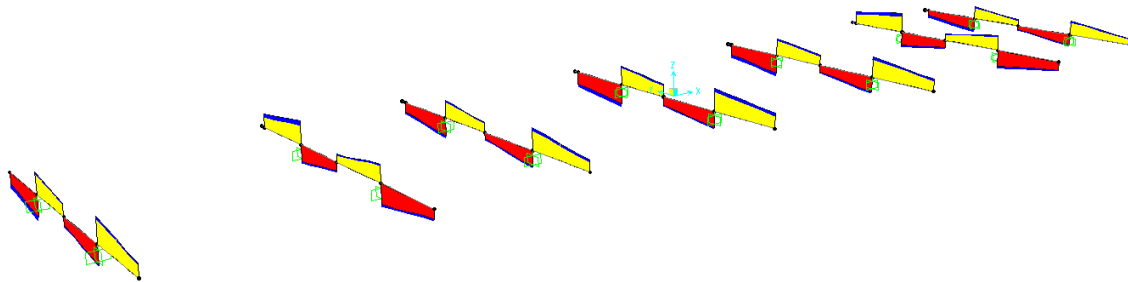
[OK, Verificato]

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>108 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	108 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	108 di 116								

13.4.2.1.1.2 Verifica a taglio fondazione Rigida

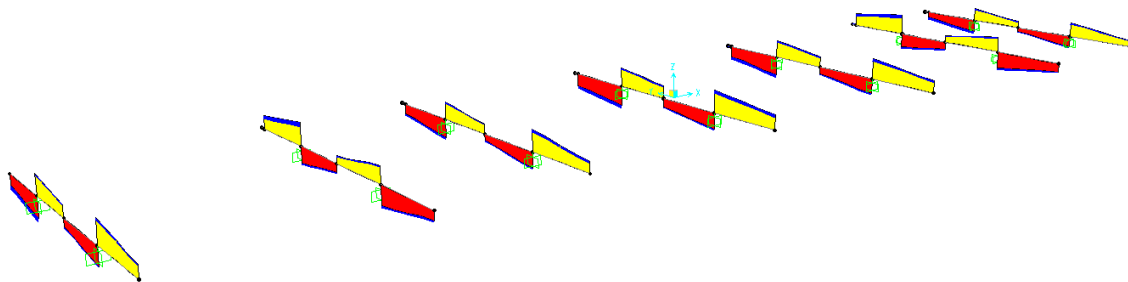
Al presente punto si verifica la trave di fondazione a taglio. Le sollecitazioni massime sono le seguenti:

SLU:



$$V_{max} = 14,49 \text{ [ton]}$$

SLV:



$$V_{max} = 9,00 \text{ [ton]}$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	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 PRATO - 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;">FA5100106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">109 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	109 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	109 di 116								

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^2)	(Mpa)	(/)	(/)	(/)	(N)	(mm)			
1120	100.48	391	1	0.00	1	175000	226			
						198010	200			
Area As (mm^2)								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:

$$V_{Rd} = 19.80 [ton]$$

La verifica è soddisfatta:

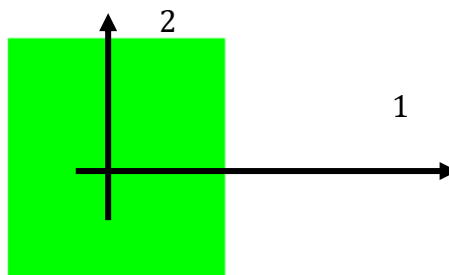
$$V_{Ed} = 14.49 [ton] \leq M_{Rd} = 19,80 [ton]$$

[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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>110 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	110 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	110 di 116								

13.4.3 Verifica Soletta di fondazione

Al presente punto si riporta la verifica a flessione della soletta. 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_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd}

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

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

M_{xRd} **36,24** kN m

σ_c **-14,17** N/mm²

σ_s **391,3** N/mm²

ε_c **3,5** ‰

ε_s **11,67** ‰

d **15** cm

x **3,46** x/d **0,2307**

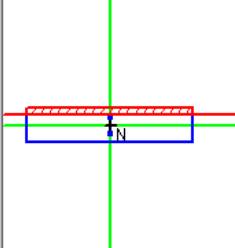
δ **0,7283**

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.



Metodo di calcolo

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

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviate

N° rett. **100**

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

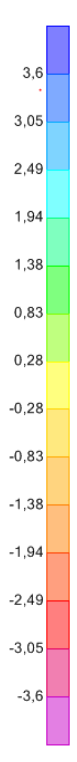
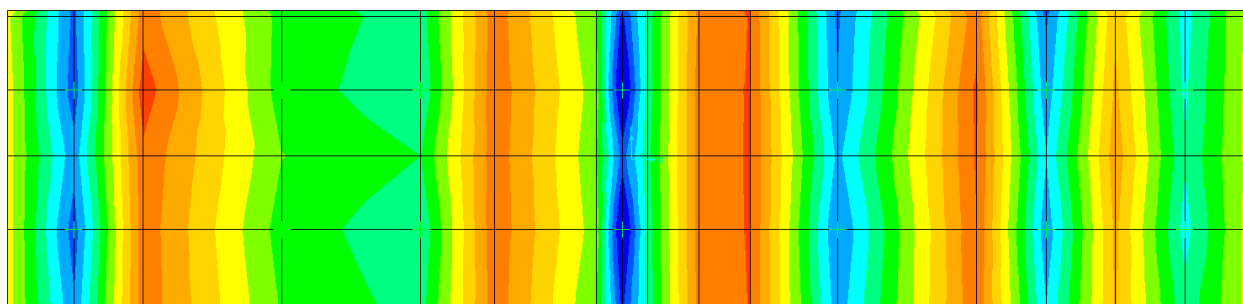
Precompresso

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

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>111 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	111 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	111 di 116								

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]

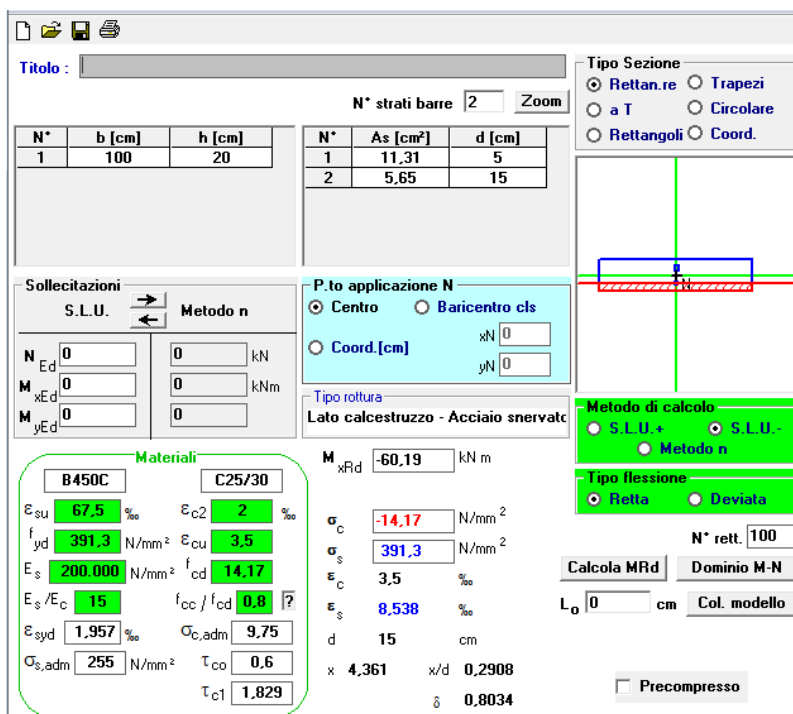
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA PRATO - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>112 di 116</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOLLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	112 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOLLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	112 di 116								

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 design. Key sections include:

- Titolo:** [Empty field]
- N° strati barre:** 2
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20
- Table 2:**

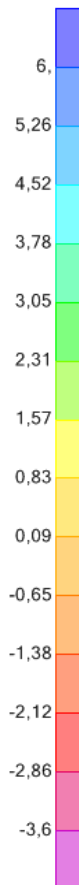
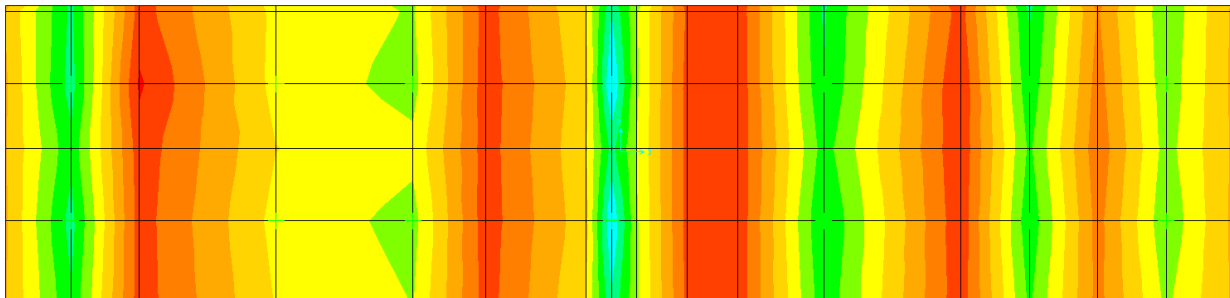
N°	As [cm²]	d [cm]
1	11,31	5
2	5,65	15
- Sollecitazioni:** S.L.U. Metodo n
- P.to applicazione N:** Centro
- Materiali:**
 - B450C:** $E_{su} = 67,5\%$, $f_{yd} = 391,3 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 200.000 \text{ N/mm}^2$, $E_s/E_c = 15$, $E_{s,adm} = 1.957\%$, $\sigma_{s,adm} = 255 \text{ N/mm}^2$
 - C25/30:** $\epsilon_{c2} = 2\%$, $\epsilon_{cu} = 3,5\%$, $f_{cd} = 14,17$, $f_{cc}/f_{cd} = 0,8$, $\sigma_{c,adm} = 9,75$, $\tau_{co} = 0,6$, $\tau_{c1} = 1,829$
- Calculated values:**
 - $M_{xRd} = -60,19 \text{ kN m}$
 - $\sigma_c = -14,17 \text{ N/mm}^2$
 - $\sigma_s = 391,3 \text{ N/mm}^2$
 - $\epsilon_c = 3,5\%$
 - $\epsilon_s = 8,538\%$
 - $d = 15 \text{ cm}$
 - $x = 4,361$, $x/d = 0,2908$
 - $\delta = 0,8034$
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+, S.L.U.-, Metodo n
- Tipo flessione:** Retta, Deviata
- Calcola MRd:** Dominio M-N
- L0:** 0 cm
- N° rett.:** 100
- Col. modello:** [Empty]
- Precompresso:** [Unchecked]

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

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>113 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	113 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	113 di 116								

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 Rosso
3,6 [tm]

Momento Aree in Blu
6,00 [tm]

[OK, Verificato]

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	114 di 116

Direzione 2:

In direzione 2 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]
1	100	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,65	5
2	5,65	15

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

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

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

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Materiali:
 B450C C25/30
 ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 9,75 N/mm²
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} kN m

σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ε_c 3,5 ‰
 ε_s 11,67 ‰
 d 15 cm
 x 3,46 x/d 0,2307
 δ 0,7283

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello

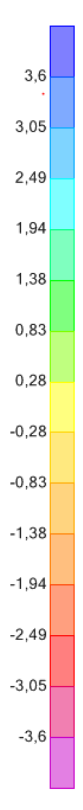
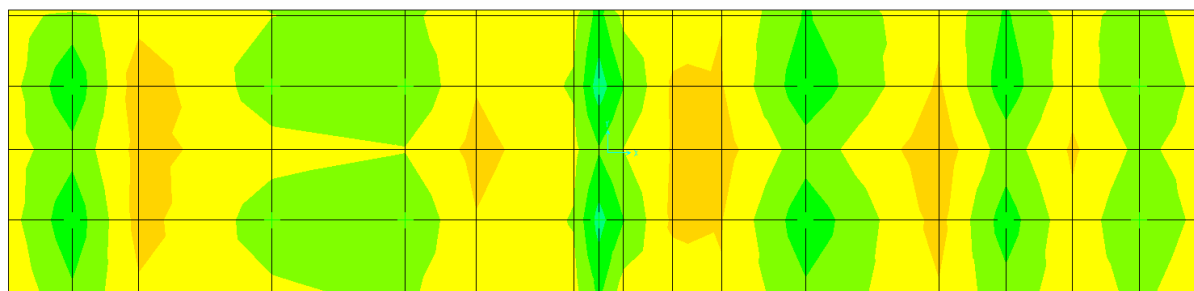
Precompresso

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

	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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>115 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	115 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	115 di 116								

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]

Momento Aree in Blu
3,6 [tm]

[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 PRATO - 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>FA5100106</td> <td>B</td> <td>116 di 116</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	116 di 116
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA5100106	B	116 di 116								

13.5 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.

14. Allegato A

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