

COMMITTENTE



COMUNE DI GENOVA

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
ALBERTO BITOSSÌ
IL DIREGENTE 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



ITALFERR SPA

PROGETTO STRUTTURALE

DEPOSITO GAVETTE

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE

Dott. Ing. Luca Bernardini

SCALA:

-

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

E 2 1 D 0 6 D 1 0 C L F A 1 4 0 3 0 0 2 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	P.Luciani	10.08.2021	R.Lerra	10.08.2021	A.Peresso	10.08.2021	L. Bernardini 06/10/2021
B	Revisione a seguito Istruttoria stazione Appaltante	P.Luciani	26.09.2021	R.Lerra	26.09.2021	A.Peresso	26.09.2021	ITALFERR S.p.A. COORDINATORE GENERALE DI SISTEMA Dott. LUCA BERNARDINI Ordine degli Ingegneri di Genova n. 419
C	Rimissione per commenti	P.Luciani	06.10.2021	R.Lerra	06.10.2021	A.Peresso	06.10.2021	

File: E21D06D1CLFA1403002C

n. Elab.: 005

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>2 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	2 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	2 di 275								

Sommario

1	PREMESSA	10
2	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	10
2.1	FA140 - DEPOSITO (A-B)	10
2.2	FA14C – PALAZZINA SERVIZI.....	13
2.3	FA14D – PALAZZINA MOVIMENTO.....	13
2.4	FA14E – PALAZZINA SERVIZI.....	15
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	16
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	16
4.1	CALCESTRUZZO	17
4.1.1	<i>Strutture di elevazione.....</i>	<i>17</i>
4.1.2	<i>Fondazione.....</i>	<i>19</i>
4.1.3	<i>Acciaio Per Armature Ordinarie.....</i>	<i>20</i>
4.1.4	<i>Acciaio Per Carpenterie metalliche</i>	<i>20</i>
5	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.....	21
6	FA14A - DEPOSITO IN CA.....	23
6.1	ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO	23
6.1.1	<i>Peso Proprio Degli Elementi Strutturali G1</i>	<i>23</i>
6.1.2	<i>Sovraccarichi Permanenti G2.....</i>	<i>23</i>
6.1.3	<i>Sovraccarichi Accidentali Q.....</i>	<i>25</i>
6.1.4	<i>Azione del Vento.....</i>	<i>25</i>
6.1.5	<i>Azione della Neve</i>	<i>27</i>
6.1.6	<i>Variazioni Termiche ϵ_3.....</i>	<i>30</i>

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">3 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	3 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	3 di 275								

6.2	VALUTAZIONE DELL' AZIONE SISMICA	31
	<i>REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN PIANTA</i>	32
	<i>REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA</i>	32
	6.2.1 <i>Stato Limite di Danno</i>	35
	6.2.2 <i>Stato Limite di salvaguardia della Vita</i>	35
	6.2.3 <i>Metodo di Analisi</i>	36
	6.2.4 <i>Valutazione degli spostamenti</i>	38
	6.2.5 <i>Combinazione delle componenti dell'azione sismica</i>	38
	6.2.6 <i>Eccentricità accidentali</i>	39
6.3	COMBINAZIONI DI CARICO	39
	6.3.1 <i>Stato Limite Di Esercizio</i>	41
	6.3.2 <i>Stato Limite Ultimo</i>	42
6.4	CRITERI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI	43
	6.4.1 <i>Verifiche agli stati limite di esercizio</i>	43
	6.4.2 <i>Verifiche agli stati limite ultimi</i>	45
6.5	MODELLO STRUTTURALE	47
6.6	ANALISI DEI RISULTATI: DEFORMATE E SOLLECITAZIONI	50
	6.6.1 <i>Modi propri di vibrazione e deformazioni sismiche</i>	50
	6.6.2 <i>Spostamenti massimi</i>	52
	6.6.3 <i>Deformazioni statiche</i>	54
	6.6.4 <i>Sollecitazioni</i>	54
6.7	VERIFICHE STRUTTURALI.....	64
	6.7.1 <i>Verifiche del solaio</i>	64
	6.7.2 <i>Verifiche della trave</i>	75
	6.7.3 <i>Verifiche dei pilastri</i>	80

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>4 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	4 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	4 di 275								

7	FA14B - TETTOIA IN ACCIAIO	89
7.1	DEFINIZIONE DELLA CLASSE DI ESECUZIONE.....	89
7.2	ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO	90
7.2.1	<i>Peso Proprio Degli Elementi Strutturali G1</i>	91
7.2.2	<i>Sovraccarichi Permanenti G2</i>	91
7.2.3	<i>Sovraccarichi Accidentali Q</i>	91
7.2.4	<i>Azione del vento, neve e termica</i>	91
7.3	VALUTAZIONE DELL' AZIONE SISMICA	91
7.4	COMBINAZIONI DI CARICO	91
7.5	CRITERI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI	92
7.6	MODELLO STRUTTURALE	92
7.7	ANALISI DEI RISULTATI: DEFORMATE E SOLLECITAZIONI	94
7.7.1	<i>Modi propri di vibrazione e deformazioni sismiche</i>	94
7.7.1	<i>Spostamenti massimi</i>	97
7.7.2	<i>Deformazioni statiche</i>	98
7.7.3	<i>Sollecitazioni</i>	98
7.8	FA14B - VERIFICHE STRUTTURALI	105
7.8.1	<i>Edificio – Dati generali analisi sismica</i>	105
7.8.2	<i>Edificio - Verifica Di Deformabilita' Torsionale</i>	106
7.8.3	<i>Trave elevazione Strutture Metalliche</i>	106
7.8.4	<i>Pilastri Strutture Metalliche</i>	112
7.8.5	<i>Collegamenti strutturali</i>	115
8	FA14C – PALAZZINA SERVIZI.....	139
8.1	ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO	139
8.1.1	<i>Peso Proprio Degli Elementi Strutturali G1</i>	139

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	5 di 275

8.1.2	<i>Sovraccarichi Permanenti G_2</i>	140
8.1.3	<i>Sovraccarichi Accidentali Q</i>	141
8.1.4	<i>Azione del Vento</i>	142
8.1.5	<i>Azione della Neve</i>	147
8.1.6	<i>Variazioni Termiche ε_3</i>	150
8.2	VALUTAZIONE DELL' AZIONE SISMICA	151
8.2.1	<i>Verifiche di regolarità</i>	151
8.2.2	<i>Classe di duttilità</i>	152
8.2.3	<i>Spettri di Progetto per S.L.U. e S.L.D.</i>	153
8.2.4	<i>Metodo di Analisi</i>	156
8.2.5	<i>Valutazione degli spostamenti</i>	157
8.2.6	<i>Combinazione delle componenti dell'azione sismica</i>	158
8.2.7	<i>Eccentricità accidentali</i>	159
8.3	COMBINAZIONI DI CARICO E VALUTAZIONE DELLE MASSE	159
8.3.1	<i>Stato Limite Di Esercizio</i>	160
8.3.2	<i>Stato Limite Ultimo</i>	161
8.4	CRITERI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI	162
8.4.1	<i>Verifiche agli stati limite di esercizio</i>	162
8.4.2	<i>Verifiche agli stati limite ultimi</i>	164
8.5	CRITERI DI MODELLAZIONE	166
8.5.1	<i>Modello Strutturale di Analisi – 0</i>	166
8.6	ANALISI DEI RISULTATI: DEFORMATE E SOLLECITAZIONI	169
8.6.1	<i>Modi propri di vibrazione e deformazioni sismiche</i>	169
8.6.2	<i>Principali Elementi Analisi Sismica</i>	169
8.6.3	<i>Principali Elementi Analisi Sismica: Rotazione Torsionale</i>	170

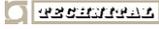
Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	6 di 275

8.6.4	<i>Riepilogo Modi Di Vibrazione</i>	170
8.6.5	<i>Spostamenti massimi</i>	173
8.6.6	<i>Deformazioni statiche</i>	174
8.6.7	<i>Sollecitazioni</i>	174
8.7	VERIFICHE STRUTTURALI	180
8.7.1	<i>Travi in elevazione</i>	180
8.7.1.1	<i>Travi (Ca) - Verifiche Pressoflessione Retta Allo Slu (Elevazione)</i>	181
8.7.1.2	<i>Travi - Verifiche A Taglio Per Pressoflessione Retta Allo Slu</i>	181
8.7.1.3	<i>Travi - Verifiche Delle Tensioni Di Esercizio (Elevazione)</i>	182
8.7.1.4	<i>Travi - Verifica Allo Stato Limite Di Fessurazione (Elevazione)</i>	183
8.7.2	PILASTRI	183
8.7.2.1	<i>Pilastri (Ca) - Verifiche Pressoflessione Deviata Allo Slu</i>	184
8.7.2.2	<i>Pilastri (Ca) - Verifiche A Taglio Per Pressoflessione Deviata Allo Slu</i>	185
8.7.2.3	<i>Pilastri - Verifiche Delle Tensioni Di Esercizio (Elevazione)</i>	186
8.7.2.4	<i>Pilastri – Verifica Allo Stato Limite Di Fessurazione (Elevazione)</i>	186
8.8	SOLAI	187
9	FA14D – PALAZZINA MOVIMENTO	191
9.1	ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO	191
9.1.1	<i>Peso Proprio Degli Elementi Strutturali G1</i>	191
9.1.2	<i>Sovraccarichi Permanenti G2</i>	192
9.1.3	<i>Sovraccarichi Accidentali Q</i>	193
9.1.4	<i>Azione del Vento, neve e variazioni termiche</i>	194
9.2	VALUTAZIONE DELL' AZIONE SISMICA	194
9.3	COMBINAZIONI DI CARICO	194
9.4	CRITERI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI	194

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>7 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	7 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	7 di 275								

9.5	CRITERI DI MODELLAZIONE	194
9.5.1	<i>Modello Strutturale di Analisi</i>	194
9.6	ANALISI DEI RISULTATI: DEFORMATE E SOLLECITAZIONI	197
9.6.1	<i>Modi propri di vibrazione e deformazioni sismiche</i>	197
9.6.2	<i>Principali Elementi Analisi Sismica</i>	197
9.6.3	<i>Principali Elementi Analisi Sismica: Rotazione Torsionale</i>	197
9.6.4	<i>Riepilogo Modi Di Vibrazione N.3/15</i>	198
9.6.5	<i>Spostamenti massimi</i>	201
9.6.6	<i>Deformazioni statiche</i>	202
9.6.7	<i>Sollecitazioni edificio</i>	203
9.6.8	<i>Sollecitazioni Vasca interrata</i>	209
9.7	VERIFICHE STRUTTURALI	217
9.7.1	<i>Travi in elevazione</i>	217
9.7.1.1	<i>Travi - Verifiche Pressoflessione Retta Allo Slu</i>	218
9.7.1.2	<i>Travi - Verifiche A Taglio Per Pressoflessione Retta Allo Slu</i>	219
9.7.1.3	<i>Travi - Verifiche Delle Tensioni Di Esercizio (Elevazione)</i>	219
9.7.1.4	<i>Travi - Verifica Allo Stato Limite Di Fessurazione (Elevazione)</i>	220
9.8	PILASTRI	221
9.8.1	<i>Pilastri (Ca) - Verifiche Pressoflessione Deviate Allo Slu</i>	222
9.8.2	<i>Pilastri (Ca) - Verifiche A Taglio Per Pressoflessione Deviate Allo Slu</i>	223
9.8.3	<i>Pilastri - Verifiche Delle Tensioni Di Esercizio (Elevazione)</i>	223
9.8.4	<i>Pilastri - Verifica Allo Stato Limite Di Fessurazione (Elevazione)</i>	224
9.9	SOLAIO	225
9.10	PENSILINA	227
9.10.1	<i>ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO</i>	227

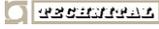


**PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA
PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E
STRUTTURE CONNESSE)**

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	8 di 275

9.10.1.1	<i>Peso Proprio Degli Elementi Strutturali G1</i>	227
9.10.1.2	<i>Sovraccarichi Permanenti G2</i>	227
9.10.1.3	<i>Sovraccarichi Accidentali Q</i>	228
9.10.1.4	<i>Azione del vento, neve e termica</i>	228
9.10.2	<i>VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA</i>	228
9.10.3	<i>COMBINAZIONI DI CARICO</i>	228
9.10.4	<i>CRITERI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI</i>	228
9.10.5	<i>MODELLAZIONE STRUTTURALE</i>	228
9.10.6	<i>ANALISI DEI RISULTATI: DEFORMATE E SOLLECITAZIONI</i>	229
9.10.6.1	<i>DEFORMATE E SOLLECITAZIONI</i>	229
9.10.7	<i>VERIFICHE STRUTTURALI</i>	233
9.10.7.1	<i>IPE 240</i>	235
9.10.7.2	<i>IPE 360</i>	236
9.10.7.3	<i>TUBO D206.4x6.3</i>	239
9.11	<i>VASCA INTERRATA</i>	240
10	<i>FA14E - PALAZZINA</i>	243
10.1	<i>ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO</i>	243
10.1.1	<i>Peso Proprio Degli Elementi Strutturali G1</i>	243
10.1.2	<i>Sovraccarichi Permanenti G2</i>	244
10.1.3	<i>Sovraccarichi Accidentali Q</i>	245
10.1.4	<i>Azione del Vento, neve e variazioni termiche</i>	245
10.2	<i>VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA</i>	245
10.3	<i>COMBINAZIONI DI CARICO</i>	245
10.4	<i>CRITERI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI</i>	245
10.5	<i>MODELLAZIONE</i>	246



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

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	9 di 275

10.6	ANALISI DEI RISULTATI: DEFORMATE E SOLLECITAZIONI	246
10.6.1	DEFORMATE E SOLLECITAZIONI	246
10.7	VERIFICHE STRUTTURALI	254
10.7.1	Travi in elevazione	254
10.7.1	Travi a sbalzo	259
10.7.2	Pilastri	263
10.8	SOLAIO	267
11	DEFINIZIONE DEI GIUNTI STRUTTURALI	272
11.1	GIUNTO STRUTTURALE DEPOSITO FA14A – PALAZZINA FA14C	272
11.2	GIUNTO STRUTTURALE DEPOSITO FA14A – TETTOIA FA14B	274

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>10 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	10 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	10 di 275								

1 PREMESSA

La presente relazione afferisce ai calcoli e alle verifiche strutturali dei fabbricati tecnologici

FA14A – RIMESSA GAVETTE – COPERTURA IN C.A.

FA14B – RIMESSA GAVETTE – COPERTURA METALLICA

FA14C – PALAZZINA SERVIZI

FA14D – PALAZZINA MOVIMENTO

FA14E – PALAZZINA SERVIZI

Le strutture sono state progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, “Norme Tecniche per le Costruzioni”- DM 14.1.2018 e Circolare n .617 “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni”.

La modellazione dell’azione sismica e delle strutture è stata eseguita mediante il programma di calcolo agli elementi finiti EdiLus ACCA.

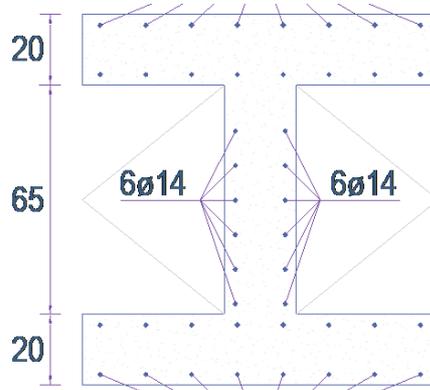
2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

2.1 FA140 - Deposito (A-B)

Le strutture di elevazione del corpo di fabbrica sono costituite dagli elementi di seguito descritti:

I pilastri, presentano una sezione pari a 120*120cm e si prevede quindi che siano gettati in opera, con mensole estese su tutti e quattro i lati, per ottenere una colonna a “fungo”.

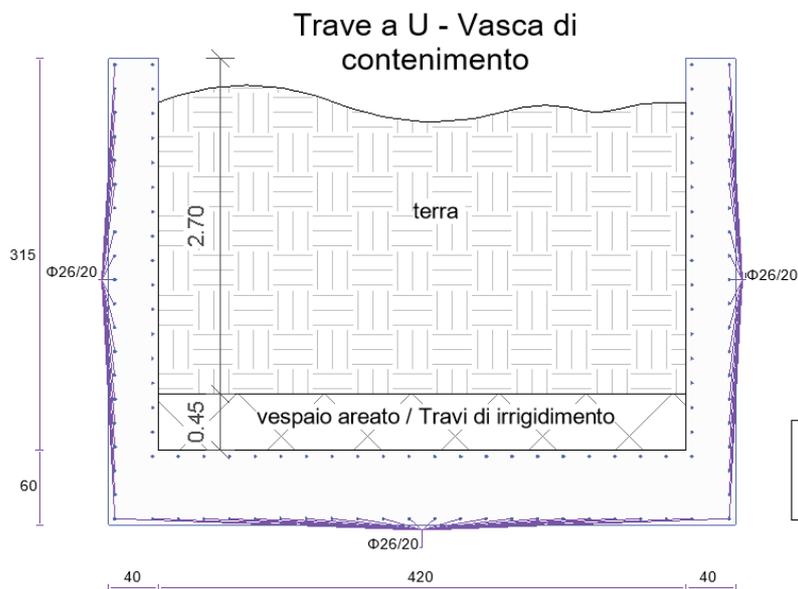
L’impalcato sarà realizzato mediante una piastra binervata con alleggerimenti in polistirolo di altezza pari a 1.05m con travetti di dimensioni 200x650mm intervallati da blocchi di alleggerimento 800x800x650mm.



Sezione della piastra binervata

Lungo il perimetro sud-est della copertura si estende una vasca strutturale con sezione a U inserita per sorreggere i carichi derivanti dalla presenza del verde intensivo, con volumi di terra alti sino a 2,70m

Per un massimo di carico verticale pari a 53,1kN, l'altezza della vasca è pari a 3,75 e al suo interno sono previsti irrigidimenti scanditi a passo di 6m alti 65cm.



Individuazione in pianta della vasca strutturale

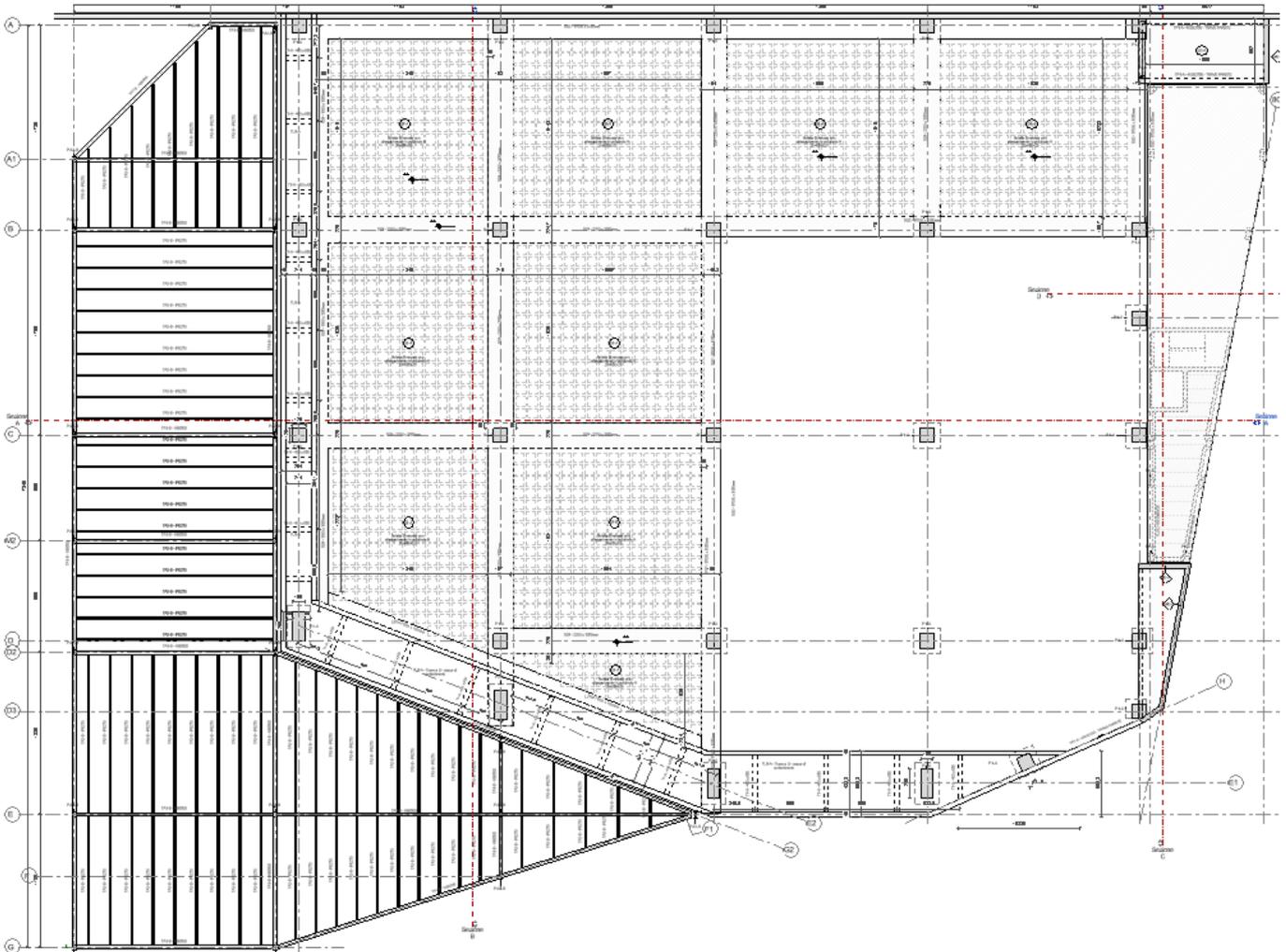
Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	12 di 275

La copertura fotovoltaica in carpenteria metallica invece è anch'essa con luci massime pari a 18x18m

La struttura intelaiata è composta da travi continue HE650B incastrate mediante saldatura ai pilastri HE500A e giuntate in tre parti lungo la campata, sulle quali sono incernierate travi secondarie, anch'esse HE 650B. la maglia delle travi secondarie ordite ortogonalmente alle principali è costituita da profilati IPE 270 incernierate alle principali.

Lo schema strutturale appena descritto è evidenziato dall'immagine della carpenteria di copertura riportata sotto:



Planimetria generale – carpenteria primo livello

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>13 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	13 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	13 di 275								

2.2 FA14C – Palazzina servizi

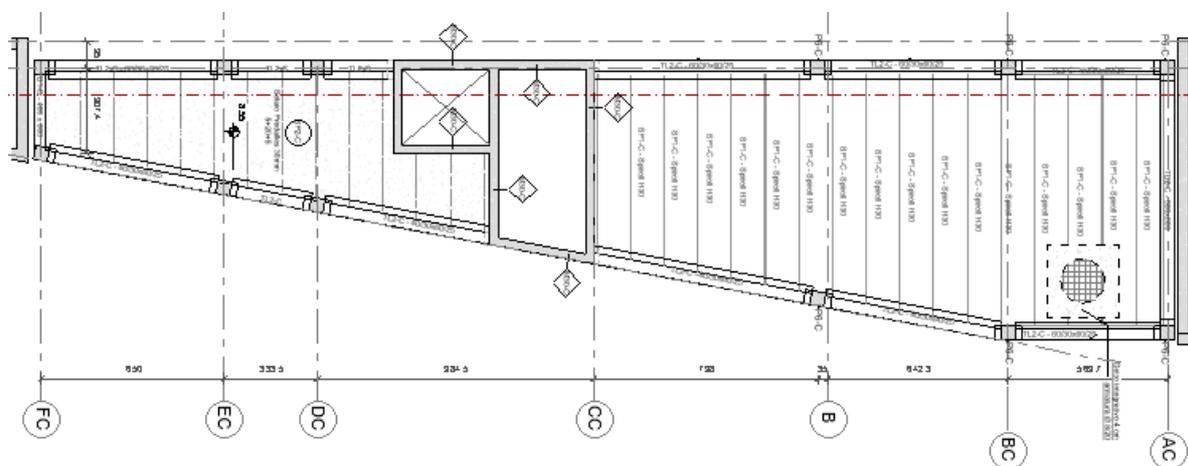
Le strutture di elevazione del corpo di fabbrica sono costituite dagli elementi di seguito descritti:

I pilastri presentano una sezione pari a 50x50cm.

La struttura intelaiata in calcestruzzo, presenta una parte realizzata mediante prefabbricati, caratterizzata dalla regolarità ortogonale delle intelaiature, dove le travi principali perimetrali saranno realizzate con sezione a L, mentre per i solai si è previsto il sistema a pannelli prefabbricati alveolari (Spiroll) H30 + 4cm di soletta;

Nelle aree di solaio dove gli elementi prefabbricati sarebbero uno svantaggio a causa delle geometrie fortemente irregolari si prevede l'utilizzo di solai a predalles con alleggerimenti in polistirolo, di altezza 30cm (5+20+5).

Lo schema strutturale appena descritto è evidenziato dall'immagine della carpenteria riportata sotto:



Planimetria generale – carpenteria primo livello

I telai in calcestruzzo prefabbricato sono da intendersi incastrati in quanto saranno realizzati mediante nodi in calcestruzzo armato gettato in opera tramite l'inserimento di una “tasca vuota” nelle travi prefabbricate con il sistema del “nodo in umido” di seguito esposto nel dettaglio:

2.3 FA14D – Palazzina Movimento

Le strutture di elevazione del corpo di fabbrica sono costituite dagli elementi di seguito descritti:

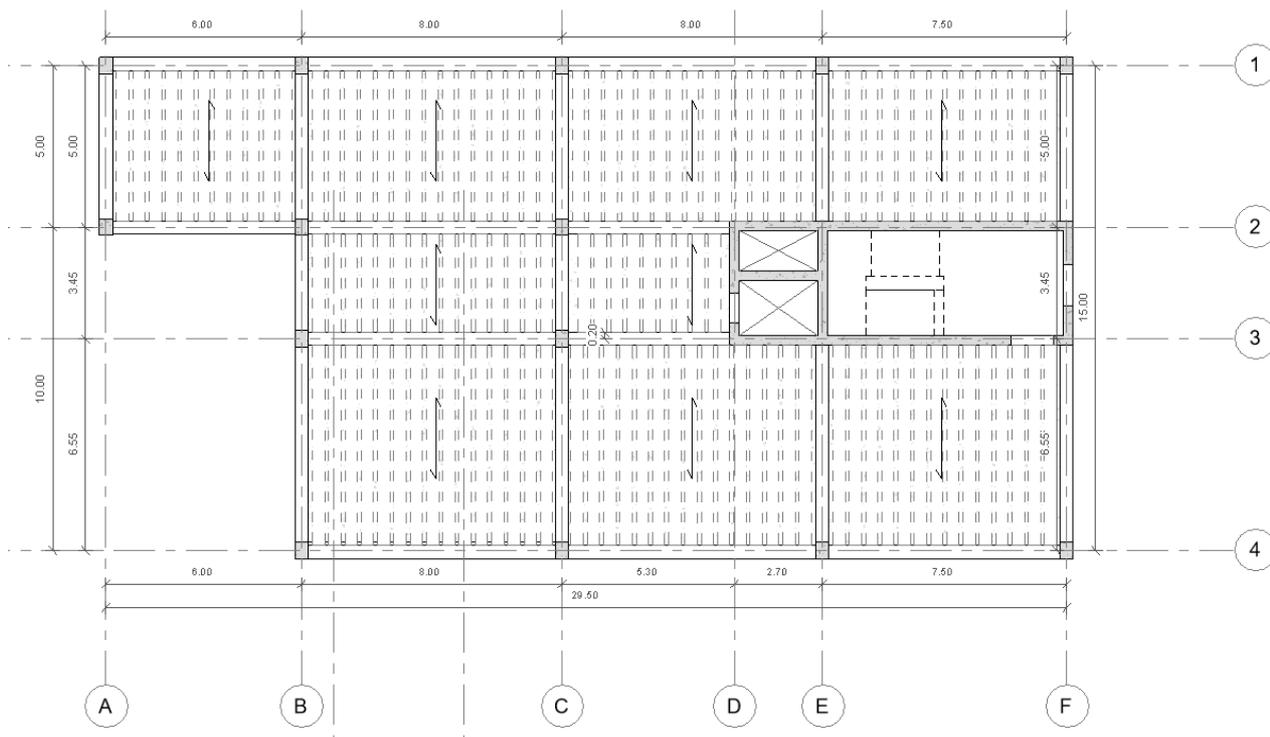
	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>14 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	14 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	14 di 275								

La struttura è del tipo a telaio; i pilastri gettati in opera presentano una sezione 40x50cm.

Le travi principali presentano sezioni a 40x65cm per le campate con luce fino a 6,5m e travi 40x80cm per luci fino a 8m;

Il solaio laterocementizio è dimensionato per uno spessore di 32cm con soletta di spessore 4cm e alleggerimento in laterizio di altezza 28cm, posto a interasse 50cm. I travetti sono del tipo a traliccio con dimensioni b_w 12cm.

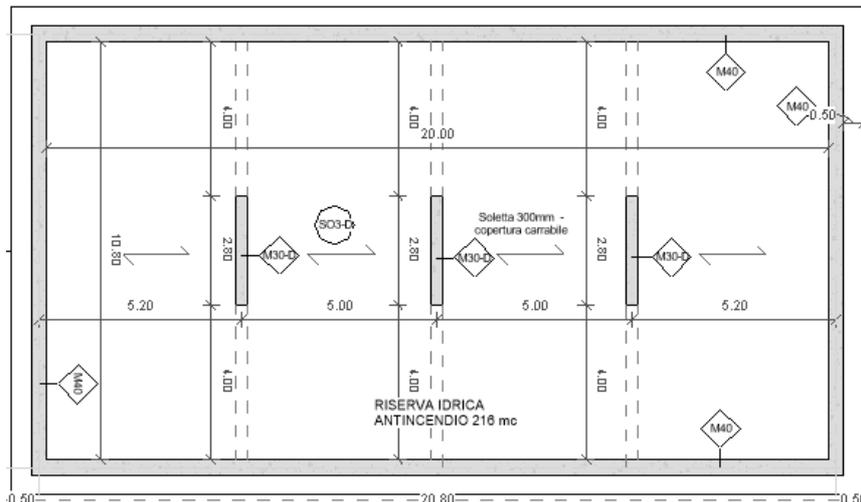
Lo schema strutturale appena descritto è evidenziato dall'immagine della carpenteria di copertura riportata sotto:



Planimetria generale – carpenteria primo livello

La vasca antincendio avrà dimensioni 20x10m e altezza delle pareti pari a 2,6m. le pareti perimetrali, di spessore di 40cm, resistono alla spinta idrostatica e a quella del terreno e sorreggono la soletta superiore, di spessore 30cm, insieme ai setti centrali di irrigidimento.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>15 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	15 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	15 di 275								



2.4 FA14E – Palazzina Servizi

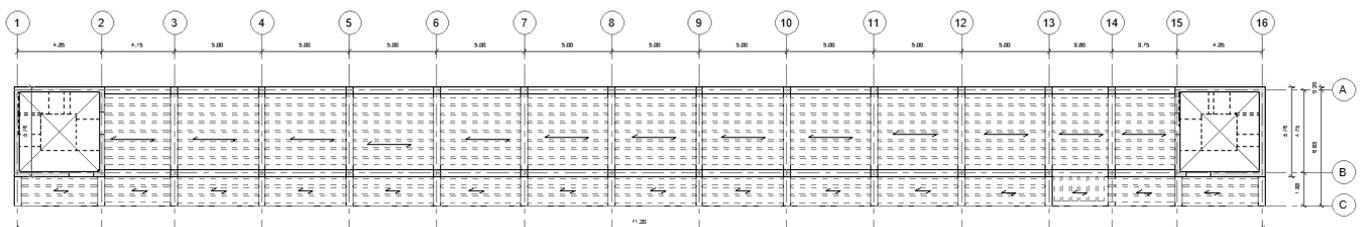
Le strutture di elevazione del corpo di fabbrica sono costituite dagli elementi di seguito descritti:

La struttura intelaiata è racchiusa tra i due setti dei corpi scala alle estremità e presenta uno schema trasversale a campata singola e uno sbalzo di 1,8m, per il solaio del primo piano che presenta un balcone in aggetto.

Le travi principali hanno sezioni di 40x60 cm, per luci di 5,5m, mentre le travi a sbalzo hanno sezioni 40x40cm; il solaio è ordito trasversalmente alle travi ed è costituito da una soletta di spessore 4cm su alleggerimento in laterizio di altezza ari a 20cm, per uno spessore totale di solaio di 24cm

I travetti saranno di tipo prefabbricato a traliccio, di larghezza 12cm, posti a interasse 50cm.

Lo schema strutturale appena descritto è evidenziato dall'immagine della carpenteria di copertura riportata sotto:



Planimetria generale – carpenteria primo livello

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>16 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	16 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	16 di 275								

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n°7 del 21 gennaio 2019 “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi variabili.
- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Legge 5-1-1971 n° 1086: “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”.
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati, ricavate con riferimento alle indicazioni contenute D.M.14 gennaio 2018. Le classi di esposizione dei calcestruzzi sono coerenti con la UNI EN 206-1-2001.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>17 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	17 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	17 di 275								

4.1 Calcestruzzo

4.1.1 Strutture di elevazione

Calcestruzzo – gettato in opera

Per il getto in opera delle strutture di elevazione orizzontali (solette, solai e getti integrativi di solaio) si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC3

C28/35 $f_{ck} \geq 28$ MPa $R_{ck} \geq 35$ MPa

Classe minima di consistenza: S4-S5

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck} = 35$ N/mm ²	
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83R_{ck}$	29,05 N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	37,05 N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	19,36 N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	16,46 N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} [R_{ck} < 50/60]$	2,83 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} (5\%) = 0.7 f_{ctm}$	1,98 N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,39 N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk} (5\%) / 1.5$	1,32 N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	32588,10 N/mm ²

Per il getto in opera delle strutture di elevazione orizzontali (solette nervate, fascia piena) si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC3

C37/40 $f_{ck} \geq 37$ MPa $R_{ck} \geq 40$ MPa

Classe minima di consistenza: S4-S5

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 18 di 275

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83R_{ck}$	33,2 N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41,2 N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22,14 N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0,85 f_{cd}$	18,82 N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	3,10 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} (5\%) = 0.7 f_{ctm}$	2,17 N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,708 N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk} (5\%) / 1.5$	1,45 N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33642,78 N/mm ²

Per il getto in opera delle strutture di elevazione verticali (pilastri gettati in opera) si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC3

C32/40 $f_{ck} \geq 32 \text{ MPa}$ $R_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$

Classe minima di consistenza: S4-S5

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83R_{ck}$	33,2 N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41,2 N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22,14 N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0,85 f_{cd}$	18,82 N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	3,10 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} (5\%) = 0.7 f_{ctm}$	2,17 N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,708 N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk} (5\%) / 1.5$	1,45 N/mm ²

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>19 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	19 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	19 di 275								

Modulo di Young $E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$ 33642,78 N/mm²

Calcestruzzo – Prefabbricato

Per il getto in opera delle strutture di elevazione verticali prefabbricate (travi) si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC3

C45/55 $f_{ck} \geq 45$ MPa $R_{ck} \geq 55$ MPa

Classe minima di consistenza: S1

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck} = 55$ N/mm ²	
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83R_{ck}$	45,65 N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	53,65 N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	30,43 N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	25,87 N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	3,83 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} (5\%) = 0.7 f_{ctm}$	2,68 N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	4,60 N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk} (5\%) / 1.5$	1,79 N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	36416,11 N/mm ²

4.1.2 Fondazione

Per il getto in opera degli elementi di fondazione quali plinti, platee e Pali trivellati (gettata in opera) si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC2

C25/30 $f_{ck} \geq 25$ MPa $R_{ck} \geq 30$ MPa

Classe minima di consistenza: S4-S5

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 20 di 275

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$	
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83R_{ck}$	24,9 N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32,9 N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} (\text{Breve durata}) = f_{ck} / 1.5$	16,60 N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} (\text{Lunga durata}) = 0,85 f_{cd}$	14,11 N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} [R_{ck} < 50/60]$	2,56 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} (5\%) = 0.7 f_{ctm}$	1,79 N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,07 N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk} (5\%) / 1.5$	1,19 N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447,16 N/mm ²

4.1.3 Acciaio Per Armature Ordinarie

Classe acciaio per armature ordinarie	B450C
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di rottura	$f_t \geq 540 \text{ MPa}$
Modulo di elasticità	$E_a = 210000 \text{ Mpa}$

4.1.4 Acciaio Per Carpenterie metalliche

Classe acciaio per armature ordinarie	S355
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di rottura	$f_t \geq 510 \text{ MPa}$
Modulo di elasticità	$E_a = 210000 \text{ Mpa}$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>21 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	21 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	21 di 275								

5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Si riportano di seguito le coordinate dei sondaggi eseguiti sull'area di progetto, in riferimento a quanto riportato nell'elaborato specialistico E21D00 D Z1GEGE0006 002B

Nome sondaggio	Coordinata Est	Coordinata Nord	Quota
			m s.l.m.
SDGA-01	496921,4	4920310,9	34,739
SDGA-02	496878,5	4920401,8	35,014
SDGA-03	496915	4920470,4	34,983

Tabella 1 Coordinate in WGS 84-UTM 32T e le quote in m s.l.m. dei sondaggi.

L'elaborazione del calcolo Geotecnico delle fondazioni sarà eseguita sulla base degli elaborati specialistici sul tema, in grado di fornire le seguenti caratteristiche geotecniche del terreno in sito:

Rimessa e Palazzina C

Per la definizione del modello geotecnico della rimessa si è fatto riferimento principalmente ai sondaggi SDGA-02 e SDGA-03, in quanto il sondaggio SDGA-01, che indica la profondità del substrato roccioso ad una quota significativamente diversa, risulta ubicato distante dall'area in cui verrà costruita la rimessa

Unità	da	a	Spessore	γ/γ'	ν	ϕ'_k	c'_k	$c_{u,k}$	G_0	$E_{ammasso}$	$E_{op, fondaz. dirette}$	$E_{op, fondaz. profonde}$	γ
	[m p.c.]	[m p.c.]	[m]	[kN/m ³]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]
Ghiaia sabbiosa GS1	0	4	4	19/9	0,25	30	-	-	100	-	25	50	2,5
Limo	4	7	3	19/9	0,3	30	5	35	60	-	6	12	4
Ghiaia sabbiosa GS2	7	9	2	19/9	0,25	35	-	-	250	-	60	120	2,5
Limo argilloso	9	10	1	19/9	0,3	28	10	30	70	-	8	16	4
Calcare alterato	10	14,5	4,5	22/12	0,2	33	40	-	-	800	-	-	-
Calcare	14,5	20	5,5	25/15	0,2	40	75	-	-	2000	-	-	-

		PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale		COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 22 di 275

Il livello della falda di progetto è assunto a 2-3 m dal piano campagna.

Palazzina D e Palazzina E

Per la definizione del modello geotecnico dell'edificio minore a sud del principale per l'adeguamento funzionale delle postazioni di lavoro/officina presenti nella rimessa si è fatto riferimento principalmente al sondaggio SDGA-01, che corrisponde al sondaggio più vicino all'ubicazione di tale edificio.

Unità	da	a	Spessore	γ/γ'	ν	ϕ'_k	c'_k	$c_{u,k}$	G_0	$E_{ammasso}$	$E_{op, fondaz dirette}$	$E_{op, fondaz profonde}$	Γ
	[m p.c.]	[m p.c.]	[m]	[kN/m ³]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]
Ghiaia sabbiosa GS1	0	8	8	19/9	0,25	30	-	-	100	-	25	50	2,5
Ghiaia sabbiosa GS2	8	23	15	19/9	0,25	35	-	-	250	-	60	120	2,5
Limo argilloso	23	28	5	19/9	0,3	28	10	80	100	-	8	16	4
Ghiaia sabbiosa GS3	28	33	5	19/9	0,25	35	-	-	350	-	80	160	2,5
Calcare alterato	33	36	3	22/12	0,2	33	40	-	-	800	-	-	-
Calcare	36	40	4	25/15	0,2	40	75	-	-	2000	-	-	-

Il livello della falda di progetto è assunto a 2-3 m dal piano campagna.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">23 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	23 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	23 di 275								

6 FA14A - DEPOSITO IN CA

6.1 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

Si considerano sulla struttura le azioni elementari elencate di seguito:

- peso proprio della struttura e della costruzione;
- sovraccarichi permanenti;
- sovraccarichi accidentali: carico dovuto all'azione della neve e del vento; carico dovuto alla sola manutenzione della copertura;
- variazioni termiche;

Per il calcolo dell'azione eccezionale del sisma si rimanda alla successiva analisi sismica della struttura.

6.1.1 *Peso Proprio Degli Elementi Strutturali G1*

I pesi propri strutturali sono stati aggiunti come carichi lineari nel modello. Il peso specifico del calcestruzzo è assunto pari a 25kN/m³.

Solaio di Copertura alleggerito

Altezza solaio	H = 20+65+20=105cm	
Larghezza Alleggerimento	L=0.80m	
Peso totale al metro quadrato	G1	8.75 KN/mq

Peso totale al metro quadrato: =8.75 kN/mq

Vasca di terreno

Peso totale al metro quadrato	G1	35.25 KN/mq
-------------------------------	-----------	-------------

Peso totale al metro quadrato: =35.25 kN/mq

6.1.2 *Sovraccarichi Permanenti G2*

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">24 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	24 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	24 di 275								

Il calcolo del peso proprio degli elementi non strutturali gravante sui solai di copertura è riportato nelle Tabelle seguenti:

Tamponature esterne

Non sono presenti tamponature per la struttura in oggetto

Tamponature interne

Non sono presenti tramezzi gravanti sulla copertura o sulla platea di fondazione sottostante

Solaio di Copertura – Carichi permanenti non strutturali

Massetto delle pendenze 30cm	18 KN/m ³	5,00	kN/m ²
Guaina di impermeabilizzazione 3cm	0,3 KN/m ²	0,30	kN/m ²
EPDM in resina monocomponente 2cm	0,25 KN/m ²	0,25	kN/m ²
Incidenza impianti	0,25 KN/m ²	0,25	kN/m ²
Carico totale al metro quadrato:		5.80	kN/m²

Solaio di Copertura – Vasca con terreno - Carichi permanenti non strutturali

Terreno H=2.7	53.1 KN/m ²	53.10	kN/m ²
Carico totale al metro quadrato:		53,10	kN/m²

Carichi permanenti non strutturali agenti sul piano terra

Soletta in c.a. - s= 0.10m	2,5	kN/m ²
pavimentazione industriale s=15cm	3,75	kN/m ²
impermeabilizzazione	0,1	kN/m ²
Carico totale al metro quadrato:	6,35	kN/m²

I carichi agenti sul piano terra si considereranno gravanti sulla platea e sui plinti di fondazione, essendo i carichi permanenti sul piano terra favorevoli per le verifiche strutturali, cautelativamente non saranno considerati per tali verifiche. I carichi permanenti non strutturali sono sintetizzati nel prospetto di seguito:

Peso Proprio Elementi Non Strutturali G2

Carichi permanenti non strutturali in copertura praticabile	G2	5,80 KN/m ²
Carichi permanenti non strutturali della vasca di terreno	G2	51,30 KN/m ²
Carichi permanenti non strutturali piano terra	G2	6,35 kN/m ²

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>25 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	25 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	25 di 275								

6.1.3 Sovraccarichi Accidentali Q

Di seguito si riportano i carichi variabili di superficie uniformemente distribuiti q_k .

- **Carico per ambienti suscettibili a affollamento** (Cat C par.3.1.4-DM 14.1.2018):

Aree con possibile svolgimento di attività fisiche (par.3.1.4-DM 14.1.2018)	5 kN/m ²
---	---------------------

- **Carico per copertura non praticabile** (Cat H par.3.1.4-DM 14.1.2018):

Coperture accessibili sono per manutenzione (par.3.1.4-DM 14.1.2018)	0,5 kN/m ²
--	-----------------------

6.1.4 Azione del Vento

L'applicazione dell'azione del vento sulla struttura si articola in due fasi:

1. calcolo della pressione Normale e Tangenziale lungo l'altezza dell'edificio;
2. trasformazione delle pressioni in forze (lineari/concentrate) sugli elementi (strutturali/non strutturali) dell'edificio.

In accordo alla posizione e all'altezza sul livello del mare valutata nel sito di realizzazione dell'edificio si riporta di seguito il calcolo dell'azione del vento.

In particolare, per la valutazione del coefficiente di forma c_p , funzione della tipologia, della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento, in assenza di opportuna documentazione o prove sperimentali in galleria del vento, si fa riferimento a quanto stabilito nella Circolare M.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 14/01/2018".

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	26 di 275

Altitudine: [m.s.l.m.]

Periodo di ritorno: [anni]

Zona:

Distanza dalla Costa:

Classe di Rugosità:

Coefficiente d'Attrito:

Coefficiente di Topografia:

CALCOLA PRESSIONI

Pressioni calcolate a quota ZERO dell'edificio

Pressione Normale [N/m²]

Pressione Tangenziale [N/m²]

Altezza sul livello del mare $a_s = 35$ m

Periodi di ritorno $T_R = 50$ anni

ZONA DI RIFERIMENTO

Zona 7

7) Liguria

$v_{b,0} = 28$ m/s

$a_0 = 1000$ m/s

$k_s = 0.54$

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5

	costa	500m	750m			
	mare					
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

* Categoria II in zona 1,2,3,4
Categoria III in zona 5

** Categoria III in zona 2,3,4,5
Categoria IV in zona 1

ZONA 6

	costa	500m			
	mare				
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8

	mare	costa	
	1.5 km	0.5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*

* Categoria II in zona 8
Categoria III in zona 7

ZONA 9

	mare	costa
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
3	D	26

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	27 di 275

CLASSE DI RUGOSITA' DEL TERRENO

C) Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

CATEGORIA DI ESPOSIZIONE DEL SITO

Categoria di esposizione = III

$$k_0 = 0.2 \text{ 1/s}$$

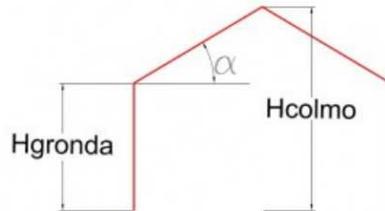
$$z_0 = 0.1 \text{ m}$$

$$z_{\min} = 5 \text{ m}$$

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

z [m]	c _e
z ≤ 4	1.801
z = 4.25	1.835
z = 4.25	1.835

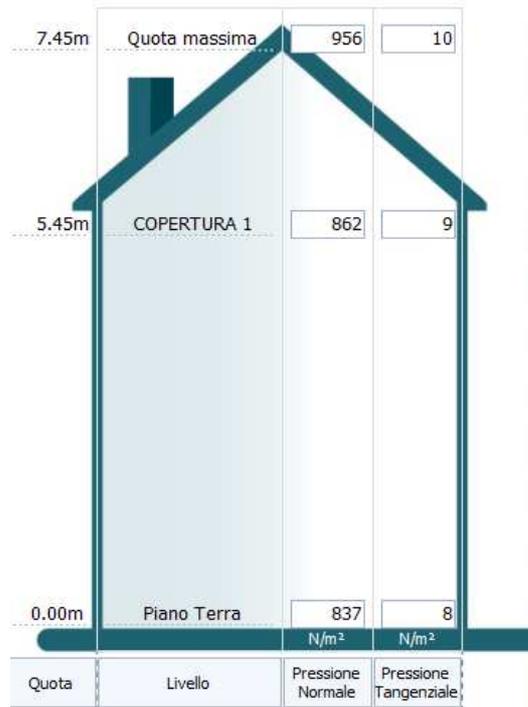
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DI TENUTA DEL EDIFICIO


STRUTTURA NON STAGNA

$$\text{Altezza del colmo } H_{\text{COLMO}} = 7.35 \text{ m}$$

$$\text{Altezza del colmo } H_{\text{GRONDA}} = 7.35 \text{ m}$$

$$\text{Inclinazione della falda} = 0^\circ$$


6.1.5 Azione della Neve

Il carico da neve è stato calcolato seguendo le prescrizioni del §3.4 del D.M. 2018 e le integrazioni della Circolare 2019 n. 7. Il carico da neve, calcolato come di seguito riportato, è stato combinato con le altre azioni variabili definite al §2.5.3, ed utilizzando i coefficienti di combinazione della Tabella 2.5.I del D.M. 2018. Il carico da neve superficiale da applicare sulle coperture è stato stimato utilizzando la relazione [cfr. §3.4.1 D.M. 2018]:

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

dove:

- q_{sk} è il valore di riferimento del carico della neve al suolo, in [kN/m²]. Tale valore è calcolato in base alla posizione ed all'altitudine (a_s) secondo quanto indicato alla seguente tabella;

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>28 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	28 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	28 di 275								

Valori di riferimento del carico della neve al suolo, q_{sk} (cfr. §3.4.2 D.M. 2018)

Zona	$a_s \leq 200$ m	$a_s > 200$ m
I – Alpina	$q_{sk} = 1,50$ kN/m ²	$q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2]$ kN/m ²
I – Mediterranea	$q_{sk} = 1,50$ kN/m ²	$q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2]$ kN/m ²
II	$q_{sk} = 1,00$ kN/m ²	$q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2]$ kN/m ²
III	$q_{sk} = 0,60$ kN/m ²	$q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2]$ kN/m ²

Mappa delle zone di carico della neve
[cfr. Fig. 3.4.1 D.M. 2018].

6.1.5.1.1.1 Zone di carico della neve

I - Alpina: Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza

I - Mediterranea: Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese

II: Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona

III: Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo

μ_i è il coefficiente di forma della copertura, funzione dell'inclinazione della falda (α) e della sua morfologia (vedi tabelle seguenti);

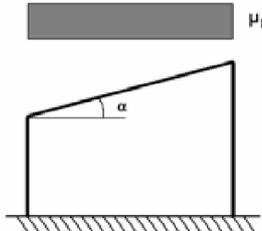
Valori dei coefficienti di forma per falde piane (cfr. Tab. 3.4.II D.M. 2018 e Tab. C3.4.I Circolare 2019 n. 7)

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8 \cdot \alpha / 30$	1,6	-

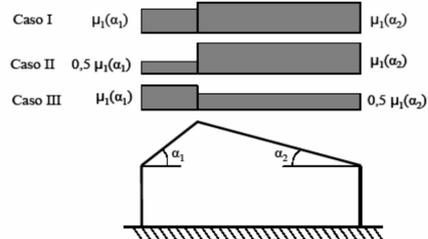
I coefficienti di forma definiti nelle tabelle precedenti sono stati utilizzati per la scelta delle combinazioni di carico da neve indicate nelle seguenti figure.

Relazione di calcolo strutturale

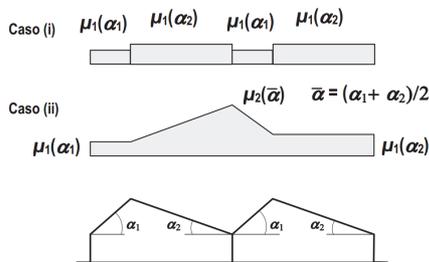
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	29 di 275



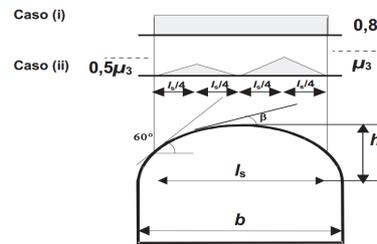
(a)



(b)



(c)



(d)

Coefficienti di forma e relative combinazioni di carico per la neve: (a) coperture ad una falda [cfr. 3.4.5.2 D.M. 2018], (b) coperture a due falde [cfr. 3.4.5.3 D.M. 2018], (c) coperture a più falde [cfr. C.3.4.3.3 Circolare 2019 n. 7], (d) coperture cilindriche [cfr. C.3.4.3.3.1 Circolare 2019 n. 7].

C_E è il coefficiente di esposizione, funzione della topografia del sito (si veda la seguente tabella);

Valori di C_E per diverse classi di esposizione (cfr. Tab. 3.4.I D.M. 2018)

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

C_t è il coefficiente termico, cautelativamente posto pari ad 1 (cfr. §3.4.4 D.M. 2018).

Per l'interazione le tettoie e la palazzina C, si esegue in aggiunta il seguente calcolo:

Copertura adiacente o vicina a costruzioni più alte:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>30 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	30 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	30 di 275								

Caso (i) - Effetti dei possibili accumuli causati dai due fenomeni seguenti:

- scivolamento della neve dalla copertura posta a quota superiore;
- deposito della neve nella zona di “ombra aerodinamica”

Caso (ii) – Condizione di carico relativa ai fenomeni di cui sopra

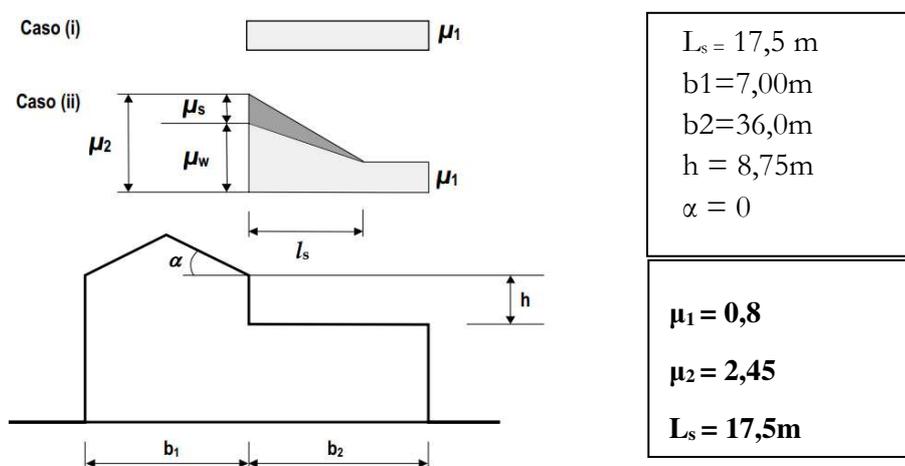


Figura C.3.4.5 - Coefficiente di forma per il carico neve – Coperture adiacenti a costruzioni più alte

I valori dei coefficienti di forma sono dati dalle espressioni seguenti:

$$\mu_1 = 0,8 \text{ (copertura piana)}$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$$

μ_s coefficiente di forma per il carico neve dovuto allo scivolamento della neve dalla copertura superiore,

$$\mu_s = 0 \text{ per } \alpha \leq 15^\circ$$

μ_w è il coefficiente di forma per il carico neve dovuto alla redistribuzione operata dal vento, che vale:

$$\mu_w = (b_1 + b_2)/2h \leq \gamma h/q_{sk} \text{ [C3.4.5]} \quad 0,8 \leq \mu_s \leq 4,0 \quad \gamma = 2 \text{ kN/m}^3$$

$$\mu_w = 2,45$$

6.1.6 Variazioni Termiche ϵ_3

Conformemente con quanto prescritto nel par.3.5.5 del DM 14.1.2018, nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente ΔT_u , ricavandola direttamente dalla Tab. 3.5.II del DM 14.1.2018, riportata nel seguito.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">31 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	31 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	31 di 275								

Tabella 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	$\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$

Nel caso in esame, si tiene conto della sola componente ΔT_u e in particolare si assume $\Delta T_u = \pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$ per tutta la struttura.

Riferendosi alle ultime considerazioni si vauterà un carico neve variabile per la lunghezza di riferimento L_s 17,5m da $q_{s1} = 2,45 \text{ kN}$ a $0,8 \text{ kN/m}^2$ carico distribuito sul resto della copertura per una lunghezza pari a 73m

L'azione della neve sulla restante copertura del deposito, sulla copertura delle palazzine C, D ed E invece è pari a $0,8 \text{ kN/m}^2$

6.2 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al §3.2 del D.M. 2018. particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica;
- individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T^*c per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio;
- determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica;
- calcolo del periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">32 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	32 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	32 di 275								

Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito rispetto al Datum ED50:

Latitudine	Longitudine	Altitudine
[°]	[°]	[m]
44.438465	8.962367	38

6.1 Verifiche di regolarità

Sia per la scelta del metodo di calcolo, sia per la valutazione del fattore di comportamento adottato, deve essere effettuato il controllo della regolarità della struttura. tabella seguente riepiloga, per la struttura in esame, le condizioni di regolarità in pianta ed in altezza soddisfatte.

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN PIANTA	
La distribuzione di masse e rigidzze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidzza nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta all'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento	NO
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4	SI
Ciascun orizzontamento ha una rigidzza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidzza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione	SI

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA	
Tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o, se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio	SI
Massa e rigidzza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidzza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidzza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base	SI
Il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30% dall'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti	SI

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>33 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	33 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	33 di 275								

Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengano in modo che il rientro di un orizzontamento non superi il 10% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante, né il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro orizzontamenti, per il quale non sono previste limitazioni di restringimento	SI
---	----

La rigidezza è calcolata come rapporto fra il taglio complessivamente agente al piano e d , spostamento relativo di piano (il taglio di piano è la sommatoria delle azioni orizzontali agenti al di sopra del piano considerato). i valori calcolati ed utilizzati per le verifiche sono riportati nei “Tabulati di calcolo” nella relativa sezione.

La struttura è pertanto:

in pianta	in altezza
NON REGOLARE	REGOLARE

6.2 Classe di duttilità

La classe di duttilità è rappresentativa della capacità dell'edificio di dissipare energia in campo anelastico per azioni cicliche ripetute. deformazioni anelastiche devono essere distribuite nel maggior numero di elementi duttili, in particolare le travi, salvaguardando in tal modo i pilastri e soprattutto i nodi travi pilastro che sono gli elementi più fragili. D.M. 2018 definisce due tipi di comportamento strutturale:

comportamento strutturale non-dissipativo;

comportamento strutturale dissipativo.

Per strutture con comportamento strutturale dissipativo si distinguono due livelli di Capacità Dissipativa o Classi di Duttilità (CD).

CD “A” (Alta);

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>34 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	34 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	34 di 275								

CD "B" (Media).

La differenza tra le due classi risiede nell'entità delle plasticizzazioni cui ci si riconduce in fase di progettazione; per ambedue le classi, onde assicurare alla struttura un comportamento dissipativo e duttile evitando rotture fragili e la formazione di meccanismi instabili imprevisti, si fa ricorso ai procedimenti tipici della gerarchia delle resistenze.

La struttura in esame è stata progettata in classe di duttilità "NON DISSIPATIVA".

6.3 Spettri di Progetto per S.L.U. e S.L.D.

L'edificio è stato progettato per una Vita Nominale pari a 50 e per Classe d'Uso pari a 3.

In base alle indagini geognostiche effettuate si è classificato il suolo di fondazione di categoria B, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

Stato Limite	a_g/g	F_0	T_c^*	C_c	T_B	T_C	Parametri di pericolosità sismica	
							T_D	S_s
							[s]	[s]
SLO	0.0298	2.528	0.206	1.51	0.104	0.311	1.719	1.20
SLD	0.0365	2.546	0.223	1.48	0.111	0.332	1.746	1.20
SLV	0.0857	2.515	0.288	1.41	0.135	0.406	1.943	1.20
SLC	0.1109	2.499	0.296	1.40	0.138	0.415	2.043	1.20

Per la definizione degli spettri di risposta, oltre all'accelerazione (a_g) al suolo (dipendente dalla classificazione sismica del Comune) occorre determinare il Fattore di Comportamento (q).

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">35 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	35 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	35 di 275								

Il Fattore di comportamento q è un fattore riduttivo delle forze elastiche introdotto per tenere conto delle capacità dissipative della struttura che dipende dal sistema costruttivo adottato, dalla Classe di Duttilità e dalla regolarità in altezza.

Si è inoltre assunto il Coefficiente di Amplificazione Topografica (ST) pari a 1.00.

Tali succitate caratteristiche sono riportate negli allegati “Tabulati di calcolo” al punto “DATI GENERALI ANALISI SISMICA”.

Per la struttura in esame sono stati utilizzati i seguenti valori:

6.2.1 Stato Limite di Danno

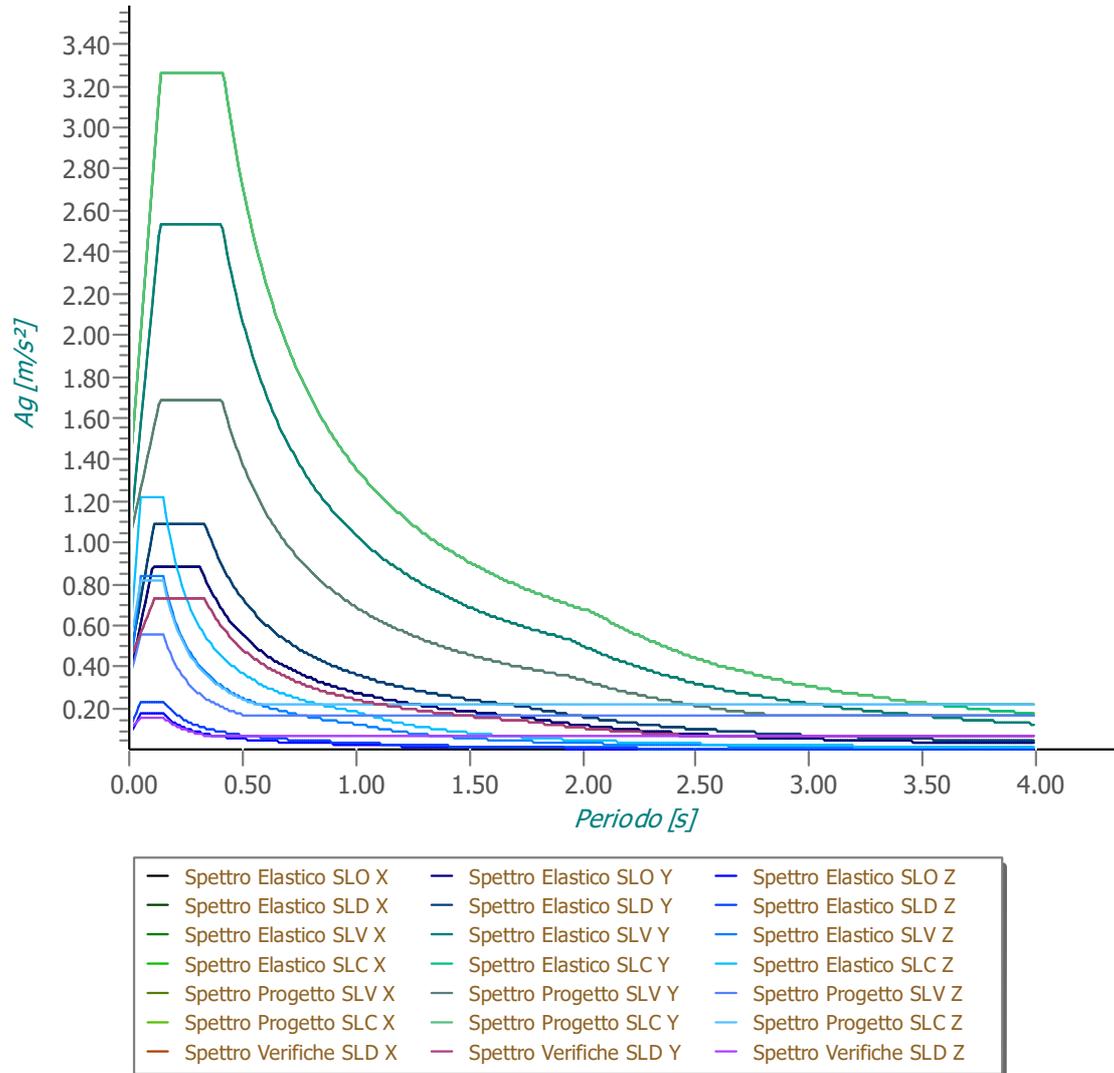
Fattore di Comportamento (q_x) per sisma orizzontale in direzione X: **1.00;**
 Fattore di Comportamento (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y: **1.00;**
 Fattore di Comportamento (q_z) per sisma verticale: **1.00** (se richiesto).

6.2.2 Stato Limite di salvaguardia della Vita

Fattore di Comportamento (q_x) per sisma orizzontale in direzione X: **1.00 ;**
 Fattore di Comportamento (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y: **1.00 ;**
 Fattore di Comportamento (q_z) per sisma verticale: **1.50** (se richiesto).

Gli spettri utilizzati sono riportati nella successiva figura.

Grafico degli Spettri di Risposta



6.2.3 Metodo di Analisi

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito in analisi dinamica modale, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare.

Il numero di **modi di vibrazione** considerato (**30**) ha consentito, nelle varie condizioni, di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>37 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	37 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	37 di 275								

Stato Limite	Direzione Sisma	%
salvaguardia della vita	X	92.25
salvaguardia della vita	Y	92.12
salvaguardia della vita	Z	100.00
salvaguardia della vita	Torsionale	82.80

Per valutare la risposta massima complessiva di una generica caratteristica E, conseguente alla sovrapposizione dei modi, si è utilizzata una tecnica di combinazione probabilistica definita CQC (*Complete Quadratic Combination - Combinazione Quadratica Completa*):

$$E = \sqrt{\sum_{i,j=1,n} \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j} \quad \rho_{ij} = \frac{8 \cdot \xi^2 \cdot (1 + \beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^{3/2}}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4 \cdot \xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (1 + \beta_{ij})^2} \quad \beta_{ij} = \frac{T_j}{T_i}$$

dove:

- n è il numero di modi di vibrazione considerati;
- x è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;
- b_{ij} è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia i-j di modi di vibrazione.

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi verticali, orizzontali non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche. Il calcolo è stato effettuato mediante un programma agli elementi finiti le cui caratteristiche verranno descritte nel seguito.

Il calcolo degli effetti dell'azione sismica è stato eseguito con riferimento alla struttura spaziale, tenendo cioè conto degli elementi interagenti fra loro secondo l'effettiva realizzazione escludendo i tamponamenti. Non ci sono approssimazioni su tetti inclinati, piani sfalsati o scale, solette, pareti irrigidenti e nuclei.

Si è tenuto conto delle deformabilità taglianti e flessionali degli elementi monodimensionali; muri, pareti, setti, solette sono stati correttamente schematizzati tramite elementi finiti a tre/quattro nodi con comportamento a guscio (sia a piastra che a lastra).

Sono stati considerati sei gradi di libertà per nodo; in ogni nodo della struttura sono state applicate le forze sismiche derivanti dalle masse circostanti.

Le sollecitazioni derivanti da tali forze sono state poi combinate con quelle derivanti dagli altri carichi come prima specificato.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>38 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	38 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	38 di 275								

6.2.4 Valutazione degli spostamenti

Gli spostamenti d_E della struttura sotto l'azione sismica di progetto allo SLV sono stati ottenuti moltiplicando per il fattore μ_d i valori d_{Ee} ottenuti dall'analisi lineare, dinamica o statica, secondo l'espressione seguente:

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$$

dove

$$m_d = q \quad \text{se } T_1 \geq T_C;$$

$$m_d = 1 + (q-1) \cdot T_C / T_1 \quad \text{se } T_1 < T_C.$$

In ogni caso $m_d \leq 5q - 4$.

6.2.5 Combinazione delle componenti dell'azione sismica

Le azioni orizzontali dovute al sisma sulla struttura vengono convenzionalmente determinate come agenti separatamente in due direzioni tra loro ortogonali prefissate. In generale, però, le componenti orizzontali del sisma devono essere considerate come agenti simultaneamente. A tale scopo, la combinazione delle componenti orizzontali dell'azione sismica è stata tenuta in conto come segue:

- gli effetti delle azioni dovuti alla combinazione delle componenti orizzontali dell'azione sismica sono stati valutati mediante le seguenti combinazioni:

$$E_{EdX} \pm 0,30E_{EdY}$$

$$E_{EdY} \pm 0,30E_{EdX}$$

dove:

E_{EdX} rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione dell'azione sismica lungo l'asse orizzontale X scelto della struttura;

E_{EdY} rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione dell'azione sismica lungo l'asse orizzontale Y scelto della struttura.

L'azione sismica verticale deve essere considerata in presenza di: elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, elementi pressoché orizzontali precompressi, elementi a sbalzo pressoché orizzontali con luce maggiore di 5 m, travi che sostengono colonne, strutture isolate.

La combinazione della componente verticale del sisma, qualora portata in conto, con quelle orizzontali è stata tenuta in conto come segue:

- gli effetti delle azioni dovuti alla combinazione delle componenti orizzontali e verticali del sisma sono stati valutati mediante le seguenti combinazioni:

$$E_{EdX} \pm 0,30E_{EdY} \pm 0,30E_{EdZ}$$

$$E_{EdY} \pm 0,30E_{EdX} \pm 0,30E_{EdZ}$$

$$E_{EdZ} \pm 0,30E_{EdX} \pm 0,30E_{EdY}$$

dove:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>39 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	39 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	39 di 275								

E_{EdX} e E_{EdY} sono gli effetti dell'azione sismica nelle direzioni orizzontali prima definite;

E_{EdZ} rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione della componente verticale dell'azione sismica di progetto.

6.2.6 *Eccentricità accidentali*

Per valutare le eccentricità accidentali, previste in aggiunta all'eccentricità effettiva sono state considerate condizioni di carico aggiuntive ottenute applicando l'azione sismica nelle posizioni del centro di massa di ogni piano ottenute traslando gli stessi, in ogni direzione considerata, di una distanza pari a +/- 5% della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica. Si noti che la distanza precedente, nel caso di distribuzione degli elementi non strutturali fortemente irregolare in pianta, viene raddoppiata ai sensi del § 7.2.3 del D.M. 2018.

6.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Le masse strutturali sono calcolate in automatico dal software di calcolo utilizzato considerando le masse sismiche provenienti dai carichi superficiali, dai carichi lineari, dal peso proprio degli elementi strutturali.

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

I carichi accidentali sono stati considerati ai fini del peso sismico secondo i seguenti coefficienti di combinazione, Ψ_{2j} (da tab. 2.5.I NTC-2018):

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>40 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	40 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	40 di 275								

- Carico neve: 0
- Carico vento: 0
- Categoria H - Coperture: 0
- Variazione termiche: 0

La componente sismica E è stata calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti ed è stata poi combinata con gli effetti pseudo-statici indotti dagli spostamenti relativi prodotti dalla variabilità spaziale della componente stessa, utilizzando la radice quadrata della somma dei quadrati. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati successivamente, applicando la seguente espressione:

$$1,00 \cdot E_x + 0,30 \cdot E_y + 0,30 \cdot E_z$$

Gli effetti della torsione accidentale sono presi in considerazione applicando ad ogni piano i momenti $M_i = e_{ai} F_i$, con $e_{ai} = \pm 5\%$ della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

Le combinazioni delle azioni sono state definite in accordo con quanto riportato al par. 2.5.3 del DM 14.1.2018:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">41 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	41 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	41 di 275								

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Sulla base dei criteri esposti sopra, si riportano nei prospetti di seguito i coefficienti dedotti per ciascuna delle combinazioni di carico adottate nell'analisi strutturale, per i diversi stati limite. Si evidenzia che cautelativamente i carichi permanenti/accidentali del piano terra favorevoli per le verifiche strutturali non sono stati considerati ai fini dell'analisi strutturale.

6.3.1 Stato Limite Di Esercizio

Combinazione caratteristica

SLE Rara	Peso Proprio	Permanenti	Var. Cop.	Neve	Vento	Aerod.	Var. Term.
Comb. 1	1,00	1,00	1,00	0,50	0,60	0,80	0,60
Comb. 2	1,00	1,00		1,00	0,60	0,80	0,60
Comb. 3	1,00	1,00		0,50	1,00	0,80	0,60
Comb. 4	1,00	1,00		0,50	0,60	1,00	0,60
Comb. 5	1,00	1,00		0,50	0,60	0,80	1,00

		PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	42 di 275

Combinazione frequente

<u>SLE frequenti</u>	<u>Peso Proprio</u>	<u>Permanenti</u>	<u>Var. Cop.</u>	<u>Neve</u>	<u>Vento</u>	<u>Aerod.</u>	<u>Var. Term.</u>
Comb. 1	1,00	1,00					
Comb. 2	1,00	1,00		0,20			
Comb. 3	1,00	1,00			0,20		
Comb. 4	1,00	1,00				0,50	
Comb. 5	1,00	1,00					0,50

Combinazione quasi permanente

<u>SLE q.p.</u>	<u>Peso Proprio</u>	<u>Permanenti</u>	<u>Var. Cop.</u>	<u>Neve</u>	<u>Vento</u>	<u>Aerod.</u>	<u>Var. Term.</u>
Comb. 1	1,00	1,00					

6.3.2 Stato Limite Ultimo

Combinazione fondamentale

<u>SLU</u>	<u>Peso Proprio</u>	<u>Permanenti</u>	<u>Var. Cop.</u>	<u>Neve</u>	<u>Vento</u>	<u>Aerod.</u>	<u>Var. Term.</u>
Comb. 1	1,3	1,3	1,5	0,75	0,9	1,2	0,9
Comb. 2	1,3	1,3		1,5	0,9	1,2	0,9
Comb. 3	1,3	1,3		0,75	1,5	1,2	0,9
Comb. 4	1,3	1,3		0,75	0,9	1,5	0,9
Comb. 5	1,3	1,3		0,75	0,9	1,2	1,5

Combinazione sismica

<u>SLD</u>	<u>Peso Proprio</u>	<u>Perm.</u>	<u>SismaX_SLD</u>	<u>SismaY_SLD</u>	<u>Ecc.acc.</u>	<u>Var.</u>	<u>Neve</u>	<u>Vento</u>	<u>Aerod.</u>	<u>Var. Term.</u>
Comb. 1	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<table 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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">43 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	43 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	43 di 275								

Comb. 2	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLV	Peso Proprio	Perm.	SismaX_{SLV}	SismaY_{SLV}	Ecc.acc.	Var.	Neve	Vento	Aerod.	Var. Term.
Comb. 1	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Comb. 2	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLO	Peso Proprio	Perm.	SismaX_{SLO}	SismaY_{SLO}	Ecc.acc.	Var.	Neve	Vento	Aerod.	Var. Term.
Comb. 1	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Comb. 2	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

6.4 CRITERI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche di sicurezza sono state effettuate sulla base dei criteri definiti nelle vigenti norme tecniche - “Norme tecniche per le costruzioni”- DM 14.1.2018 -.

In particolare vengono effettuate le verifiche agli stati limite di servizio ed allo stato limite ultimo. Le combinazioni di carico considerate ai fini delle verifiche sono quelle indicate nei precedenti paragrafi.

Si espongono di seguito i criteri di verifica adottati per le verifiche degli elementi strutturali.

6.4.1 Verifiche agli stati limite di esercizio

Verifica a fessurazione

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 del DM 14.1.2018,

Con riferimento alle classi di esposizione delle varie parti della struttura (si veda il paragrafo relativo alle caratteristiche dei materiali impiegati), alle corrispondenti condizioni ambientali ed alla sensibilità delle armature alla corrosione (armature sensibili per gli acciai da precompresso; poco sensibili per gli acciai ordinari), si individua lo stato limite di fessurazione per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture, in accordo con il DM 14.1.2018:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<table 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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">44 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	44 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	44 di 275								

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 1: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione - Tabella 4.1.IV del DM 14.1.2018

Nella Tabella sopra riportata, $w_1=0.2\text{mm}$, $w_2=0.3\text{mm}$; $w_3=0.4\text{mm}$.

Più restrittivi risultano i limiti di apertura delle fessure riportati nel “Manuale di progettazione delle opere civili”. L’apertura convenzionale delle fessure, calcolata con la combinazione caratteristica (rara) per gli SLE, deve risultare:

a) $\delta_f \leq w_1$ per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;

b) $\delta_f \leq w_2$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008.

Si assume pertanto per tutti gli elementi strutturali analizzati nel presente documento:

- Stato limite di fessurazione: $w_d \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$ - combinazione di carico rara

In accordo con la vigente normativa, il valore di calcolo di apertura delle fessure w_d è dato da:

$$w_d = 1,7 w_m$$

dove w_m rappresenta l’ampiezza media delle fessure calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d’armatura ϵ_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_m = \epsilon_{sm} \Delta_{sm}$$

Per il calcolo di ϵ_{sm} e Δ_{sm} vanno utilizzati i criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 45 di 275

Verifica delle tensioni in esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si verifica che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti, di seguito riportati.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0,55 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c < 0,40 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.}$$

Per l'acciaio ordinario, la tensione massima σ_s per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0,75 f_{yk}$$

dove f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

6.4.2 Verifiche agli stati limite ultimi

Sollecitazioni Flettenti

La verifica di resistenza (SLU) è stata condotta attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica secondo i criteri di resistenza da normativa.

Nel calcolo dei domini sono state mantenute le consuete ipotesi, tra cui:

- conservazione delle sezioni piane;
- legame costitutivo del calcestruzzo parabolo-rettangolo non reagente a trazione, con plateaux ad una deformazione pari a 0.002 e a rottura pari a 0.0035 ($\sigma_{max} = 0.85 \times 0.83 \times R_{ck} / 1.5$);
- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elastico-perfettamente plastico con deformazione limite di rottura a 0.01 ($\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$)

Sollecitazioni taglienti

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 46 di 275

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi sprovvisti di specifica armatura è stata calcolata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove:

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \times d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è stata calcolata con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 47 di 275

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" è stata calcolata con:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

In cui:

- d è l'altezza utile della sezione;
- b_w è la larghezza minima della sezione;
- σ_{cp} è la tensione media di compressione della sezione;
- A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale;
- S è interasse tra due armature trasversali consecutive;
- θ è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;
- f'_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd}=0.5f_{cd}$);
- α è un coefficiente maggiorativo, pari ad 1 per membrature non compresse

6.5 MODELLO STRUTTURALE

Per la modellazione ad elementi finiti della struttura in esame è stato utilizzato il programma "EdiLus ACCA".

Si è scelto di sviluppare la modellazione soltanto per uno dei tre corpi giuntati che compongono il fabbricato, selezionando il corpo centrale, il quale riflette lo schema globale della struttura e presenta la configurazione più sfavorevole per carichi e luci di calcolo.

È stata eseguita un'analisi dinamica modale.

Gli orizzontamenti sono stati definiti rigidi.

Si è assunto lo schema statico di telaio.

La fondazione è schematizzata come plinti su pali e una platea di fondazione su suolo elastico per le

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>48 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	48 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	48 di 275								

terminazione

Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare univocamente ciascun elemento nei tabulati di calcolo.

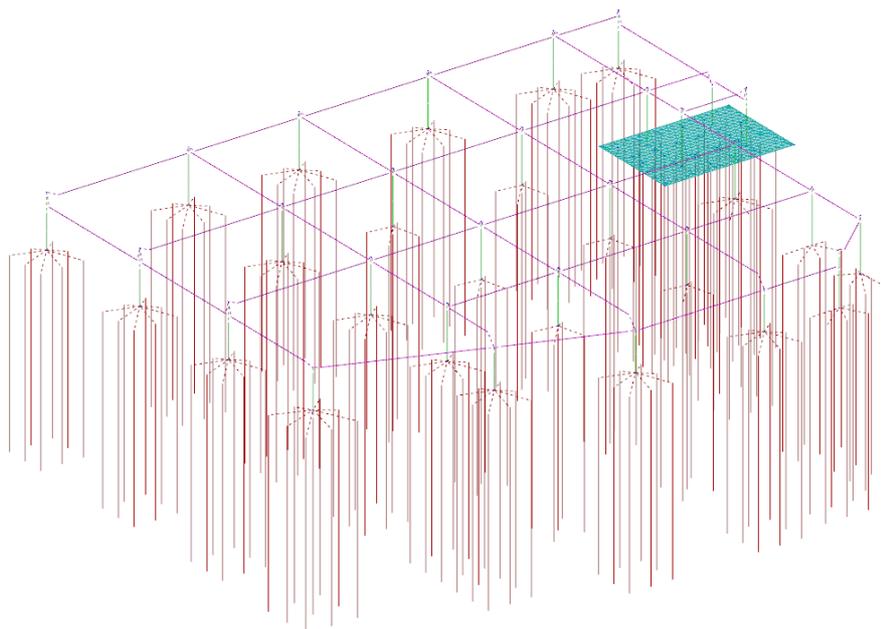
Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica della discretizzazione operata, con evidenziazione dei nodi e degli elementi. Si riportano inoltre le viste assonometriche corrispondenti agli schemi statici forniti, per consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione.

Dagli schemi statici forniti si evince come le aste, sia travi che pilastri, siano schematizzate con un tratto flessibile centrale e con due tratti (braccetti) rigidi alle estremità. I nodi vengono posizionati sull'asse verticale dei pilastri, in corrispondenza dell'estradosso della trave più alta che in esso si collega. Tramite i braccetti i tratti flessibili sono quindi collegati ad esso.

In questa maniera il nodo risulta perfettamente aderente alla realtà poiché vengono presi in conto tutti gli eventuali disassamenti degli elementi con gli effetti che si possono determinare, quali momenti flettenti/torcenti aggiuntivi.

Le sollecitazioni vengono determinate solo per il tratto flessibile. Sui tratti rigidi, infatti, essendo (teoricamente) nulle le deformazioni, le sollecitazioni risultano indeterminate.

Tale schematizzazione dei nodi viene automaticamente realizzata dal programma di calcolo, anche quando il nodo è determinato dall'incontro di più travi senza il pilastro, o all'attacco di travi/pilastri con elementi shell.



	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</p>												
<p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>49 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	49 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	49 di 275								

Figura 1: Schema statico di riferimento del modello di analisi

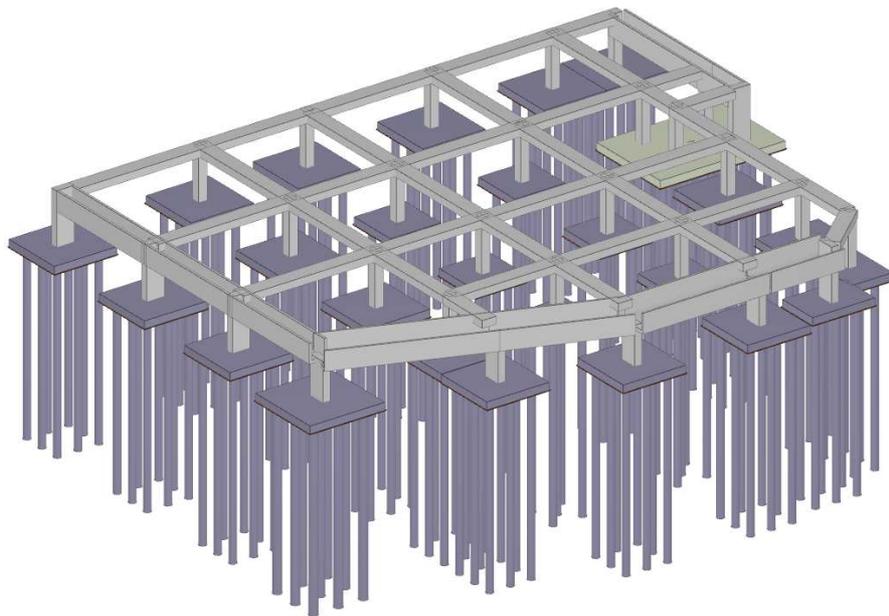


Figura 2: Vista assonometriche di riferimento del modello di analisi

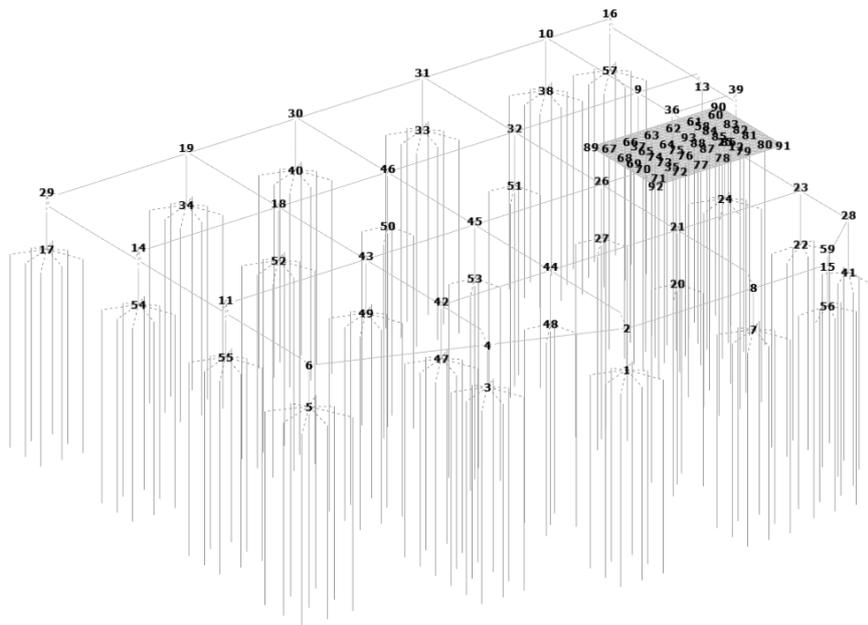


Figura 3: Numerazione dei nodi del modello di analisi – Vista 3D

		PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale		COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 50 di 275

6.6 ANALISI DEI RISULTATI: DEFORMATE E SOLLECITAZIONI

Si esibiscono di seguito i risultati dell'analisi strutturale condotta sul modello globale della struttura, per mezzo del software di calcolo descritto in precedenza.

6.6.1 Modi propri di vibrazione e deformazioni sismiche

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di risposta modale; sono stati analizzati 15 modi di vibrazione, in particolare si riporta di seguito il riepilogo dei principali dati estrapolati dal calcolo nei confronti dell'analisi sismica e le grandezze caratterizzanti i primi tre modi di vibrazione della struttura e la deformata corrispondente al primo modo:

Dir	M _{Str} [N·s ² /m]	M _{SLU} [N·s ² /m]	M _{Ecc,SLU} [N·s ² /m]	M _{SLD} [N·s ² /m]	M _{Ecc,SLD} [N·s ² /m]	%T.M _{Ecc} [%]	ΣV _{Ed,SLU} [N]
X	19,617,540	18,690,641	16,478,147	18,690,641	16,478,147	88.16	27,933,596
Y	19,617,540	18,690,641	16,607,667	18,690,641	16,607,667	88.86	28,150,329
Z	19,617,540	0	0	0	0	100.00	0

LEGENDA:

- Dir** Direzione del sisma.
M_{Str} Massa complessiva della struttura.
M_{SLU} Massa eccitabile allo SLU.
M_{Ecc,SLU} Massa Eccitata dal sisma allo SLU.
M_{SLD} Massa eccitabile della struttura allo SLD, nelle direzioni X, Y, Z.
M_{Ecc,SLD} Massa Eccitata dal sisma allo SLD.
%T.M_{Ecc} Percentuale Totale di Masse Eccitate dal sisma.
ΣV_{Ed,SLU} Tagliante totale, alla base, per sisma allo SLU.

PRINCIPALI ELEMENTI ANALISI SISMICA: rotazione torsionale

M _{T,SLU} [kN·s ² ·m]	M _{T,Ecc,SLU} [kN·s ² ·m]	M _{T,SLD} [kN·s ² ·m]	M _{T,Ecc,SLD} [kN·s ² ·m]	%T.M _{T,Ecc} [%]
21,161,863	16,635,329	21,161,863	16,635,329	78.61

LEGENDA:

- M_{T,SLU}** Massa eccitabile allo SLU.
M_{T,Ecc,SLU} Massa Eccitata dal sisma allo SLU.
M_{T,SLD} Massa eccitabile della struttura allo SLD, nelle direzioni X, Y, Z.
M_{T,Ecc,SLD} Massa Eccitata dal sisma allo SLD.
%T.M_{T,Ecc} Percentuale Totale di Masse Eccitate dal sisma.

Sptr	T	a _{g,o}	a _{g,v}	Γ	CM	%M.M	M _{Ecc} / M _{Ecc,t}
	[s]	[m/s ²]	[m/s ²]			[%]	[N·s ² /m / N·s ² ·m]
Modo Vibrazione n. 1							
SLU-X	0.460	1.495	0.000	-3,313.477	-17.7282	58.74	10,979,131
SLU-Y	0.460	1.495	0.000	41.886	0.2241	0.01	1,754
SLU-Z	0.000	0.000	0.332	0.000	0.0000	0.00	0
SLD-X	0.460	0.789	0.000	-3,313.477	-17.7282	58.74	10,979,131
SLD-Y	0.460	0.789	0.000	41.886	0.2241	0.01	1,754
SLD-Z	0.000	0.000	0.092	0.000	0.0000	0.00	0
Elast-X	-	0.789	0.000	-	-	-	-
Elast-Y	-	0.789	0.000	-	-	-	-
Elast-Z	-	0.000	0.332	-	-	-	-
SLU-TRS	0.460	-	-	34,075.562	182.3156	5.49	1,161,143,920
Modo Vibrazione n. 2							
SLU-X	0.456	1.506	0.000	118.293	0.6233	0.07	13,993
SLU-Y	0.456	1.506	0.000	3,142.796	16.5603	52.85	9,877,166
SLU-Z	0.000	0.000	0.332	0.000	0.0000	0.00	0
SLD-X	0.456	0.795	0.000	118.293	0.6233	0.07	13,993
SLD-Y	0.456	0.795	0.000	3,142.796	16.5603	52.85	9,877,166

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>51 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	51 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	51 di 275								

Sptr	T	a _{g,o}	a _{g,v}	Γ	CM	%M.M	M _{Ecc} / M _{Ecc,t}
SLD-Z	0.000	0.000	0.092	0.000	0.0000	0.00	0
Elast-X	-	0.795	0.000	-	-	-	-
Elast-Y	-	0.795	0.000	-	-	-	-
Elast-Z	-	0.000	0.332	-	-	-	-
SLU-TRS	0.456	-	-	14,140.049	74.5078	0.94	199,940,990

Di seguito si riportano le immagini riepilogative della risposta delle due strutture ai modi di vibrazione individuati

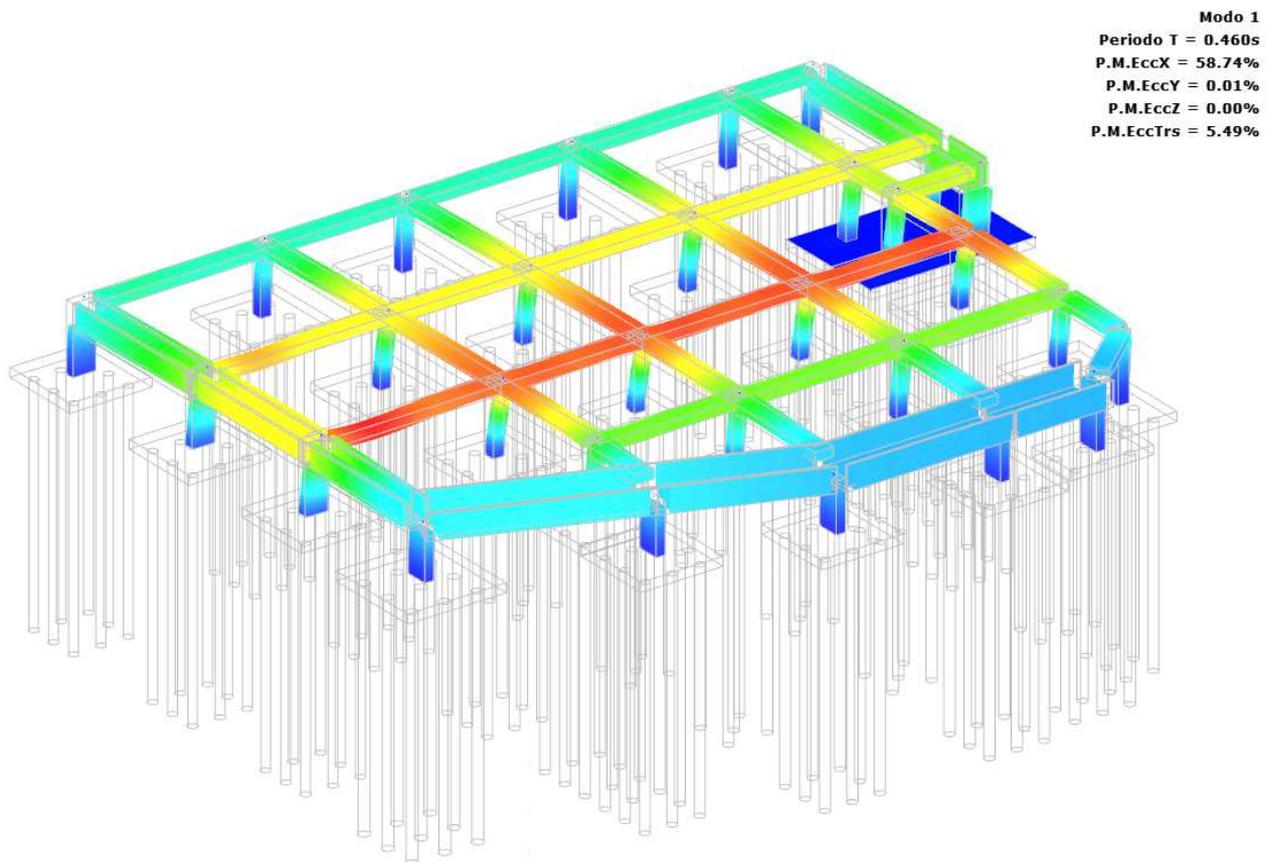
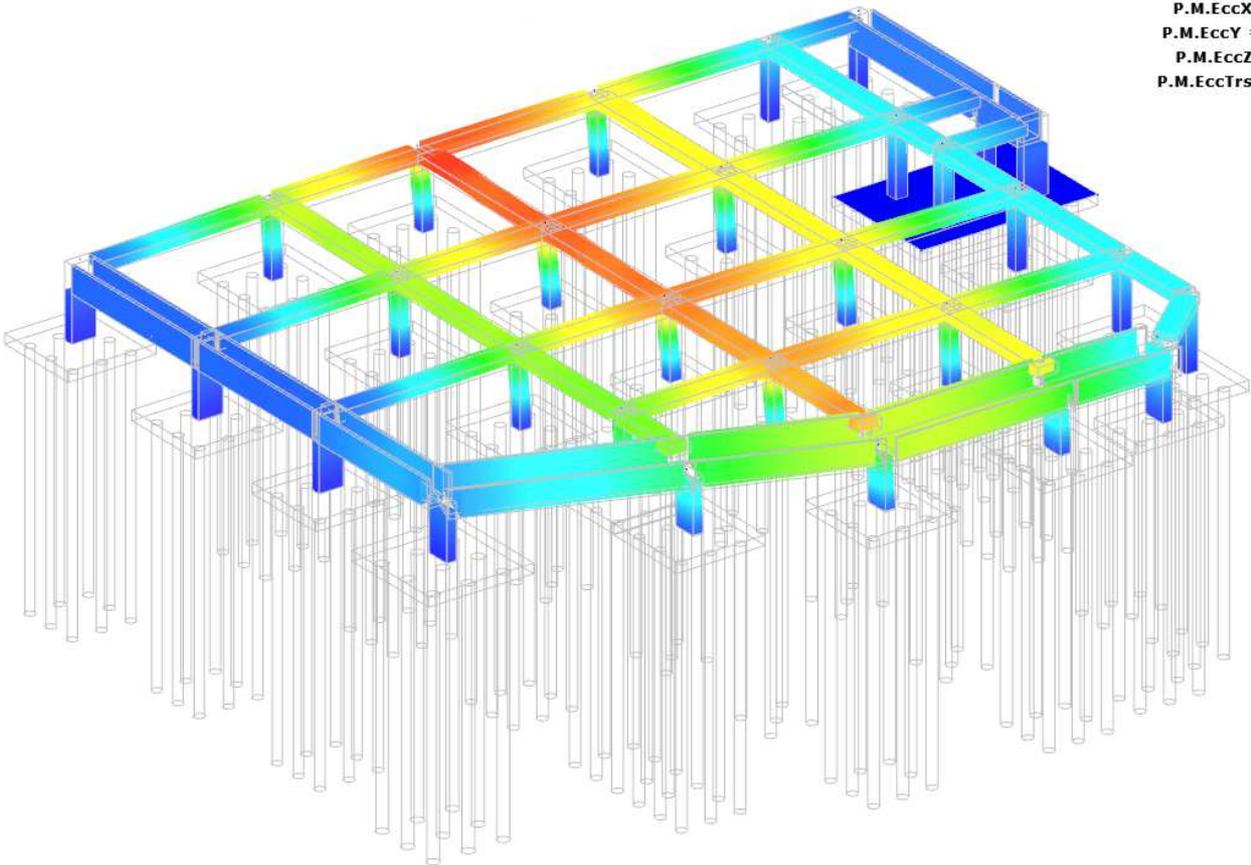


Figura 4: FAO1A - Modo di vibrazione 1

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	52 di 275

Modo 2
Periodo T = 0.456s
P.M.EccX = 0.07%
P.M.EccY = 52.85%
P.M.EccZ = 0.00%
P.M.EccTrs = 0.94%

Figura 5: FA01A - Modo di vibrazione 2

6.6.2 Spostamenti massimi

Si riportano di seguito i principali spostamenti risultanti dal sisma, per le due direzioni orizzontali ortogonali, espressi in centimetri.

FA01A – Spostamenti massimi per effetto del sisma

Di seguito le immagini riepilogative:

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	53 di 275

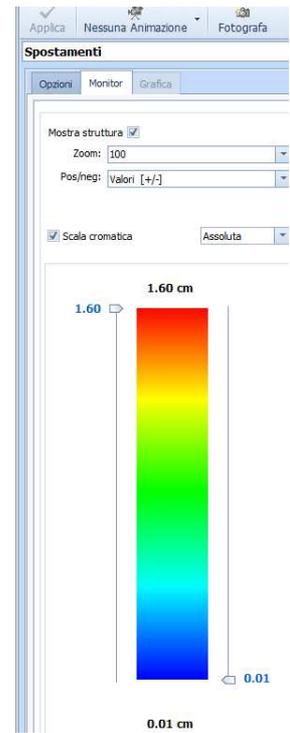
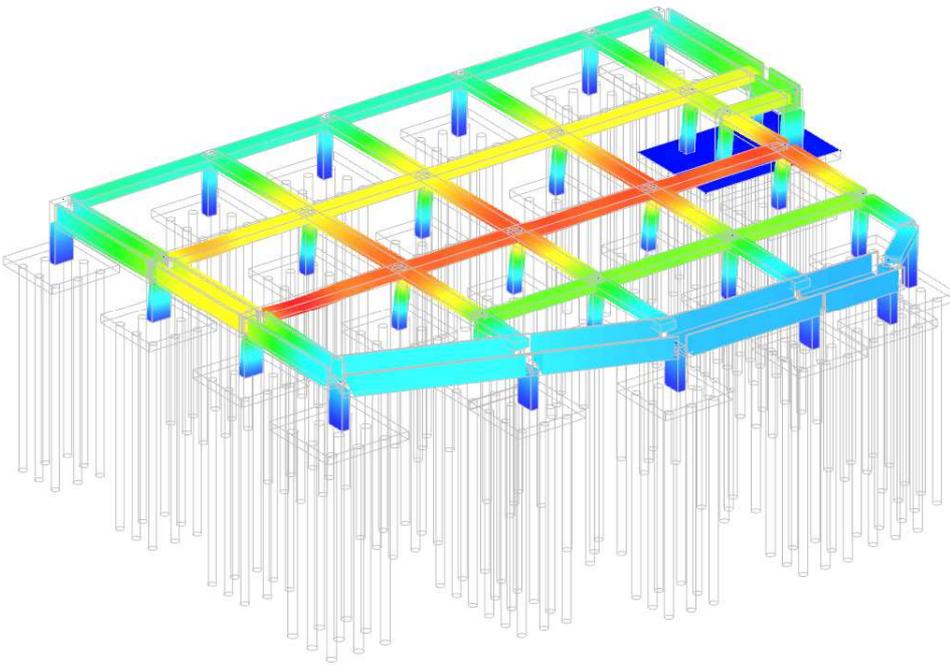


Figura 6: Spostamenti massimi allo SLU direzione X – 1.60cm

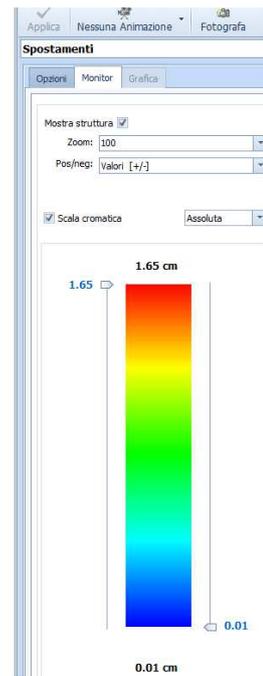
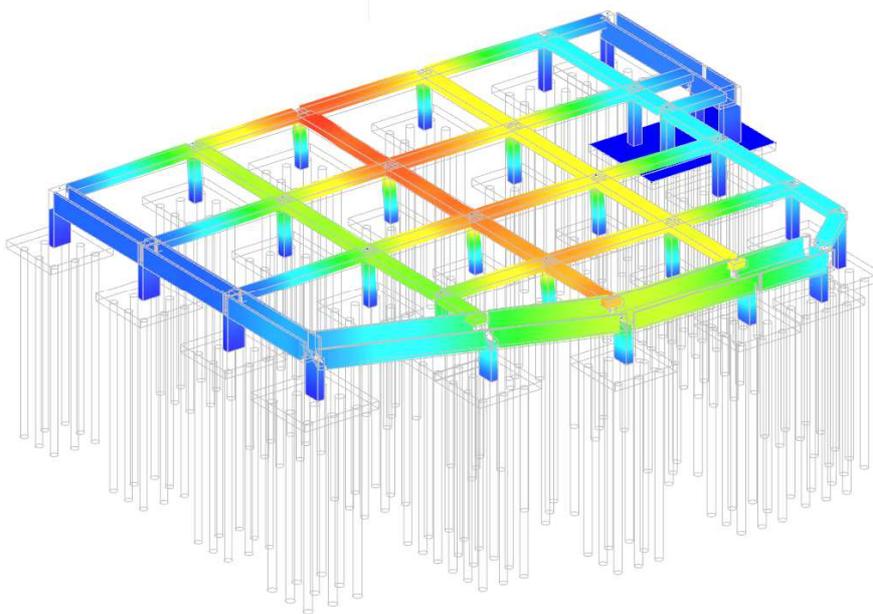


Figura 7: Spostamenti massimi allo SLU direzione Y – 1.65cm

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>54 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	54 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	54 di 275								

6.6.3 Deformazioni statiche

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di spostamenti degli elementi strutturali per soli carichi statici, estrapolati dal modello nella combinazione di carico con coefficienti moltiplicativi unitari. Gli spostamenti ottenuti si ritengono accettabili.

FA01A – Deformazioni Ai Carichi Statici

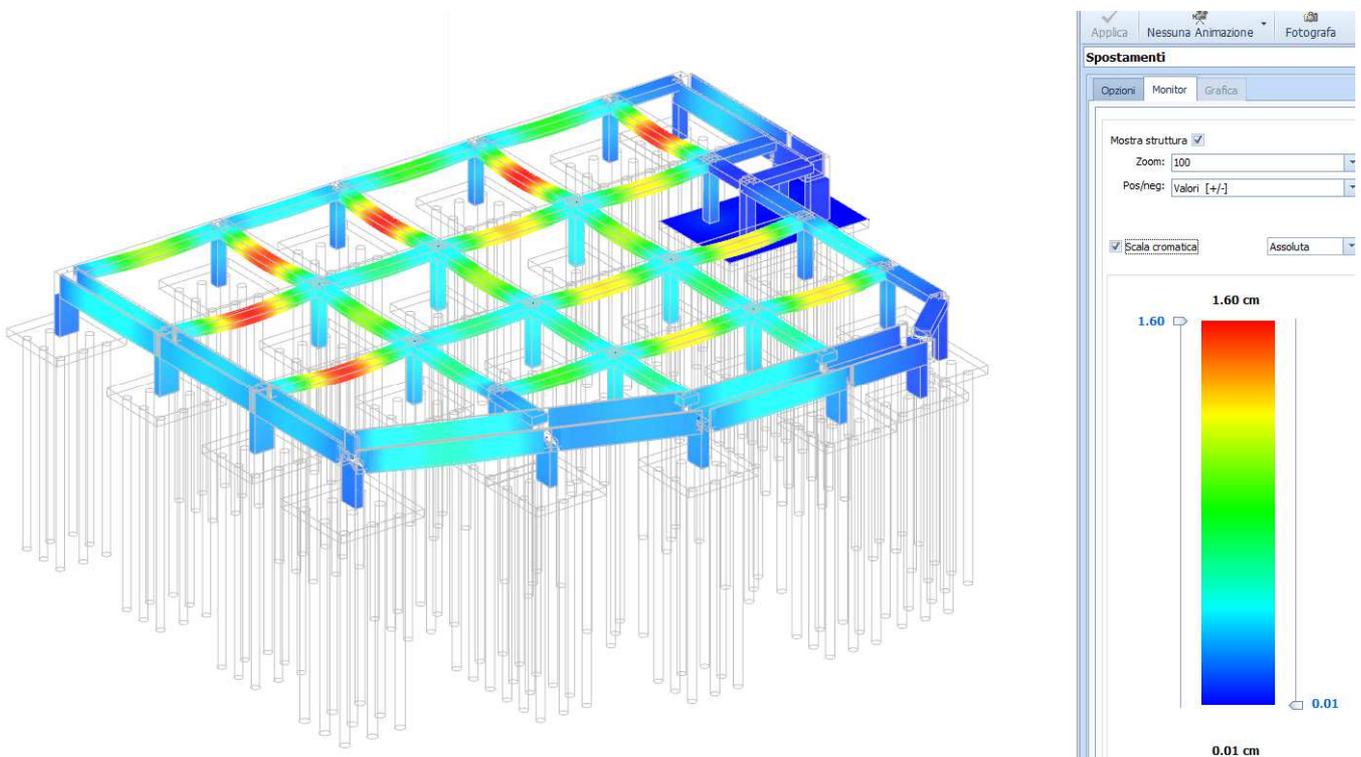


Figura 8: FA01A - Spostamenti della struttura per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

6.6.4 Sollecitazioni

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni degli elementi strutturali per soli carichi statici, estrapolati dal modello nella combinazione di carico con coefficienti moltiplicativi unitari.

FA01A – Sollecitazioni ai carichi statici

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	55 di 275

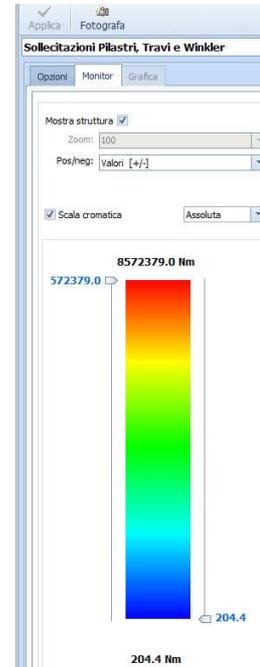
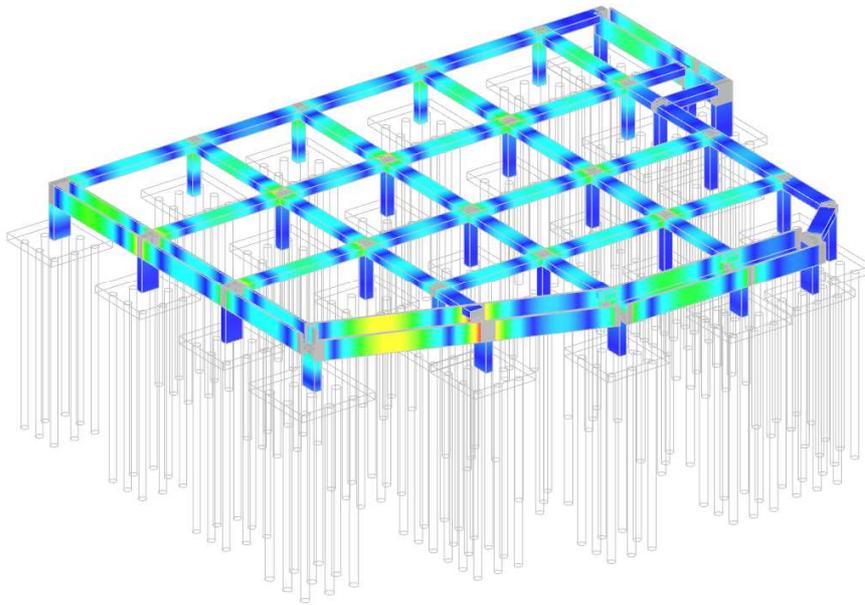


Figura 9: FA01A - Momenti flettenti per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

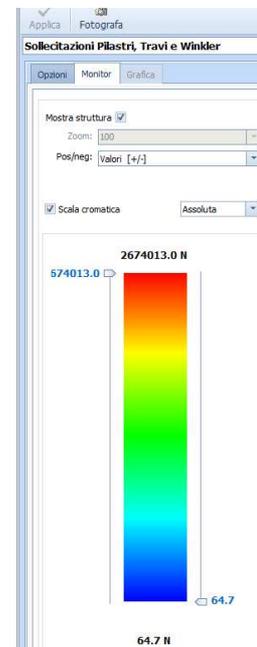
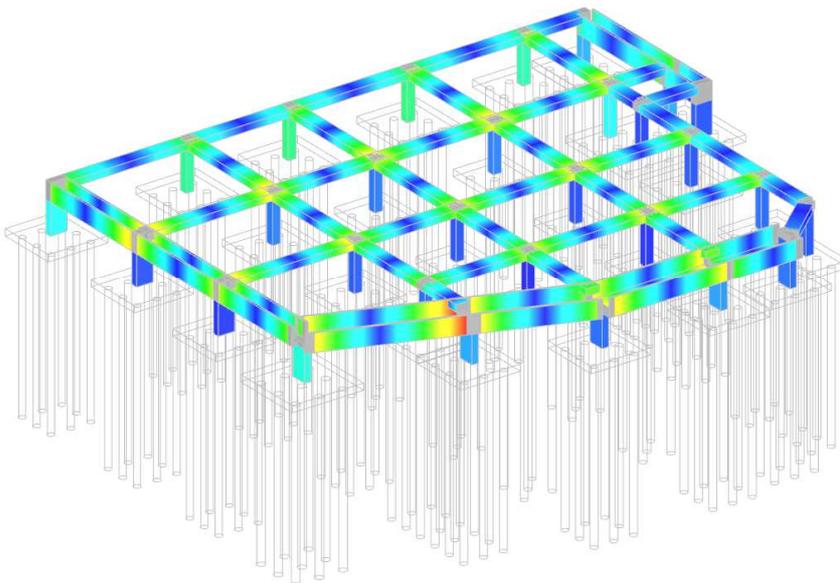


Figura 10: FA01A - Taglio per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FIOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>56 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	56 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	56 di 275								

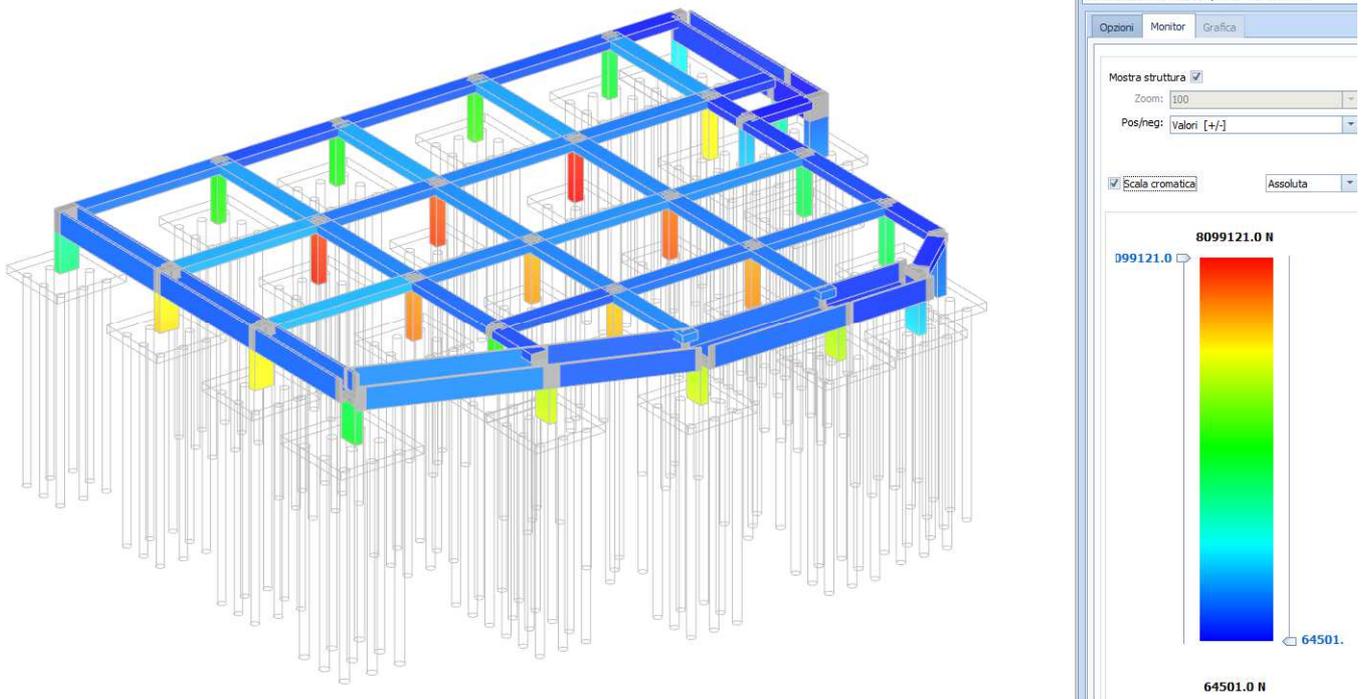
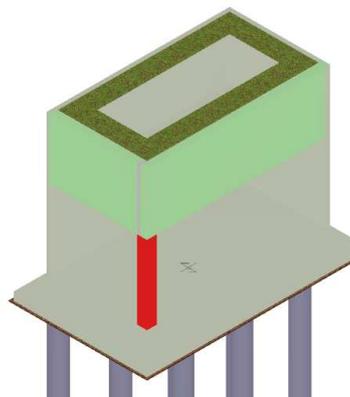


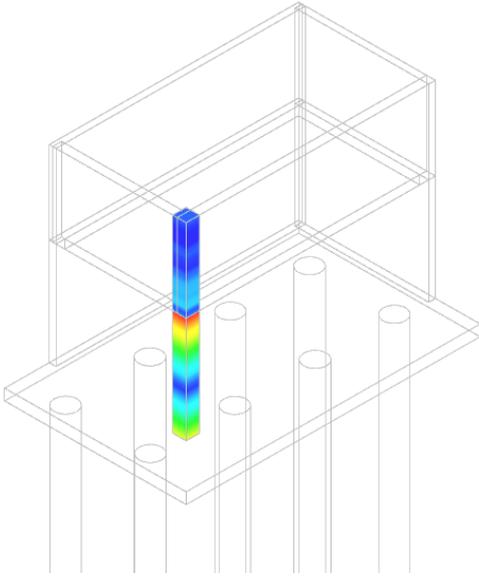
Figura 11: FA01A - Sforzo normale per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

Vengono evidenziate nelle figure sottostanti le sollecitazioni agenti sul pilastro 6x60 utilizzato in corrispondenza della vasca di terra a nord della struttura, sorretto da pilastri e pareti.

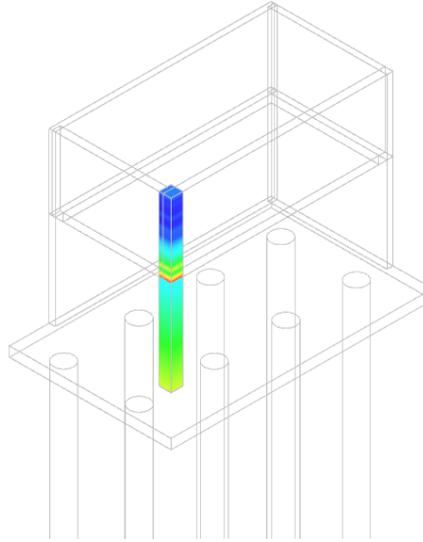


Relazione di calcolo strutturale

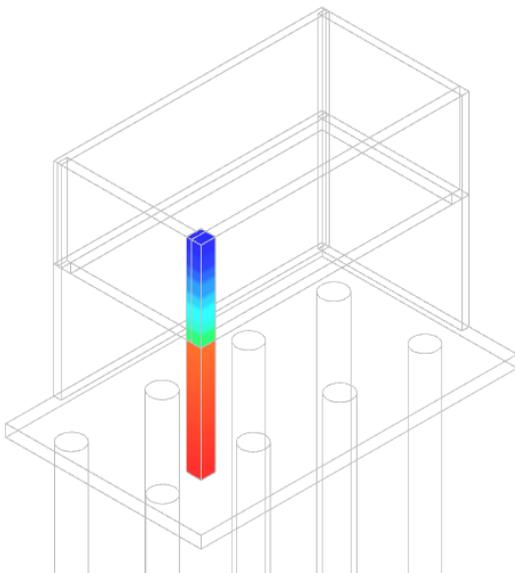
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	57 di 275



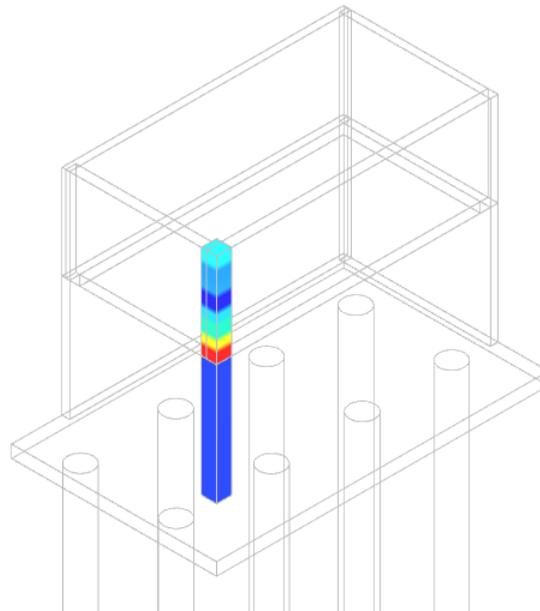
Momento massimo M2 26878 Nm



Momento massimo M3 14648 Nm



Sforzo Normale massimo 647972 N



Sforzo di taglio massimo T1 20072N

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FIOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>58 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	58 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	58 di 275								

È stato inoltre effettuato un modello sul solaio alleggerito, dal quale vengono prese le sollecitazioni per le verifiche riportate nei capitoli successivi.

Il programma utilizzato è Midas Gen e sul solaio sono stati applicati dei *pressure loads*. Vengono riportati di seguito le sollecitazioni in combinazione SLU.

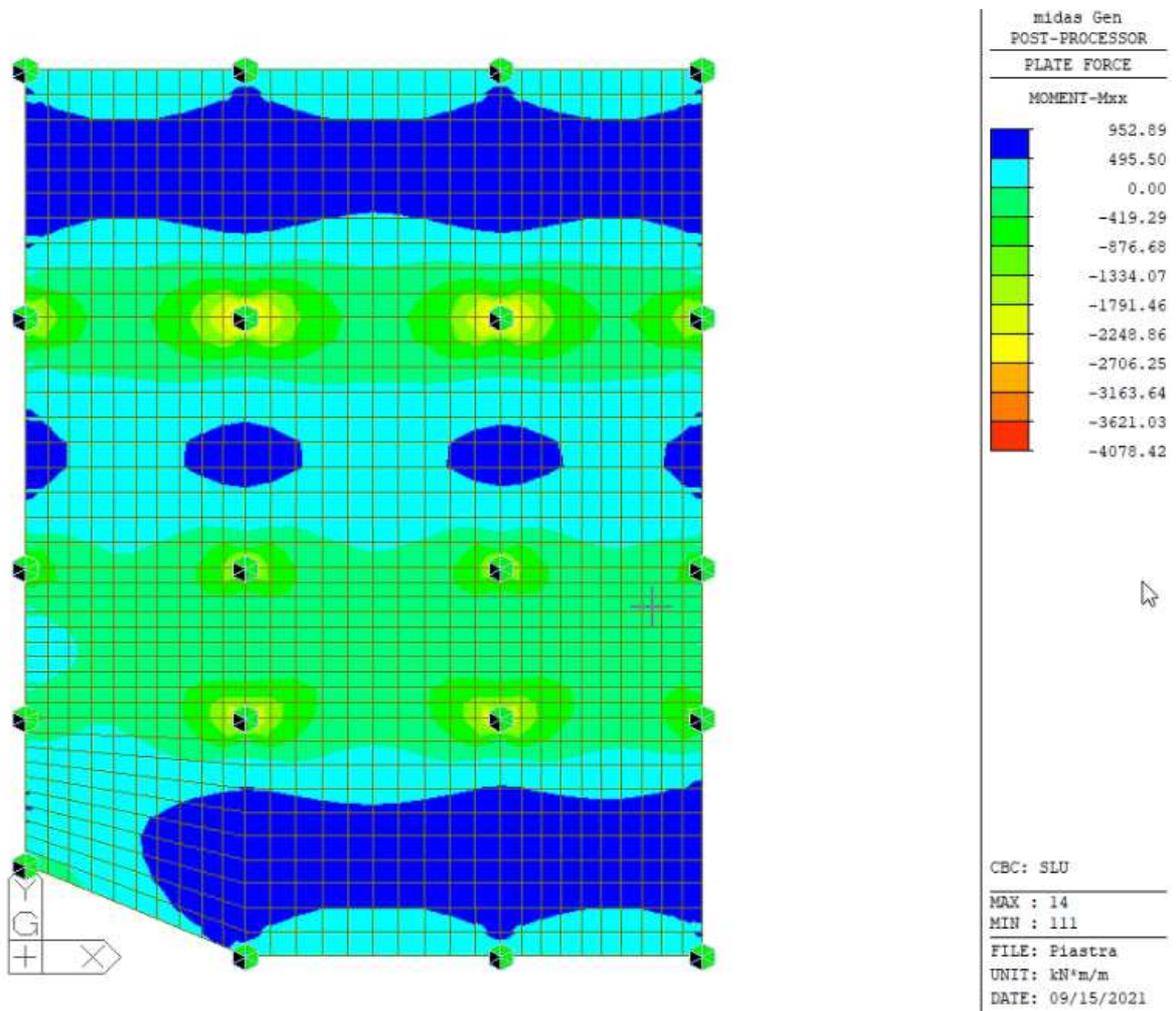


Figura 12: FA01A – Solaio di copertura alleggerito - M_{xx}

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	59 di 275

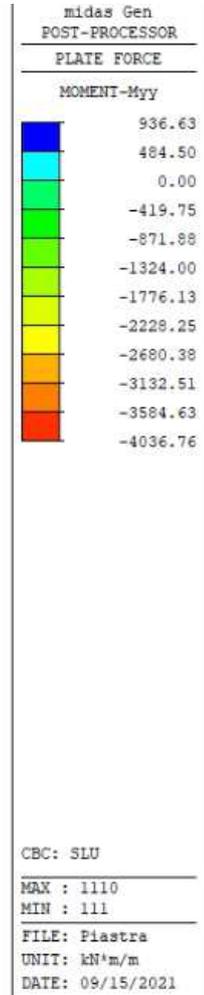
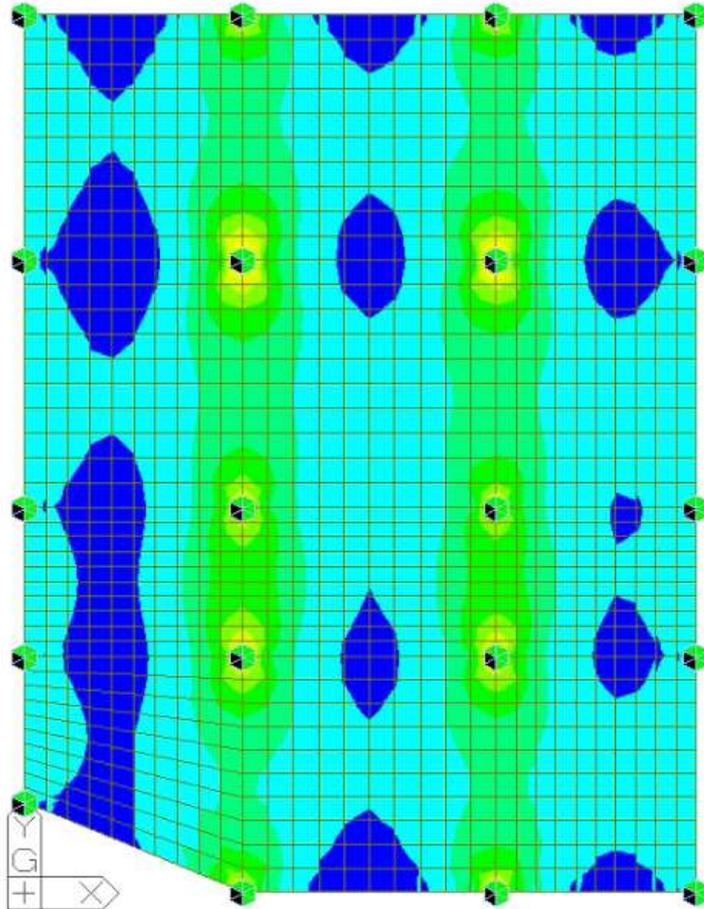
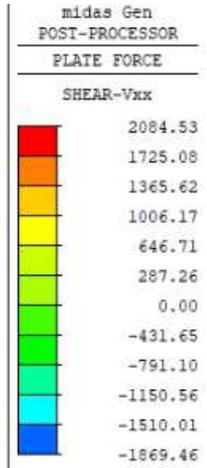
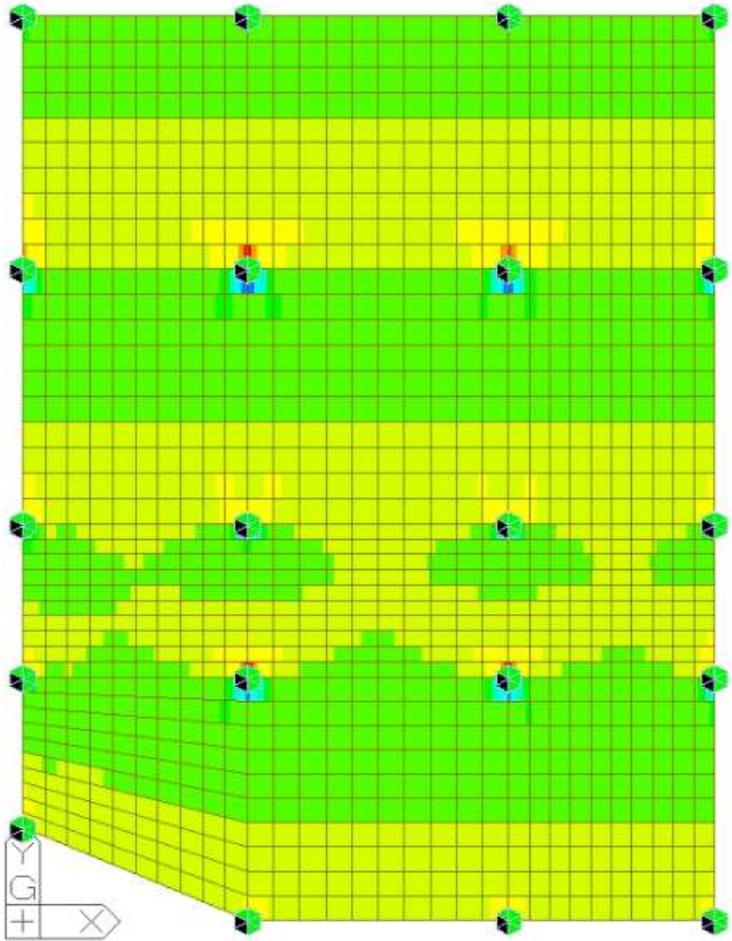


Figura 13: FA01A – Solaio di copertura alleggerito - Myy

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	60 di 275



CBC: SLU
MAX : 705
MIN : 5
FILE: Piastra
UNIT: kN/m
DATE: 09/15/2021

Figura 14: FA01A – Solaio di copertura alleggerito - V_{xx}

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FIOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>61 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	61 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	61 di 275								

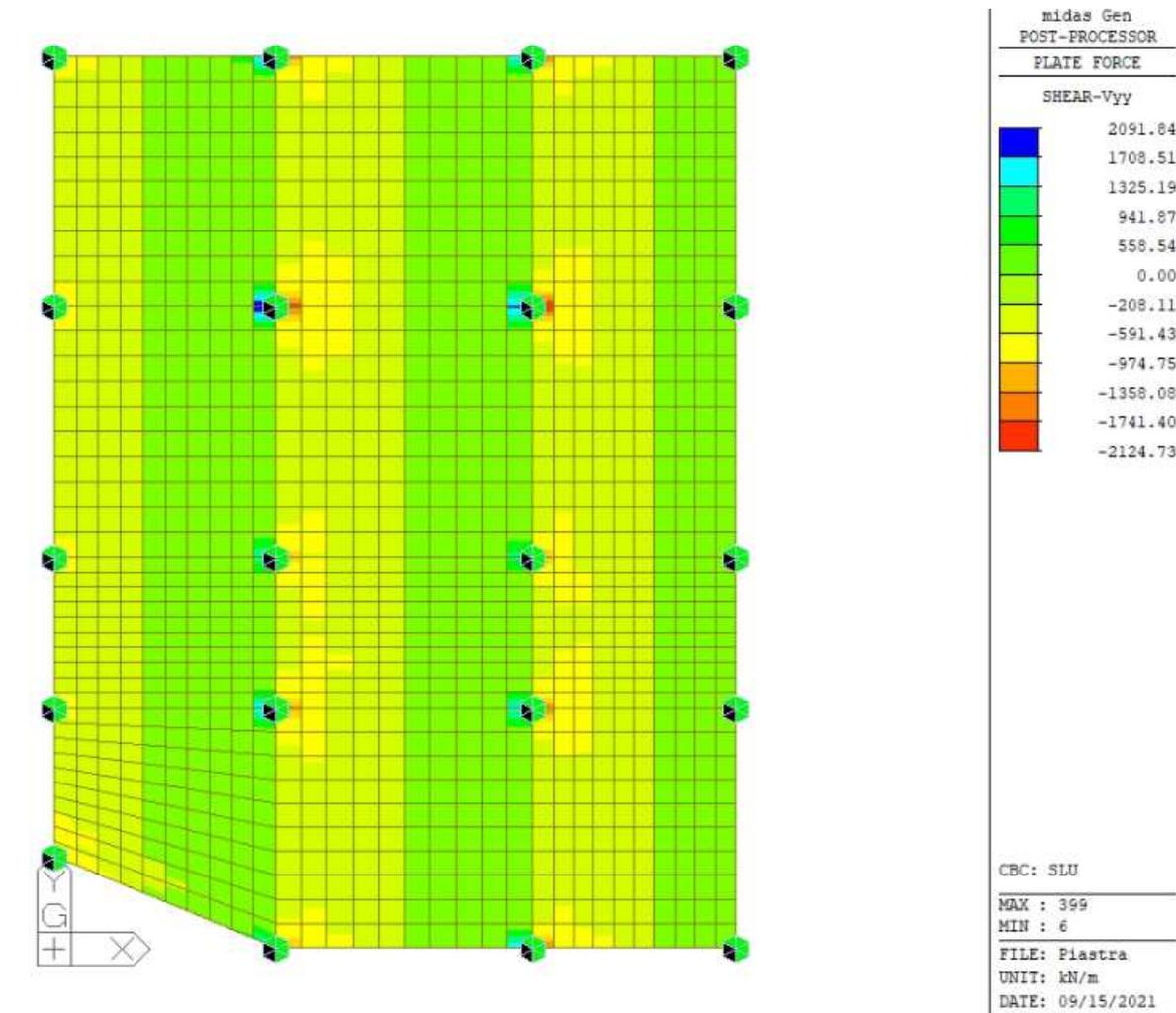


Figura 15: FA01A – Solaio di copertura alleggerito – V_{xx}

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni degli elementi strutturali per le combinazioni sismiche:

FA01A – Sollecitazioni ai carichi per effetto del sisma

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	62 di 275

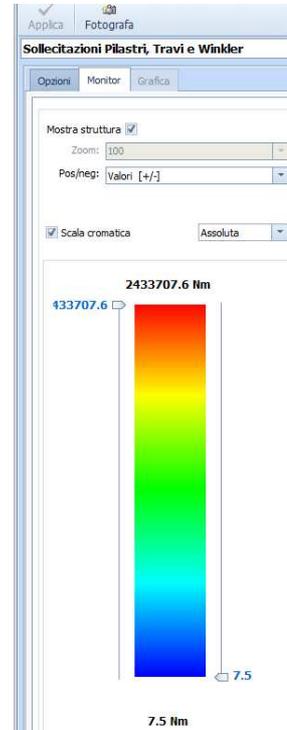
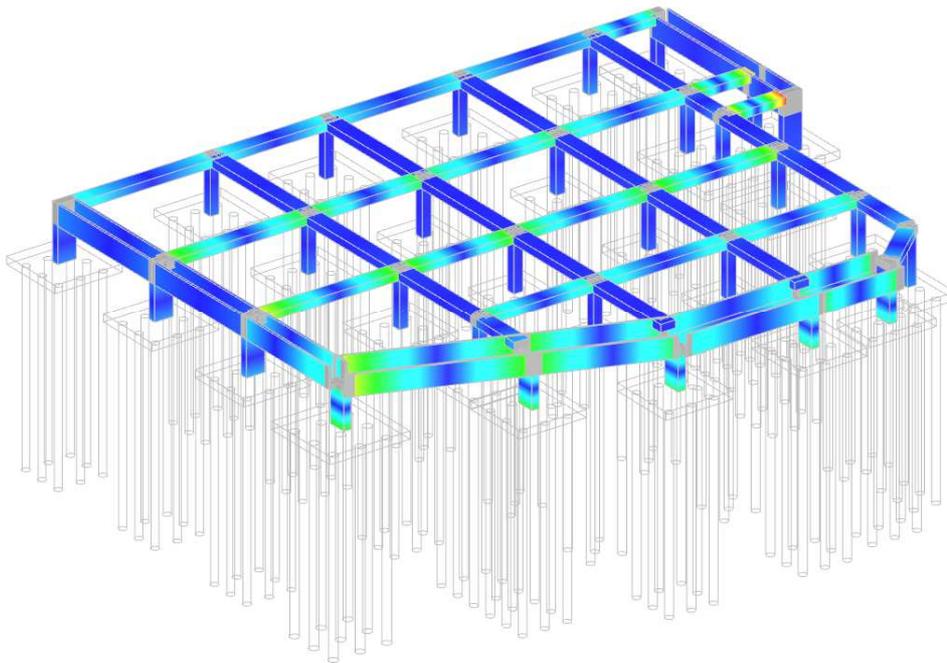


Figura 16: FA01A - Momenti flettenti sisma X

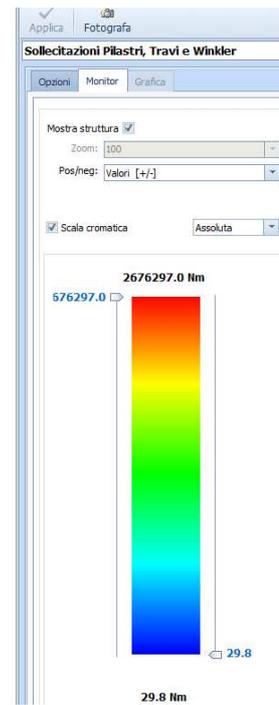
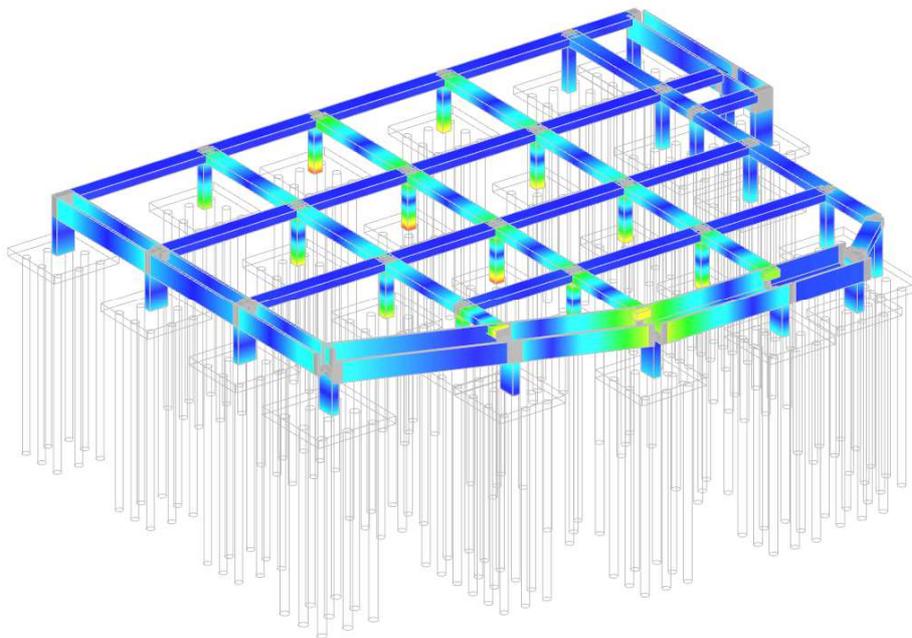


Figura 17: FA01A - Momenti flettenti sisma Y

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	63 di 275

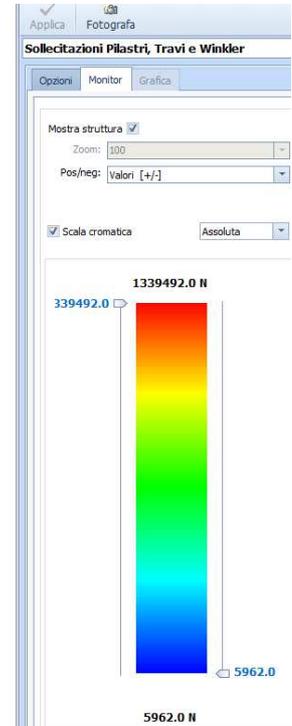
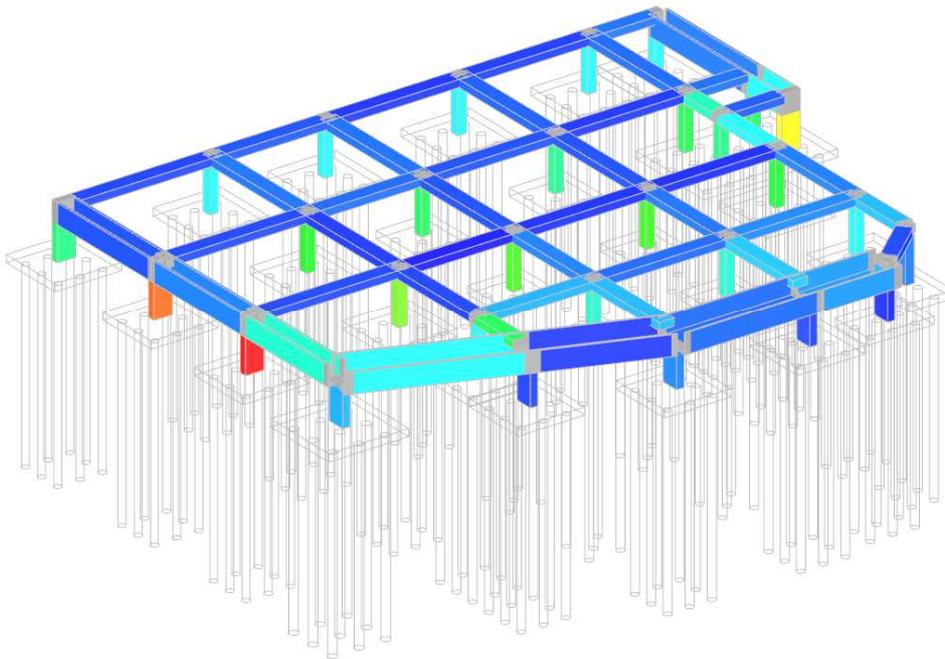
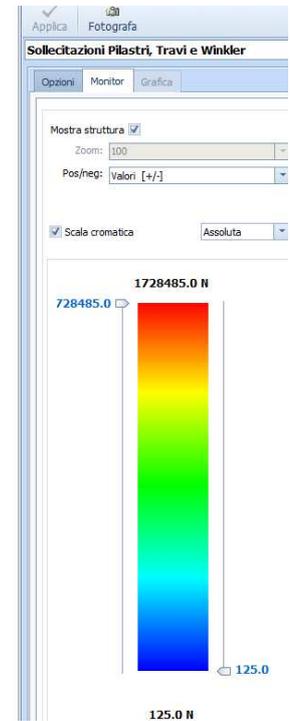
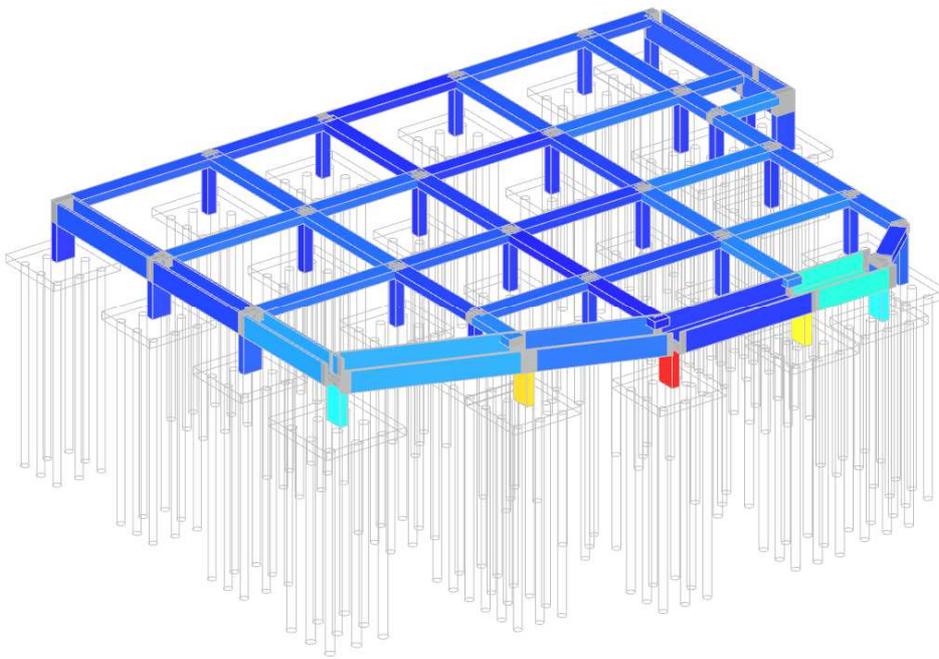


Figura 18: FA01A - Taglio sisma X



	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>64 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	64 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	64 di 275								

Figura 19: FA01A - Taglio sisma Y

6.7 VERIFICHE STRUTTURALI

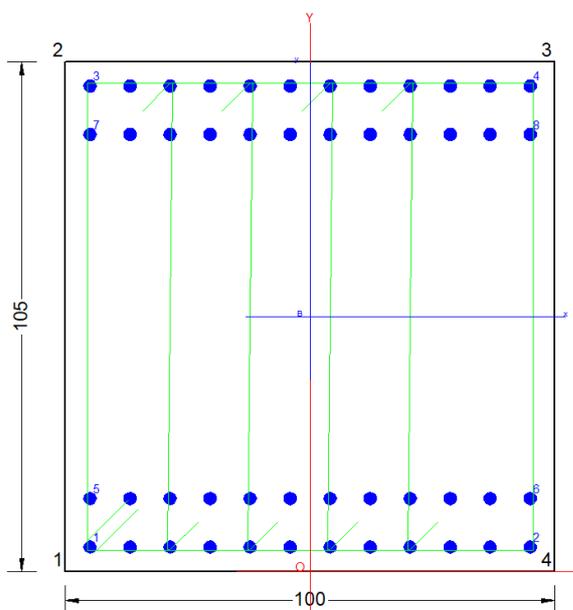
Di seguito si riportano le verifiche strutturali significative e rappresentative per ciascuno degli elementi (travi, pilastri), estrapolate dal modello di calcolo.

Per quanto riguarda il solaio, essendo una soletta nervata, verranno condotte due verifiche differenti.

6.7.1 Verifiche del solaio

La verifica viene condotta tramite il software RC-SEC sia sulla sezione con alleggerimenti del solaio sia sulla sezione della zona piena, che corrisponde agli allineamenti dei pilastri e si estende per due metri di larghezza. Entrambe le verifiche sono condotte su una sezione al metro lineare.

Verifica del solaio agli appoggi



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resis. compr. di progetto fcd:	15.860 MPa

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	65 di 275

Resis. compr. ridotta fcd':	7.930	MPa
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0	MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.760	MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00	daN/cm ²
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300	mm

ACCIAIO -

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	105.0
3	50.0	105.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.0	26
2	45.0	5.0	26
3	-45.0	100.0	26
4	45.0	100.0	26
5	-45.0	15.0	26
6	45.0	15.0	26
7	-45.0	90.0	26
8	45.0	90.0	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	66 di 275

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	10	26
2	3	4	10	26
3	5	6	10	26
4	7	8	10	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe e legature: 20.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale
 N° Legature: 4
 Diam. Legature: 10

Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:

N°Legat.	Barra 1	Barra 2
1	10	20
2	12	22
3	14	24
4	16	26

Coordinate Barre generate di estremità delle legature:

N°Barra	X[cm]	Y[cm]
10	-28.6	5.0
20	-28.6	100.0
12	-12.3	5.0
22	-12.3	100.0
14	4.1	5.0
24	4.1	100.0
16	20.5	5.0
26	20.5	100.0

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

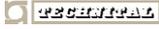
N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	4000.00	0.00	2100.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----



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

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	67 di 275

1 0.00 2300.00 0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	2300.00 (875.17)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	2300.00 (875.17)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.6 cm
Copriferro netto minimo staffe: 2.5 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

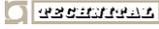
N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	4000.00	0.00	0.00	4410.30	0.00	1.10	127.4(15.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE



Engineering and Technical Services Sp.A.



ARCHITETTI ASSOCIATI

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	68 di 275

es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.164	-50.0	105.0	0.00243	-45.0	100.0	-0.01782	-45.0	5.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000213197	-0.018885666	0.164	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	12 mm
Diam. Legature:	10 mm
Passo staffe e legature:	20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

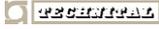
Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiezz. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vvd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallele. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vvd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	2100.00	2461.03	2378.71	100.0	100.0	2.500	1.000	23.9	27.0(15.7)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------



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

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	69 di 275

1 S 8.57 50.0 105.0 -230.9 36.8 5.0 2300 127.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.57	50.0	105.0	-230.9	36.8	5.0	2300	127.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area $A_{c\text{eff}}$
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\text{eff}}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e _{sm} - e _{cm}	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00124	0	0.836	26.0	37	0.00095 (0.00069)	259	0.247 (0.40)	875.17	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

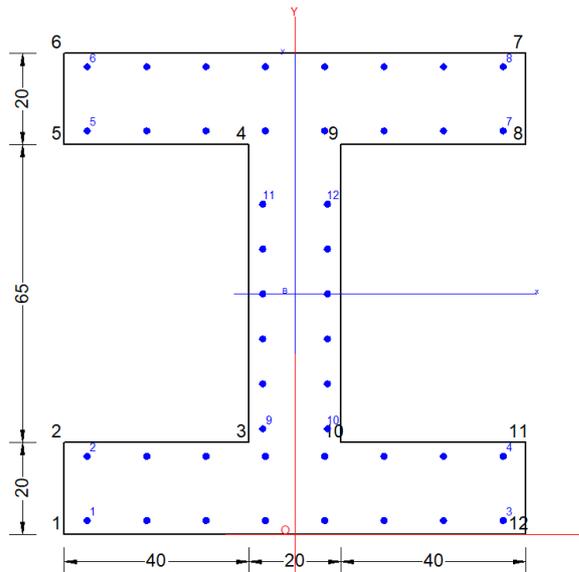
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.57	50.0	105.0	-230.9	36.8	5.0	2300	127.4

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00124	0	0.836	26.0	37	0.00102 (0.00069)	259	0.265 (0.30)	875.17	0.00

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	70 di 275

Verifica del solaio in campata

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.000 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	8.500 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	180.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	71 di 275

Classe Conglomerato: C30/37

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	20.0
3	-10.0	20.0
4	-10.0	85.0
5	-50.0	85.0
6	-50.0	105.0
7	50.0	105.0
8	50.0	85.0
9	10.0	85.0
10	10.0	20.0
11	50.0	20.0
12	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	3.0	14
2	-45.0	17.0	14
3	45.0	3.0	14
4	45.0	17.0	14
5	-45.0	88.0	14
6	-45.0	102.0	14
7	45.0	88.0	14
8	45.0	102.0	14
9	-7.0	23.0	14
10	7.0	23.0	14
11	-7.0	72.0	14
12	7.0	72.0	14

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	3	6	14
2	2	4	6	14
3	5	7	6	14
4	6	8	6	14
5	11	9	4	14
6	12	10	4	14

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm
 Passo staffe: 14.3 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	72 di 275

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	1090.00	0.00	245.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione			
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione			
N°Comb.	N	Mx	My	
1	0.00	570.00	0.00	

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione			
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione			
N°Comb.	N	Mx	My	
1	0.00	570.00 (514.27)	0.00 (0.00)	

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione			
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione			
N°Comb.	N	Mx	My	
1	0.00	570.00 (514.27)	0.00 (0.00)	

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	2.3	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.6	cm
Copriferro netto minimo staffe:	1.5	cm

 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)												
Relazione di calcolo strutturale	<table border="0"> <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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>73 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	73 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	73 di 275								

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Tesa	Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	0.00	1090.00	0.00	0.00	1306.69	0.00	1.20	55.4(7.5) 12)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.114	-50.0	105.0	0.00260	-45.0	102.0	-0.02717	-45.0	3.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000300713	-0.028074843	0.114	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	8 mm
Passo staffe:	14.3 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	74 di 275

Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	N	245.00	917.40	397.02	64.1	54.2	2.500	1.000	4.3	7.0(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.00	-50.0	105.0	-234.6	32.1	3.0	2140	27.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.00	-50.0	105.0	-234.6	32.1	3.0	2140	27.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
 Esito della verifica
 e1 Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k2 = (e1 + e2)/(2*e1) [eq.(7.13)EC2]
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
 wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00122	0	0.833	14.0	23	0.00070 (0.00070)	385	0.271 (0.40)	514.27	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	75 di 275

1 S 5.00 -50.0 105.0 -234.6 32.1 3.0 2140 27.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00122	0	0.833	14.0	23	0.00070 (0.00070)	385	0.271 (0.30)	514.27	0.00

6.7.2 Verifiche della trave

Viene verificata la trave con sezione a U, che realizza la vasca di terreno in copertura, tramite il software RC-SEC.


CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.000 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	8.500 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	76 di 275

Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	180.00	daN/cm ²
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-250.0	0.0
2	-250.0	375.0
3	-210.0	375.0
4	-210.0	60.0
5	210.0	60.0
6	210.0	375.0
7	250.0	375.0
8	250.0	0.0

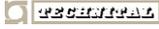
DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-245.0	5.0	26
2	245.0	5.0	26
3	-245.0	370.0	26
4	-215.0	5.0	26
5	-215.0	370.0	26
6	215.0	5.0	26
7	215.0	370.0	26
8	245.0	370.0	26
9	-215.0	55.0	26
10	215.0	55.0	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
--------	--------------	--------------	---------	---



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

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	77 di 275

1	1	3	18	26
2	2	8	18	26
3	5	9	15	26
4	7	10	15	26
5	9	10	20	26
6	4	6	20	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 14 mm
 Passo staffe: 10.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	19500.00	0.00	6651.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	12950.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	12950.00 (20315.87)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	78 di 275

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	12950.00 (20315.87)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 16.6 cm
Copriferro netto minimo staffe: 2.3 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	0.00	19500.00	0.00	0.00	43599.75	0.00	2.24	467.2(92.2) 12)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

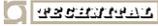
ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.327	-250.0	375.0	0.00336	-245.0	370.0	-0.00719	-245.0	5.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000028884	-0.007331584	0.327	0.849

   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>79 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	79 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	79 di 275								

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 14 mm
Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lunghezza legatura, d_{max} è massima altezza utile nella direzione del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	6651.00	7808.28	10029.29	370.0	80.0	2.500	1.000	20.4	30.8(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.51	-250.0	375.0	-150.4	194.5	5.0	24151	286.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.51	-250.0	375.0	-150.4	194.5	5.0	24151	286.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Esito della verifica
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2 = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	80 di 275

sr max Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
wk Massima distanza tra le fessure [mm]
Mx fess. Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max^*(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00077	0	0.500	26.0	37	0.00045 (0.00045)	498	0.225 (0.40)	20315.87	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.51	-250.0	375.0	-150.4	194.5	5.0	24151	286.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00077	0	0.500	26.0	37	0.00045 (0.00045)	498	0.225 (0.30)	20315.87	0.00

6.7.3 Verifiche dei pilastri

Viene evidenziato nella figura sottostante il pilastro maggiormente sollecitato, del quale sono riportate le verifiche.

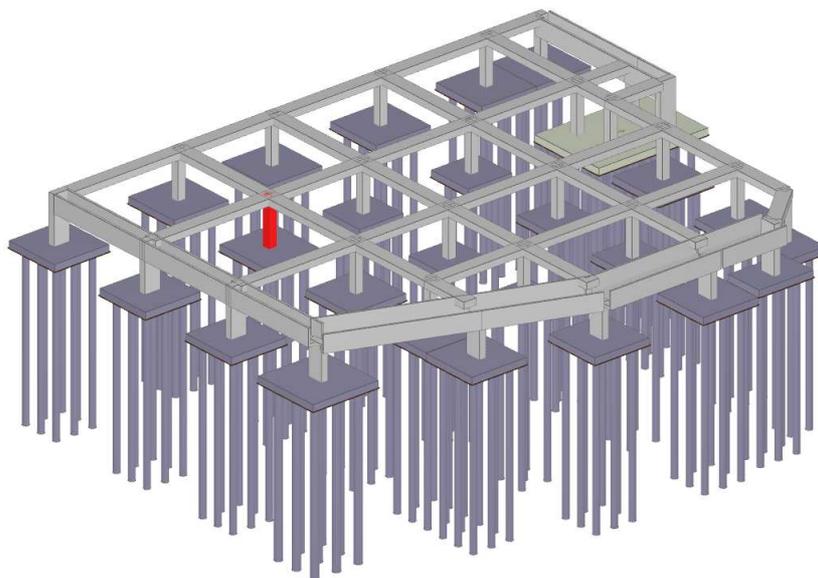


Figura 20: Pilastrata 19

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services  ARCHITETTI ASSOCIATI	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO E21D 06 D 10 CL FA1403 002 C 81 di 275

Pilastrì (Ca) - Verifiche Pressoflessione Deviata Allo Slu

Pilastrì (CA) - Verifiche pressoflessione deviata allo SLU

Lv	N _{Ed}	M _{Ed,X}	M _{Ed,Y}	CS	M _{Rd,X}	M _{Rd,Y}	N _{Ed,max}	N _R	α	R _f	φ _{Ve}	φ _{Vi}	φ _w	Lato 1				Lato 2			
														L	n _{re} g	n _r	φ	L	n _{re} g	n _r	φ
	[N]	[N-m]	[N-m]		[N-m]	[N-m]	[N]	[N]			[m m]	[m m]	[m m]	[cm]			[m m]	[cm]			[m m]
Pilastrata: Pilastrata 19																					
Piano Terra	6,953,789	1,529,699	3,324,584	1.32[S]	5,558,343	5,558,343	7,325,821	17,609,280	1.19	NO	32	-	10	120	1	11	18	120	1	11	18

LEGENDA:

Lv	Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale.
CS	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
N_{Ed,max}	Massimo sforzo di compressione.
N_R	Sforzo Normale resistente.
α	Esponente per la valutazione del coefficiente di sicurezza.
R_f	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.
N_{Ed,r}	Sollecitazioni di progetto (N _{Ed} > 0: compressione).
M_{Ed,Xr}	
M_{Ed,Y}	
M_{Rd,Xr}	Momento Resistente intorno ad X e Y.
M_{Rd,Y}	
φ_{Ve}, φ_{Vi}	Diametri, rispettivamente, delle barre di acciaio nei vertici esterni e nei vertici interni e delle staffe; [φ _{Vi}] = Significativo e valorizzato solo in caso di sezione cava.
L, n_{regr}	Per sezione del pilastrò rettangolare e armata simmetricamente, lunghezza, numero di registri, numero di barre e relativo diametro per il lato 1 e 2 della sezione. Se la sezione considerata non è rettangolare e/o simmetricamente armata, tali colonne sono vuote e le informazioni riguardanti l'armatura sono riportate per ciascun lato in apposita casella di testo.
n_r, φ	

Pilastrì (Ca) - Verifiche A Taglio Allo Slu

Pilastrì (CA) - Verifiche a taglio per pressoflessione deviata allo SLU

Lv	V _{Ed,3}	V _{Ed,2}	CS	V _{Rcd}		V _{Rsd,s}		V _{Rd,f}		V _{Rd,j}		V _{Rd,s}	A _{sw}		S _{Asw}	R _f
				X	Y	X	Y	X	Y	X	Y					
	[N]	[N]		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[cm ² /cm]	[cm ² /cm]	[cm]	
Pilastrata: Pilastrata 19																
Piano Terra	844,847	1,049,313	4.68	490889 1	490889 1	688554 6	68855 46	0	0	0	0	-	0.687 22	0.687 22	8	NO

LEGENDA:

Lv	Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale.
V_{Ed,3}	Taglio di progetto in direzione 3.
V_{Ed,2}	Taglio di progetto in direzione 2.
CS	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
V_{Rcd}	Resistenza a taglio compressione del calcestruzzo.
V_{Rsd,s}	Resistenza a taglio trazione delle staffe.
V_{Rd,f}	Resistenza a taglio dovuta al rinforzo FRP.
V_{Rd,j}	Contributo acciaio al Taglio ultimo dovuto all'incamiciatura in acciaio.
V_{Rd,s}	Resistenza a taglio per scorrimento.
A_{sw}	Area delle staffe per unità di lunghezza.
S_{Asw}	Passo massimo staffe da normativa.
R_f	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.



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

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	82 di 275

LEGENDA:

Lv	Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale.
V_{Ed,3}	Taglio di progetto in direzione 3.
V_{Ed,2}	Taglio di progetto in direzione 2.
CS	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se $CS \geq 100$; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
V_{Rcd}	Resistenza a taglio compressione del calcestruzzo.
V_{Rsd,s}	Resistenza a taglio trazione delle staffe.
V_{Rd,f}	Resistenza a taglio dovuta al rinforzo FRP.
V_{Rd,j}	Contributo acciaio al Taglio ultimo dovuto all'incamiciatura in acciaio.
V_{Rd,s}	Resistenza a taglio per scorrimento.
A_{sw}	Area delle staffe per unità di lunghezza.
S_{Asw}	Passo massimo staffe da normativa.
R_f	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

Pilastri - Verifiche Delle Tensioni Di Esercizio (Elevazione)

Pilastri - verifiche delle tensioni di esercizio

Lv	T _{Prinf}	Compressione calcestruzzo							Verificato	Trazione acciaio							
		Compressione calcestruzzo rinforzo								Trazione acciaio/FRP rinforzo							
		IdCmb	σ _{cc}	σ _{cd,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	IdCmb	σ _{at}	σ _{td,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato	
			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N-m]	[N-m]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N-m]	[N-m]			
Pilastrata: Pilastrata 19																	
Piano Terra																	
		RAR	11.68 3	19.92	7,661,3 27	- 931,895	1,627,8 73	1.70	SI	RAR	24.83 2	360.00	7,661,3 27	- 931,895	1,627,8 73	14.49	SI
		QPR	10.68 9	14.94	6,997,1 99	- 852,343	1,492,1 01	1.39	SI								

LEGENDA:

Lv	Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti del pilastro al livello considerato.
Rinf.	Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
IdCmb	Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
σ_{cc}	Tensione massima di compressione nel calcestruzzo.
σ_{cd,amm}	Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
N_{Ed}, M_{Ed,3}, M_{Ed,2}	Sollecitazioni di progetto.
σ_{at}	Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
σ_{td,amm}	Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio.
CS	Coefficiente di Sicurezza (= $\sigma_{cd,amm}/\sigma_{cc}$; $\sigma_{td,amm}/\sigma_{at}$). [NS] = Non Significativo ($CS \geq 100$).
Verificato	[SI] = $\sigma_{cc} \leq \sigma_{cd,amm}$; $\sigma_{at} \leq \sigma_{td,amm}$. [NO] = $\sigma_{cc} > \sigma_{cd,amm}$; $\sigma_{at} > \sigma_{td,amm}$.

Pilastri - Verifica Allo Stato Limite Di Fessurazione (Elevazione)

Pilastri - verifica allo stato limite di fessurazione

Lv	IdCmb	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	σ _{ct,f}	σ _t	ε _{sm}	A _e	Δ _{sm}	W _d	W _{amm}	CS	Verificato	
		[N]	[N-m]	[N-m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[cm ²]	[mm]	[mm]	[mm]			
Pilastrata: Pilastrata 19														
Piano Terra														
					AA= PCA									
-	FRQ	7,163,231	-872,231	1,526,043	2.29	2.58	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI	
-	QPR	6,997,199	-852,343	1,492,101	2.24	2.58	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI	

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">83 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	83 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	83 di 275								

Pilastri - verifica allo stato limite di fessurazione

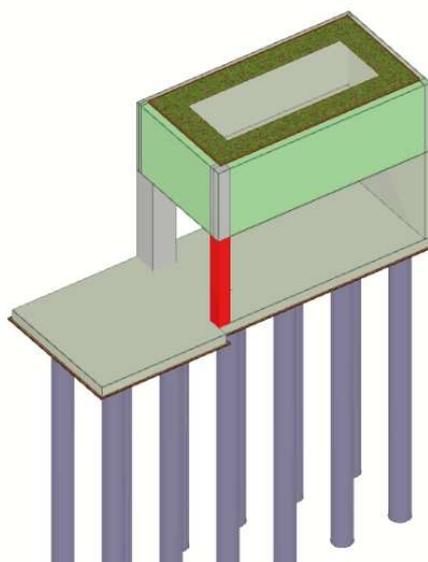
Lv	Id _{Cmb}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	σ _{ct,f}	σ _t	ε _{sm}	A _e	Δ _{sm}	W _d	W _{amm}	CS	Verificato
		[N]	[N·m]	[N·m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[cm ²]	[mm]	[mm]	[mm]		

LEGENDA:

- Lv** Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti del pilastro al livello considerato.
- AA** Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
- Id_{Cmb}** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- N_{Ed}, M_{Ed,3}, M_{Ed,2}** Sollecitazioni di progetto.
- σ_{ct,f}** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ_t la sezione è soggetta a fessurazione.
N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione.
- σ_t** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].
- ε_{sm}** Deformazione unitaria media delle barre di armatura.
- A_e** Area efficace del calcestruzzo teso.
- Δ_{sm}** Distanza media tra le fessure.
- W_d** Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.
- W_{amm}** Valore ammissibile di apertura delle fessure.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (=W_d / W_{amm}). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W_d = 0).
- Verificato** [SI] = W_d ≤ W_{amm} ; [NO] = W_d > W_{amm}

Viene evidenziato nella figura sottostante il pilastro 6x60 utilizzato come supporto per la vasca riempita di terreno, del quale sono riportate le verifiche.

La vasca in oggetto è verificata secondo le verifiche eseguite precedentemente sulle travi di sezione a U, la platea è esaminata nella relazione di calcolo fondazioni.



Pilastro 60x60

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO E21D 06 D 10 CL FA1403 002 C 84 di 275

Pilastrì (Ca) - Verifiche Pressoflessione Deviata Allo Slu

Pilastrì (CA) - Verifiche pressoflessione deviata allo SLU																					
Lv	N _{Ed}	M _{Ed,X}	M _{Ed,Y}	CS	M _{Rd,X}	M _{Rd,Y}	N _{Ed,ma} ^x	N _R	α	R _f	φ _{ve}	φ _{vi}	φ _w	Lato 1				Lato 2			
														L	n _{reg}	n _f	φ	L	n _{reg}	n _f	φ
	[N]	[N·m]	[N·m]		[N·m]	[N·m]	[N]	[N]			[mm]	[mm]	[mm]	[cm]			[mm]	[cm]			
Pilastrata: Pilastrata 1																					
Piano soletta	787.798	5.449	34.994	27.78[V]	327.961	327.961	0	5.909.968	1,51	NO	16	-	8	60	1	1	12	60	1	1	12
Piano Terra	367.125	19.063	-2.756	61.62[V]	228.226	228.226	0	5.909.968	1,68	NO	16	-	8	60	1	1	12	60	1	1	12

LEGENDA:

- Lv** Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale.
- CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
- N_{Ed,ma}** Massimo sforzo di compressione.
- x**
- N_R** Sforzo Normale resistente.
- α** Esponente per la valutazione del coefficiente di sicurezza.
- R_f** [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.
- N_{Ed,r}** Sollecitazioni di progetto (N_{Ed} > 0: compressione).
- M_{Ed,Xr}**
- M_{Ed,Y}**
- M_{Rd,Xr}** Momento Resistente intorno ad X e Y.
- M_{Rd,Y}**
- φ_{ve}** Diametri, rispettivamente, delle barre di acciaio nei vertici esterni e nei vertici interni e delle staffe; [φ_{vi}] = Significativo e valorizzato solo in caso di sezione cava.
- φ_{vi}**
- φ_{st}**
- L_r** Per sezione del pilastrò rettangolare e armata simmetricamente, lunghezza, numero di registri, numero di barre e relativo diametro per il lato 1 e 2 della sezione. Se la sezione considerata non è rettangolare e/o simmetricamente armata, tali colonne sono vuote e le informazioni riguardanti l'armatura sono riportate per ciascun lato in apposita casella di testo.
- n_{reg,r}**
- n_{f,r}** φ

Pilastrì (Ca) - Verifiche A Taglio Per Pressoflessione Deviata Allo Slu

Pilastrì (CA) - Verifiche a taglio per pressoflessione deviata allo SLU																
Lv	V _{Ed,3}	V _{Ed,2}	CS	V _{Rcd}		V _{Rsd,s}		V _{Rd,f}		V _{Rd,j}		V _{Rd,s}	A _{sw}		S _{Asw}	R _f
				X	Y	X	Y	X	Y	X	Y					
	[N]	[N]		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[cm ² /cm]	[cm ² /cm]	[cm]	
Pilastrata: Pilastrata 1																
Piano soletta	2.507	12.357	53,72	1054400	1054400	663826	663826	0	0	0	0	-	0,13709	0,13709	11	NO
Piano Terra	26.119	22.264	25,42	1002945	1002945	663826	663826	0	0	0	0	-	0,13709	0,13709	11	NO

LEGENDA:

- Lv** Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale.
- V_{Ed,3}** Taglio di progetto in direzione 3.
- V_{Ed,2}** Taglio di progetto in direzione 2.
- CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
- V_{Rcd}** Resistenza a taglio compressione del calcestruzzo.
- V_{Rsd,s}** Resistenza a taglio trazione delle staffe.

		PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale		COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 85 di 275

Pilastri (CA) - Verifiche a taglio per pressoflessione deviata allo SLU

Lv	V _{Ed,3}	V _{Ed,2}	CS	V _{Rcd}		V _{Rsd,s}		V _{Rd,f}		V _{Rd,j}		V _{Rd,s}	A _{sw}		S _{Asw}	R _f
				X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		X	Y		
	[N]	[N]		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[cm ² /cm]	[cm ² /cm]	[cm]	

V_{Rd,f} Resistenza a taglio dovuta al rinforzo FRP.
V_{Rd,j} Contributo acciaio al Taglio ultimo dovuto all'incamiciatura in acciaio.
V_{Rd,s} Resistenza a taglio per scorrimento.
A_{sw} Area delle staffe per unità di lunghezza.
S_{Asw} Passo massimo staffe da normativa.
R_f [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

Pilastri - Verifiche Delle Tensioni Di Esercizio (Elevazione)

Pilastri - verifiche delle tensioni di esercizio

Lv	T _{prnf}	Compressione calcestruzzo							Trazione acciaio									
		Compressione calcestruzzo rinforzo							Trazione acciaio/FRP rinforzo									
		IdCmb	σ _{cc}	σ _{cd,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato	IdCmb	σ _{at}	σ _{td,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato	
Pilastrata: Pilastrata 1																		
Piano soletta																		
		RAR	2,432	19,92	647.966	-9.670	-	8.19	SI	RAR	0,000	360,00	-	-	-	-	SI	
		QPR	2,415	14,94	642.366	-9.783	18.629	6.18	SI									
Piano Terra																		
		RAR	1,171	19,92	281.844	14.640	2.115	17.00	SI	RAR	0,766	360,00	3.522	1.380	-	1.471	NS	SI
		QPR	1,162	14,94	279.320	14.544	2.111	12.85	SI									

LEGENDA:

- Lv** Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti del pilastro al livello considerato.
- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- IdCmb** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ_{cc}** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo.
- σ_{cd,amm}** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- N_{Ed}, M_{Ed,3}, M_{Ed,2}** Sollecitazioni di progetto.
- σ_{at}** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ_{td,amm}** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (= σ_{cd,amm}/σ_{cc} ; σ_{td,amm}/σ_{at}). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).
- Verificato** [SI] = σ_{cc} ≤ σ_{cd,amm}; σ_{at} ≤ σ_{td,amm}. [NO] = σ_{cc} > σ_{cd,amm}; σ_{at} > σ_{td,amm}.

Pilastri - Verifica Allo Stato Limite Di Fessurazione (Elevazione)

Pilastri - verifica allo stato limite di fessurazione

Lv	IdCmb	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	σ _{ct,f}	σ _t	ε _{sm}	A _e	Δ _{sm}	W _d	W _{amm}	CS	Verificato	
														[N]
Pilastrata: Pilastrata 1														
Piano soletta														
			AA= PCA											
		FRQ	599.168	-3.875	26.564	-0,81	2,58	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	599.166	-3.886	26.554	-0,81	2,58	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
Piano Terra														
			AA= PCA											
		FRQ	3.495	1.365	-1.456	0,06	2,58	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	3.485	1.359	-1.449	0,06	2,58	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI

LEGENDA:

- Lv** Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti del pilastro al livello considerato.

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	86 di 275

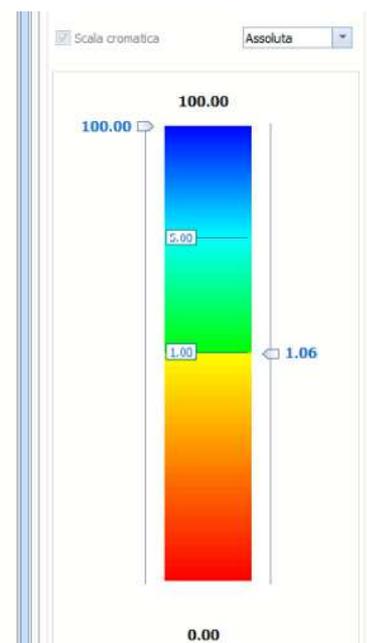
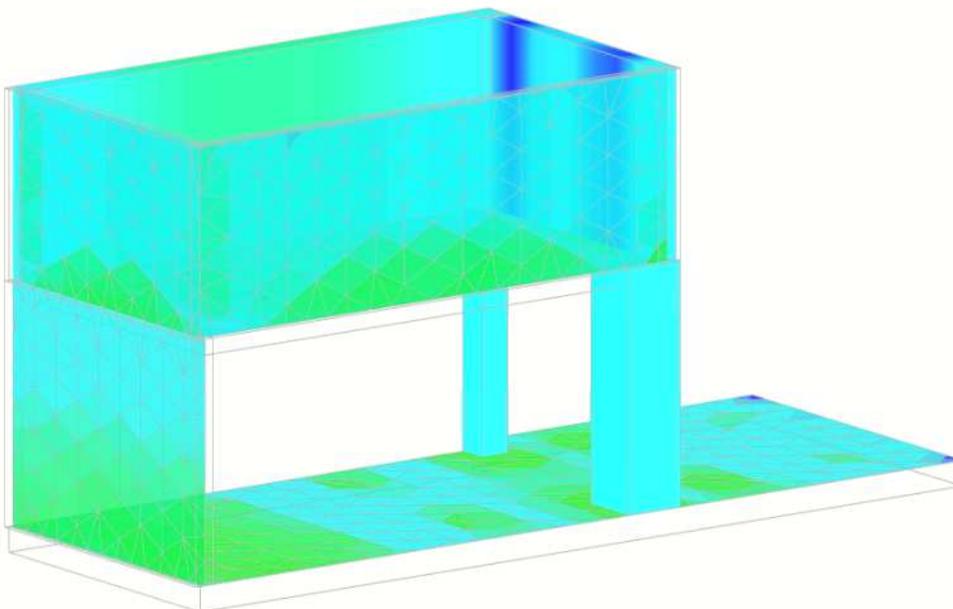
Pilastri - verifica allo stato limite di fessurazione

Lv	Id _{Cmb}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	σ _{ct,f}	σ _t	ε _{sm}	A _e	Δ _{sm}	W _d	W _{amm}	CS	Verificato
		[N]	[N·m]	[N·m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[cm ²]	[mm]	[mm]	[mm]		
AA	Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".												
Id_{Cmb}	Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.												
N_{Ed}, M_{Ed,3}, M_{Ed,2}	Sollecitazioni di progetto.												
σ_{ct,f}	Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ _t la sezione è soggetta a fessurazione. N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione.												
σ_t	Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].												
ε_{sm}	Deformazione unitaria media delle barre di armatura.												
A_e	Area efficace del calcestruzzo teso.												
Δ_{sm}	Distanza media tra le fessure.												
W_d	Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.												
W_{amm}	Valore ammissibile di apertura delle fessure.												
CS	Coefficiente di Sicurezza (=W _d / W _{amm}). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W _d = 0).												
Verificato	[SI] = W _d ≤ W _{amm} ; [NO] = W _d > W _{amm}												

6.7.4 Verifiche pareti strutturali

Per la verifica degli elementi shell si riportano le immagini esemplificative delle sollecitazioni e dei coefficienti di sicurezza risultanti:

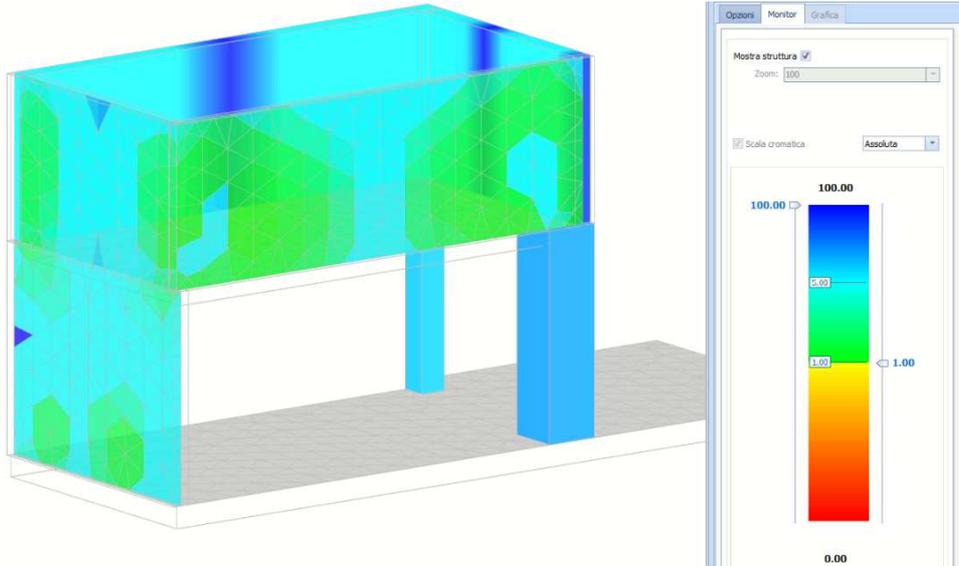
Verifica a flessione SLU



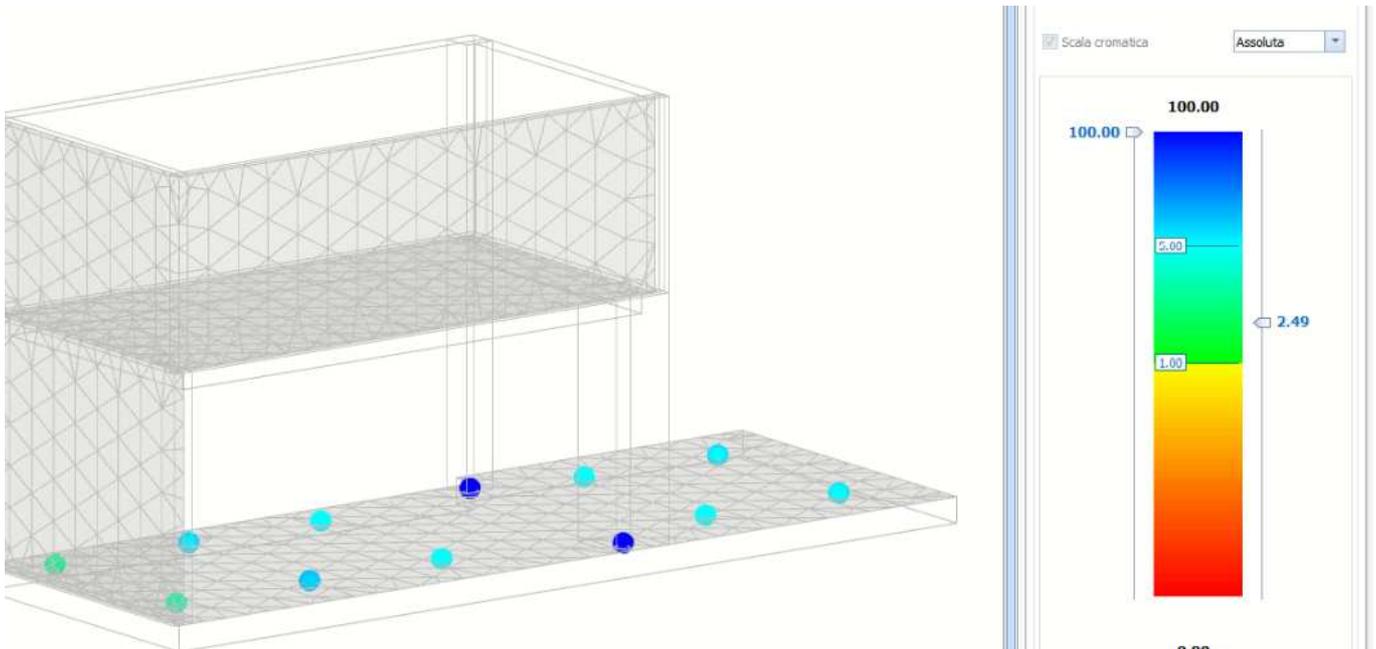
Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	87 di 275

Verifica a taglio SLU



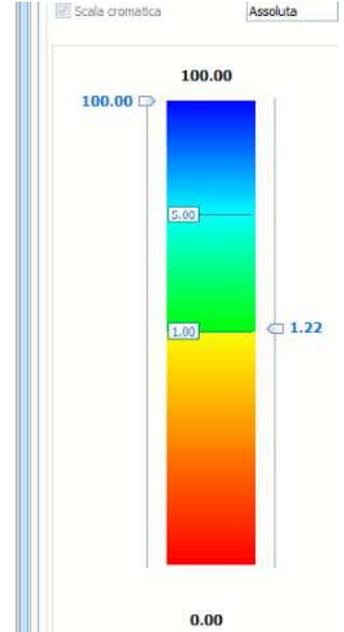
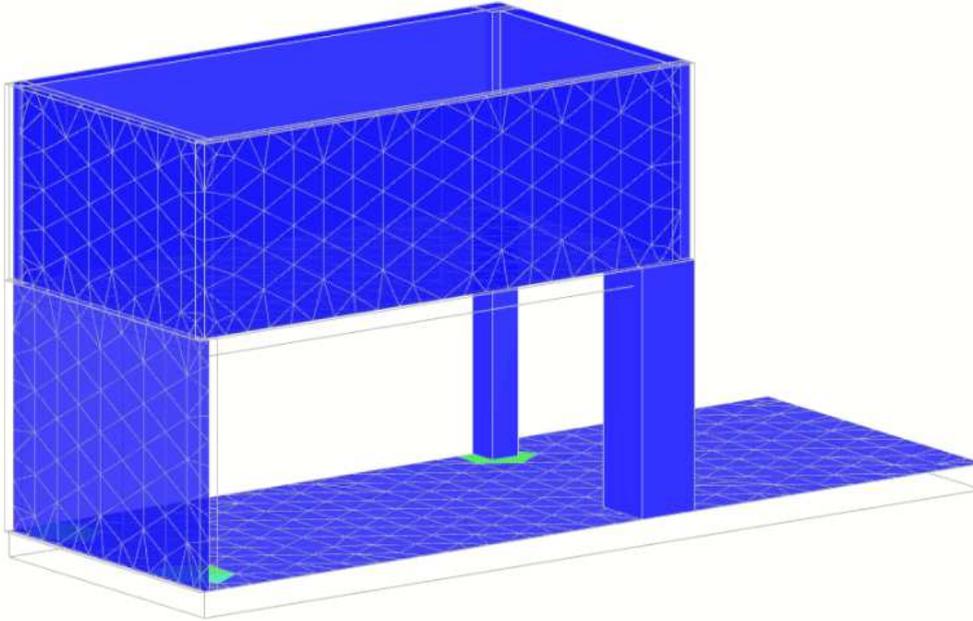
Verifica a Punzonamento



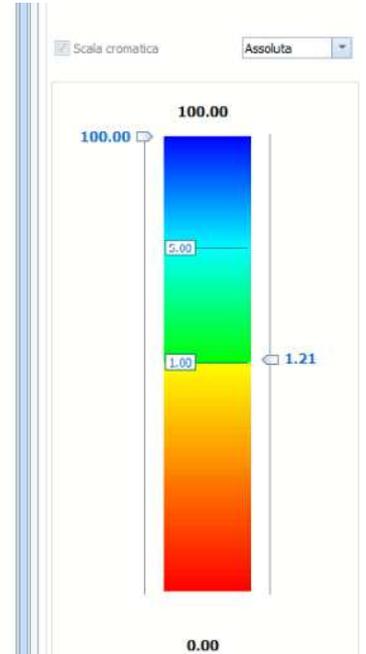
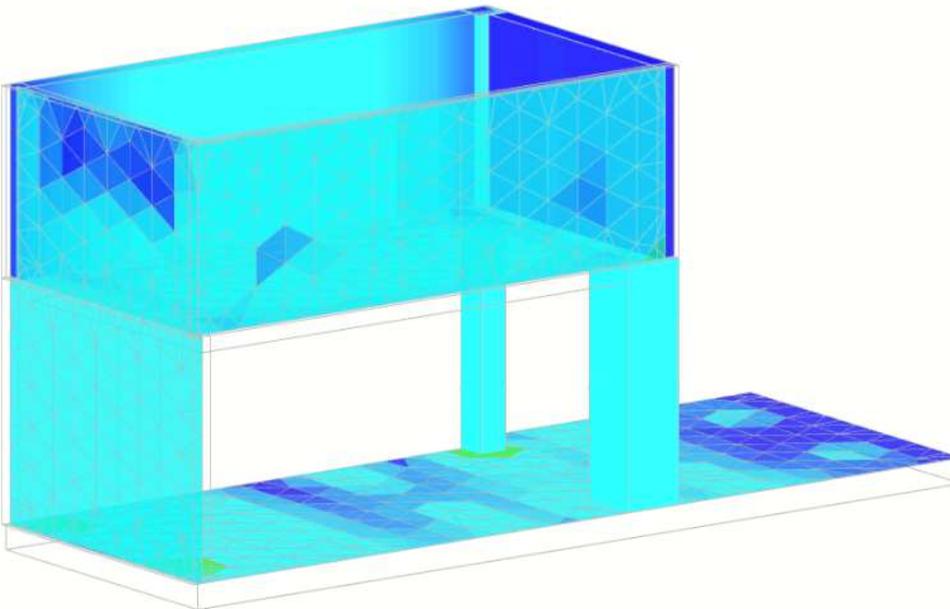
Verifica a Fessurazione SLE

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	88 di 275



Verifica alle tensioni di esercizio SLE



	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">89 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	89 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	89 di 275								

FA14B - TETTOIA IN ACCIAIO

6.8 Definizione della classe di esecuzione

Come previsto dall' Eurocodice 3, si procede alla definizione della classe di esposizione di riferimento per la struttura:

classe di conseguenza

la definizione della classe di conseguenza fa riferimento all'Eurocodice 0, alla TAB. B.1 dell'All. B

Definizione delle classi di conseguenze: (CC Conseguenze Class).

Classe di conseguenze	Descrizione	Esempi di edifici e di opere di ingegneria civile
CC3	Elevate conseguenze per perdita di vite umane, o conseguenze molto gravi in termini economici, sociali o ambientali	<ul style="list-style-type: none"> • Gradinate di impianti sportivi • Edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono alte (es. sale da concerti) • Ponti Ferroviari • etc...
CC2	Conseguenze medie per perdita di vite umane, conseguenze considerevoli in termini economici, sociali o ambientali	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Edifici residenziali e per uffici</i> ▪ <i>Edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono medie (es. edificio di uffici)</i> ▪ <i>Edifici industriali</i>
CC1	Conseguenze basse per perdite di vite umane, e conseguenze modeste o trascurabili in termini economici, sociali o ambientali	<ul style="list-style-type: none"> • Costruzioni agricole, nei quali generalmente nessuno entra (es. serre) • Magazzini per sostanze non pericolose e nei quali l'accesso del personale sia assolutamente limitato
CC1=BASSA CC2=STANDARD CC3=ALTA		

Categoria di produzione:

Definizione della categoria di produzione: (PC Production Categories).

Categoria	Parametri
PC1	<ul style="list-style-type: none"> • Componenti non saldati fabbricati con qualsiasi classe di acciaio • componenti saldati fabbricati con classe di acciaio inferiore all S355 (=S275max)
PC2	<ul style="list-style-type: none"> • Componenti saldati fabbricati con classe di acciaio uguale o superiore alla S355 • Componenti essenziali per l'integrità strutturale che vengono assemblati in situ mediante saldatura • componenti prodotti a caldo o che ricevono trattamenti termici durante la produzione
PC1 < S355 (=S275) PC2 ≥ S355	

Categoria di servizio

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">90 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	90 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	90 di 275								

Definizione delle classi di servizio: (SC Service Categories).

Categoria	Parametri
SC1	<ul style="list-style-type: none"> • Strutture e componenti progettati soltanto per azioni quasi statiche • Strutture e componenti le cui connessioni sono progettate per l'azione sismica in regioni con bassa sismicità e classe di duttilità DCL. • Strutture e componenti progettati per azioni a fatica da carroponti/gru meccanici (classe S₀)
SC2	<ul style="list-style-type: none"> • Strutture e componenti progettati per la resistenza a fatica in accordo alla EN 1993 (es. ponti stradali e ferroviari, gru, carriponte classi da S₁ a S₉) • Strutture suscettibili a vibrazione da vento, folla o macchinari in rotazione • <i>Strutture e componenti progettati per l'azione sismica in regioni con media o alta sismicità ed in classe di duttilità DCM o DCH</i>

DCL,DCM, DCH: classi di duttilità in accordo alla EN 1998-1 (eurocodice-8)
SC1= carico statico SC2=sollecitazione a fatica

Definizione della classe di esecuzione mediante la matrice seguente:

Matrice raccomandata per la determinazione delle classi di esecuzione

Classi di importanza		CC1		CC2		CC3	
Categorie di servizio:		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Categorie di produzione	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^{a)}	EXC3 ^{a)}
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^{a)}	EXC4

a) EXC4 dovrebbe essere applicato a strutture speciali o strutture con conseguenze estreme di cedimento strutturale, come richiesto dalle disposizioni nazionali.

La classe di esecuzione della struttura è **EXC2**

6.9 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

Si considerano sulla struttura le azioni elementari elencate di seguito:

- peso proprio della struttura e della costruzione;
- sovraccarichi permanenti;
- sovraccarichi accidentali: carico dovuto all'azione della neve e del vento; carico dovuto alla sola manutenzione della copertura;

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>91 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	91 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	91 di 275								

- variazioni termiche;

Per il calcolo dell'azione eccezionale del sisma si rimanda alla successiva analisi sismica della struttura.

6.9.1 *Peso Proprio Degli Elementi Strutturali G1*

I pesi propri strutturali sono calcolati in automatico dal programma di calcolo strutturale sulla base degli input parametrici delle caratteristiche dei materiali utilizzati. Il peso specifico dell'acciaio è assunto pari a 80kN/m³.

6.9.2 *Sovraccarichi Permanenti G2*

Solaio di Copertura – Tettoia in carpenteria metallica. - Carichi permanenti non strutturali

Travi secondarie IPE270 interasse 1m	36,1 Kg/m	Travi/m	1	0,361	kN/m ²
Graticcio in acciaio Zincato	0,1 KN/m ²			0,10	kN/m ²
Pannelli fotovoltaici	0,25 KN/m ²			0,16	kN/m ²
Carico totale al metro quadrato:				0,621	kN/m²

6.9.3 *Sovraccarichi Accidentali Q*

Carico per copertura non praticabile (Cat H par.3.1.4-DM 14.1.2018):

Coperture accessibile sono per manutenzione (par.3.1.4-DM 14.1.2018)	0,5 kN/m ²
--	-----------------------

6.9.4 *Azione del vento, neve e termica*

Per le sopracitate azioni ci si riferisca al §6.1.4 , §6.1.5 e 6.1.6 della presente relazione.

6.10 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Per il calcolo dell'azione sismica si faccia riferimento al §6.2 della presente relazione.

6.11 COMBINAZIONI DI CARICO

Per il calcolo delle combinazioni di carico si faccia riferimento al §6.3 della presente relazione.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>92 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	92 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	92 di 275								

6.12 CRITERI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

Per i criteri si faccia riferimento al §6.4 della presente relazione.

6.13 MODELLO STRUTTURALE

Per quanto riguarda l'intelaiatura in acciaio posta sulla copertura dell'edificio, è stato eseguito un modello apposito con il medesimo programma e i medesimi criteri sopra descritti.

Si riportano le immagini della modellazione delle aste nelle Figure seguenti.

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	93 di 275

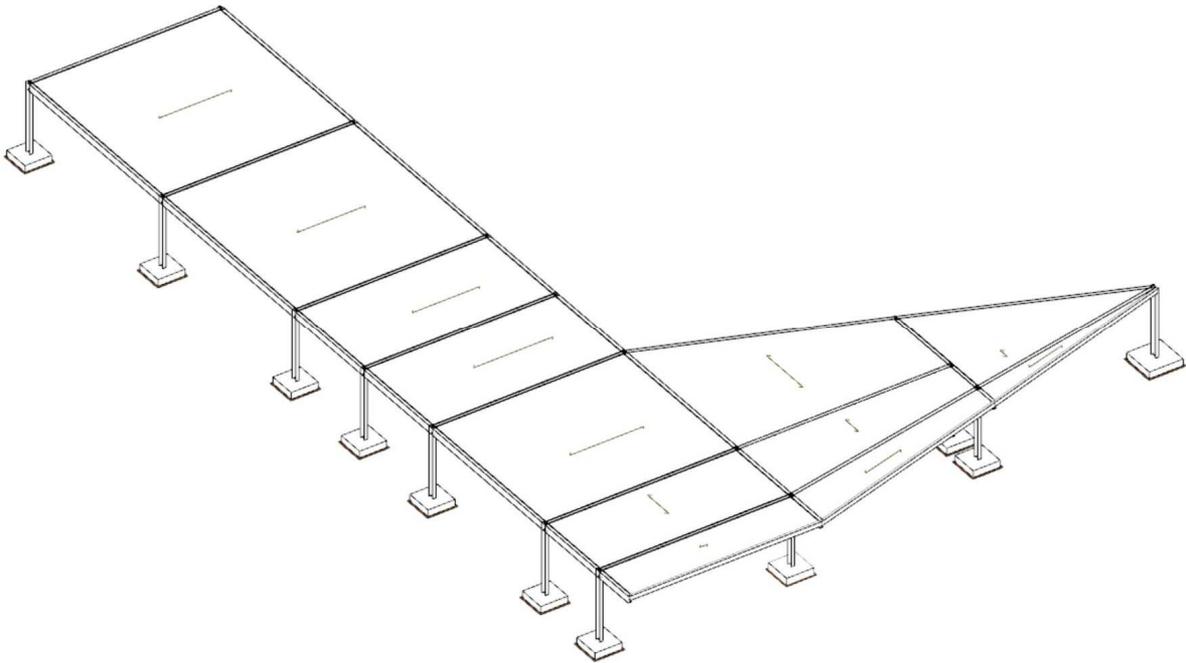


Figura 21: Vista assonometrica di riferimento del modello di analisi

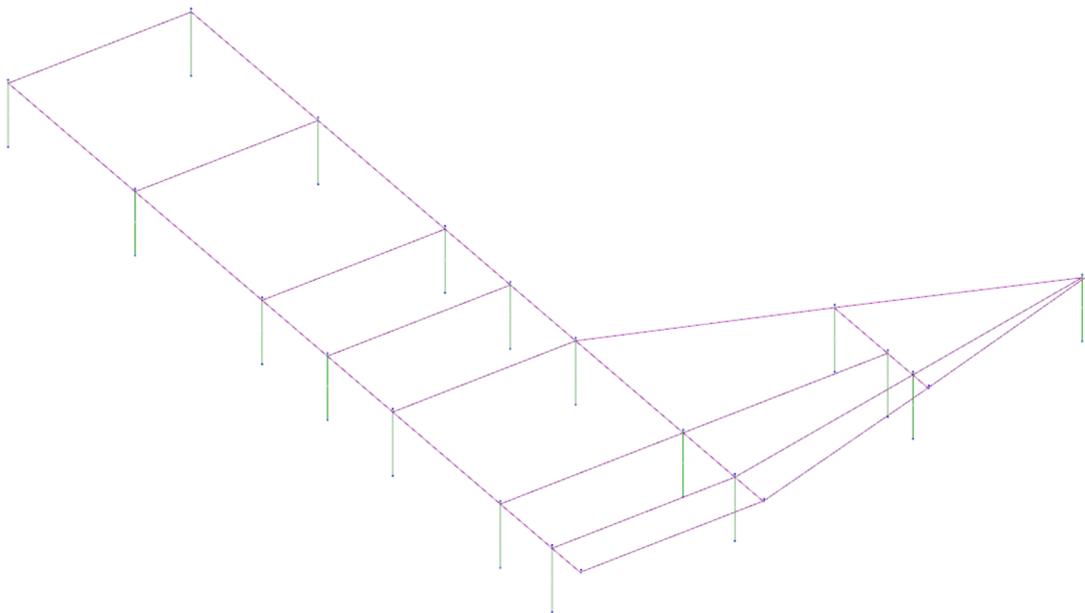


Figura 22: Schema statico di riferimento del modello di analisi

Si forniscono di seguito le indicazioni relative alla numerazione dei nodi e delle aste del modello di analisi.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>94 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	94 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	94 di 275								

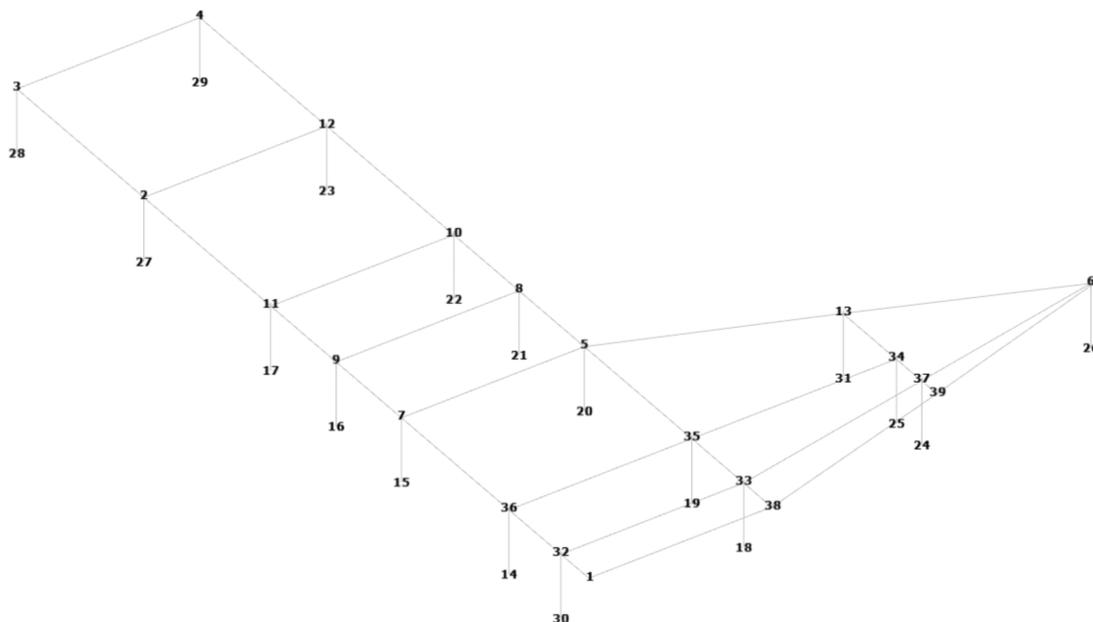


Figura 23: Numerazione dei nodi del modello di analisi – Vista 3D

6.14 ANALISI DEI RISULTATI: DEFORMATE E SOLLECITAZIONI

Si esibiscono di seguito i risultati dell'analisi strutturale condotta sul modello globale della struttura, per mezzo del software di calcolo descritto in precedenza.

6.14.1 Modi propri di vibrazione e deformazioni sismiche

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di risposta modale; sono stati analizzati 15 modi di vibrazione, in particolare si riporta di seguito il riepilogo dei principali dati estrapolati dal calcolo nei confronti dell'analisi sismica e le grandezze caratterizzanti i primi tre modi di vibrazione della struttura e la deformata corrispondente al primo modo:

Dir	M_{Str}	M_{SLU}	$M_{Ecc,SLU}$	M_{SLD}	$M_{Ecc,SLD}$	$\%T.M_{Ecc}$	$SV_{Ed,SLU}$
	[N·s ² /m]	[%]	[N]				
X	609.226	200.643	200.643	200.643	200.643	100,00	59.234
Y	609.226	200.643	200.643	200.643	200.643	100,00	117.451
Z	609.226	0	0	0	0	100,00	0

LEGENDA:

- Dir** Direzione del sisma.
- M_{Str}** Massa complessiva della struttura.
- M_{SLU}** Massa eccitabile allo SLU.

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	95 di 275

Dir	M_{Str}	M_{SLU}	$M_{Ecc,SLU}$	M_{SLD}	$M_{Ecc,SLD}$	%T. M_{Ecc}	$SV_{Ed,SLU}$
	[N·s ² /m]	[%]	[N]				

- $M_{Ecc,SLU}$ Massa Eccitata dal sisma allo SLU.
- M_{SLD} Massa eccitabile della struttura allo SLD, nelle direzioni X, Y, Z.
- $M_{Ecc,SLD}$ Massa Eccitata dal sisma allo SLD.
- %T. M_{Ecc} Percentuale Totale di Masse Eccitate dal sisma.
- $SV_{Ed,SLU}$ Tagliante totale, alla base, per sisma allo SLU.

PRINCIPALI ELEMENTI ANALISI SISMICA: ROTAZIONE TORSIONALE

PRINCIPALI ELEMENTI ANALISI SISMICA: rotazione torsionale

$M_{T,SLU}$	$M_{T,Ecc,SLU}$	$M_{T,SLD}$	$M_{T,Ecc,SLD}$	%T. $M_{T,Ecc}$
[kN·s ² ·m]	[kN·s ² ·m]	[kN·s ² ·m]	[kN·s ² ·m]	[%]
448.119	147.897	448.119	147.897	33,00

LEGENDA:

- $M_{T,SLU}$ Massa eccitabile allo SLU.
- $M_{T,Ecc,SLU}$ Massa Eccitata dal sisma allo SLU.
- $M_{T,SLD}$ Massa eccitabile della struttura allo SLD, nelle direzioni X, Y, Z.
- $M_{T,Ecc,SLD}$ Massa Eccitata dal sisma allo SLD.
- %T. $M_{T,Ecc}$ Percentuale Totale di Masse Eccitate dal sisma.

Di seguito si riportano le immagini riepilogative della risposta delle due strutture ai modi di vibrazione individuati

Modo 1
Periodo T = 0.866s
P.M.EccX = 100.00%
P.M.EccY = 0.00%
P.M.EccZ = 0.00%
P.M.EccTrs = 0.01%

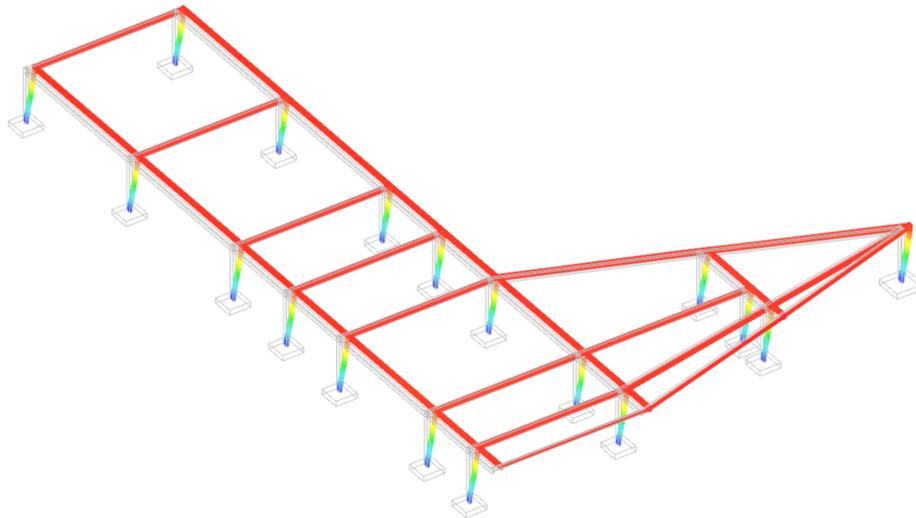


Figura 24: Modo di vibrazione 1

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	96 di 275

Modo 2
 Periodo T = 0.355s
 P.M.EccX = 0.00%
 P.M.EccY = 99.79%
 P.M.EccZ = 0.00%
 P.M.EccTrs = 0.00%

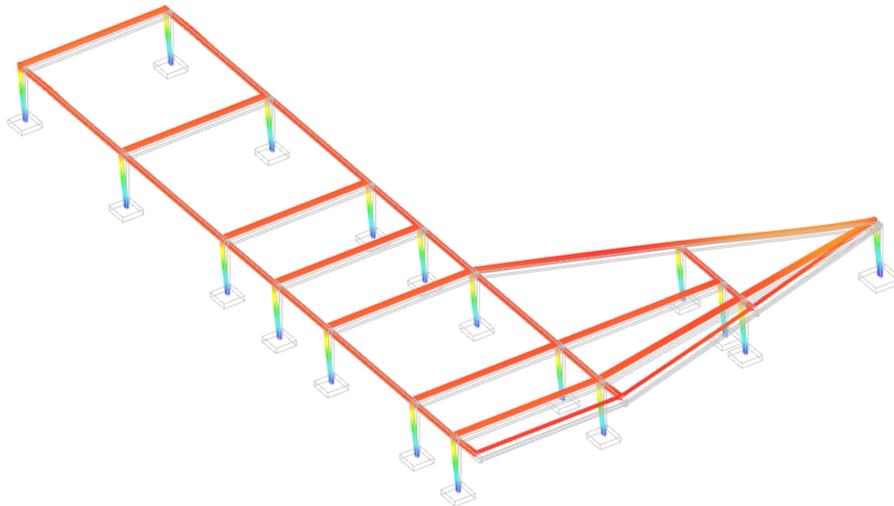


Figura 25: Modo di vibrazione 2

Modo 3
 Periodo T = 0.126s
 P.M.EccX = 0.00%
 P.M.EccY = 0.12%
 P.M.EccZ = 0.00%
 P.M.EccTrs = 0.00%

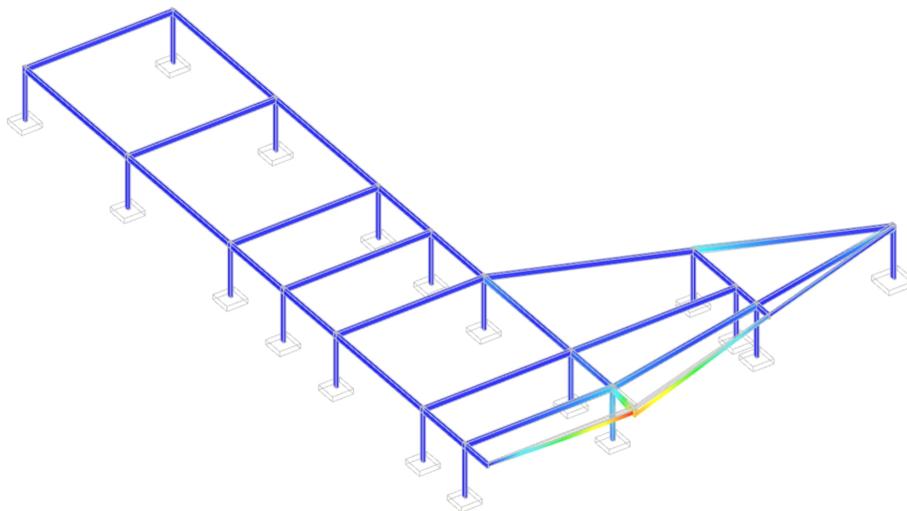


Figura 26: Modo di vibrazione 3

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>97 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	97 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	97 di 275								

6.14.1 *Spostamenti massimi*

Si riportano di seguito i principali spostamenti risultanti dal sisma, per le due direzioni orizzontali ortogonali, espressi in centimetri

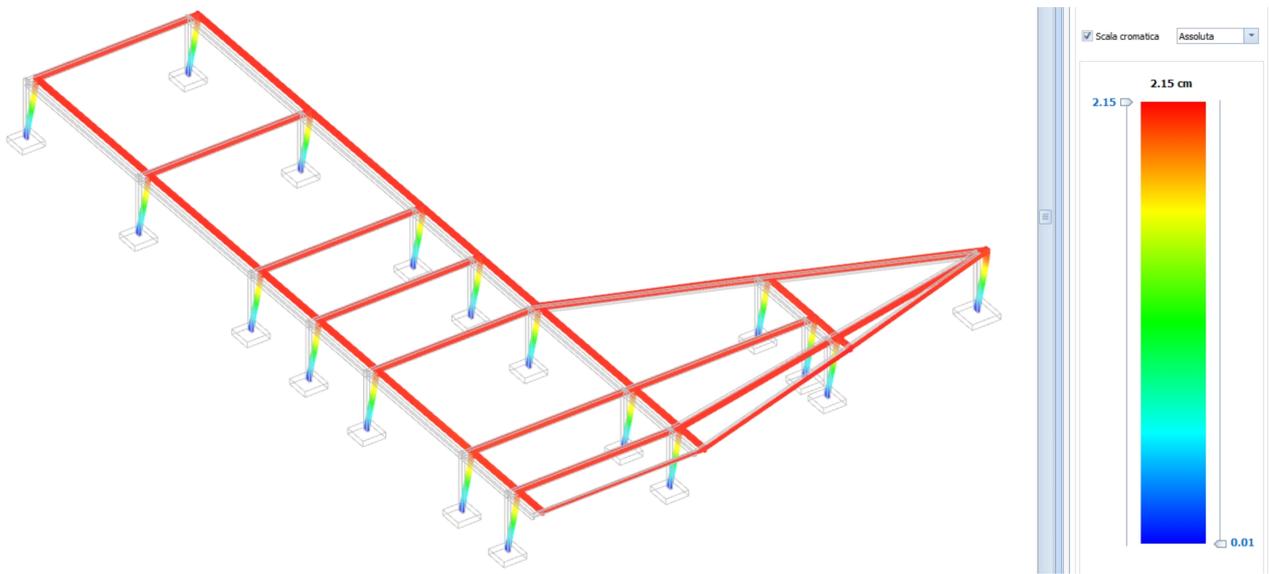


Figura 27: *Spostamenti massimi allo SLU direzione X – 2.15cm*

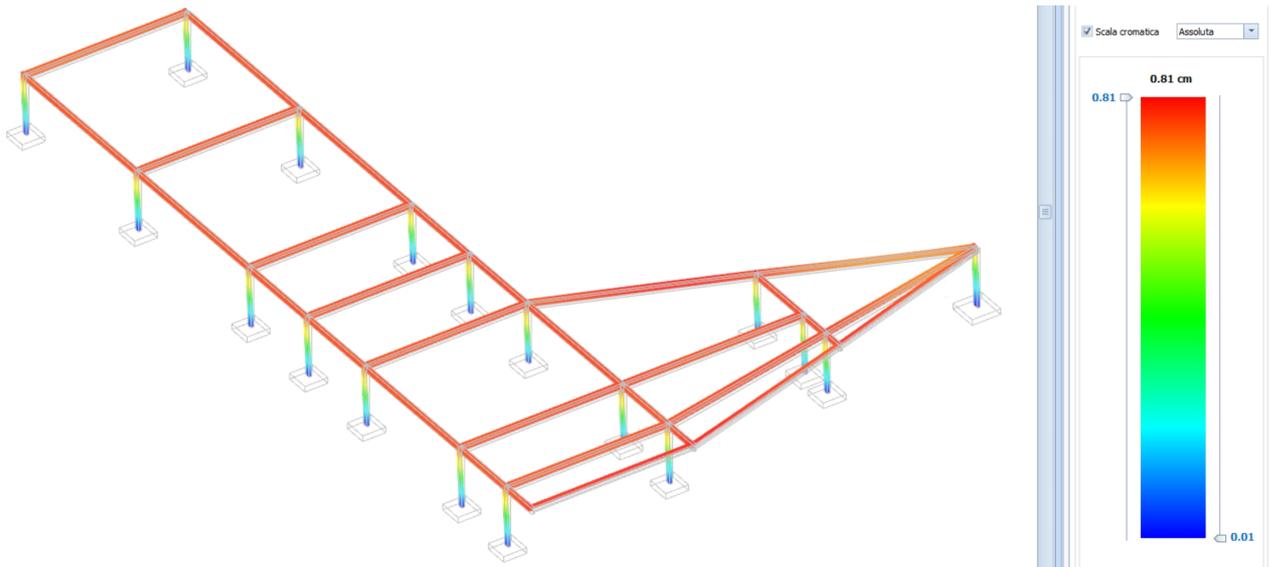


Figura 28: *Spostamenti massimi allo SLU direzione Y – 0.81cm*

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>98 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	98 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	98 di 275								

6.14.2 *Deformazioni statiche*

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di spostamenti degli elementi strutturali per soli carichi statici, estrapolati dal modello nella combinazione di carico con coefficienti moltiplicativi unitari. Gli spostamenti ottenuti si ritengono accettabili.

FA01A – Deformazioni Ai Carichi Statici

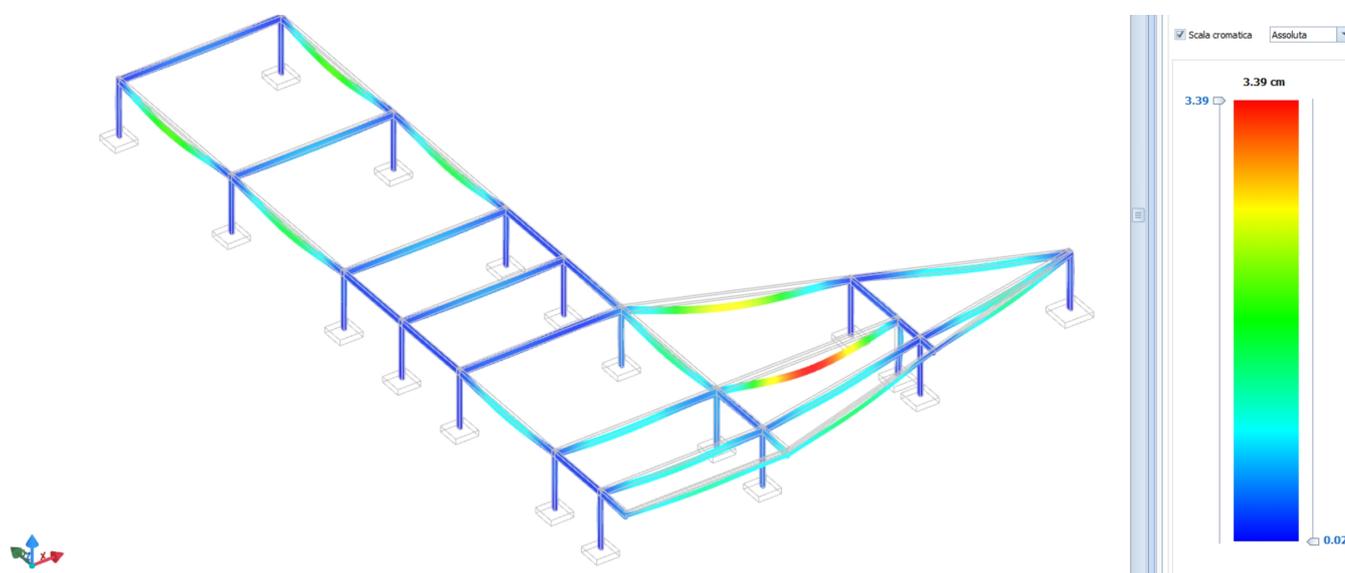


Figura 29: Spostamenti della struttura per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

6.14.3 *Sollecitazioni*

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni degli elementi strutturali per soli carichi statici, estrapolati dal modello nella combinazione di carico con coefficienti moltiplicativi unitari.

FA01B – Sollecitazioni ai carichi statici

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	99 di 275

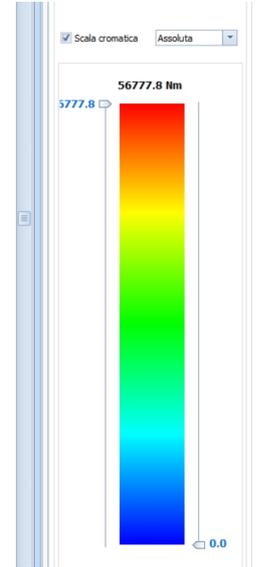
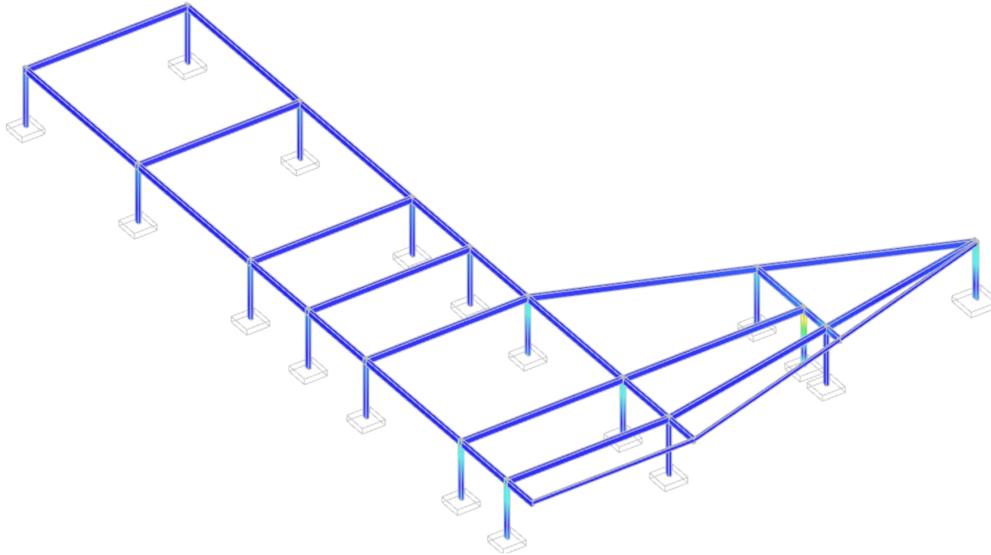


Figura 30: Momenti flettenti intorno a asse 2 per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

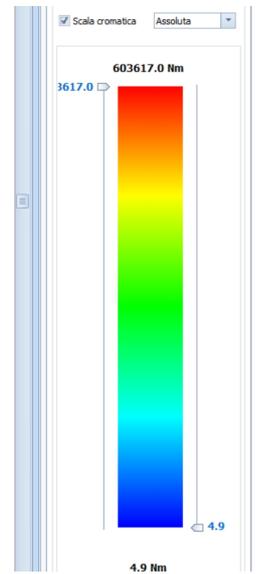
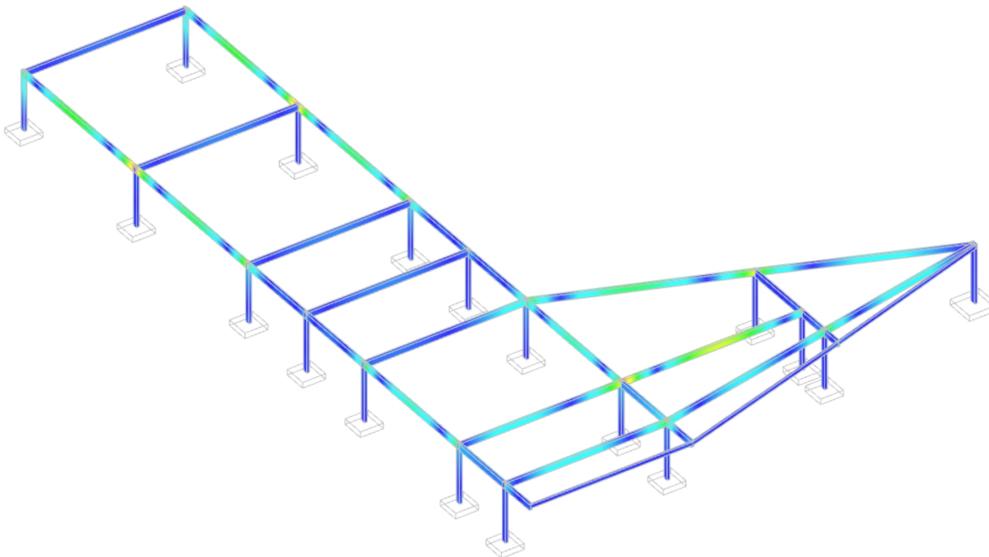


Figura 31: Momenti flettenti per soli carichi statici intorno a asse 3 (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	100 di 275

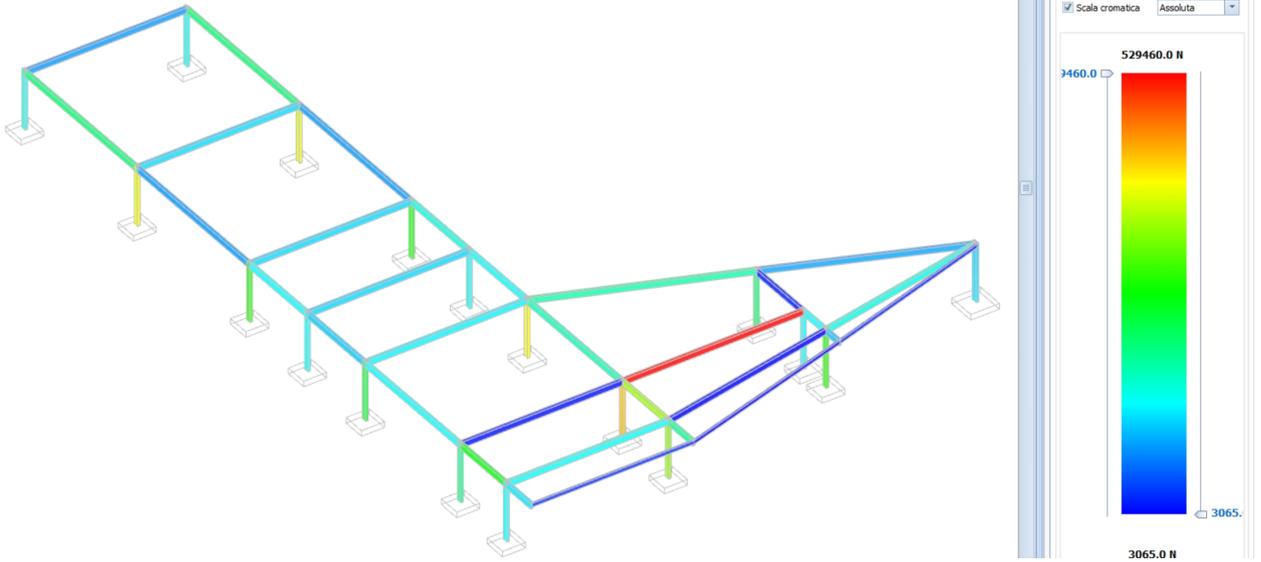


Figura 32: Sforzo normale per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

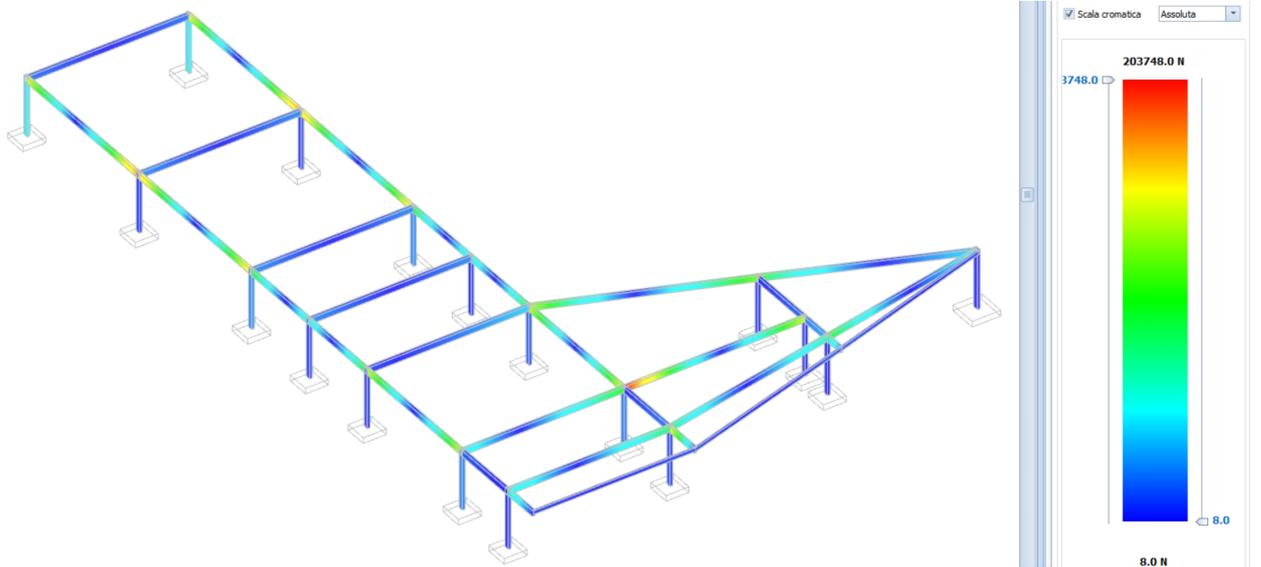


Figura 33: Sforzo di taglio per soli carichi statici direzione 1 (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	101 di 275

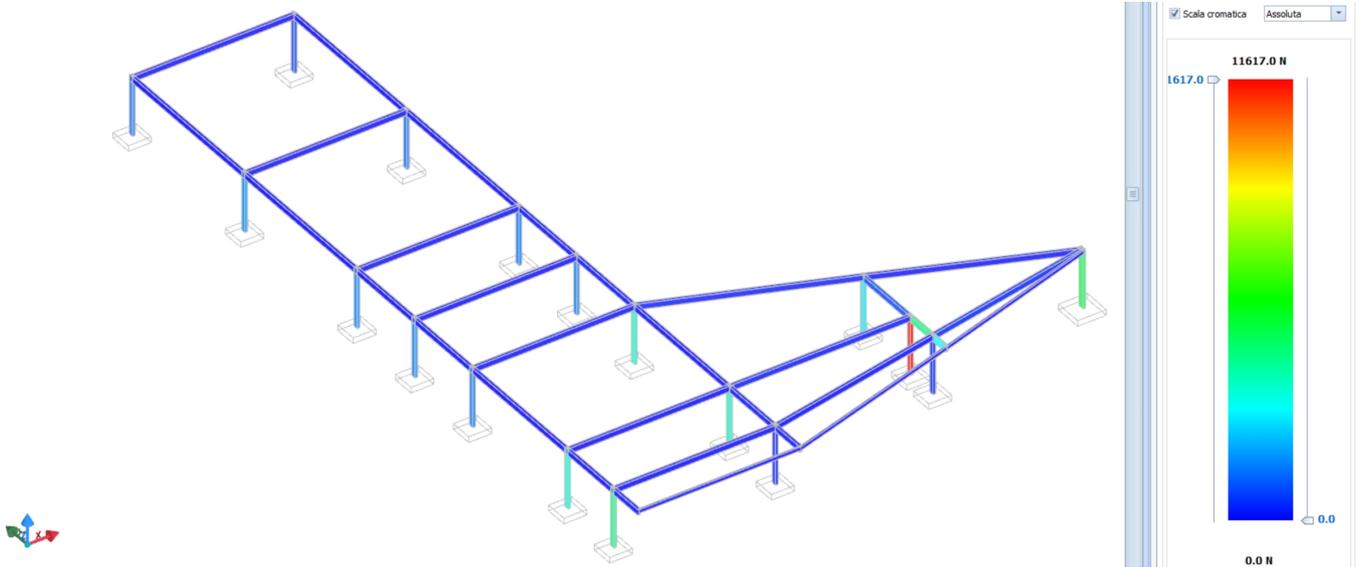


Figura 34: Sforzo di taglio per soli carichi statici direzione 2 (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni degli elementi strutturali per le combinazioni sismiche:

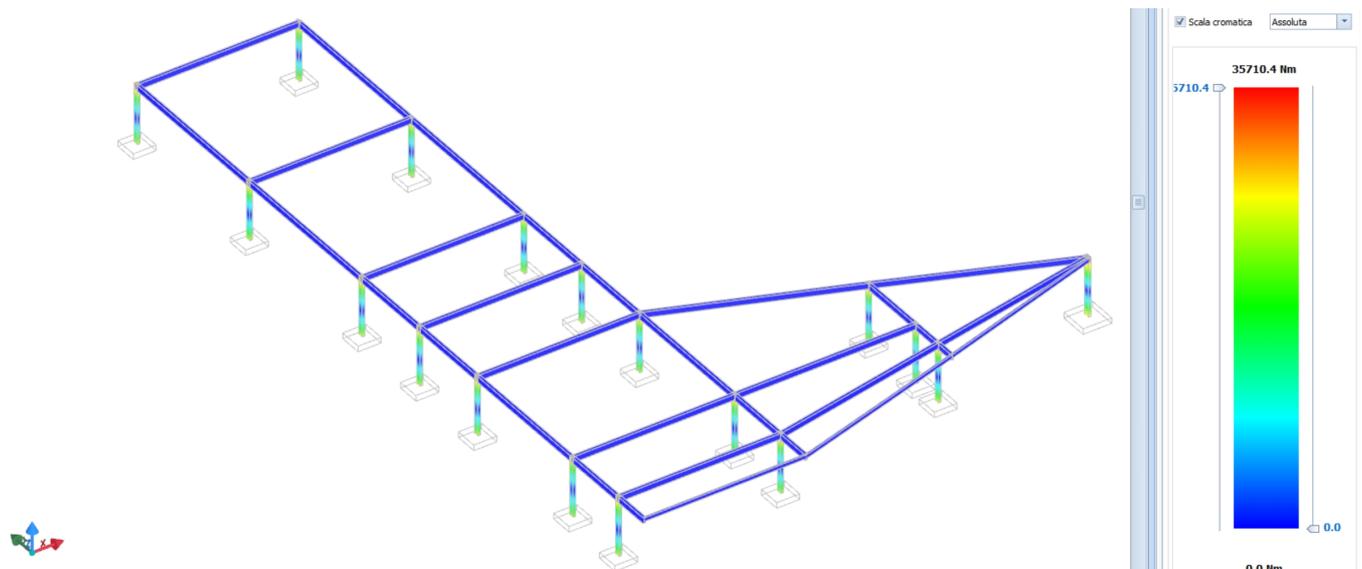
FA01A – Sollecitazioni ai carichi per effetto del sisma


Figura 35: Momenti flettenti intorno a asse 2 sisma X

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	102 di 275

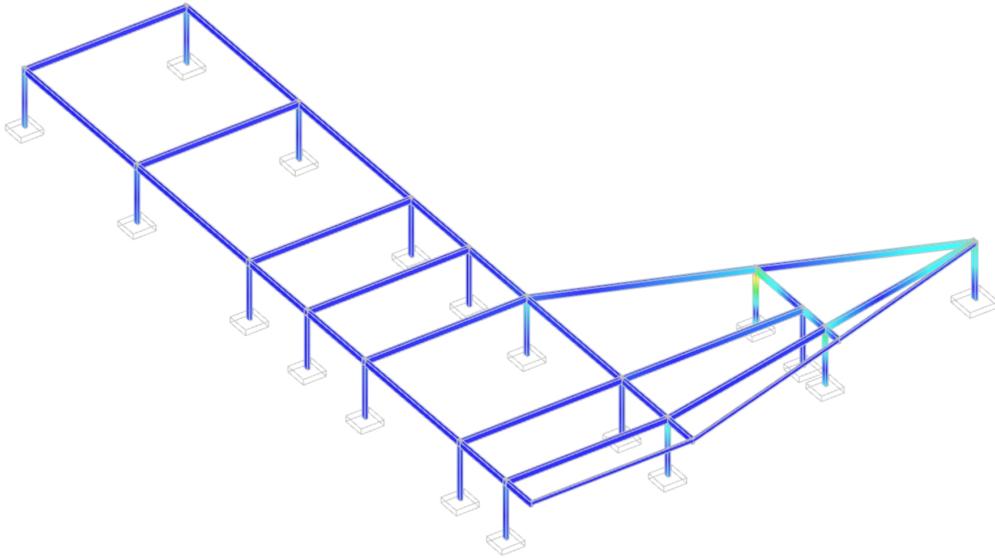


Figura 36: Momenti flettenti intorno a asse 2 sisma Y

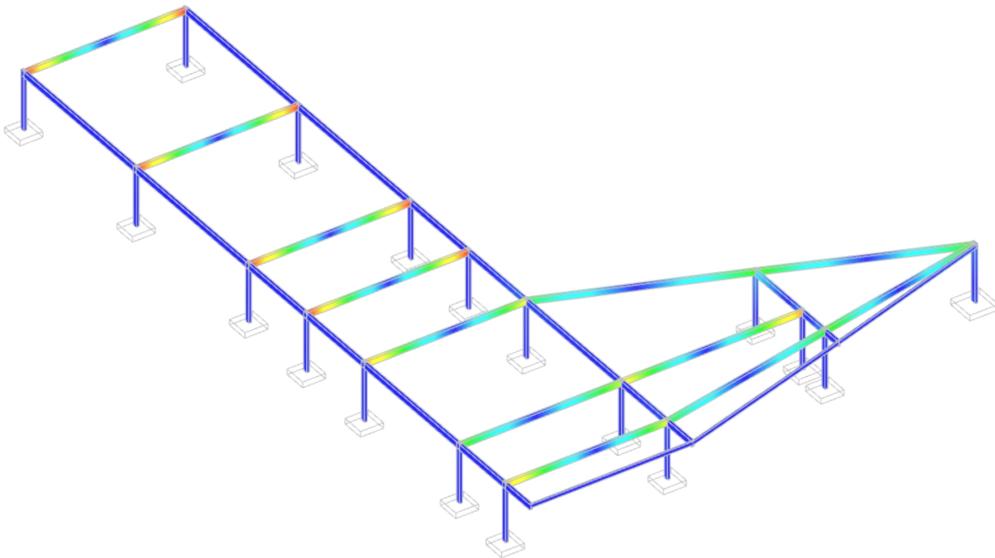


Figura 37: Momenti flettenti intorno a asse 3 sisma X

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	103 di 275

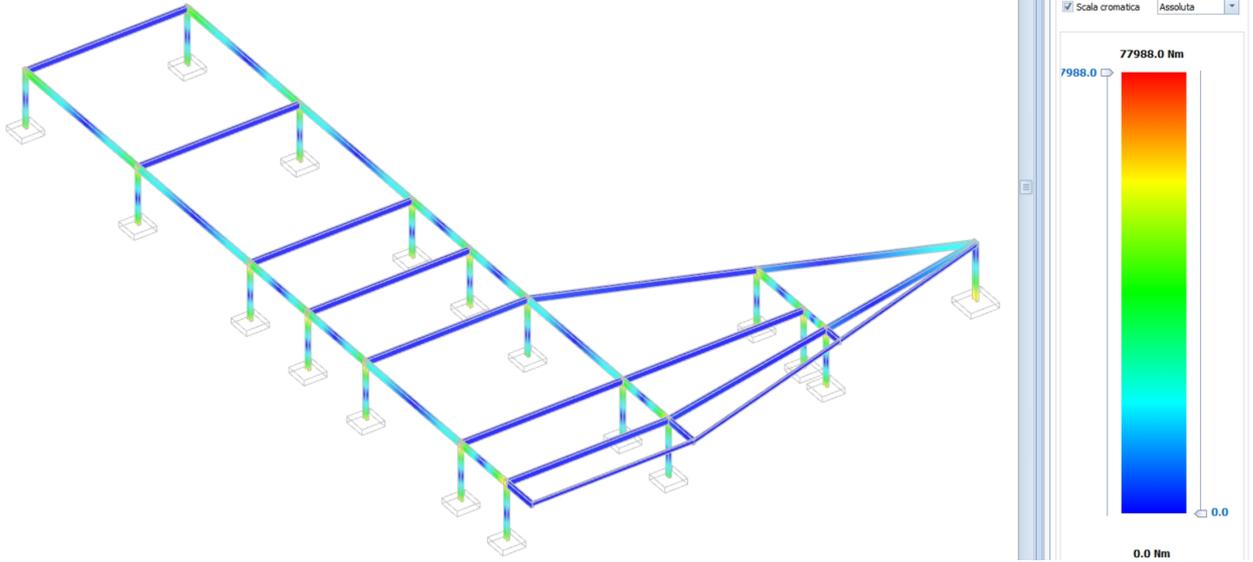


Figura 38: Momenti flettenti intorno a asse 3 sisma Y

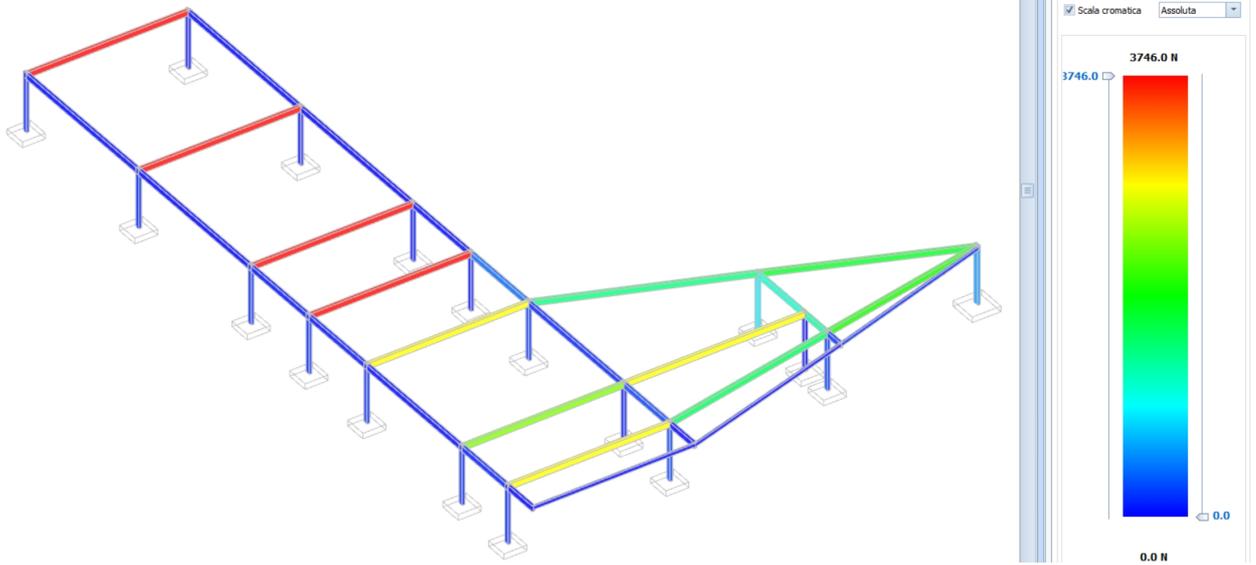


Figura 39: Taglio in direzione 1 sisma X

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	104 di 275

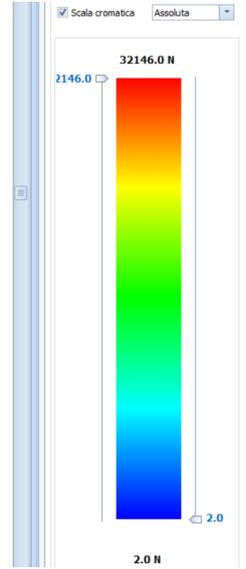
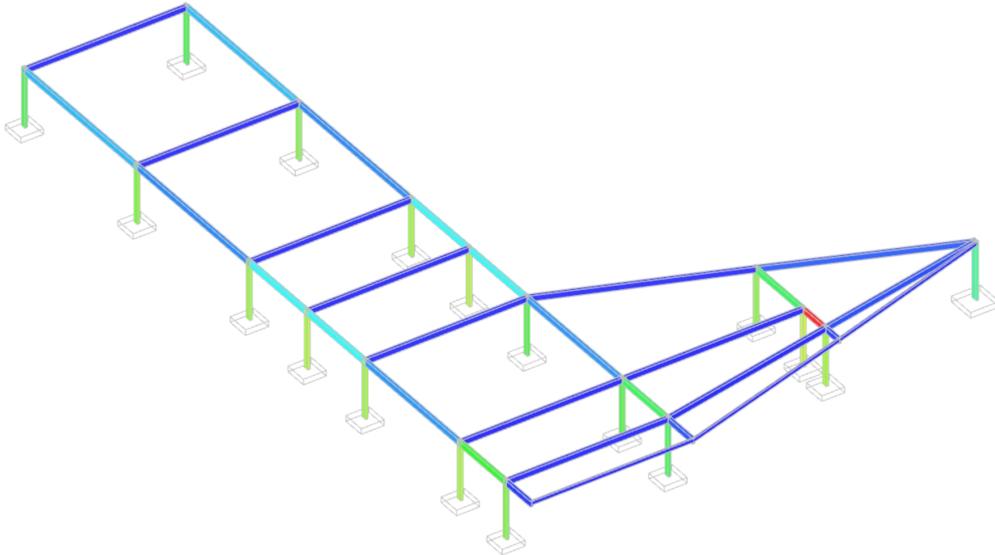


Figura 40: Taglio in direzione 1 sisma Y

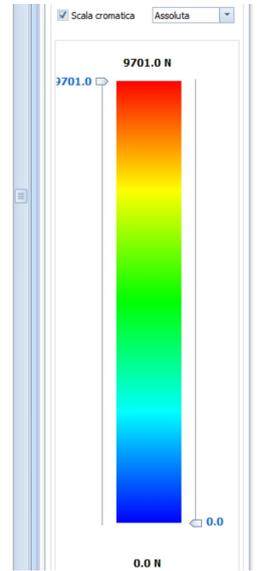
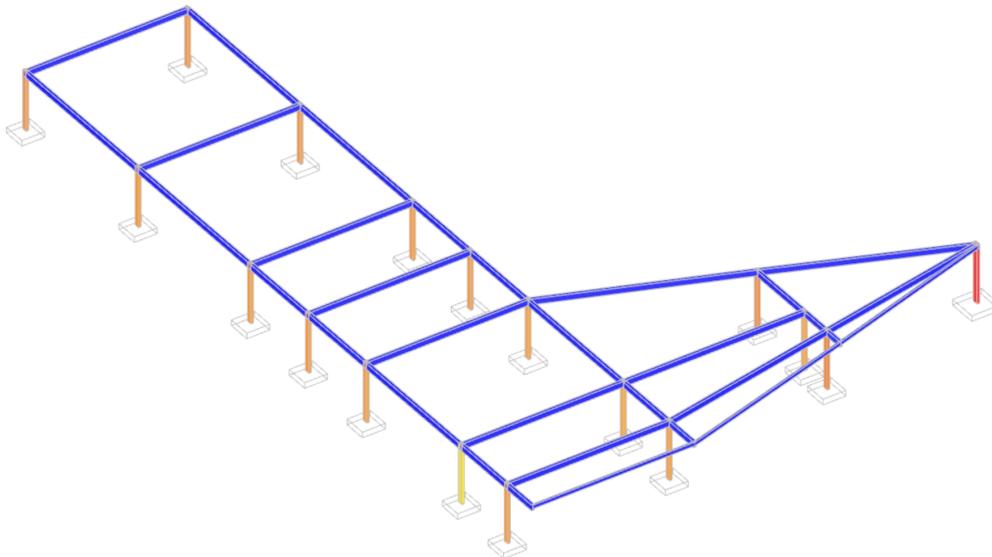


Figura 41: Taglio in direzione 2 sisma X

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	105 di 275

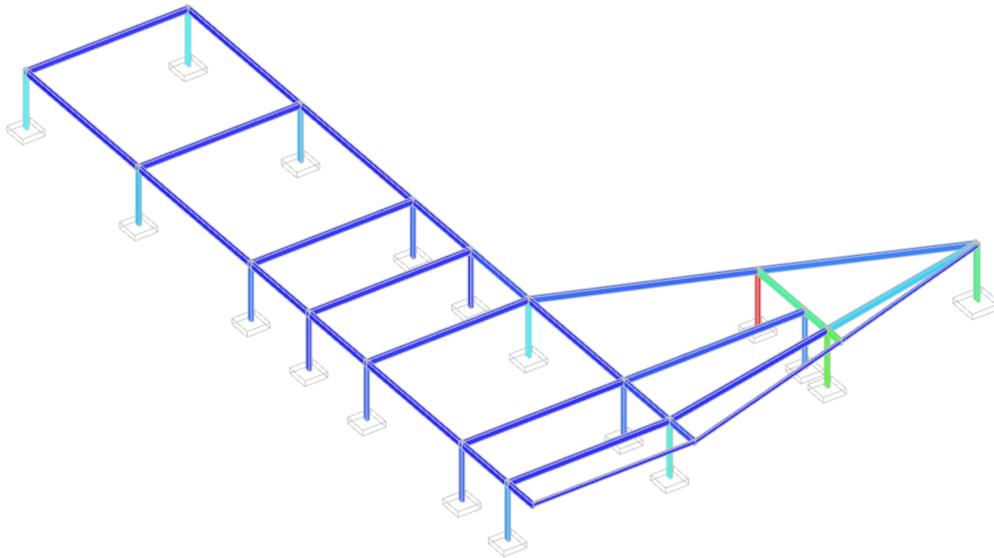


Figura 42: Taglio in direzione 2 sopra Y

6.15 FA14B - VERIFICHE STRUTTURALI

6.15.1 Edificio – Dati generali analisi sismica

Dir	M _{Str} [N·s ² /m]	M _{SLU} [N·s ² /m]	M _{Ecc,SLU} [N·s ² /m]	M _{SLD} [N·s ² /m]	M _{Ecc,SLD} [N·s ² /m]	%T.M _{Ecc} [%]	SV _{Ed,SLU} [N]
X	623.774	209.764	209.764	209.764	209.764	100,00	156.365
Y	623.774	209.764	209.763	209.764	209.763	100,00	327.440
Z	623.774	0	0	0	0	100,00	0

LEGENDA:

Dir	Direzione del sisma.
M _{Str}	Massa complessiva della struttura.
M _{SLU}	Massa eccitabile allo SLU.
M _{Ecc,SLU}	Massa Eccitata dal sisma allo SLU.
M _{SLD}	Massa eccitabile della struttura allo SLD, nelle direzioni X, Y, Z.
M _{Ecc,SLD}	Massa Eccitata dal sisma allo SLD.
%T.M _{Ecc}	Percentuale Totale di Masse Eccitate dal sisma.
SV _{Ed,SLU}	Tagliante totale, alla base, per sisma allo SLU.

Rotazione Torsionale

M _{T,SLU} [kN·s ² ·m]	M _{T,Ecc,SLU} [kN·s ² ·m]	M _{T,SLD} [kN·s ² ·m]	M _{T,Ecc,SLD} [kN·s ² ·m]	%T.M _{T,Ecc} [%]
382.015	165.864	382.015	165.864	43,42

LEGENDA:

M _{T,SLU}	Massa eccitabile allo SLU.
M _{T,Ecc,SLU}	Massa Eccitata dal sisma allo SLU.
M _{T,SLD}	Massa eccitabile della struttura allo SLD, nelle direzioni X, Y, Z.
M _{T,Ecc,SLD}	Massa Eccitata dal sisma allo SLD.
%T.M _{T,Ecc}	Percentuale Totale di Masse Eccitate dal sisma.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">106 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	106 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	106 di 275								

6.15.2 Edificio - Verifica Di Deformabilita' Torsionale

EDIFICIO - VERIFICA DI DEFORMABILITA' TORSIONALE						
$N_{mod,tors}$	T_t	Direzione	T_{tr}	W	$M_{T,SLU}$	$M_{Ecc,T,i}$
	[s]		[s]		[kN·s ² ·m]	[kN·s ² ·m]
3	0,534	X Y	0,820 0,358	1,536 0,671	448.119	140.977

LEGENDA:

$N_{mod,tors}$	Numero Modo torsionale preponderante.
T_t	Periodo del modo torsionale preponderante.
T_{tr}	Periodo del modo traslazionale preponderante.
W	Rapporto Omega di deformabilità torsionale strutturale.
$M_{T,SLU}$	Massa eccitabile allo SLU.
$M_{Ecc,T,i}$	Massa Torsionale della struttura Eccitata dal modo torsionale preponderante.

Piani - Verifiche Allo Sle (Elevazione)

Piani - Verifiche allo SLO								
Id_{piano}	Q_{Lv}	H_{Lv}	$d_{amm,SLE}$	$d_{d,SLE}$		Dd_{SLE}		Note
				X	Y	X	Y	
	[m]	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	
Piano Terra	0,00	6,42	2,1400	0,4710	0,6624	1,6690	1,4776	Verificato

LEGENDA:

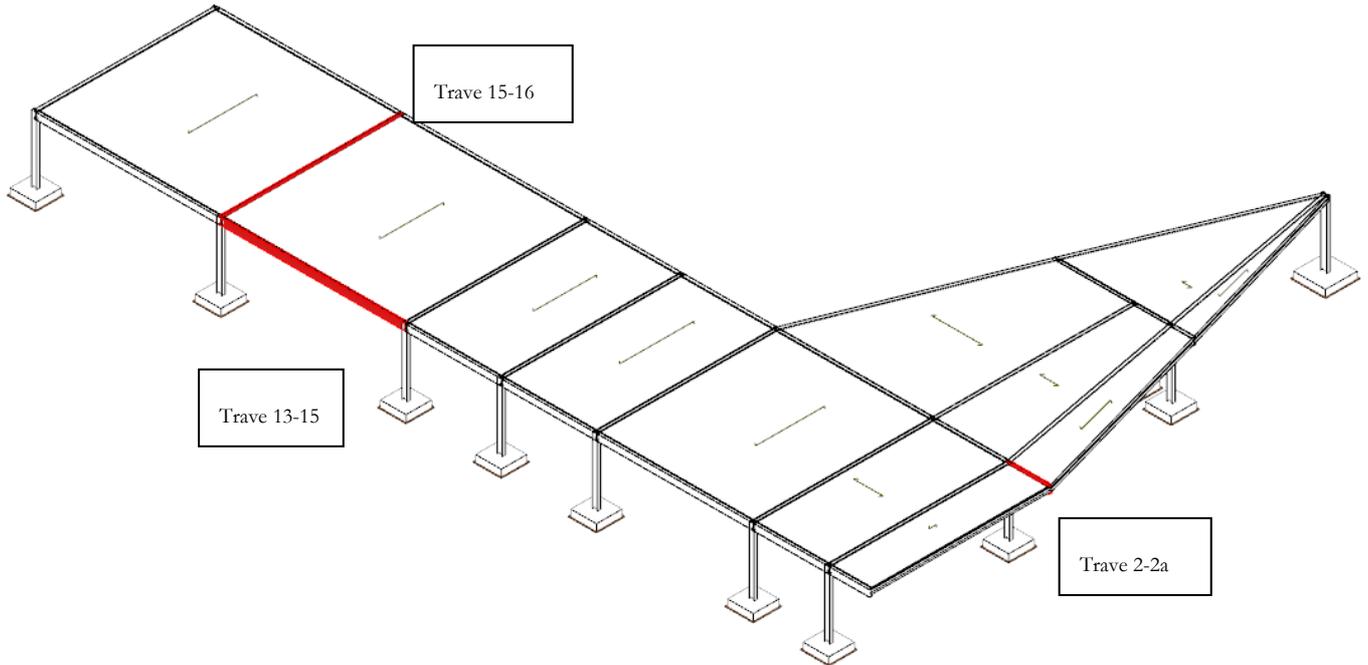
Id_{piano}	Identificativo del livello o piano.
Q_{Lv}	Quota del livello o piano.
H_{Lv}	Altezza del livello o piano.
$d_{amm,SLO}$	Spostamento Differenziale ammissibile.
$d_{d,SLO}$	Spostamento Differenziale.
Δd_{SLO}	Differenza fra spostamento limite e quello di calcolo nelle direzioni X e Y.

6.15.3 Trave elevazione Strutture Metalliche

Si riportano di seguito le verifiche strutturali eseguite sulle travi visualizzate in rosso nella Figura seguente, rappresentative di quelle eseguite sulle travi in elevazione dell'intelaiatura in acciaio presente in copertura.

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	107 di 275



Trave maggiormente sollecitata

Travi (Ac) - Verifiche A Pressoflessione Deviata (Elevazione) Allo Slu

Id _{Tr}	%L _L	N _{Ed}	V _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Tp Vr	max/m in	M _{C,Rd}	V _{C,Rd}	ρ	A _v	t _w	N _{pl,Rd}	Travi (AC) - Verifiche a pressoflessione deviata	
															[N]	[N]
	[%]	[N]	[N]	[N-m]	[N-m]				[N-m]	[N]		[cm ²]	[mm]	[N]		
Trave Acciaio 15-16	0%	-77211	1588	64592	13501	15.56[S]	PLS	Max	2.074.651	2.014.219	0,000	10.318,78	13,5	8.169.659		
			Min					407.333							3.309.562	0,000
	25,0%	-77211	1588	-41028	6751	27.51[S]	PLS	Max	2.074.651	2.014.219	0,000	10.318,78	13,5	8.169.659		
			Min					407.333							3.309.562	0,000
	50,0%	-116188	-	-62658	12	33.07[V]	PLS	Max	2.074.651	2.014.219	0,000	10.318,78	13,5	8.169.659		
			Min					407.333							3.309.562	0,000
	75,0%	-77213	-1588	-41243	6762	27.41[S]	PLS	Max	2.074.651	2.014.219	0,000	10.318,78	13,5	8.169.659		
			Min					407.333							3.309.562	0,000
	100%	-77213	-1588	64154	13513	15.59[S]	PLS	Max	2.074.651	2.014.219	0,000	10.318,78	13,5	8.169.659		
			Min					407.333							3.309.562	0,000

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	108 di 275

Travi (AC) - Verifiche a pressoflessione deviata

Id _{Tr}	%L _{LI}	N _{Ed}	V _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Tp Vr	max/m in	M _{c,Rd}	V _{c,Rd}	ρ	A _v	t _w	N _{pl,Rd}	
															[N]
Trave Acciaio 13-15	0%	-82608	-	469059	-13	4.41[V]	PLS	Max	2.074.651	2.014.219	0,000	10.318,78	13,5	8.169.659	
			Min					407.333							3.309.562
	25,0%	-82401	-	-114946	-13	18.03[V]	PLS	Max	2.074.651	2.014.219	0,000	10.318,78	13,5	8.169.659	
			Min					407.333							3.309.562
	50,0%	-82608	-	-291177	-13	7.12[V]	PLS	Max	2.074.651	2.014.219	0,000	10.318,78	13,5	8.169.659	
			Min					407.333							3.309.562
	75,0%	-24970	-1665	-39739	-7728	26.23[S]	PLS	Max	2.074.651	2.014.219	0,000	10.318,78	13,5	8.169.659	
			Min					407.333							3.309.562
	100%	-82401	-	577055	-13	3.58[V]	PLS	Max	2.074.651	2.014.219	0,000	10.318,78	13,5	8.169.659	
			Min					407.333							3.309.562
	Trave Acciaio 15-16	0%	104251	19576	-40047	-48035	4.62[S]	EFF	Max	1.842.679	2.014.219	0,000	10.318,78	13,5	8.169.659
				Min					265.668						
25,0%		104204	19553	-19770	-28446	7.62[S]	EFF	Max	1.842.679	2.014.219	0,000	10.318,78	13,5	8.169.659	
			Min					265.668							3.309.562
50,0%		101878	19609	15684	-8893	18.19[S]	EFF	Max	1.842.679	2.014.219	0,000	10.318,78	13,5	8.169.659	
			Min					265.668							3.309.562
75,0%		235446	12254	145302	-724	8.96[V]	EFF	Max	1.842.679	2.014.219	0,000	10.318,78	13,5	8.169.659	
			Min					265.668							3.309.562
100,0%		101878	19609	121346	-30960	5.12[S]	EFF	Max	1.842.679	2.014.219	0,000	10.318,78	13,5	8.169.659	
			Min					265.668							3.309.562

LEGENDA:

Id_{Tr}	Identificativo della trave. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della travata al livello considerato.
%L_{LI}	Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L _{LI}), a partire dall'estremo iniziale.
N_{Ed}	Sforzo normale di progetto.
V_{Ed}	Taglio di progetto utilizzato per il calcolo di ρ.
M_{Ed,3}	Momento flettente di progetto intorno a 3.
M_{Ed,2}	Momento flettente di progetto intorno a 2.
CS	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR] = Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
Tp Vr	Tipo di verifica considerata: "PLS" = con Modulo di resistenza plastico; "ELA" = con modulo di resistenza elastico; "EFF" = con modulo di resistenza efficace.
M_{c,Rd}	Momento resistente.
V_{c,Rd}	Taglio resistente.
ρ	Coefficiente riduttivo per presenza di taglio.
A_v	Area resistente a taglio.
t_w	Spessore Anima.
N_{pl,Rd}	Resistenza plastica a Sforzo Normale.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	109 di 275

Travi (Ac) - Verifiche A Taglio Allo Slu

Travi (Ac) - Verifiche a taglio							
Id _{Tr}	%L _{LI}	CS	A _v	τ _{T,Ed}	V _{Ed}	V _{c,Rd}	P. Vrf.
	[%]		[mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N]	
Piano Terra					Piano Terra		
Trave Acciaio 15-16	0%	79,61	10.319	0,00	25.301	2.014.219	Piano XX
	25,0%	NS	10.319	0,00	12.746	2.014.219	Piano XX
	50,0%	NS	10.319	0,00	4.101	2.014.201	Piano XX
	75,0%	NS	10.319	0,00	-12.565	2.014.219	Piano XX
	100%	80,19	10.319	0,00	-25.117	2.014.219	Piano XX
Trave Acciaio 13-15	0%	11,37	10.319	0,00	177.097	2.014.219	Piano XX
	25,0%	23,18	10.319	0,00	86.910	2.014.219	Piano XX
	50,0%	NS	10.319	0,00	-6.232	2.014.219	Piano XX
	75,0%	20,30	10.319	0,00	-99.246	2.014.219	Piano XX
	100%	10,63	10.319	0,00	-189.443	2.014.219	Piano XX
Trave Acciaio 2a-2	0%	96,64	10.319	0,15	-20.837	2.013.596	Piano XX
	25,0%	36,67	10.319	0,15	-54.906	2.013.596	Piano XX
	50,0%	20,71	10.319	0,15	-97.217	2.013.596	Piano XX
	75,0%	14,65	10.319	0,15	-137.406	2.013.596	Piano XX
	100,0%	12,45	10.319	0,15	-161.703	2.013.596	Piano XX

LEGENDA:

- Id_{Tr}** Identificativo della trave. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della travata al livello considerato.
- %L_{LI}** Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{LI}), a partire dall'estremo iniziale.
- CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
- A_v** Area resistente a taglio.
- τ_{T,Ed}** Tensione tangenziale di calcolo per torsione.
- V_{Ed}** Taglio di progetto.
- V_{c,Rd}** Taglio resistente.
- P. Vrf.** Piano di minima resistenza.

Travi (Ac) - Verifiche di Snellezza

Travi - VERIFICA DI SNELLEZZA

Id	P/S	L ₀	i	λ ₀	λ _{0,lim}	CS
		[mm]	[mm]			
Piano Terra				Piano Terra		
Trave Acciaio 17-18	P	11.900	69,85	170	200	VNR
Trave Acciaio 6-8	P	17.000	69,85	243	200	VNR
Trave Acciaio 8-10	P	12.600	69,85	180	200	VNR
Trave Acciaio 7-8	P	12.600	69,85	180	200	VNR
Trave Acciaio 15-16	P	11.900	69,85	170	200	VNR
Trave Acciaio 13-14	P	11.900	69,85	170	200	VNR
Trave Acciaio 11-12	P	11.900	69,85	170	200	VNR
Trave Acciaio 9-10	P	11.900	69,85	170	200	1,18
Trave Acciaio 15-17	P	17.500	69,85	251	200	VNR
Trave Acciaio 3-6	P	3.479	69,85	50	200	4,00
Trave Acciaio 1a-1	P	4.641	69,85	66	200	3,03
Trave Acciaio 1-4	P	7.136	69,85	102	200	1,96
Trave Acciaio 9-11	P	9.000	69,85	129	200	1,55
Trave Acciaio 13-15	P	17.500	69,85	251	200	VNR
Trave Acciaio 11-13	P	9.000	69,85	129	200	1,55
Trave Acciaio 4-9	P	14.820	69,85	212	200	VNR
Trave Acciaio 16-18	P	17.500	69,85	251	200	VNR
Trave Acciaio 2a-2	P	4.641	69,85	66	200	3,03
Trave Acciaio 4-5	P	11.900	69,85	170	200	1,18
Trave Acciaio 5-6	P	12.600	69,85	180	200	VNR
Trave Acciaio 3a-3	P	4.641	69,85	66	200	3,03
Trave Acciaio 2-5	P	7.137	69,85	102	200	1,96
Trave Acciaio 10-12	P	9.000	69,85	129	200	1,55

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	110 di 275

Travi - VERIFICA DI SNELLEZZA

Id	P/S	L ₀	i	λ ₀	λ _{0,lim}	CS
		[mm]	[mm]			
Trave Acciaio 14-16	P	17.500	69,85	251	200	VNR
Trave Acciaio 12-14	P	9.000	69,85	129	200	1,55
Trave Acciaio 5-10	P	14.820	69,85	212	200	VNR
Trave Acciaio 3-7	P	12.600	69,85	180	200	VNR
Trave Acciaio 2-3	P	12.600	69,85	180	200	1,11
Trave Acciaio 1-2	P	12.600	69,85	180	200	VNR

LEGENDA:

Id	Identificativo dell'elemento.
P/S	Tipologia trave acciaio: Principale (P) o Secondaria (S)
L ₀	Lunghezza di inflessione
i	Raggio d'inerzia
λ ₀	Snellezza
λ _{0,lim}	Snellezza limite
CS	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta).

Travi (Ac) - Verifiche Instabilità A Pressoflessione Deviata
Travi (AC) - Verifiche instabilità a pressoflessione deviata

Id _{Tr}	N _{eq,Ed}	M _{eq,Ed,3}	M _{eq,Ed,2}	CS	P. Vrf.	L _{Cr}	Dir	L _N	λ _{LT}	α	φ	χ	β	k _c	χ _{LT}	N _{cr}
	[N]	[Nm]	[Nm]			[m]		[m]								[N]
Piano Terra																
Trave Acciaio 17-18	-	-	-	VNR	Piano XX	0,00	x-x	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
	104.78						y-y	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
	1															
Trave Acciaio 6-8	35.111	61.744	-19.587	5,42	Piano XX	17,00	x-x	17,00	1,123	0,210	0,909	0,779	1,000	0,910	0,588	845.410
							y-y	17,00	0,339	0,340	6,080	0,089	1,000	0,860	1,000	
Trave Acciaio 8-10	-	-	-	VNR	Piano XX	0,00	x-x	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
	223.06						y-y	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
	8															
Trave Acciaio 7-8	-85.995	-	-	VNR	Piano XX	0,00	x-x	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
							y-y	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
Trave Acciaio 15-16	-	-	-	VNR	Piano XX	0,00	x-x	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
	116.21						y-y	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
	1															
Trave Acciaio 13-14	-	-	-	VNR	Piano XX	0,00	x-x	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
	116.21						y-y	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
	6															
Trave Acciaio 11-12	-	-	-	VNR	Piano XX	0,00	x-x	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
	116.07						y-y	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
	0															
Trave Acciaio 9-10	113.68	168.59	249	4,81	Piano XX	8,50	x-x	17,00	0,877	0,210	0,708	0,898	0,700	0,910	0,749	1.725.32
	0	6					y-y	17,00	0,153	0,340	3,330	0,172	0,700	0,670	1,000	6
Trave Acciaio 15-17	-	-	-	VNR	Piano XX	0,00	x-x	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
	245.18						y-y	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
	2															
Trave Acciaio 3-6	98.612	83.143	-19.432	7,45	Piano XX	3,48	x-x	3,48	0,363	0,210	0,511	1,000	1,000	0,770	1,000	20.184.6
							y-y	3,48	0,090	0,340	0,789	0,810	1,000	0,860	1,000	30
Trave Acciaio 1a-1	52.135	48.269	36.895	5,70	Piano XX	1,16	x-x	2,32	0,153	0,210	0,528	0,994	2,000	0,910	1,000	11.342.1
							y-y	2,32	0,038	0,340	0,992	0,681	2,000	0,860	1,000	89
Trave Acciaio 1-4	130.87	77.742	21.328	5,77	Piano XX	7,14	x-x	7,14	0,731	0,210	0,576	0,966	1,000	0,910	0,844	4.797.34
	2						y-y	7,14	0,174	0,340	1,587	0,409	1,000	0,860	1,000	3

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	111 di 275

Travi (Ac) - Verifiche instabilità a pressoflessione deviata

Id _{Tr}	N _{eq,Ed}	M _{eq,Ed,3}	M _{eq,Ed,2}	CS	P. Vrf.	L _{Cr}	Dir	L _N	λ _{LT}	α	φ	χ	β	k _c	χ _{LT}	N _{cr}		
	[N]	[Nm]	[Nm]														[m]	[N]
Trave Acciaio 9-11	105.17	183.10	44	5,10	Piano XX	9,00	x-x	9,00	0,997	0,210	0,621	0,942	1,000	0,900	0,672	3.016.33		
	9	4						9,00	0,139	0,340	2,174	0,282	1,000	0,637	1,000	8		
Trave Acciaio 11-13	170.53	205.11	14	4,14	Piano XX	9,00	x-x	9,00	0,987	0,210	0,621	0,942	1,000	0,900	0,679	3.016.33		
	1	3						9,00	0,175	0,340	2,174	0,282	1,000	0,752	1,000	8		
Trave Acciaio 2a-2	104.25	90.574	-36.026	4,86	Piano XX	1,16	x-x	2,32	0,150	0,210	0,528	0,994	2,000	0,910	1,000	11.342.1		
	1							2,32	0,039	0,340	0,992	0,681	2,000	0,860	1,000	89		
Trave Acciaio 4-5	7.915	355.85	-229	3,65	Piano XX	8,50	x-x	17,00	0,922	0,210	0,708	0,898	0,700	0,900	0,722	1.725.32		
		0						17,00	0,173	0,340	3,330	0,172	0,700	0,739	1,000	6		
Trave Acciaio 3a-3	51.163	36.550	36.175	6,02	Piano XX	1,16	x-x	2,32	0,151	0,210	0,528	0,994	2,000	0,910	1,000	11.342.1		
								2,32	0,038	0,340	0,992	0,681	2,000	0,940	1,000	89		
Trave Acciaio 2-5	387.36	120.52	-280	4,77	Piano XX	7,14	x-x	7,14	0,859	0,210	0,576	0,966	1,000	0,940	0,749	4.796.71		
	3	3						7,14	0,133	0,340	1,587	0,409	1,000	0,703	1,000	8		
Trave Acciaio 10-12	160.57	183.13	-247	4,41	Piano XX	9,00	x-x	9,00	1,029	0,210	0,621	0,942	1,000	0,900	0,651	3.016.20		
	3	8						9,00	0,154	0,340	2,174	0,282	1,000	0,688	1,000	8		
Trave Acciaio 12-14	196.49	199.26	-145	3,95	Piano XX	9,00	x-x	9,00	1,012	0,210	0,621	0,942	1,000	0,900	0,662	3.016.33		
								y-y	9,00	0,154	0,340	2,174	0,282	1,000	0,687		1,000	7
								y-y	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	
Trave Acciaio 2-3	5.762	224.29	425	4,20	Piano XX	9,00	x-x	18,00	1,232	0,210	0,732	0,885	0,700	0,900	0,525	1.538.94		
		8						18,00	0,165	0,340	3,654	0,155	0,700	0,692	1,000	8		

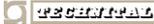
LEGENDA:

Id _{Tr}	Identificativo della trave. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della travata al livello considerato.
N _{eq,Ed}	Sforzo Normale equivalente di progetto.
M _{eq,Ed,3}	Momento equivalente di progetto intorno a 3.
M _{eq,Ed,2}	Momento equivalente di progetto intorno a 2.
CS	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
P. Vrf.	Piano di minima resistenza.
L _{Cr}	Lunghezza di libera inflessione laterale, misurata tra due ritegni torsionali successivi.
L _N	Luce libera di inflessione.
λ _{LT}	Coefficiente di snellezza normalizzata (per il calcolo di Φ _{LT}).
α	Fattore di imperfezione.
φ	Coefficiente per il calcolo di χ
χ	Coefficiente di riduzione per instabilità a compressione
β	Coefficiente di riduzione della luce libera di inflessione.
k _c	Coefficiente per il calcolo di χ _{LT}
χ _{LT}	Coefficiente di riduzione ai fini dell'instabilità flessotorsionale.
N _{cr}	Sforzo Normale Critico Euleriano.

Travi (Ac) - Verifiche Di Deformabilità Allo Sle

Travi (Ac) - Verifiche di deformabilità allo SLE

Id _{Tr}	Carichi Permanenti + Variabili			Carichi Variabili		
	CS	δ _{max}	δ _{amm}	CS	δ _{max}	δ _{amm}
		[cm]	[cm]		[cm]	[cm]
Piano Terra				Piano Terra		
Trave Acciaio 17-18	28,47	0,2985	8,5000	NS	0,0194	6,8000
Trave Acciaio 6-8	NS	0,0055	3,6600	NS	0,0033	2,9280
Trave Acciaio 8-10	5,72	1,7861	10,2106	9,37	0,8717	8,1685
Trave Acciaio 7-8	11,91	0,8190	9,7527	27,15	0,2873	7,8021
Trave Acciaio 15-16	25,48	0,3336	8,5018	NS	0,0400	6,8015
Trave Acciaio 13-14	25,49	0,3335	8,5007	NS	0,0400	6,8005

 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)
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO E21D 06 D 10 CL FA1403 002 C 112 di 275

Travi (AC) - Verifiche di deformabilità allo SLE

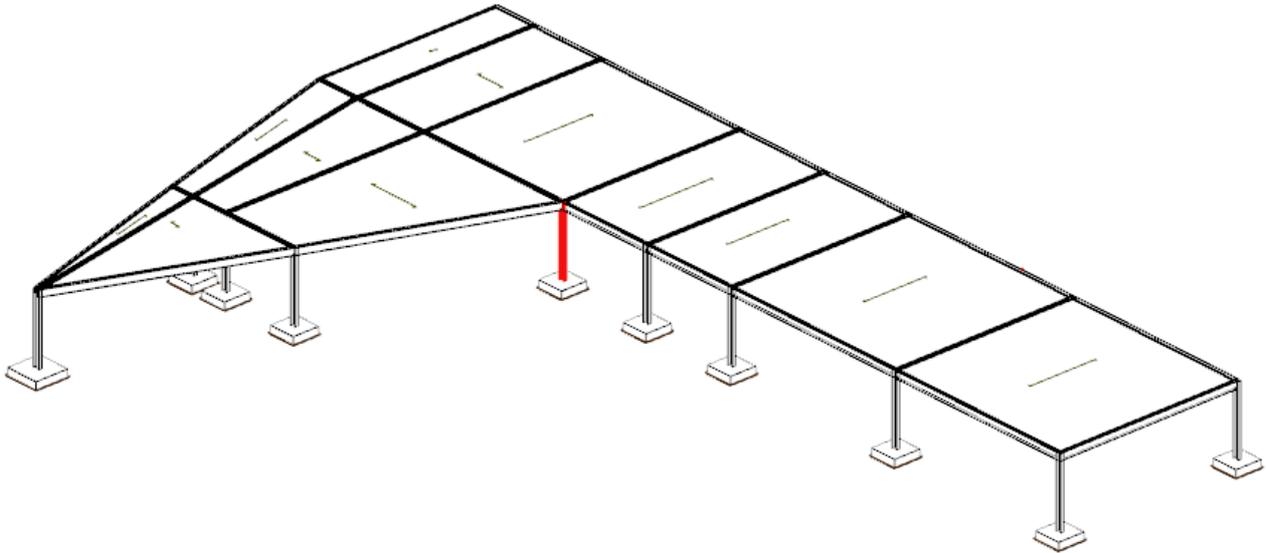
Id _{Tr}	Carichi Permanenti + Variabili			Carichi Variabili		
	CS	δ_{max}	δ_{amm}	CS	δ_{max}	δ_{amm}
		[cm]	[cm]		[cm]	[cm]
Trave Acciaio 11-12	25,50	0,3333	8,5001	NS	0,0400	6,8001
Trave Acciaio 9-10	48,60	0,1748	8,4965	44,62	0,1523	6,7972
Trave Acciaio 15-17	5,96	1,4675	8,7500	9,50	0,7365	7,0000
Trave Acciaio 3-6	NS	0,0093	1,7396	NS	0,0037	1,3917
Trave Acciaio 1a-1	14,79	0,2706	4,0034	26,06	0,1229	3,2028
Trave Acciaio 1-4	41,97	0,0850	3,5682	65,15	0,0438	2,8546
Trave Acciaio 9-11	NS	0,0279	4,5000	NS	0,0140	3,6000
Trave Acciaio 13-15	7,52	1,1630	8,7500	12,00	0,5835	7,0000
Trave Acciaio 11-13	NS	0,0447	4,5000	NS	0,0226	3,6000
Trave Acciaio 4-9	10,41	0,7120	7,4102	16,52	0,3588	5,9282
Trave Acciaio 16-18	5,97	1,4660	8,7500	9,52	0,7353	7,0000
Trave Acciaio 2a-2	9,12	0,4390	4,0033	16,58	0,1932	3,2027
Trave Acciaio 4-5	14,70	0,5779	8,4955	31,12	0,2184	6,7964
Trave Acciaio 5-6	3,66	2,6002	9,5075	5,78	1,3159	7,6060
Trave Acciaio 3a-3	26,18	0,0843	2,2075	53,74	0,0329	1,7660
Trave Acciaio 2-5	33,08	0,1079	3,5685	53,15	0,0537	2,8548
Trave Acciaio 10-12	NS	0,0351	4,5001	NS	0,0178	3,6001
Trave Acciaio 14-16	7,52	1,1635	8,7500	11,99	0,5837	7,0000
Trave Acciaio 12-14	92,26	0,0488	4,5000	NS	0,0243	3,6000
Trave Acciaio 5-10	9,35	0,7922	7,4099	14,93	0,3970	5,9279
Trave Acciaio 3-7	9,76	0,9428	9,1992	19,42	0,3789	7,3594
Trave Acciaio 2-3	14,93	0,6476	9,6715	29,48	0,2624	7,7372
Trave Acciaio 1-2	10,93	0,7773	8,4980	19,91	0,3415	6,7984
Trave Acciaio 1a-2a	14,53	0,5847	8,4968	NS	0,0575	6,7974
Trave Acciaio 2a-3a	12,67	0,7802	9,8896	59,22	0,1336	7,9117
Trave Acciaio 3a-7	9,13	1,0328	9,4269	26,81	0,2813	7,5415

LEGENDA:

- Id_{Tr} Identificativo della trave. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della travata al livello considerato.
 CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS \geq 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
 δ_{max} Spostamento allo SLE.
 δ_{amm} Spostamento Differenziale ammissibile.

6.15.4 *Pilastri Strutture Metalliche*

Si riportano di seguito le verifiche strutturali eseguite per il pilastro dell'intelaiatura metallica sul pilastro più caricato, esemplificative per le verifiche eseguite sulla struttura


Pilastro più sollecitato – Pilastro 10

Pilastri (Ac) - Verifiche A Pressoflessione Deviata Allo Slu

Pilastri (AC) - Verifiche a pressoflessione deviata

Pilastro	%L _{L1}	N _{Ed}	V _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	T _p V _r	max/m in	M _{c,Rd}	V _{c,Rd}	r	A _v	t _w	N _{pl,Rd}
	[%]	[N]	[N]	[N·m]	[N·m]				[N·m]	[N]		[mm ²]	[mm]	[N]
Piano Terra														
Pilastro Acciaio 9	0%	182.623	-	-15.100	-25.303	6.75[S]	ELA	Max	1.200.238	1.457.749	0,000	7.468	12,0	6.676.499
			Min					233.658	2.941.654	0,000	15.070	46,0		
	50,0%	454.044	-4.385	35.890	7.602	7.66[V]	ELA	Max	1.200.238	1.457.749	0,000	7.468	12,0	6.676.499
			Min					233.658	2.941.654	0,000	15.070	46,0		
	100,0%	172.595	-9.890	51.947	39.835	4.16[S]	ELA	Max	1.200.238	1.457.749	0,000	7.468	12,0	6.676.499
			Min					233.658	2.941.654	0,000	15.070	46,0		

LEGENDA:

- Pilastro** Identificativo del pilastro. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della pilastriata al livello considerato.
%L_{L1} Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{L1}), a partire dall'estremo iniziale.
N_{Ed} Sforzo normale di progetto.
V_{Ed} Taglio di progetto utilizzato per il calcolo di r.
M_{Ed,3} Momento flettente di progetto intorno a 3.
M_{Ed,2} Momento flettente di progetto intorno a 2.
CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
T_p V_r Tipo di verifica considerata: "PLS" = con Modulo di resistenza plastico; "ELA" = con modulo di resistenza elastico; "EFF" = con modulo di resistenza efficace.
max/min [max] = valore per la verifica con modulo di resistenza maggiore; [min] = valore per la verifica con modulo di resistenza minore.
M_{c,Rd} Momento resistente.

 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)
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO E21D 06 D 10 CL FA1403 002 C 114 di 275

Pilastri (AC) - Verifiche a pressoflessione deviata

Pilastro	%L _{L1}	N _{Ed}	V _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	T _p V _r	max/m in	M _{c,Rd}	V _{c,Rd}	r	A _v	t _w	N _{pl,Rd}
	[%]	[N]	[N]	[N·m]	[N·m]				[N·m]	[N]		[mm ²]	[mm]	[N]

- V_{c,Rd} Taglio resistente.
 r Coefficiente riduttivo per presenza di taglio.
 A_v Area resistente a taglio.
 t_w Spessore anima.
 N_{pl,Rd} Resistenza plastica a Sforzo Normale.

Pilastri (Ac) - Verifiche A Taglio Allo Slu

Pilastri (AC) - Verifiche a taglio

Pilastro	%L _{L1}	CS	A _v	t _{T,Ed}	V _{Ed}	V _{c,Rd}	P. Vrf.	W _{Min}
	[%]		[mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N]		
Piano Terra								
Pilastro Acciaio 10	0%	66,33	7.468	0,27	21.964	1.456.931	Piano XX	Pilastro Acciaio 10
	50,0%	66,33	7.468	0,27	21.964	1.456.931	Piano XX	
	100,0%	66,33	7.468	0,27	21.964	1.456.931	Piano XX	

LEGENDA:

- Pilastro Identificativo del pilastro. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della pilastriata al livello considerato.
 %L_{L1} Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{L1}), a partire dall'estremo iniziale.
 CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
 A_v Area resistente a taglio.
 t_{T,Ed} Tensione tangenziale di calcolo per torsione.
 V_{Ed} Taglio di progetto.
 V_{c,Rd} Taglio resistente.
 P. Vrf. Piano di minima resistenza.
 W_{Min} Rapporto minimo momento plastico/momento progetto travi concorrenti.

Pilastri (Ac) - Verifiche Instabilità A Pressoflessione Deviata

Pilastri (AC) - Verifiche instabilità a pressoflessione deviata

Pilastro	N _{eq,Ed}	M _{eq,Ed,3}	M _{eq,Ed,2}	CS	P. Vrf.	L _{Cr}	Dir	L _N	L _T	a	f	c	b	k _c	c _{LT}	N _{cr}
	[N]	[N·m]	[N·m]			[m]		[m]								[N]
Piano Terra																
Pilastro Acciaio 10	454.044	44.646	10.410	4,50	Piano XX	6,40	x-x	6,40	0,636	0,210	0,601	0,953	1,000	0,734	1,000	5.247.324
							y-y	6,40	0,156	0,340	1,330	0,503	1,000	0,700	1,000	

LEGENDA:

- Pilastro** Identificativo del pilastro. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della pilastriata al livello considerato.
 o
 N_{eq,Ed} Sforzo Normale equivalente di progetto.
 M_{eq,Ed,3} Momento equivalente di progetto intorno a 3.
 M_{eq,Ed,2} Momento equivalente di progetto intorno a 2.
 CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
 P. Vrf. Piano di minima resistenza.
 L_{Cr} Lunghezza di libera inflessione laterale, misurata tra due ritegni torsionali successivi.
 L_N Luce libera di inflessione.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services  ARCHITETTI ASSOCIATI	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO E21D 06 D 10 CL FA1403 002 C 115 di 275

Pilastri (AC) - Verifiche instabilità a pressoflessione deviata

Pilastro	$N_{eq,Ed}$	$M_{eq,Ed}$,3	$M_{eq,Ed}$,2	CS	P. Vrf.	L_{Cr}	Dir	L_N	l_{LT}	a	f	c	b	k_c	c_{LT}	N_{cr}
	[N]	[N·m]	[N·m]			[m]		[m]								[N]

- l_{LT} Coefficiente di snellezza normalizzata (per il calcolo di F_{LT}).
- a Fattore di imperfezione.
- f Coefficiente f (per il calcolo di c).
- c Coefficiente di riduzione per instabilità a compressione
- b Coefficiente di riduzione della luce libera di inflessione.
- k_c Coefficiente per il calcolo di c_{LT}
- c_{LT} Coefficiente di riduzione ai fini dell'instabilità flessotorsionale.
- N_{cr} Sforzo Normale Critico Euleriano.

Pilastri AC - Verifica Di Snellezza

Pilastri - VERIFICA DI SNELLEZZA

Id	P/S	L_0	i	l_0	$l_{0,lim}$	CS
		[mm]	[mm]			
Piano Terra						
Pilastro Acciaio 10	-	6400	72,45	88	200	2,27

LEGENDA:

- Id Identificativo dell'elemento.
- P/S Tipologia trave acciaio: Principale (P) o Secondaria (S)
- L_0 Lunghezza di inflessione
- i Raggio d'inerzia
- l_0 Snellezza
- $l_{0,lim}$ Snellezza limite
- CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo per valori di $CS \geq 100$; [VNR]= Verifica Non Richiesta).

6.15.5 Collegamenti strutturali

Nodo di continuità trave - trave

Il nodo di continuità tra travi viene realizzato mediante bullonature su piatti d'anima e d'ali, come riportato nell'immagine seguente.

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	116 di 275

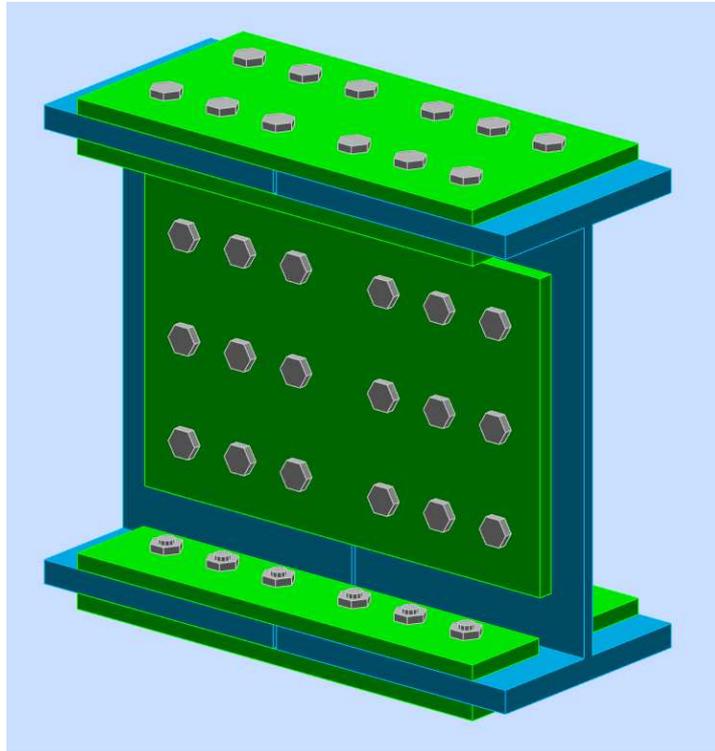


Figura 43: Nodo di continuità



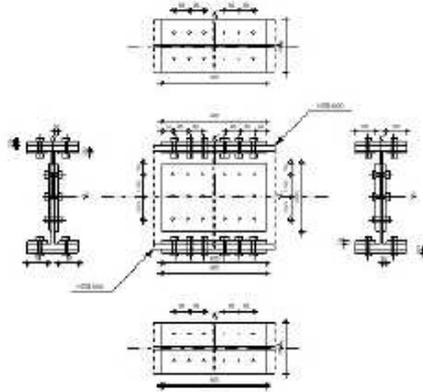
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

Calcolo della connessione giunzione trave-trave

EN 1993-1-8:2005/AC:2009



Coefficiente
0.85



GENERALE

N. giunto: 3
Nome del giunto: Giunzione trave

TRAVE DESTRA

Profilato: HEB 600
 $h_{b1} = 600$ [mm] Altezza della sezione della trave
 $b_{fb1} = 300$ [mm] Larghezza della sezione della trave
 $t_{wb1} = 16$ [mm] Spessore dell'anima della sezione della trave
 $t_{fb1} = 30$ [mm] Spessore dell'ala della sezione della trave
 $r_{b1} = 27$ [mm] Raggio di raccordo della sezione della trave
 $A_{b1} = 270.00$ [cm²] Area della sezione della trave
 $I_{yb1} = 171041.00$ [cm⁴] Momento di inerzia della sezione della trave
 Materiale: S 275
 $f_{yb1} = 275.00$ [MPa] Resistenza
 $f_{ub1} = 430.00$ [MPa]

TRAVE SINISTRA

Profilato: HEB 600
 $h_{b2} = 600$ [mm] Altezza della sezione della trave
 $b_{fb2} = 300$ [mm] Larghezza della sezione della trave
 $t_{wb2} = 16$ [mm] Spessore dell'anima della sezione della trave
 $t_{fb2} = 30$ [mm] Spessore dell'ala della sezione della trave
 $r_{b2} = 27$ [mm] Raggio di raccordo della sezione della trave
 $A_{b2} = 270.00$ [cm²] Area della sezione della trave
 $I_{yb2} = 171041.00$ [cm⁴] Momento di inerzia della sezione della trave
 Materiale: S 275
 $f_{yb2} = 275.00$ [MPa] Resistenza
 $f_{ub2} = 430.00$ [MPa]

TRAVERSA DELL'ANIMA

Tipo: bilaterale
 $l_{pw} = 600$ [mm] Lunghezza della piastra
 $h_{pw} = 400$ [mm] Altezza della lamiera
 $t_{pw} = 20$ [mm] Spessore della piastra
 Materiale: S 275
 $f_{ypw} = 275.00$ [MPa] Resistenza di calcolo

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	118 di 275

$f_{upw} = 430.00$ [MPa] Resistenza alla trazione

PIASTRA SUPERIORE ESTERNA

$l_{pe} = 600$ [mm] Lunghezza della piastra

$h_{pe} = 300$ [mm] Altezza della lamiera

$t_{pe} = 20$ [mm] Spessore della piastra

Materiale: S 275

$f_{ype} = 275.00$ [MPa] Resistenza di calcolo

$f_{upe} = 430.00$ [MPa] Resistenza alla trazione

PIASTRA SUPERIORE INTERNA

$l_{pi} = 600$ [mm] Lunghezza della piastra

$h_{pi} = 120$ [mm] Altezza della lamiera

$t_{pi} = 20$ [mm] Spessore della piastra

Materiale: S 275

$f_{ypi} = 275.00$ [MPa] Resistenza di calcolo

$f_{upi} = 430.00$ [MPa] Resistenza alla trazione

PIASTRA INFERIORE ESTERNA

$l_{pe} = 600$ [mm] Lunghezza della piastra

$h_{pe} = 300$ [mm] Altezza della lamiera

$t_{pe} = 20$ [mm] Spessore della piastra

Materiale: S 275

$f_{ype} = 275.00$ [MPa] Resistenza di calcolo

$f_{upe} = 430.00$ [MPa] Resistenza alla trazione

PIASTRA INFERIORE INTERNA

$l_{pi} = 600$ [mm] Lunghezza della piastra

$h_{pi} = 120$ [mm] Altezza della lamiera

$t_{pi} = 20$ [mm] Spessore della piastra

Materiale: S 275

$f_{ypi} = 275.00$ [MPa] Resistenza di calcolo

$f_{upi} = 430.00$ [MPa] Resistenza alla trazione

LATO DESTRO
BULLONI CHE UNISCONO LA TRAVERSA DELL'ANIMA E L'ANIMA DELLA TRAVE

Il piano di taglio attraversa la parte NON FILETTATA del bullone.

Categoria di connessione A

Classe =	8.8	Classe del bullone
d =	20 [mm]	Diametro del bullone
$d_0 =$	22 [mm]	Diametro del foro del bullone
$A_2 =$	2.45 [cm ²]	Area della sezione efficace del bullone
$A_v =$	3.14 [cm ²]	Area della sezione del bullone
$f_{yb} =$	640.00 [MPa]	Limite di plasticità del bullone
$f_{ub} =$	800.00 [MPa]	Resistenza del bullone alla trazione
$n_h =$	3	Numero di colonne dei bulloni
$n_v =$	3	Numero di file di bulloni
$e_v =$	70 [mm]	Livello del primo bullone
$p_2 =$	85 [mm]	Distanza orizzontale
$p_1 =$	130 [mm]	Distanza verticale

BULLONI CHE UNISCONO IL COPRIGIUNTO E L'ALA SUPERIORE DELLA TRAVE

Il piano di taglio attraversa la parte NON FILETTATA del bullone.

Categoria di connessione A

Classe =	8.8	Classe del bullone
d =	20 [mm]	Diametro del bullone
$d_0 =$	22 [mm]	Diametro del foro del bullone
$A_2 =$	2.45 [cm ²]	Area della sezione efficace del bullone
$A_v =$	3.14 [cm ²]	Area della sezione del bullone
$f_{yb} =$	640.00 [MPa]	Limite di plasticità del bullone
$f_{ub} =$	800.00 [MPa]	Resistenza del bullone alla trazione
$n_h =$	1	Numero di colonne dei bulloni
$n_v =$	3	Numero di file di bulloni

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	119 di 275

$e_1 =$	55	[mm]	Livello del primo bullone
$p_1 =$	65	[mm]	Distanza verticale

BULLONI CHE UNISCONO LA TRAVERSA DELL'ALA E L'ALA INFERIORE DELLA TRAVE

Il piano di taglio attraversa la parte NON FILETTATA del bullone.

Categoria di connessione A

Classe =	8.8		Classe del bullone
$d =$	20	[mm]	Diametro del bullone
$d_0 =$	22	[mm]	Diametro del foro del bullone
$A_s =$	2.45	[cm ²]	Area della sezione efficace del bullone
$A_n =$	3.14	[cm ²]	Area della sezione del bullone
$f_{yb} =$	640.00	[MPa]	Limite di plasticità del bullone
$f_{ub} =$	800.00	[MPa]	Resistenza del bullone alla trazione
$n_n =$	1		Numero di colonne dei bulloni
$n_v =$	3		Numero di file di bulloni
$e_1 =$	55	[mm]	Livello del primo bullone
$p_1 =$	65	[mm]	Distanza verticale

LATO SINISTRO
BULLONI CHE UNISCONO LA TRAVERSA DELL'ANIMA E L'ANIMA DELLA TRAVE

Il piano di taglio attraversa la parte NON FILETTATA del bullone.

Categoria di connessione A

Classe =	8.8		Classe del bullone
$d =$	20	[mm]	Diametro del bullone
$d_0 =$	22	[mm]	Diametro del foro del bullone
$A_s =$	2.45	[cm ²]	Area della sezione efficace del bullone
$A_n =$	3.14	[cm ²]	Area della sezione del bullone
$f_{yb} =$	640.00	[MPa]	Limite di plasticità del bullone
$f_{ub} =$	800.00	[MPa]	Resistenza del bullone alla trazione
$n_n =$	3		Numero di colonne dei bulloni
$n_v =$	3		Numero di file di bulloni
$e_1 =$	70	[mm]	Livello del primo bullone
$p_2 =$	65	[mm]	Distanza orizzontale
$p_1 =$	130	[mm]	Distanza verticale

BULLONI CHE UNISCONO IL COPRIGIUNTO E L'ALA SUPERIORE DELLA TRAVE

Il piano di taglio attraversa la parte NON FILETTATA del bullone.

Categoria di connessione A

Classe =	8.8		Classe del bullone
$d =$	20	[mm]	Diametro del bullone
$d_0 =$	22	[mm]	Diametro del foro del bullone
$A_s =$	2.45	[cm ²]	Area della sezione efficace del bullone
$A_n =$	3.14	[cm ²]	Area della sezione del bullone
$f_{yb} =$	640.00	[MPa]	Limite di plasticità del bullone
$f_{ub} =$	800.00	[MPa]	Resistenza del bullone alla trazione
$n_n =$	1		Numero di colonne dei bulloni
$n_v =$	3		Numero di file di bulloni
$e_1 =$	55	[mm]	Livello del primo bullone
$p_1 =$	65	[mm]	Distanza verticale

BULLONI CHE UNISCONO LA TRAVERSA DELL'ALA E L'ALA INFERIORE DELLA TRAVE

Il piano di taglio attraversa la parte NON FILETTATA del bullone.

Categoria di connessione A

Classe =	8.8		Classe del bullone
$d =$	20	[mm]	Diametro del bullone
$d_0 =$	22	[mm]	Diametro del foro del bullone
$A_s =$	2.45	[cm ²]	Area della sezione efficace del bullone
$A_n =$	3.14	[cm ²]	Area della sezione del bullone
$f_{yb} =$	640.00	[MPa]	Limite di plasticità del bullone

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	120 di 275

f_{ub}	800.00	[MPa]	Resistenza del bullone alla trazione
n_h	1		Numero di colonne dei bulloni
n_v	3		Numero di file di bulloni
e_1	55	[mm]	Livello del primo bullone
p_1	85	[mm]	Distanza verticale

COEFFICIENTI DI MATERIALE

γ_{M0}	1.00	Coefficiente di sicurezza parziale	[2.2]
γ_{M2}	1.25	Coefficiente di sicurezza parziale	[2.2]

CARICHI

Condizione Calcolo manuale.

STATO LIMITE ULTIMO (SLU)

N_{Ed1}	30.00	[kN]	Azione assiale
$V_{z,Ed1}$	270.00	[kN]	Azione tagliante
$M_{y,Ed1}$	820.00	[kN*m]	Momento flettente
N_{Ed2}	30.00	[kN]	Azione assiale
$V_{z,Ed2}$	270.00	[kN]	Azione tagliante
$M_{y,Ed2}$	820.00	[kN*m]	Momento flettente

RISULTATI

Risultati per un lato della connessione (geometria e carichi sono simmetrici)

Azione assiale

Lamiera	A_i [cm ²]	FORZE EQUIVALENTI N_i [kN]	FORZE EQUIVALENTI $N_i(M_{y,Ed})$ [kN]	Forza risultante $N_{Ed,i}$ [kN]
	$A_{pw} = 160.00$	12.77	-	$N_{Ed,pw} = 12.77$
	$A_{ptue} = 60.00$	4.79	756.73	$N_{Ed,ptue} = 761.52$
	$A_{ptui} = 48.00$	3.83	607.82	$N_{Ed,ptui} = 511.65$
	$A_{pti} = 48.00$	3.83	-607.82	$N_{Ed,pti} = -503.99$
	$A_{pte} = 60.00$	4.79	-756.73	$N_{Ed,pte} = -751.94$

$$N_i = (N_{Ed} \cdot A_i) / (2 \cdot A_{pw} + A_{ptue} + 2 \cdot A_{ptui} + 2 \cdot A_{pti} + A_{pte})$$

$$N_{Ed,i} = N_i + N_i(M_{y,Ed})$$

Azione tagliante Z

Lamiera	A_i [cm ²]	$V_{z,Ed,i}$ [kN]
	$A_{z,pw} = 160.00$	$V_{z,Ed,pw} = 270.00$

Momento flettente Y

Lamiera	$I_{y,i}$ [cm ⁴]	FORZE EQUIVALENTI $M_{y,i}$ [kN*m]	Forza risultante $M_{y,Ed,i}$ [kN*m]
	$I_{y,pw} = 21333.33$	86.76	$M_{y,Ed,pw} = 86.76$
	$I_{y,ptue} = 57680.00$	234.59	-
	$I_{y,ptui} = 32464.00$	132.03	-
	$I_{y,pti} = 32464.00$	132.03	-
	$I_{y,pte} = 57680.00$	234.59	-

$$M_{y,i} = (M_{y,Ed} \cdot I_{y,i}) / (2 \cdot I_{y,pw} + I_{y,ptue} + 2 \cdot I_{y,ptui} + 2 \cdot I_{y,pti} + I_{y,pte})$$

BULLONI CHE UNISCONO LA TRAVERSA DELL'ANIMA E L'ANIMA DELLA TRAVE

RESISTENZA DEI BULLONI

$F_{v,Rd} = 241.27$ [kN] Resistenza al taglio del bullone nella parte non filettata

$$F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m^1 / \gamma_{M2}$$

Pressione del bullone sulla trave

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	121 di 275

Direzione x				
$k_{1x} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$	
$k_{1x} > 0.0$		2.50 > 0.00	verificato	
$\alpha_{bx} =$	0.97	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$	
$\alpha_{bx} > 0.0$		0.97 > 0.00	verificato	
$F_{b,Rd1x} =$	257.51 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione	$F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d^2 \cdot \Sigma t_i / M_2$	

Direzione z				
$k_{1z} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_2/d_0) - 1.7, 2.5]$	
$k_{1z} > 0.0$		2.50 > 0.00	verificato	
$\alpha_{bz} =$	1.00	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$	
$\alpha_{bz} > 0.0$		1.00 > 0.00	verificato	
$F_{b,Rd1z} =$	266.60 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione	$F_{b,Rd1z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d^2 \cdot \Sigma t_i / M_2$	

Pressione del bullone sulla piastrina

Direzione x				
$k_{1x} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$	
$k_{1x} > 0.0$		2.50 > 0.00	verificato	
$\alpha_{bx} =$	0.97	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$	
$\alpha_{bx} > 0.0$		0.97 > 0.00	verificato	
$F_{b,Rd2x} =$	664.55 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione	$F_{b,Rd2x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d^2 \cdot \Sigma t_i / M_2$	

Direzione z				
$k_{1z} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_2/d_0) - 1.7, 2.5]$	
$k_{1z} > 0.0$		2.50 > 0.00	verificato	
$\alpha_{bz} =$	1.00	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$	
$\alpha_{bz} > 0.0$		1.00 > 0.00	verificato	
$F_{b,Rd2z} =$	668.00 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione	$F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d^2 \cdot \Sigma t_i / M_2$	

STATO LIMITE ULTIMO (SLU)

Taglio dei bulloni

$e_0 =$	151 [mm]	Eccentricità della forza di taglio relativa al centro di gravità di un gruppo di bulloni	$e_0 = e_{20} + 0.5 \cdot (s_1 + (c-1) \cdot p_2)$
$M_y =$	127.60 [kN*m]	Momento flettente reale	$M_y = M_{y,Ed,pw} + V_{z,Ed,pw} \cdot e_0$
$F_{x,N} =$	1.42 [kN]	Forza componente nel bullone dovuta all'influenza della forza longitudinale nella direzione x	$F_{x,N} = N_{Ed,pw} / n_b$
$F_{z,V_z} =$	30.00 [kN]	Forza componente nel bullone dovuta all'influenza della forza di taglio Vz nella direzione z	$F_{z,V_z} = V_{z,Ed,pw} / n_b$
$F_{x,M_y} =$	114.60 [kN]	Forza componente nel bullone dovuta all'influenza del momento My nella direzione x	$F_{x,M_y} = M_y \cdot x_i / \Sigma (x_i^2 + z_i^2)$
$F_{z,M_y} =$	74.93 [kN]	OUT: Forza componente nel bullone dovuta all'influenza del momento My nella direzione z	$F_{z,M_y} = M_y \cdot x_i / \Sigma (x_i^2 + z_i^2)$
$F_{x,Ed} =$	116.02 [kN]	Forza di calcolo sommaria nel bullone sulla direzione x	$F_{x,Ed} = F_{x,N} + F_{x,M_y}$
$F_{z,Ed} =$	104.93 [kN]	Forza di calcolo sommaria nel bullone sulla direzione z	$F_{z,Ed} = F_{z,V_z} + F_{z,M_y}$
$F_{Ed} =$	156.43 [kN]	Azione tagliante risultante nel bullone	$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$
$F_{Rd,x} =$	257.51 [kN]	Resistenza risultante di calcolo del bullone sulla direzione x	$F_{Rd,x} = \min(F_{b,Rd1,x}, F_{b,Rd2,x})$
$F_{Rd,z} =$	266.60 [kN]	Resistenza risultante di calcolo del bullone sulla direzione z	$F_{Rd,z} = \min(F_{b,Rd1,z}, F_{b,Rd2,z})$
$ F_{x,Ed} \leq F_{Rd,x}$		116.02 < 257.51	verificato (0.45)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rd,z}$		104.93 < 266.60	verificato (0.39)
$F_{Ed} \leq F_{v,Rd}$		156.43 < 241.27	verificato (0.65)

BULLONI CHE UNISCONO IL COPRIGIUNTO E L'ALA SUPERIORE DELLA TRAVE

RESISTENZA DEI BULLONI

$F_{v,Rd} =$	241.27 [kN]	Resistenza del gambo di un bullone semplice al taglio	$F_{v,Rd} = 0.8 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m / M_2$
--------------	-------------	---	---

Pressione del bullone sull'ala della trave

Direzione x				
$k_{1x} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$	
$k_{1x} > 0.0$		2.50 > 0.00	verificato	
$\alpha_{bx} =$	0.83	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$	
$\alpha_{bx} > 0.0$		0.83 > 0.00	verificato	
$F_{b,Rd1x} =$	430.00 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione	$F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d^2 \cdot \Sigma t_i / M_2$	

Direzione y

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	122 di 275

$k_{1y} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$k_{1y} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1y} > 0.0$	2.50 > 0.00		verificato
$\alpha_{by} =$	1.00	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$\alpha_{by} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{by} > 0.0$	1.00 > 0.00		verificato
$F_{b,Rd1y} =$	516.00 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione	$F_{b,Rd1y} = k_{1y} \cdot \alpha_{by} \cdot f_u \cdot d' \cdot \Sigma t_i / M_2$

Pressione del bullone sulla piastrina

Direzione x			
$k_{1x} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	2.50 > 0.00		verificato
$\alpha_{bx} =$	1.00	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	1.00 > 0.00		verificato
$F_{b,Rd2x} =$	688.00 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione	$F_{b,Rd2x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d' \cdot \Sigma t_i / M_2$

Direzione y			
$k_{1y} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$k_{1y} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1y} > 0.0$	2.50 > 0.00		verificato
$\alpha_{by} =$	0.68	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$\alpha_{by} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{by} > 0.0$	0.68 > 0.00		verificato
$F_{b,Rd2y} =$	469.09 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione	$F_{b,Rd2y} = k_{1y} \cdot \alpha_{by} \cdot f_u \cdot d' \cdot \Sigma t_i / M_2$

STATO LIMITE ULTIMO (SLU)

Taglio dei bulloni			
$F_{Ed} =$	208.11 [kN]	Azione tagliante nel bullone	$F_{Ed} = [N_{Ed,gru} + N_{Ed,pru}] / n_b$
$\beta_{Lr} =$	1.00	Coefficiente di riduzione per i giunti lunghi	$\beta_{Lr} = \max(0.75, \min(1; 1 - (L - 15 \cdot d) / (200 \cdot d)))$
$F_{Rd} =$	241.27 [kN]	Resistenza risultante di calcolo del bullone	$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd1}; F_{b,Rd2})$
$ F_{Ed} \leq \beta_{Lr} \cdot F_{Rd}$	208.11 < 241.27		verificato (0.85)

BULLONI CHE UNISCONO LA TRAVERSA DELL'ALA E L'ALA INFERIORE DELLA TRAVE

RESISTENZA DEI BULLONI

$F_{v,Rd} =$	241.27 [kN]	Resistenza del gambo di un bullone semplice al taglio	$F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m / M_2$
--------------	-------------	---	---

Pressione del bullone sull'ala della trave

Direzione x			
$k_{1x} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	2.50 > 0.00		verificato
$\alpha_{bx} =$	0.83	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	0.83 > 0.00		verificato
$F_{b,Rd1x} =$	430.00 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione	$F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d' \cdot \Sigma t_i / M_2$

Direzione y			
$k_{1y} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$k_{1y} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1y} > 0.0$	2.50 > 0.00		verificato
$\alpha_{by} =$	1.00	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$\alpha_{by} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{by} > 0.0$	1.00 > 0.00		verificato
$F_{b,Rd1y} =$	516.00 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione	$F_{b,Rd1y} = k_{1y} \cdot \alpha_{by} \cdot f_u \cdot d' \cdot \Sigma t_i / M_2$

Pressione del bullone sulla piastrina

Direzione x			
$k_{1x} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	2.50 > 0.00		verificato
$\alpha_{bx} =$	1.00	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	1.00 > 0.00		verificato
$F_{b,Rd2x} =$	688.00 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione	$F_{b,Rd2x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d' \cdot \Sigma t_i / M_2$

Direzione y			
$k_{1y} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$k_{1y} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1y} > 0.0$	2.50 > 0.00		verificato
$\alpha_{by} =$	0.68	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$\alpha_{by} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{by} > 0.0$	0.68 > 0.00		verificato

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	123 di 275

$$F_{b,Rd2y} = 469.09 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistenza di un bullone alla pressione} \quad F_{b,Rd2y} = k_{ly} \cdot \alpha_{by} \cdot f_u \cdot d' \cdot \Sigma t_i / M_2$$

STATO LIMITE ULTIMO (SLU)

Taglio dei bulloni

$$F_{Ed} = -202.24 \quad [\text{kN}] \quad \text{Azione tagliante nel bullone} \quad F_{Ed} = [N_{Ed,pte} + N_{Ed,ptn}] / n_b$$

$$\beta_{Lr} = 1.00 \quad \text{Coefficiente di riduzione per i giunti lunghi} \quad \beta_{Lr} = \max(0.75, \min(1, 1 - (L - 15 \cdot d) / (200 \cdot d)))$$

$$F_{Rd} = 241.27 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistenza risultante di calcolo del bullone} \quad F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}, F_{b,Rd1}, F_{b,Rd2})$$

$$|F_{Ed}| \leq \beta_{Lr} \cdot F_{Rd} \quad (-202.24) < 241.27 \quad \text{verificato} \quad (0.84)$$

VERIFICA DELLA SEZIONE DOVUTA ALLA ROTTURA DI BLOCCO - [3.10]

TRAVE

Nr	Modello	A _{nv} [cm ²]	A _{nt} [cm ²]	V ₀ [kN]	V _{eff,Rd} [kN]	V ₀ /V _{eff,Rd}	Stato
1		58.12	27.71	270.00 (*1)	1399.41 (*)	0.19	verificato
2		27.71	158.05	12.77 (*2)	5876.84 (**)	0.00	verificato
3		27.71	158.05	12.77 (*2)	5876.84 (**)	0.00	verificato
4		58.41	33.48	12.77 (*2)	2031.50 (**)	0.01	verificato
5		51.00	19.20	1230.68 (*3)	2940.42 (***)	0.42	verificato

(*1) V₀ = V_{zEd1}

(*2) V₀ = N_{wEd}

(*3) V₀ = N_{uEd}

(*) V_{eff,Rd} = 0.5 · f_u · A_{nt} / M₂ + (1/√3) · f_y · A_{nv} / M₀

(**) V_{eff,Rd} = f_u · A_{nt} / M₂ + (1/√3) · f_y · A_{nv} / M₀

(***) V_{eff,Rd} = 2 · f_u · A_{nt} / M₂ + (1/√3) · f_y · A_{nv} / M₀

TRAVERSA DELL'ANIMA

Nr	Modello	A _{nv} [cm ²]	A _{nt} [cm ²]	V ₀ [kN]	V _{eff,Rd} [kN]	V ₀ /V _{eff,Rd}	Stato
1		55.00	35.75	135.00 (*1)	1488.14 (*)	0.09	verificato
2		35.75	55.00	6.38 (*2)	2459.61 (**)	0.00	verificato
3		35.75	55.00	6.38 (*2)	2459.61 (**)	0.00	verificato
4		71.50	43.20	6.38 (*2)	2621.29 (**)	0.00	verificato

(*1) V₀ = 0.5 · V_{zEd1}

(*2) V₀ = 0.5 · N_{wEd}

(*) V_{eff,Rd} = 0.5 · f_u · A_{nt} / M₂ + (1/√3) · f_y · A_{nv} / M₀

(**) V_{eff,Rd} = f_u · A_{nt} / M₂ + (1/√3) · f_y · A_{nv} / M₀

PIASTRA SUPERIORE ESTERNA

Nr	Modello	A _{nv} [cm ²]	A _{nt} [cm ²]	V ₀ [kN]	V _{eff,Rd} [kN]	V ₀ /V _{eff,Rd}	Stato
1		37.50	38.40	761.52 (*1)	1916.35 (**)	0.40	verificato
2		75.00	28.60	761.52 (*1)	2071.42 (**)	0.37	verificato

(*1) V₀ = N_{uEd}

(**) V_{eff,Rd} = f_u · A_{nt} / M₂ + (1/√3) · f_y · A_{nv} / M₀

PIASTRA SUPERIORE INTERNA

Nr	Modello	A _{nv} [cm ²]	A _{nt} [cm ²]	V ₀ [kN]	V _{eff,Rd} [kN]	V ₀ /V _{eff,Rd}	Stato
1		37.50	6.80	511.65 (*1)	929.31 (**)	0.62	verificato
2		37.50	12.80	511.65 (*1)	1035.71 (**)	0.49	verificato

(*1) V₀ = N_{uEd}

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	124 di 275

$$(**) V_{eRd} = f_u \cdot A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / \gamma_{M0}$$

VERIFICA DELLE SEZIONI INDEBOLITE DAI FORI - [5.4]

TRAVE

$A_t = 135.34$ [cm ²]	Area bruta della zona tesa della sezione		
$A_{t,net} = 110.73$ [cm ²]	Area netta della zona della sezione in trazione		
$0.9 \cdot (A_{t,net} / A_t) \geq (f_y / \gamma_{M2}) / (f_u / \gamma_{M0})$		0.79 < 0.80	
$W = 5701.37$ [cm ³]	Fattore elastico della sezione		
$W_{net} = 5701.37$ [cm ³]	Fattore elastico della sezione		
$M_{c,Rdnet} = 1567.88$ [kN*m]	Resistenza di calcolo della sezione alla flessione		$M_{c,Rdnet} = W_{net} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0}$
$ M_d \leq M_{c,Rdnet}$		820.00 < 1567.88	verificato (0.52)

$A = 270.00$ [cm ²]	Area bruta della zona tesa della sezione		$A = h_{pl} \cdot t_{pl}$
$A_{net} = 233.27$ [cm ²]	Area della sezione netta		$A_{net} = A - n_v \cdot d_o \cdot t_{pl}$
$N_{pl,Rd} = 7425.00$ [kN]	Resistenza plastica di calcolo della sezione bruta		$N_{pl,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0}$
$N_{u,Rd} = 7225.14$ [kN]	Resistenza di calcolo massima alla forza normale della sezione netta		$N_{u,Rd} = 0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}$
$F_{Ed} = 30.00$ [kN]			$A = h_{pl} \cdot t_{pl}$
$ F_{Ed} \leq N_{u,Rd}$		30.00 < 7225.14	verificato (0.00)
$ F_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$		30.00 < 7425.00	verificato (0.00)

$A_v = 93.00$ [cm ²]	Area della sezione efficace in taglio		$A_v = h_p \cdot t_p$
$A_{v,net} = 82.77$ [cm ²]	Area della sezione netta efficace in taglio		$A_{v,net} = A_v - n_v \cdot d_o \cdot t_p$
$V_{pl,Rd} = 1476.57$ [kN]	Resistenza plastica di calcolo in taglio		$V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_{yp}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$
$ V_d \leq V_{pl,Rd}$		270.00 < 1476.57	verificato (0.18)

TRAVERSA DELL'ANIMA

$A_t = 40.27$ [cm ²]	Area bruta della zona tesa della sezione		
$A_{t,net} = 35.87$ [cm ²]	Area netta della zona della sezione in trazione		
$0.9 \cdot (A_{t,net} / A_t) \geq (f_y / \gamma_{M2}) / (f_u / \gamma_{M0})$		0.80 > 0.80	
$W = 533.23$ [cm ³]	Fattore elastico della sezione		
$M_{c,Rd} = 146.67$ [kN*m]	Resistenza di calcolo della sezione alla flessione		$M_{c,Rd} = W \cdot f_{yp} / \gamma_{M0}$
$ M_d \leq M_{c,Rd}$		63.80 < 146.67	verificato (0.44)

$A = 80.00$ [cm ²]	Area bruta della zona tesa della sezione		$A = h_{pl} \cdot t_{pl}$
$A_{net} = 66.80$ [cm ²]	Area della sezione netta		$A_{net} = A - n_v \cdot d_o \cdot t_{pl}$
$N_{pl,Rd} = 2200.00$ [kN]	Resistenza plastica di calcolo della sezione bruta		$N_{pl,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0}$
$N_{u,Rd} = 2068.13$ [kN]	Resistenza di calcolo massima alla forza normale della sezione netta		$N_{u,Rd} = 0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}$
$F_{Ed} = 6.38$ [kN]			$F_{Ed} = N_{Ed,pw}$
$ F_{Ed} \leq N_{u,Rd}$		6.38 < 2068.13	verificato (0.00)
$ F_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$		6.38 < 2200.00	verificato (0.00)

$A_v = 80.00$ [cm ²]	Area della sezione efficace in taglio		$A_v = h_p \cdot t_p$
$A_{v,net} = 66.80$ [cm ²]	Area della sezione netta efficace in taglio		$A_{v,net} = A_v - n_v \cdot d_o \cdot t_p$
$V_{pl,Rd} = 1270.17$ [kN]	Resistenza plastica di calcolo in taglio		$V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_{yp}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$
$ V_d \leq V_{pl,Rd}$		135.00 < 1270.17	verificato (0.11)

PIASTRA SUPERIORE ESTERNA

$A = 60.00$ [cm ²]	Area bruta della zona tesa della sezione		$A = h_{pl} \cdot t_{pl}$
$A_{net} = 51.20$ [cm ²]	Area della sezione netta		$A_{net} = A - n_v \cdot d_o \cdot t_{pl}$
$N_{pl,Rd} = 1650.00$ [kN]	Resistenza plastica di calcolo della sezione bruta		$N_{pl,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0}$
$N_{u,Rd} = 1585.15$ [kN]	Resistenza di calcolo massima alla forza normale della sezione netta		$N_{u,Rd} = 0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}$
$F_{Ed} = 761.52$ [kN]			$F_{Ed} = N_{Ed,ptue}$
$ F_{Ed} \leq N_{u,Rd}$		761.52 < 1585.15	verificato (0.48)
$ F_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$		761.52 < 1650.00	verificato (0.46)

PIASTRA SUPERIORE INTERNA

$A = 48.00$ [cm ²]	Area bruta della zona tesa della sezione		$A = 2 \cdot h_{pl} \cdot t_{pl}$
$A_{net} = 39.20$ [cm ²]	Area della sezione netta		$A_{net} = A - n_v \cdot d_o \cdot t_{pl}$

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	125 di 275

$N_{pl,Rd} = 1320.00$ [kN]	Resistenza plastica di calcolo della sezione bruto		$N_{pl,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0}$
$N_{u,Rd} = 1213.63$ [kN]	Resistenza di calcolo massima alla forza normale della sezione netta		$N_{u,Rd} = 0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}$
$F_{Ed} = 511.65$ [kN]			$F_{Ed} = N_{Ed,plf}$
$ F_{Ed} \leq N_{u,Rd}$		$ 511.65 < 1213.63$	(0.42)
$ F_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$		$ 511.65 < 1320.00$	(0.39)

PIASTRA INFERIORE INTERNA

$A = 48.00$ [cm ²]	Area bruta della zona tesa della sezione		$A = 2 \cdot h_{pl} \cdot t_{pl}$
$A_{net} = 39.20$ [cm ²]	Area della sezione netta		$A_{net} = A - n_v \cdot d_0 \cdot t_{pl}$
$N_{pl,Rd} = 1320.00$ [kN]	Resistenza plastica di calcolo della sezione bruto		$N_{pl,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0}$
$N_{u,Rd} = 1213.63$ [kN]	Resistenza di calcolo massima alla forza normale della sezione netta		$N_{u,Rd} = 0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}$
$F_{Ed} = -503.99$ [kN]			$F_{Ed} = N_{Ed,plf}$
$ F_{Ed} \leq N_{u,Rd}$		$ -503.99 < 1213.63$	(0.42)
$ F_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$		$ -503.99 < 1320.00$	(0.38)

PIASTRA INFERIORE ESTERNA

$A = 60.00$ [cm ²]	Area bruta della zona tesa della sezione		$A = h_{pl} \cdot t_{pl}$
$A_{net} = 51.20$ [cm ²]	Area della sezione netta		$A_{net} = A - n_v \cdot d_0 \cdot t_{pl}$
$N_{pl,Rd} = 1650.00$ [kN]	Resistenza plastica di calcolo della sezione bruto		$N_{pl,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0}$
$N_{u,Rd} = 1565.15$ [kN]	Resistenza di calcolo massima alla forza normale della sezione netta		$N_{u,Rd} = 0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}$
$F_{Ed} = -751.94$ [kN]			$F_{Ed} = N_{Ed,plf}$
$ F_{Ed} \leq N_{u,Rd}$		$ -751.94 < 1565.15$	(0.47)
$ F_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$		$ -751.94 < 1650.00$	(0.46)

Giunto conforme alla norma

Coefficiente 0.85

Nodo trave - colonna

Sono previsti collegamenti con nodi cerniera per le travi secondarie sia con le travi principali che con i pilastri. Viene riportata di seguito l'immagine dell'unione.

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	126 di 275

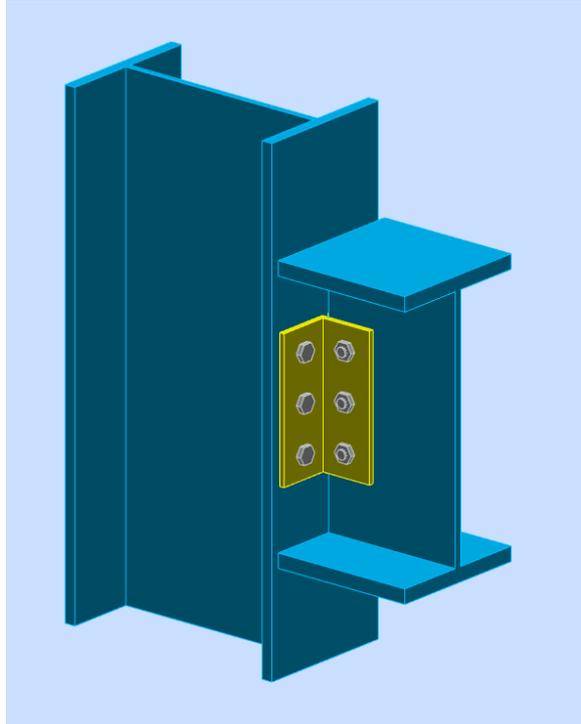


Figura 44: Nodo trave – colonna

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	127 di 275



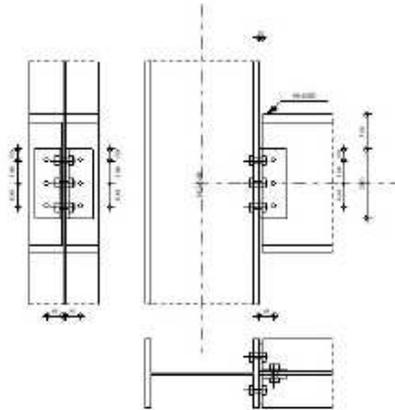
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

Calcolo del giunto trave-colonna (ala)

EN 1993-1-8:2005/AC:2009



Coefficiente
0.89



GENERALE

N. giunto: 2
Nome del giunto: Trave-colonna (ala)

GEOMETRIA

COLONNA

Profilato:	HEA 500		
α_c	-90.0	[Deg]	Angolo d'inclinazione
h_c	490	[mm]	Altezza della sezione della colonna
b_{fc}	300	[mm]	Larghezza della sezione della colonna
t_{wc}	12	[mm]	Spessore dell'anima della sezione della colonna
t_{fc}	23	[mm]	Spessore dell'ala della sezione della colonna
r_c	27	[mm]	Raggio di raccordo della sezione della colonna
A_c	197.50	[cm ²]	Area della sezione della colonna
I_{yc}	36975.00	[cm ⁴]	Momento di inerzia della sezione della colonna
Materiale:	S 235		
f_{yc}	235.00	[MPa]	Resistenza di calcolo
f_{uc}	360.00	[MPa]	Resistenza alla trazione

TRAVE

Profilato:	HEB 600		
α_b	0.0	[Deg]	Angolo d'inclinazione
h_b	600	[mm]	Altezza della sezione della trave
b_b	300	[mm]	Larghezza della sezione della trave
t_{wb}	16	[mm]	Spessore dell'anima della sezione della trave
t_{fb}	30	[mm]	Spessore dell'ala della sezione della trave
r_b	27	[mm]	Raggio di raccordo della sezione della trave
A_b	270.00	[cm ²]	Area della sezione della trave
I_{yb}	171041.00	[cm ⁴]	Momento di inerzia della sezione della trave
Materiale:	S 275		
f_{yb}	275.00	[MPa]	Resistenza di calcolo
f_{ub}	430.00	[MPa]	Resistenza alla trazione

ANGOLARE

Profilato:	IU 120x120x10		
h_k	120	[mm]	Altezza della sezione dell'angolare
b_k	120	[mm]	Larghezza della sezione dell'angolare

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	128 di 275

t_{fk} =	10	[mm]	Spessore dell'ala della sezione dell'angolare
r_k =	13	[mm]	Raggio di raccordo dell'anima della sezione dell'angolare
l_k =	300	[mm]	Lunghezza dell'angolare
Materiale: S 275			
f_{yk} =	275.00	[MPa]	Resistenza di calcolo
f_{uk} =	430.00	[MPa]	Resistenza alla trazione

BULLONI

BULLONI CHE UNISCONO LA COLONNA E L'ANCORAGGIO

Il piano di taglio attraversa la parte NON FILETTATA del bullone.

Classe =	8.8		Classe del bullone
d =	20	[mm]	Diametro del bullone
d_0 =	22	[mm]	Diametro del foro del bullone
A_s =	2.45	[cm ²]	Area della sezione efficace del bullone
A_v =	3.14	[cm ²]	Area della sezione del bullone
f_{ub} =	800.00	[MPa]	Resistenza alla trazione
k =	1		Numero di colonne dei bulloni
w =	3		Numero di file di bulloni
e_1 =	50	[mm]	Livello del primo bullone
p_1 =	100	[mm]	Distanza verticale

BULLONI CHE UNISCONO L'ANGOLARE E LA TRAVE

Il piano di taglio attraversa la parte NON FILETTATA del bullone.

Classe =	8.8		Classe del bullone
d =	20	[mm]	Diametro del bullone
d_0 =	22	[mm]	Diametro del foro del bullone
A_s =	2.45	[cm ²]	Area della sezione efficace del bullone
A_v =	3.14	[cm ²]	Area della sezione del bullone
f_{ub} =	800.00	[MPa]	Resistenza alla trazione
k =	1		Numero di colonne dei bulloni
w =	3		Numero di file di bulloni
e_1 =	50	[mm]	Livello del primo bullone
p_1 =	100	[mm]	Distanza verticale

COEFFICIENTI DI MATERIALE

γ_{M0} =	1.00	Coefficiente di sicurezza parziale	[2.2]
γ_{M2} =	1.25	Coefficiente di sicurezza parziale	[2.2]

CARICHI

Condizione Calcolo manuale.

$N_{b,Ed}$ =	30.00	[kN]	Azione assiale
$V_{b,Ed}$ =	50.00	[kN]	Azione tagliante
$M_{b,Ed}$ =	30.00	[kN*m]	Momento flettente

RISULTATI

BULLONI CHE UNISCONO LA COLONNA E L'ANCORAGGIO

RESISTENZA DEI BULLONI

$F_{v,Rd}$ =	120.64	[kN]	Resistenza al taglio del bullone nella parte non filettata	$F_{v,Rd} = 0.6 f_{ub} A_v / \gamma_{M2}$
$F_{t,Rd}$ =	141.12	[kN]	Resistenza di un bullone alla trazione	$F_{t,Rd} = 0.9 f_u A_s / \gamma_{M2}$

Pressione del bullone sull'ala della colonna

Direzione x				
k_{1x} =	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8(e_1/d_0) - 1.7, 1.4(p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$	
$k_{1x} > 0.0$		2.50 > 0.00	verificato	
α_{bx} =	1.00	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3d_0), f_{ub}/f_u, 1]$	
$\alpha_{bx} > 0.0$		1.00 > 0.00	verificato	
$F_{b,Rd1x}$ =	331.20	[kN]	Resistenza di un bullone alla pressione	$F_{b,Rd1x} = k_{1x} \alpha_{bx} f_u d^2 t_f / \gamma_{M2}$

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	129 di 275

Direzione z				
$k_{tz} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$		$k_{tz} = \min[2.8 \cdot (e_z/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{tz} > 0.0$		2.50 > 0.00	verificato	
$\alpha_{bz} =$	1.00	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$		$\alpha_{bz} = \min[e_y/(3 \cdot d_0), p_y/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$		1.00 > 0.00	verificato	
$F_{b,Rd1z} =$	331.20 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione		$F_{b,Rd1z} = k_{tz} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d^2 t / M_2$

Pressione del bullone sull'angolare

Direzione x				
$k_{tx} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$		$k_{tx} = \min[2.8 \cdot (e_x/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_x/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{tx} > 0.0$		2.50 > 0.00	verificato	
$\alpha_{bx} =$	0.83	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$		$\alpha_{bx} = \min[e_z/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$		0.83 > 0.00	verificato	
$F_{b,Rd2x} =$	143.33 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione		$F_{b,Rd2x} = k_{tx} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d^2 t / M_2$

Direzione z				
$k_{tz} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$		$k_{tz} = \min[2.8 \cdot (e_z/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{tz} > 0.0$		2.50 > 0.00	verificato	
$\alpha_{bz} =$	0.76	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$		$\alpha_{bz} = \min[e_y/(3 \cdot d_0), p_y/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$		0.76 > 0.00	verificato	
$F_{b,Rd2z} =$	130.30 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione		$F_{b,Rd2z} = k_{tz} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d^2 t / M_2$

FORZE AGENTI SUI BULLONI NEL GIUNTO COLONNA - ANGOLARE

Taglio dei bulloni

$e =$	73 [mm]	Distanza del centro di gravità del gruppo di bulloni dall'angolare dal centro dell'anima della trave		
$M_0 =$	1.82 [kN*m]	Momento flettente reale		$M_0 = 0.5 \cdot V_{0,Ed} \cdot e$
$F_{Vz} =$	8.33 [kN]	Forza componente nel bullone dovuta all'influenza dell'azione tagliante		$F_{Vz} = 0.5 \cdot V_{0,Ed} / n$
$F_{Mx} =$	9.09 [kN]	Forza componente nel bullone dovuta all'influenza del momento		$F_{Mx} = M_0 \cdot z / \sum z^2$
$F_{x,Ed} =$	9.09 [kN]	Forza di calcolo sommaria nel bullone sulla direzione x		$F_{x,Ed} = F_{Nx} + F_{Mx}$
$F_{z,Ed} =$	8.33 [kN]	Forza di calcolo sommaria nel bullone sulla direzione z		$F_{z,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$
$F_{Ed} =$	12.33 [kN]	Azione tagliante risultante nel bullone		$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$
$F_{Rdx} =$	143.33 [kN]	Resistenza risultante di calcolo del bullone sulla direzione x		$F_{Rdx} = \min(F_{b,Rd1x}, F_{b,Rd2x})$
$F_{Rdz} =$	130.30 [kN]	Resistenza risultante di calcolo del bullone sulla direzione z		$F_{Rdz} = \min(F_{b,Rd1z}, F_{b,Rd2z})$
$ F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$		9.09 < 143.33	verificato	(0.06)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$		8.33 < 130.30	verificato	(0.06)
$F_{Ed} \leq F_{V,Rd}$		12.33 < 120.64	verificato	(0.10)

Trazione dei bulloni

$e =$	76 [mm]	Distanza del centro di gravità del gruppo di bulloni dal centro dell'ala della colonna		
$M_{0t} =$	16.91 [kN*m]	Momento flettente reale		$M_{0t} = 0.5 \cdot (M_{0,Ed} + V_{0,Ed} \cdot e)$
$F_{t,Ed} =$	89.56 [kN]	Azione di trazione nel bullone estremo		$F_{t,Ed} = M_{0t} \cdot z_{max} / \sum z^2 + 0.5 \cdot N_{0,Ed} / n$
$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$		89.56 < 141.12	verificato	(0.63)

Simultanee azioni di trazione e tagliante nel bullone

$F_{V,Ed} =$	12.33 [kN]	Azione tagliante risultante nel bullone		$F_{V,Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$
$F_{V,Ed}/F_{V,Rd} + F_{t,Ed}/(1.4 \cdot F_{t,Rd}) \leq 1.0$		0.56 < 1.00	verificato	(0.56)

BULLONI CHE UNISCONO L'ANGOLARE E LA TRAVE

RESISTENZA DEI BULLONI

$F_{V,Rd} =$	241.27 [kN]	Resistenza al taglio del bullone nella parte non filettata		$F_{V,Rd} = 0.8 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m^2 / M_2$
--------------	-------------	--	--	---

Pressione del bullone sulla trave

Direzione x				
$k_{tx} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$		$k_{tx} = \min[2.8 \cdot (e_x/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_x/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{tx} > 0.0$		2.50 > 0.00	verificato	
$\alpha_{bx} =$	0.76	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$		$\alpha_{bx} = \min[e_z/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$		0.76 > 0.00	verificato	
$F_{b,Rd1x} =$	201.97 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione		$F_{b,Rd1x} = k_{tx} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d^2 t / M_2$

Direzione z				
$k_{tz} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$		$k_{tz} = \min[2.8 \cdot (e_z/d_0) - 1.7, 2.5]$

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	130 di 275

$k_{1z} > 0.0$		$2.50 > 0.00$	verificato	
$\alpha_{bz} =$	1.00	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$		$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u - 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$		$1.00 > 0.00$	verificato	
$F_{b,Rd1z} =$	266.60 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione		$F_{b,Rd1z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t / M_2$

Pressione del bullone sull'angolare

Direzione x				
$k_{1x} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$		$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$		$2.50 > 0.00$	verificato	
$\alpha_{bx} =$	0.83	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$		$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u - 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$		$0.83 > 0.00$	verificato	
$F_{b,Rd2x} =$	286.67 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione		$F_{b,Rd2x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t / M_2$

Direzione z				
$k_{1z} =$	2.50	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$		$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$		$2.50 > 0.00$	verificato	
$\alpha_{bz} =$	0.76	Coefficiente per il calcolo di $F_{b,Rd}$		$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u - 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$		$0.76 > 0.00$	verificato	
$F_{b,Rd2z} =$	260.61 [kN]	Resistenza di un bullone alla pressione		$F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t / M_2$

FORZE AGENTI SUI BULLONI NEL GIUNTO ANGOLARE - TRAVE

Taglio dei bulloni

$e =$	76 [mm]	Distanza del centro di gravità del gruppo di bulloni dal centro dell'ala della colonna		
$M_0 =$	32.83 [kN*m]	Momento flettente reale		$M_0 = M_{b,Ed} + V_{b,Ed} \cdot e$
$F_{Nx} =$	10.00 [kN]	Forza componente nel bullone dovuta all'influenza della forza longitudinale		$F_{Nx} = N_{b,Ed} /n$
$F_{Vz} =$	16.67 [kN]	Forza componente nel bullone dovuta all'influenza dell'azione tagliante		$F_{Vz} = V_{b,Ed} /n$
$F_{Mx} =$	169.12 [kN]	Forza componente nel bullone dovuta all'influenza del momento sulla direzione x.		$F_{Mx} = M_0 \cdot z_j / \sqrt{x_j^2 + z_j^2}$
$F_{Mz} =$	0.00 [kN]	Forza componente nel bullone dovuta all'influenza del momento sulla direzione z.		$F_{Mz} = M_0 \cdot x_j / \sqrt{x_j^2 + z_j^2}$
$F_{x,Ed} =$	179.12 [kN]	Forza di calcolo sommaria nel bullone sulla direzione x		$F_{x,Ed} = F_{Nx} + F_{Mx}$
$F_{z,Ed} =$	16.67 [kN]	Forza di calcolo sommaria nel bullone sulla direzione z		$F_{z,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$
$F_{Ed} =$	179.90 [kN]	Azione tagliante risultante nel bullone		$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$
$F_{Rdx} =$	201.97 [kN]	Resistenza risultante di calcolo del bullone sulla direzione x		$F_{Rdx} = \min(F_{b,Rd1x}, F_{b,Rd2x})$
$F_{Rdz} =$	260.61 [kN]	Resistenza risultante di calcolo del bullone sulla direzione z		$F_{Rdz} = \min(F_{b,Rd1z}, F_{b,Rd2z})$
$ F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$		$179.12 < 201.97$	verificato	(0.89)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$		$16.67 < 260.61$	verificato	(0.06)
$F_{Ed} \leq F_{v,Rd}$		$179.90 < 241.27$	verificato	(0.75)

VERIFICA DELLA SEZIONE DOVUTA ALLA ROTTURA DI BLOCCO (FORZA ASSIALE)

ANGOLARE

$A_{nt} =$	15.60 [cm ²]	Area netta della zona della sezione in trazione		
$A_{nv} =$	8.80 [cm ²]	Area della zona della sezione in taglio		
$V_{eMRd} =$	676.36 [kN]	Resistenza di calcolo della sezione indebolita dai fori		$V_{eMRd} = f_u \cdot A_{nt} / M_2 + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / M_0$
$ 0.5 \cdot N_{b,Ed} \leq V_{eMRd}$		$15.00 < 676.36$	verificato	(0.02)

TRAVE

$A_{nt} =$	24.18 [cm ²]	Area netta della zona della sezione in trazione		
$A_{nv} =$	12.09 [cm ²]	Area della zona della sezione in taglio		
$V_{eMRd} =$	1023.75 [kN]	Resistenza di calcolo della sezione indebolita dai fori		$V_{eMRd} = f_u \cdot A_{nt} / M_2 + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / M_0$
$ N_{b,Ed} \leq V_{eMRd}$		$30.00 < 1023.75$	verificato	(0.03)

VERIFICA DELLA SEZIONE DOVUTA ALLA ROTTURA DI BLOCCO (FORZA DI TAGLIO)

ANGOLARE

$A_{nt} =$	4.40 [cm ²]	Area netta della zona della sezione in trazione		
$A_{nv} =$	19.50 [cm ²]	Area della zona della sezione in taglio		
$V_{eMRd} =$	385.28 [kN]	Resistenza di calcolo della sezione indebolita dai fori		$V_{eMRd} = 0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / M_2 + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / M_0$
$ 0.5 \cdot V_{b,Ed} \leq V_{eMRd}$		$125.00 < 385.28$	verificato	(0.06)

TRAVE

$A_{nt} =$	6.04 [cm ²]	Area netta della zona della sezione in trazione		
$A_{nv} =$	53.47 [cm ²]	Area della zona della sezione in taglio		

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	131 di 275

$$V_{e,Rd} = 953.00 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistenza di calcolo della sezione indebolita dai fori} \quad V_{e,Rd} = 0.5 \cdot f_u \cdot A_{nI} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nV} / \gamma_{M0}$$

$$|V_{b,Ed}| \leq V_{e,Rd} \quad |50.00| < 953.00 \quad \text{verificato} \quad (0.05)$$

VERIFICA DELLA RESISTENZA DELLA SEZIONE DELL'ANCORAGGIO INDEBOLITO DAI FORI

$$A_t = 15.67 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Area bruta della zona tesa della sezione}$$

$$A_{t,net} = 13.47 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Area netta della zona della sezione in trazione}$$

$$0.9 \cdot (A_{t,net} / A_t) \geq (f_y \cdot \gamma_{M2}) / (f_u \cdot \gamma_{M0}) \quad 0.77 < 0.80$$

$$W_{net} = 141.58 \quad [\text{cm}^3] \quad \text{Fattore elastico della sezione}$$

$$M_{c,Rd,net} = 38.94 \quad [\text{kN} \cdot \text{m}] \quad \text{Resistenza di calcolo della sezione alla flessione} \quad M_{c,Rd,net} = W_{net} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0}$$

$$|M_{dI}| \leq M_{c,Rd,net} \quad |16.91| < 38.94 \quad \text{verificato} \quad (0.43)$$

$$A_v = 30.00 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Area della sezione efficace in taglio}$$

$$A_{v,net} = 23.40 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Area della sezione netto efficace in taglio}$$

$$V_{pl,Rd} = 476.31 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistenza plastica di calcolo in taglio} \quad V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$$

$$|0.5 \cdot V_{b,Ed}| \leq V_{pl,Rd} \quad |25.00| < 476.31 \quad \text{verificato} \quad (0.05)$$

VERIFICA DELLA RESISTENZA DELLA SEZIONE DELLA TRAVE INDEBOLITA DAI FORI

$$A_t = 50.62 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Area bruta della zona tesa della sezione}$$

$$A_{t,net} = 40.39 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Area netta della zona della sezione in trazione}$$

$$0.9 \cdot (A_{t,net} / A_t) \geq (f_y \cdot \gamma_{M2}) / (f_u \cdot \gamma_{M0}) \quad 0.72 < 0.80$$

$$W_{net} = 874.99 \quad [\text{cm}^3] \quad \text{Fattore elastico della sezione}$$

$$M_{c,Rd,net} = 240.62 \quad [\text{kN} \cdot \text{m}] \quad \text{Resistenza di calcolo della sezione alla flessione} \quad M_{c,Rd,net} = W_{net} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0}$$

$$|M_{dI}| \leq M_{c,Rd,net} \quad |33.83| < 240.62 \quad \text{verificato} \quad (0.14)$$

$$A_v = 93.00 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Area della sezione efficace in taglio}$$

$$A_{v,net} = 82.77 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Area della sezione netto efficace in taglio}$$

$$V_{pl,Rd} = 1476.57 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistenza plastica di calcolo in taglio} \quad V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$$

$$V_{b,Ed} \leq V_{pl,Rd} \quad |50.00| < 1476.57 \quad \text{verificato} \quad (0.03)$$

Giunto conforme alla norma

Coefficiente 0.89

Nodo alla base della colonna

Viene realizzato un nodo di incastro alla base della colonna tramite 12 ancoraggi M24, come rappresentato nell'immagine seguente

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	132 di 275

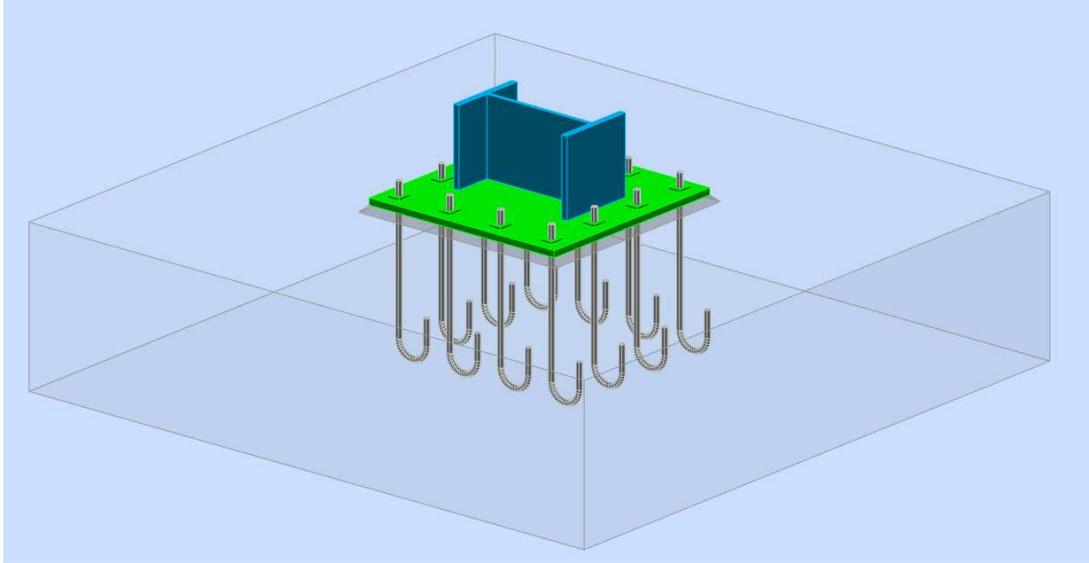


Figura 45: Nodo trave – colonna

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	133 di 275



Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

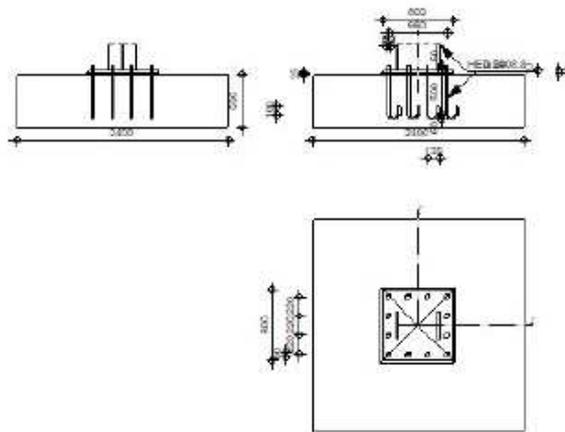
Calcolo del plinto della colonna incastrato

Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005/AC:2009 + CEB Design Guide: Design of fastenings in concrete

OK

Coefficiente

0.65



GENERALE

N. giunto: 1
Nome del giunto: Plinto incastrato

GEOMETRIA

COLONNA

Profilato: HEA 500

$L_c = 5.00$ [m] Lunghezza della colonna

$\alpha = 0.0$ [Deg] Angolo d'inclinazione

$h_c = 490$ [mm] Altezza della sezione della colonna

$b_{rc} = 300$ [mm] Larghezza della sezione della colonna

$t_{wc} = 12$ [mm] Spessore dell'anima della sezione della colonna

$t_{rc} = 23$ [mm] Spessore dell'ala della sezione della colonna

$r_c = 27$ [mm] Raggio di raccordo della sezione della colonna

$A_c = 197.50$ [cm²] Area della sezione della colonna

$I_{yc} = 86975.00$ [cm⁴] Momento di inerzia della sezione della colonna

Materiale: S 275

$f_{yc} = 275.00$ [MPa] Resistenza

$f_{uc} = 430.00$ [MPa] Limite di resistenza del materiale

PLINTO DELLA COLONNA

$l_{pd} = 800$ [mm] Lunghezza

$b_{pd} = 800$ [mm] Larghezza

$t_{pd} = 25$ [mm] Spessore

Materiale: S 275

$f_{ypd} = 275.00$ [MPa] Resistenza

$f_{upd} = 430.00$ [MPa] Limite di resistenza del materiale

ANCORAGGIO

Il piano di taglio attraversa la parte NON FILETTATA del bullone.

Classe = 8.8 Classe di ancoraggi

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	134 di 275

f_{y0}	=	640.00	[MPa]	Limite di plasticità del materiale del bullone
f_{ud}	=	800.00	[MPa]	Resistenza del materiale del bullone alla trazione
d	=	24	[mm]	Diametro del bullone
A_s	=	3.53	[cm ²]	Area della sezione efficace del bullone
A_v	=	4.52	[cm ²]	Area della sezione del bullone
n_H	=	4		Numero di colonne dei bulloni
n_V	=	4		Numero di file di bulloni
Distanza orizzontale e_{H1} = 220;220 [mm]				
Distanza verticale e_{V1} = 220;220 [mm]				

Dimensioni di ancoraggi

L_1	=	60	[mm]
L_2	=	500	[mm]
L_3	=	120	[mm]
L_4	=	100	[mm]

Rondella

l_{wd}	=	50	[mm]	Lunghezza
b_{wd}	=	60	[mm]	Larghezza
t_{wd}	=	10	[mm]	Spessore

COEFFICIENTI DI MATERIALE

γ_{M0}	=	1.00	Coefficiente di sicurezza parziale
γ_{M2}	=	1.25	Coefficiente di sicurezza parziale
γ_C	=	1.50	Coefficiente di sicurezza parziale

PLINTO DI FONDAZIONE

L	=	2400	[mm]	Lunghezza del plinto
B	=	2400	[mm]	Larghezza del plinto
H	=	600	[mm]	Altezza del plinto

Calcestruzzo

Classe C20/25				
f_{ck}	=	25.00	[MPa]	Resistenza caratteristica alla compressione

Getto di sigillatura

t_g	=	25	[mm]	Spessore del getto di sigillatura
$f_{ck,g}$	=	12.00	[MPa]	Resistenza caratteristica alla compressione
$C_{r,d}$	=	0.30		Coeff. di attrito tra la piastra di base e il calcestruzzo

SALDATURE

a_p	=	5	[mm]	Piastra principale del plinto della colonna
-------	---	---	------	---

CARICHI

Condizione Calcolo manuale.

$N_{j,Ed}$	=	-550.00	[kN]	Azione assiale
$V_{j,Ed,y}$	=	20.00	[kN]	Azione tagliante
$V_{j,Ed,z}$	=	10.00	[kN]	Azione tagliante
$M_{j,Ed,y}$	=	70.00	[kN*m]	Momento flettente
$M_{j,Ed,z}$	=	30.00	[kN*m]	Momento flettente

RISULTATI

ZONA DI COMPRESSIONE

COMPRESSIONE DEL CALCESTRUZZO

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	135 di 275

$f_{cd} = 16.67$ [MPa]	Resistenza di calcolo alla compressione	EN 1992-1-1:[3.1.6.(1)]
$f_j = 19.44$ [MPa]	Resistenza di calcolo del materiale del giunto sotto la piastra di base	[6.2.5.(7)]
$c = t_p \sqrt{(f_{yp}/(3 \cdot f_j \cdot M_{D0}))}$		
$c = 54$ [mm]	Larghezza dell'appoggio addizionale	[6.2.5.(4)]
$b_{eff} = 132$ [mm]	Larghezza efficace della zona di contatto sotto l'ala	[6.2.5.(3)]
$l_{eff} = 409$ [mm]	Lunghezza efficace della zona di contatto sotto l'ala	[6.2.5.(3)]
$A_{c0} = 537.51$ [cm ²]	Zona di contatto della piastra di base e della fondazione	EN 1992-1-1:[6.7.(3)]
$A_{c1} = 2980.65$ [cm ²]	Area di calcolo massima della ripartizione del carico	EN 1992-1-1:[6.7.(3)]
$F_{rd,u} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{(A_{c1}/A_{c0})} \leq 3 \cdot A_{c0} \cdot f_{cd}$		
$F_{rd,u} = 2497.92$ [kN]	Resistenza del calcestruzzo alla pressione	EN 1992-1-1:[6.7.(3)]
$\beta_j = 0.67$	Coefficiente di riduzione per la compressione	[6.2.5.(7)]
$f_{jd} = \beta_j \cdot F_{rd,u} / (b_{eff} \cdot l_{eff})$		
$f_{jd} = 30.24$ [MPa]	Resistenza di calcolo del materiale del giunto	[6.2.5.(7)]
$A_{c,n} = 1479.44$ [cm ²]	Area di compressione efficace	[6.2.8.2.(1)]
$A_{c,y} = 597.51$ [cm ²]	Area di flessione My	[6.2.8.3.(1)]
$A_{c,z} = 597.51$ [cm ²]	Area di flessione Mz	[6.2.8.3.(1)]
$F_{c,Rd,j} = A_{c,j} \cdot f_{jd}$		
$F_{c,Rd,n} = 4472.39$ [kN]	Resistenza del calcestruzzo alla compressione	[6.2.8.2.(1)]
$F_{c,Rd,y} = 1625.28$ [kN]	Resistenza del calcestruzzo alla flessione My	[6.2.8.3.(1)]
$F_{c,Rd,z} = 1625.28$ [kN]	Resistenza del calcestruzzo alla flessione Mz	[6.2.8.3.(1)]

ALA E ANIMA DELLA COLONNA IN COMPRESSIONE

CL = 2.00	Classe di sezione	EN 1993-1-1:[5.5.2]
$W_{pl,y} = 3948.86$ [cm ³]	Fattore plastico della sezione	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
$M_{c,Rd,y} = 1085.94$ [kN*m]	Resistenza di calcolo della sezione alla flessione	EN1993-1-1:[6.2.5]
$h_{r,y} = 467$ [mm]	Distanza tra i centri di gravità delle ali	[6.2.6.7.(1)]
$F_{c,fc,Rd,y} = M_{c,Rd,y} / h_{r,y}$		
$F_{c,fc,Rd,y} = 2325.34$ [kN]	Resistenza dell'ala compressa e dell'anima	[6.2.6.7.(1)]
$W_{pl,z} = 1055.51$ [cm ³]	Fattore plastico della sezione	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
$M_{c,Rd,z} = 291.09$ [kN*m]	Resistenza di calcolo della sezione alla flessione	EN1993-1-1:[6.2.5]
$h_{r,z} = 204$ [mm]	Distanza tra i centri di gravità delle ali	[6.2.6.7.(1)]
$F_{c,fc,Rd,z} = M_{c,Rd,z} / h_{r,z}$		
$F_{c,fc,Rd,z} = 1424.95$ [kN]	Resistenza dell'ala compressa e dell'anima	[6.2.6.7.(1)]

RESISTENZA DEL PLINTO NELLA ZONA COMPRESSA

$N_{j,Rd} = F_{c,Rd,n}$		
$N_{j,Rd} = 4472.39$ [kN]	Resistenza del plinto alla compressione assiale	[6.2.8.2.(1)]
$F_{c,Rd,y} = \min(F_{c,Rd,y}, F_{c,fc,Rd,y})$		
$F_{c,Rd,y} = 1625.28$ [kN]	Resistenza del plinto nella zona compressa	[6.2.8.3]
$F_{c,Rd,z} = \min(F_{c,Rd,z}, F_{c,fc,Rd,z})$		
$F_{c,Rd,z} = 1424.95$ [kN]	Resistenza del plinto nella zona compressa	[6.2.8.3]

CONTROLLO DELLA RESISTENZA DEL GIUNTO

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1.0$ (6.24)	0.12 < 1.00	verificato	(0.12)
$e_y = 127$ [mm]	Eccentricità dell'azione assiale	[6.2.8.3]	
$z_{c,y} = 224$ [mm]	Braccio di leva $F_{c,Rd,y}$	[6.2.8.1.(2)]	
$z_{t,y} = 330$ [mm]	Braccio di leva $F_{t,Rd,y}$	[6.2.8.1.(3)]	
$M_{j,Rd,y} = 267.76$ [kN*m]	Resistenza del giunto alla flessione	[6.2.8.3]	
$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1.0$ (6.23)	0.26 < 1.00	verificato	(0.26)
$e_z = 55$ [mm]	Eccentricità dell'azione assiale	[6.2.8.3]	

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	136 di 275

$z_{c,z} = 102$ [mm]	Braccio di leva $F_{C,Rd,z}$	[6.2.8.1.(2)]
$z_{t,z} = 330$ [mm]	Braccio di leva $F_{T,Rd,z}$	[6.2.8.1.(3)]
$M_{j,Rd,z} = 101.33$ [kN*m]	Resistenza del giunto alla flessione	[6.2.8.3]
$M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$ (6.23)	0.30 < 1.00	verificato (0.30)
$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} + M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$	0.56 < 1.00	verificato (0.56)

TAGLIO

PRESSIONE DEL BULLONE D'ANCORAGGIO SULLA PIASTRA DI BASE

Taglio della forza $V_{j,Ed,y}$

$\alpha_{d,y} = 0.90$	Coeff. di posizione dei bulloni: nella direzione del taglio	[Tabella 3.4]
$\alpha_{b,y} = 0.90$	Coeff. per il calcolo della resistenza $F_{1,vb,Rd}$	[Tabella 3.4]
$k_{1,y} = 2.50$	Coeff. di posizione dei bulloni: perpendicolari alla direzione del taglio	[Tabella 3.4]
$F_{1,vb,Rd,y} = k_{1,y} \cdot \alpha_{b,y} \cdot f_{up} \cdot d^2 \cdot t_p / \gamma_{M2}$		
$F_{1,vb,Rd,y} = 463.08$ [kN]	Resistenza del bullone d'ancoraggio alla pressione sulla piastra di base	[6.2.2.(7)]

Taglio della forza $V_{j,Ed,z}$

$\alpha_{d,z} = 0.90$	Coeff. di posizione dei bulloni: nella direzione del taglio	[Tabella 3.4]
$\alpha_{b,z} = 0.90$	Coeff. per il calcolo della resistenza $F_{1,vb,Rd}$	[Tabella 3.4]
$k_{1,z} = 2.50$	Coeff. di posizione dei bulloni: perpendicolari alla direzione del taglio	[Tabella 3.4]
$F_{1,vb,Rd,z} = k_{1,z} \cdot \alpha_{b,z} \cdot f_{up} \cdot d^2 \cdot t_p / \gamma_{M2}$		
$F_{1,vb,Rd,z} = 463.08$ [kN]	Resistenza del bullone d'ancoraggio alla pressione sulla piastra di base	[6.2.2.(7)]

TAGLIO DEL BULLONE D'ANCORAGGIO

$\alpha_b = 0.25$	Coeff. per il calcolo della resistenza $F_{2,vb,Rd}$	[6.2.2.(7)]
$A_{vb} = 4.52$ [cm ²]	Area della sezione del bullone	[6.2.2.(7)]
$f_{ub} = 800.00$ [MPa]	Resistenza del materiale del bullone alla trazione	[6.2.2.(7)]
$\gamma_{M2} = 1.25$	Coefficiente di sicurezza parziale	[6.2.2.(7)]
$F_{2,vb,Rd} = \alpha_b \cdot f_{ub} \cdot A_{vb} / \gamma_{M2}$		
$F_{2,vb,Rd} = 71.80$ [kN]	Resistenza del bullone al taglio - senza effetto della leva	[6.2.2.(7)]
$\alpha_M = 2.00$	Coeff. dipendente dal fissaggio di un ancoraggio alla fondazione	CEB [9.3.2.2]
$M_{Rk,s} = 1.30$ [kN*m]	Resistenza caratteristica dell'ancoraggio alla flessione	CEB [9.3.2.2]
$l_{sm} = 50$ [mm]	Lunghezza del braccio di leva	CEB [9.3.2.2]
$\gamma_{Ms} = 1.20$	Coefficiente di sicurezza parziale	CEB [3.2.3.2]
$F_{v,Rd,sm} = \alpha_M \cdot M_{Rk,s} / (l_{sm} \cdot \gamma_{Ms})$		
$F_{v,Rd,sm} = 43.87$ [kN]	Resistenza del bullone al taglio - con effetto della leva	CEB [9.3.1]

DISTRUZIONE DEL CONO DEL CALCESTRUZZO

$N_{Rk,c} = 142.00$ [kN]	Resistenza di calc. per il sollevamento	CEB [9.2.4]
$k_3 = 2.00$	Coeff. dipendente dalla lunghezza dell'ancoraggio	CEB [9.3.3]
$\gamma_{Mc} = 2.16$	Coefficiente di sicurezza parziale	CEB [3.2.3.1]
$F_{v,Rd,cp} = k_3 \cdot N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$		
$F_{v,Rd,cp} = 131.49$ [kN]	Resistenza del calcestruzzo alla distruzione	CEB [9.3.1]

DISTRUZIONE DEL BORDO DEL CALCESTRUZZO

Taglio della forza $V_{j,Ed,y}$

$V_{Rk,0,y} = 711.29$ [kN]	Resistenza caratteristica del bullone d'ancoraggio	CEB [9.3.4.(a)]
$\psi_{A,V,y} = 0.31$	Coeff. dipendente dall'interasse dell'ancoraggio e dalla distanza dal bordo	CEB [9.3.4]
$\psi_{n,V,y} = 1.30$	Coeff. dipendente dallo spessore della fondazione	CEB [9.3.4.(c)]
$\psi_{s,V,y} = 0.90$	Coeff. di influenza dei bordi paralleli all'azione tagliante	CEB [9.3.4.(d)]
$\psi_{ec,V,y} = 1.00$	Coeff. di irregolarità della ripartizione dell'azione tagliante sui singoli ancoraggi di un gruppo	CEB [9.3.4.(e)]
$\psi_{\alpha,V,y} = 1.00$	Coeff. dipendente dall'angolo dell'azione tagliante	CEB [9.3.4.(f)]

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	137 di 275

$\psi_{ucr,V,y} = 1.00$	Coeff. dipendente dal tipo di armatura dei bordi utilizzata	CEB [9.3.4.(g)]
$\gamma_{Mc} = 2.16$	Coefficiente di sicurezza parziale	CEB [3.2.3.1]
$F_{v,Rd,c,y} = V_{Rk,c,y} \psi_{A,V,y} \psi_{h,V,y} \psi_{s,V,y} \psi_{ec,V,y} \psi_{\alpha,V,y} \psi_{ucr,V,y} \gamma_{Mc}$		
$F_{v,Rd,c,y} = 117.70$ [kN]	Resistenza del calcestruzzo alla distruzione del bordo	CEB [9.3.1]

Taglio della forza $V_{j,Ed,z}$

$V_{Rk,c,z} = 711.29$ [kN]	Resistenza caratteristica del bullone d'ancoraggio	CEB [9.3.4.(a)]
$\psi_{A,V,z} = 0.31$	Coeff. dipendente dall'interasse dell'ancoraggio e dalla distanza dal bordo	CEB [9.3.4]
$\psi_{h,V,z} = 1.30$	Coeff. dipendente dallo spessore della fondazione	CEB [9.3.4.(c)]
$\psi_{s,V,z} = 0.90$	Coeff. di influenza dei bordi paralleli all'azione tagliante	CEB [9.3.4.(d)]
$\psi_{ec,V,z} = 1.00$	Coeff. di irregolarità della ripartizione dell'azione tagliante sui singoli ancoraggi di un gruppo	CEB [9.3.4.(e)]
$\psi_{\alpha,V,z} = 1.00$	Coeff. dipendente dall'angolo dell'azione tagliante	CEB [9.3.4.(f)]
$\psi_{ucr,V,z} = 1.00$	Coeff. dipendente dal tipo di armatura dei bordi utilizzata	CEB [9.3.4.(g)]
$\gamma_{Mc} = 2.16$	Coefficiente di sicurezza parziale	CEB [3.2.3.1]
$F_{v,Rd,c,z} = V_{Rk,c,z} \psi_{A,V,z} \psi_{h,V,z} \psi_{s,V,z} \psi_{ec,V,z} \psi_{\alpha,V,z} \psi_{ucr,V,z} \gamma_{Mc}$		
$F_{v,Rd,c,z} = 117.70$ [kN]	Resistenza del calcestruzzo alla distruzione del bordo	CEB [9.3.1]

SLITTAMENTO DEL PLINTO

$C_{r,d} = 0.30$	Coeff. di attrito tra la piastra di base e il calcestruzzo	[6.2.2.(6)]
$N_{0,Ed} = 550.00$ [kN]	Azione di compressione	[6.2.2.(6)]
$F_{r,Rd} = C_{r,d} N_{0,Ed}$		
$F_{r,Rd} = 165.00$ [kN]	Resistenza allo slittamento	[6.2.2.(6)]

CONTROLLO DEL TAGLIO

$V_{j,Rd,y} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd,y}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,op}, F_{v,Rd,c,y}) + F_{r,Rd}$			
$V_{j,Rd,y} = 691.42$ [kN]	Resistenza del giunto al taglio $V_{j,Rd}$	CEB [9.3.1]	
$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1.0$	$0.03 < 1.00$	verificato	(0.03)
$V_{j,Rd,z} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd,z}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,op}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{r,Rd}$			
$V_{j,Rd,z} = 691.42$ [kN]	Resistenza del giunto al taglio $V_{j,Rd}$	CEB [9.3.1]	
$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1.0$	$0.01 < 1.00$	verificato	(0.01)
$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1.0$	$0.04 < 1.00$	verificato	(0.04)

SALDATURE TRA LA COLONNA E LA PIASTRA DELLA BASE

$\sigma_{\perp} = 132.09$ [MPa]	Sollecitazione normale nella saldatura	[4.5.3.(7)]	
$\tau_{\perp} = 132.09$ [MPa]	Sollecitazione tangenziale perpendicolare	[4.5.3.(7)]	
$\tau_{y } = 3.40$ [MPa]	Sollecitazione tangenziale parallela a $V_{j,Ed,y}$	[4.5.3.(7)]	
$\tau_{z } = 2.25$ [MPa]	Sollecitazione tangenziale parallela a $V_{j,Ed,z}$	[4.5.3.(7)]	
$\beta_W = 0.65$	Coefficiente dovuto alla resistenza	[4.5.3.(7)]	
$\sigma_{\perp} / (0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}) \leq 1.0$ (4.1)	$0.43 < 1.00$	verificato	(0.43)
$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0(\tau_{y }^2 + \tau_{z }^2))} / (f_u / (\beta_W \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	$0.65 < 1.00$	verificato	(0.65)
$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0(\tau_{z }^2 + \tau_{\perp}^2))} / (f_u / (\beta_W \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	$0.28 < 1.00$	verificato	(0.28)

RIGIDEZZA DEL GIUNTO

Momento flettente $M_{j,Ed,y}$

$b_{eff} = 132$ [mm]	Larghezza efficace della zona di contatto sotto l'ala	[6.2.5.(3)]
$l_{eff} = 409$ [mm]	Lunghezza efficace della zona di contatto sotto l'ala	[6.2.5.(3)]
$k_{13,y} = E_c \cdot \sqrt{(b_{eff} \cdot l_{eff})} / (1.275 \cdot E)$		
$k_{13,y} = 26$ [mm]	Coefficiente di rigidità del calcestruzzo in compressione	[Tabella 6.11]
$l_{eff} = 400$ [mm]	Lunghezza efficace per una singola fila di bulloni per il modo 2	[6.2.6.5]
$m = 197$ [mm]	Distanza del bullone dal bordo di irrigidimento	[6.2.6.5]
$k_{15,y} = 0.850 \cdot l_{eff} \cdot t_p^3 / (m^3)$		

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	138 di 275

$k_{15,y} = 1$ [mm] Coefficiente di rigidezza della piastra di base in trazione [Tabella 6.11]

$L_b = 264$ [mm] Lunghezza efficace del bullone di ancoraggio [Tabella 6.11]

$$k_{16,y} = 1.6 \cdot A_b / L_b$$

$k_{16,y} = 2$ [mm] Coefficiente di rigidezza dell'ancoraggio in trazione [Tabella 6.11]

$\lambda_{0,y} = 0.27$ Snellezza della colonna [5.2.2.5.(2)]

$S_{j,ini,y} = 598827.73$ [kN*m] Rigidezza di rotazione iniziale [Tabella 6.12]

$S_{j,rig,y} = 1095885.00$ [kN*m] Rigidezza del giunto rigido [5.2.2.5]

$S_{j,ini,y} < S_{j,rig,y}$ SEMI-RIGIDO [5.2.2.5.(2)]

Momento flettente $M_{j,Ed,z}$

$$k_{13,z} = E_c \cdot \sqrt{A_{c,z}} / (1.275 \cdot E)$$

$k_{13,z} = 26$ [mm] Coefficiente di rigidezza del calcestruzzo in compressione [Tabella 6.11]

$l_{eff} = 400$ [mm] Lunghezza efficace per una singola fila di bulloni per il modo 2 [8.2.6.5]

$m = 318$ [mm] Distanza del bullone dal bordo di irrigidimento [8.2.6.5]

$$k_{15,z} = 0.850 \cdot l_{eff} \cdot t_p^3 / (m^3)$$

$k_{15,z} = 0$ [mm] Coefficiente di rigidezza della piastra di base in trazione [Tabella 6.11]

$L_b = 264$ [mm] Lunghezza efficace del bullone di ancoraggio [Tabella 6.11]

$$k_{16,z} = 1.6 \cdot A_b / L_b$$

$k_{16,z} = 2$ [mm] Coefficiente di rigidezza dell'ancoraggio in trazione [Tabella 6.11]

$\lambda_{0,z} = 0.79$ Snellezza della colonna [5.2.2.5.(2)]

$S_{j,ini,z} = 114584.05$ [kN*m] Rigidezza di rotazione iniziale [8.3.1.(4)]

$S_{j,rig,z} = 130624.20$ [kN*m] Rigidezza del giunto rigido [5.2.2.5]

$S_{j,ini,z} < S_{j,rig,z}$ SEMI-RIGIDO [5.2.2.5.(2)]

IL COMPONENTE PIÙ DEBOLE:

SALDATURE CHE UNISCONO IL RIALZO DELLA COLONNA E LA PIASTRA DI BASE

NOTE

Raggio di curvatura dell'ancoraggio troppo piccolo. 60 [mm] < 72 [mm]
Segmento L4 ancoraggio a gancio troppo corto. 100 [mm] < 120 [mm]

Giunto conforme alla norma

Coefficiente **0.65**

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>139 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	139 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	139 di 275								

7 FA14C – PALAZZINA SERVIZI

7.1 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

Si considerano sulla struttura le azioni elementari elencate di seguito:

- peso proprio della struttura e della costruzione;
- sovraccarichi permanenti;
- sovraccarichi accidentali: carico dovuto all'azione della neve e del vento; carico dovuto alla sola manutenzione della copertura;
- variazioni termiche;

Per il calcolo dell'azione eccezionale del sisma si rimanda alla successiva analisi sismica della struttura.

7.1.1 *Peso Proprio Degli Elementi Strutturali G1*

I pesi propri strutturali sono calcolati in automatico dal programma di calcolo strutturale sulla base degli input parametrici delle caratteristiche dei materiali utilizzati. Il peso specifico del calcestruzzo è assunto pari a 25kN/m³.

Per quanto riguarda il solaio di copertura (H=34cm), eseguito con lastre prefabbricate alveolari in Spiroll in c.a.p. e getti integrativi in opera, eseguiti superiormente agli elementi e alle travi, se ne riporta di seguito la valutazione del peso proprio:

Solaio intermedio / di Copertura

Tipologia	Spiroll 30 SD	
Altezza solaio	H = 30+ 4 =34cm	
Larghezza Lastra	L=1,20m	
Peso unitario Lastra	Da tabella	3,36 KN/mq
Peso unitario Soletta	25 kn/m ³	1,00 KN/mq

Peso totale al metro quadrato: =4,36 kN/mq

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">140 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	140 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	140 di 275								

Solaio intermedio / di Copertura

Tipologia	Predalles 30	
Altezza solaio	$H = 4+20 + 6 = 30\text{cm}$	
Larghezza Lastra	$L=1,20\text{m}$	
Peso unitario Lastra soletta e alleggerimento	Da tabella	4,15 kN/mq

Peso totale al metro quadrato: =4,15 kN/mq

Peso Proprio Elementi Strutturali G1

Solaio Spiroll	4,36 kN/m ²
Solaio Predalles	4,15 kN/m ²

7.1.2 Sovraccarichi Permanenti G2

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione.

Il calcolo del peso proprio degli elementi non strutturali gravante sui solai di copertura è riportato nelle Tabelle seguenti:

Tamponature esterne

Il rivestimento esterno è eseguito mediante una tamponatura in laterizio e cappotto esterno e finitura con facciata continua in pannelli di alluminio agganciati mediante una sottostruttura, il cui peso, calcolato a metro quadro è pari a **3,45 kN/m²**

Tamponature interne

Le tamponature interne, in doppia lastra di cartongesso con spessore 12,5 cm insistono sul solaio piano; il loro peso per unità di lunghezza, per un'altezza pari a 3m è

$$P = 24\text{kg/m}^2 * 3\text{m} = 72 \text{ Kg/m ovvero } 0,72 \text{ KN/m}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>141 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	141 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	141 di 275								

Il valore G2 dell'incidenza dei tramezzi sarà quindi, per la 3.1.3 delle NTC 2018, pari a **0,4 kN/m²**

Solaio di Copertura –Carichi permanenti non strutturali

Massetto delle pendenze 20cm	13 kN/m ³	2,60	kN/m ²
Guaina di impermeabilizzazione 3cm	0,3 kN/m ²	0,30	kN/m ²
EPDM in resina monocomponente 2cm	0,25 kN/m ²	0,25	kN/m ²
Incidenza impianti	0,25 kN/m ²	0,25	kN/m ²
Carico totale al metro quadrato:		3.40	kN/m²

Carichi permanenti non strutturali agenti piano intermedio

pavimentazione in gres	0,22 kN/m ²	0,22	kN/m ²
massetto di sottofondo (13cm)	14 kN/m ³	1,82	kN/m ²
intonaco inferiore (1,5cm)	20 kN/m ³	0,3	kN/m ²
Incidenza impianti		0,25	kN/m ²
Carico totale al metro quadrato:		2,59	kN/m²

Peso Proprio Elementi Non Strutturali G2

Carichi permanenti non strutturali in copertura non praticabile	G2	3,40 kN/m ²
Carichi permanenti non strutturali piano intermedio	G2	2,59 kN/m ²

7.1.3 Sovraccarichi Accidentali Q

Di seguito si riportano i carichi variabili di superficie uniformemente distribuiti **qk**.

- **Carico per uffici non aperti al pubblico** (Cat B1 par.3.1.4-DM 14.1.2018):

Servizi (par.3.1.4-DM 14.1.2018)	2 kN/m ²
----------------------------------	---------------------

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>142 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	142 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	142 di 275								

- **Carico per copertura non praticabile** (Cat H par.3.1.4-DM 14.1.2018):

Coperture accessibile sono per manutenzione (par.3.1.4-DM 14.1.2018)	0,5 kN/m ²
--	-----------------------

7.1.4 Azione del Vento

L'applicazione dell'azione del vento sulla struttura si articola in due fasi:

1. calcolo della pressione Normale e Tangenziale lungo l'altezza dell'edificio;
2. trasformazione delle pressioni in forze (lineari/concentrate) sugli elementi (strutturali/non strutturali) dell'edificio.

Calcolo pressione normale e tangenziale

- **Pressione Normale**

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d \quad (\text{relazione 3.3.4 - D.M. 2018});$$

dove

- q_r : la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (\text{relazione 3.3.6 - D.M. 2018});$$

con:

ρ : densità dell'aria (assunta pari a 1,25 kg/m³);

v_r : velocità di riferimento del vento (in m/s), data da (Eq. 3.3.2 - D.M. 2018):

$$v_r = v_b \cdot c_r, \text{ con:}$$

c_r : coefficiente dato dalla seguente relazione:

$$c_r = 0,75 \cdot \sqrt{1 - 0,2 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]} \quad (\text{relazione 3.3.3 - D.M. 2018});$$

v_b : velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni, data da: $v_b = v_{b,0} \cdot c_a$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>143 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	143 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	143 di 275								

dove:

c_a è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0.$$

$$c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m.}$$

$v_{b,0}$, a_0 , k_s : parametri forniti dalla Tab. 3.3.I del §3.3.2 D.M. 2018;

a_s : altitudine sul livello del mare (m.s.l.m) del sito ove sorge la costruzione;

T_R : periodo di ritorno espresso in anni [10 anni; 500 anni].

- C_e : coefficiente di esposizione, che per altezza sul suolo (z) non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \cdot [7 + c_t \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)] \quad \text{per } z \geq z_{\min} \quad (\text{relazione 3.3.7 - D.M. 2018});$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

dove:

k_r , z_0 , z_{\min} : parametri forniti dalla Tab. 3.3.II del par. 3.3.7 D.M. 2018 (*funzione della categoria di esposizione del sito e della classe di rugosità del terreno*);

c_t : coefficiente di topografia (assunto pari ad 1).

- c_p : coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento (cfr. § 3.3.8 - D.M. 2018).
- c_d : coefficiente dinamico (assunto pari ad 1; par. 3.3.9 - D.M. 2018).

- **Pressione Tangenziale**

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data dall'espressione

$$p_f = q_f \cdot c_e \cdot c_f \quad (\text{relazione 3.3.5 - D.M. 2018});$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">144 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	144 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	144 di 275								

dove

- q_r, c_c : definiti in precedenza;
- c_f : coefficiente d'attrito, funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente funzione (valori presi dalla Tab. C3.3.I della Circolare 2018).



Mappa delle ZONE in cui è suddiviso il territorio italiano

Altitudine:	[m.s.l.m.] <input type="text" value="38"/>
Periodo di ritorno:	[anni] <input type="text" value="50"/>
Zona:	Zona 7
Distanza dalla Costa:	sulla costa, entro 10 Km
Classe di Rugosità:	C
Coefficiente d'Attrito:	Liscia (0.01)
Coefficiente di Topografia:	1.00

CALCOLA PRESSIONI

Pressioni calcolate a quota ZERO dell'edificio

Pressione Normale	[N/m²] <input type="text" value="837"/>
Pressione Tangenziale	[N/m²] <input type="text" value="8"/>

Altezza sul livello del mare $a_s = 35$ m

Periodi di ritorno $T_R = 50$ anni

ZONA DI RIFERIMENTO

Zona 7

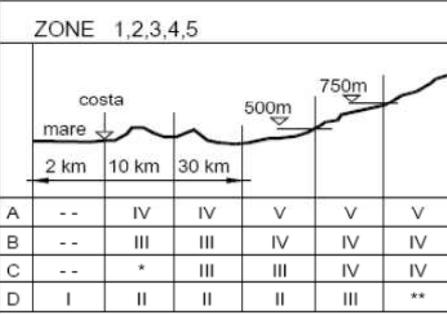
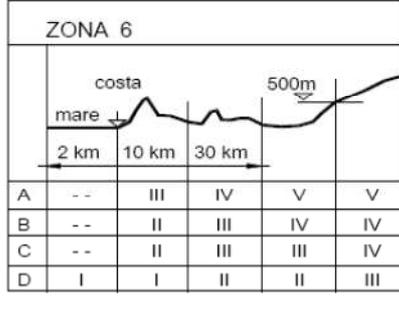
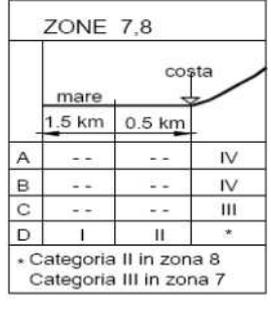
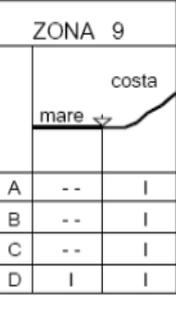
7) Liguria

$v_{b,0} = 28$ m/s

$a_0 = 1000$ m/s

$k_s = 0.54$

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5	ZONA 6	ZONE 7,8	ZONA 9																																																																																
																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>A</td><td>--</td><td>IV</td><td>IV</td><td>V</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>B</td><td>--</td><td>III</td><td>III</td><td>IV</td><td>IV</td><td>IV</td></tr> <tr><td>C</td><td>--</td><td>*</td><td>III</td><td>III</td><td>IV</td><td>IV</td></tr> <tr><td>D</td><td>I</td><td>II</td><td>II</td><td>II</td><td>III</td><td>**</td></tr> </table> <p>* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5</p> <p>** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1</p>	A	--	IV	IV	V	V	V	B	--	III	III	IV	IV	IV	C	--	*	III	III	IV	IV	D	I	II	II	II	III	**	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>A</td><td>--</td><td>III</td><td>IV</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>B</td><td>--</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>IV</td></tr> <tr><td>C</td><td>--</td><td>II</td><td>III</td><td>III</td><td>IV</td></tr> <tr><td>D</td><td>I</td><td>I</td><td>II</td><td>II</td><td>III</td></tr> </table>	A	--	III	IV	V	V	B	--	II	III	IV	IV	C	--	II	III	III	IV	D	I	I	II	II	III	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>A</td><td>--</td><td>--</td><td>IV</td></tr> <tr><td>B</td><td>--</td><td>--</td><td>IV</td></tr> <tr><td>C</td><td>--</td><td>--</td><td>III</td></tr> <tr><td>D</td><td>I</td><td>II</td><td>*</td></tr> </table> <p>* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7</p>	A	--	--	IV	B	--	--	IV	C	--	--	III	D	I	II	*	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>A</td><td>--</td><td>I</td></tr> <tr><td>B</td><td>--</td><td>I</td></tr> <tr><td>C</td><td>--</td><td>I</td></tr> <tr><td>D</td><td>I</td><td>I</td></tr> </table>	A	--	I	B	--	I	C	--	I	D	I	I
A	--	IV	IV	V	V	V																																																																													
B	--	III	III	IV	IV	IV																																																																													
C	--	*	III	III	IV	IV																																																																													
D	I	II	II	II	III	**																																																																													
A	--	III	IV	V	V																																																																														
B	--	II	III	IV	IV																																																																														
C	--	II	III	III	IV																																																																														
D	I	I	II	II	III																																																																														
A	--	--	IV																																																																																
B	--	--	IV																																																																																
C	--	--	III																																																																																
D	I	II	*																																																																																
A	--	I																																																																																	
B	--	I																																																																																	
C	--	I																																																																																	
D	I	I																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Zona</th> <th>Classe di rugosità</th> <th>a_s [m]</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">26</td> </tr> </table>			Zona	Classe di rugosità	a_s [m]	3	D	26																																																																											
Zona	Classe di rugosità	a_s [m]																																																																																	
3	D	26																																																																																	

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	145 di 275

CLASSE DI RUGOSITA' DEL TERRENO

C) Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

CATEGORIA DI ESPOSIZIONE DEL SITO

Categoria di esposizione = III

$$k_0 = 0.2 \text{ 1/s}$$

$$z_0 = 0.1 \text{ m}$$

$$z_{\min} = 5 \text{ m}$$

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

z [m]	c _e
z ≤ 4	1.801
z = 4.25	1.835
z = 4.25	1.835



Per il caso in esame:

VENTO - CALCOLO PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO

Vento - calcolo pressione cinetica di riferimento

a	DIR	a _s	Zona	V _{b,0}	a ₀	k _s	V _b	T _R	a _R	q _b
[°]		[m]		[m/s]	[m]		[m/s]	[anni]		[N/m ²]
0,00	+X; -X; +Y; -Y	38	7	28	1.000	0,540	28,00	50	1,00	490

LEGENDA:

a Angolo di inclinazione del vento rispetto all'asse x

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	146 di 275

Vento - calcolo pressione cinetica di riferimento

a	DIR	a _s	Zona	V _{b,0}	a ₀	k _s	V _b	T _R	a _R	q _b
[°]		[m]		[m/s]	[m]		[m/s]	[anni]		[N/m ²]

DIR	Direzioni locali di calcolo del vento
a_s	Altitudine sul livello del mare (m.s.l.m) del sito ove sorge la costruzione;
Zona	Zona di riferimento per il calcolo del vento;
V_{b,0}, a₀, k_s	Parametri per la definizione della velocità base di riferimento
V_b	Velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni;
T_R	Periodo di ritorno;
a_R	Coefficiente per il calcolo della pressione cinetica di riferimento;
q_b	Pressione cinetica di riferimento.

VENTO - CALCOLO COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE
Vento - calcolo coefficiente di esposizione

Z	d _{ct}	ClRg	Cat exp	k _r	Z _G	Z _{min}	C _t	C _e
[m]	[km]				[m]	[m]		
0,00	sulla costa, entro 10 Km	D	III	0,20	0,10	5,00	1,00	1,71
1,50								1,71
5,40								1,75
9,00								2,07
12,60								2,29

LEGENDA:

Z	Altezza dell'edificio a cui viene calcolata la pressione del vento;
d_{ct}	Distanza dalla costa;
Cl	Classe di rugosità del terreno (A, B, C, D);
Rg	
Cat	Categoria di esposizione del sito (I, II, III, IV, V);
ex	
p	
k_r	Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione;
Z₀	
Z_{mi}	
n	
C_t	Coefficiente di topografia;
C_e	Coefficiente di esposizione;

VENTO - CALCOLO PRESSIONE DEL VENTO
Vento - calcolo pressione del vento

Z	q _b	C _e	C _p	C _d	p	Scz	C _r	p _r
[m]	[N/m ²]				[N/m ²]			[N/m ²]
0,00	490	1,71	1,00	1,00	837	Liscia (0.01)	0,01	8
1,50		1,71			837			8
5,40		1,75			859			9

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">147 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	147 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	147 di 275								

Vento - calcolo pressione del vento								
Z	q _b	C _e	C _p	C _d	p	Scz	C _f	p _f
[m]	[N/m ²]				[N/m ²]			[N/m ²]
9,00		2,07			1.014			10
12,60		2,29			1.122			11

LEGENDA:

- Z** Altezza dell'edificio a cui viene calcolata la pressione del vento;
- q_b** Pressione cinetica di riferimento.
- C_e** Coefficiente di esposizione;
- C_p** Coefficiente di forma/aerodinamico.
(*) Valorizzato al momento del calcolo della pressione agente sul singolo elemento strutturale ed è funzione della posizione dello stesso (sopravento/sottovento);
- C_d** Coefficiente dinamico;
- p** Pressione normale (senza il contributo di C_p);
- Scz** Scabrezza della superficie (liscia, scabra, molto scabra);
- C_f** Coefficiente d'attrito;
- p_f** Pressione tangenziale (senza il contributo di C_p).

7.4.2 Applicazione delle forze sulla struttura

Per ogni superficie esposta all'azione del vento si individua la posizione del baricentro e in corrispondenza di esso, dal diagramma delle pressioni dell'edificio, si ricava la pressione per unità di superficie.

Per gli elementi **strutturali** la pressione è trasformata in:

- forze lineari per i beam (*pilastrini e travi*);
- forze nodali per le shell (*pareti, muri e solette*).

Per gli elementi **non strutturali** (*tamponature, solai e balconi*) la forza totale (pressione nel baricentro x superficie) viene divisa per il perimetro in modo da ottenere una forza per unità di lunghezza che viene applicata sugli elementi strutturali confinanti.

7.1.5 Azione della Neve

Il carico da neve è stato calcolato seguendo le prescrizioni del §3.4 del D.M. 2018 e le integrazioni della Circolare 2019 n. 7. Il carico da neve, calcolato come di seguito riportato, è stato combinato con le altre azioni variabili definite al §2.5.3, ed utilizzando i coefficienti di combinazione della Tabella 2.5.I del D.M. 2018. Il carico da neve superficiale da applicare sulle coperture è stato stimato utilizzando la relazione [cfr. §3.4.1 D.M. 2018]:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">148 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	148 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	148 di 275								

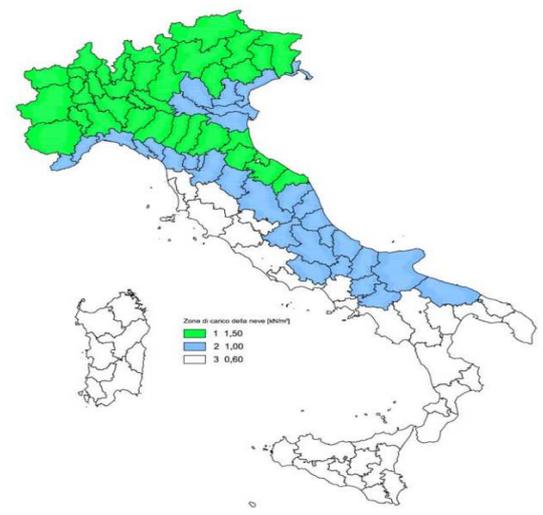
$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

- q_{sk} è il valore di riferimento del carico della neve al suolo, in $[kN/m^2]$. Tale valore è calcolato in base alla posizione ed all'altitudine (a_s) secondo quanto indicato alla seguente tabella;

Valori di riferimento del carico della neve al suolo, q_{sk} (cfr. §3.4.2 D.M. 2018)

Zona	$a_s \leq 200$ m	$a_s > 200$ m
I – Alpina	$q_{sk} = 1,50$ kN/m ²	$q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2]$ kN/m ²
I – Mediterranea	$q_{sk} = 1,50$ kN/m ²	$q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2]$ kN/m ²
II	$q_{sk} = 1,00$ kN/m ²	$q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2]$ kN/m ²
III	$q_{sk} = 0,60$ kN/m ²	$q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2]$ kN/m ²

 <p style="text-align: center;">Mappe delle zone di carico della neve [cfr. Fig. 3.4.1 D.M. 2018].</p>	<p>7.1.5.1.1.1 Zone di carico della neve</p> <p>I - Alpina: Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza</p> <p>I - Mediterranea: Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese</p> <p>II: Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona</p> <p>III: Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotona, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo</p>
--	--

μ_i è il coefficiente di forma della copertura, funzione dell'inclinazione della falda (α) e della sua morfologia (vedi tabelle seguenti);

Valori dei coefficienti di forma per falde piane (cfr. Tab. 3.4.II D.M. 2018 e Tab. C3.4.I Circolare 2019 n. 7)

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
-----------------------	-------------------------------------	--------------------------------	------------------------

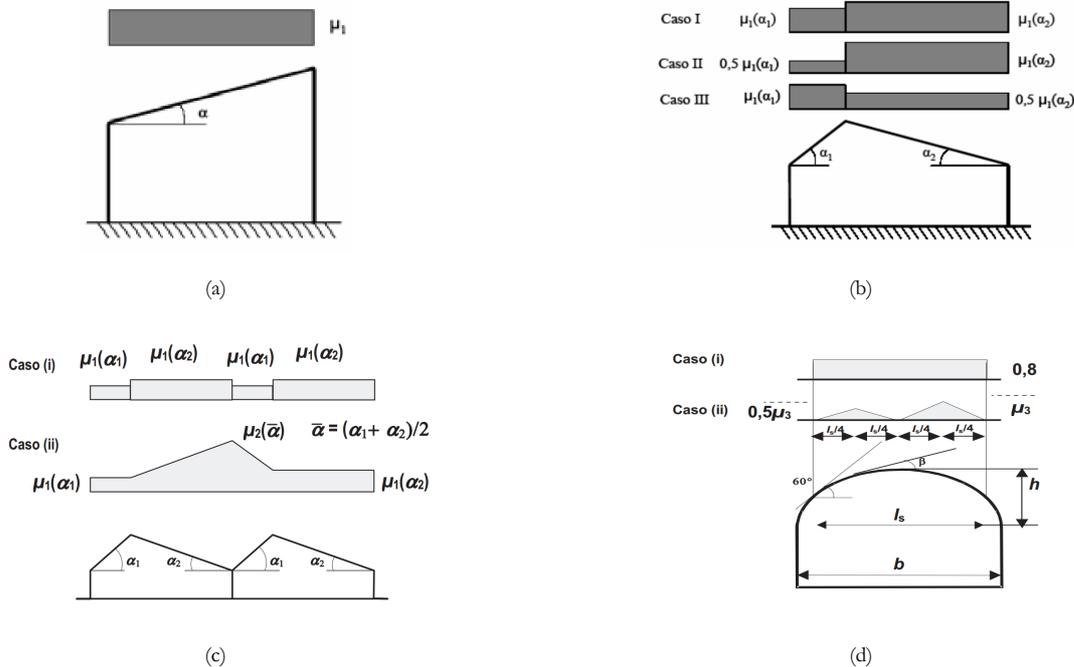
	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: 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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">149 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	149 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	149 di 275								

μ_1	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8 \cdot \alpha / 30$	1,6	-

Valori dei coefficienti di forma per coperture cilindriche (cfr. §C3.4.3.3.1 Circolare 2019 n. 7)

Angolo di tangenza delle coperture cilindriche, β	Coefficiente di forma, μ_3
per $\beta > 60^\circ$	$\mu_3 = 0$
per $\beta \leq 60^\circ$	$\mu_3 = 0.2 + 10 h / b \leq 2.0$

I coefficienti di forma definiti nelle tabelle precedenti sono stati utilizzati per la scelta delle combinazioni di carico da neve indicate nelle seguenti figure.



Coefficienti di forma e relative combinazioni di carico per la neve: (a) coperture ad una falda [cfr. 3.4.5.2 D.M. 2018], (b) coperture a due falde [cfr. 3.4.5.3 D.M. 2018], (c) coperture a più falde [cfr. C3.4.3.3 Circolare 2019 n. 7], (d) coperture cilindriche [cfr. C3.4.3.3.1 Circolare 2019 n. 7].

C_E è il coefficiente di esposizione, funzione della topografia del sito (si veda la seguente tabella);

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<table 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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">150 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	150 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	150 di 275								

Valori di C_E per diverse classi di esposizione (cfr. Tab. 3.4.I D.M. 2018)

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

C_t è il coefficiente termico, cautelativamente posto pari ad 1 (cfr. §3.4.4 D.M. 2018).

L'azione della neve così calcolata è pari a $0,792 \text{ KN/m}^2$

7.1.6 Variazioni Termiche ϵ_3

Conformemente con quanto prescritto nel par.3.5.5 del DM 14.1.2018, nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente ΔT_u , ricavandola direttamente dalla Tab. 3.5.II del DM 14.1.2018, riportata nel seguito.

Tabella 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	$\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$

Nel caso in esame, si tiene conto della sola componente ΔT_u e in particolare si assume $\Delta T_u = \pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$ per tutta la struttura.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>151 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	151 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	151 di 275								

7.2 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al §3.2 del D.M. 2018. particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica;

individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T^*c per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio;

determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica;

calcolo del periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate.

Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito rispetto al Datum ED50:

Latitudine	Longitudine	Altitudine
[°]	[°]	[m]
44.438465	8.962367	38

7.2.1 Verifiche di regolarità

Sia per la scelta del metodo di calcolo, sia per la valutazione del fattore di comportamento adottato, deve essere effettuato il controllo della regolarità della struttura. tabella seguente riepiloga, per la struttura in esame, le condizioni di regolarità in pianta ed in altezza soddisfatte.

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN PIANTA	
La distribuzione di masse e rigidezze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidezza nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro	NO

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">152 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	152 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	152 di 275								

dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta all'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento	
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4	SI
Ciascun orizzontamento ha una rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione	SI

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA	
Tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o, se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio	SI
Massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base	NO
Il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30% dall'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti	SI
Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengano in modo che il rientro di un orizzontamento non superi il 10% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante, né il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro orizzontamenti, per il quale non sono previste limitazioni di restringimento	SI

La rigidezza è calcolata come rapporto fra il taglio complessivamente agente al piano e d , spostamento relativo di piano (il taglio di piano è la sommatoria delle azioni orizzontali agenti al di sopra del piano considerato). i valori calcolati ed utilizzati per le verifiche sono riportati nei "Tabulati di calcolo" nella relativa sezione.

La struttura è pertanto:

in pianta	in altezza
NON REGOLARE	NON REGOLARE

7.2.2 Classe di duttilità

La classe di duttilità è rappresentativa della capacità dell'edificio di dissipare energia in campo anelastico per azioni cicliche ripetute. deformazioni anelastiche devono essere distribuite nel maggior numero di elementi duttili, in particolare le travi, salvaguardando in tal modo i pilastri e soprattutto i nodi travi pilastro che sono gli elementi più fragili. D.M. 2018 definisce due tipi di comportamento strutturale:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>153 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	153 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	153 di 275								

comportamento strutturale non-dissipativo;

comportamento strutturale dissipativo.

Per strutture con comportamento strutturale dissipativo si distinguono due livelli di Capacità Dissipativa o Classi di Duttilità (CD).

CD "A" (Alta);

CD "B" (Media).

La differenza tra le due classi risiede nell'entità delle plasticizzazioni cui ci si riconduce in fase di progettazione; per ambedue le classi, onde assicurare alla struttura un comportamento dissipativo e duttile evitando rotture fragili e la formazione di meccanismi instabili imprevisti, si fa ricorso ai procedimenti tipici della gerarchia delle resistenze.

La struttura in esame è stata progettata in classe di duttilità "NON DISSIPATIVA".

7.2.3 Spettri di Progetto per S.L.U. e S.L.D.

L'edificio è stato progettato per una Vita Nominale pari a 50 e per Classe d'Uso pari a 3.

In base alle indagini geognostiche effettuate si è classificato il suolo di fondazione di categoria B, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

Stato Limite	a_g/g	F_0	Parametri di pericolosità sismica					
			T^*_c [s]	C_c	T_B [s]	T_c [s]	T_D [s]	S_s
SLO	0.0298	2.528	0.206	1.51	0.104	0.311	1.719	1.20
SLD	0.0365	2.546	0.223	1.48	0.111	0.332	1.746	1.20
SLV	0.0857	2.515	0.288	1.41	0.135	0.406	1.943	1.20
SLC	0.1109	2.499	0.296	1.40	0.138	0.415	2.043	1.20

Per la definizione degli spettri di risposta, oltre all'accelerazione (a_g) al suolo (dipendente dalla classificazione

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>154 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	154 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	154 di 275								

sismica del Comune) occorre determinare il Fattore di Comportamento (q).

Il Fattore di comportamento q è un fattore riduttivo delle forze elastiche introdotto per tenere conto delle capacità dissipative della struttura che dipende dal sistema costruttivo adottato, dalla Classe di Duttilità e dalla regolarità in altezza.

Si è inoltre assunto il Coefficiente di Amplificazione Topografica (ST) pari a 1.00.

Tali succitate caratteristiche sono riportate negli allegati “Tabulati di calcolo” al punto “DATI GENERALI ANALISI SISMICA”.

Per la struttura in esame sono stati utilizzati i seguenti valori:

Stato Limite di Danno

Fattore di Comportamento (q_x) per sisma orizzontale in direzione X: **1.00**;
 Fattore di Comportamento (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y: **1.00**;
 Fattore di Comportamento (q_z) per sisma verticale: **1.00** (se richiesto).

Stato Limite di salvaguardia della Vita

Fattore di Comportamento (q_x) per sisma orizzontale in direzione X: **1.00** ;
 Fattore di Comportamento (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y: **1.00** ;
 Fattore di Comportamento (q_z) per sisma verticale: **1.50** (se richiesto).

Di seguito si esplicita il calcolo del fattore di comportamento per il sisma orizzontale:

	Dir. X	Dir. Y
Tipologia (§7.4.3.2 D.M. 2018)	Deformabili torsionalmente	Deformabili torsionalmente
Tipologia strutturale	-	-
α_u/α_1	1	1
k_w	0.50	0.50
q_0	1.000	1.000
k_R	0.80	

Il fattore di comportamento è calcolato secondo la relazione (7.3.1) del §7.3.1 del D.M. 2018:

$$q = q_0 \cdot k_R;$$

dove:

k_w è il coefficiente che riflette la modalità di collasso prevalente in sistemi strutturali con pareti.

q_0 è il valore massimo del fattore di comportamento che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto α_u/α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>155 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	155 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	155 di 275								

raggiunge la plasticizzazione a flessione. **NOTA:** il valore proposto di q_0 è già ridotto dell'eventuale coefficiente k_{w_i}

k_R è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

N.B.1: Per le costruzioni regolari in pianta, qualora non si proceda ad un'analisi non lineare finalizzata alla valutazione del rapporto a_u/a_1 , per esso possono essere adottati i valori indicati nel §7.4.3.2 del D.M. 2018 per le diverse tipologie costruttive. Per le costruzioni non regolari in pianta, si possono adottare valori di a_u/a_1 pari alla media tra 1,0 ed i valori di volta in volta forniti per le diverse tipologie costruttive.

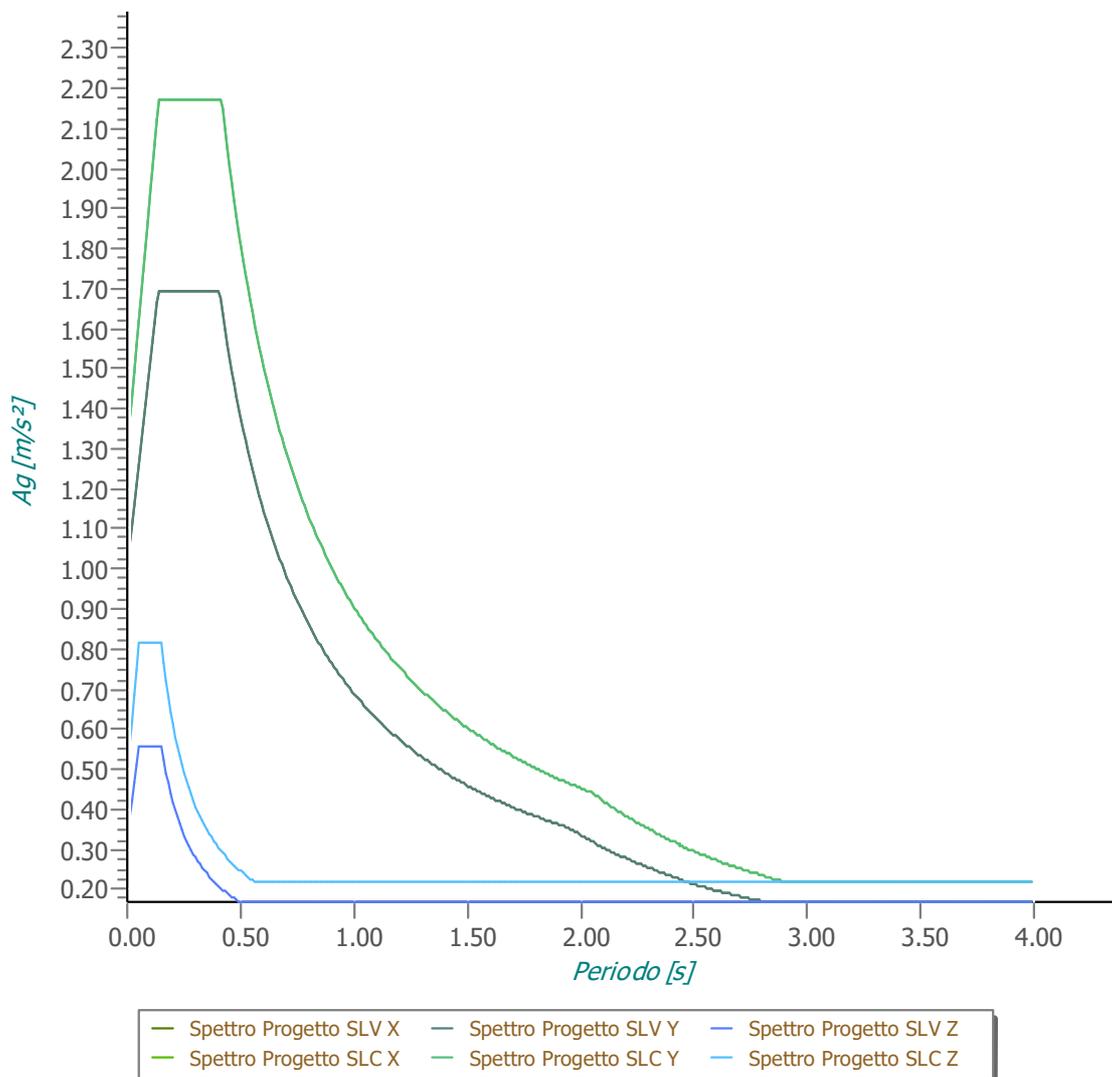
Valori massimi del valore di base q_0 del fattore di comportamento allo SLV per costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2 D.M. 2018)(cfr. Tabella 7.3.II D.M. 2018)

Tipologia strutturale	q_0	
	CD"A"	CD"B"
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. §7.4.3.1)	4,5 α_u/α_1	3,0 α_u/α_1
Strutture a pareti non accoppiate (v. §7.4.3.1)	4,0 α_u/α_1	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. §7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. §7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. §7.4.3.1)	3,5	2,5

Gli spettri utilizzati sono riportati nella successiva figura.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>156 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	156 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	156 di 275								

Grafico degli Spettri di Risposta



7.2.4 Metodo di Analisi

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito in analisi dinamica modale, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare.

Il numero di modi di vibrazione considerato (15) ha consentito, nelle varie condizioni, di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">157 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	157 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	157 di 275								

Stato Limite	Direzione Sisma	%
salvaguardia della vita	X	87.01
salvaguardia della vita	Y	93.56
salvaguardia della vita	Z	100.00
salvaguardia della vita	Torsionale	92.68

Per valutare la risposta massima complessiva di una generica caratteristica E, conseguente alla sovrapposizione dei modi, si è utilizzata una tecnica di combinazione probabilistica definita CQC (Complete Quadratic Combination - Combinazione Quadratica Completa):

$$E = \sqrt{\sum_{i,j=1,n} \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j} \quad \rho_{ij} = \frac{8 \cdot \xi^2 \cdot (1 + \beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^{3/2}}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4 \cdot \xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (1 + \beta_{ij})^2} \quad \beta_{ij} = \frac{T_j}{T_i}$$

dove:

- n è il numero di modi di vibrazione considerati;
- ξ è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;
- β_{ij} è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia i-j di modi di vibrazione.

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi verticali, orizzontali non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche. Il calcolo è stato effettuato mediante un programma agli elementi finiti le cui caratteristiche verranno descritte nel seguito.

Il calcolo degli effetti dell'azione sismica è stato eseguito con riferimento alla struttura spaziale, tenendo cioè conto degli elementi interagenti fra loro secondo l'effettiva realizzazione escludendo i tamponamenti. Non ci sono approssimazioni su tetti inclinati, piani sfalsati o scale, solette, pareti irrigidenti e nuclei.

Si è tenuto conto delle deformabilità taglianti e flessionali degli elementi monodimensionali; muri, pareti, setti, solette sono stati correttamente schematizzati tramite elementi finiti a tre/quattro nodi con comportamento a guscio (sia a piastra che a lastra).

Sono stati considerati sei gradi di libertà per nodo; in ogni nodo della struttura sono state applicate le forze sismiche derivanti dalle masse circostanti.

Le sollecitazioni derivanti da tali forze sono state poi combinate con quelle derivanti dagli altri carichi come prima specificato.

7.2.5 Valutazione degli spostamenti

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>158 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	158 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	158 di 275								

Gli spostamenti d_E della struttura sotto l'azione sismica di progetto allo SLV sono stati ottenuti moltiplicando per il fattore μ_d i valori d_{Ee} ottenuti dall'analisi lineare, dinamica o statica, secondo l'espressione seguente:

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$$

dove

$$\begin{aligned} \mu_d &= q && \text{se } T_1 \geq T_C; \\ \mu_d &= 1 + (q-1) \cdot T_C / T_1 && \text{se } T_1 < T_C. \end{aligned}$$

In ogni caso $\mu_d \leq 5q - 4$.

7.2.6 Combinazione delle componenti dell'azione sismica

Le azioni orizzontali dovute al sisma sulla struttura vengono convenzionalmente determinate come agenti separatamente in due direzioni tra loro ortogonali prefissate. In generale, però, le componenti orizzontali del sisma devono essere considerate come agenti simultaneamente. A tale scopo, la combinazione delle componenti orizzontali dell'azione sismica è stata tenuta in conto come segue:

- gli effetti delle azioni dovuti alla combinazione delle componenti orizzontali dell'azione sismica sono stati valutati mediante le seguenti combinazioni:

$$E_{EdX} \pm 0,30E_{EdY}$$

$$E_{EdY} \pm 0,30E_{EdX}$$

dove:

E_{EdX} rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione dell'azione sismica lungo l'asse orizzontale X scelto della struttura;

E_{EdY} rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione dell'azione sismica lungo l'asse orizzontale Y scelto della struttura.

L'azione sismica verticale deve essere considerata in presenza di: elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, elementi pressoché orizzontali precompressi, elementi a sbalzo pressoché orizzontali con luce maggiore di 5 m, travi che sostengono colonne, strutture isolate.

La combinazione della componente verticale del sisma, qualora portata in conto, con quelle orizzontali è stata tenuta in conto come segue:

gli effetti delle azioni dovuti alla combinazione delle componenti orizzontali e verticali del sisma sono stati valutati mediante le seguenti combinazioni:

$$E_{EdX} \pm 0,30E_{EdY} \pm 0,30E_{EdZ}$$

$$E_{EdY} \pm 0,30E_{EdX} \pm 0,30E_{EdZ}$$

$$E_{EdZ} \pm 0,30E_{EdX} \pm 0,30E_{EdY}$$

dove:

E_{EdX} e E_{EdY} sono gli effetti dell'azione sismica nelle direzioni orizzontali prima definite;

E_{EdZ} rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione della componente verticale dell'azione sismica di progetto.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 159 di 275

7.2.7 *Eccentricità accidentali*

Per valutare le eccentricità accidentali, previste in aggiunta all'eccentricità effettiva sono state considerate condizioni di carico aggiuntive ottenute applicando l'azione sismica nelle posizioni del centro di massa di ogni piano ottenute traslando gli stessi, in ogni direzione considerata, di una distanza pari a +/- 5% della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica. Si noti che la distanza precedente, nel caso di distribuzione degli elementi non strutturali fortemente irregolare in pianta, viene raddoppiata ai sensi del § 7.2.3 del D.M. 2018.

7.3 COMBINAZIONI DI CARICO E VALUTAZIONE DELLE MASSE

Le masse strutturali sono calcolate in automatico dal software di calcolo utilizzato considerando le masse sismiche provenienti dai carichi superficiali, dai carichi lineari, dal peso proprio degli elementi strutturali.

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

I carichi accidentali sono stati considerati ai fini del peso sismico secondo i seguenti coefficienti di combinazione, Ψ_{2j} (da tab. 2.5.I NTC-2018):

- Carico neve: 0
- Carico vento: 0
- Categoria H - Coperture: 0
- Variazione termiche: 0

La componente sismica E è stata calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti ed è stata poi combinata con gli effetti pseudo-statici indotti dagli spostamenti relativi prodotti dalla variabilità spaziale della componente stessa, utilizzando la radice quadrata della somma dei quadrati. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati successivamente, applicando la seguente espressione:

$$1,00 \cdot E_x + 0,30 \cdot E_y + 0,30 \cdot E_z$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">160 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	160 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	160 di 275								

Gli effetti della torsione accidentale sono presi in considerazione applicando ad ogni piano i momenti $M_i = e_{ai} F_i$, con $e_{ai} = \pm 5\%$ della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

Le combinazioni delle azioni sono state definite in accordo con quanto riportato al par. 2.5.3 del DM 14.1.2018:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Sulla base dei criteri esposti sopra, si riportano nei prospetti di seguito i coefficienti dedotti per ciascuna delle combinazioni di carico adottate nell'analisi strutturale, per i diversi stati limite. Si evidenzia che cautelativamente i carichi permanenti/accidentali del piano terra favorevoli per le verifiche strutturali non sono stati considerati ai fini dell'analisi strutturale.

7.3.1 Stato Limite Di Esercizio

Combinazione caratteristica

<u>SLE Rara</u>	<u>Peso Proprio</u>	<u>Permanenti</u>	<u>Var. Cop.</u>	<u>Neve</u>	<u>Vento</u>	<u>Aerod.</u>	<u>Var. Term.</u>
-----------------	---------------------	-------------------	------------------	-------------	--------------	---------------	-------------------

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	161 di 275

Comb. 1	1,00	1,00	1,00	0,50	0,60	0,80	0,60
Comb. 2	1,00	1,00		1,00	0,60	0,80	0,60
Comb. 3	1,00	1,00		0,50	1,00	0,80	0,60
Comb. 4	1,00	1,00		0,50	0,60	1,00	0,60
Comb. 5	1,00	1,00		0,50	0,60	0,80	1,00

Combinazione frequente

<u>SLE frequenti</u>	<u>Peso Proprio</u>	<u>Permanenti</u>	<u>Var. Cop.</u>	<u>Neve</u>	<u>Vento</u>	<u>Aerod.</u>	<u>Var. Term.</u>
Comb. 1	1,00	1,00					
Comb. 2	1,00	1,00		0,20			
Comb. 3	1,00	1,00			0,20		
Comb. 4	1,00	1,00				0,50	
Comb. 5	1,00	1,00					0,50

Combinazione quasi permanente

<u>SLE q.p.</u>	<u>Peso Proprio</u>	<u>Permanenti</u>	<u>Var. Cop.</u>	<u>Neve</u>	<u>Vento</u>	<u>Aerod.</u>	<u>Var. Term.</u>
Comb. 1	1,00	1,00					

7.3.2 Stato Limite Ultimo

Combinazione fondamentale

<u>SLU</u>	<u>Peso Proprio</u>	<u>Permanenti</u>	<u>Var. Cop.</u>	<u>Neve</u>	<u>Vento</u>	<u>Aerod.</u>	<u>Var. Term.</u>
Comb. 1	1,3	1,3	1,5	0,75	0,9	1,2	0,9
Comb. 2	1,3	1,3		1,5	0,9	1,2	0,9
Comb. 3	1,3	1,3		0,75	1,5	1,2	0,9
Comb. 4	1,3	1,3		0,75	0,9	1,5	0,9

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>162 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	162 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	162 di 275								

Comb. 5	1,3	1,3		0,75	0,9	1,2	1,5
---------	-----	-----	--	------	-----	-----	-----

Combinazione sismica

SLD	Peso Proprio	Perm.	SismaX_SLD	SismaY_SLD	Ecc.acc.	Var.	Neve	Vento	Aerod.	Var. Term.
Comb. 1	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Comb. 2	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLV	Peso Proprio	Perm.	SismaX_SLV	SismaY_SLV	Ecc.acc.	Var.	Neve	Vento	Aerod.	Var. Term.
Comb. 1	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Comb. 2	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLO	Peso Proprio	Perm.	SismaX_SLO	SismaY_SLO	Ecc.acc.	Var.	Neve	Vento	Aerod.	Var. Term.
Comb. 1	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Comb. 2	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

7.4 CRITERI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche di sicurezza sono state effettuate sulla base dei criteri definiti nelle vigenti norme tecniche - “Norme tecniche per le costruzioni”- DM 14.1.2018 -.

In particolare vengono effettuate le verifiche agli stati limite di servizio ed allo stato limite ultimo. Le combinazioni di carico considerate ai fini delle verifiche sono quelle indicate nei precedenti paragrafi.

Si espongono di seguito i criteri di verifica adottati per le verifiche degli elementi strutturali.

7.4.1 Verifiche agli stati limite di esercizio

Verifica a fessurazione

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 del DM 14.1.2018,

Con riferimento alle classi di esposizione delle varie parti della struttura (si veda il paragrafo relativo alle caratteristiche dei materiali impiegati), alle corrispondenti condizioni ambientali ed alla sensibilità delle armature alla corrosione (armature sensibili per gli acciai da precompresso; poco sensibili per gli acciai ordinari), si individua lo stato limite di fessurazione per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture,

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<table 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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">163 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	163 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	163 di 275								

in accordo con il DM 14.1.2018:

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 2: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione - Tabella 4.1.IV del DM 14.1.2018

Nella Tabella sopra riportata, $w_1=0.2\text{mm}$, $w_2=0.3\text{mm}$; $w_3=0.4\text{mm}$.

Più restrittivi risultano i limiti di apertura delle fessure riportati nel “Manuale di progettazione delle opere civili”. L’apertura convenzionale delle fessure, calcolata con la combinazione caratteristica (rara) per gli SLE, deve risultare:

- a) $\delta_f \leq w_1$ per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- b) $\delta_f \leq w_2$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008.

Si assume pertanto per tutti gli elementi strutturali analizzati nel presente documento:

- Stato limite di fessurazione: $w_d \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$ - combinazione di carico rara

In accordo con la vigente normativa, il valore di calcolo di apertura delle fessure w_d è dato da:

$$w_d = 1,7 w_m$$

dove w_m rappresenta l’ampiezza media delle fessure calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d’armatura ϵ_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_m = \epsilon_{sm} \Delta_{sm}$$

Per il calcolo di ϵ_{sm} e Δ_{sm} vanno utilizzati i criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 164 di 275

Verifica delle tensioni in esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si verifica che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti, di seguito riportati.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0,55 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c < 0,40 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.}$$

Per l'acciaio ordinario, la tensione massima σ_s per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0,75 f_{yk}$$

dove f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

7.4.2 Verifiche agli stati limite ultimi

Sollecitazioni Flettenti

La verifica di resistenza (SLU) è stata condotta attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica secondo i criteri di resistenza da normativa.

Nel calcolo dei domini sono state mantenute le consuete ipotesi, tra cui:

- conservazione delle sezioni piane;
- legame costitutivo del calcestruzzo parabolico-rettangolo non reagente a trazione, con plateau ad una deformazione pari a 0.002 e a rottura pari a 0.0035 ($\sigma_{max} = 0.85 \times 0.83 \times R_{ck} / 1.5$);
- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elastico-perfettamente plastico con deformazione limite di rottura a 0.01 ($\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$)

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>165 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	165 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	165 di 275								

Sollecitazioni taglienti

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi sprovvisti di specifica armatura è stata calcolata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d$$

con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove:

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \times d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2.5$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 166 di 275

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è stata calcolata con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" è stata calcolata con:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

In cui:

- d è l'altezza utile della sezione;
- b_w è la larghezza minima della sezione;
- σ_{cp} è la tensione media di compressione della sezione;
- A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale;
- S è interasse tra due armature trasversali consecutive;
- θ è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;
- f'_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd}=0.5f_{cd}$);
- α è un coefficiente maggiorativo, pari ad 1 per membrature non compresse

7.5 CRITERI DI MODELLAZIONE

7.5.1 Modello Strutturale di Analisi – 0

Per la modellazione ad elementi finiti della struttura in esame è stato utilizzato il programma "EdiLus ACCA".

Si è scelto di sviluppare la modellazione soltanto per uno dei tre corpi giuntati che compongono il fabbricato, selezionando il corpo centrale, il quale riflette lo schema globale della struttura e presenta la configurazione più sfavorevole per carichi e luci di calcolo.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>167 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	167 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	167 di 275								

È stata eseguita un'analisi dinamica modale.

Gli orizzontamenti sono stati definiti rigidi.

Si è assunto lo schema statico di telaio.

La fondazione è schematizzata come una platea di fondazione su suolo elastico e pareti controterra di spessore pari al diametro dei pali infissi, la cui verifica e calcolo si eseguiranno a seguito delle indagini sul terreno previste.

Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare univocamente ciascun elemento nei tabulati di calcolo.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica della discretizzazione operata, con evidenziazione dei nodi e degli elementi. Si riportano inoltre le viste assonometriche corrispondenti agli schemi statici forniti, per consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione.

Dagli schemi statici forniti si evince come le aste, sia travi che pilastri, siano schematizzate con un tratto flessibile centrale e con due tratti (braccetti) rigidi alle estremità. I nodi vengono posizionati sull'asse verticale dei pilastri, in corrispondenza dell'estradosso della trave più alta che in esso si collega. Tramite i braccetti i tratti flessibili sono quindi collegati ad esso.

In questa maniera il nodo risulta perfettamente aderente alla realtà poiché vengono presi in conto tutti gli eventuali disassamenti degli elementi con gli effetti che si possono determinare, quali momenti flettenti/torcenti aggiuntivi.

Le sollecitazioni vengono determinate solo per il tratto flessibile. Sui tratti rigidi, infatti, essendo (teoricamente) nulle le deformazioni, le sollecitazioni risultano indeterminate.

Tale schematizzazione dei nodi viene automaticamente realizzata dal programma di calcolo, anche quando il nodo è determinato dall'incontro di più travi senza il pilastro, o all'attacco di travi/pilastri con elementi shell.

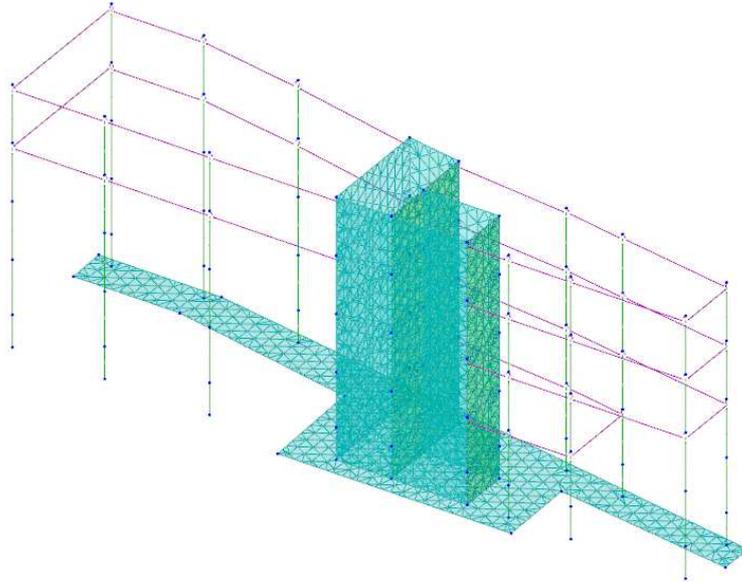


Figura 46: Schema statico di riferimento del modello di analisi

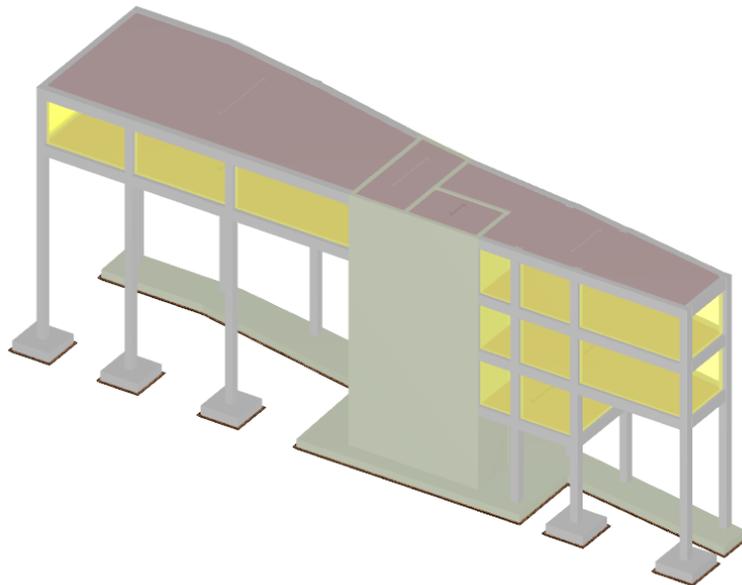


Figura 47: Vista assonometrica 2 di riferimento del modello di analisi

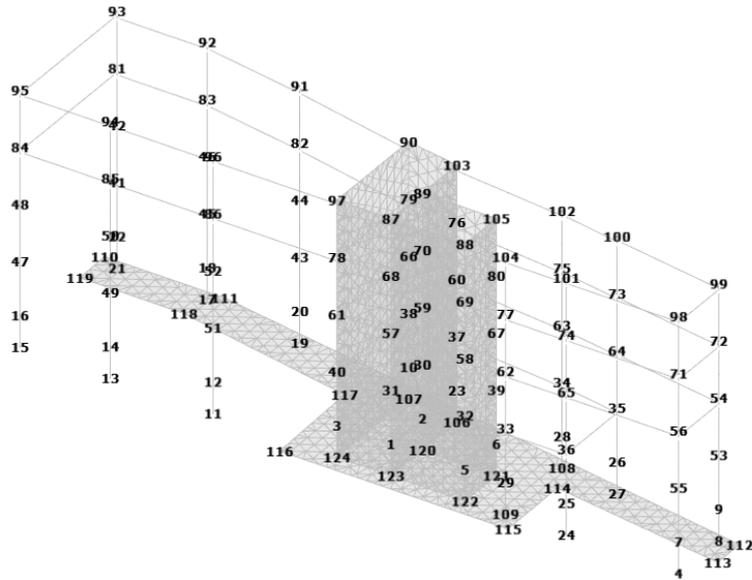


Figura 48: Numerazione dei nodi del modello di analisi – Vista 3D

7.6 ANALISI DEI RISULTATI: DEFORMATE E SOLLECITAZIONI

Si esibiscono di seguito i risultati dell'analisi strutturale condotta sul modello globale della struttura, per mezzo del software di calcolo descritto in precedenza.

7.6.1 Modi propri di vibrazione e deformazioni sismiche

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di risposta modale; sono stati analizzati 15 modi di vibrazione, in particolare si riporta di seguito il riepilogo dei principali dati estrapolati dal calcolo nei confronti dell'analisi sismica e le grandezze caratterizzanti i primi tre modi di vibrazione della struttura e la deformata corrispondente al primo modo:

7.6.2 Principali Elementi Analisi Sismica

Dir	M _{Str} [N·s ² /m]	M _{SLU} [N·s ² /m]	M _{Ecc,SLU} [N·s ² /m]	M _{SLD} [N·s ² /m]	M _{Ecc,SLD} [N·s ² /m]	%T.M _{Ecc} [%]	ΣV _{Ed,SLU} [N]
X	1,744,736	1,308,549	1,097,682	1,308,549	1,097,682	83.89	1,425,863
Y	1,744,736	1,308,549	1,092,126	1,308,549	1,092,126	83.46	1,880,853
Z	1,744,736	0	0	0	0	100.00	0

LEGENDA:

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	170 di 275

Dir	M _{Str}	M _{SLU}	M _{Ecc,SLU}	M _{SLD}	M _{Ecc,SLD}	%T.M _{Ecc}	ΣV _{Ed,SLU}
	[N·s ² /m]	[N·s ² /m]	[N·s ² /m]	[N·s ² /m]	[N·s ² /m]	[%]	[N]
Dir	Direzione del sisma.						
M_{Str}	Massa complessiva della struttura.						
M_{SLU}	Massa eccitabile allo SLU.						
M_{Ecc,SLU}	Massa Eccitata dal sisma allo SLU.						
M_{SLD}	Massa eccitabile della struttura allo SLD, nelle direzioni X, Y, Z.						
M_{Ecc,SLD}	Massa Eccitata dal sisma allo SLD.						
%T.M_{Ecc}	Percentuale Totale di Masse Eccitate dal sisma.						
ΣV_{Ed,SLU}	Tagliante totale, alla base, per sisma allo SLU.						

7.6.3 Principali Elementi Analisi Sismica: Rotazione Torsionale

PRINCIPALI ELEMENTI ANALISI SISMICA: rotazione torsionale				
M _{T,SLU}	M _{T,Ecc,SLU}	M _{T,SLD}	M _{T,Ecc,SLD}	%T.M _{T,Ecc}
[kN·s ² ·m]	[kN·s ² ·m]	[kN·s ² ·m]	[kN·s ² ·m]	[%]
290,123	171,473	290,123	171,473	59.10

LEGENDA:

M_{T,SLU}	Massa eccitabile allo SLU.
M_{T,Ecc,SLU}	Massa Eccitata dal sisma allo SLU.
M_{T,SLD}	Massa eccitabile della struttura allo SLD, nelle direzioni X, Y, Z.
M_{T,Ecc,SLD}	Massa Eccitata dal sisma allo SLD.
%T.M_{T,Ecc}	Percentuale Totale di Masse Eccitate dal sisma.

7.6.4 Riepilogo Modi Di Vibrazione

Sptr	T	a _{g,o}	a _{g,v}	Γ	CM	%M.M	M _{Ecc} / M _{Ecc,t}
	[s]	[m/s ²]	[m/s ²]			[%]	[N·s ² /m / N·s ² ·m]
Modo Vibrazione n. 1							
SLU-X	0.328	1.691	0.000	308.679	0.8422	7.28	95,282
SLU-Y	0.328	1.691	0.000	972.736	2.6542	72.31	946,215
SLU-Z	0.000	0.000	0.332	0.000	0.0000	0.00	0
SLD-X	0.328	1.094	0.000	308.679	0.8422	7.28	95,282
SLD-Y	0.328	1.094	0.000	972.736	2.6542	72.31	946,215
SLD-Z	0.000	0.000	0.092	0.000	0.0000	0.00	0
Elast-X	-	1.094	0.000	-	-	-	-
Elast-Y	-	1.094	0.000	-	-	-	-
Elast-Z	-	0.000	0.332	-	-	-	-
SLU-TRS	0.328	-	-	-727.249	-1.9843	0.18	528,891
Modo Vibrazione n. 2							
SLU-X	0.536	1.282	0.000	876.787	6.3768	58.75	768,756
SLU-Y	0.536	1.282	0.000	-328.036	-2.3858	8.22	107,608
SLU-Z	0.000	0.000	0.332	0.000	0.0000	0.00	0
SLD-X	0.536	0.677	0.000	876.787	6.3768	58.75	768,756
SLD-Y	0.536	0.677	0.000	-328.036	-2.3858	8.22	107,608
SLD-Z	0.000	0.000	0.092	0.000	0.0000	0.00	0
Elast-X	-	0.677	0.000	-	-	-	-
Elast-Y	-	0.677	0.000	-	-	-	-
Elast-Z	-	0.000	0.332	-	-	-	-
SLU-TRS	0.536	-	-	-6,882.173	-50.0531	16.33	47,364,309
Modo Vibrazione n. 3							
SLU-X	0.373	1.691	0.000	-440.245	-1.5504	14.81	193,816
SLU-Y	0.373	1.691	0.000	35.671	0.1256	0.10	1,272
SLU-Z	0.000	0.000	0.332	0.000	0.0000	0.00	0
SLD-X	0.373	0.973	0.000	-440.245	-1.5504	14.81	193,816
SLD-Y	0.373	0.973	0.000	35.671	0.1256	0.10	1,272
SLD-Z	0.000	0.000	0.092	0.000	0.0000	0.00	0
Elast-X	-	0.973	0.000	-	-	-	-
Elast-Y	-	0.973	0.000	-	-	-	-

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	171 di 275

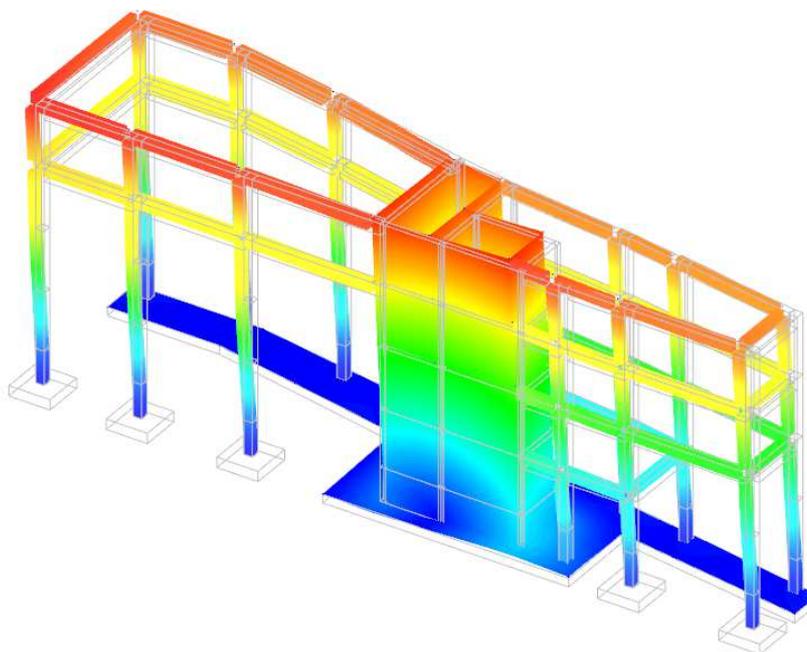
Sptr	T	a _{g,o}	a _{g,v}	Γ	CM	%M.M	M _{Ecc} / M _{Ecc,t}
Elast-Z	-	0.000	0.332	-	-	-	-
SLU-TRS	0.373	-	-	-10,897.168	-38.3766	40.93	118,748,270

LEGENDA:

Sptr	Spettro di risposta considerato.
T	Periodo del Modo di vibrazione.
a _{g,o}	Valore dell'Accelerazione Spettrale Orizzontale, riferita al corrispondente periodo.
a _{g,v}	Valore dell'Accelerazione Spettrale Verticale, riferita al corrispondente periodo.
Γ	Coefficiente di partecipazione.
CM	Coefficiente modale del modo di vibrazione.
%M.M	Percentuale di mobilitazione delle masse nel modo di vibrazione.
M _{Ecc} / M _{Ecc,t}	Massa eccitata del modo di vibrazione traslazionale / torsionale della struttura.
SLU-X	Spettro di progetto allo S.L. Ultimo per sisma in direzione X.
SLU-Y	Spettro di progetto allo S.L. Ultimo per sisma in direzione Y.
SLU-Z	Spettro di progetto allo S.L. Ultimo per sisma in direzione Z.
SLD-X	Spettro di progetto allo S.L. di Danno per sisma in direzione X.
SLD-Y	Spettro di progetto allo S.L. di Danno per sisma in direzione Y.
SLD-Z	Spettro di progetto allo S.L. di Danno per sisma in direzione Z.
Elast-X	Spettro Elastico per sisma in direzione X.
Elast-Y	Spettro Elastico per sisma in direzione Y.
Elast-Z	Spettro Elastico per sisma in direzione Z.
SLU-TRS	Contributo alla torsione del modo allo S.L. Ultimo

Di seguito si riportano le immagini riepilogative della risposta delle due strutture ai modi di vibrazione individuati

MODI DI VIBRAZIONE

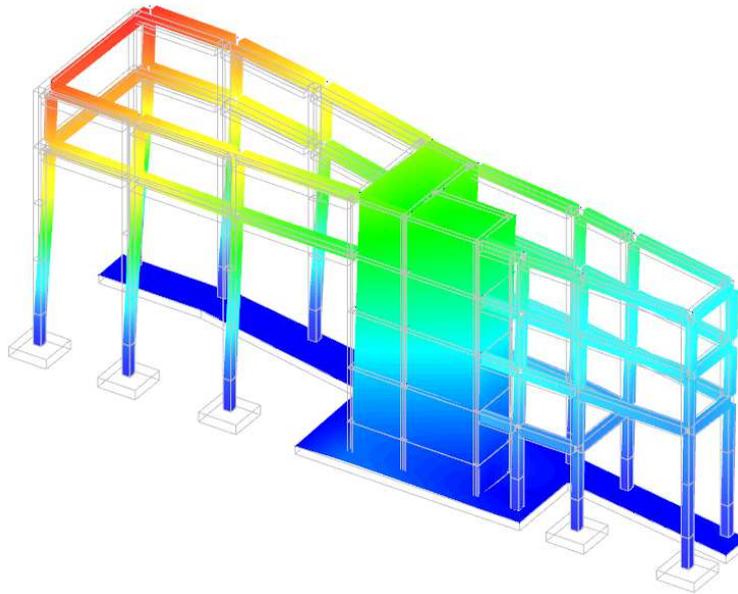


Modo 1
 Periodo T = 0.328s
 P.M.EccX = 7.28%
 P.M.EccY = 72.31%
 P.M.EccZ = 0.00%
 P.M.EccTrs = 0.18%

Relazione di calcolo strutturale

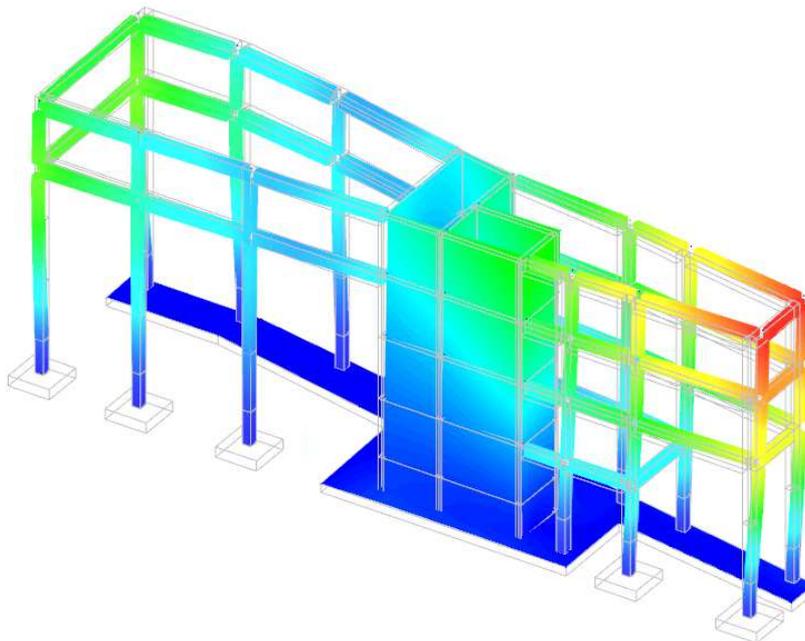
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	172 di 275

Figura 49: Modo di vibrazione 1



Modo 2
 Periodo T = 0.536s
 P.M.EccX = 58.75%
 P.M.EccY = 8.22%
 P.M.EccZ = 0.00%
 P.M.EccTrs = 16.33%

Figura 50: - Modo di vibrazione 2



Modo 3
 Periodo T = 0.373s
 P.M.EccX = 14.81%
 P.M.EccY = 0.10%
 P.M.EccZ = 0.00%
 P.M.EccTrs = 40.93%

Figura 51: - Modo di vibrazione 3

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>173 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	173 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	173 di 275								

7.6.5 Spostamenti massimi

Si riportano di seguito i principali spostamenti risultanti dal sisma, per le due direzioni orizzontali ortogonali, relativamente alle combinazioni di carico allo SLU e allo SLD, espressi in centimetri

Di seguito le immagini riepilogative:

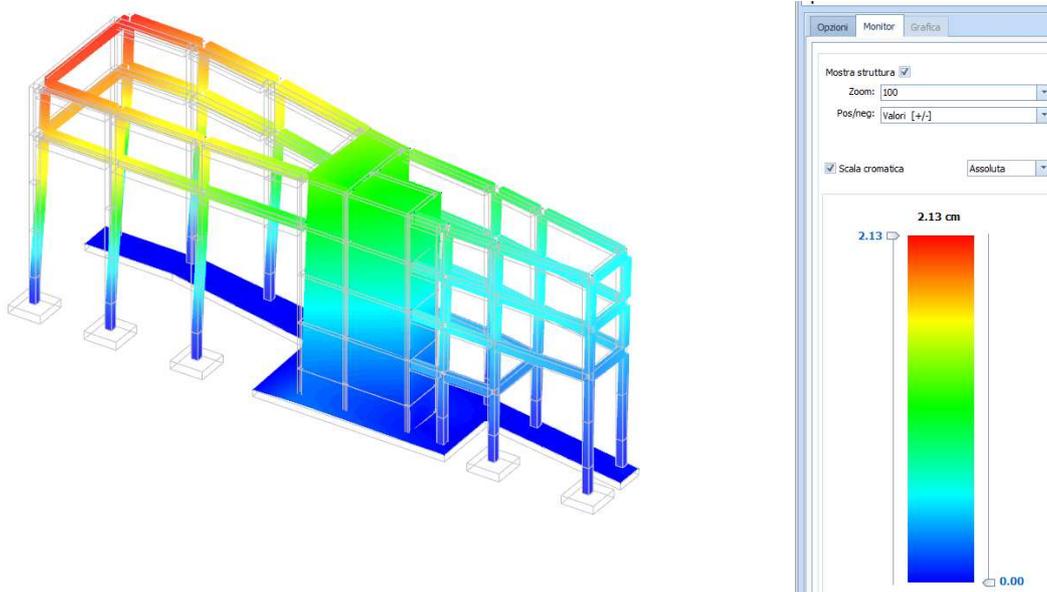


Figura 52: Spostamenti massimi allo SLU direzione X – 2.13cm

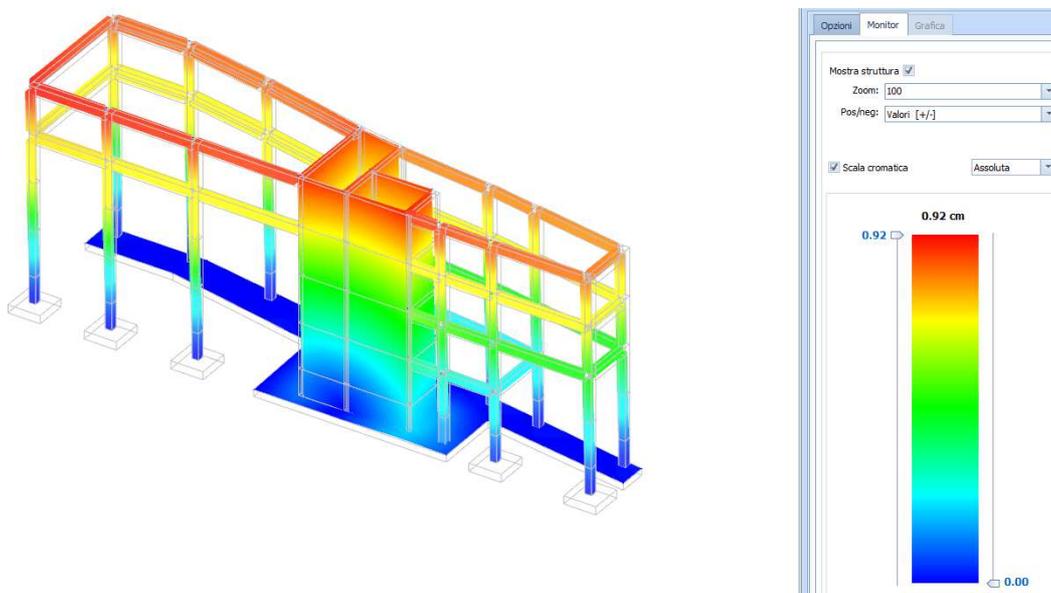


Figura 53: Spostamenti massimi allo SLU direzione Y – 0,92 cm

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>174 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	174 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	174 di 275								

7.6.6 Deformazioni statiche

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di spostamenti degli elementi strutturali per soli carichi statici, estrapolati dal modello nella combinazione di carico con coefficienti moltiplicativi unitari. Gli spostamenti ottenuti si ritengono accettabili.

Deformazioni Ai Carichi Statici

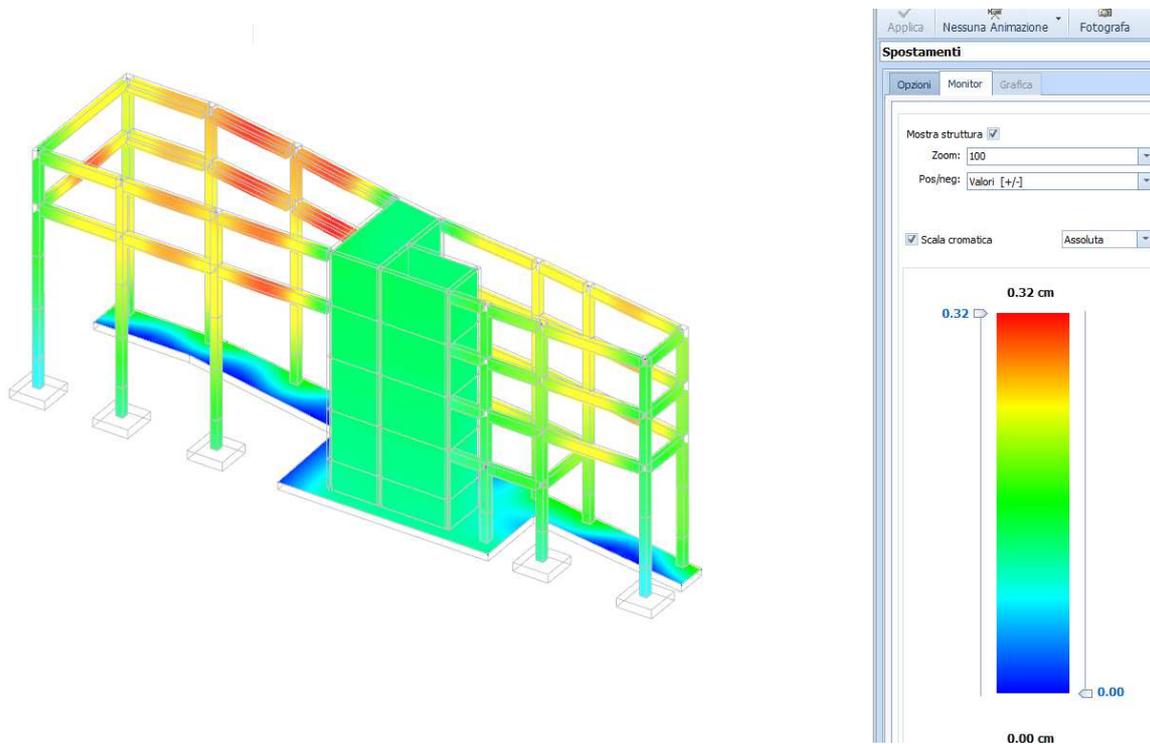


Figura 54: - Spostamenti della struttura per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari) – 0,32 cm

7.6.7 Sollecitazioni

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni degli elementi strutturali per soli carichi statici, estrapolati dal modello nella combinazione di carico con coefficienti moltiplicativi unitari.

Sollecitazioni ai carichi statici

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	175 di 275

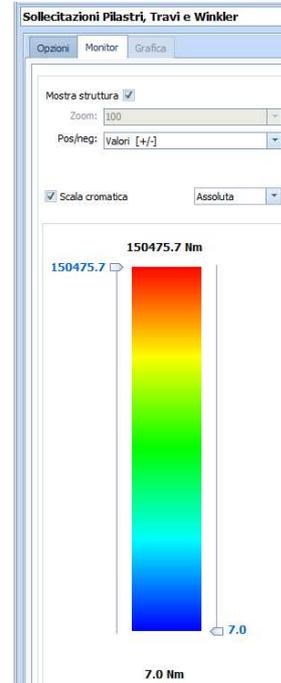
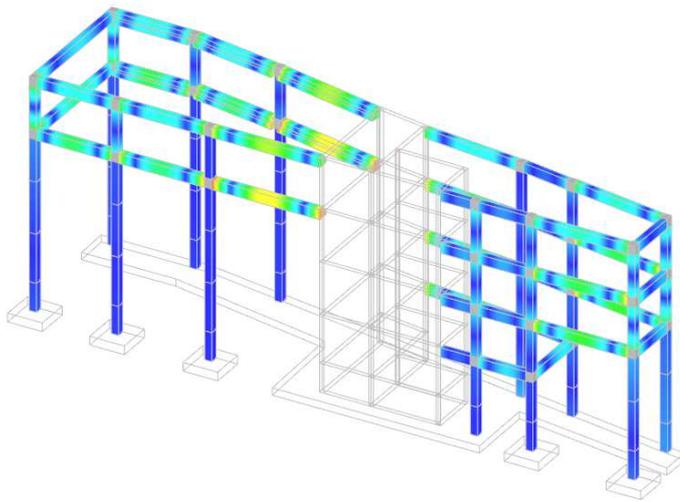
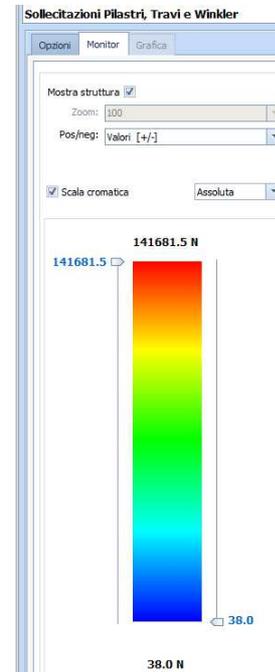
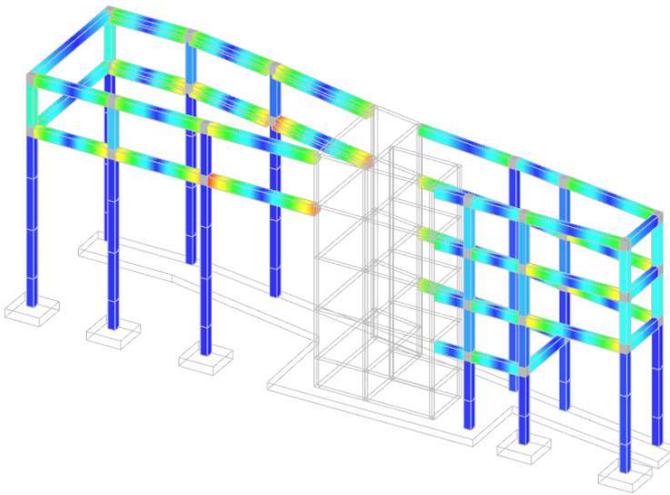


Figura 55: Momenti flettenti per carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)



	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>176 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	176 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	176 di 275								

Figura 56: 0 - Taglio per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

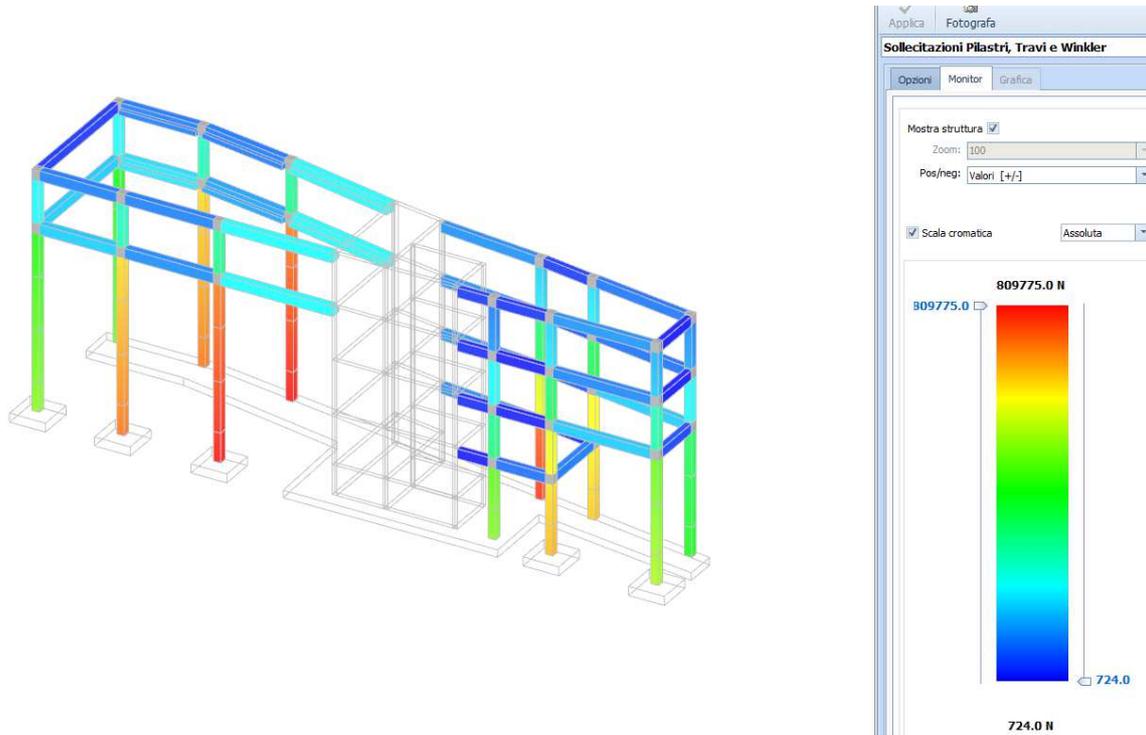


Figura 57: 0 - Sforzo normale per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni degli elementi strutturali per le combinazioni sismiche:

Sollecitazioni ai carichi per effetto del sisma

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	177 di 275

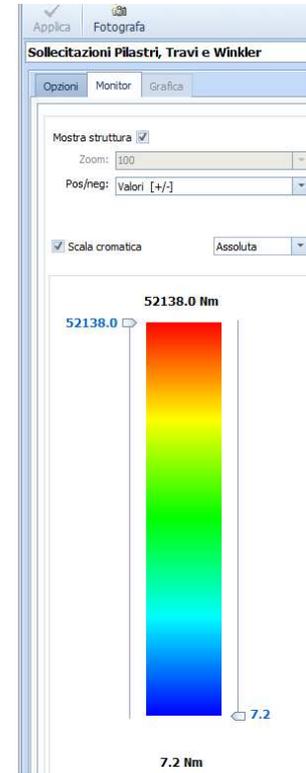
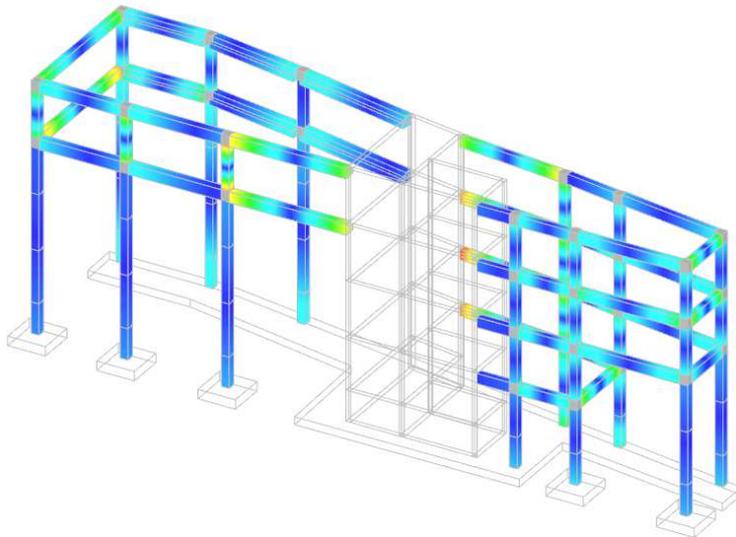
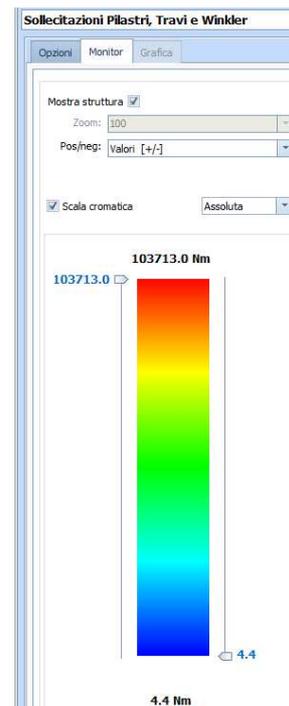
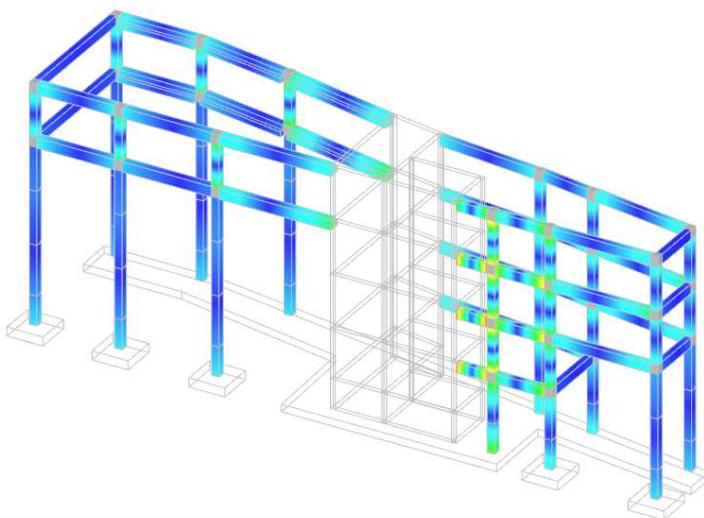


Figura 58: Momenti flettenti sisma X



Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	178 di 275

Figura 59: Momenti flettenti sisma Y

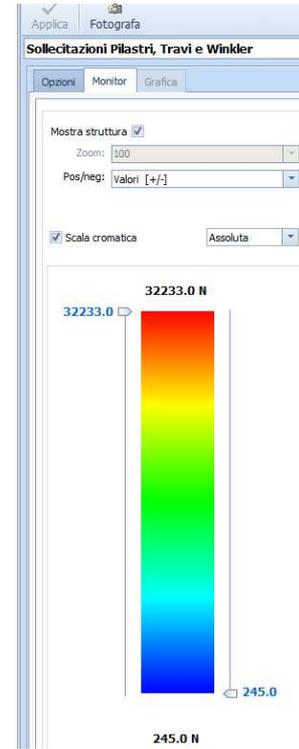
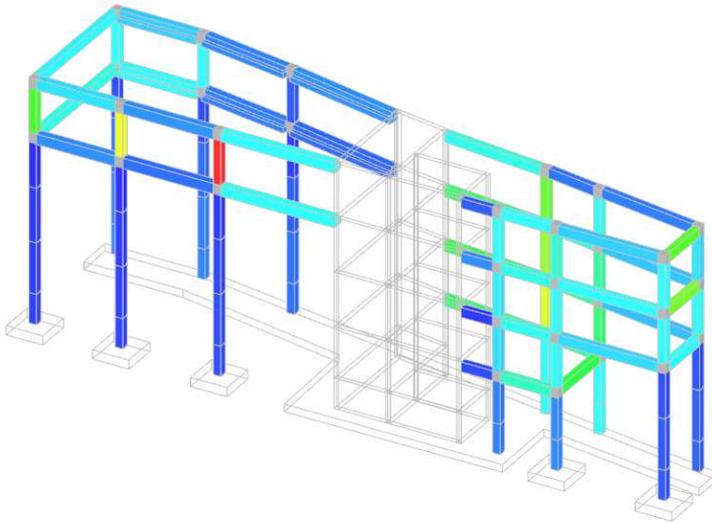
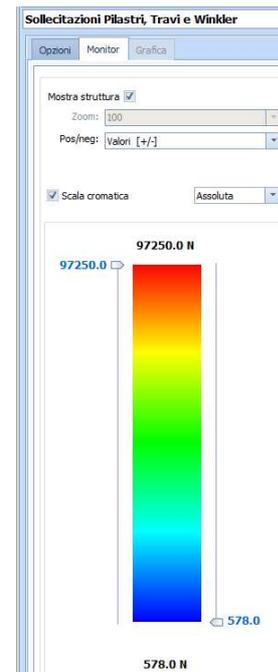
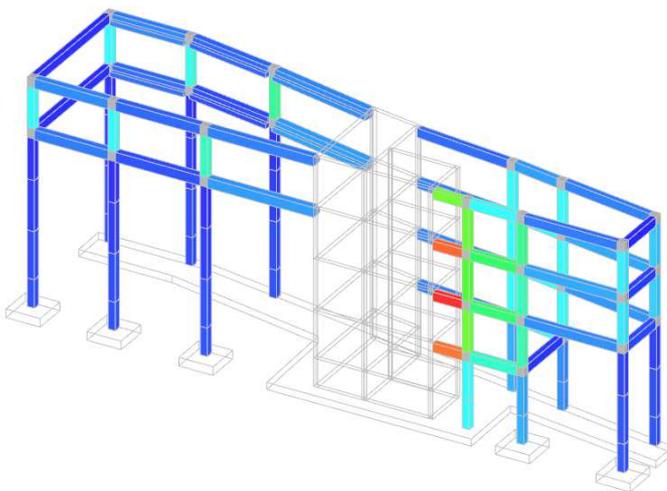


Figura 60: Taglio sisma X



	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</p>												
<p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>179 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	179 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	179 di 275								

Figura 61: Taglio sisma Y

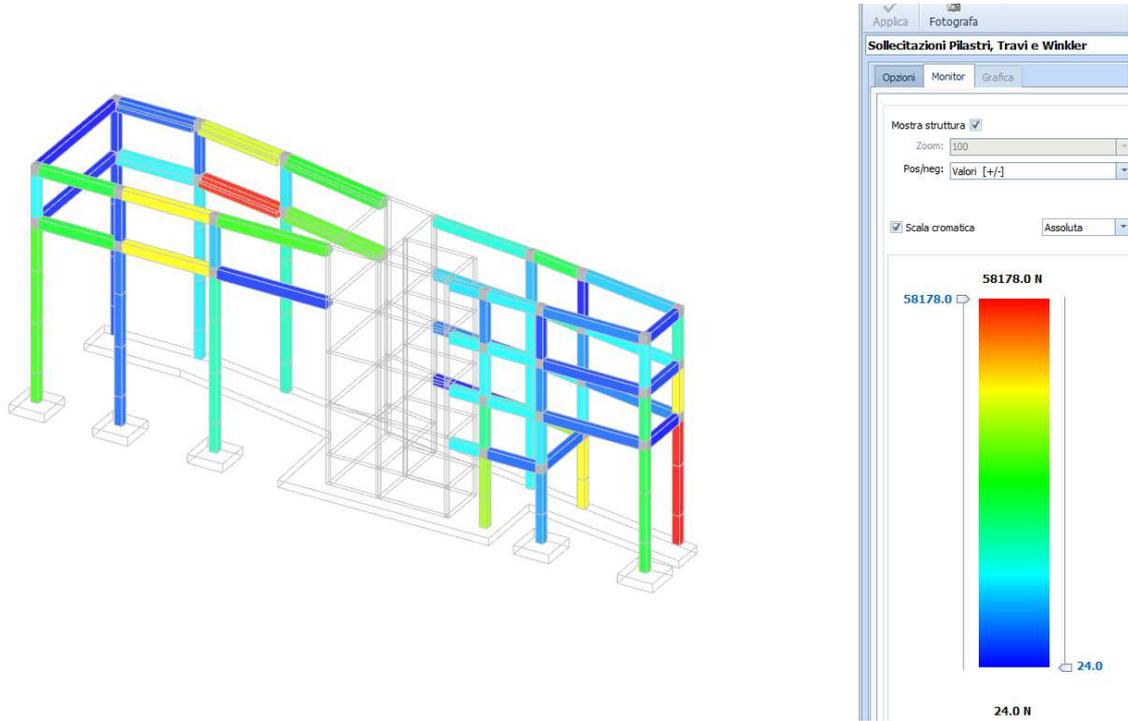
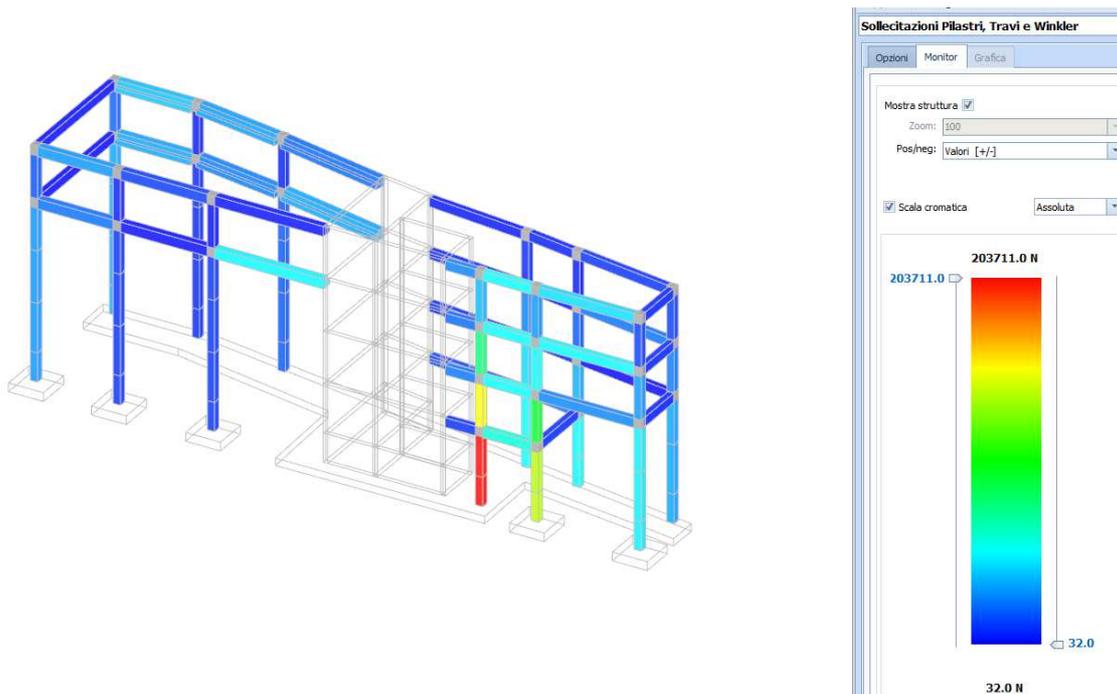


Figura 62: Sforzo normale sisma X



	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 180 di 275

Figura 63: Sforzo normale sisma Y

7.7 VERIFICHE STRUTTURALI

Di seguito si riportano le verifiche strutturali significative e rappresentative per ciascuno degli elementi (travi, pilastri), estrapolate dal modello di calcolo.

7.7.1 Travi in elevazione

I tabulati di calcolo di seguito descritti mostrano le verifiche eseguite dal software sugli elementi più sollecitati.

Per le travi in elevazione la travata più sollecitata è la 7-8, di seguito descritta:

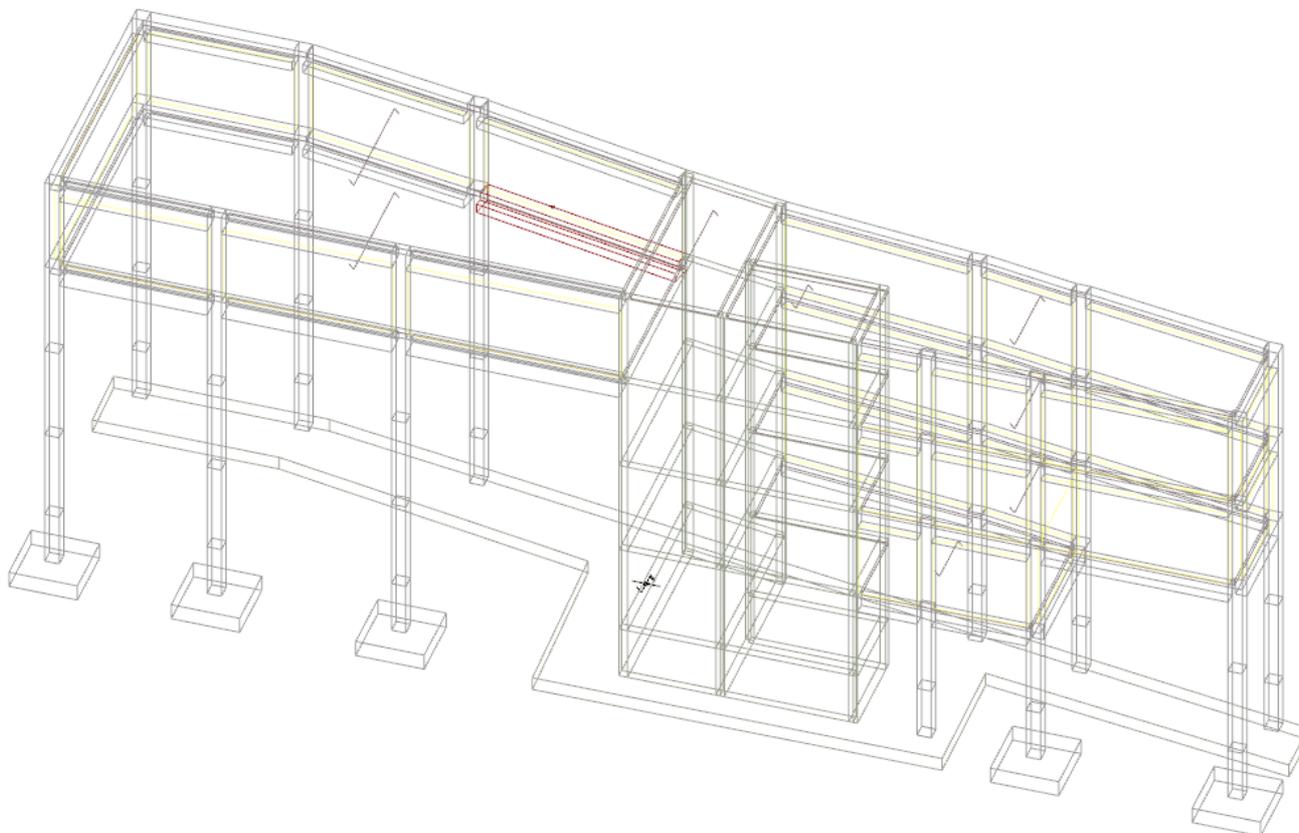


Figura 64: Trave in elevazione più sollecitata Trave 7-8

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO E21D 06 D 10 CL FA1403 002 C 181 di 275

7.7.1.1 Travi (Ca) - Verifiche Pressoflessione Retta Allo Stu (Elevazione)

Id _{Tr}	%oL _{Li} [%]	N _{Ed,s} [N]	M _{Ed,3,s} [N-m]	N _{Ed,i} [N]	M _{Ed,3,i} [N-m]	A _{s,s} [cm ²]	A _{s,i} [cm ²]	Travi (CA) - Verifiche pressoflessione retta allo SLU					R _f
								CS _s	(X/d) _s	CS _i	(X/d) _i		
Travata: Trave P7-8-10-12													
Trave P7-8	0%	-298,828	291,069	-	-	17.09	13.92	1.14[V]	0.07	-	VNR	NO	
	12.5%	-298,828	199,254	-248,105	61,410	17.09	13.92	1.67[V]	0.07	4.07[S]	0.08	NO	
	25.0%	-248,105	52,285	-298,381	140,658	13.92	13.92	5.25[S]	0.07	1.66[V]	0.08	NO	
	37.5%	-	-	-298,964	198,029	13.92	13.92	-	VNR	1.18[V]	0.08	NO	
	50.0%	-	-	-298,964	203,924	13.92	13.92	-	VNR	1.14[V]	0.08	NO	
	62.5%	-	-	-298,964	199,956	13.92	13.92	-	VNR	1.16[V]	0.08	NO	
	75.0%	-235,416	51,748	-298,828	146,133	13.92	13.92	5.37[S]	0.07	1.59[V]	0.08	NO	
	87.5%	-284,574	213,862	-235,416	61,066	13.92	13.92	1.24[V]	0.07	4.16[S]	0.08	NO	
	100%	-284,574	311,802	-	-	17.06	13.92	1.07[V]	0.07	-	VNR	NO	

LEGENDA:

Id_{Tr}	Identificativo della trave. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della travata al livello considerato.
%oL_{Li}	Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L _{Li}), a partire dall'estremo iniziale.
N_{Ed,s}, M_{Ed,3,s}	Sollecitazioni di progetto per armatura superiore (N _{Ed} > 0: compressione).
N_{Ed,i}, M_{Ed,3,i}	Sollecitazioni di progetto per armatura inferiore (N _{Ed} > 0: compressione).
A_{s,s}, A_{s,i}	Armatura a flessione superiore e inferiore.
(X/d)_s	Indice di duttilità superiore (VNR = Verifica non richiesta).
(X/d)_i	Indice di duttilità inferiore (VNR = Verifica non richiesta).
CS_s, CS_i	Coefficiente di sicurezza relativo alle sollecitazioni che tendono le fibre superiori e inferiori ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
R_f	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

7.7.1.2 Travi - Verifiche A Taglio Per Pressoflessione Retta Allo Stu

Id _{Tr}	%oL _{Li}	+/ -	V _{Ed,2} [N]	CS	V _{Rcd} [N]	V _{Rsd,s} [N]	N _{Ed} [N]	V _{Rsd,p} [N]	V _{R1} [N]	V _{Rd,f} [N]	Ctg θ	A _{sw} [cm ² /cm]	A _{sw,p} [cm ²]	A _{s,Dg} [cm ²]	R _f
Travata: Trave P7-8-10-12															
Trave P7-8	0%	+	256,460	4.49	1,152,005	1,222,472	0	0	0	0	2.50	0.21991	0.0000	0.0000	NO
		-	-	-	1,152,005	1,222,472	0	0	0	0	2.50	0.21991	0.0000	0.0000	NO
	12.5%	+	232,044	2.95	1,152,005	684,584	0	0	0	0	2.50	0.12315	0.0000	0.0000	NO
		-	-	-	1,152,005	684,584	0	0	0	0	2.50	0.12315	0.0000	0.0000	NO
	25.0%	+	169,915	4.03	1,152,005	684,584	0	0	0	0	2.50	0.12315	0.0000	0.0000	NO
		-	-	-	1,152,005	684,584	0	0	0	0	2.50	0.12315	0.0000	0.0000	NO
	37.5%	+	106,584	6.42	1,152,005	684,584	0	0	0	0	2.50	0.12315	0.0000	0.0000	NO
		-	-55	NS	1,152,005	684,584	0	0	0	0	2.50	0.12315	0.0000	0.0000	NO
	50.0%	+	46,299	14.79	1,152,005	684,584	0	0	0	0	2.50	0.12315	0.0000	0.0000	NO
		-	-44,944	15.23	1,152,005	684,584	0	0	0	0	2.50	0.12315	0.0000	0.0000	NO
	62.5%	+	1,567	NS	1,152,005	684,584	0	0	0	0	2.50	0.12315	0.0000	0.0000	NO
		-	-108,572	6.31	1,152,005	684,584	0	0	0	0	2.50	0.12315	0.0000	0.0000	NO
	75.0%	+	-	-	1,152,005	684,584	0	0	0	0	2.50	0.12315	0.0000	0.0000	NO
		-	-176,958	3.87	1,152,005	684,584	0	0	0	0	2.50	0.12315	0.0000	0.0000	NO
	87.5%	+	-	-	1,152,005	684,584	0	0	0	0	2.50	0.12315	0.0000	0.0000	NO
		-	-246,547	2.78	1,152,005	684,584	0	0	0	0	2.50	0.12315	0.0000	0.0000	NO
	100%	+	-	-	1,152,005	1,222,472	0	0	0	0	2.50	0.21991	0.0000	0.0000	NO
		-	-274,606	4.20	1,152,005	1,222,472	0	0	0	0	2.50	0.21991	0.0000	0.0000	NO

LEGENDA:

Id_{Tr}	Identificativo della trave. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della travata al livello considerato.
%oL_{Li}	Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L _{Li}), a partire dall'estremo iniziale.
+/-	[+] = sollecitazione massima; [-] = sollecitazione minima.
V_{Ed,2}	Taglio di progetto in direzione 2.

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	182 di 275

Travi (CA) - Verifiche a taglio per pressoflessione retta allo SLU

Id _{Tr}	% _{oLLI}	+/-	V _{Ed,2}	CS	V _{Rcd}	V _{Rsd,s}	N _{Ed}	V _{Rsd,p}	V _{R1}	V _{Rd,f}	Ctg θ	A _{sw}	A _{sw,p}	A _{s,Dg}	R _f
	[%]		[N]		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]		[cm ² /cm]	[cm ²]	[cm ²]	
CS	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).														
V_{Rcd}	Resistenza a taglio compressione del calcestruzzo.														
V_{Rsd,s}	Resistenza a taglio trazione delle staffe.														
N_{Ed}	Sforzo Normale medio nella sezione di verifica.														
V_{Rsd,p}	Resistenza a taglio trazione dei ferri piegati.														
V_{R1}	Resistenza a taglio in assenza di armatura incrociata.														
V_{Rd,f}	Resistenza a taglio dovuta al rinforzo FRP.														
Ctgθ	Cotangente dell'angolo θ utilizzata nella verifica.														
A_{sw}	Area delle staffe per unità di lunghezza.														
A_{sw,p}	Area dei ferri piegati.														
A_{s,Dg}	Area di ferri incrociati nelle zone critiche.														
R_f	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.														

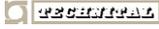
7.7.1.3 Travi - Verifiche Delle Tensioni Di Esercizio (Elevazione)

Travi - verifiche delle tensioni di esercizio

% _{oLLI}	Compressione calcestruzzo								Trazione acciaio									
	Compressione calcestruzzo rinforzo								Trazione acciaio/FRP rinforzo									
	Id _{Cmb}	σ _{cc}	σ _{cd,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verific ato	Id _{Cmb}	σ _{at}	σ _{td,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verific ato		
[%]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N-m]	[N-m]				[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N-m]	[N-m]					
PS2	Travata: Trave P7-8-10-12																	
Trave: Trave P7-8																		
0%	RAR	4.424	24.90	-	224,813	218,874	-	5.62	SI	RAR	277.752	360.00	-	224,813	218,874	-	1.29	SI
	QPR	3.935	18.68	-	200,798	194,810	-	4.74	SI									
25.0%	RAR	0.725	24.90	-	202,791	-61,447	-	34.35	SI	RAR	18.644	360.00	-	215,699	-62,018	-	19.30	SI
	QPR	0.581	18.68	-	200,798	-53,579	-	32.11	SI									
50.0%	RAR	2.418	24.90	-	215,699	153,192	-	10.29	SI	RAR	36.393	360.00	-	224,904	153,602	-	9.89	SI
	QPR	2.178	18.68	-	200,798	138,705	-	8.57	SI									
75.0%	RAR	0.696	24.90	-	224,813	-62,400	-	35.76	SI	RAR	19.005	360.00	-	224,813	-62,400	-	18.94	SI
	QPR	0.603	18.68	-	200,798	-54,718	-	30.97	SI									
100%	RAR	4.797	24.90	-	215,699	232,870	-	5.19	SI	RAR	290.084	360.00	-	215,699	232,870	-	1.24	SI
	QPR	4.165	18.68	-	200,798	204,226	-	4.48	SI									

LEGENDA:

- %_{oLLI}** Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{LI}), a partire dall'estremo iniziale.
- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- FRC** Spostamento massimo (freccia) dell'elemento, valutata in combinazione Caratteristica (RARA).
- Id_{Cmb}** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ_{cc}** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo.
- σ_{cd,amm}** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- N_{Ed}, M_{Ed,3}, M_{Ed,2}** Sollecitazioni di progetto.
- σ_{at}** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ_{td,amm}** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (= σ_{cd, amm}/σ_{cc} ; σ_{td, amm}/σ_{at}). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).



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

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	183 di 275

Travi - verifiche delle tensioni di esercizio

%LLI T _{prnf}	Compressione calcestruzzo Compressione calcestruzzo rinforzo								Trazione acciaio Trazione acciaio/FRP rinforzo							
	IdCmb	σ _{cc}	σ _{cd,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato	IdCmb	σ _{at}	σ _{td,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato
[%]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N-m]	[N-m]				[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N-m]	[N-m]		

Verificato [SI] = La verifica è soddisfatta ($\sigma_{cc} \leq \sigma_{cd,amm}$; $\sigma_{at} \leq \sigma_{td,amm}$). [NO] = La verifica NON è soddisfatta ($\sigma_{cc} > \sigma_{cd,amm}$; $\sigma_{at} > \sigma_{td,amm}$).

7.7.1.4 Travi - Verifica Allo Stato Limite Di Fessurazione (Elevazione)

Travi - verifica allo stato limite di fessurazione

%LLI	IdCmb	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	σ _{ct,f}	σ _t	ε _{sm}	A _e	Δ _{sm}	W _d	W _{amm}	CS	Verificato
[%]		[N]	[N-m]	[N-m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[cm ²]	[mm]	[mm]	[mm]		
PS2								Travata: Trave P7-8-10-12					
Trave: Trave P7-8								AA= PCA					
0%	FRQ	-206,689	200,549	-	4.07	3.00	8.7861 E-04	733	307	0.270	0.400	1.48	SI
	QPR	-200,798	194,810	-	3.96	3.00	8.4395 E-04	733	307	0.259	0.300	1.16	SI
12.5%	FRQ	-206,689	52,003	-	1.38	3.00	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI
	QPR	-200,798	50,572	-	1.34	3.00	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI
25.0%	FRQ	-206,689	-55,266	-	1.30	3.00	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI
	QPR	-200,798	-53,579	-	1.26	3.00	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI
37.5%	FRQ	-206,689	-120,491	-	2.32	3.00	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI
	QPR	-200,798	-116,915	-	2.25	3.00	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI
50.0%	FRQ	-206,689	-142,909	-	2.67	3.00	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI
	QPR	-200,798	-138,705	-	2.59	3.00	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI
62.5%	FRQ	-206,689	-121,755	-	2.34	3.00	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI
	QPR	-200,798	-118,214	-	2.27	3.00	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI
75.0%	FRQ	-206,689	-56,270	-	1.32	3.00	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI
	QPR	-200,798	-54,718	-	1.28	3.00	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI
87.5%	FRQ	-206,689	54,317	-	1.45	3.00	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI
	QPR	-200,798	52,520	-	1.41	3.00	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI
100%	FRQ	-206,689	210,764	-	4.26	3.00	9.2942 E-04	733	307	0.285	0.400	1.40	SI
	QPR	-200,798	204,226	-	4.13	3.00	8.9083 E-04	733	307	0.273	0.300	1.10	SI

LEGENDA:

- %LLI** Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{LI}), a partire dall'estremo iniziale.
- FRC** Spostamento massimo (freccia) dell'elemento, valutata in combinazione Caratteristica (RARA).
- AA** Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
- IdCmb** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- N_{Ed}, M_{Ed,3}, M_{Ed,2}** Sollecitazioni di progetto.
- σ_{ct,f}** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ_t la sezione è soggetta a fessurazione.
N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione.
- σ_t** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].
- ε_{sm}** Deformazione unitaria media delle barre di armatura.
- A_e** Area efficace del calcestruzzo teso.
- Δ_{sm}** Distanza media tra le fessure.
- W_d** Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.
- W_{amm}** Valore ammissibile di apertura delle fessure.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (=W_d / W_{amm}). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W_d = 0).
- Verificato** [SI] = W_d ≤ W_{amm}; [NO] = W_d > W_{amm}

7.7.2 PILASTRI

		PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)				
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	184 di 275

Si riportano di seguito le verifiche strutturali eseguite sul pilastro 4, il più sollecitato, visualizzato in rosso nella Figura seguente, rappresentative di quelle eseguite sui pilastri della struttura

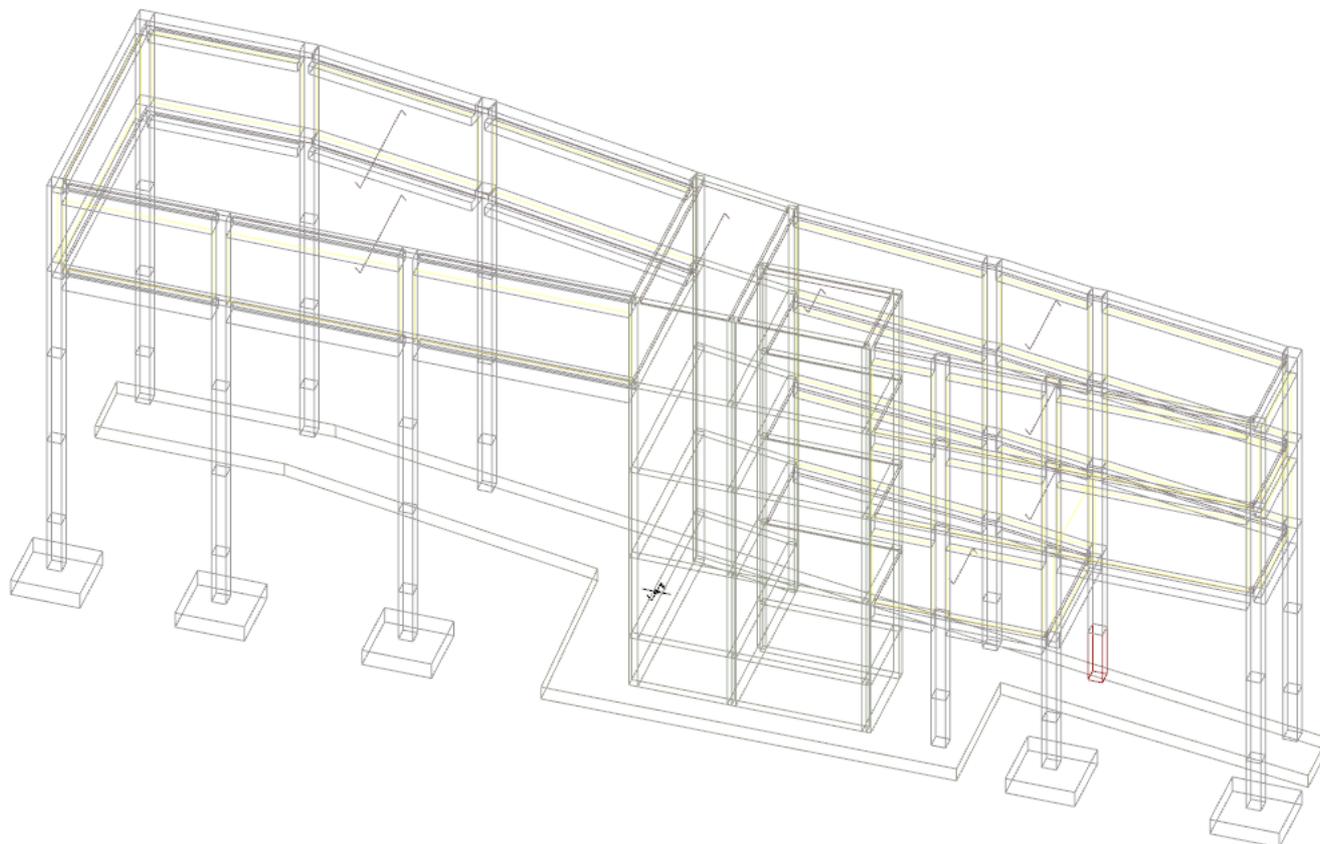


Figura 65: Pilastro 4

7.7.2.1 Pilastri (Ca) - Verifiche Pressoflessione Deviata Allo Slu

Pilastri (CA) - Verifiche pressoflessione deviata allo SLU																					
Lv	N _{Ed}	M _{Ed,x}	M _{Ed,y}	CS	M _{Rd,x}	M _{Rd,y}	N _{Ed,max}	N _R	α	R _f	φ _{ve}	φ _{vi}	φ _w	Lato 1				Lato 2			
														L	n _{re g}	n _r	φ	L	n _{re g}	n _r	φ
	[N]	[N-m]	[N-m]		[N-m]	[N-m]	[N]	[N]			[m]	[m]	[m]	[cm]			[m]	[cm]		[m]	
Pilastrata: Pilastrata 4																					
Piano Terra	694,153	-29,235	111,309	3.10[S]	309,6 47	309,6 47	712,048	2,292,875	1.27	NO	20	-	16	50	1	1	20	50	1	1	20
MEZZANINO	659,483	26,380	-65,845	5.51[S]	306,0 53	306,0 53	699,467	2,292,875	1.29	NO	20	-	16	50	1	1	20	50	1	1	20
PS1	560,130	-27,373	-42,894	8.36[S]	293,5 94	293,5 94	576,361	2,292,875	1.33	NO	20	-	16	50	1	1	20	50	1	1	20
PS2	319,459	60,097	12,893	7.43[S]	255,8 74	255,8 74	354,643	2,292,875	1.45	NO	20	-	16	50	1	1	20	50	1	1	20
PS3	116,170	-55,401	-8,769	8.28[S]	219,9	219,9	146,039	2,292,875	1.57	NO	20	-	16	50	1	1	20	50	1	1	20

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	185 di 275

Pilastri (CA) - Verifiche pressoflessione deviata allo SLU

Lv	N _{Ed}	M _{Ed,X}	M _{Ed,Y}	CS	M _{Rd,X}	M _{Rd,Y}	N _{Ed,max}	N _R	α	R _f	φ _{ve}	φ _{vi}	φ _w	Lato 1				Lato 2			
														L	n _{re} g	n _r	φ	L	n _{re} g	n _r	φ
	[N]	[N-m]	[N-m]		[N-m]	[N-m]	[N]	[N]			[m m]	[m m]	[m m]	[cm]			[m m]	[cm]			[m m]
					87	87															

LEGENDA:

- Lv** Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale.
- CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
- N_{Ed,max}** Massimo sforzo di compressione.
- N_R** Sforzo Normale resistente.
- α** Esponente per la valutazione del coefficiente di sicurezza.
- R_f** [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.
- N_{Ed}** Sollecitazioni di progetto (N_{Ed} > 0: compressione).
- M_{Ed,X}**
- M_{Ed,Y}**
- M_{Rd,X}** Momento Resistente intorno ad X e Y.
- M_{Rd,Y}**
- φ_{ve}, φ_{vi}** Diametri, rispettivamente, delle barre di acciaio nei vertici esterni e nei vertici interni e delle staffe; [φ_{vi}] = Significativo e valorizzato solo in caso di sezione cava.
- φ_{st}**
- L, n_{reg}** Per sezione del pilastro rettangolare e armata simmetricamente, lunghezza, numero di registri, numero di barre e relativo diametro per il lato 1 e 2 della sezione. Se la sezione considerata non è rettangolare e/o simmetricamente armata, tali colonne sono vuote e le informazioni riguardanti l'armatura sono riportate per ciascun lato in apposita casella di testo.
- n_r, φ**

7.7.2.2 Pilastri (Ca) - Verifiche A Taglio Per Pressoflessione Deviata Allo Slu

Pilastri (CA) - Verifiche a taglio per pressoflessione deviata allo SLU

Lv	V _{Ed,3}	V _{Ed,2}	CS	V _{Rcd}		V _{Rsd,s}		V _{Rd,f}		V _{Rd,j}		V _{Rd,s}	A _{sw}		S _{Asw}	R _f
				X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		[cm ² /cm]	[cm ² /cm]		
Pilastrata: Pilastrata 4																
Piano Terra	17,057	37,557	14.9 0	559769	559769	154481 2	15448 12	0	0	0	0	-	0.402 12	0.402 12	15	NO
MEZZANINO	16,660	37,098	15.0 4	558077	558077	154481 2	15448 12	0	0	0	0	-	0.402 12	0.402 12	15	NO
PS1	31,335	17,824	17.5 0	548418	548418	154481 2	15448 12	0	0	0	0	-	0.402 12	0.402 12	15	NO
PS2	40,343	7,366	12.9 4	522044	522044	154481 2	15448 12	0	0	0	0	-	0.402 12	0.402 12	15	NO
PS3	36,686	4,621	13.5 4	496867	496867	154481 2	15448 12	0	0	0	0	-	0.402 12	0.402 12	15	NO

LEGENDA:

- Lv** Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale.
- V_{Ed,3}** Taglio di progetto in direzione 3.
- V_{Ed,2}** Taglio di progetto in direzione 2.
- CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
- V_{Rcd}** Resistenza a taglio compressione del calcestruzzo.
- V_{Rsd,s}** Resistenza a taglio trazione delle staffe.
- V_{Rd,f}** Resistenza a taglio dovuta al rinforzo FRP.
- V_{Rd,j}** Contributo acciaio al Taglio ultimo dovuto all'incamiciatura in acciaio.
- V_{Rd,s}** Resistenza a taglio per scorrimento.
- A_{sw}** Area delle staffe per unità di lunghezza.
- S_{Asw}** Passo massimo staffe da normativa.
- R_f** [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
	Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C

7.7.2.3 Pilastri - Verifiche Delle Tensioni Di Esercizio (Elevazione)

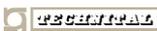
Lv Tp _{mf}	Compressione calcestruzzo								Pilastri - verifiche delle tensioni di esercizio							
	Compressione calcestruzzo rinforzo								Trazione acciaio/FRP rinforzo							
	IdCmb	σ _{cc}	σ _{cd,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato	IdCmb	σ _{at}	σ _{td,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N-m]	[N-m]				[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N-m]	[N-m]			
Pilastrata: Pilastrata 4																
Piano Terra																
	RAR	5.487	14.94	678,208	8,284	-69,558	2.72	SI	RAR	0.935	360.00	657,491	7,471	-69,770	NS	SI
	QPR	4.989	11.21	633,022	7,711	-61,648	2.24	SI								
MEZZANINO																
	RAR	3.828	14.94	644,458	-10,140	29,359	3.90	SI	RAR	0.000	360.00	-	-	-	-	SI
	QPR	3.437	11.21	599,272	-9,294	24,385	3.26	SI								
PS1																
	RAR	2.666	14.94	569,209	4,214	12,877	5.60	SI	RAR	0.000	360.00	-	-	-	-	SI
	QPR	2.247	11.21	518,024	8,194	2,916	4.98	SI								
PS2																
	RAR	2.258	14.94	361,673	-19,962	-4,923	6.61	SI	RAR	0.000	360.00	-	-	-	-	SI
	QPR	2.055	11.21	337,051	-18,998	-2,974	5.45	SI								
PS3																
	RAR	1.235	14.94	153,729	-16,248	-1,189	12.09	SI	RAR	1.615	360.00	124,320	14,880	2,880	NS	SI
	QPR	1.141	11.21	142,251	-14,973	-1,105	9.82	SI								

LEGENDA:

Lv	Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti del pilastro al livello considerato.
Rinf.	Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
IdCmb	Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
σ_{cc}	Tensione massima di compressione nel calcestruzzo.
σ_{cd,amm}	Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
N_{Ed}, M_{Ed,3}, M_{Ed,2}	Sollecitazioni di progetto.
σ_{at}	Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
σ_{td,amm}	Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio.
CS	Coefficiente di Sicurezza (= σ _{cd,amm} /σ _{cc} ; σ _{td,amm} /σ _{at}). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).
Verificato	[SI] = σ _{cc} ≤ σ _{cd,amm} ; σ _{at} ≤ σ _{td,amm} . [NO] = σ _{cc} > σ _{cd,amm} ; σ _{at} > σ _{td,amm} .

7.7.2.4 Pilastri – Verifica Allo Stato Limite Di Fessurazione (Elevazione)

Lv	IdCmb	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	σ _{ct,f}	σ _t	ε _{sm}	A _e	Δ _{sm}	W _d	W _{amm}	CS	Verificato
Pilastrata: Pilastrata 4													
Piano Terra													
				AA= PCA									
-	FRQ	632,012	7,539	-62,686	0.63	2.13	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI
-	QPR	633,022	7,711	-61,648	0.59	2.13	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI
MEZZANINO													
				AA= PCA									
-	FRQ	598,225	-9,155	25,289	-0.69	2.13	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI
-	QPR	599,272	-9,294	24,385	-0.73	2.13	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI
PS1													
				AA= PCA									
-	FRQ	517,816	8,178	3,120	-1.35	2.13	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI
-	QPR	518,024	8,194	2,916	-1.35	2.13	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI
PS2													
				AA= PCA									
-	FRQ	337,379	-18,868	-3,534	-0.27	2.13	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI
-	QPR	337,051	-18,998	-2,974	-0.29	2.13	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI
PS3													
				AA= PCA									
-	FRQ	119,694	14,021	2,734	0.26	2.13	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI

 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)
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO E21D 06 D 10 CL FA1403 002 C 187 di 275

Pilastri - verifica allo stato limite di fessurazione

Lv	Id _{cmb}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	σ _{ct,f}	σ _t	ε _{sm}	A _e	Δ _{sm}	W _d	W _{amm}	CS	Verificato
		[N]	[N·m]	[N·m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[cm ²]	[mm]	[mm]	[mm]		
-	QPR	119,752	13,849	2,739	0.25	2.13	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI

LEGENDA:

- Lv** Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti del pilastro al livello considerato.
- AA** Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
- Id_{cmb}** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- N_{Ed}, M_{Ed,3}, M_{Ed,2}** Sollecitazioni di progetto.
- σ_{ct,f}** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ_t la sezione è soggetta a fessurazione.
N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione.
- σ_t** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].
- ε_{sm}** Deformazione unitaria media delle barre di armatura.
- A_e** Area efficace del calcestruzzo teso.
- Δ_{sm}** Distanza media tra le fessure.
- W_d** Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.
- W_{amm}** Valore ammissibile di apertura delle fessure.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (=W_d / W_{amm}). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W_d = 0).
- Verificato** [SI] = W_d ≤ W_{amm} ; [NO] = W_d > W_{amm}

7.8 SOLAI

SPIROLL

Si riportano di seguito le verifiche relative ai pannelli prefabbricati alveolari Spiroll utilizzati per i solai intermedi. Lo schema è quello semplice di trave appoggiata, il getto integrativo di soletta in c.a. di spessore 4cm sarà comunque esteso al di sopra delle teste delle travi in modo da creare una migliore solidarizzazione.

La luce di calcolo dei pannelli è misurata in base allo schema di appoggio sulle travi prefabbricate, considerando dall'asse dei pilastri uno scarto di 25cm per lato; la luce maggiore tra gli impalcati in esame è pari a 9,5m; il solaio più sollecitato avrà quindi una lunghezza massima di:

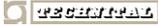
$$10 - (0,25 \cdot 2) = 9,00\text{m}$$

Il carico totale dei pesi permanenti portati e accidentali (carico utile) più sfavorevole gravante sul solaio è, come riportato nel paragrafo relativo all'analisi dei carichi pari a:

$$G_2 = 2,59 \text{ KN/m}^2$$

$$Q = 2,00 \text{ KN/m}^2$$

$$P = 4,59 \text{ KN/m}^2$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services Sp.R.L.  ARCHITETTI ASSOCIATI	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO E21D 06 D 10 CL FA1403 002 C 189 di 275

		LUNGHEZZA LASTRA																
		Cod	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00	13.50	14.00	
PORTATA (G2+Q)	SD01	690	560	450	360	280	220	150										
	SD02	910	740	610	500	410	330	260	200	140								
	SD03	1050	870	720	600	500	410	330	270	210	140							
	SD04	1310	1100	920	780	660	550	460	390	320	260	220	140					
	SD05	1670	1420	1190	1020	870	740	630	540	460	390	330	270	220	180			
	SD06	1920	1630	1390	1190	1020	880	760	650	560	480	410	350	300	250	200		
	SD07	2150	1830	1570	1360	1170	1020	880	770	670	580	500	430	370	310	270		
	SD08	2420	2060	1780	1540	1340	1170	1020	900	790	700	610	530	460	400	340		
	SD09	2620	2240	1930	1680	1460	1280	1120	990	870	770	680	600	530	470	410		
	SD10	2845	2530	2190	1885	1630	1415	1230	1070	980	865	760	670	585	515	450		

Confrontando i valori del calcolo con le tabelle riportate sopra, l'elemento prefabbricato da selezionare per il solaio intermedio è il **Spiroll H 30 SD03**

Caratteristiche sezione	valore
Interasse trasversale pannelli	1200
Altezza elemento	300
Spessore soletta superiore	40

PREDALLES

Si riportano di seguito le verifiche relative ai travetti tralicciati predalles. Lo schema è quello semplice di trave appoggiata, il getto integrativo di soletta in c.a. sarà comunque esteso al di sopra delle teste delle travi in modo da creare una migliore solidarizzazione.

La luce maggiore tra gli impalcati in esame è pari a 6,6m

Il carico totale dei pesi permanenti portati e accidentali (carico utile) più sfavorevole gravante sul solaio è, come riportato nel paragrafo relativo all'analisi dei carichi pari a:

$$G2=2,59 \text{ KN/m}^2$$

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

E21D

06 D 10

CL

FA1403 002

C

190 di 275

$$Q = 2,00 \text{ KN/m}^2$$

$$P = 4,59 \text{ KN/m}^2$$

Il momento massimo sul solaio è pari al valore del momento flessionale positivo in campata, ovvero:

$$M_{cd} = Pl^2/8$$

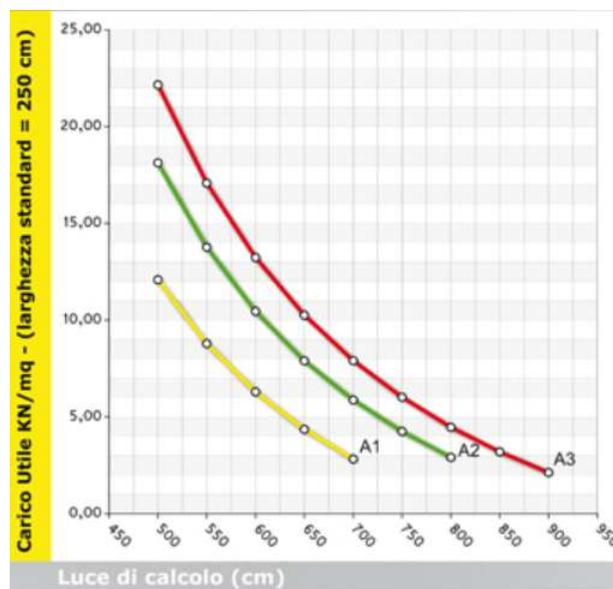
Dalle combinazioni di carico eseguito consideriamo la combinazione più sfavorevole allo SLU per la quale il peso da applicare ad una fascia di solaio di lunghezza unitaria è

$$P = 11,604 \text{ KN/mq}$$

Il momento di progetto è quindi

$$M_{cd} = 63,18 \text{ KNm}$$

Si prosegue con la verifica tabellare degli elementi travetto selezionati, di seguito descritti:



		LUCE DI CALCOLO (cm)									
		TIPO	500	550	600	650	700	750	800	850	900
PORTATA (KN/mq)	A1-PR30	12,09	8,79	6,30	4,36	2,83					
	A2-PR30	18,13	13,77	10,46	7,90	5,88	4,25	2,92			
	A3-PR30	22,16	17,08	13,24	10,26	7,91	6,02	4,47	3,20	2,13	

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>191 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	191 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	191 di 275								

Confrontando i valori del calcolo con le tabelle riportate sopra, l'elemento selezionato è idoneo per il solaio intermedio

Suola 4



DATI:	H= 30 cm
	Larghezza standard = 250 cm
	Suola inferiore = 4 cm
	Peso Proprio + Getto integrativo = 3,60 kN/mq
	R = 60 (D.M. 16.02.2007/EC2)
	Calcestruzzo C40/50 (D.M. 14.01.2008)
	Trefoli fptk = 1860 N/mmq fp(1%)K = 1670 N/mmq
	Armatura lenta B450/C (D.M. 14.01.2008)
	Traliccio tipo 6/8/6 H.12,5 cm
	Alleggerimento in blocchi di polistirolo
	Getto integrativo 6 cm
	Calcestruzzo per getti integrativi C28/35

8 FA14D – PALAZZINA MOVIMENTO

8.1 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

Si considerano sulla struttura le azioni elementari elencate di seguito:

- peso proprio della struttura e della costruzione;
- sovraccarichi permanenti;
- sovraccarichi accidentali: carico dovuto all'azione della neve e del vento; carico dovuto alla sola manutenzione della copertura;
- variazioni termiche;

Per il calcolo dell'azione eccezionale del sisma si rimanda alla successiva analisi sismica della struttura.

8.1.1 *Peso Proprio Degli Elementi Strutturali G1*

I pesi propri strutturali sono calcolati in automatico dal programma di calcolo strutturale sulla base degli input parametrici delle caratteristiche dei materiali utilizzati. Il peso specifico del calcestruzzo è assunto pari a 25kN/m³, quello dell'acciaio è pari a 78,5 kN/m³

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<table 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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">192 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	192 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	192 di 275								

Solaio intermedio / di Copertura

Tipologia	Laterocemento	
Altezza solaio	H = 28+ 4 =32cm	3,75 kN/mq
Larghezza travetti	B = 12 cm	
Interasse travetti	I = 50 cm	

Totale G1 solaio : 3,75 kN/mq

Soletta di copertura vasca interrata

Tipologia	Soletta gettata in opera	
Altezza solaio	H = 30cm	7,5 kN/mq

Totale G1 solaio : 7,5 kN/mq

8.1.2 Sovraccarichi Permanenti G2

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione.

Il calcolo del peso proprio degli elementi non strutturali gravante sui solai di copertura è riportato nelle Tabelle seguenti:

Tamponature esterne

Il rivestimento esterno è eseguito mediante una tamponatura in laterizio e cappotto esterno e finitura con facciata continua in pannelli di alluminio agganciati mediante una sottostruttura, il cui peso, calcolato a metro quadro è pari a **3,45 kN/m²**

Solaio di Copertura –Carichi permanenti non strutturali

Massetto delle pendenze 16cm	13 KN/m ³	2,08	kN/m ²
Guaina di impermeabilizzazione 3cm	0,3 KN/m ²	0,30	kN/m ²
Isolamento termico 16 cm	0,8 KN/m ³	0,13	kN/m ²
Pavimentazione in gres	0,2 KN/m ²	0,2	kN/m ²
Incidenza impianti	0,5 KN/m ²	0,5	kN/m ²
Carico totale al metro quadrato:		3.21	kN/m²

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">193 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	193 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	193 di 275								

Carichi permanenti non strutturali agenti piano intermedio

pavimentazione in gres	0,2 kN/m ²	0,2	kN/m ²
massetto di sottofondo (12,5cm)	14 kN/m ³	1,765	kN/m ²
intonaco inferiore (1,5cm)	20 kN/m ³	0,3	kN/m ²
Incidenza impianti		0,25	kN/m ²
Carico totale al metro quadrato:		2,515	kN/m ²

Carichi permanenti non strutturali soletta carrabile vasca antincendio

Asfalto – 15cm	15 kN/m ³	2,25	kN/m ²
impermeabilizzante	0,3 kN/m ³	0,3	kN/m ²
Massetto di pendenza 5cm	13 kN/m ³	0,78	kN/m ²
Carico totale al metro quadrato:		3,33	kN/m ²

8.1.3 Sovraccarichi Accidentali Q

Di seguito si riportano i carichi variabili di superficie uniformemente distribuiti qk.

- **Carico per uffici non aperti al pubblico** (Cat B1 par.3.1.4-DM 14.1.2018):

Servizi (par.3.1.4-DM 14.1.2018)	2 kN/m ²
----------------------------------	---------------------

- **Carico per copertura non praticabile** (Cat H par.3.1.4-DM 14.1.2018):

Coperture non praticabile (par.3.1.4-DM 14.1.2018)	0,5 kN/m ²
--	-----------------------

- **Carico per copertura carrabile – veicoli pesanti** (Cat G par.3.1.4-DM 14.1.2018):

Rimesse, aree per traffico e parcheggio dei veicoli medi (peso a pieno carico compreso tra 30kn e 160 kn) (par.3.1.4-DM 14.1.2018)	5,0 kN/m ²
--	-----------------------

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>194 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	194 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	194 di 275								

8.1.4 Azione del Vento, neve e variazioni termiche

Per le azioni del vento neve e variazioni termiche si faccia riferimento corrispettivamente al §6.1.4, §6.1.5 e §6.1.6

8.2 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Per la valutazione dell'azione sismica si rimanda al §6.2

8.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Per le combinazioni di carico si rimanda al §6.3

8.4 CRITERI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

Per i criteri si rimanda al §6.4

8.5 CRITERI DI MODELLAZIONE

8.5.1 Modello Strutturale di Analisi

Per la modellazione ad elementi finiti della struttura in esame è stato utilizzato il programma "EdiLus ACCA".

Si è scelto di sviluppare la modellazione soltanto per uno dei tre corpi giuntati che compongono il fabbricato, selezionando il corpo centrale, il quale riflette lo schema globale della struttura e presenta la configurazione più sfavorevole per carichi e luci di calcolo.

È stata eseguita un'analisi dinamica modale.

Gli orizzontamenti sono stati definiti rigidi.

Si è assunto lo schema statico di telaio.

La fondazione è schematizzata come una platea di fondazione su suolo elastico e pareti controterra di spessore pari al diametro dei pali infissi, la cui verifica e calcolo si eseguiranno a seguito delle indagini sul terreno previste.

Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare univocamente ciascun elemento nei tabulati di calcolo.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica della discretizzazione operata, con evidenziazione dei

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	195 di 275

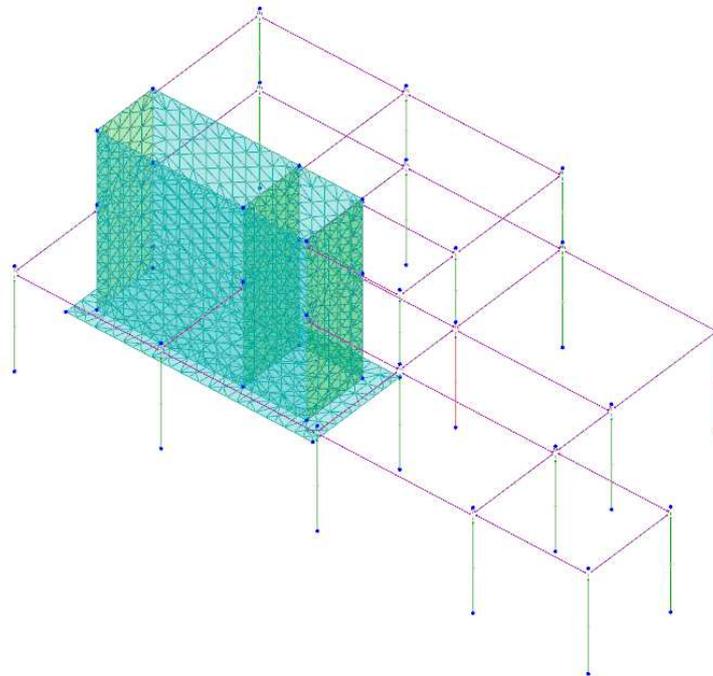
nodi e degli elementi. Si riportano inoltre le viste assometriche corrispondenti agli schemi statici forniti, per consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione.

Dagli schemi statici forniti si evince come le aste, sia travi che pilastri, siano schematizzate con un tratto flessibile centrale e con due tratti (braccetti) rigidi alle estremità. I nodi vengono posizionati sull'asse verticale dei pilastri, in corrispondenza dell'estradosso della trave più alta che in esso si collega. Tramite i braccetti i tratti flessibili sono quindi collegati ad esso.

In questa maniera il nodo risulta perfettamente aderente alla realtà poiché vengono presi in conto tutti gli eventuali disassamenti degli elementi con gli effetti che si possono determinare, quali momenti flettenti/torcenti aggiuntivi.

Le sollecitazioni vengono determinate solo per il tratto flessibile. Sui tratti rigidi, infatti, essendo (teoricamente) nulle le deformazioni, le sollecitazioni risultano indeterminate.

Tale schematizzazione dei nodi viene automaticamente realizzata dal programma di calcolo, anche quando il nodo è determinato dall'incontro di più travi senza il pilastro, o all'attacco di travi/pilastri con elementi shell.



	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>196 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	196 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	196 di 275								

Figura 66: Schema statico di riferimento del modello di analisi

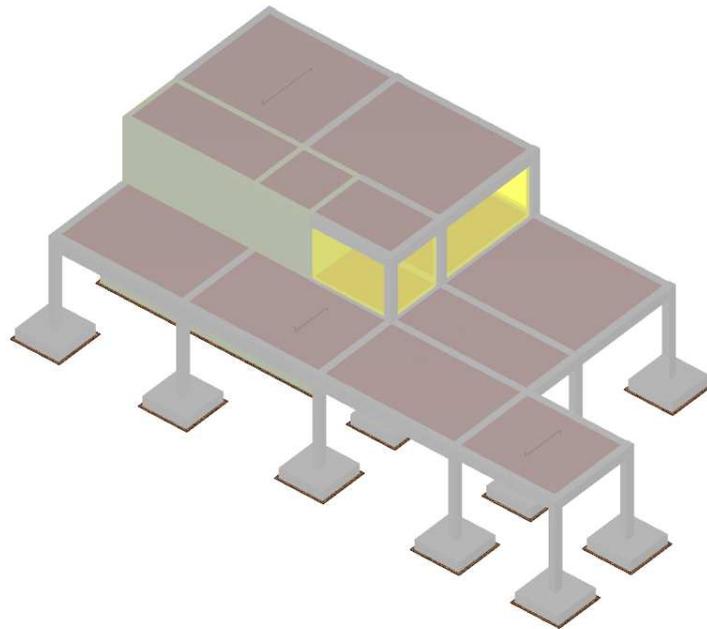
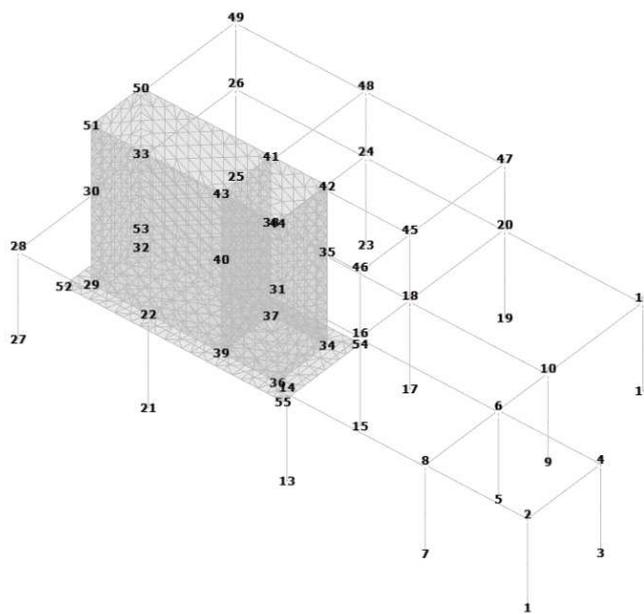


Figura 67: Vista assonometrica 2 di riferimento del modello di analisi



	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>197 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	197 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	197 di 275								

Figura 68: Numerazione dei nodi del modello di analisi – Vista 3D

8.6 ANALISI DEI RISULTATI: DEFORMATE E SOLLECITAZIONI

Si esibiscono di seguito i risultati dell'analisi strutturale condotta sul modello globale della struttura, per mezzo del software di calcolo descritto in precedenza.

8.6.1 Modi propri di vibrazione e deformazioni sismiche

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di risposta modale; sono stati analizzati 15 modi di vibrazione, in particolare si riporta di seguito il riepilogo dei principali dati estrapolati dal calcolo nei confronti dell'analisi sismica e le grandezze caratterizzanti i primi tre modi di vibrazione della struttura e la deformata corrispondente al primo modo:

8.6.2 Principali Elementi Analisi Sismica

Dir	M _{Str} [N·s ² /m]	M _{SLU} [N·s ² /m]	M _{Ecc,SLU} [N·s ² /m]	M _{SLD} [N·s ² /m]	M _{Ecc,SLD} [N·s ² /m]	%T.M _{Ecc} [%]	ΣV _{Ed,SLU} [N]
X	1,060,393	882,245	840,268	882,245	840,268	95.24	1,491,884
Y	1,060,393	882,245	838,066	882,245	838,066	94.99	1,491,884
Z	1,060,393	0	0	0	0	100.00	0

LEGENDA:

Dir	Direzione del sisma.
M_{Str}	Massa complessiva della struttura.
M_{SLU}	Massa eccitabile allo SLU.
M_{Ecc,SLU}	Massa Eccitata dal sisma allo SLU.
M_{SLD}	Massa eccitabile della struttura allo SLD, nelle direzioni X, Y, Z.
M_{Ecc,SLD}	Massa Eccitata dal sisma allo SLD.
%T.M_{Ecc}	Percentuale Totale di Masse Eccitate dal sisma.
ΣV_{Ed,SLU}	Tagliante totale, alla base, per sisma allo SLU.

8.6.3 Principali Elementi Analisi Sismica: Rotazione Torsionale

PRINCIPALI ELEMENTI ANALISI SISMICA: rotazione torsionale				
M _{T,SLU} [kN·s ² ·m]	M _{T,Ecc,SLU} [kN·s ² ·m]	M _{T,SLD} [kN·s ² ·m]	M _{T,Ecc,SLD} [kN·s ² ·m]	%T.M _{T,Ecc} [%]
557,305	552,346	557,305	552,346	99.11

LEGENDA:

M_{T,SLU}	Massa eccitabile allo SLU.
M_{T,Ecc,SLU}	Massa Eccitata dal sisma allo SLU.
M_{T,SLD}	Massa eccitabile della struttura allo SLD, nelle direzioni X, Y, Z.
M_{T,Ecc,SLD}	Massa Eccitata dal sisma allo SLD.
%T.M_{T,Ecc}	Percentuale Totale di Masse Eccitate dal sisma.

8.6.4 Riepilogo Modi Di Vibrazione N.3/15

Sptr	T	a _{g,o}	a _{g,v}	Γ	CM	%M.M	M _{Ecc} / M _{Ecc,t}
	[s]	[m/s ²]	[m/s ²]			[%]	[N-s ² /m / N-s ² -m]
Modo Vibrazione n. 1							
SLU-X	0.271	1.691	0.000	791.641	1.4688	71.03	626,695
SLU-Y	0.271	1.691	0.000	11.290	0.0209	0.01	127
SLU-Z	0.000	0.000	0.332	0.000	0.0000	0.00	0
SLD-X	0.271	1.094	0.000	791.641	1.4688	71.03	626,695
SLD-Y	0.271	1.094	0.000	11.290	0.0209	0.01	127
SLD-Z	0.000	0.000	0.092	0.000	0.0000	0.00	0
Elast-X	-	1.094	0.000	-	-	-	-
Elast-Y	-	1.094	0.000	-	-	-	-
Elast-Z	-	0.000	0.332	-	-	-	-
SLU-TRS	0.271	-	-	2,413.420	4.4777	1.05	5,824,594
Modo Vibrazione n. 2							
SLU-X	0.153	1.691	0.000	-8.264	-0.0049	0.01	68
SLU-Y	0.153	1.691	0.000	560.545	0.3325	35.61	314,210
SLU-Z	0.000	0.000	0.332	0.000	0.0000	0.00	0
SLD-X	0.153	1.094	0.000	-8.264	-0.0049	0.01	68
SLD-Y	0.153	1.094	0.000	560.545	0.3325	35.61	314,210
SLD-Z	0.000	0.000	0.092	0.000	0.0000	0.00	0
Elast-X	-	1.094	0.000	-	-	-	-
Elast-Y	-	1.094	0.000	-	-	-	-
Elast-Z	-	0.000	0.332	-	-	-	-
SLU-TRS	0.153	-	-	4,803.225	2.8495	4.14	23,070,972
Modo Vibrazione n. 3							
SLU-X	0.132	1.670	0.000	12.982	0.0058	0.02	169
SLU-Y	0.132	1.670	0.000	-487.239	-0.2163	26.91	237,402
SLU-Z	0.000	0.000	0.332	0.000	0.0000	0.00	0
SLD-X	0.132	1.094	0.000	12.982	0.0058	0.02	169
SLD-Y	0.132	1.094	0.000	-487.239	-0.2163	26.91	237,402
SLD-Z	0.000	0.000	0.092	0.000	0.0000	0.00	0
Elast-X	-	1.094	0.000	-	-	-	-
Elast-Y	-	1.094	0.000	-	-	-	-
Elast-Z	-	0.000	0.332	-	-	-	-
SLU-TRS	0.132	-	-	5,189.650	2.3035	4.83	26,932,471

LEGENDA:

Sptr	Spettro di risposta considerato.
T	Periodo del Modo di vibrazione.
a _{g,o}	Valore dell'Accelerazione Spettrale Orizzontale, riferita al corrispondente periodo.
a _{g,v}	Valore dell'Accelerazione Spettrale Verticale, riferita al corrispondente periodo.
Γ	Coefficiente di partecipazione.
CM	Coefficiente modale del modo di vibrazione.
%M.M	Percentuale di mobilitazione delle masse nel modo di vibrazione.
M _{Ecc} / M _{Ecc,t}	Massa eccitata del modo di vibrazione traslazionale / torsionale della struttura.
SLU-X	Spettro di progetto allo S.L. Ultimo per sisma in direzione X.
SLU-Y	Spettro di progetto allo S.L. Ultimo per sisma in direzione Y.
SLU-Z	Spettro di progetto allo S.L. Ultimo per sisma in direzione Z.
SLD-X	Spettro di progetto allo S.L. di Danno per sisma in direzione X.
SLD-Y	Spettro di progetto allo S.L. di Danno per sisma in direzione Y.
SLD-Z	Spettro di progetto allo S.L. di Danno per sisma in direzione Z.
Elast-X	Spettro Elastico per sisma in direzione X.
Elast-Y	Spettro Elastico per sisma in direzione Y.
Elast-Z	Spettro Elastico per sisma in direzione Z.
SLU-TRS	Contributo alla torsione del modo allo S.L. Ultimo

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>199 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	199 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	199 di 275								

Di seguito si riportano le immagini riepilogative della risposta delle due strutture ai modi di vibrazione individuati

MODI DI VIBRAZIONE

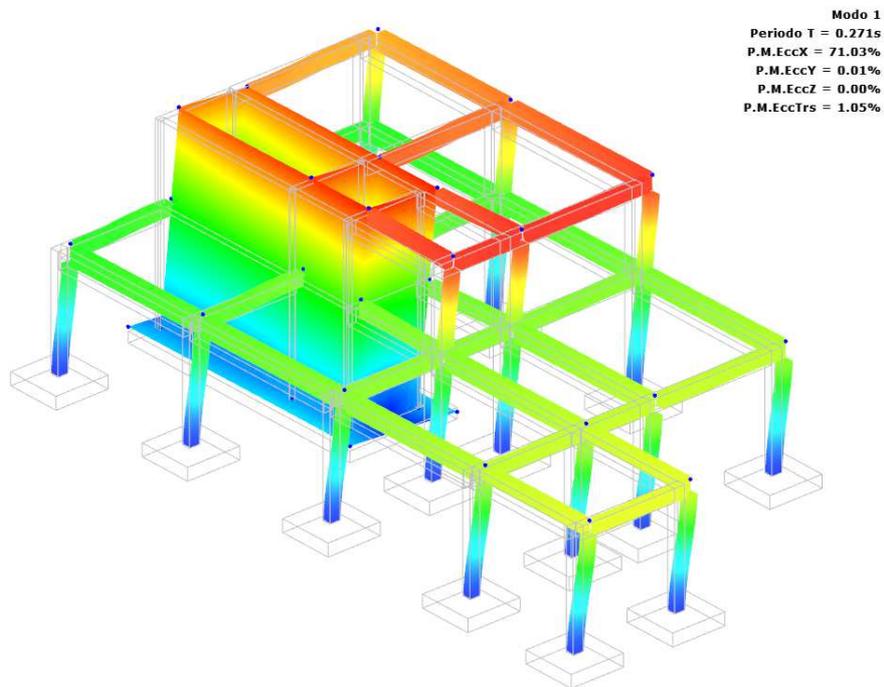


Figura 69: Modo di vibrazione 1

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	200 di 275

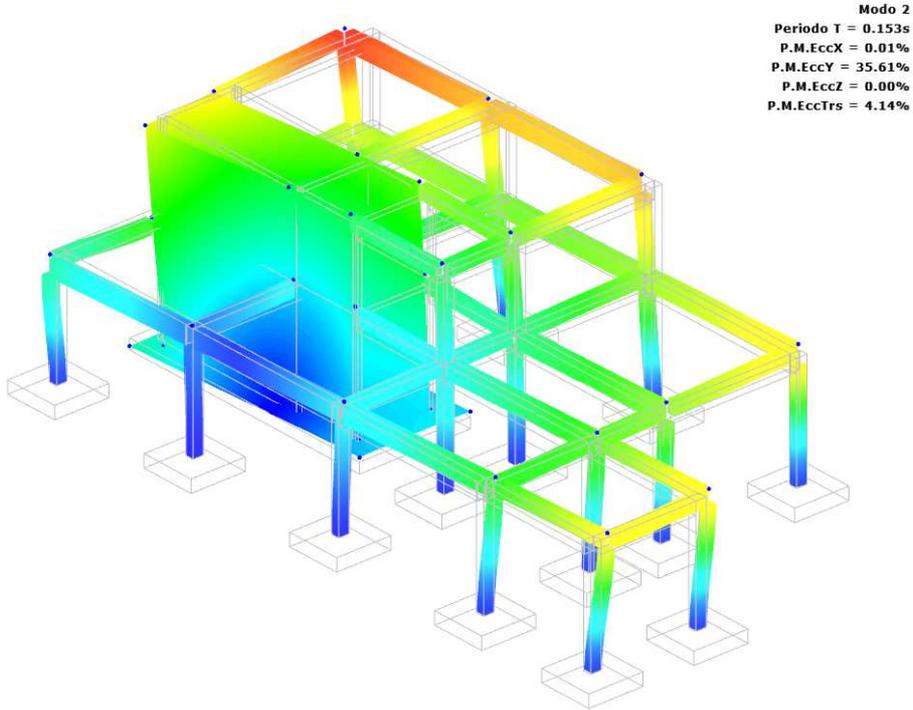


Figura 70: - Modo di vibrazione 2

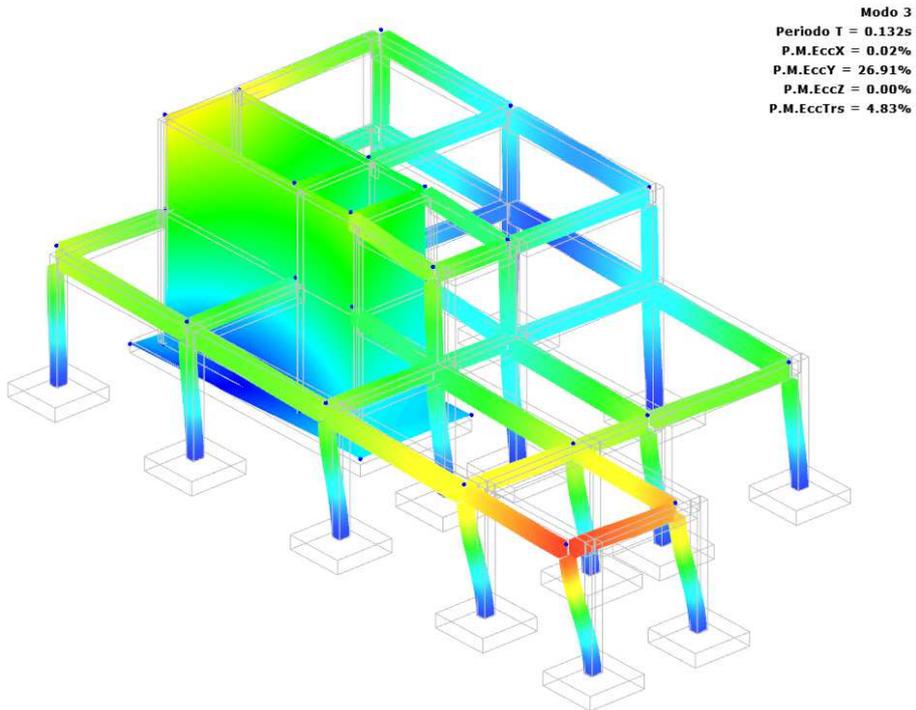


Figura 71: - Modo di vibrazione 3

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>201 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	201 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	201 di 275								

8.6.5 Spostamenti massimi

Si riportano di seguito i principali spostamenti risultanti dal sisma, per le due direzioni orizzontali ortogonali, relativamente alle combinazioni di carico allo SLU e allo SLD, espressi in centimetri

Di seguito le immagini riepilogative:

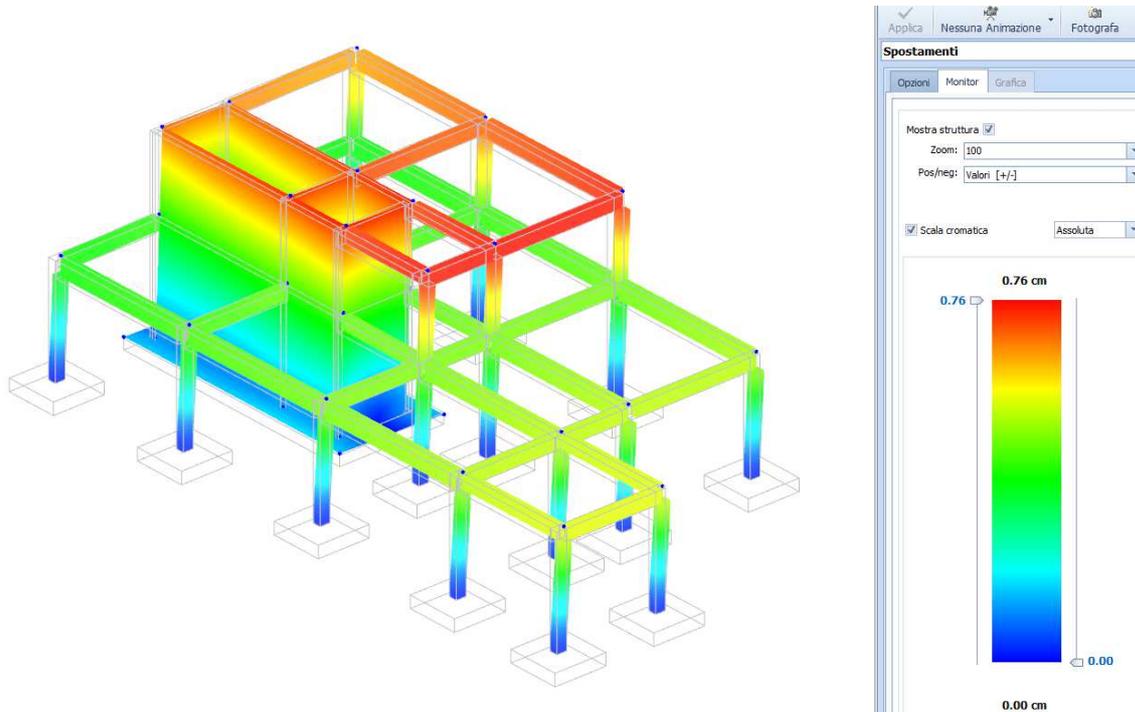


Figura 72: Spostamenti massimi allo SLU direzione X – 0.76cm

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>202 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	202 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	202 di 275								

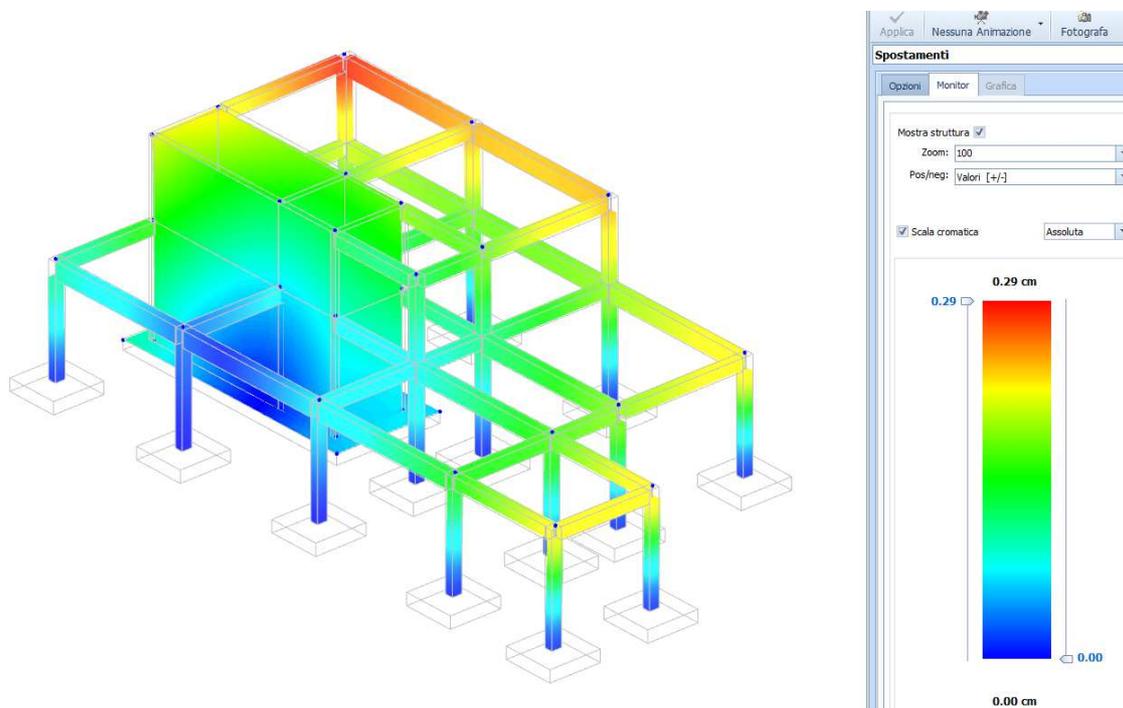


Figura 73: Spostamenti massimi allo SLU direzione Y – 0,29 cm

8.6.6 Deformazioni statiche

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di spostamenti degli elementi strutturali per soli carichi statici, estrapolati dal modello nella combinazione di carico con coefficienti moltiplicativi unitari. Gli spostamenti ottenuti si ritengono accettabili.

Deformazioni Ai Carichi Statici

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>203 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	203 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	203 di 275								

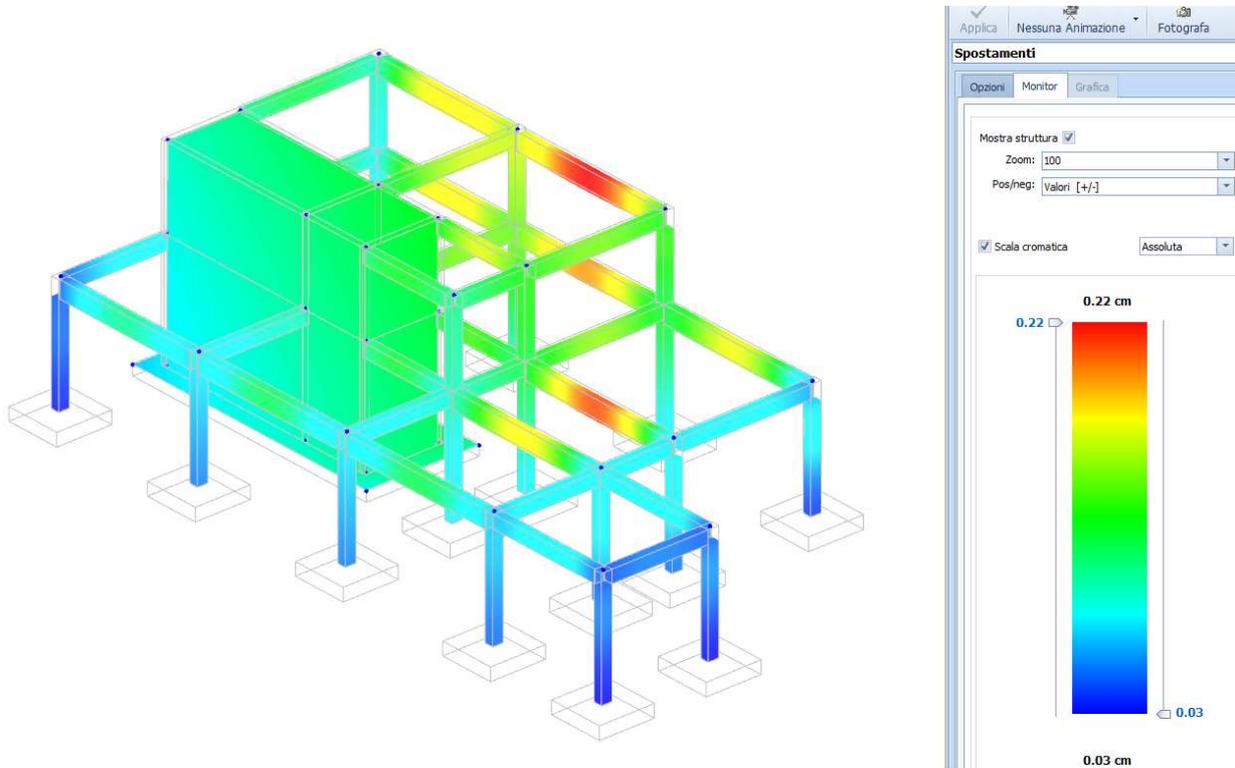


Figura 74: - Spostamenti della struttura per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari) – 0,34 cm

8.6.7 Sollecitazioni edificio

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni degli elementi strutturali per soli carichi statici, estrapolati dal modello nella combinazione di carico con coefficienti moltiplicativi unitari.

	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</p>												
<p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>204 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	204 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	204 di 275								

Sollecitazioni ai carichi statici

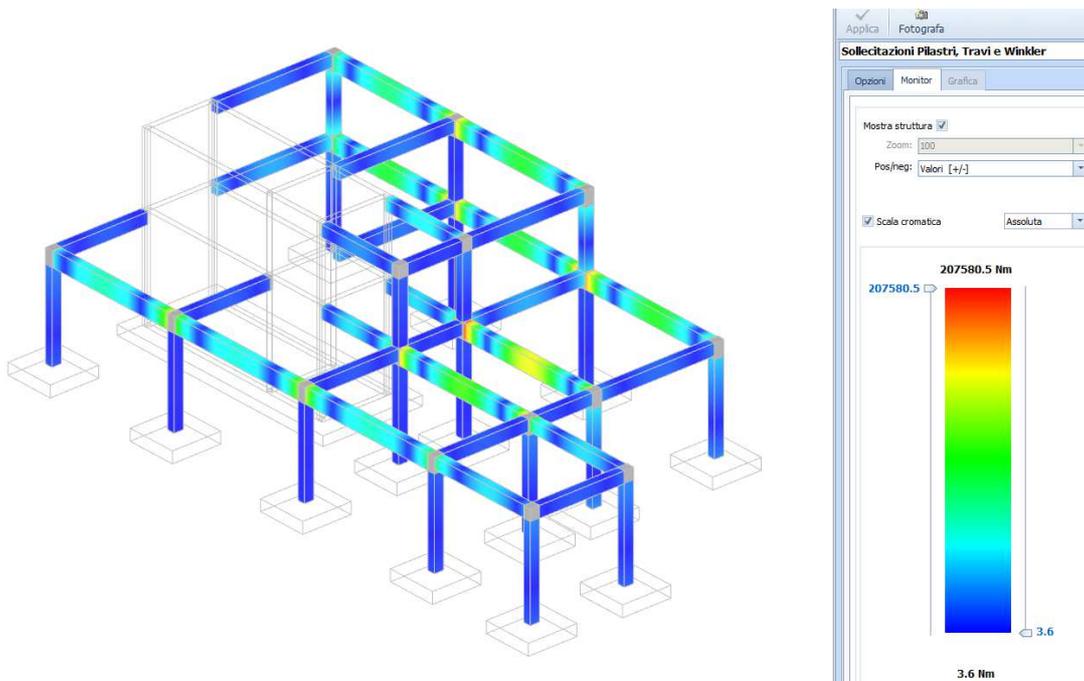
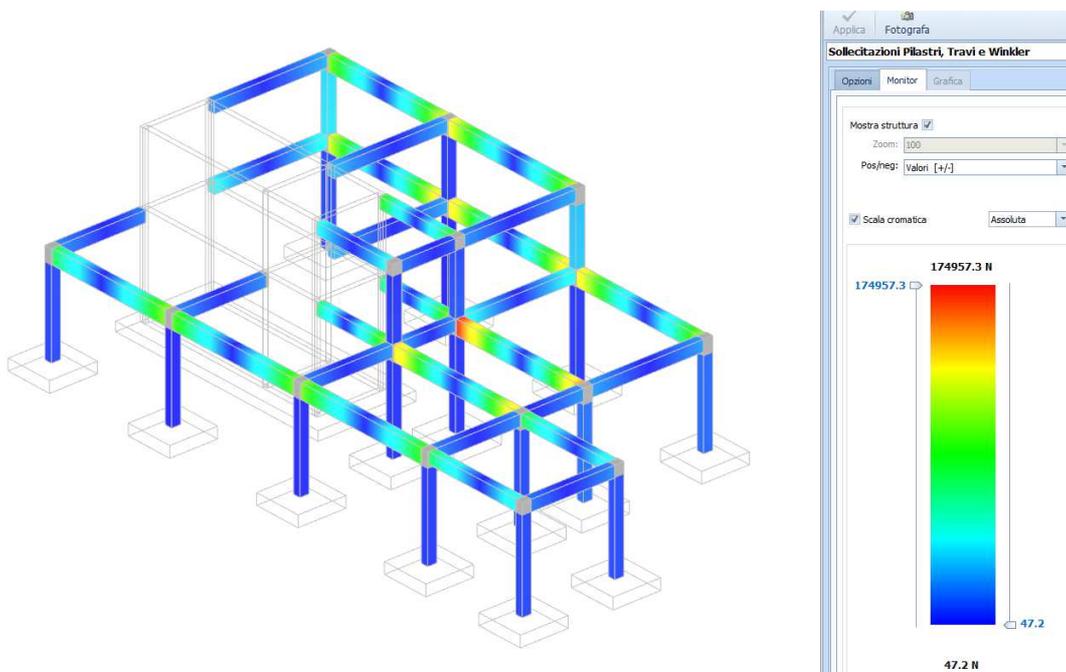


Figura 75: Momenti flettenti per carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)



	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>205 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	205 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	205 di 275								

Figura 76: 0 - Taglio per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

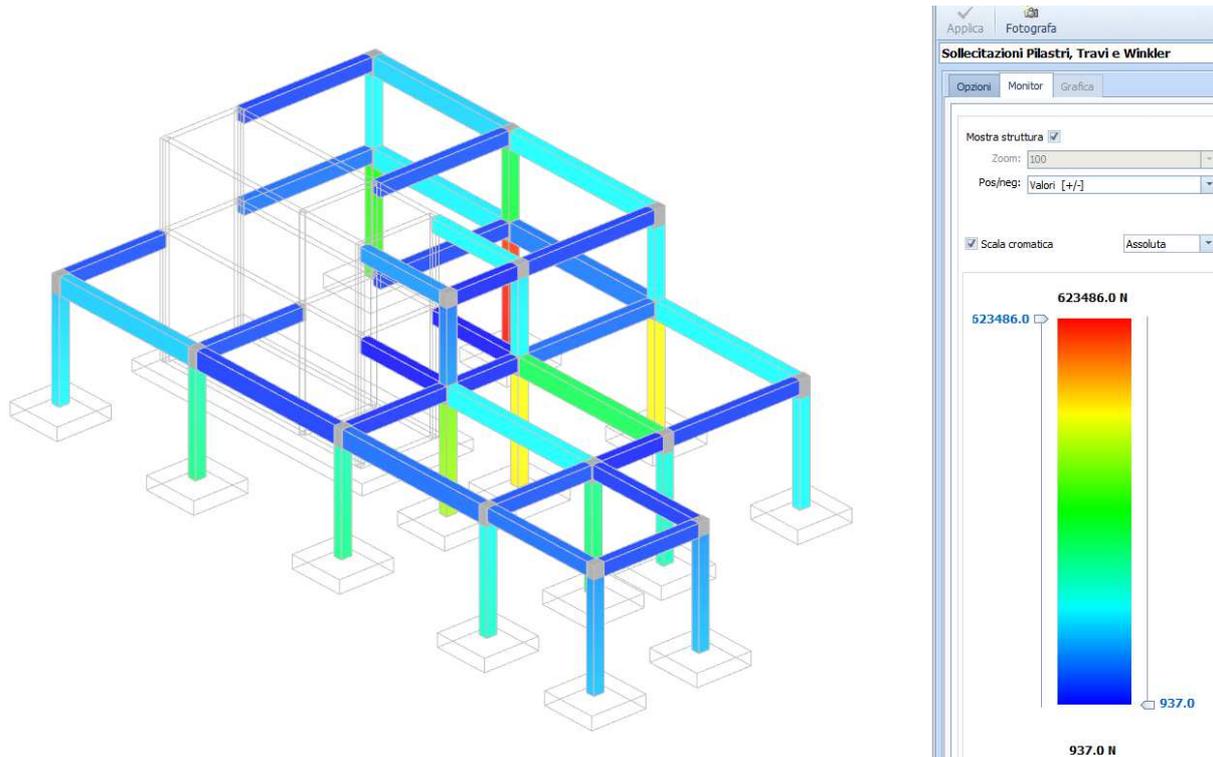


Figura 77: 0 - Sforzo normale per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni degli elementi strutturali per le combinazioni sismiche:

Sollecitazioni ai carichi per effetto del sisma

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	206 di 275

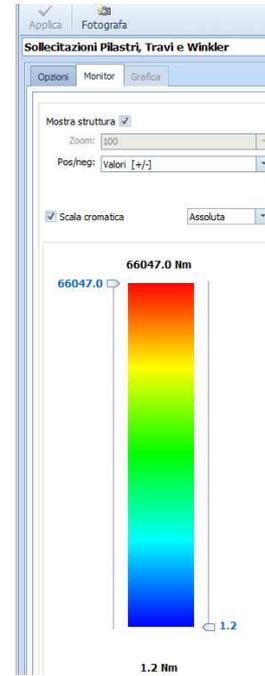
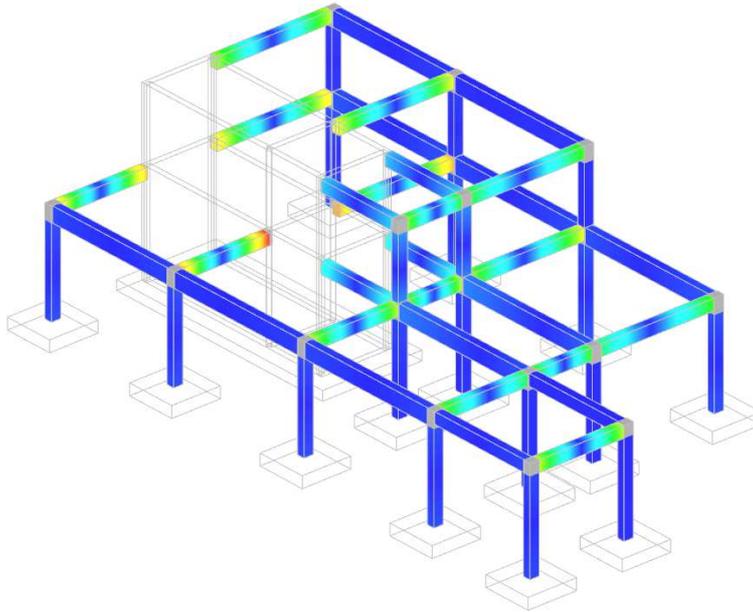


Figura 78: 0 - Momenti flettenti sisma X

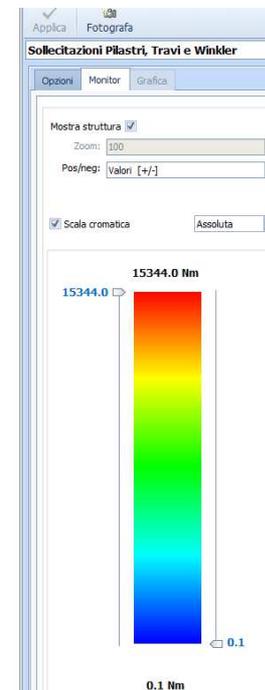
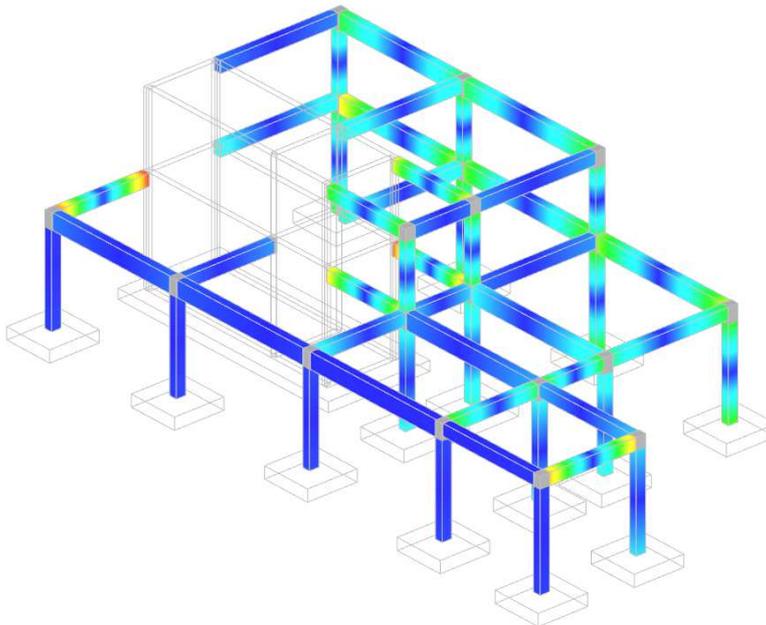


Figura 79: Momenti flettenti sisma Y

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	207 di 275

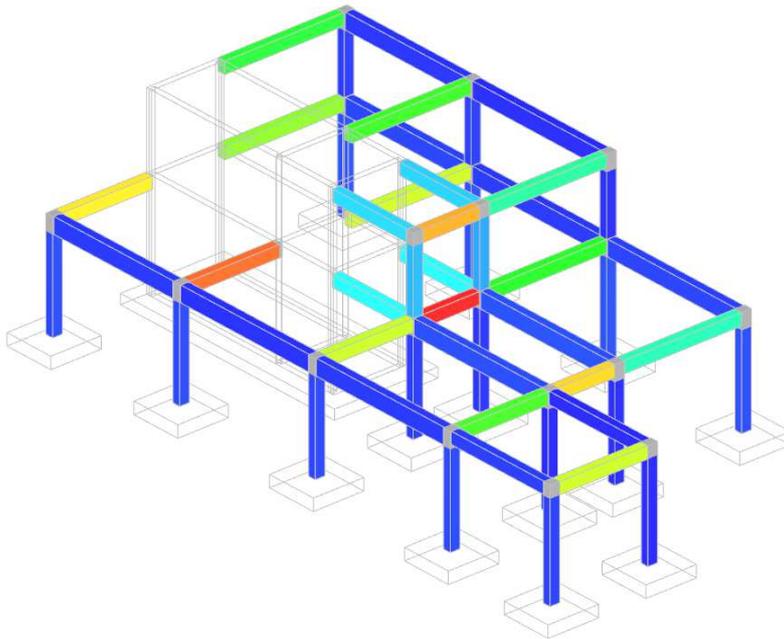


Figura 80: Taglio sisma X

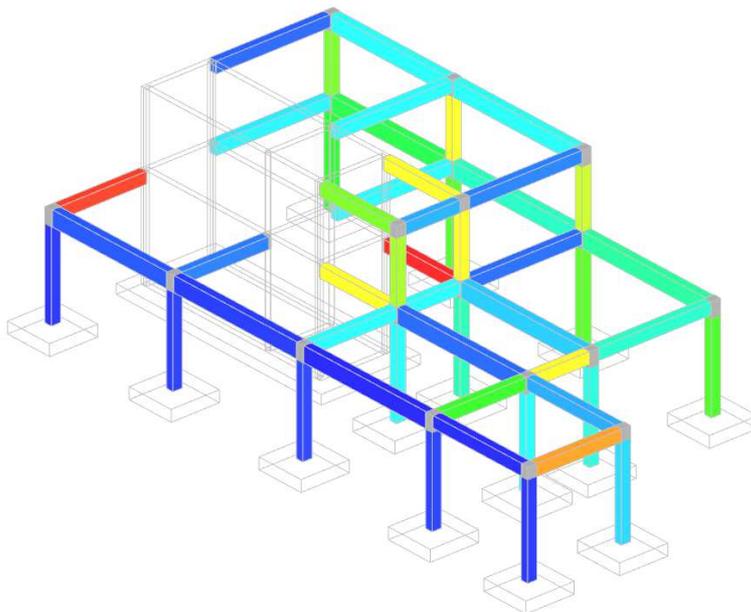
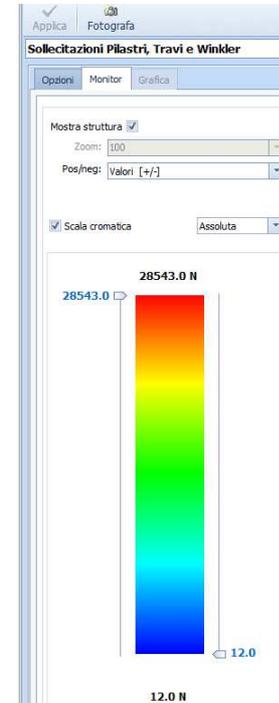
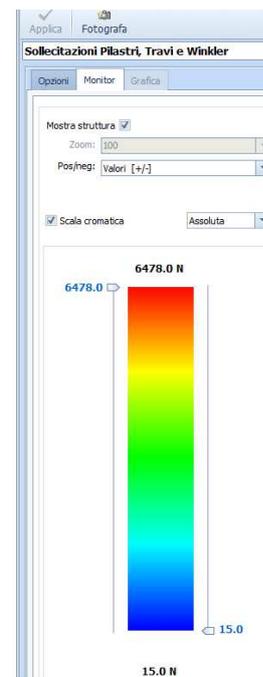


Figura 81: Taglio sisma Y



Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	208 di 275

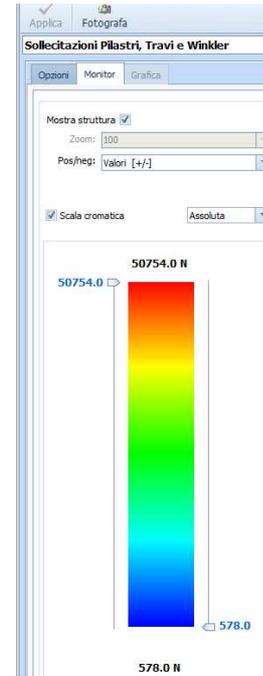
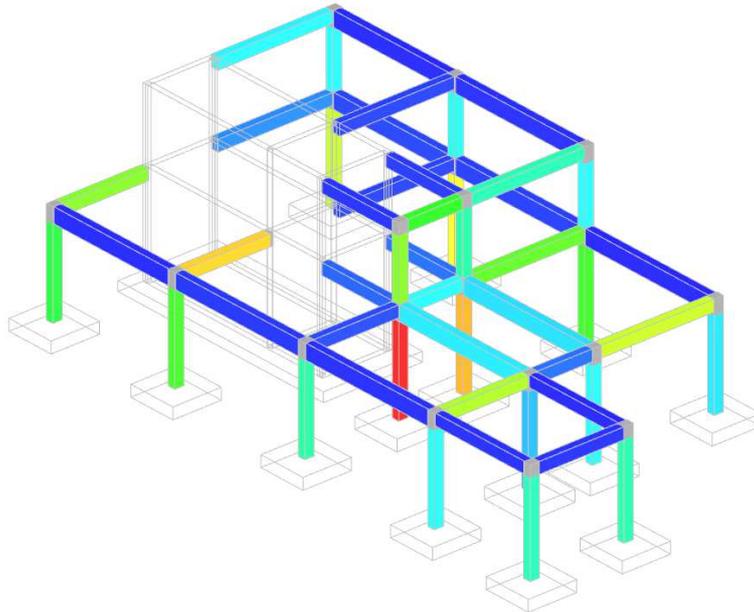


Figura 82: Sforzo normale sisma X

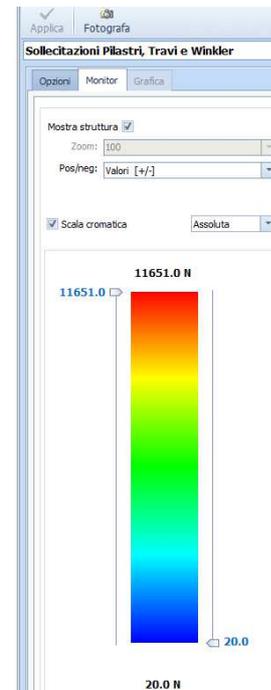
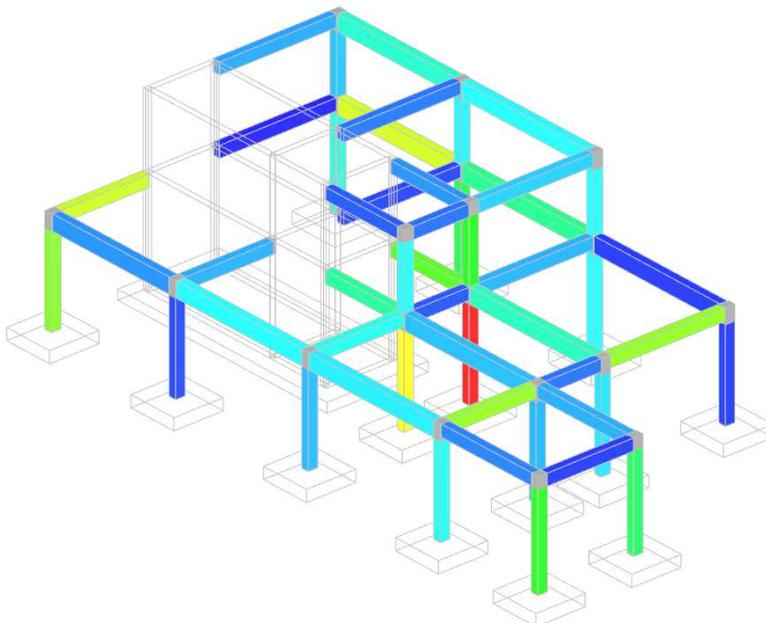
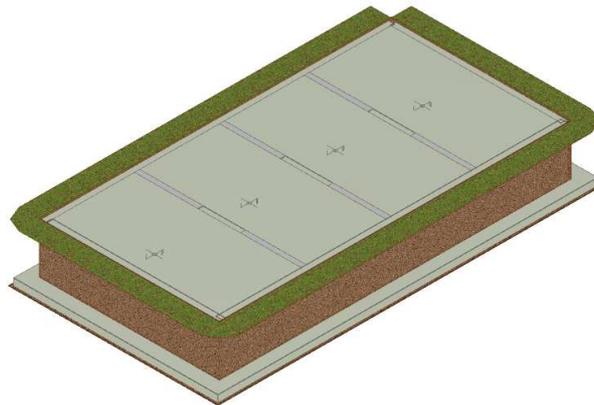


Figura 83: Sforzo normale sisma Y

	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</p>												
<p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>209 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	209 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	209 di 275								

8.6.8 Sollecitazioni Vasca interrata



Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni degli elementi strutturali per soli carichi statici, estrapolati dal modello nella combinazione di carico con coefficienti moltiplicativi unitari.

Sollecitazioni ai carichi statici

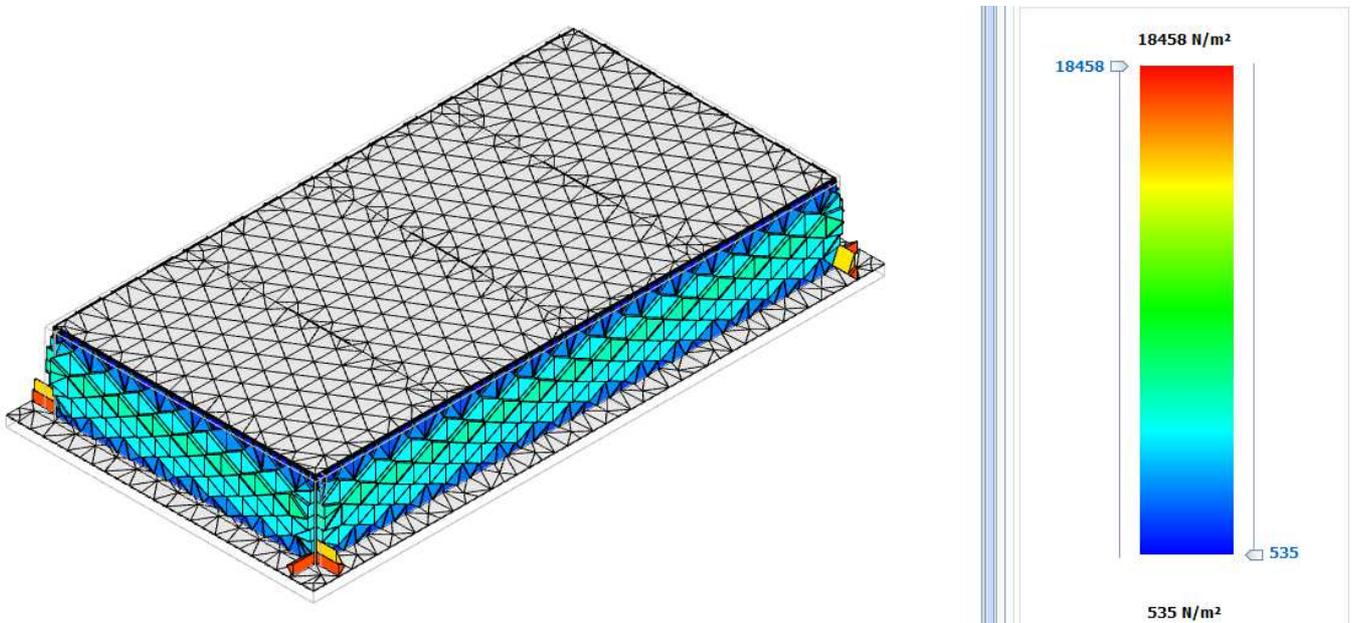


Figura 92 Spinte del terreno e idrostatiche

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	210 di 275

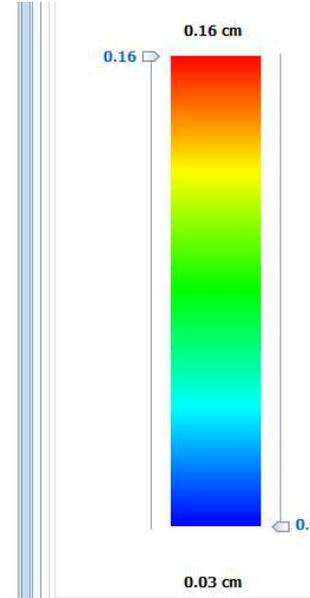
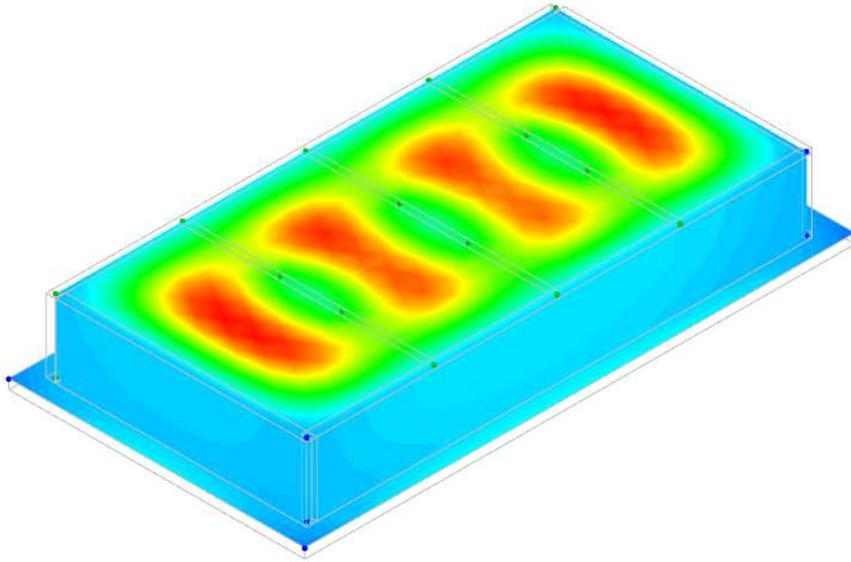
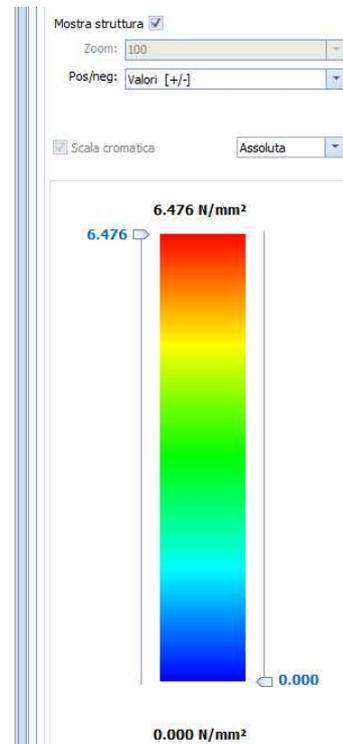
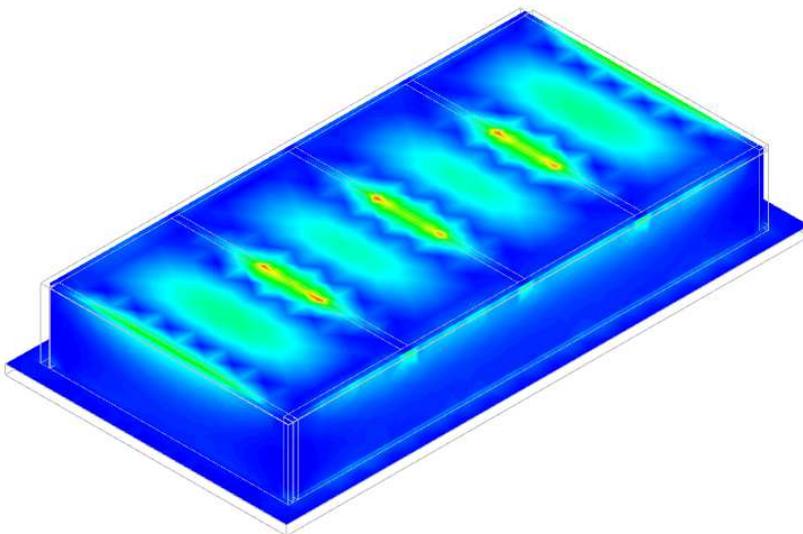


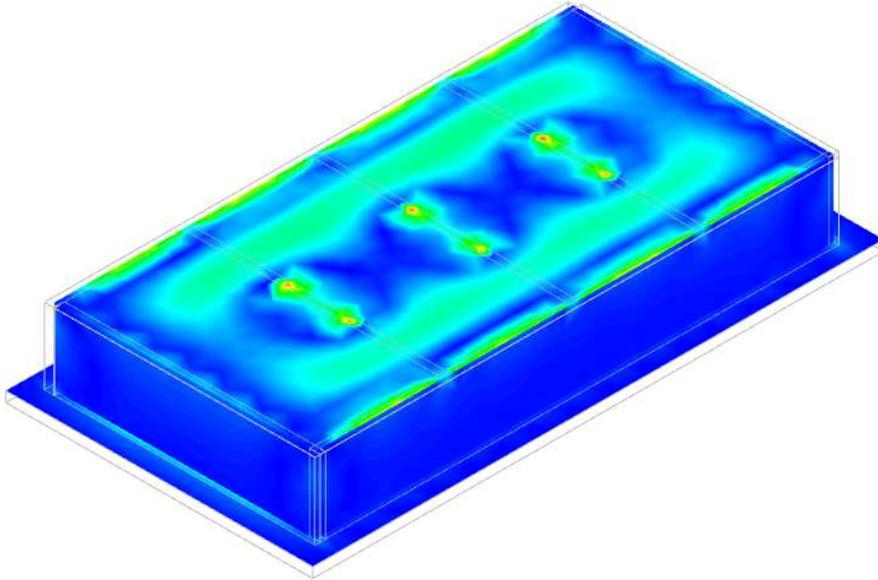
Figura 93 Spostamenti per carichi statici



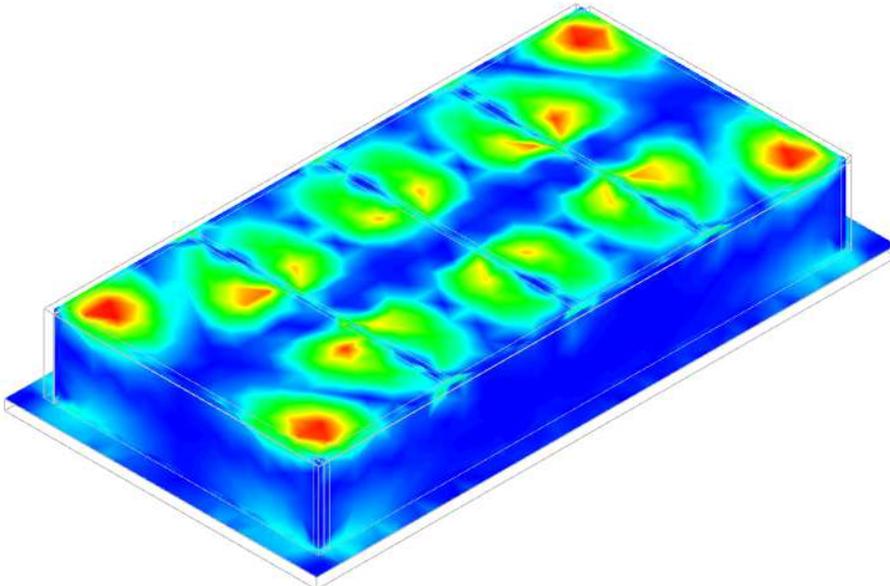
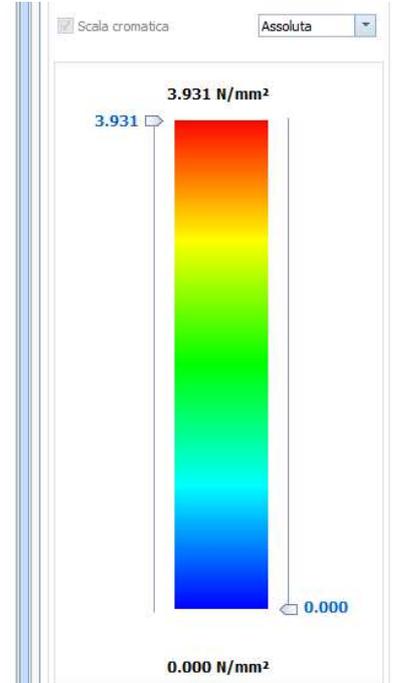
Tensioni normali in direzione 1

Relazione di calcolo strutturale

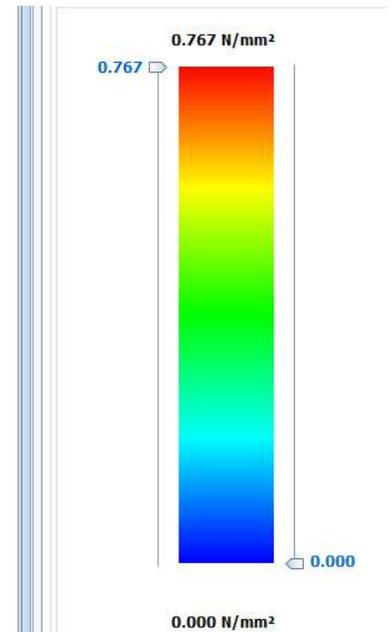
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	211 di 275



Tensioni normali in direzione 2



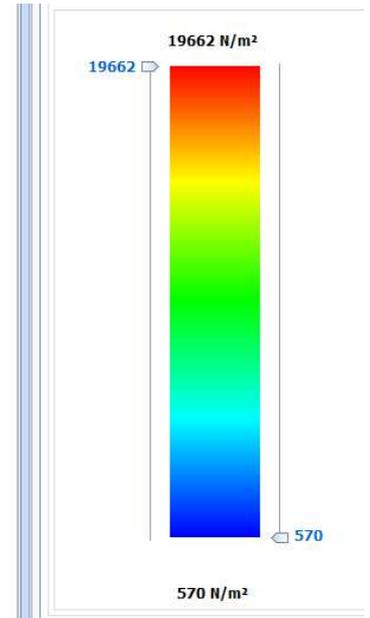
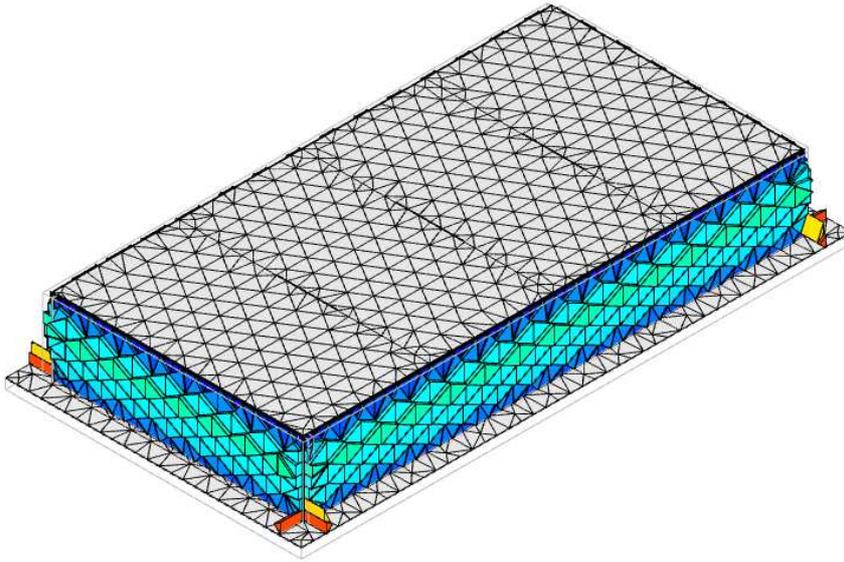
Tensioni tangenziali in direzione 1-2



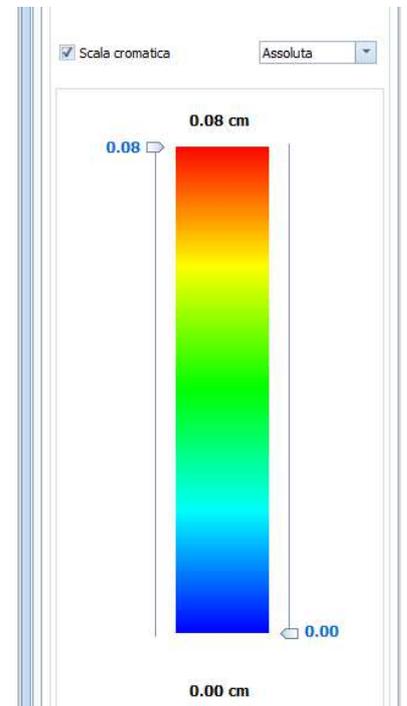
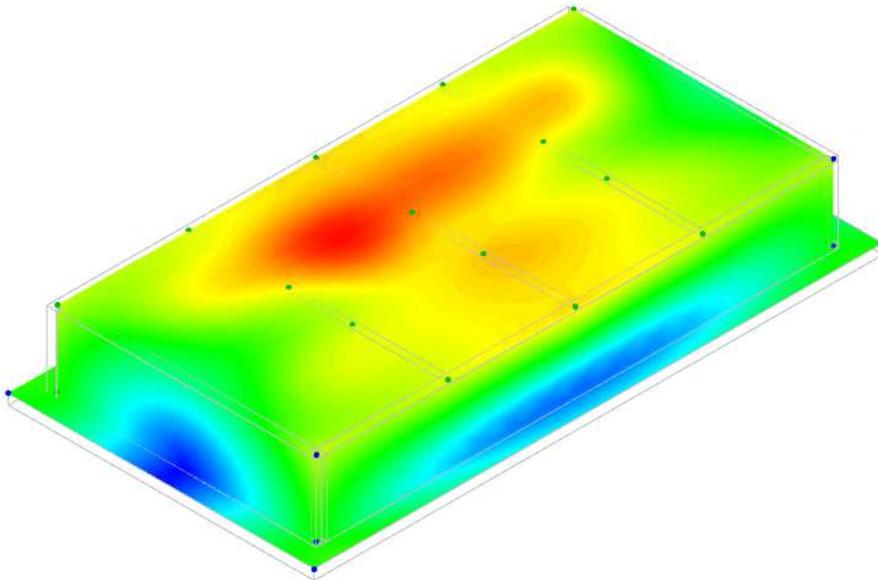
Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	212 di 275

Sollecitazioni ai carichi per effetto del sisma



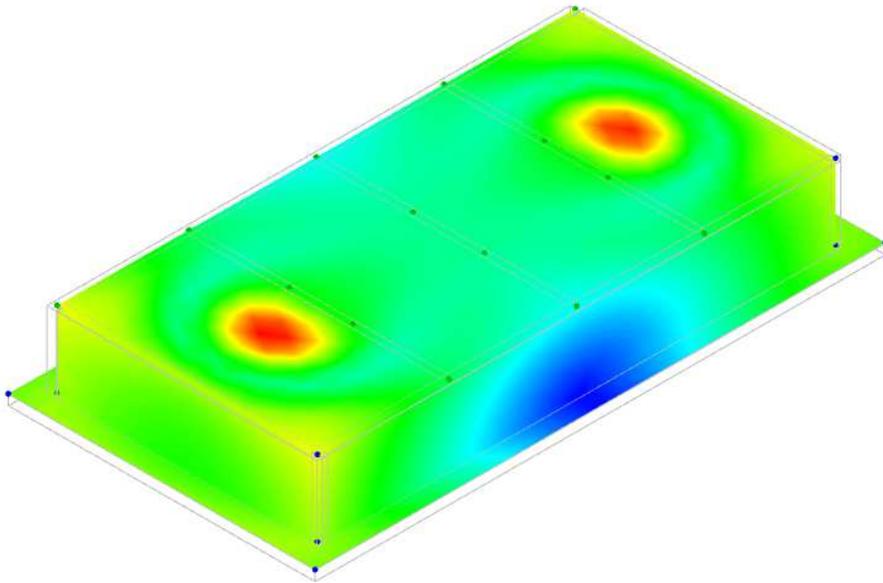
Spinte del terreno e idrostatiche



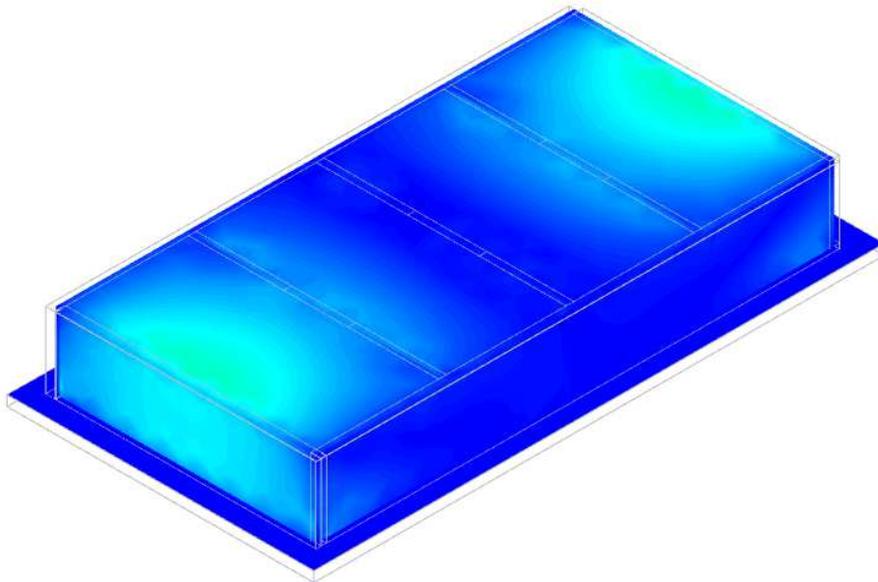
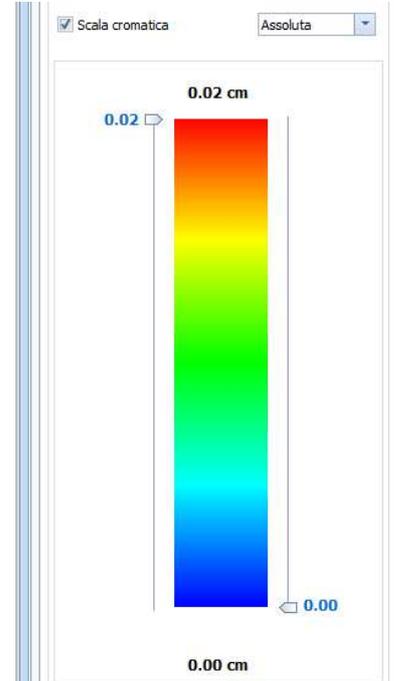
Spostamenti per sisma in direzione x

Relazione di calcolo strutturale

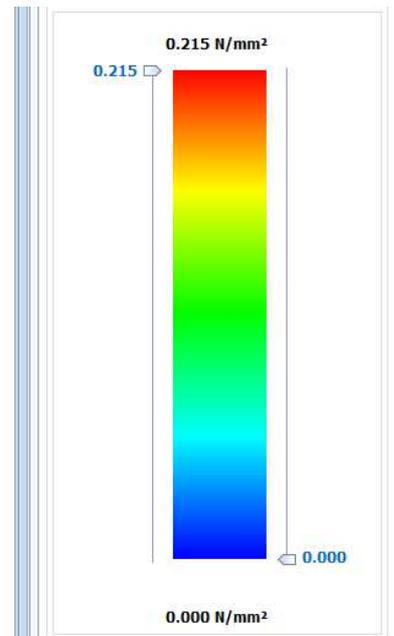
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	213 di 275



Spostamenti per sisma in direzione y

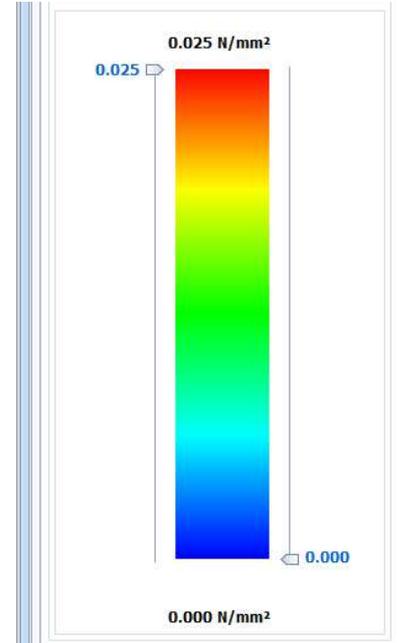
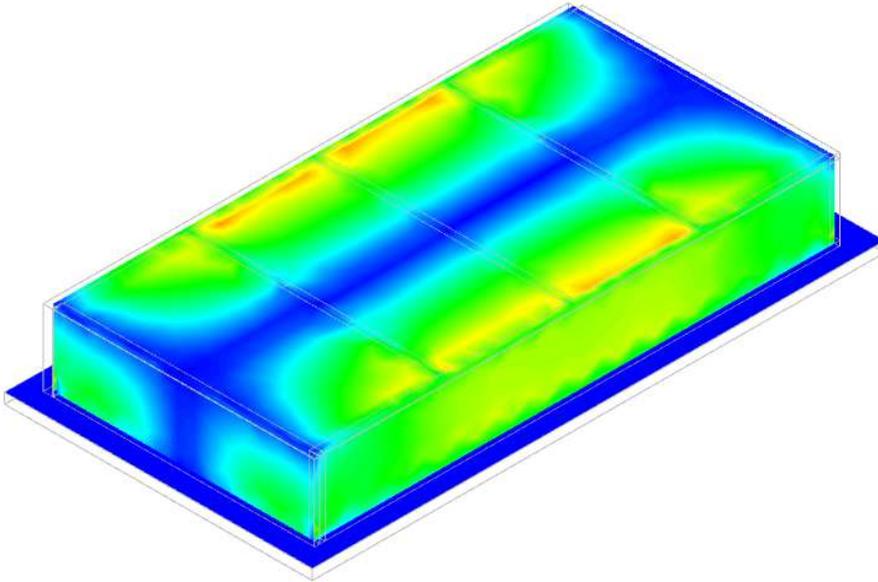


Tensioni tangenziali in direzione 1-2 per sisma in x - Lastra

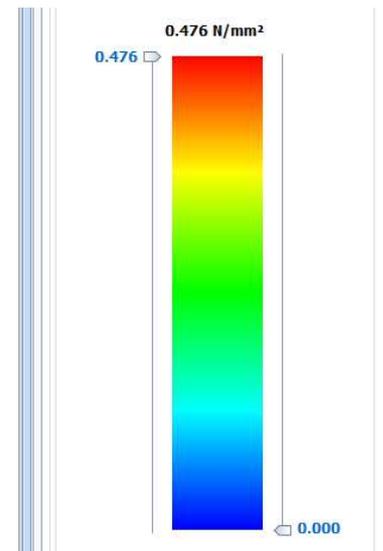
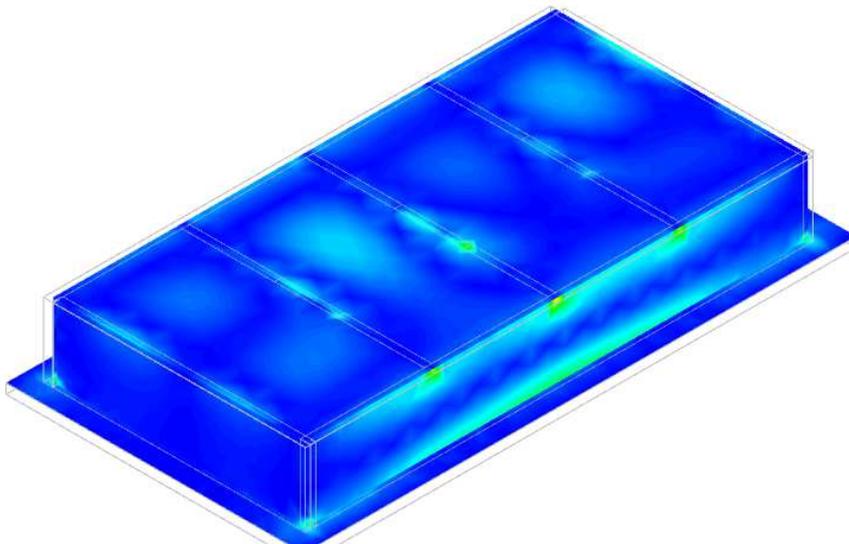


Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	214 di 275



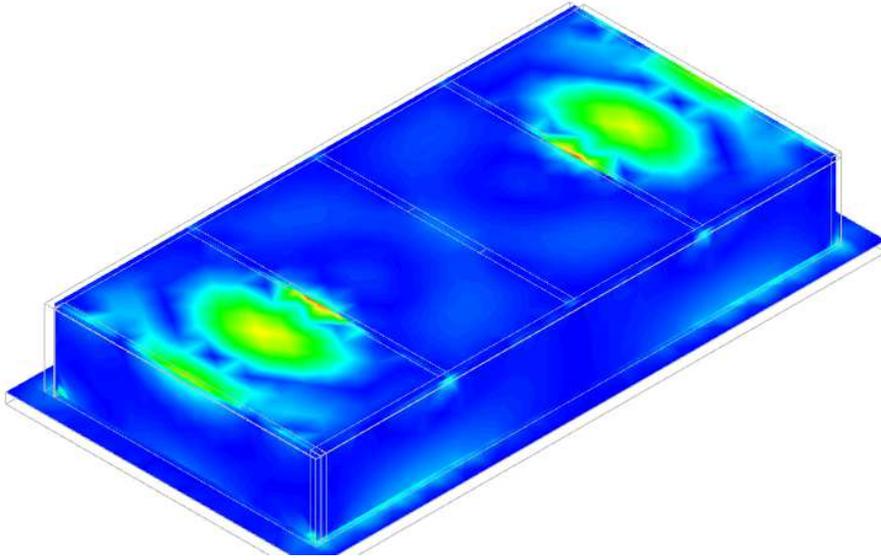
Tensioni tangenziali in direzione 1-2 per sisma in y – Lastra



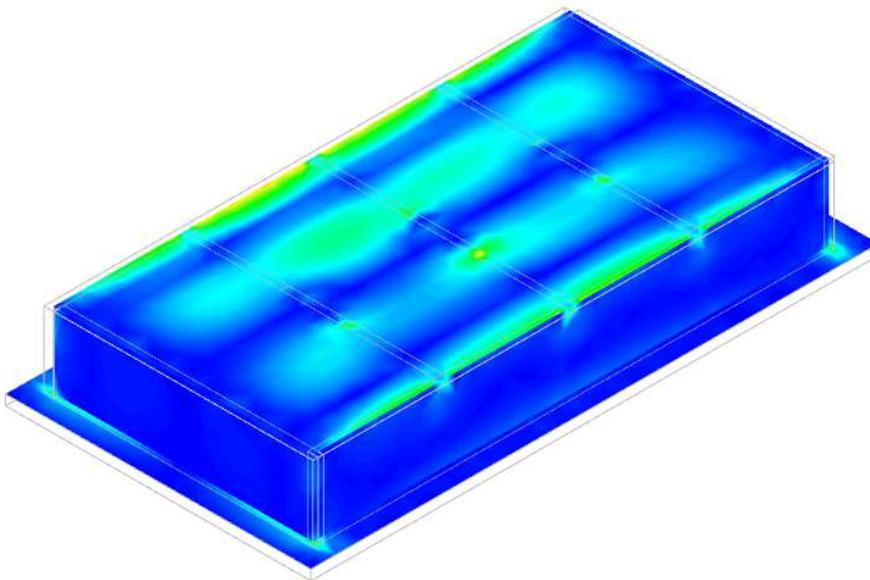
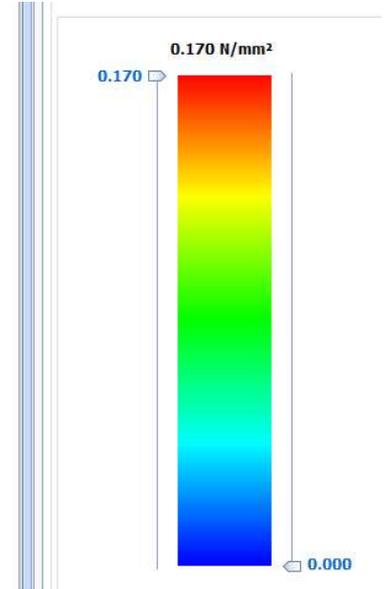
Tensioni normali in direzione 1 per sisma in x – Piastra

Relazione di calcolo strutturale

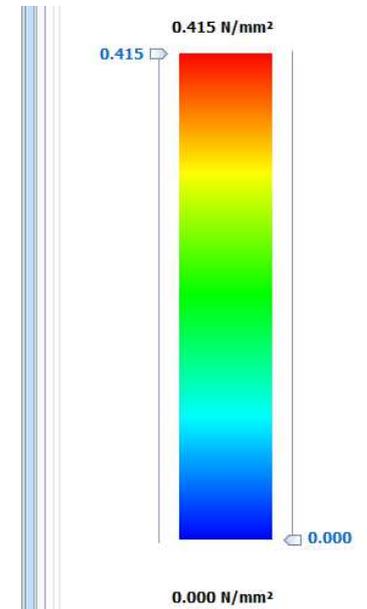
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	215 di 275



Tensioni normali in direzione 1 per sisma in y- Piastra

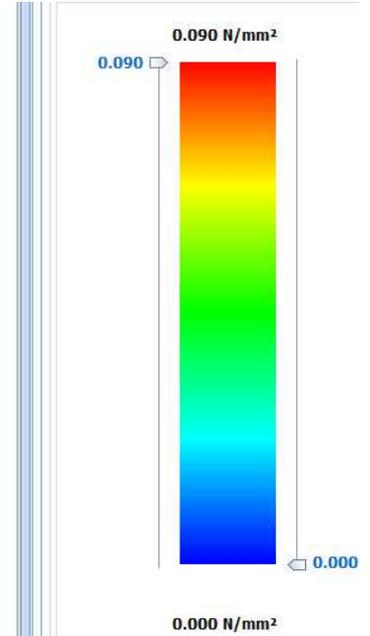
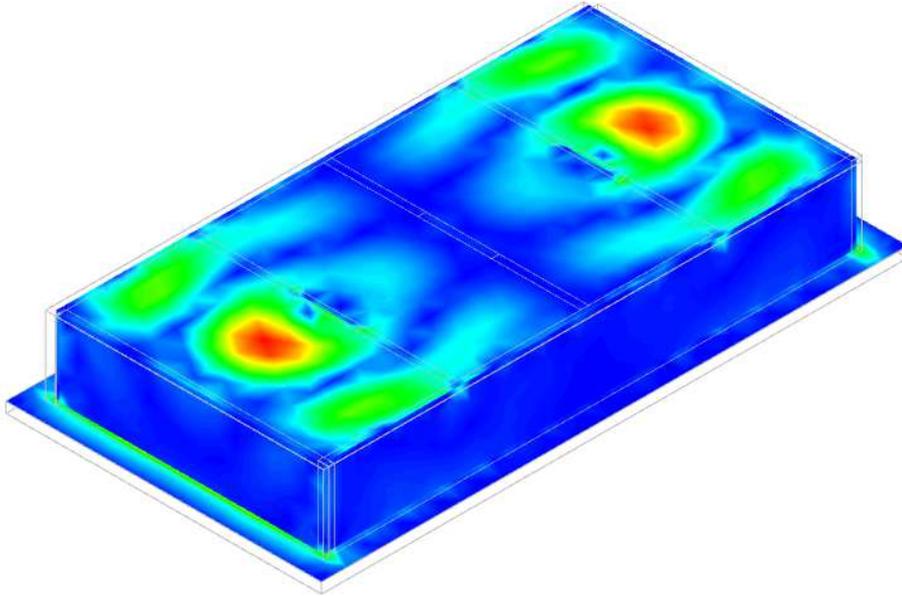


Tensioni normali in direzione 2 per sisma in x- Piastra

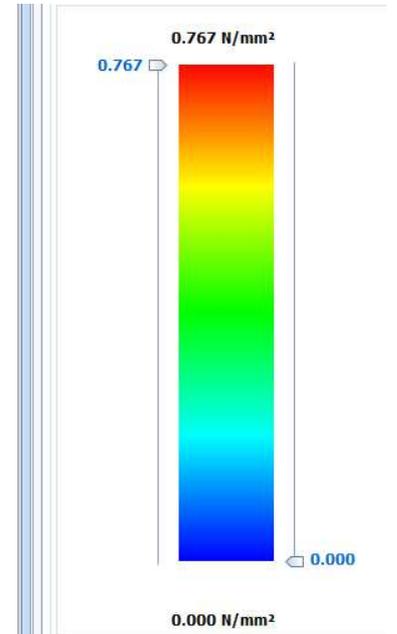
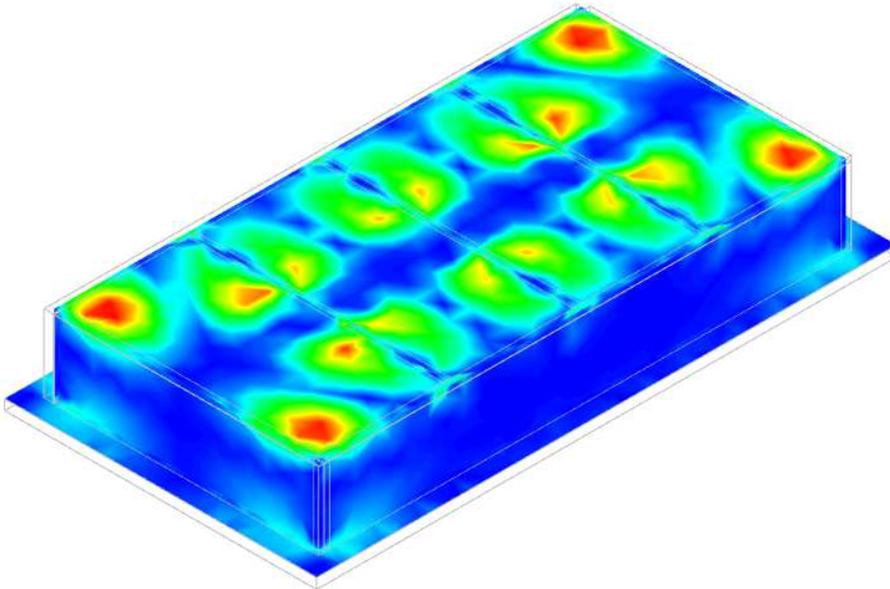


Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	216 di 275

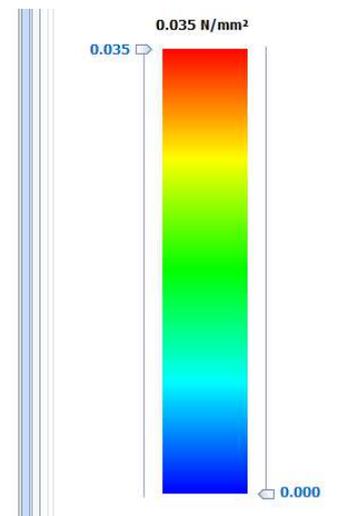
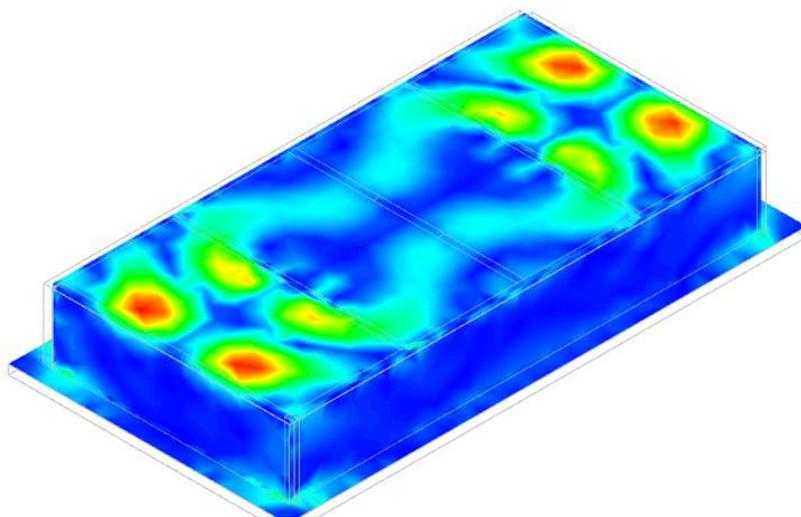


Tensioni normali in direzione 2 per sisma in y- Piastra



Tensioni tangenziali in direzione 1-2 sisma x

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 217 di 275



Tensioni tangenziali in direzione 1-2 sopra y

8.7 VERIFICHE STRUTTURALI

Di seguito si riportano le verifiche strutturali significative e rappresentative per ciascuno degli elementi (travi, pilastri), estrapolate dal modello di calcolo.

8.7.1 *Travi in elevazione*

I tabulati di calcolo di seguito descritti mostrano le verifiche eseguite dal software sugli elementi più sollecitati.

Per le travi in elevazione la travata più sollecitata è LA 11-18 centrale, di seguito descritta:

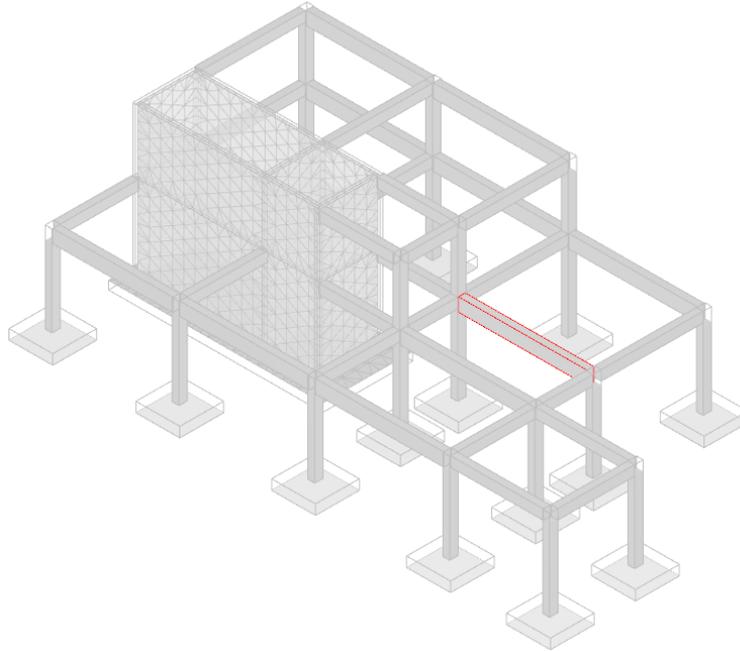


Figura 84: Trave in elevazione più sollecitata Travi 5-9

Come descritto nel documento “relazione tecnica descrittiva” le travi prefabbricate sono previste con un incastro al nodo con i pilastri mediante nodo ad umido; gli elementi saranno quindi modellati come incastrate alle estremità.

8.7.1.1 Travi - Verifiche Pressoflessione Retta Allo Slu

Travi (CA) - Verifiche pressoflessione retta allo SLU												
Id _{Tr}	%L _{LI}	N _{Ed,s}	M _{Ed,3,s}	N _{Ed,i}	M _{Ed,3,i}	A _{s,s}	A _{s,i}	CS _s	(X/d) _s	CS _i	(X/d) _i	R _f
	[%]	[N]	[N-m]	[N]	[N-m]	[cm ²]	[cm ²]					
Piano Terra												
Travata: Trave 5-9-P2												
Trave 5-9	0%	-374,623	183,440	-	-	12.57	10.18	1.18[V]	0.07	-	VNR	NO
	12.5%	-374,623	125,581	-374,457	82,184	12.57	10.18	1.73[V]	0.07	1.87[V]	0.06	NO
	25.0%	-	-	-374,457	165,877	12.57	12.57	-	VNR	1.31[V]	0.07	NO
	37.5%	-	-	-374,623	196,207	7.63	12.57	-	VNR	1.10[V]	0.06	NO
	50.0%	-	-	-374,623	194,949	7.63	12.57	-	VNR	1.11[V]	0.06	NO
	62.5%	-	-	-374,623	188,924	7.63	12.57	-	VNR	1.15[V]	0.06	NO
	75.0%	-373,696	33,552	-374,623	134,086	10.18	12.57	4.59[V]	0.06	1.62[V]	0.07	NO
	87.5%	-373,696	216,879	-374,623	25,865	15.87	10.18	1.41[V]	0.07	5.95[V]	0.07	NO
	100.0%	-373,696	282,097	-	-	15.87	10.18	1.08[V]	0.07	-	VNR	NO

LEGENDA:

Id_{Tr}	Identificativo della trave. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della travata al livello considerato.
%L_{LI}	Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L _{LI}), a partire dall'estremo iniziale.
N_{Ed,s} M_{Ed,3,s}	Sollecitazioni di progetto per armatura superiore (N _{Ed} > 0: compressione).
N_{Ed,i} M_{Ed,3,i}	Sollecitazioni di progetto per armatura inferiore (N _{Ed} > 0: compressione).
A_{s,s} A_{s,i}	Armatura a flessione superiore e inferiore.
(X/d)_s	Indice di duttilità superiore (VNR = Verifica non richiesta).

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services  ARCHITETTI ASSOCIATI	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO E21D 06 D 10 CL FA1403 002 C 219 di 275

Travi (CA) - Verifiche pressoflessione retta allo SLU

Id _{Tr}	%L _{LI}	N _{Ed,s}	M _{Ed,3,s}	N _{Ed,i}	M _{Ed,3,i}	A _{s,s}	A _{s,i}	CS _s	(X/d) _s	CS _i	(X/d) _i	R _f
	[%]	[N]	[N-m]	[N]	[N-m]	[cm ²]	[cm ²]					
(X/d)_i	Indice di duttilità inferiore (VNR = Verifica non richiesta).											
CS_s, CS_i	Coefficiente di sicurezza relativo alle sollecitazioni che tendono le fibre superiori e inferiori ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).											
R_f	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.											

8.7.1.2 Travi - Verifiche A Taglio Per Pressoflessione Retta Allo Slu

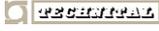
Travi (CA) - Verifiche a taglio per pressoflessione retta allo SLU

Id _{Tr}	%L _{LI}	+/-	V _{Ed,2}	CS	V _{Rcd}	V _{Rsd,s}	N _{Ed}	V _{Rsd,p}	V _{R1}	V _{Rd,f}	Ctg Θ	A _{sw}	A _{sw,p}	A _{s,Dg}	R _f
	[%]		[N]		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]		[cm ² /cm]	[cm ²]	[cm ²]	
Piano Terra												Travata: Trave 5-9-P2			
Trave 5-9	0%	+	211,730	3.58	757,777	1,340,216	0	0	0	0	2.50	0.20525	0.0000	0.0000	NO
		-	-	-	757,777	1,340,216	0	0	0	0	2.50	0.20525	0.0000	0.0000	NO
	12.5%	+	194,940	3.89	757,777	837,635	0	0	0	0	2.50	0.12828	0.0000	0.0000	NO
		-	-	-	757,777	837,635	0	0	0	0	2.50	0.12828	0.0000	0.0000	NO
	25.0%	+	138,810	5.46	757,777	837,635	0	0	0	0	2.50	0.12828	0.0000	0.0000	NO
		-	-	-	757,777	837,635	0	0	0	0	2.50	0.12828	0.0000	0.0000	NO
	37.5%	+	82,688	9.16	757,777	837,635	0	0	0	0	2.50	0.12828	0.0000	0.0000	NO
		-	-	-	757,777	837,635	0	0	0	0	2.50	0.12828	0.0000	0.0000	NO
	50.0%	+	26,556	28.54	757,777	837,635	0	0	0	0	2.50	0.12828	0.0000	0.0000	NO
		-	-52,422	14.46	757,777	837,635	0	0	0	0	2.50	0.12828	0.0000	0.0000	NO
	62.5%	+	-	-	757,777	837,635	0	0	0	0	2.50	0.12828	0.0000	0.0000	NO
		-	-108,548	6.98	757,777	837,635	0	0	0	0	2.50	0.12828	0.0000	0.0000	NO
	75.0%	+	-	-	757,777	837,635	0	0	0	0	2.50	0.12828	0.0000	0.0000	NO
		-	-164,675	4.60	757,777	837,635	0	0	0	0	2.50	0.12828	0.0000	0.0000	NO
	87.5%	+	-	-	757,777	837,635	0	0	0	0	2.50	0.12828	0.0000	0.0000	NO
		-	-220,802	3.43	757,777	837,635	0	0	0	0	2.50	0.12828	0.0000	0.0000	NO
	100.0%	+	-	-	757,777	1,340,216	0	0	0	0	2.50	0.20525	0.0000	0.0000	NO
		-	-237,597	3.19	757,777	1,340,216	0	0	0	0	2.50	0.20525	0.0000	0.0000	NO

LEGENDA:

Id_{Tr}	Identificativo della trave. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della travata al livello considerato.
%L_{LI}	Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L _{LI}), a partire dall'estremo iniziale.
+/-	[+] = sollecitazione massima; [-] = sollecitazione minima.
V_{Ed,2}	Taglio di progetto in direzione 2.
CS	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
V_{Rcd}	Resistenza a taglio compressione del calcestruzzo.
V_{Rsd,s}	Resistenza a taglio trazione delle staffe.
N_{Ed}	Sforzo Normale medio nella sezione di verifica.
V_{Rsd,p}	Resistenza a taglio trazione dei ferri piegati.
V_{R1}	Resistenza a taglio in assenza di armatura incrociata.
V_{Rd,f}	Resistenza a taglio dovuta al rinforzo FRP.
CtgΘ	Cotangente dell'angolo Θ utilizzata nella verifica.
A_{sw}	Area delle staffe per unità di lunghezza.
A_{sw,p}	Area dei ferri piegati.
A_{s,Dg}	Area di ferri incrociati nelle zone critiche.
R_f	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

8.7.1.3 Travi - Verifiche Delle Tensioni Di Esercizio (Elevazione)



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

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	220 di 275

%LLI T _{prnf}	Compressione calcestruzzo								Trazione acciaio							
	Compressione calcestruzzo rinforzo								Trazione acciaio/FRP rinforzo							
	IdCmb	σ _{cc}	σ _{cd,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato	IdCmb	σ _{at}	σ _{td,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato
[%]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N-m]	[N-m]				[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N-m]	[N-m]		
Piano Terra																
Trave: Trave 5-9									Travata: Trave 5-9-P2							
0%	RAR	2.474	17.43	-	135,141	-	7.04	SI	RAR	265.303	360.00	-	134,972	-	1.35	SI
	QPR	2.183	13.07	274,712	119,500	-	5.98	SI				275,383				
25.0%	RAR	0.779	17.43	-	-83,133	-	22.36	SI	RAR	31.389	360.00	-	-83,133	-	11.46	SI
	QPR	0.687	13.07	275,273	-73,376	-	19.04	SI				275,273				
50.0%	RAR	2.849	17.43	-	-	-	6.11	SI	RAR	275.073	360.00	-	-	-	1.30	SI
	QPR	2.521	13.07	274,712	143,415	-	5.18	SI				275,383	143,533			
75.0%	RAR	0.120	17.43	-	-46,725	-	NS	SI	RAR	22.950	360.00	-	-46,818	-	15.68	SI
	QPR	0.105	13.07	274,712	-41,367	-	NS	SI				275,383				
100.0%	RAR	4.393	17.43	-	207,785	-	3.96	SI	RAR	277.144	360.00	-	207,751	-	1.29	SI
	QPR	3.874	13.07	274,499	183,518	-	3.37	SI				275,273				

LEGENDA:

- %L_{LI}** Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{LI}), a partire dall'estremo iniziale.
- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- FRC** Spostamento massimo (freccia) dell'elemento, valutata in combinazione Caratteristica (RARA).
- IdCmb** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ_{cc}** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo.
- σ_{cd,amm}** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- N_{Ed}, M_{Ed,3}, M_{Ed,2}** Sollecitazioni di progetto.
- σ_{at}** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ_{td,amm}** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (= σ_{cd,amm}/σ_{cc} ; σ_{td,amm}/σ_{at}). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).
- Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta (σ_{cc} ≤ σ_{cd,amm} ; σ_{at} ≤ σ_{td,amm}). [NO] = La verifica NON è soddisfatta (σ_{cc} > σ_{cd,amm} ; σ_{at} > σ_{td,amm}).

8.7.1.4 Travi - Verifica Allo Stato Limite Di Fessurazione (Elevazione)

Travi - verifica allo stato limite di fessurazione														
%LLI	IdCmb	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	σ _{ct,f}	σ _t	ε _{sm}	A _e	Δ _{sm}	W _d	W _{amm}	CS	Verificato	
[%]		[N]	[N-m]	[N-m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[cm ²]	[mm]	[mm]	[mm]			
Piano Terra														
Trave: Trave 5-9														
Travata: Trave 5-9-P2														
AA= PCA														
0%	FRQ	-251,422	123,360	-	3.03	2.36	8.6856 E-04	584	314	0.273	0.400	1.46	SI	
	QPR	-243,483	119,500	-	2.94	2.36	8.3231 E-04	584	314	0.262	0.300	1.15	SI	
12.5%	FRQ	-251,422	5,827	-	0.82	2.36	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI	
	QPR	-243,483	5,656	-	0.79	2.36	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI	
25.0%	FRQ	-251,422	-75,765	-	2.11	2.36	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI	
	QPR	-243,483	-73,376	-	2.05	2.36	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI	

Travi - verifica allo stato limite di fessurazione

%L _{Lt}	Id _{Cmb}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	σ _{ct,f}	σ _t	ε _{sm}	A _e	Δ _{sm}	W _d	W _{amm}	CS	Verificato
[%]		[N]	[N-m]	[N-m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[cm ²]	[mm]	[mm]	[mm]		
37.5%	FRQ	-251,422	-121,413	-	3.03	2.36	8.5778 E-04	584	314	0.270	0.400	1.48	SI
	QPR	-243,483	-117,592	-	2.94	2.36	8.2175 E-04	584	314	0.258	0.300	1.16	SI
50.0%	FRQ	-251,422	-131,118	-	3.22	2.36	9.1073 E-04	584	314	0.286	0.400	1.40	SI
	QPR	-243,483	-126,995	-	3.12	2.36	8.7304 E-04	584	314	0.274	0.300	1.09	SI
62.5%	FRQ	-251,422	-104,886	-	2.72	2.36	7.6809 E-04	584	314	0.241	0.400	1.66	SI
	QPR	-243,483	-101,589	-	2.63	2.36	7.349 E-04	584	314	0.231	0.300	1.30	SI
75.0%	FRQ	-251,422	-42,709	-	1.51	2.36	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI
	QPR	-243,483	-41,367	-	1.47	2.36	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI
87.5%	FRQ	-251,422	55,411	-	1.71	2.36	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI
	QPR	-243,483	53,669	-	1.65	2.36	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI
100.0%	FRQ	-251,422	189,474	-	4.14	2.36	9.7073 E-04	584	284	0.275	0.400	1.45	SI
	QPR	-243,483	183,518	-	4.01	2.36	9.3282 E-04	584	284	0.265	0.300	1.13	SI

LEGENDA:

%L_{Lt}	Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L _{Lt}), a partire dall'estremo iniziale.
FRC	Spostamento massimo (freccia) dell'elemento, valutata in combinazione Caratteristica (RARA).
AA	Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
Id_{Cmb}	Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
N_{Ed}, M_{Ed,3}, M_{Ed,2}	Sollecitazioni di progetto.
σ_{ct,f}	Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ _t la sezione è soggetta a fessurazione. N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione.
σ_t	Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].
ε_{sm}	Deformazione unitaria media delle barre di armatura.
A_e	Area efficace del calcestruzzo teso.
Δ_{sm}	Distanza media tra le fessure.
W_d	Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.
W_{amm}	Valore ammissibile di apertura delle fessure.
CS	Coefficiente di Sicurezza (=W _d / W _{amm}). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W _d = 0).
Verificato	[SI] = W _d ≤ W _{amm} ; [NO] = W _d > W _{amm}

8.8 PILASTRI

Si riportano di seguito le verifiche strutturali eseguite sul pilastro 9, il più sollecitato, visualizzato in rosso nella Figura seguente, rappresentative di quelle eseguite sui pilastri della struttura

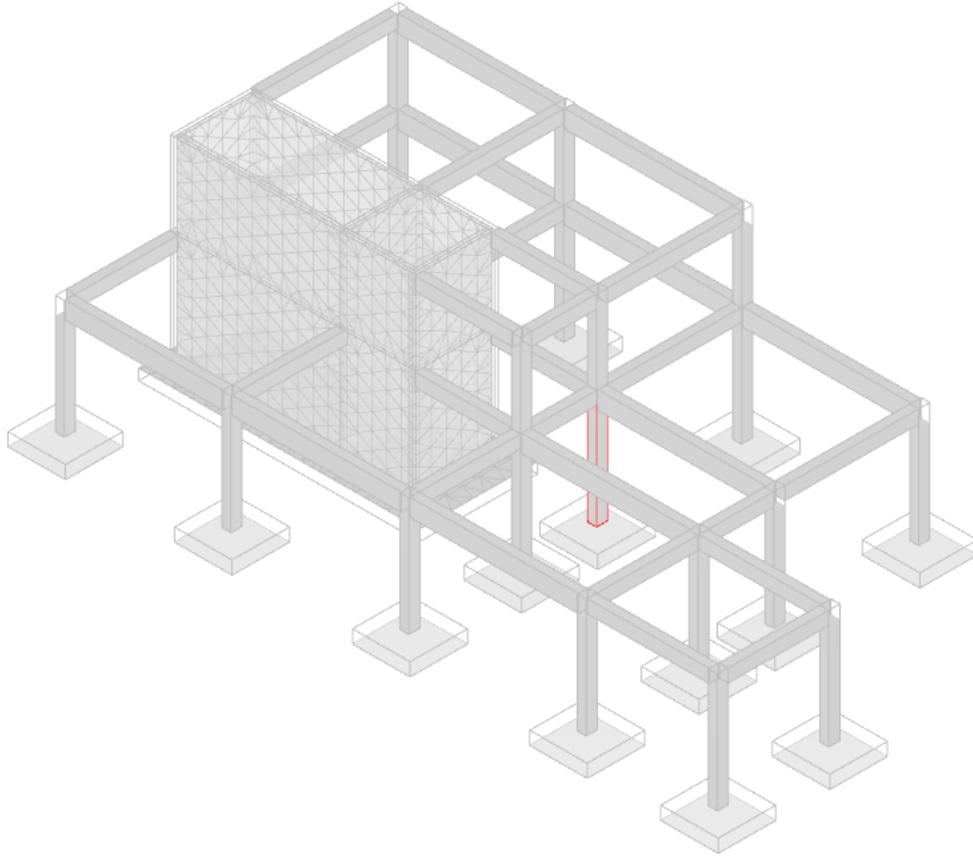


Figura 85: Pilastrato 9

8.8.1 Pilastrati (Ca) - Verifiche Pressoflessione Deviata Allo Slu

Pilastrati (CA) - Verifiche pressoflessione deviata allo SLU

Lv	N _{Ed}	M _{Ed,X}	M _{Ed,Y}	CS	M _{Rd,X}	M _{Rd,Y}	N _{Ed,max}	N _R	α	R _f	φ _{ve}	φ _{vi}	φ _w	Lato 1				Lato 2			
														L	n _{re} _g	n _f	φ	L	n _{re} _g	n _f	φ
	[N]	[N-m]	[N-m]		[N-m]	[N-m]	[N]	[N]			[m m]	[m m]	[m m]	[cm]			[m m]	[cm]			[m m]
Pilastrato: Pilastrato 9																					
Piano Terra	409,020	40	37,829	4.68[S]	163,3 33	177,2 71	508,976	2,995,191	1.00	NO	20	-	16	40	1	0	20	50	1	1	20
MEZZANINO	82,428	25,560	-49,564	3.27[S]	120,8 28	127,9 30	145,096	2,995,191	1.59	NO	20	-	16	40	1	0	20	50	1	1	20

LEGENDA:
Lv Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale.

CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

N_{Ed,max} Massimo sforzo di compressione.

N_R Sforzo Normale resistente.

α Esponente per la valutazione del coefficiente di sicurezza.

R_f [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services  ARCHITETTI ASSOCIATI	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO E21D 06 D 10 CL FA1403 002 C 224 di 275

Pilastri - verifiche delle tensioni di esercizio

Lv	T _{prnf}	Compressione calcestruzzo							Trazione acciaio								
		Compressione calcestruzzo rinforzo							Trazione acciaio/FRP rinforzo								
		Id _{Cmb}	σ _{cc}	σ _{cd,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato	Id _{Cmb}	σ _{at}	σ _{td,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato
			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N-m]	[N-m]				[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N-m]	[N-m]		
		RAR	2.017	14.94	113,496	-16,634	9,368	7.40	SI	RAR	9.477	360.00	104,624	-15,127	11,157	37.98	SI
		QPR	1.749	11.21	104,049	-15,274	6,635	6.40	SI								

LEGENDA:

- Lv** Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti del pilastro al livello considerato.
- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- Id_{Cmb}** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ_{cc}** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo.
- σ_{cd,amm}** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- N_{Ed}, M_{Ed,3}, M_{Ed,2}** Sollecitazioni di progetto.
- σ_{at}** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ_{td,amm}** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (= σ_{cd,amm}/σ_{cc} ; σ_{td,amm}/σ_{at}). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).
- Verificato** [SI] = σ_{cc} ≤ σ_{cd,amm}; σ_{at} ≤ σ_{td,amm}. [NO] = σ_{cc} > σ_{cd,amm}; σ_{at} > σ_{td,amm}.

8.8.4 Pilastri - Verifica Allo Stato Limite Di Fessurazione (Elevazione)

Pilastri - verifica allo stato limite di fessurazione

Lv	Id _{Cmb}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	σ _{ct,f}	σ _t	ε _{sm}	A _e	Δ _{sm}	W _d	W _{amm}	CS	Verificato
		[N]	[N-m]	[N-m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[cm ²]	[mm]	[mm]	[mm]		
Pilastrata: Pilastrata 9													
Piano Terra													
				AA= PCA									
-	FRQ	430,408	6,256	4,363	-1.27	2.13	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI
-	QPR	431,253	6,212	3,778	-1.31	2.13	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI
MEZZANINO													
				AA= PCA									
-	FRQ	103,609	-15,125	7,538	0.88	2.13	0 E+00	0	0	0.000	0.400	-	SI
-	QPR	104,049	-15,274	6,635	0.84	2.13	0 E+00	0	0	0.000	0.300	-	SI

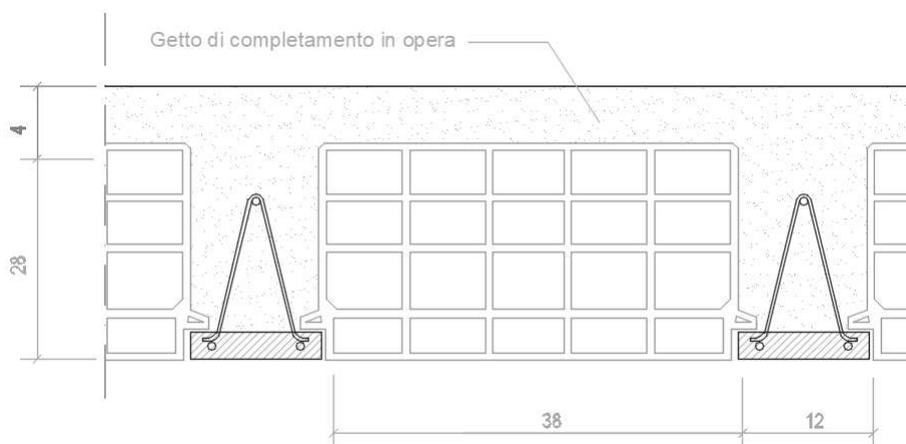
LEGENDA:

- Lv** Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti del pilastro al livello considerato.
- AA** Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
- Id_{Cmb}** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- N_{Ed}, M_{Ed,3}, M_{Ed,2}** Sollecitazioni di progetto.
- σ_{ct,f}** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ_t la sezione è soggetta a fessurazione.
N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione.
- σ_t** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].
- ε_{sm}** Deformazione unitaria media delle barre di armatura.
- A_e** Area efficace del calcestruzzo teso.
- Δ_{sm}** Distanza media tra le fessure.
- W_d** Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.
- W_{amm}** Valore ammissibile di apertura delle fessure.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (= W_d / W_{amm}). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W_d = 0).
- Verificato** [SI] = W_d ≤ W_{amm}; [NO] = W_d > W_{amm}

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
	Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C

8.9 SOLAIO

È previsto un solaio laterocementizio realizzato in opera, di altezza 32cm, con pignatte 28x38cm e travetti di spessore di 12cm. Viene inoltre realizzato il piano rigido con una caldana di 4cm di spessore. Viene riportata di seguito la sezione del solaio e le relative verifiche.



Solai (Ca)- Verifiche Allo Slu (Elevazione)

Id _{cmp}	%o _{LLI} [%]	M _{Ed,X,s} [N·m]	M _{Ed,X,i} [N·m]	A _{s,s} [cm ²]	Solai (CA)- Verifiche allo SLU		
					A _{s,i} [cm ²]	CS _s	CS _i
Piano Terra					Sezione: Solai 1.1		
Travetto 1-2	0%	8,044	4,610	1.13	0.00	1.60	-
	12.5%	-	8,945	1.13	0.00	-	-
	25.0%	-	11,582	0.00	0.00	-	-
	37.5%	-	12,511	0.00	0.00	-	-
	50.0%	-	12,516	0.00	0.00	-	-
	62.5%	-	11,592	0.00	0.00	-	-
	75.0%	-	8,969	1.13	0.00	-	-
	87.5%	3,666	4,637	1.13	0.00	3.39	-
	100.0%	8,044	450	1.13	0.00	1.60	-
Travetto 2-3	0%	8,938	-	1.13	0.00	1.44	-
	12.5%	8,059	-	1.13	0.00	1.54	-
	25.0%	7,757	-	1.13	0.00	1.60	-
	37.5%	8,602	-	1.13	0.00	1.44	-
	50.0%	9,800	4,962	1.13	0.00	1.27	-
	62.5%	11,352	-	1.13	0.00	1.09	-
	75.0%	13,254	-	1.92	0.00	1.54	-
	87.5%	15,819	-	1.92	0.00	1.29	-
	100.0%	17,051	-	1.92	0.00	1.27	-
Travetto 3-4	0%	15,805	-	1.92	0.00	1.37	-
	12.5%	7,127	2,204	1.92	0.00	2.86	-
	25.0%	-	10,704	1.13	0.00	-	-
	37.5%	-	16,216	0.00	0.00	-	-

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	226 di 275

Solai (CA) - Verifiche allo SLU

Id _{cmp}	%L _{LI}	M _{Ed,X,s}	M _{Ed,X,i}	A _{s,s}	A _{s,i}	CS _s	CS _i
	[%]	[N-m]	[N-m]	[cm ²]	[cm ²]		
	50.0%	-	18,744	0.00	0.00	-	-
	62.5%	-	18,917	0.00	0.00	-	-
	75.0%	-	17,535	0.00	0.00	-	-
	87.5%	-	13,169	1.54	0.00	-	-
	100.0%	13,548	5,816	1.54	0.00	1.29	-

LEGENDA:

- %L_{LI}** Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{LI}), a partire dall'estremo iniziale.
- M_{Ed,X,s}** Momento di progetto intorno ad X che tende le fibre superiori.
- M_{Ed,X,i}** Momento di progetto intorno ad X che tende le fibre inferiori.
- CS_s** Coefficiente di sicurezza relativo alle sollecitazioni che tendono le fibre superiori ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta).
- CS_i** Coefficiente di sicurezza relativo alle sollecitazioni che tendono le fibre inferiori ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta).
- A_{s,s}, A_{s,i}** Armatura a flessione superiore e inferiore.

Solai (Ca) - Verifiche A Taglio Allo Slu (Elevazione)
Solai (CA) - Verifiche a taglio allo SLU

Id _{cmp}	%L _{LI}	V _{Ed,Y⁽⁺⁾}	V _{Ed,Y⁽⁻⁾}	CS ⁽⁺⁾	CS ⁽⁻⁾	V _{Rd⁽⁺⁾}	V _{Rd⁽⁻⁾}	N _{Ed⁽⁺⁾}	N _{Ed⁽⁻⁾}	V _{Rsd,p⁽⁺⁾}	V _{Rsd,p⁽⁻⁾}	A _{sw,p⁽⁺⁾}	A _{sw,p⁽⁻⁾}
	[%]	[N]	[N]			[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[cm ² /cm]	[cm ² /cm]
Piano Terra													
Sezione: Solai 1.1													
Travetto 1-2	0%	10,348	-	6.13	-	63428	63428	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	12.5%	7,412	-	2.05	-	15223	15223	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	25.0%	4,478	-	3.40	-	15223	15223	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	37.5%	1,542	-	9.87	-	15223	15223	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	50.0%	-	-2,089	-	7.29	15223	15223	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	62.5%	-	-5,025	-	3.03	15223	15223	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	75.0%	-	-7,959	-	1.91	15223	15223	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	87.5%	-	-10,897	-	1.40	15223	15223	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	100.0%	-	-13,829	-	4.59	63428	63428	0	0	0	0	0.0000	0.0000
Travetto 2-3	0%	8,900	-989	7.13	64.13	63428	63428	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	12.5%	6,983	-1,916	2.21	8.07	15462	15462	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	25.0%	5,068	-2,842	3.05	5.44	15462	15462	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	37.5%	3,154	-3,769	4.90	4.10	15462	15462	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	50.0%	1,238	-4,696	12.49	3.29	15462	15462	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	62.5%	482	-6,544	32.08	2.36	15462	15462	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	75.0%	-	-8,458	-	2.18	18434	18434	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	87.5%	-	-10,373	-	1.78	18434	18434	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	100.0%	-	-12,289	-	5.16	63428	63428	0	0	0	0	0.0000	0.0000
Travetto 3-4	0%	18,551	-	3.42	-	63428	63428	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	12.5%	14,665	-	1.26	-	18434	18434	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	25.0%	10,782	-	1.41	-	15223	15223	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	37.5%	6,898	-	2.21	-	15223	15223	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	50.0%	3,013	-	5.05	-	15223	15223	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	62.5%	-	-1,196	-	12.73	15223	15223	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	75.0%	-	-5,082	-	3.00	15223	15223	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	87.5%	-	-8,966	-	1.70	15223	15223	0	0	0	0	0.0000	0.0000
	100.0%	-	-12,849	-	4.94	63428	63428	0	0	0	0	0.0000	0.0000

LEGENDA:

- Id_{cmp}** Identificativo della campata.
- %L_{LI}** Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{LI}), a partire dall'estremo iniziale.
- V_{Ed,Y^(+/-)}** Valori massimo e minimo del taglio di progetto.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services  ARCHITETTI ASSOCIATI	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>227 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	227 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	227 di 275								

Solai (CA) - Verifiche a taglio allo SLU

IdCmp	%LLI	V _{Ed,Y} ⁽⁺⁾	V _{Ed,Y} ⁽⁻⁾	CS ⁽⁺⁾	CS ⁽⁻⁾	V _{Rd} ⁽⁺⁾	V _{Rd} ⁽⁻⁾	N _{Ed} ⁽⁺⁾	N _{Ed} ⁽⁻⁾	V _{Rsd,p} ⁽⁺⁾	V _{Rsd,p} ⁽⁻⁾	A _{sw,p} ⁽⁺⁾	A _{sw,p} ⁽⁻⁾
	[%]	[N]	[N]			[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[cm ² /cm]	[cm ² /cm]
CS^(+/-)	Coefficienti di sicurezza relativi alle sollecitazioni "V _{Ed,Y} ⁽⁺⁾ " e "V _{Ed,Y} ⁽⁻⁾ " ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100).												
V_{Rd}⁽⁺⁾, V_{Rd}⁽⁻⁾	Valori massimo e minimo del taglio ultimo, per conglomerato compresso.												
N_{Ed}^(+/-)	Sforzo Normale medio nella Sezione di Verifica.												
V_{Rsd,p}⁽⁺⁾, V_{Rsd,p}⁽⁻⁾	Contributi dell'acciaio al taglio ultimo dovuti ai ferri piegati, relativi alle sollecitazioni "V _{Ed,Y} ⁽⁺⁾ " e "V _{Ed,Y} ⁽⁻⁾ ".												
A_{sw,p}⁽⁺⁾, A_{sw,p}⁽⁻⁾	Aree dei ferri piegati.												

8.10 PENSILINA

8.10.1 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

Si considerano sulla struttura le azioni elementari elencate di seguito:

- peso proprio della struttura e della costruzione;
- sovraccarichi permanenti;
- sovraccarichi accidentali: carico dovuto all'azione della neve e del vento; carico dovuto alla sola manutenzione della copertura;
- variazioni termiche;

Per il calcolo dell'azione eccezionale del sisma si rimanda alla successiva analisi sismica della struttura.

8.10.1.1 Peso Proprio Degli Elementi Strutturali G1

I pesi propri strutturali sono calcolati in automatico dal programma di calcolo strutturale sulla base degli input parametrici delle caratteristiche dei materiali utilizzati. Il peso specifico dell'acciaio è assunto pari a 78,5kN/m³.

8.10.1.2 Sovraccarichi Permanenti G2

Solaio di Copertura – Tettoia in carpenteria metallica. - Carichi permanenti non strutturali

Travi secondarie IPE270 interasse 1m	36,1 Kg/m	Travi/m	1	0,361	kN/m ²
Graticcio in acciaio Zincato	0,1 KN/m ²			0,10	kN/m ²
Pannellatura in alluminio	0,25 KN/m ²			0,16	kN/m ²
Carico totale al metro quadrato:				0,621	kN/m²

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>228 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	228 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	228 di 275								

8.10.1.3 Sovraccarichi Accidentali Q

Carico per copertura non praticabile (Cat H par.3.1.4-DM 14.1.2018):

Coperture accessibile sono per manutenzione (par.3.1.4-DM 14.1.2018)	0,5 kN/m ²
--	-----------------------

8.10.1.4 Azione del vento, neve e termica

Per le sopracitate azioni ci si riferisca al §6.1.4 , §6.1.5 e 6.1.6 della presente relazione.

8.10.2 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Per il calcolo dell'azione sismica si faccia riferimento al §6.2 della presente relazione.

8.10.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Per il calcolo delle combinazioni di carico si faccia riferimento al §6.3 della presente relazione.

8.10.4 CRITERI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

Per i criteri si faccia riferimento al §6.4 della presente relazione.

8.10.5 MODELLAZIONE STRUTTURALE

La modellazione è stata eseguita con il programma di calcolo strutturale ad elementi finiti SAP2000. Tutti gli elementi strutturali sono stati modellati come elementi *frame*. I pesi propri portati e tutti i carichi accidentali sono stati aggiunti come carico su aree fittizie di ripartizione sulle aste di impalcato o sulle aste stesse.

Sono state adottate sezioni 40x40 cm per i pilastri e 60x40cm per le travi

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 229 di 275

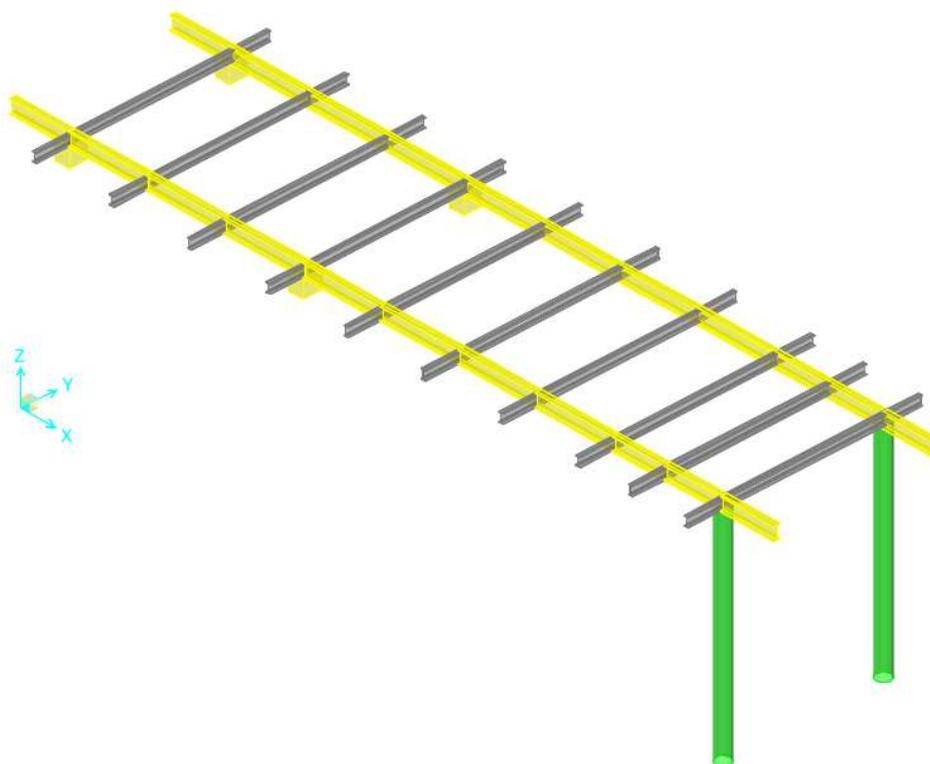


Figura 86: Modello – Vista 3D

8.10.6 ANALISI DEI RISULTATI: DEFORMATE E SOLLECITAZIONI

Si esibiscono di seguito i risultati dell'analisi strutturale condotta sul modello globale della struttura, per mezzo del software di calcolo descritto in precedenza.

8.10.6.1 DEFORMATE E SOLLECITAZIONI

Spostamenti massimi

Si riportano di seguito i principali spostamenti risultanti nella combinazione caratteristica allo SLE, con la relativa verifica di deformabilità sia delle reticolari che delle travi secondarie appoggiate su esse.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>230 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	230 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	230 di 275								

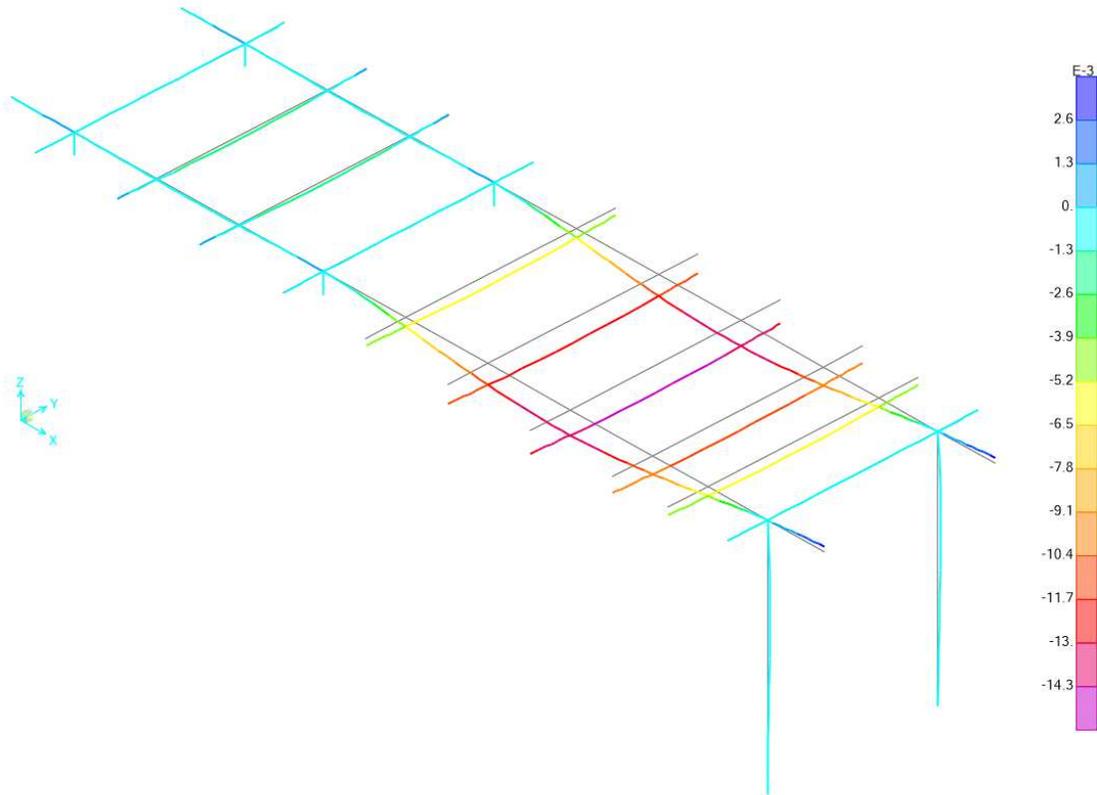


Figura 87: Verifica grafica

La freccia massima delle travi IPE360 è pari a:

$f = 14 \text{ mm}$ combinazioni SLE caratteristica

$L/250 = 11..0 / 250 = 0.044 > 0.014$ VERIFICATO

La freccia massima delle travi IPE240 è pari a:

$f = 1 \text{ mm}$ combinazioni SLE caratteristica

$L/250 = 4.3 / 250 = 0.017 > 0.001$ VERIFICATO

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 231 di 275

Sollecitazioni

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni di involucro SLU/SLV degli elementi strutturali.

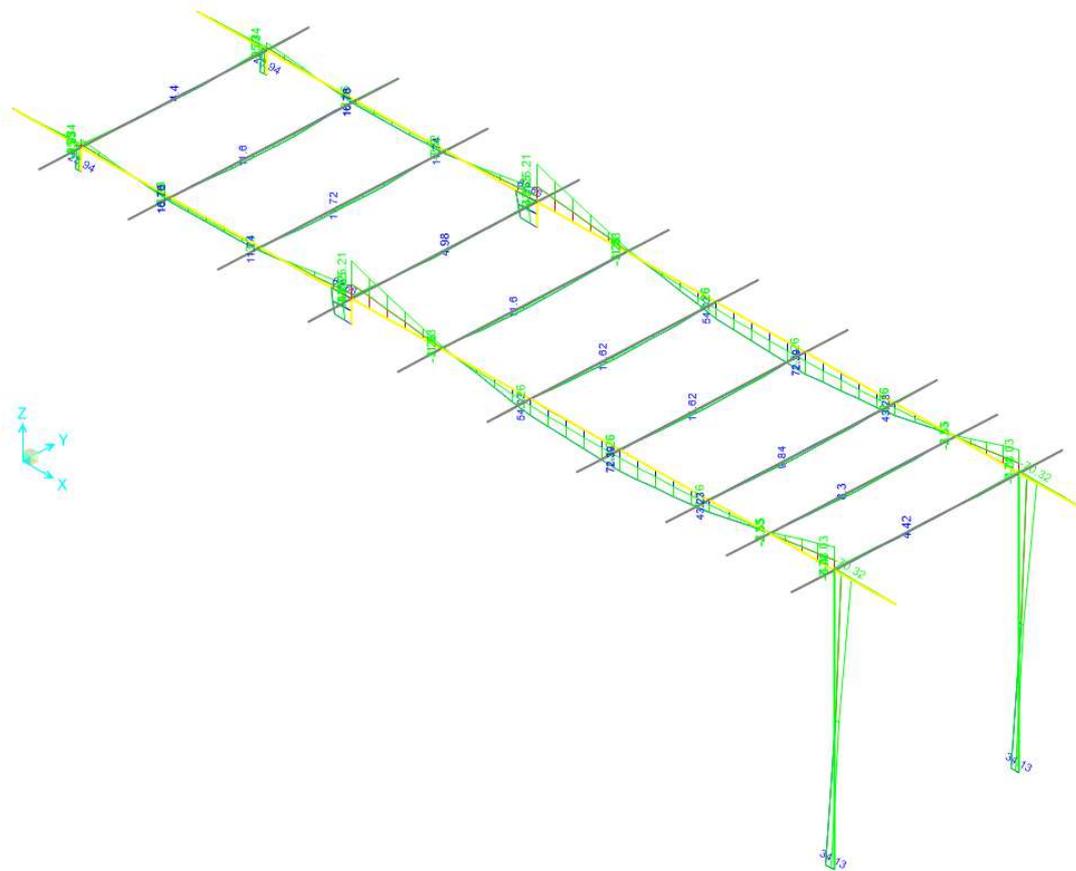


Figura 88: Momento M33

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	232 di 275

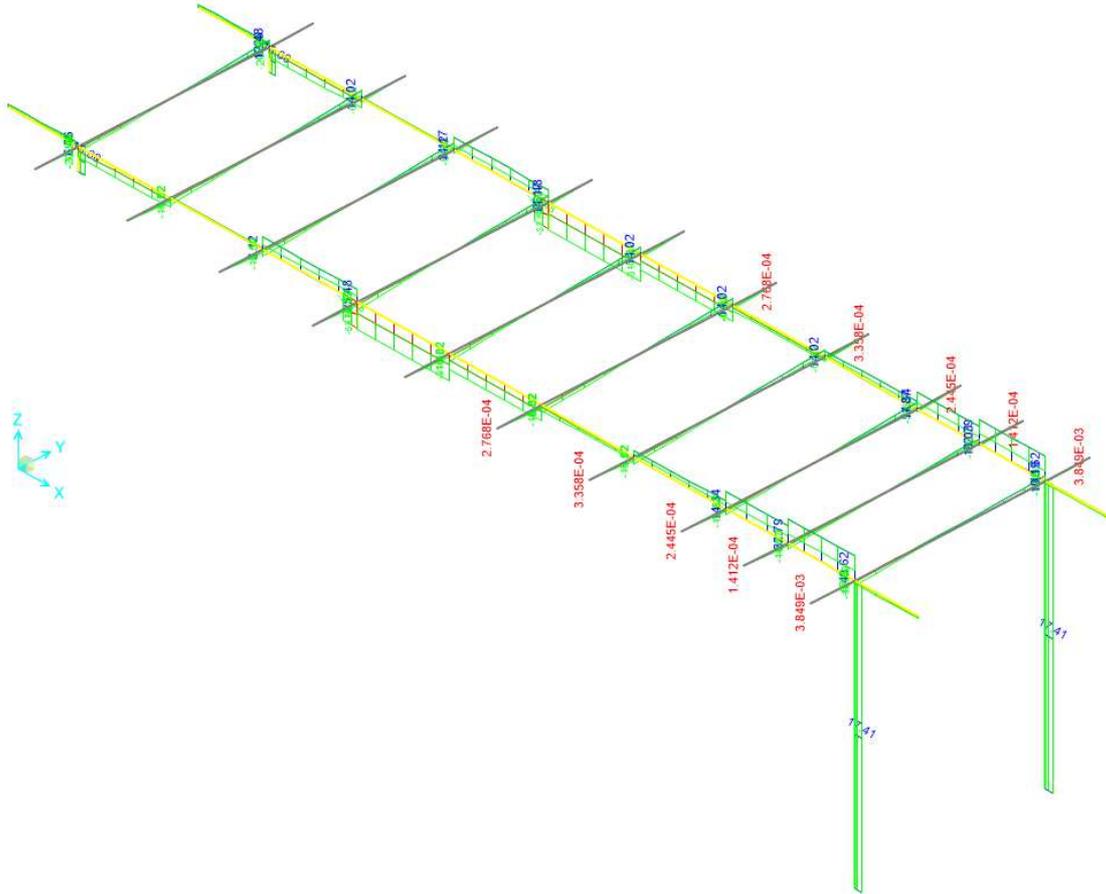


Figura 89: Taglio V22

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 233 di 275

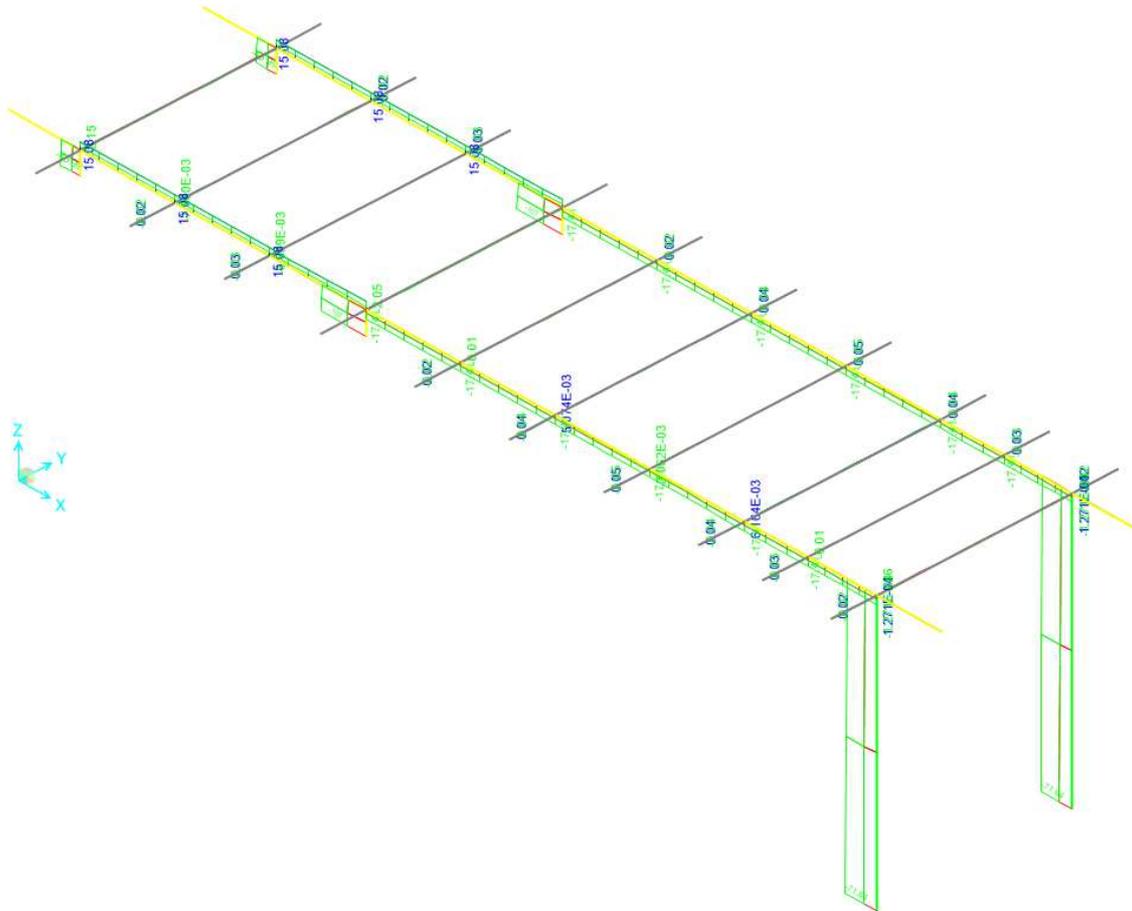


Figura 90: Assiale N

8.10.7 VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche riportate di seguito sono di tipo grafico, condotte attraverso il programma sulla base della normativa di riferimento. Dall'involuppo delle sollecitazioni scaturenti da tutte le combinazioni viene eseguita la verifica di ogni singolo elemento della struttura. Ad ognuno di essi viene associato un valore dato dal rapporto fra le sollecitazioni agenti (combinare fra loro) più limitanti e quelle resistenti. Se tale valore (coefficiente di verifica) è compreso fra 0 ed 1 il singolo elemento risulta essere verificato. Nella legenda delle

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 234 di 275

immagini di verifica è riportata una mappa cromatica associata all'immagine con il relativo coefficiente di verifica.

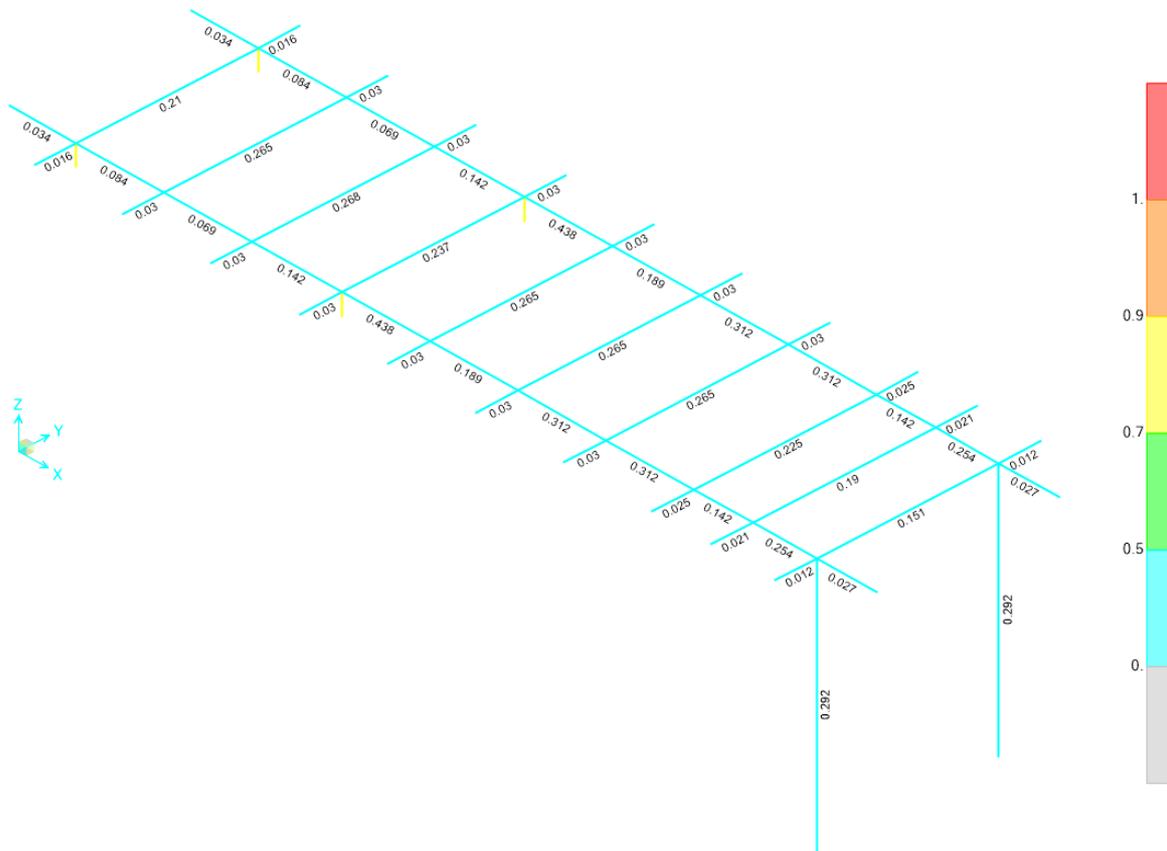
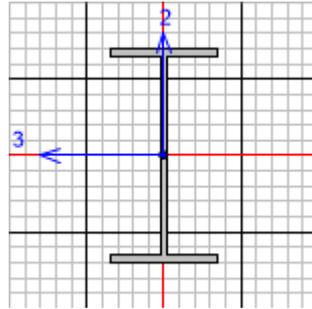


Figura 91: Verifica grafica

Di seguito si elencano le sezioni di progetto con la verifica più gravosa.

   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<table border="0"> <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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>235 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	235 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	235 di 275								

8.10.7.1 IPE 240



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 38	X Mid: 9.025	Combo: SLU4	Design Type: Beam
Length: 4.3	Y Mid: 3.15	Shape: IPE240	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 3.822	Z Mid: 6.	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25	
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=1.	D/C Lim=1.

Aeff=0.004	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.004	Iyy=3.892E-05	iyy=0.1	Wel,yy=3.243E-04	Weff,yy=3.243E-04
It=0.	Izz=2.840E-06	izz=0.027	Wel,zz=4.733E-05	Weff,zz=4.733E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.24	Wpl,yy=3.670E-04	Av,y=0.003
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=7.390E-05	Av,z=0.002

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
3.822	-0.012	2.668	-5.303E-04	10.901	0.	0.

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.265 = 0. + 0.265 + 0. < 1. OK
= NED/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NED eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
+ kzz (Mz,Ed+NED eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-0.012	1321.952	1321.952

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	1321.952	1435.752	1378.	1378.	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	4362.696	0.564	0.697	0.903
MajorB (y-y)	a	0.21	4362.696	0.564	0.697	0.903
Minor (z-z)	b	0.34	318.347	2.088	3.001	0.194
MinorB (z-z)	b	0.34	318.347	2.088	3.001	0.194
Torsional TF	b	0.34	1378.	1.004	1.14	0.595
						786.184

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	236 di 275

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	2.668	11.597	6.636	8.697
Minor (z-z)	-5.303E-04	-5.303E-04	-5.303E-04	-5.303E-04

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	124.081	124.081	124.081	43.773
Minor (z-z)	24.985	24.985	24.985	

LTB	Curve b	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
		0.34	1.472	1.799	0.353	0.	60.137

Factors	kw	Psi	C2	C3	zj
	1.	1.132	0.459	0.525	0.
	za	zs	zg	zz	zj
	0.12	0.	0.12	0.	0.

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.936	0.6	1.	1.

SHEAR DESIGN

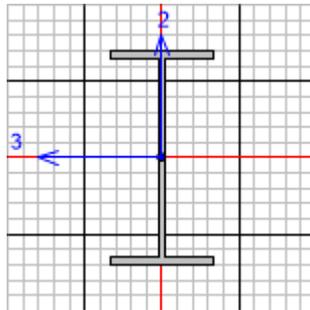
	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	10.901	0.	373.369	0.029	OK
Minor (y)	0.	0.	496.493	0.	OK

Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW
	373.369	1.	0.496

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

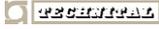
	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	14.015	14.015

8.10.7.2 IPE 360



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 65 X Mid: 7.95 Combo: SLU4 Design Type: Beam



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

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	237 di 275

Length: 2.15 Y Mid: 5.3 Shape: IPE360 Frame Type: Non Dissipative
 Loc : 1.29 Z Mid: 6. Class: Class 1 Rolled : Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
 An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=1. D/C Lim=1.

Aeff=0.007 eNy=0. eNz=0.
 A=0.007 Iyy=1.627E-04 iyy=0.15 Wel,yy=9.039E-04 Weff,yy=9.039E-04
 It=0. Izz=1.043E-05 izz=0.038 Wel,zz=1.227E-04 Weff,zz=1.227E-04
 Iw=0. Iyz=0. h=0.36 Wpl,yy=0.001 Av,y=0.005
 E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=1.910E-04 Av,z=0.004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1.29	-17.408	-56.782	-1.144E-04	-52.577	-0.008	0.025

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.438 = 0.009 + 0.429 + 0. < 1. OK
 = NEd / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed + NEd eNy) / (Chi_LT My,Rk / GammaM1)
 + kzz (Mz,Ed + NEd eNz) / (Mz,Rk / GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity			
Axial	-17.408	2457.952	2457.952			
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	
	2457.952	2669.544	7190.055	7190.055	1.	
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a 0.21	2506.055	1.015	1.1	0.655	1610.545
MajorB (y-y)	a 0.21	2506.055	1.015	1.1	0.655	1610.545
Minor (z-z)	b 0.34	4676.559	0.743	0.868	0.759	1865.469
MinorB (z-z)	b 0.34	4676.559	0.743	0.868	0.759	1865.469
Torsional TF	b 0.34	7190.055	0.599	0.747	0.837	2058.534

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	-56.782	-125.212	-68.524	-79.861
Minor (z-z)	-1.144E-04	-0.011	-0.002	-0.004

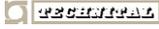
	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	344.519	344.519	344.519	291.491
Minor (z-z)	64.576	64.576	64.576	

LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
	c	0.49	0.494	0.694	0.846	0.	1479.571

Factors	kw	Psi	C2	C3	zj
	1.	1.653	0.	0.912	
	za	zs	zg	zz	zj
	0.18	0.	0.18	0.	0.



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Engineering and Technical Services
Sp.A.

ARCHITETTI ASSOCIATI

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

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	238 di 275

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.643	0.242	0.998	0.403

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	52.577	0.025	685.306	0.077	OK
Minor (y)	0.008	0.025	896.589	9.464E-06	OK

Reduction	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
	685.306	1.	0.563

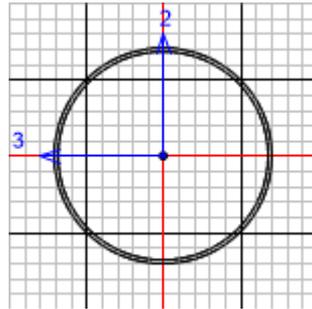
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)	VMajor Left	VMajor Right
	53.516	51.952

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	239 di 275

8.10.7.3 TUBO D206.4x6.3



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 2 X Mid: 18.475 Combo: SLU4 Design Type: Column
Length: 6. Y Mid: 1. Shape: TUBO-D406.4X6.3 Frame Type: Non Dissipative
Loc : 6. Z Mid: 3. Class: Class 4 Rolled : Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=1. D/C Lim=1.

Aeff=0.008 eNy=0. eNz=0.
A=0.008 Iyy=1.585E-04 iyy=0.141 Wel,yy=7.800E-04 Weff,yy=7.800E-04
It=3.169E-04 Izz=1.585E-04 izz=0.141 Wel,zz=7.800E-04 Weff,zz=7.800E-04
Iw=0. Iyz=0. h=0.406 Wpl,yy=0.001 Av,y=0.005
E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=0.001 Av,z=0.005

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
6.	-67.088	-70.317	5.117	17.408	-1.266	0.006

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.9.3(2))

D/C Ratio: 0.292 = 0.025 + sqrt[(0.267)^2 + (0.019)^2] < 1. OK
= (NEd/Aeff fy/GammaM0) + sqrt[((My,Ed+NED eNy)/(Weff,y,min fy/GammaM0))^2
+ ((Mz,Ed+NED eNz)/(Weff,z,min fy/GammaM0))^2] (EC3 6.2.9.3(2))

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-67.088	2677.376	2677.376

Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
2677.376	2907.857	639409.768	4890.487	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	a	0.21	5685.536	0.703	0.8	0.846	2265.713
MajorB (y-y)	a	0.21	21357.191	0.363	0.583	0.962	2576.509
Minor (z-z)	a	0.21	4890.487	0.758	0.846	0.819	2192.003
MinorB (z-z)	a	0.21	20470.812	0.371	0.587	0.96	2571.275

 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)
Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO E21D 06 D 10 CL FA1403 002 C 240 di 275

Torsional TF a 0.21 4890.487 0.758 0.846 0.819 2192.003

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-70.317	-70.317	-18.092	-28.537
Minor (z-z)	5.117	5.117	1.318	2.078

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	263.721	263.721	263.721	263.721
Minor (z-z)	263.721	263.721	263.721	

LTB	Curve d	AlphaLT 0.76	LambdaBarLT 0.103	PhiLT 0.468	ChiLT 1.	Iw 0.	Mcr 26072.836
-----	------------	-----------------	----------------------	----------------	-------------	----------	------------------

Factors	kw 1.	Psi 2.33	C2 0.	C3 0.938	zj 0.
	za 0.203	zs 0.	zg 0.203	zz 0.	

Factors	kyy 0.408	kyz 0.408	kzy 0.327	kzz 0.408
---------	--------------	--------------	--------------	--------------

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	17.408	0.006	984.076	0.018	OK
Minor (y)	1.266	0.006	984.076	0.001	OK

Reduction	Vpl, Rd 984.076	Eta 1.	LambdabarW 0.
-----------	--------------------	-----------	------------------

8.11 VASCA INTERRATA

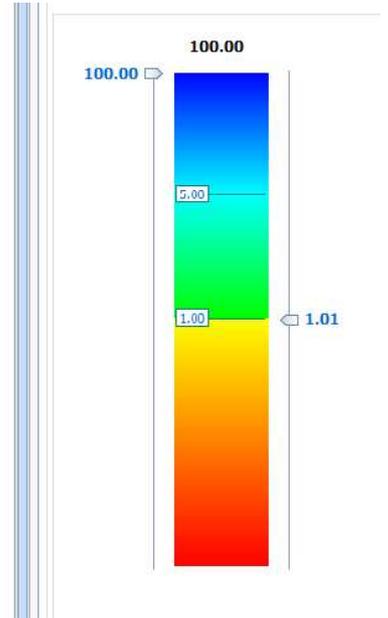
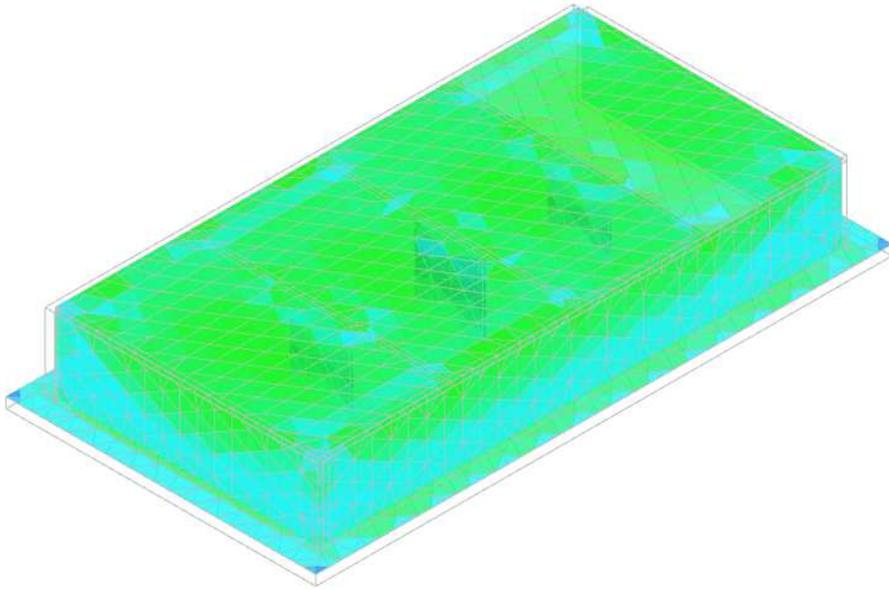
I tabulati di calcolo di seguito descritti mostrano le verifiche eseguite dal software sugli elementi shell che compongono il modello, il quale tiene conto della spinta idrosatica dell'acqua all'interno della vasca, della spinta del terreno sulle pareti, del carico accidentale della soletta pari a 5 kN/m² per l'utilizzo carrabile.

Per sintesi dei risultati ottenuti dal software di calcolo si riportano di seguito le immagini esemplificative dei coefficienti di sicurezza estratti dalla verifica degli elementi soletta e pareti:

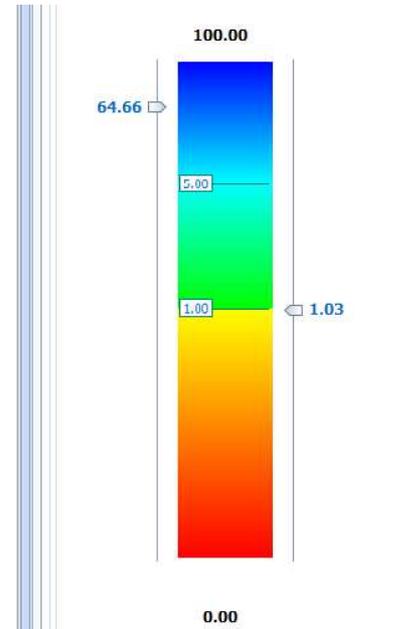
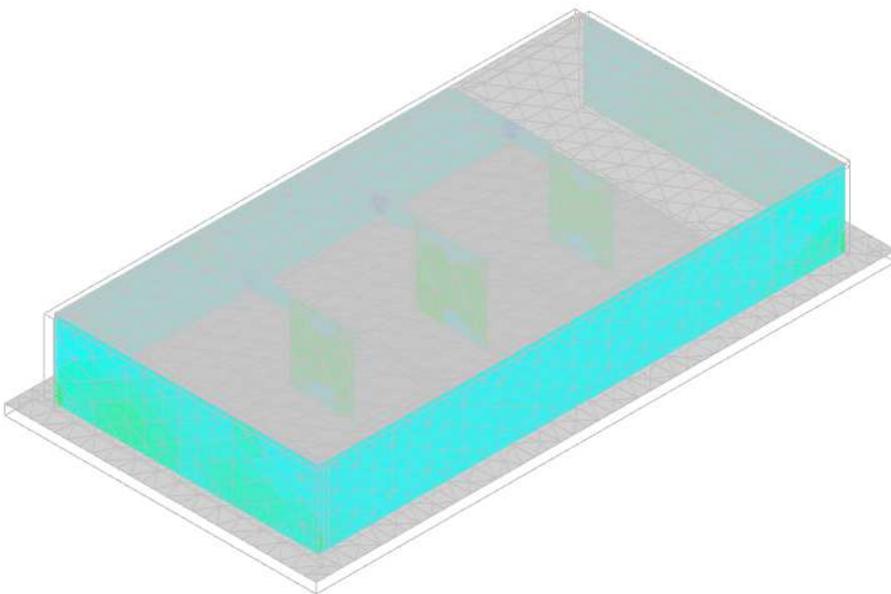
Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	241 di 275

Verifica a Flessione allo SLU – Coefficienti di sicurezza



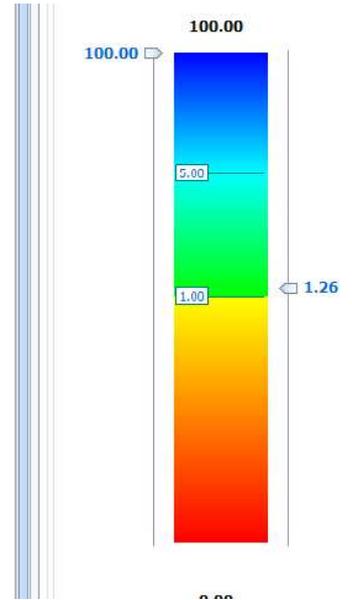
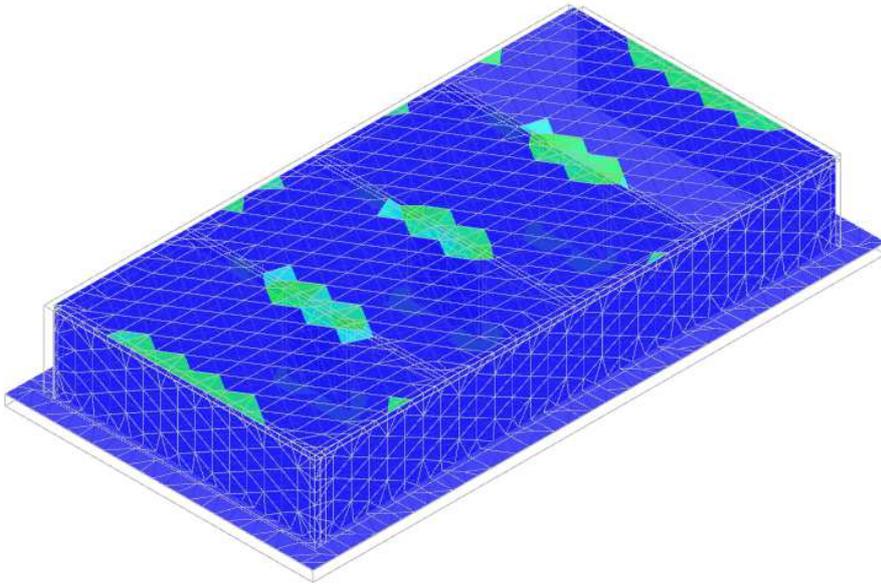
Verifica a Taglio allo SLU – Coefficienti di sicurezza



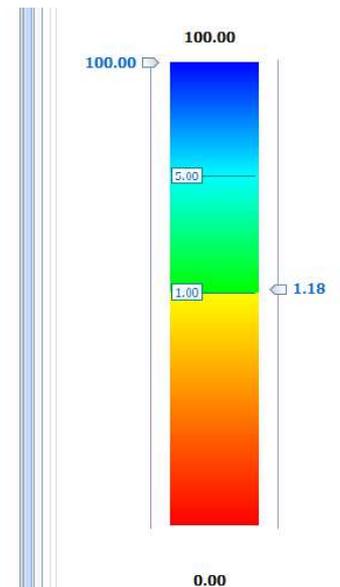
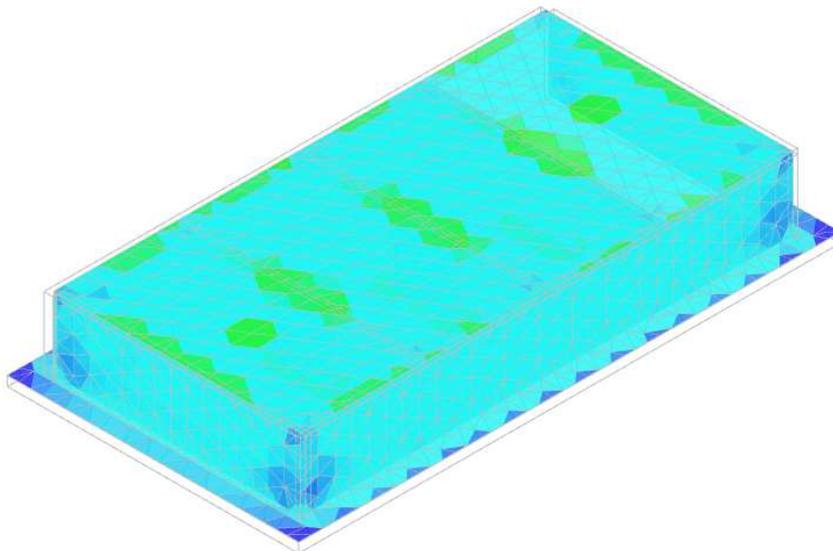
Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	242 di 275

Verifica a Fessurazione allo SLE – Coefficienti di sicurezza

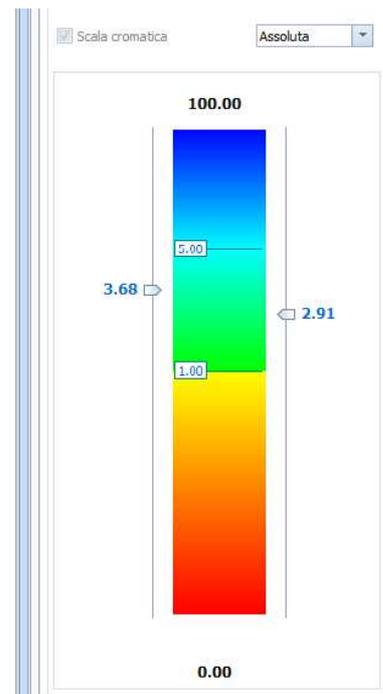
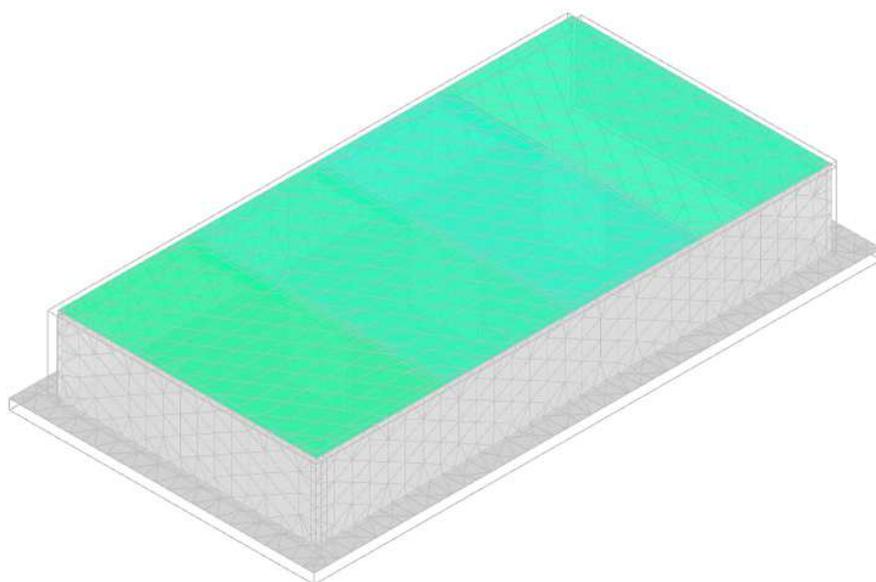


Verifica alle tensioni di esercizio allo SLE – Coefficienti di sicurezza



	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>243 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	243 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	243 di 275								

Verifica di deformabilità– Coefficienti di sicurezza



9 FA14E - PALAZZINA

9.1 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

Si considerano sulla struttura le azioni elementari elencate di seguito:

- peso proprio della struttura e della costruzione;
- sovraccarichi permanenti;
- sovraccarichi accidentali: carico dovuto all'azione della neve e del vento; carico dovuto alla sola manutenzione della copertura;
- variazioni termiche;

Per il calcolo dell'azione eccezionale del sisma si rimanda alla successiva analisi sismica della struttura.

9.1.1 *Peso Proprio Degli Elementi Strutturali G1*

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">244 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	244 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	244 di 275								

I pesi propri strutturali sono calcolati in automatico dal programma di calcolo strutturale sulla base degli input parametrici delle caratteristiche dei materiali utilizzati. Il peso specifico del calcestruzzo è assunto pari a 25kN/m³.

Solaio intermedio / di Copertura

Tipologia	Laterocemento	
Altezza solaio	H = 20+ 4 =24cm	2,7 kN/mq
Larghezza travetti	B = 12 cm	
Interasse travetti	I = 50 cm	

Totale G1 solaio : 2.7 kN/mq

9.1.2 Sovraccarichi Permanenti G2

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione.

Il calcolo del peso proprio degli elementi non strutturali gravante sui solai di copertura è riportato nelle Tabelle seguenti:

Tamponature esterne

Il rivestimento esterno è eseguito mediante una tamponatura in laterizio e cappotto esterno e finitura con facciata continua in pannelli di alluminio agganciati mediante una sottostruttura, il cui peso, calcolato a metro quadro è pari a **3,45 kN/m²**

Solaio di Copertura –Carichi permanenti non strutturali

Massetto delle pendenze 16cm	13 KN/m ³	2,08	kN/m ²
Guaina di impermeabilizzazione 3cm	0,3 KN/m ²	0,30	kN/m ²
Isolamento termico 16 cm	0,8 KN/m ³	0,13	kN/m ²
Pavimentazione in gres	0,2 KN/m ²	0,2	kN/m ²
Incidenza impianti	0,5 KN/m ²	0,5	kN/m ²
Carico totale al metro quadrato:		3.21	kN/m²

Carichi permanenti non strutturali agenti piano intermedio

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">245 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	245 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	245 di 275								

pavimentazione in gres	0,2 kN/m ²	0,2	kN/m ²
massetto di sottofondo (12,5cm)	14 kN/m ³	1,765	kN/m ²
intonaco inferiore (1,5cm)	20 kN/m ³	0,3	kN/m ²
Incidenza impianti		0,25	kN/m ²
Carico totale al metro quadrato:		2,515	kN/m ²

9.1.3 Sovraccarichi Accidentali Q

Di seguito si riportano i carichi variabili di superficie uniformemente distribuiti q_k.

- **Carico per uffici non aperti al pubblico** (Cat B1 par.3.1.4-DM 14.1.2018):

Servizi (par.3.1.4-DM 14.1.2018)	2 kN/m ²
----------------------------------	---------------------

- **Carico per copertura non praticabile** (Cat H par.3.1.4-DM 14.1.2018):

Coperture non praticabile (par.3.1.4-DM 14.1.2018)	0,5 kN/m ²
--	-----------------------

9.1.4 Azione del Vento, neve e variazioni termiche

Per le azioni del vento neve e variazioni termiche si faccia riferimento corrispettivamente al §6.1.4, §6.1.5 e §6.1.6

9.2 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Per la valutazione dell'azione sismica si rimanda al §6.2

9.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Per le combinazioni di carico si rimanda al §6.3

9.4 CRITERI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

Per i criteri si rimanda al §6.4

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>246 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	246 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	246 di 275								

9.5 MODELLAZIONE

La modellazione è stata eseguita con il programma di calcolo strutturale ad elementi finiti SAP2000. Tutti gli elementi strutturali sono stati modellati come elementi *frame*. I pesi propri portati e tutti i carichi accidentali sono stati aggiunti come carico su aree fittizie di ripartizione sulle aste di impalcato o sulle aste stesse.

Sono state adottate sezioni 40x40 cm per i pilastri e 60x40cm per le travi

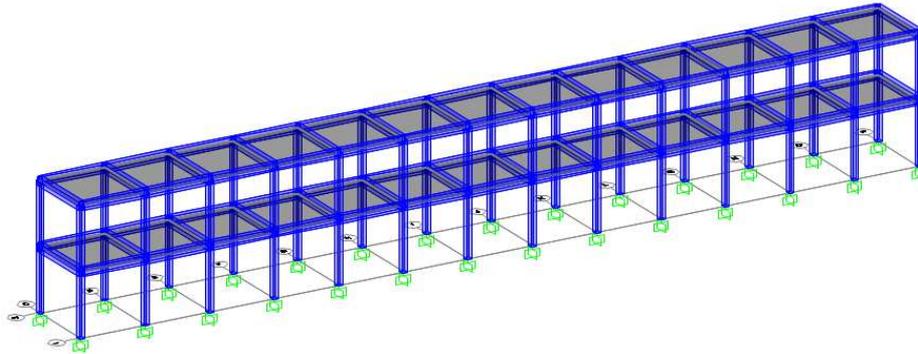


Figura 92: Modello – Vista 3D

9.6 ANALISI DEI RISULTATI: DEFORMATE E SOLLECITAZIONI

Si esibiscono di seguito i risultati dell'analisi strutturale condotta sul modello globale della struttura, per mezzo del software di calcolo descritto in precedenza.

9.6.1 DEFORMATE E SOLLECITAZIONI

Modi propri di vibrazione e deformazioni sismiche

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di risposta modale; sono stati analizzati 15 modi di vibrazione, in particolare si riporta di seguito il riepilogo dei principali dati estrapolati dal calcolo nei confronti dell'analisi sismica e le grandezze caratterizzanti i primi tre modi di vibrazione della struttura e la deformata corrispondente al primo modo:

TABLE: Modal Participating Mass Ratios							
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	247 di 275

Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.523037	0	0.92201	0	0.92201
MODAL	Mode	2	0.495919	0	0	0	0.92201
MODAL	Mode	3	0.48763	0.93434	0	0.93434	0.92201

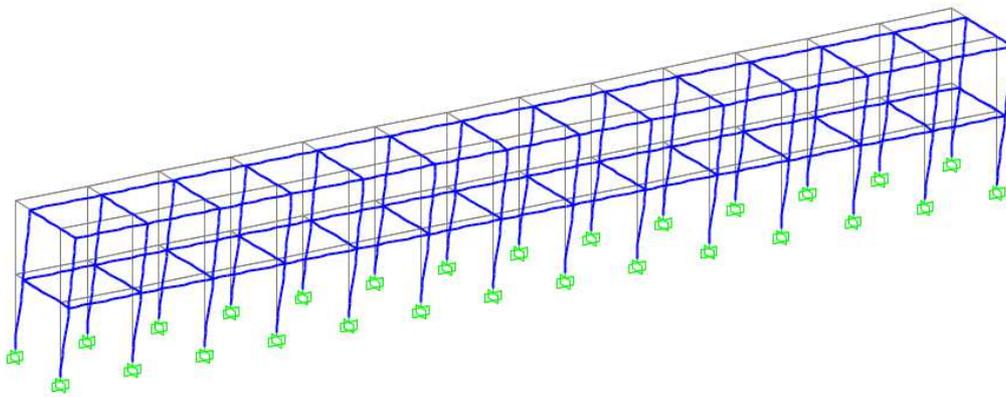
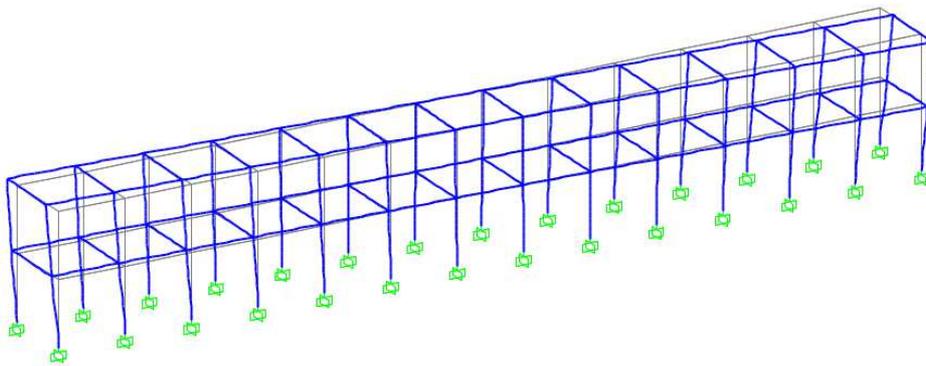


Figura 93: Modo 1



	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>248 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	248 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	248 di 275								

Figura 94: Modo 2

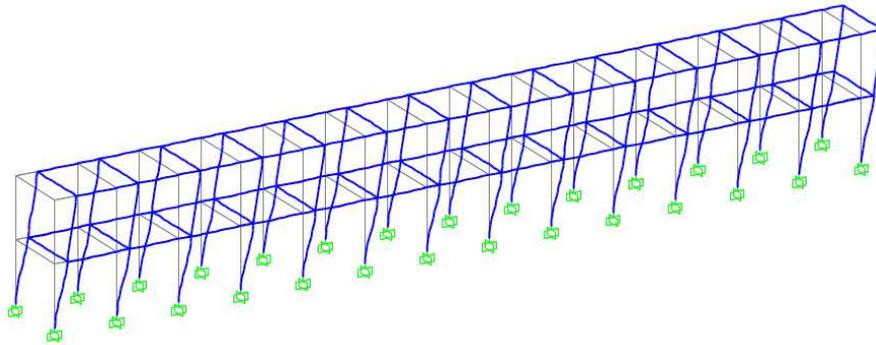
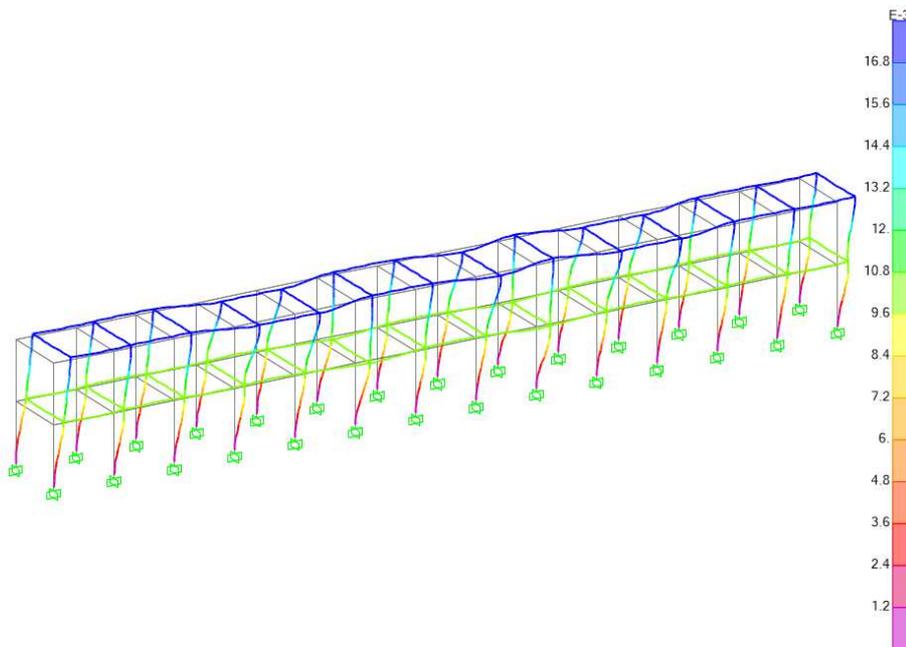


Figura 95: Modo 3

Spostamenti massimi

Si riportano di seguito i principali spostamenti risultanti dal sisma, per le due direzioni orizzontali ortogonali.



	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>249 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	249 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	249 di 275								

Figura 96: Spostamenti massimi allo SLU direzione X – 1.70cm

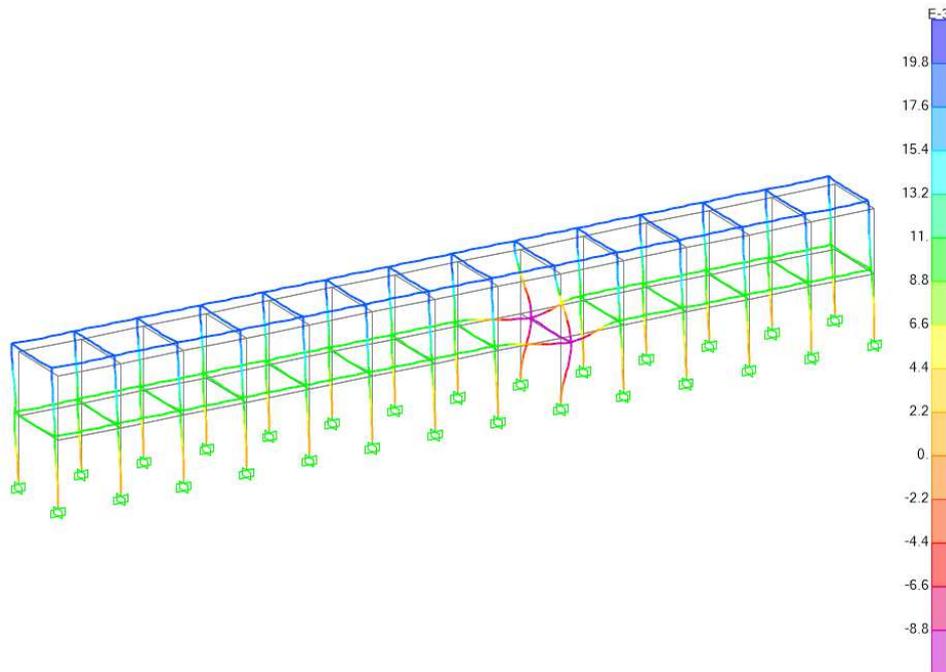


Figura 97: Spostamenti massimi allo SLU direzione Y – 1.90cm

Deformazioni statiche

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di spostamenti degli elementi strutturali per soli carichi statici, estrapolati dal modello nella combinazione di carico con coefficienti moltiplicativi unitari. Gli spostamenti ottenuti si ritengono accettabili.

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	250 di 275

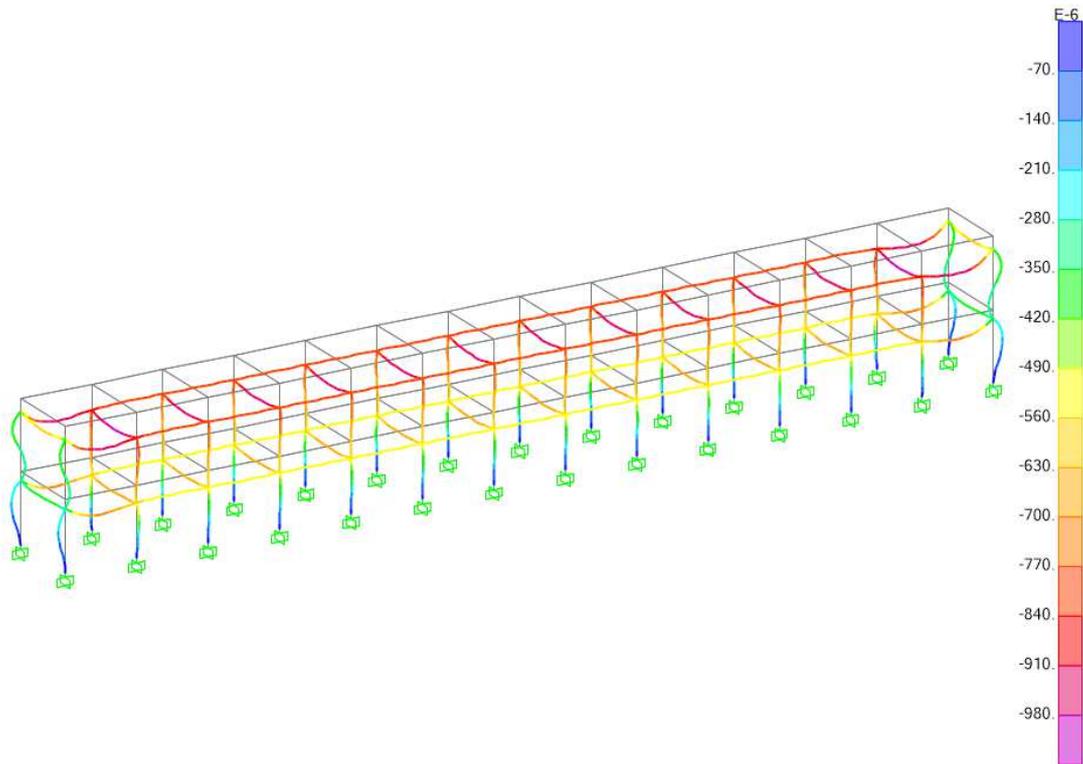


Figura 98: Spostamenti della struttura per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

Sollecitazioni

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni degli elementi strutturali per soli carichi statici, estrapolati dal modello nella combinazione di carico con coefficienti moltiplicativi unitari.

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	251 di 275

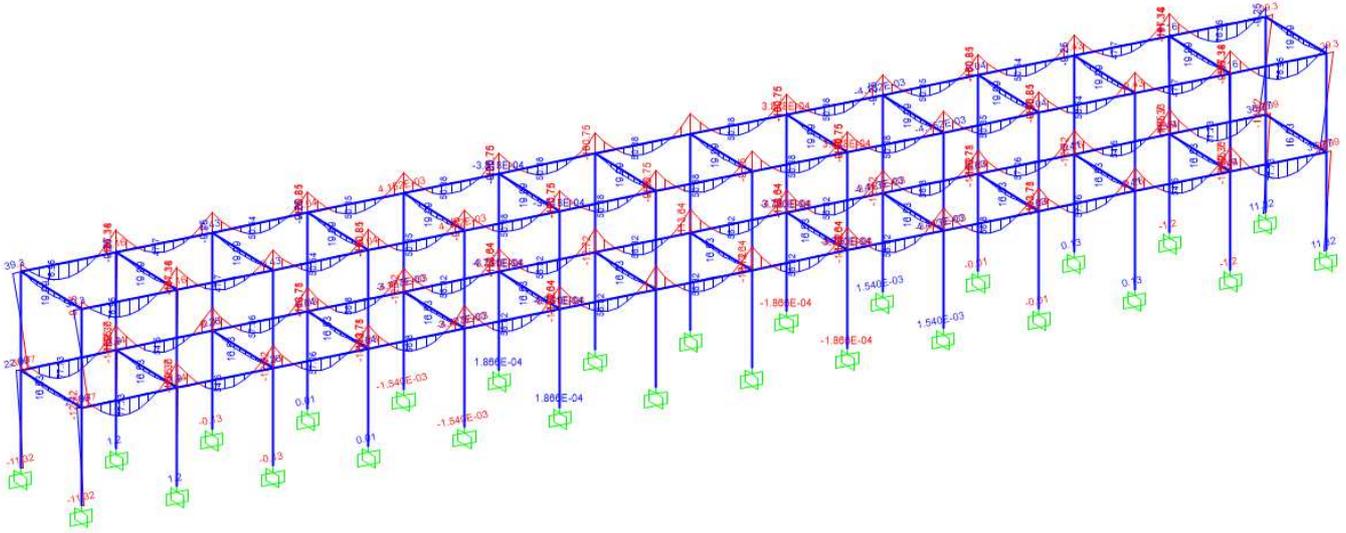


Figura 99: Momenti flettenti per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

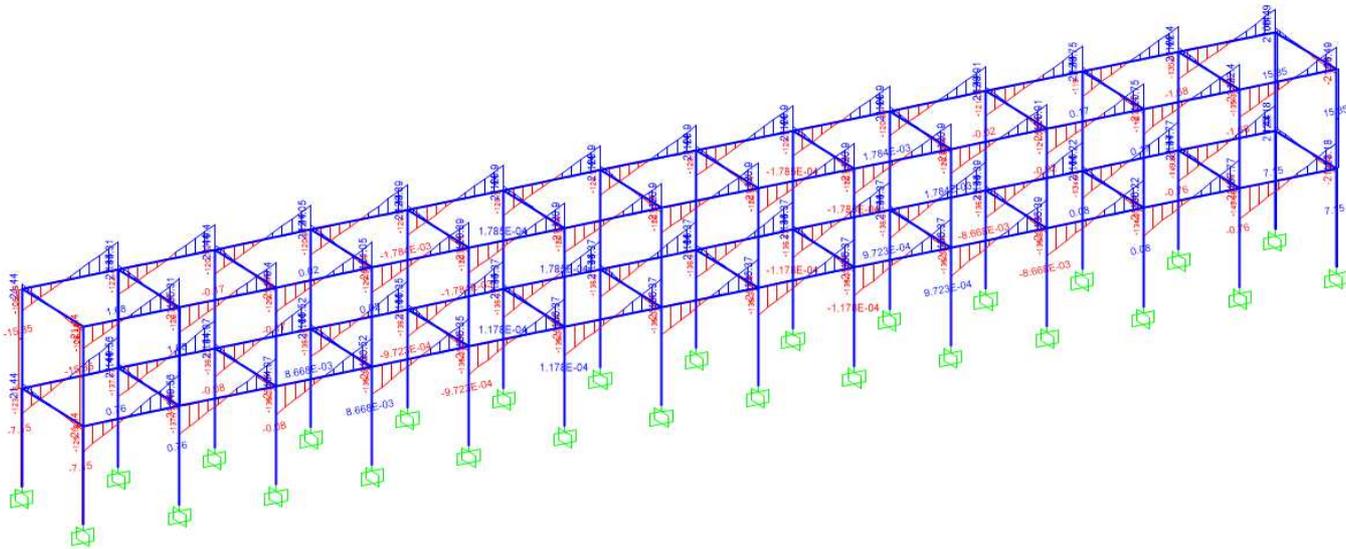


Figura 100: Taglio per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	252 di 275

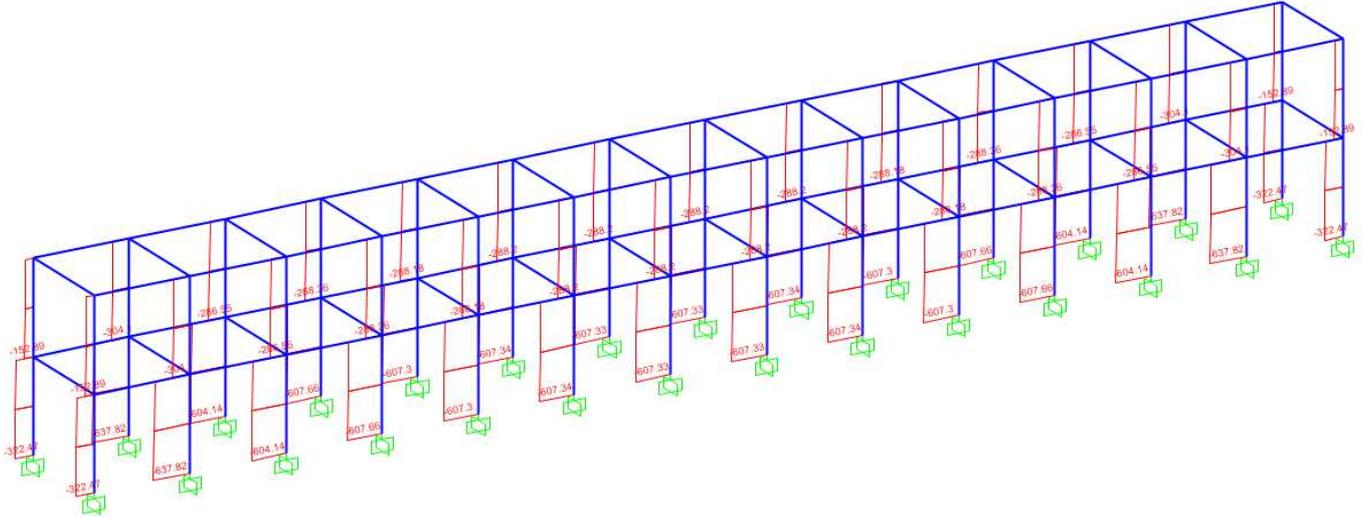
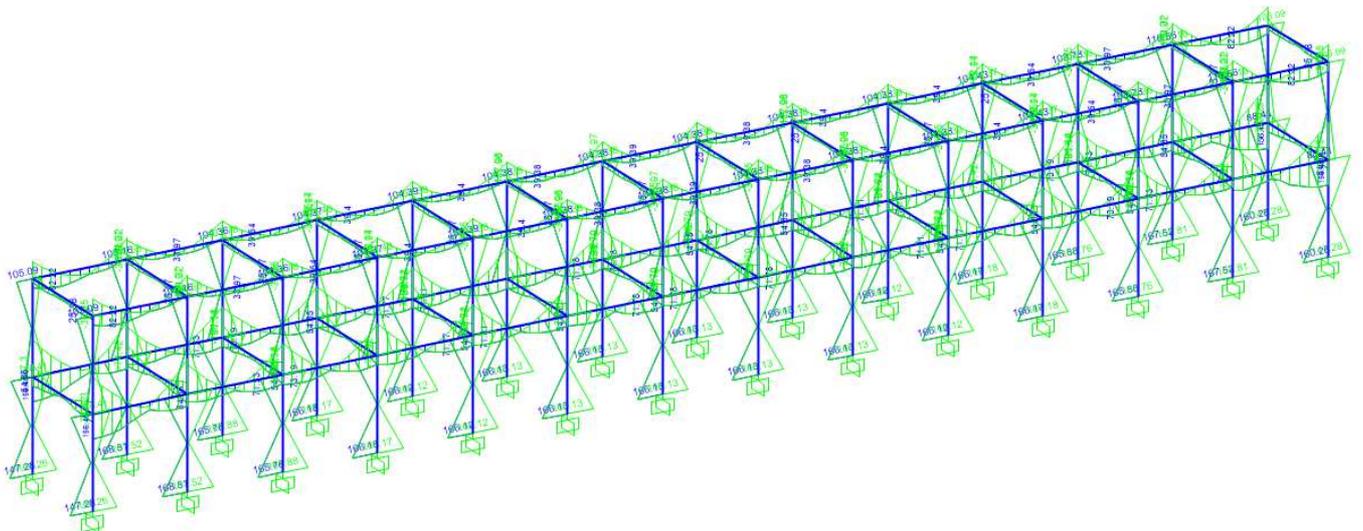


Figura 101: Sforzo normale per soli carichi statici (combinazione con coefficienti moltiplicativi unitari)

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni degli elementi strutturali per le combinazioni sismiche.



Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	253 di 275

Figura 102: Momenti flettenti sisma X

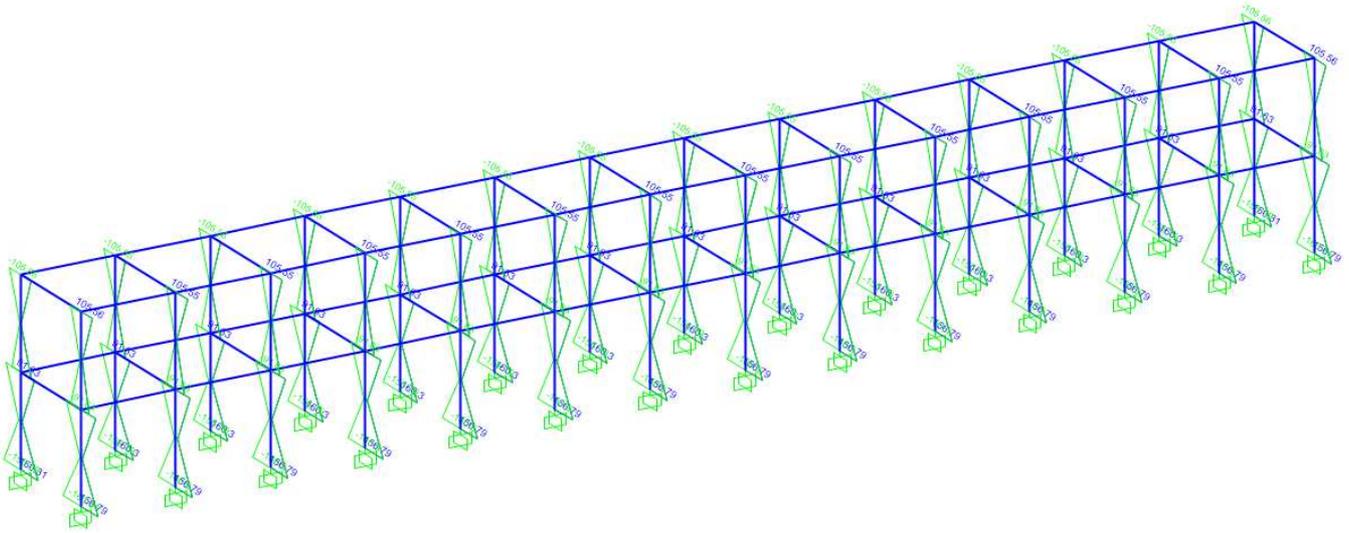
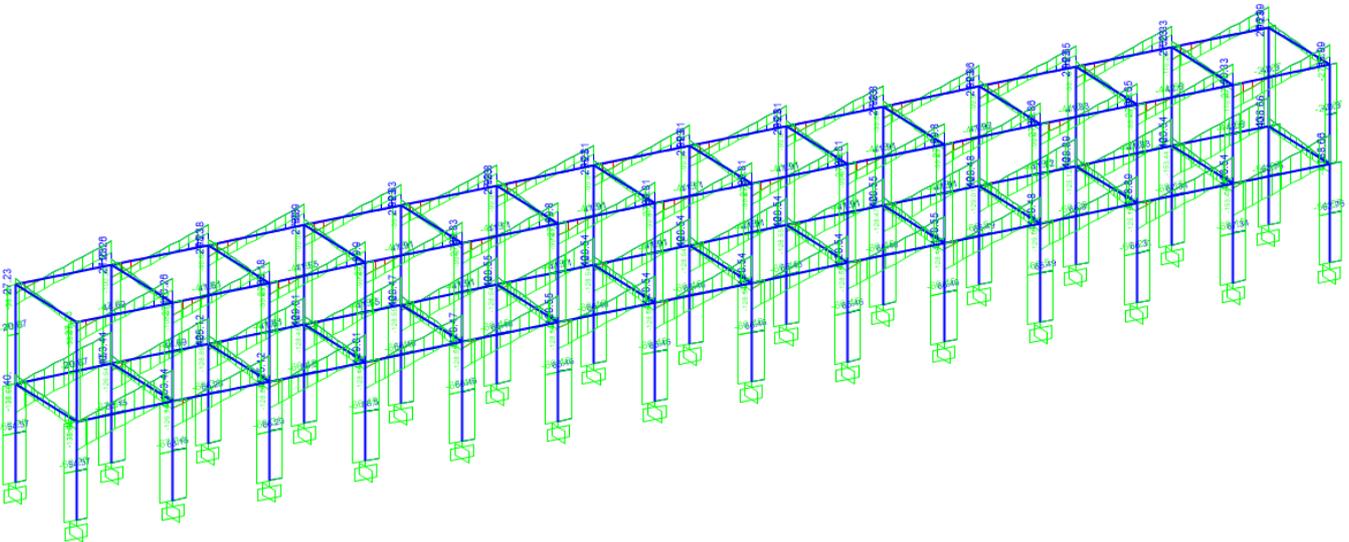


Figura 103: Momenti flettenti sisma Y



	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</p>												
<p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>254 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	254 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	254 di 275								

Figura 104: Taglio sisma X

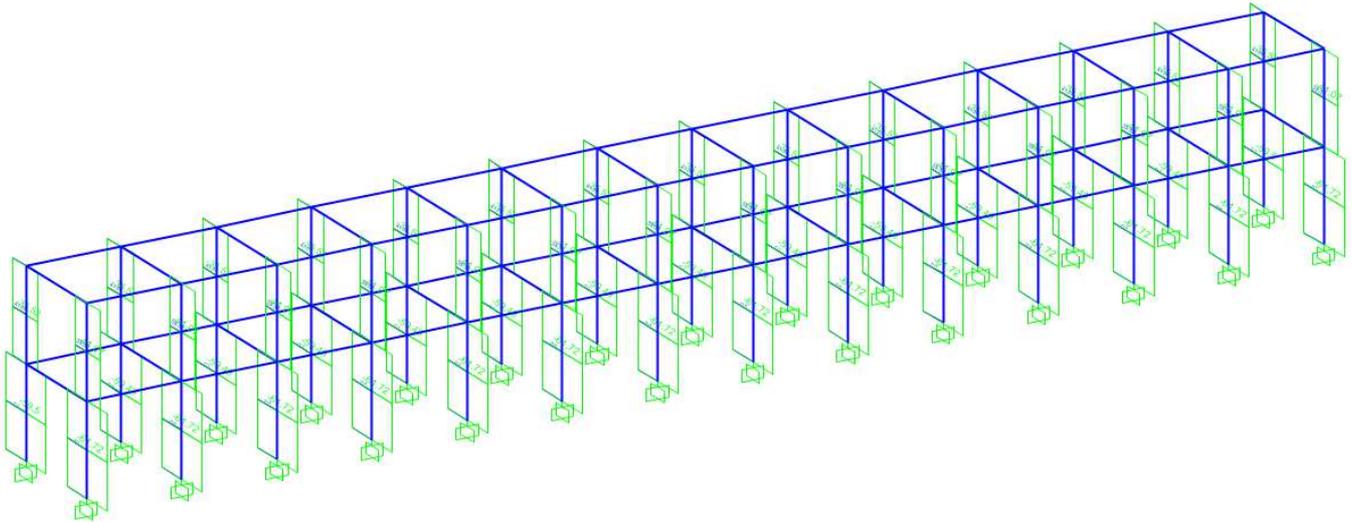
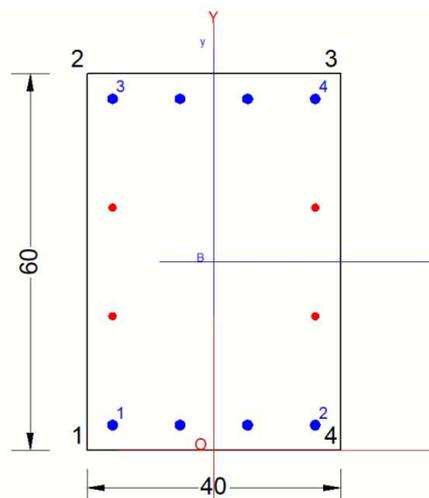


Figura 105: Taglio sisma Y

9.7 VERIFICHE STRUTTURALI

Di seguito si riportano le verifiche strutturali significative e rappresentative per ciascuno degli elementi (travi, pilastri), ottenute mediante il software RC-SEC.

9.7.1 Travi in elevazione



Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	255 di 275

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.000	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	8.500	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	180.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300	mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-20.0	0.0
2	-20.0	60.0
3	20.0	60.0
4	20.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-16.0	4.0	16
2	16.0	4.0	16
3	-16.0	56.0	16
4	16.0	56.0	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	256 di 275

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	2	16
2	3	4	2	16
3	1	3	2	12
4	2	4	2	12

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	8	mm
Passo staffe:	15.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	200.00	0.00	135.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione				

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	80.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione				

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	80.00 (85.86)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)				

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	257 di 275

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	80.00 (85.86)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	9.1 cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.4 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	200.00	0.00	0.00	214.76	0.00	1.07	12.6(3.7)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

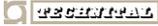
ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.103	-20.0	60.0	0.00108	-16.0	56.0	-0.03038	-16.0	4.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000604922	-0.032795340	0.103	0.700

   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>258 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	258 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	258 di 275								

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 8 mm
 Passo staffe: 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lunghezza legatura, d_{max} è massima altezza utile nella direzione del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	135.00	589.84	329.85	55.9	40.0	2.500	1.000	2.7	6.7(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.29	-20.0	60.0	-173.4	5.3	4.0	400	8.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.29	-20.0	60.0	-173.4	5.3	4.0	400	8.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 Esito della verifica
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k2 = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	259 di 275

sr max Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 wk Massima distanza tra le fessure [mm]
 Mx fess. Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00095	0	0.500	16.0	32	0.00052 (0.00052)	244	0.127 (0.40)	85.86	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.29	-20.0	60.0	-173.4	5.3	4.0	400	8.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

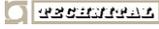
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00095	0	0.500	16.0	32	0.00054 (0.00052)	244	0.133 (0.30)	85.86	0.00

9.7.1 Travi a sbalzo
Travi (Ca) - Verifiche Pressoflessione Retta Allo Slu (Elevazione)

Travi (CA) - Verifiche pressoflessione retta allo SLU												
Id _{Tr}	%L _{LI}	N _{Ed,s}	M _{Ed,3,s}	N _{Ed,i}	M _{Ed,3,i}	A _{s,s}	A _{s,i}	CS _s	(X/d) _s	CS _i	(X/d) _i	R _r
	[%]	[N]	[N-m]	[N]	[N-m]	[cm ²]	[cm ²]					
Piano Terra												
Travata: Trave 1b-P1												
Trave 1b-P1	0%	-	-	42.693	12.193	7,63	7,63	-	VNR	7.89[S]	0,32	NO
	12,5%	-	-	42.693	12.193	7,63	7,63	-	VNR	7.89[S]	0,32	NO
	25,0%	-	-	42.693	10.919	7,63	7,63	-	VNR	8.81[S]	0,32	NO
	37,5%	42.735	4.452	42.693	8.213	7,63	7,63	21.63[S]	0,32	11.72[S]	0,32	NO
	50,0%	42.735	10.456	42.693	4.670	7,63	7,63	9.20[S]	0,32	20.61[S]	0,32	NO
	62,5%	88.089	26.020	42.735	999	7,63	7,63	4.15[V]	0,19	96.39[S]	0,32	NO
	75,0%	88.089	38.392	-	-	7,63	7,63	2.81[V]	0,19	-	VNR	NO
	87,5%	88.089	45.781	-	-	7,63	7,63	2.35[V]	0,19	-	VNR	NO
	100%	88.089	45.781	-	-	7,63	7,63	2.35[V]	0,19	-	VNR	NO

LEGENDA:

- Id_{Tr}** Identificativo della trave. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della travata al livello considerato.
%L_{LI} Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{LI}), a partire dall'estremo iniziale.
N_{Ed,s}, M_{Ed,3,s} Sollecitazioni di progetto per armatura superiore (N_{Ed} > 0: compressione).
N_{Ed,i}, M_{Ed,3,i} Sollecitazioni di progetto per armatura inferiore (N_{Ed} > 0: compressione).
A_{s,s}, A_{s,i} Armatura a flessione superiore e inferiore.
(X/d)_s Indice di duttilità superiore (VNR = Verifica non richiesta).
(X/d)_i Indice di duttilità inferiore (VNR = Verifica non richiesta).
CS_s, CS_i Coefficiente di sicurezza relativo alle sollecitazioni che tendono le fibre superiori e inferiori ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
R_r [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.



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

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	261 di 275

Travi - verifiche delle tensioni di esercizio

%L _{LI} T _p _{rnf}	Compressione calcestruzzo								Trazione acciaio								
	Compressione calcestruzzo rinforzo								Trazione acciaio/FRP rinforzo								
	Id _{Cmb}	σ _{cc}	σ _{cd,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato	Id _{Cmb}	σ _{at}	σ _{td,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato	
[%]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N·m]	[N·m]				[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N·m]	[N·m]				
25,0%	RAR	0,959	17,43	65.021	10.365	-7.825	-	18.18	SI	RAR	1,090	360,00	65.021	-7.825	-	NS	SI
	QPR	0,754	13,07	51.827	-6.112	-	-	17.32	SI								
50,0%	RAR	0,476	17,43	65.021	1.568	-	-	36.59	SI	RAR	0,000	360,00	-	-	-	-	SI
	QPR	0,388	13,07	51.827	1.357	-	-	33.69	SI								
75,0%	RAR	1,543	17,43	65.021	15.412	-	-	11.29	SI	RAR	7,317	360,00	65.021	15.412	-	49.19	SI
	QPR	1,225	13,07	51.827	12.213	-	-	10.67	SI								
100%	RAR	2,954	17,43	65.021	33.711	-	-	5.90	SI	RAR	22,336	360,00	65.021	33.711	-	16.11	SI
	QPR	2,322	13,07	51.827	26.456	-	-	5.62	SI								

LEGENDA:

- %L_{LI}** Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{LI}), a partire dall'estremo iniziale.
- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- FRC** Spostamento massimo (freccia) dell'elemento, valutata in combinazione Caratteristica (RARA).
- Id_{Cmb}** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ_{cc}** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo.
- σ_{cd,amm}** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- N_{Ed}, M_{Ed,3}, M_{Ed,2}** Sollecitazioni di progetto.
- σ_{at}** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ_{td,amm}** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.
- ΧΣ** Coefficiente di Sicurezza (= s_{cd, amm/scc} ; s_{td, amm/sat}). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).
- σερπιχσρο** [SI] = La verifica è soddisfatta (s_{cc} ≤ s_{cd,amm} ; s_{at} ≤ s_{td,amm}). [NO] = La verifica NON è soddisfatta (s_{cc} > s_{cd,amm} ; s_{at} > s_{td,amm}).

Travi - Verifica Allo Stato Limite Di Fessurazione (Elevazione)

Travi - verifica allo stato limite di fessurazione

%L _{LI}	Id _{Cmb}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	σ _{ct,f}	σ _t	ε _{sm}	A _e	Δ _{sm}	W _d	W _{amm}	CS	Verificato	
[%]		[N]	[N·m]	[N·m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[cm ²]	[mm]	[mm]	[mm]			
Piano Terra													Travata: Trave 1b-P1	
Trave: Trave 1b-P1													AA= PCA	
0%	FRQ	54.902	-10.980	-	0,55	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI	
	QPR	51.827	-10.365	-	0,52	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI	
12,5%	FRQ	54.902	-9.107	-	0,40	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI	
	QPR	51.827	-8.576	-	0,38	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI	
25,0%	FRQ	54.902	-6.511	-	0,20	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI	
	QPR	51.827	-6.112	-	0,19	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI	
37,5%	FRQ	51.826	-2.801	-	-0,07	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI	
	QPR	51.827	-2.801	-	-0,07	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI	
50,0%	FRQ	51.826	1.357	-	-0,18	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI	
	QPR	51.827	1.357	-	-0,18	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI	
62,5%	FRQ	54.902	6.727	-	0,22	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI	
	QPR	51.827	6.361	-	0,21	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI	
75,0%	FRQ	54.902	12.958	-	0,70	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI	
	QPR	51.827	12.213	-	0,66	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI	
87,5%	FRQ	54.902	20.099	-	1,25	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI	
	QPR	51.827	18.913	-	1,17	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI	
100%	FRQ	54.902	28.145	-	1,87	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI	
	QPR	51.827	26.456	-	1,76	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI	

   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>262 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	262 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	262 di 275								

LEGENDA:

%L_{LI}	Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L _{LI}), a partire dall'estremo iniziale.
FRC	Spostamento massimo (freccia) dell'elemento, valutata in combinazione Caratteristica (RARA).
AA	Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
Id_{Cmb}	Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
N_{Ed,r}, M_{Ed,3,r}	Sollecitazioni di progetto.
M_{Ed,2}	
σ_{ct,f}	Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ _t la sezione è soggetta a fessurazione. N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione.
σ_t	Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].
ε_{sm}	Deformazione unitaria media delle barre di armatura.
A_e	Area efficace del calcestruzzo teso.
Δ_{sm}	Distanza media tra le fessure.
W_d	Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.
W_{amm}	Valore ammissibile di apertura delle fessure.
CS	Coefficiente di Sicurezza (=W _d / W _{amm}). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W _d = 0).
Verificato	[SI] = W _d ≤ W _{amm} ; [NO] = W _d > W _{amm}

VERIFICA DEFORMABILITÀ - VERIFICA SNELLEZZA (Elevazione)

Verifica deformabilità - Verifica snellezza

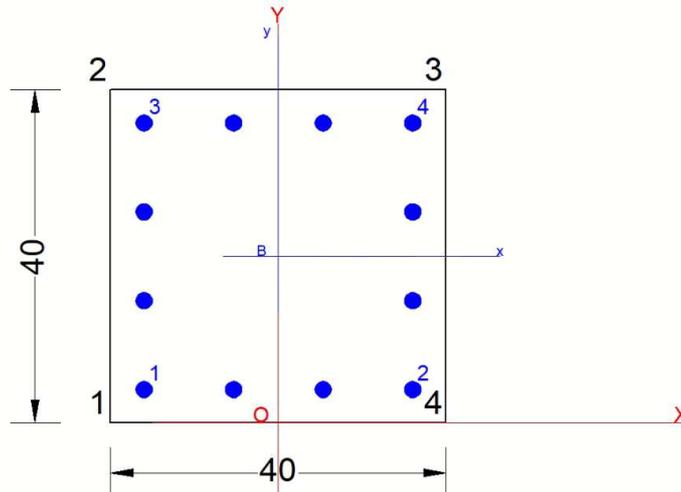
Id _{Eim}	%LLI/ Nodo	CS	L	h	K	f _{ck}	f _{yk}	A _{s,req}	A _{s,prov}	ρ	ρ'	T	Tmp	λ	λ _{lim}	Verificato
			[cm]	[cm]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[%]	[%]					
Piano Terra									Travata: Trave 1b-P1							
Trave 1b-P1	0%	7,46	169	40	0,4	29,05	450,00	262	763	0,16	0,16	NO	NO	4,22	31,46	SI

LEGENDA:

Id_{Eim}	Identificativo dell'elemento.
%LLI/Nodo	[%LLI] = Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (LLI), a partire dall'estremo iniziale. [Nodo] = rappresenta l'identificativo del nodo strutturale per il quale vengono forniti i valori di verifica.
CS	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
L	Luce di calcolo dell'elemento (coincide con la luce libera di inflessione).
h	Altezza di calcolo dell'elemento.
K	Coefficiente correttivo, funzione dello schema strutturale.
f_{ck}	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo.
f_{yk}	Tensione caratteristica di snervamento dell'armatura.
A_{s,req}	Area di armatura tesa richiesta allo SLU.
A_{s,prov}	Area di armatura tesa effettivamente presente.
ρ	Rapporto di armatura tesa.
ρ'	Rapporto di armatura compressa.
T	[SI] = sezione a T avente larghezza dell'ala maggiore di tre volte lo spessore dell'anima; [NO] = sezione che non soddisfa il requisito precedente.
Tmp	[SI] = elemento caricato da tramezzi che possono subire danni a causa di inflessione eccessiva; [NO] = elemento NON caricato da tramezzi che possono subire danni a causa di inflessione eccessiva.
λ = L/h	Rapporto di snellezza tra luce L e altezza h dell'elemento.
λ_{lim}	Snellezza limite.
Verificato	[SI] = λ ≤ λ _{lim} - la verifica delle inflessioni si può ritenere implicitamente soddisfatta; [NO] = λ > λ _{lim} - è necessario procedere alla verifica di inflessione mediante calcolo.

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	263 di 275

9.7.2 Pilastri

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.000 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	8.500 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	180.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C30/37

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	264 di 275

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-20.0	0.0
2	-20.0	40.0
3	20.0	40.0
4	20.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-16.0	4.0	20
2	16.0	4.0	20
3	-16.0	36.0	20
4	16.0	36.0	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	2	20
2	3	4	2	20
3	1	3	2	20
4	2	4	2	20

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	8	mm
Passo staffe:	15.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	635.00	166.00	155.00	68.00	65.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	265 di 275

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	435.00	2.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	435.00	2.00 (0.00)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	435.00	2.00 (0.00)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.7 cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.2 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	635.00	166.00	155.00	634.96	182.44	170.49	1.10	37.7(4.8)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	266 di 275

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	20.0	40.0	0.00274	16.0	36.0	-0.00334	-16.0	4.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000092237	0.000097816	-0.002257381	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	8 mm
Passo staffe:	15.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiezione di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con $L=lungh.legat.proietta-$ ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	94.07	399.08	183.95	34.0 28.1	39.3	2.500	1.233	3.4	6.7(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre

   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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;">06 D 10</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FA1403 002</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">267 di 275</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	267 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	267 di 275								

As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.14	20.0	40.0	28.6	-16.0	4.0	----	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.14	20.0	40.0	28.6	-16.0	4.0	----	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area A_c eff = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace A_c eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.40)	0.00	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.14	20.0	40.0	28.6	-16.0	4.0	----	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	0.00	0.00

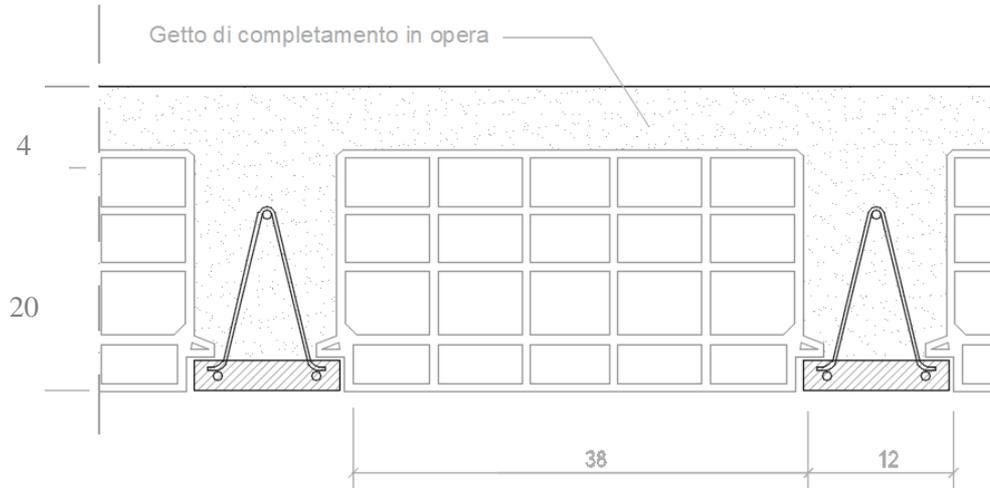
9.8 SOLAIO

È previsto un solaio laterocementizio realizzato in opera, di altezza 24cm, con pignatte 20x38cm e travetti di spessore di 12cm. Viene inoltre realizzato il piano rigido con una caldana di 4cm di spessore. Viene

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	268 di 275

riportata di seguito la sezione del solaio e le relative verifiche.


Solai (Ca)- Verifiche Allo Slu (Elevazione)
Solai (CA)- Verifiche allo SLU

Id _{cmp}	%L _{Li} [%]	M _{Ed,X,s} [N-m]	M _{Ed,X,i} [N-m]	A _{s,s} [cm ²]	A _{s,i} [cm ²]	Sezione: Solai 1.1	
						CS _s	CS _i
Piano Terra							
Travetto 1-2	0%	6.997	1.391	1,57	0,00	1.49	-
	12,5%	16	5.496	0,79	0,00	NS	-
	25,0%	247	8.035	0,79	0,00	20.38	-
	37,5%	674	9.008	0,79	0,00	7.46	-
	50,0%	1.305	9.330	0,79	0,00	3.85	-
	62,5%	2.127	6.559	0,79	0,00	2.36	-
	75,0%	3.145	2.994	0,79	0,00	1.60	-
	87,5%	5.846	-	1,57	0,00	1.60	-
	100,0%	12.701	-	2,36	0,00	1.22	-
		100%	13.467	-	2,36	0,00	1.49
Travetto 8-9	0%	13.469	-	2,36	0,00	1.49	-
	12,5%	7.156	2.372	2,36	0,00	2.46	-
	25,0%	3.080	7.168	0,79	0,00	2.13	-
	37,5%	1.007	9.876	0,79	0,00	6.52	-
	50,0%	76	14.031	0,79	0,00	86.46	-
	62,5%	977	9.878	0,79	0,00	6.72	-
	75,0%	3.014	7.193	0,79	0,00	2.18	-
	87,5%	7.087	2.410	2,36	0,00	2.49	-
	100%	13.388	-	2,36	0,00	1.50	-

LEGENDA:

- %L_{Li}** Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{Li}), a partire dall'estremo iniziale.
- M_{Ed,X,s}** Momento di progetto intorno ad X che tende le fibre superiori.
- M_{Ed,X,i}** Momento di progetto intorno ad X che tende le fibre inferiori.
- CS_s** Coefficiente di sicurezza relativo alle sollecitazioni che tendono le fibre superiori ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta).
- CS_i** Coefficiente di sicurezza relativo alle sollecitazioni che tendono le fibre inferiori ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta).
- A_{s,s}, A_{s,i}** Armatura a flessione superiore e inferiore.

   		PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
Relazione di calcolo strutturale		COMMESSA E21D	LOTTO 06 D 10	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA1403 002	REV. C	FOGLIO 269 di 275

Solai (Ca) - Verifiche A Taglio Allo Slu (Elevazione)

Solai (CA) - Verifiche a taglio allo SLU													
Id _{cmp}	%oL _{LI}	V _{Ed,Y(+)}	V _{Ed,Y(-)}	CS ⁽⁺⁾	CS ⁽⁻⁾	V _{Rd(+)}	V _{Rd(-)}	N _{Ed(+)}	N _{Ed(-)}	V _{Rsd,p(+)}	V _{Rsd,p(-)}	A _{sw,p(+)}	A _{sw,p(-)}
Piano Terra													
Sezione: Solai 1.1													
Travetto 1-2	0%	7.699	-	9,50	-	73120	73120	0	0	0	0	0,0000	0,0000
	12,5%	5.330	-187	2,74	78,20	14624	14624	0	0	0	0	0,0000	0,0000
	25,0%	2.957	-487	4,95	30,03	14624	14624	0	0	0	0	0,0000	0,0000
	37,5%	587	-785	24,91	18,63	14624	14624	0	0	0	0	0,0000	0,0000
	50,0%	-	-2.598	-	5,63	14624	14624	0	0	0	0	0,0000	0,0000
	62,5%	-	-4.973	-	2,94	14624	14624	0	0	0	0	0,0000	0,0000
	75,0%	-	-7.341	-	1,99	14624	14624	0	0	0	0	0,0000	0,0000
	87,5%	-	-9.712	-	1,51	14624	14624	0	0	0	0	0,0000	0,0000
100,0%	-	-12.083	-	6,05	73120	73120	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
Travetto 8-9	0%	15.798	-	3,37	-	53207	53207	0	0	0	0	0,0000	0,0000
	12,5%	12.305	-	1,26	-	15555	15555	0	0	0	0	0,0000	0,0000
	25,0%	8.813	-	1,21	-	10641	10641	0	0	0	0	0,0000	0,0000
	37,5%	5.320	-	2,00	-	10641	10641	0	0	0	0	0,0000	0,0000
	50,0%	1.833	-1.337	5,81	7,96	10641	10641	0	0	0	0	0,0000	0,0000
	62,5%	687	-4.829	15,49	2,20	10641	10641	0	0	0	0	0,0000	0,0000
	75,0%	-	-8.322	-	1,28	10641	10641	0	0	0	0	0,0000	0,0000
	87,5%	-	-11.815	-	1,32	15555	15555	0	0	0	0	0,0000	0,0000
100%	-	-15.306	-	3,48	53207	53207	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000

LEGENDA:

Id_{cmp} Identificativo della campata.

%oL_{LI} Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{LI}), a partire dall'estremo iniziale.

V_{Ed,Y(+/-)} Valori massimo e minimo del taglio di progetto.

CS^(+/-) Coefficienti di sicurezza relativi alle sollecitazioni "V_{Ed,Y(+)}" e "V_{Ed,Y(-)}" ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100).

V_{Rd(+)}, V_{Rd(-)} Valori massimo e minimo del taglio ultimo, per conglomerato compresso.

N_{Ed(+/-)}

Sforzo Normale medio nella Sezione di Verifica.

V_{Rsd,p(+)}, V_{Rsd,p(-)} Contributi dell'acciaio al taglio ultimo dovuti ai ferri piegati, relativi alle sollecitazioni "V_{Ed,Y(+)}" e "V_{Ed,Y(-)}".

A_{sw,p(+)}, A_{sw,p(-)}

Solai - Verifiche Delle Tensioni Di Esercizio (Elevazione)

Solai - verifiche delle tensioni di esercizio

%oL _{LI}	T _{prmf}	Compressione calcestruzzo							Trazione acciaio								
		Compressione calcestruzzo rinforzo							Trazione acciaio/FRP rinforzo								
		Id _{cmp}	σ _{cc}	σ _{cd,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato	Id _{cmp}	σ _{at}	σ _{td,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato
[%]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N·m]	[N·m]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N·m]	[N·m]				
Piano Terra																	
Sezione: Solai 1.1																	
Campata : Travetto 1-2																	
FRC=0,00 cm																	
0%	RAR	0,000	14,94	-	-	-	-	SI	RAR	0,000	360,00	-	-	-	-	-	SI
	QPR	0,000	11,21	-	-	-	-	SI									
25,0%	RAR	0,000	14,94	-	-	-	-	SI	RAR	0,000	360,00	-	-	-	-	-	SI
	QPR	0,000	11,21	-	-	-	-	SI									
50,0%	RAR	0,557	14,94	-	519	-	26,82	SI	RAR	2,333	360,00	-	519	-	NS	SI	
	QPR	0,557	11,21	-	519	-	20,11	SI									
75,0%	RAR	2,135	14,94	-	1.989	-	6,99	SI	RAR	8,940	360,00	-	1.989	-	40,26	SI	

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	270 di 275

Solai - verifiche delle tensioni di esercizio

%LLI T _{prnf}	Compressione calcestruzzo								Trazione acciaio							
	Compressione calcestruzzo rinforzo								Trazione acciaio/FRP rinforzo							
[%]	Id _{cmb}	σ _{cc}	σ _{cd,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato	Id _{cmb}	σ _{at}	σ _{td,amm}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Verificato
		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N·m]	[N·m]				[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N·m]	[N·m]		
100,0%	QPR	2,135	11,21	-	1.989	-	5.24	SI								
	RAR	5,026	14,94	-	8.712	-	2.97	SI	RAR	230,215	360,00	-	8.712	-	1.56	SI
	QPR	5,026	11,21	-	8.712	-	2.22	SI								
Campata : Travetto 8-9				FRC=0,00 cm												
0%	RAR	1,732	14,94	-	9.290	-	8.62	SI	RAR	19,772	360,00	-	9.290	-	18.20	SI
	QPR	1,732	11,21	-	9.290	-	6.47	SI								
25,0%	RAR	0,304	14,94	-	443	-	49.15	SI	RAR	1,445	360,00	-	443	-	NS	SI
	QPR	0,304	11,21	-	443	-	36.86	SI								
50,0%	RAR	0,000	14,94	-	-	-	-	SI	RAR	0,000	360,00	-	-	-	-	SI
	QPR	0,000	11,21	-	-	-	-	SI								
75,0%	RAR	0,280	14,94	-	408	-	53.36	SI	RAR	1,330	360,00	-	408	-	NS	SI
	QPR	0,280	11,21	-	408	-	40.02	SI								
100%	RAR	1,719	14,94	-	9.224	-	8.69	SI	RAR	19,631	360,00	-	9.224	-	18.33	SI
	QPR	1,719	11,21	-	9.224	-	6.51	SI								

LEGENDA:

- %LLI** Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{LI}), a partire dall'estremo iniziale.
- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- FRC** Spostamento massimo (freccia) dell'elemento, valutata in combinazione Caratteristica (RARA).
- Id_{cmb}** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ_{cc}** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo.
- σ_{cd,amm}** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- N_{Ed}, M_{Ed,3}** Sollecitazioni di progetto.
- M_{Ed,2}**
- σ_{at}** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ_{td,amm}** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (= σ_{cd,amm}/σ_{cc} ; σ_{td,amm}/σ_{at}). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).
- Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta (σ_{cc} ≤ σ_{cd,amm} ; σ_{at} ≤ σ_{td,amm}). [NO] = La verifica NON è soddisfatta (σ_{cc} > σ_{cd,amm} ; σ_{at} > σ_{td,amm}).

Solai- Verifica Allo Stato Limite Di Fessurazione (Elevazione)
Solai - verifica allo stato limite di fessurazione

%LLI	Id _{cmb}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	σ _{ct,f}	σ _t	ε _{sm}	A _e	Δ _{sm}	W _d	W _{amm}	CS	Verificato
[%]		[N]	[N·m]	[N·m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[cm ²]	[mm]	[mm]	[mm]		
Piano Terra													
Campata Travetto 1-2													
FRC=0,00 cm													
AA= PCA													
0%	FRQ	-	-59	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	-59	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
12,5%	FRQ	-	-208	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	-208	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
25,0%	FRQ	-	-164	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	-164	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
37,5%	FRQ	-	-5.839	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	77	-	0,04	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
50,0%	FRQ	-	-5.390	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	519	-	0,26	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
62,5%	FRQ	-	1.153	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	1.153	-	0,57	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
75,0%	FRQ	-	1.989	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	1.989	-	0,99	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
87,5%	FRQ	-	3.787	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	3.787	-	1,82	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	271 di 275

Solai - verifica allo stato limite di fessurazione

%L _{LI}	Id _{Cmb}	N _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	σ _{ct,f}	σ _t	ε _{sm}	A _e	Δ _{sm}	W _d	W _{amm}	CS	Verificato
[%]		[N]	[N·m]	[N·m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[cm ²]	[mm]	[mm]	[mm]		
100,0%	FRQ	-	8.712	-	2,41	2,13	8,4282 E-04	107	163	0,138	0,400	2,91	SI
	QPR	-	8.712	-	2,41	2,13	8,4282 E-04	107	163	0,138	0,300	2,18	SI
Campata Travetto 8-9			FRC=0,00 cm				AA= PCA						
0%	FRQ	-	9.290	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	9.290	-	1,66	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
12,5%	FRQ	-	3.497	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	3.497	-	1,05	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
25,0%	FRQ	-	443	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	443	-	0,14	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
37,5%	FRQ	-	-1.271	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	-1.271	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
50,0%	FRQ	-	-1.847	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	-1.847	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
62,5%	FRQ	-	-1.292	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	-1.292	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
75,0%	FRQ	-	408	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	408	-	0,13	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
87,5%	FRQ	-	3.447	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	3.447	-	1,03	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
100%	FRQ	-	9.224	-	0,00	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
	QPR	-	9.224	-	1,65	2,13	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI

LEGENDA:

%L_{LI}	Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L _{LI}), a partire dall'estremo iniziale.
FRC	Spostamento massimo (freccia) dell'elemento, valutata in combinazione Caratteristica (RARA).
AA	Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
Id_{Cmb}	Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
N_{Ed}, M_{Ed,3}, M_{Ed,2}	Sollecitazioni di progetto.
σ_{ct,f}	Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ _t la sezione è soggetta a fessurazione. N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione.
σ_t	Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].
ε_{sm}	Deformazione unitaria media delle barre di armatura.
A_e	Area efficace del calcestruzzo teso.
Δ_{sm}	Distanza media tra le fessure.
W_d	Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.
W_{amm}	Valore ammissibile di apertura delle fessure.
CS	Coefficiente di Sicurezza (=W _d / W _{amm}). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W _d = 0).
Verificato	[SI] = W _d ≤ W _{amm} ; [NO] = W _d > W _{amm}

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FIOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>272 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	272 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	272 di 275								

10 DEFINIZIONE DEI GIUNTI STRUTTURALI

Gli spostamenti di ogni struttura individuata sono calcolati secondo quanto riportato nel paragrafo 6.6.2 della presente relazione;

Per definire le distanze di separazione tra le strutture oggetto della presente relazione, che interagiscono tra loro per vicinanza e adiacenza, si riporta di seguito un riepilogo degli spostamenti massimi dei corpi messi a confronto tra loro:

10.1 Giunto strutturale Deposito FA14A – Palazzina FA14C

Spostamenti massimi – Deposito FA14A

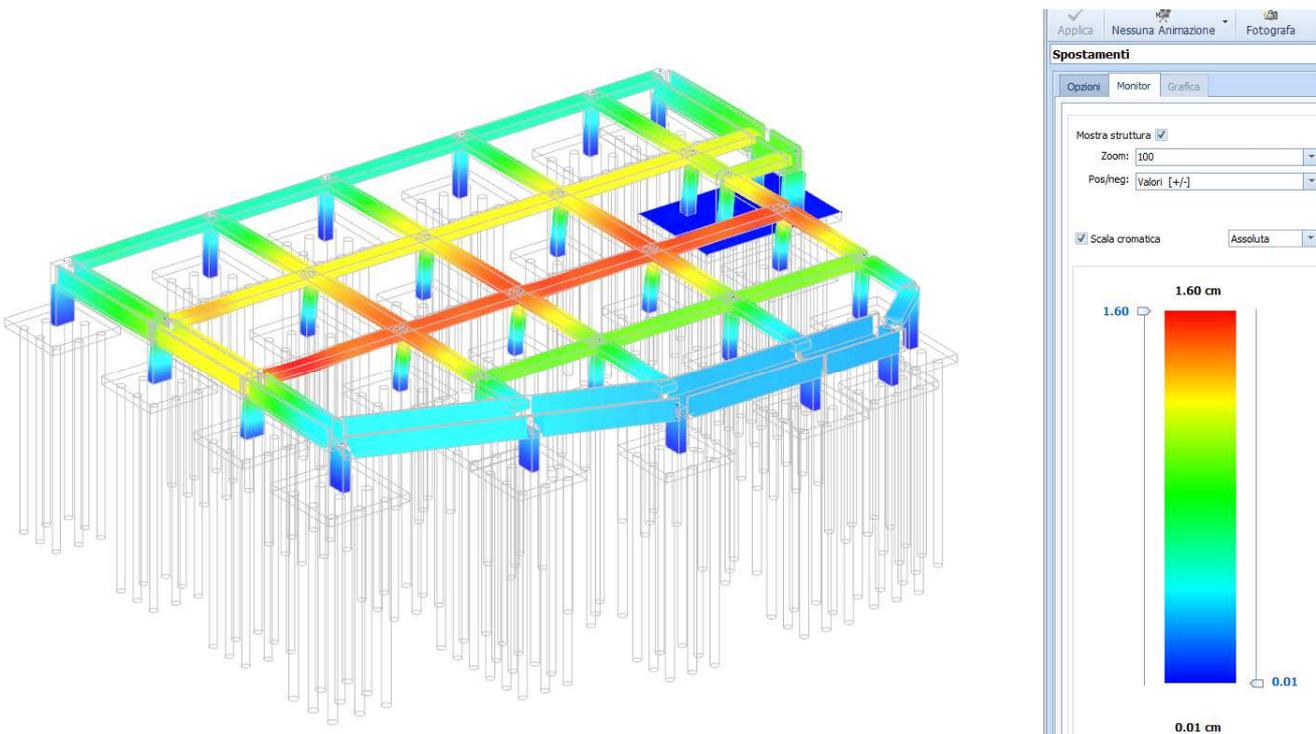


Figura 106: Spostamenti massimi allo SLU direzione X – 1.60cm

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	273 di 275

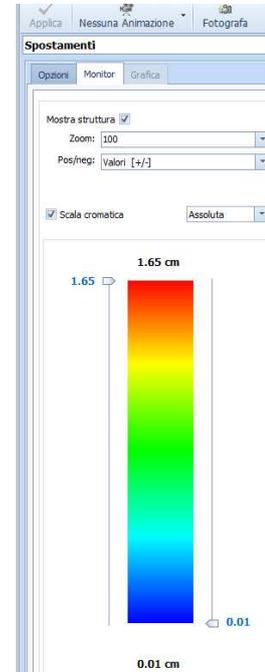
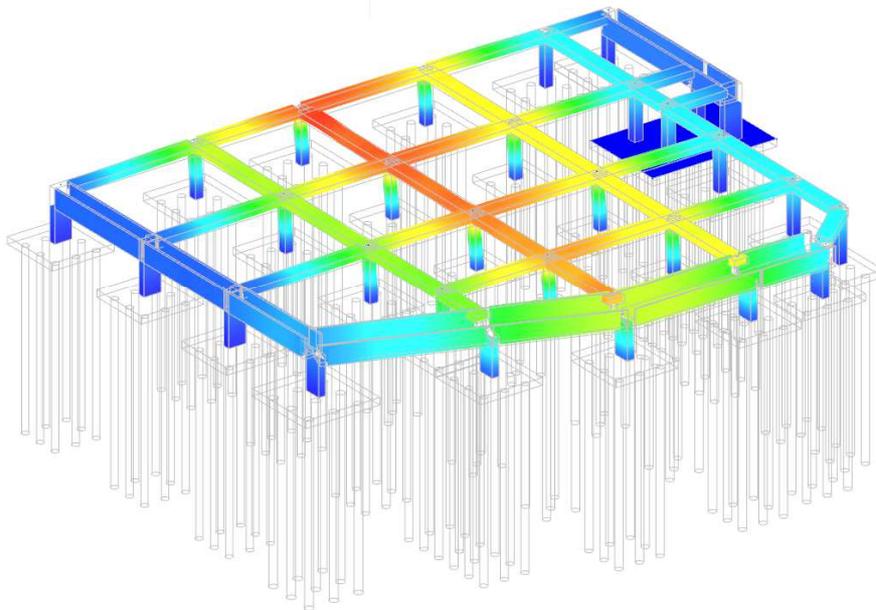


Figura 107: Spostamenti massimi allo SLU direzione Y – 1.65cm

Spostamenti massimi Palazzina FA14C

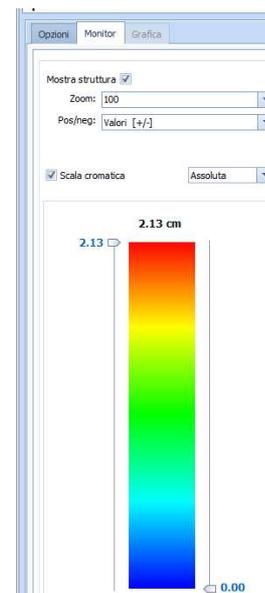
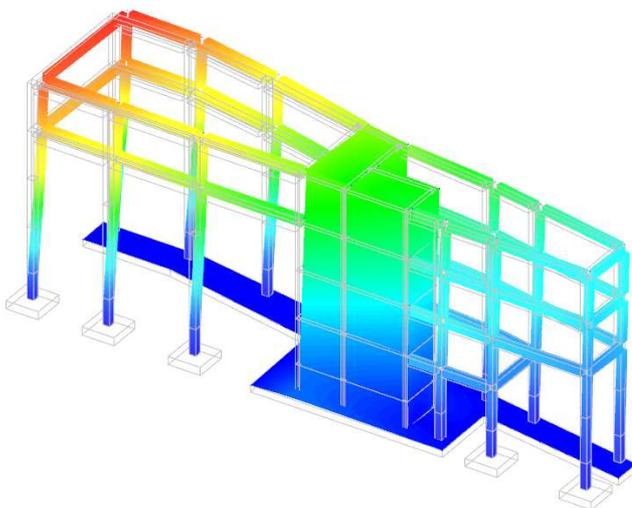


Figura 108: Spostamenti massimi allo SLU direzione X – 2.13cm

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
Relazione di calcolo strutturale	<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>06 D 10</td> <td>CL</td> <td>FA1403 002</td> <td>C</td> <td>274 di 275</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	274 di 275
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	274 di 275								

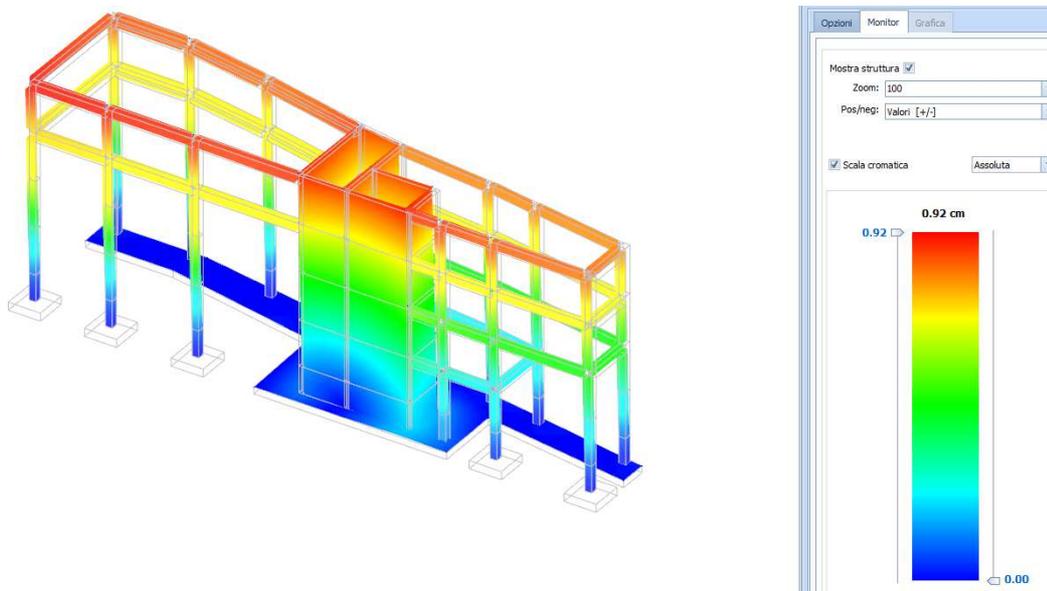


Figura 109: Spostamenti massimi allo SLU direzione Y – 0,92cm

La distanza minima tra i due edifici è determinata dalla somma dei due spostamenti nella stessa direzione, vale a dire in direzione X è pari a 3,73cm e in direzione Y è pari a 2,57cm

In via cautelativa è stato assunto un distanziamento pari a 10cm tra i due corpi di fabbrica.

10.2 Giunto strutturale Deposito FA14A – Tettoia FA14B

Spostamenti massimi – Deposito FA14A

Riferirsi al paragrafo precedente

Spostamenti massimi Tettoia FA14B

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	06 D 10	CL	FA1403 002	C	275 di 275

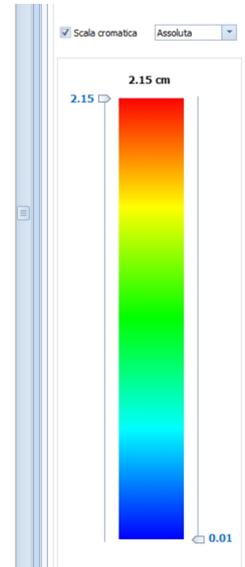
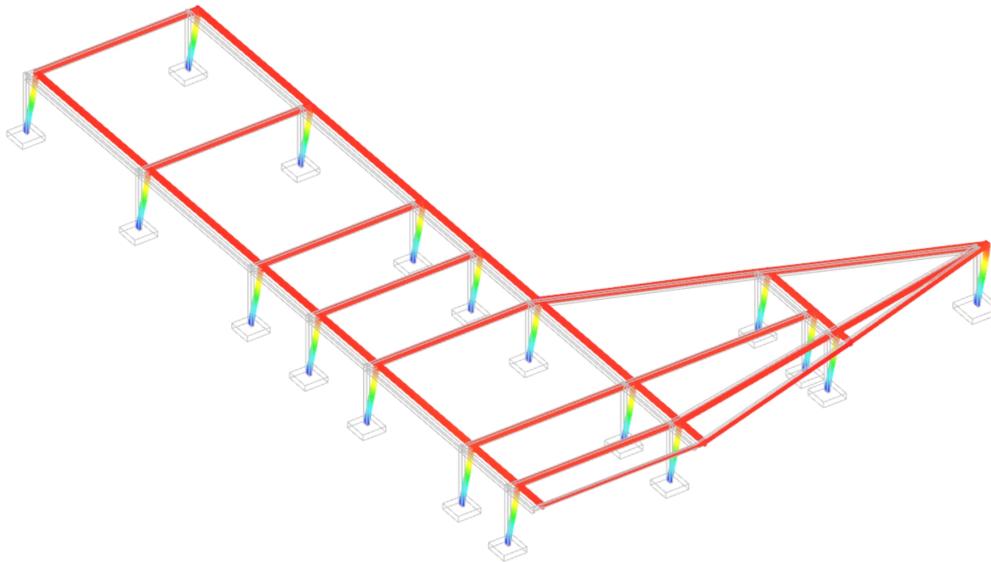


Figura 110: Spostamenti massimi allo SLU direzione X – 2.15cm

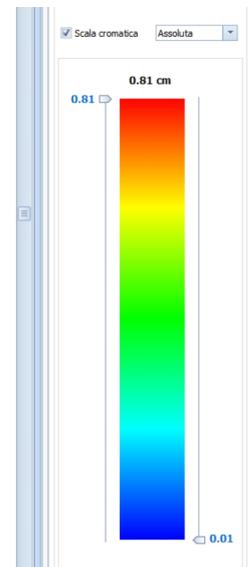
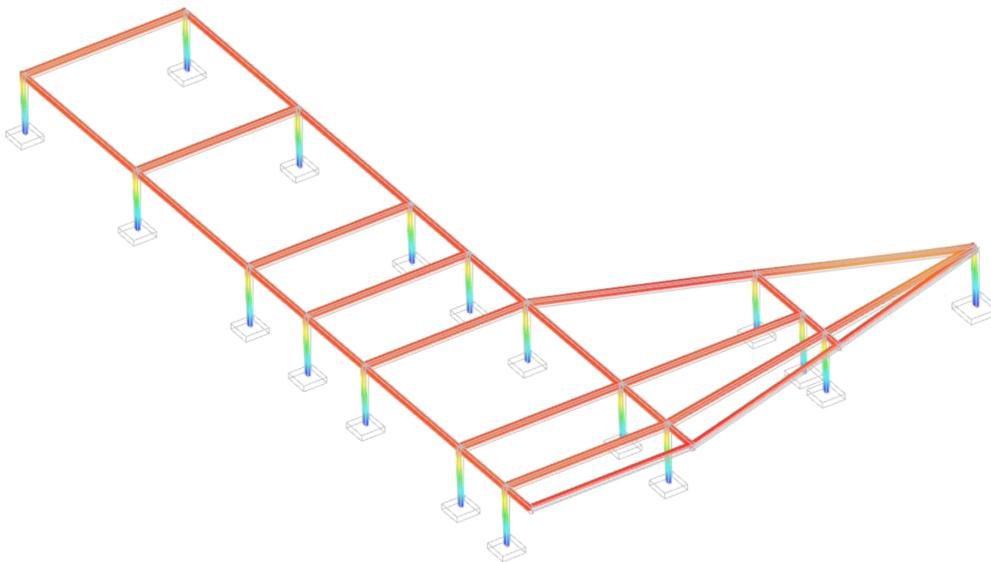


Figura 111: Spostamenti massimi allo SLU direzione Y – 0.81cm

La distanza minima tra i due edifici è determinata dalla somma dei due spostamenti nella stessa direzione, vale a dire in direzione X è pari a 3,75 cm e in direzione Y è pari a 2,46cm

In via cautelativa è stato assunto un distanziamento pari a 15cm tra i due corpi di fabbrica, per motivazioni geometriche oltre che sicurezza.