

**DIREZIONE OPERE PUBBLICHE**

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| NOME DELLA PROVINCIA<br><b>PROVINCIA DI TORINO</b>   |   | NOME DEI COMUNI/ASL<br><b>COMUNE DI PINEROLO</b>  |  |
| LIVELLO PROGETTUALE  |   | <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>   |  |
| CUP<br><b>F11B144000460001</b>   | <b>REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELL'IMPIANTO SOLARE TERMICO DEL PALAGHIACCIO DI PINEROLO</b> |   |  |
| CODICE OPERA<br><b>SCR 13L65U07A2</b>  |   |   |  |
| Tavola n. <b>020</b>   | TITOLO TAVOLA<br><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI</b>  |   |  |
| DATA<br><b>20 GENNAIO 2017</b>   | SCALA<br>-  | AREA PROGETTUALE<br><b>STRUTTURE</b>  |  |
| FORMATO ELABORATO<br><b>A4</b>   | CODICE GENERALE ELABORATO<br><b>13L65U07A 2 0 E OS 00 CD 001 0</b>  |   |  |
| NOME FILE<br><b>020_13L65U07A_2_0_E_OS_00_CD_001_0.PDF</b>   |   |   |  |
| VERSIONE   | DATA  | DESCRIZIONE   |  |
| 0  | 20 GENNAIO 2017   | Prima redazione   |  |
| <div> <div> RTP PROGETTAZIONE<br/> <b>CAPOGRUPPO:</b><br/> <b>4 U Engineering Srl</b><br/><br/> PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA:<br/> <b>Studio Pession Associato</b><br/> corso Galileo Ferraris, 60 - 10129 Torino<br/> T 011 599354 - e-mail segreteria@pession.it </div> <div>  </div> <div> COORDINAMENTO:<br/> <b>Studio Pession Associato</b><br/><br/> PROGETTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI:<br/> <b>4 U Engineering Srl</b><br/> corso Galileo Ferraris, 35 - 10121 Torino<br/> T 011 5611060 - e-mail info@4uengineering.com </div> <div>  </div> </div> |   |   |  |
| <div> <div> PROGETTAZIONE IMPIANTI MECCANICI:<br/> <b>4 U Engineering Srl</b><br/> corso Galileo Ferraris, 35 - 10121 Torino<br/> T 011 5611060 - e-mail info@4uengineering.com </div> <div>  </div> <div> PROGETTAZIONE STRUTTURALE E SICUREZZA:<br/> <b>ing. Fabio Manzone</b><br/> via Fratelli Carle, 51 - 10121 Torino<br/> T 011 5611060 - e-mail info@fabio-manzone.it </div> <div>  </div> </div>   |   |   |  |
| ORGANISMO DI CONTROLLO<br><b>Qualitech S.r.L.</b><br><br>Responsabile di Commessa: arch. Mauro Molteni   |   | S.C.R. PIEMONTE S.p.A.<br><br>Responsabile del Procedimento<br><b>Dott. Davide CERASO</b> |  |

## INDICE

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1.</b> | <b>PREFAZIONE.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>2.</b> | <b>DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE STRUTTURALI .....</b>              | <b>5</b>  |
| 2.1       | PENSILINA FOTOVOLTAICA .....   | 5         |
| 2.2       | SOPPALCO SOLARE TERMICO .....  | 5         |
| <b>3.</b> | <b>INQUADRAMENTO NORMATIVO E CLASSIFICAZIONE DELL'INTERVENTO .....</b> | <b>7</b>  |
| 3.1       | PRINCIPALE NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....                              | 7         |
| 3.2       | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....   | 8         |
| <b>4.</b> | <b>ANALISI DEI MATERIALI.....</b>                                      | <b>9</b>  |
| 4.1       | CALCESTRUZZO (STRUTTURE DI COPERTURA-AMPLIAMENTO EST).....             | 9         |
| 4.2       | ACCIAIO (STRUTTURE DI COPERTURA-AMPLIAMENTO EST).....                  | 9         |
| 4.3       | LEGNO (COPERTURA PRINCIPALE) .....                                     | 9         |
| 4.4       | CALCESTRUZZO .....   | 9         |
| 4.5       | ACCIAIO .....  | 9         |
| <b>5.</b> | <b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>                                       | <b>11</b> |
| 5.1       | PESI PROPRI.....   | 11        |
| 5.2       | CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI.....                                | 11        |
| 5.1       | CARICHI VARIABILI ACCIDENTALI .....                                    | 13        |
| 5.2       | AZIONE DELLA NEVE .....  | 13        |
| 5.3       | AZIONE DEL VENTO.....  | 14        |
| 5.4       | AZIONE SISMICA .....   | 15        |
| 5.4.1     | <i>Pensilina fotovoltaica su parcheggio .....</i>                      | <i>15</i> |
| 5.4.2     | <i>Soppalco per Solare Termico.....</i>                                | <i>19</i> |
| 5.5       | DILATAZIONI TERMICHE .....   | 26        |
| <b>6.</b> | <b>COMBINAZIONI DI CARICO.....</b>                                     | <b>27</b> |
| 6.1       | PENSILINA FOTOVOLTAICO .....   | 28        |
| 6.2       | SOPPALCO SOLARE TERMICO.....   | 30        |
| <b>7.</b> | <b>CRITERI DI MODELLAZIONE .....</b>                                   | <b>35</b> |
| 7.1       | PENSILINA FOTOVOLTAICA.....  | 35        |
| 7.2       | SOPPALCO SOLARE TERMICO.....   | 38        |
| <b>8.</b> | <b>SOLLECITAZIONI AGENTI .....</b>                                     | <b>43</b> |
| 8.1       | PENSILINA FOTOVOLTAICA.....  | 43        |
| 8.1.1     | <i>Strutture in acciaio.....</i>                                       | <i>43</i> |
| 8.1.2     | <i>Strutture in c.a. ....</i>  | <i>55</i> |
| 8.2       | SOPPALCO SOLARE TERMICO.....   | 57        |
| 8.2.1     | <i>Strutture in acciaio.....</i>                                       | <i>57</i> |
| <b>9.</b> | <b>VERIFICHE STRUTTURALI SLU .....</b>                                 | <b>69</b> |
| 9.1       | PENSILINA FOTOVOLTAICA.....  | 69        |

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 9.1.1  | Strutture in acciaio – scatolare 150x300_sp. 30-15.....   | 69  |
| 9.1.2  | Strutture in acciaio – scatolare 150x300_sp. 32-15 (campata atipica) .....                                | 72  |
| 9.1.3  | Strutture in acciaio – scatolare 100x100x5.....   | 74  |
| 9.1.4  | Strutture in acciaio – scatolare 100x200x5.....   | 78  |
| 9.1.5  | Strutture in acciaio – scatolare 100x100x10 (campata atipica) .....                                       | 81  |
| 9.1.6  | Strutture in acciaio – scatolare 100x200x10 (campata atipica) .....                                       | 84  |
| 9.1.7  | Strutture in c.a. – trave principale 80x70cm .....  | 86  |
| 9.1.8  | Strutture in c.a. – trave secondaria 50x70cm .....  | 88  |
| 9.2    | SOPPALCO SOLARE TERMICO.....  | 90  |
| 9.2.1  | Montante HEA140 .....   | 91  |
| 9.2.2  | Montante UPN160.....  | 94  |
| 9.2.3  | Montanti tozzi HEA 120 .....  | 95  |
| 9.2.4  | Travi principali IPE330.....  | 96  |
| 9.2.5  | Travi principali IPE 240.....   | 99  |
| 9.2.6  | Travi secondarie IPE 160 .....  | 102 |
| 9.2.7  | Grigliato metallico .....   | 104 |
| 9.2.8  | Parapetto .....   | 105 |
| 10.    | VERIFICHE STRUTTURALI SLE.....  | 107 |
| 10.1   | PENSILINA FOTOVOLTAICA.....   | 107 |
| 10.1.1 | Strutture in acciaio - Verifica delle deformazioni .....  | 107 |
| 10.1.2 | Verifica tensioni nel calcestruzzo .....  | 109 |
| 10.1.3 | Verifica fessurazioni nel calcestruzzo .....  | 109 |
| 10.1.4 | Verifica pressioni su terreno.....  | 112 |
| 10.2   | SOPPALCO SOLARE TERMICO.....  | 113 |
| 10.2.1 | Strutture in acciaio - Verifica delle deformazioni .....  | 113 |
| 11.    | VERIFICHE DETTAGLI E NODI COSTRUTTIVI .....   | 116 |
| 11.1   | PENSILINA FOTOVOLTAICA.....   | 116 |
| 11.1.1 | Nodo di base.....   | 116 |
| 11.1.2 | Collegamento bullonato arcareccio/mensola (campata tipica).....   | 120 |
| 11.1.3 | Collegamento bullonato arcareccio/mensola (campata atipica).....  | 121 |
| 11.1.4 | Saldatura mensola principale.....   | 121 |
| 11.1.5 | Verifica controvento.....   | 122 |
| 11.2   | SOPPALCO SOLARE TERMICO .....   | 122 |
| 11.2.1 | Nodo di base montanti HEA140 .....  | 122 |
| 11.2.2 | Unione bullonata travi principali / travi secondarie.....   | 127 |
| 11.2.3 | Unione bullonata ancoraggio montante parapetto / travi .....  | 128 |
| 11.2.4 | Verifica controventi .....  | 128 |
| 11.3   | VERIFICA ANCORAGGI LINEA VITA COPERTURA PISTA 1 .....   | 129 |
| 11.4   | FOTOVOLTAICO_VERIFICA ANCORAGGIO ELEMENTI SECONDARI AI SENSI DEL PAR. 7.2.3 E 7.2.4 DELLE NTC '08 .....   | 134 |
| 11.5   | SOLARE TERMICO_VERIFICA ANCORAGGIO ELEMENTI SECONDARI AI SENSI DEL PAR. 7.2.3 E 7.2.4 DELLE NTC '08 ..... | 137 |
| 12.    | INTERVENTI SU STRUTTURE ESISTENTI.....  | 144 |
| 12.1   | SOLARE TERMICO SU COPERTURA EST DEL PALAZZETTO .....  | 144 |
| 12.2   | FOTOVOLTAICO SU COPERTURA ESISTENTE.....  | 144 |

|             |                                   |            |
|-------------|-----------------------------------|------------|
| <b>13.</b>  | <b>ALLEGATI .....</b>             | <b>146</b> |
| <b>13.1</b> | <b>VALIDAZIONE SOFTWARE .....</b> | <b>146</b> |



## 1. PREFAZIONE

Il presente documento riporta l'analisi strutturale e le verifiche di sicurezza riguardanti le nuove strutture in conglomerato cementizio armato e carpenteria metallica da realizzarsi all'interno degli interventi in oggetto.

Nella fattispecie trattasi delle seguenti opere:

- pensiline in acciaio fondate su travi rovesce in c.a. da realizzarsi sul parcheggio a raso presente ad ovest del palasport. Su estradosso delle pensiline (prive di manto di copertura) verranno installati dei pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica.
- Soppalco/baraccatura in carpenteria metallica da realizzarsi sulla copertura est del palazzetto (a q.ta +15.53m) per l'installazione di nuovi pannelli di solare termico per la produzione di ACS. Superficie complessiva in pianta pari a ca. 123 m<sup>2</sup>

## 2. DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE STRUTTURALI

### 2.1 Pensilina Fotovoltaica

Le nuove pensiline fotovoltaiche sono costituite da strutture in carpenteria metallica su fondazioni dirette superficiali (travi di fondazione) in calcestruzzo armato gettato in opera.

La singola pensilina, tipologia standard, è costituita da num. 9 campate consecutive aventi interasse pari a 500cm.

Le pensiline A e B presentano interassi maggiori su una campata per permettere l'alloggiamento dei parcheggi disabili.

La struttura principale è realizzata da mensole monolitiche in acciaio aventi interasse pari a 500cm, altezza e larghezza pari a ca. 400cm, ancorate alle fondazioni per mezzo di tirafondi in acciaio su piastra di base (num. 12 tirafondi M22, classe 8.8). Le mensole portanti presentano sezione scatolare composta dim. 150x300mm a spessore variabile (rispettivamente 30 e 15mm).

La struttura secondaria è realizzata da arcarecci in acciaio poggianti sulle mensole ed aventi interasse pari a 75cm. Gli arcarecci sono realizzati con profili scatolari di sezione 100x100x5mm (num. 4 arcarecci interni) e sezione 100x200x5 (num. 2 arcarecci esterni). Il collegamento tra mensole principali e arcarecci secondari sarà del tipo bullonato. In corrispondenza della campata atipica avente larghezza pari a 640cm (parcheggi disabili), gli arcarecci avranno sezione 100x100x10 (interni) e 100x200x10 (esterni).

Su 2 delle 9 campate costituenti la singola pensilina, sono previsti dei tondi  $\varnothing 26$  con tenditore aventi la funzione di controventi di falda (collocati a livello di copertura) e di parete (collocati tra 2 montanti consecutivi).

In corrispondenza della campata centrale, si prevede la realizzazione di opportuni giunti bullonati (fori asolati) che permettono la dilatazione termica delle strutture lungo la direzione longitudinale della pensilina (giunto).

Le fondazioni sono costituite da travi rovesce in c.a. principali di dim. 80x70cm disposte su ogni mensola principale ed in direzione trasversale alla pensilina. Sono inoltre presenti dei cordoli di collegamento tra le travi principali aventi dimensioni 50x70cm.

**Per dettagli costruttivi e maggiori informazioni si faccia riferimento agli elaborati grafici delle opere strutturali.**

### 2.2 Soppalco Solare Termico

Si prevede l'installazione di pannelli Solari Termici nella copertura est del palazzetto (realizzata in occasione delle Olimpiadi 2006). Più precisamente i nuovi pannelli verranno installati su apposito nuovo soppalco in carpenteria metallica (superficie ca. 123 m<sup>2</sup>) collocata sulla copertura esistente a q.ta +15.53m realizzata in lastre predalles con getto di completamento (sp. 5+19+5cm) poggianti su travi e pilastri in c.a.

**La nuova struttura insiste direttamente sulle strutture esistenti verticali (setti e pilastri in c.a.).**

La nuova copertura si attesta a quota +18.53m ed offre un piano orizzontale per la posa dei nuovi

pannelli Solari Termici, come meglio specificato negli elaborati impiantistici.

La nuova struttura in carpenteria metallica è così realizzata:

- Montanti lunghi HEA140/UPN160 aventi altezza media pari a ca. 2.60 m ancorati su nuovi baggioli in c.a. che fuoriescono dal solaio di copertura a q.ta +15.53m per circa 16cm in corrispondenza dei pilastri e dei setti in c.a. esistenti presenti al livello inferiore. I nuovi baggioli saranno inghisati direttamente sulle strutture in c.a. esistenti presenti oltre il sottofondo (spessore medio 20cm). I montanti sono ancorati ai nuovi baggioli per mezzo di piastra di base spessore 20mm e num. 6 tirafondi M20 classe 8.8;  
in corrispondenza del pilastro 5 e 1 si prevede l'installazione di num. 2 profili UPN160 da installarsi su intradosso solaio ed ancorare alle travi ribassate degli allineamenti 1 e 2 che permettono la trasmissione dei nuovi carichi direttamente ai pilastri sottostanti.
- Montanti corti (HEA120) aventi lunghezza media pari a ca. 0.15m ancorati alla q.ta +18.08m sui setti e i pilastri esistenti del torrino vano scala presente nella zona est nord-est della copertura. I montanti sono ancorati ai nuovi baggioli per mezzo di piastra di base spessore 15mm e tasselli M20;
- Travi principali IPE 240 imbullonate sui montanti a realizzare num. 3 campate (2 campate in semplice appoggio, 1 campata a sbalzo verso il fronte est del palazzetto).
- Travi secondarie IPE 160 imbullonate su travi principali (luce massima pari a 3m);
- In corrispondenza dell'allineamento B è prevista l'installazione di una trave IPE 330 che riporta il carico gravante sul filo 3 direttamente sui fili 2 e 4 e permette l'eliminazione del montante in posizione filo 3 allineamento B.
- Pannelli in grigliato metallico zincato e bordato realizzati con piatto portante 30x3mm e maglia 30x51mm poggianti sulle travi secondarie.
- Montanti per parapetto realizzati in profili in carpenteria metallica imbullonati sulle travi principali e secondarie ed aventi interasse massimo pari a 180 cm. Il montante è costituito da un piatto 80x15mm.  
Tra i montanti è prevista la posa di num. 2 traversi (superiore ed intermedio) costituiti da profili tubolari  $\varnothing 48.3 \times 3.2$ mm (superiore) e  $\varnothing 33.7 \times 3.2$ mm. E' prevista inoltre una fascia ferma piede di altezza 20cm dal p.p.f.  
In caso di ancoraggio dei montanti di parapetto sulle IPE160 si prevedono delle travi IPE 160 disposte perpendicolarmente alle principali (cfr. elaborati esecutivi).
- Diagonali di controvento sul piano orizzontale costituiti da tondi  $\varnothing 20$  imbullonati su travi principali IPE 240.
- Il piano di posa dei pannelli si raggiungerà dalla q.ta +15.53 attraverso scala di accesso (scala alla marinara) collocata a ridosso del vano scala est (cfr. elaborati esecutivi).

**Per dettagli costruttivi e maggiori informazioni si faccia riferimento agli elaborati grafici delle opere strutturali.**

### 3. INQUADRAMENTO NORMATIVO E CLASSIFICAZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento viene progettato in ottemperanza alle Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14.01.2008 e s.m.i. ed in particolare del capitolo 4, 7.

Il comune di Pinerolo è classificato in **zona sismica 3s** ai sensi della classificazione emanata dalla Giunta Regionale (Deliberazione della Giunta Regionale 12 dicembre 2011, n. 4-3084).

Ai sensi della Comunicazione Ufficiale del Comune di Pinerolo (prot. 96 del 04.01.2017), l'edificio Palaghiaccio di Pinerolo, per le sole parti interne, sarà considerato come **struttura strategica-operativa** nell'aggiornamento del Piano Comunale di Protezione Civile (PCPC) che entrerà in vigore nell'immediato futuro.

Le nuove pensiline fotovoltaiche sono **nuovi interventi** e sono progettate ai sensi del cap. 4 e 7 delle NTC '08.

Il soppalco in carpenteria metallica che ospita i nuovi pannelli di solare termico è classificato ai sensi del par. 8.4 delle NTC '08 come **riparazione o intervento locale** infatti come recita il paragrafo 8.4.3 *“....In generale, gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura e interesseranno porzioni limitate della costruzione. Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati e documentare che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme..”*.

L'intervento non ricade inoltre tra i casi di adeguamento e/o miglioramento, come meglio specificato nel capitolo 12 seguente.

Le nuove strutture in acciaio si considerano in classe di esecuzione **EXC3** ai sensi della norma UNI 1090-2

#### 3.1 Principale Normativa di riferimento

- **Legge 5 novembre 1971, n. 1086** - *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica;*
- **D.M. 14 gennaio 2008** - *Approvazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni;*
- **D.M. 6 maggio 2008** - *Integrazione al decreto 14 gennaio 2008 di approvazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni.*
- **Circolare 2 febbraio 2009** *Circolare contenente le Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14 gennaio 2008*
- **Eurocodice 2** *“Progettazione delle strutture in calcestruzzo / Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici” UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005.*

- **Eurocodice 3** - *Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici*
- **UNI EN 1090-1** *Esecuzione di strutture in acciaio e alluminio – Parte 1: Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali*
- **UNI EN 1090-2** *Esecuzione di strutture in acciaio e alluminio – Parte 2: Requisiti tecnici per strutture in acciaio*

### 3.2 Documenti di riferimento

- *Calcoli definitivi delle strutture.* Relazione di Calcolo del Progetto Esecutivo redatta dall' A.T.P. SI.ME.TE S.n.c. capogruppo del team di progettazione che si è occupato della Progettazione Esecutiva delle opere che hanno interessato il Palazzetto di Pinerolo nel 2006 (Opere Olimpiche-Torino 2006).
- *Intervento di adeguamento della struttura in legno Della Copertura del palazzo polifunzionale del ghiaccio di Pinerolo (TO)* a firma dell'ing. Spatti redatta nel Gennaio 2004 e depositata presso gli Uffici ARPA Settore Progettazione Interventi Geol.-Tecn. e Sismico in data 16.06.2004 con prot. Num. 78063 comprensiva di elaborati grafici di supporto.
- Per le caratteristiche del sottosuolo (pensiline fotovoltaiche) si è fatto riferimento ai documenti *Relazione geologica, idrologica e idraulica* e *Relazione Geotecnica e Sismica* redatte dall' A.T.P. Simete s.n.c. capogruppo del team di progettazione che si è occupato della Progettazione Esecutiva delle opere che hanno interessato il Palazzetto di Pinerolo nel 2006 (Opere Olimpiche-Torino 2006).
- Elaborati grafici Progetto Esecutivo redatti dall' A.T.P. Simete s.n.c. capogruppo del team di progettazione che si è occupato della Progettazione Esecutiva delle opere che hanno interessato il Palazzetto di Pinerolo nel 2006 (Opere Olimpiche-Torino 2006).

#### 4. ANALISI DEI MATERIALI

##### Materiali esistenti

##### 4.1 Calcestruzzo (strutture di copertura-ampliamento Est)

- Calcestruzzo prefabbricato e gettato in opera per usi strutturali:  
**Classe di resistenza  $R_{ck}$  30**

##### 4.2 Acciaio (strutture di copertura-ampliamento Est)

- Acciaio in barre ad aderenza migliorata per opere in cls armato gettato in opera  
**Acciaio FeB 44 k controllato in stabilimento**

##### 4.3 Legno (copertura principale)

- Legno per rinforzi su copertura principale palazzetto  
**Legno Lamellare Classe BS14 - BS11 (DIN 1052-1/A1 ott.96)**

##### Nuovi materiali

##### 4.4 Calcestruzzo

- Calcestruzzo gettato in opera per usi non strutturali (magrone di sotto-fondazione):  
**Classe di resistenza C 12/15**
- Calcestruzzo gettato in opera per strutture di fondazione  
**Classe di resistenza C 25/30**  
Classe di esposizione XC3  
Dimensione nominale massima degli inerti  $D_{max}$  22 mm  
Classe di consistenza S3  
Copriferro (§ C4.1.6.1.3 Circ. num. 617 del 02.02.2009)  
*Barre da c.a – altri elementi – ambiente ordinario  $c_{nom} = 35 \text{ mm} < c_{min} = 40 \text{ mm}$*

##### 4.5 Acciaio

- Acciaio in barre ad aderenza migliorata per opere in cls armato gettato in opera  
**Acciaio B450C**
- Acciaio per strutture in carpenteria metallica  
**Acciaio S275 J2** zincato a caldo e verniciato
- Acciaio per strutture in carpenteria metallica (grigliato metallico)  
**Acciaio S235 JR** zincato a caldo
- Bulloni, dadi e tirafondi  
**Classe 8.8 zincati**

- Tasselli

**Meccanici adatti per cls fessurato e carichi sismici**

## 5. ANALISI DEI CARICHI

Si sono considerati i seguenti carichi agenti sulle nuove strutture:

- Pesì propri elementi strutturali
- Carichi permanenti non strutturali
- Carichi variabili accidentali
- Azione della neve
- Azione del vento
- Azione sismica
- Dilatazioni termiche

### 5.1 Pesì Propri

- Calcestruzzo armato  $25.0 \text{ kN/m}^3$  (tabella 3.1.I NTC 2008)
- Acciaio  $78.5 \text{ kN/m}^3$  (tabella 3.1.I NTC 2008)

### 5.2 Carichi Permanenti non strutturali

- Grigliato metallico  $0.30 \text{ kN/m}^2$  (piatto 30x3mm, maglia 30x51mm)
- Pannelli fotovoltaico  $0.15 \text{ kN/m}^2$   
(comprensivo di pannelli, sottostruttura di ancoraggio e collegamenti elettrici).

Il carico derivante dall'installazione del nuovo impianto fotovoltaico è stato valutato considerando:

- \*Pannello in silicio monocristallino di superficie pari a ca.  $1.64 \text{ m}^2$  e peso di 16,80 kg, di cui si riporta tabella con caratteristiche estratta dalla Relazione Descrittiva Impianti elettrici:



|                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| Tipo materiale            | Silicio monocristallino |
| Potenza di picco [W]      | 305.0 W                 |
| Im [A]                    | 9.52                    |
| Isc [A]                   | 10.10                   |
| Efficienza [%]            | 18.60                   |
| Vm [V]                    | 32.10                   |
| Voc [V]                   | 40.00                   |
| Coeff. Termico Voc [%/°C] | -0.2900                 |
| Coeff. Termico Isc [%/°C] | 0.040                   |
| NOCT [°C]                 | 45.0                    |
| Vmax [V]                  | 1 000.00                |
| Lunghezza [mm]            | 1 640.00                |
| Larghezza [mm]            | 1 000.00                |
| Superficie [m²]           | 1.640                   |
| Spessore [mm]             | 35.00                   |
| Peso [kg]                 | 16.80                   |
| Numero celle              | 60                      |

- Sottostruttura con sistema di fissaggio in alluminio, cablaggi, inverter ecc, peso circa 5 kg/pannello.

- Totale peso pannello FV + sottostruttura e cavi elettrici = 21,8kg/pannello = 13.2 kg/m<sup>2</sup>, a favore di sicurezza si approssima a ca. **15 kg/m<sup>2</sup>** (nei calcoli e nelle verifiche strutturali è stato considerato un peso pari a ca. 20 kg/m<sup>2</sup>).

- Pannelli solare termico **0.35 kN/m<sup>2</sup>**  
(comprensivo di pannelli, sottostruttura di ancoraggio e collegamenti).

Il carico derivante dall'installazione del nuovo impianto fotovoltaico è stato valutato considerando:

- \*Pannello solare termico installato con inclinazione di ca. 40° rispetto all'orizzontale ed avente superficie pari a 2.58 m<sup>2</sup>, 1.98 m<sup>2</sup> proiettato sull'orizzontale. Il peso totale al m<sup>2</sup> risulta esser pari a 38+1.45= 40 kg/pannello >> 20.2 kg/m<sup>2</sup>

| Collector type          | Flat collector |                  |      |
|-------------------------|----------------|------------------|------|
| Mounting type           |                | On-roof mounting |      |
| Gross area              | m <sup>2</sup> | 2.57             |      |
| Aperture area           | m <sup>2</sup> | 2.26             |      |
| Absorber area           | m <sup>2</sup> | 2.30             |      |
| Length                  | mm             | 2079             | 1240 |
| Width                   | mm             | 1240             | 2079 |
| Height                  | mm             | 95               |      |
| Weight empty            | kg             | 38               | 38.5 |
| Collector capacity      | l              | 1.45             | 1.72 |
| Max. operating pressure | bar            | 10               |      |
| Idle temperature        | °C             | 174              |      |

- Sottostruttura con sistema di fissaggio in alluminio, cablaggi, inverter ecc, peso circa 18 kg/pannello >>> 9.09 kg/m<sup>2</sup>

- Totale peso pannello ST + sottostruttura e cavi elettrici = 58 kg/pannello = 29.3 kg/m<sup>2</sup>, a favore di sicurezza si approssima a ca. **35 kg/m<sup>2</sup>**

(a favore di sicurezza, nei calcoli è stato considerato il carico di 35 kg/m<sup>2</sup> applicato sull'intera superficie del soppalco. Tuttavia nella realtà, il ST occupa circa il 70% della sup. in pianta, riducendo sensibilmente il carico agente per unità di superficie).

## 5.1 Carichi variabili accidentali

- Manutenzione copertura 0.50 kN/m<sup>2</sup> verticale  
1.00 kN/m spinta orizzontale  
(cat. H1, *tabella 3.1.11 NTC 2008*)

## 5.2 Azione della Neve

### Dati del sito

- Regione Piemonte
- Provincia Torino
- Comune Pinerolo
- Ubicazione Zona I
- Quota sito s.l.m. 376 m
- Topografia Normale
- Coefficiente di esposizione C<sub>E</sub>: 1
- Coefficiente termico C<sub>t</sub>: 1.00
- Valore car. di carico neve al suolo q<sub>sk</sub>= 1.76 kN/m<sup>2</sup> (T<sub>R</sub>=50anni)

- Angolo  $\alpha$  della falda sull'orizzontale  $\alpha \approx 13^\circ$  (pensiline)  
 $\alpha \approx 0^\circ$  (soppalco solare termico)
- Coefficiente di forma  $\mu_1 = 0.80$
- Carico neve  $q = 1.41 \text{ kN/m}^2$

### 5.3 Azione del vento

#### Dati sito:

- Regione Piemonte
- Provincia Torino
- Comune Pinerolo
- $V_{b,0}$  25.00 m/s
- $a_0$  1000 m
- $k_a$   $0.01 \text{ s}^{-1}$
- Zona di esposizione 1
- Classe di rugosità B
- Distanza dalla costa  $> 30 \text{ km}$
- Categoria di esposizione **IV**
- $K_r$  0.22
- $z_0$  0.3 m
- $z_{\min}$  8.0 m
- $c_t$  1 m
- Quota s.l.m. 376 m
- Pressione cinetica di riferimento  $q_b = 391.20 \text{ N/m}^2$
- Pendenza falda  $\alpha$   $\alpha \approx 13^\circ$  (pensilina fotovoltaica)  
 $\alpha \approx 0^\circ$  (soppalco solare termico,  $40^\circ$  inclinazione pannello solare)
- Altezza edificio sul p.c. 4 m (pensilina fotovoltaica)  
18 m (soppalco solare termico)
- Tempo di ritorno  $T_R$  50 anni
- Coef. dinamico  $c_d$  1.00
- Coef. topografico  $c_t$  1.00
- Coef. di esposizione  $c_e$  1.634 ( $z=8\text{m}$ )  
2.2 ( $z=18\text{m}$ )
- Coef. di pressione  $c_{pe}$   $1.2^*(1+\sin\alpha)$  (par. C3.3.10.3, Circ. 617 del 02.02.2009)

1.47 (pensilina fotovoltaica)

1.59 (soppalco solare termico, si considera la presenza di più file di pannelli con riduzione del coef. di pressione del 25%)

- Pressione del vento  $P = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$  (agente in pressione e depressione)

$$P_{\text{pensilina}} = q_b \times C_e \times C_p \times c_d = 391.20 \times 1.634 \times 1.47 \times 1 = \pm 94 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$$

$$= \pm 136.8 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$$

- $P_{\text{soppalco}} = q_b \times C_e \times C_p \times c_d = 391.20 \times 2.2 \times 1.59 \times 1$   
(agente perpendicolare al pannello in pressione e depressione)

- Coef. di attrito 0.02
- Azione tangenziale del vento  $P_f = c_e \times q_b \times c_f = 1.30 \text{ daN/m}^2$  (pensiline fotovoltaico)

#### 5.4 Azione Sismica

Vengono riportate nel seguito le ipotesi di calcolo adottate per l'analisi sismica delle nuove strutture (Pinerolo risulta essere in zona sismica 3S).

Per le caratteristiche del sottosuolo (pensiline fotovoltaiche) si faccia riferimento ai documenti *Relazione geologica, idrologica e idraulica* e *Relazione Geotecnica e Sismica* redatte dall'A.T.P. Simete s.n.c. capogruppo del team di progettazione che si è occupato della Progettazione Esecutiva delle opere che hanno interessato il Palazzetto di Pinerolo nel 2006 (Opere Olimpiche-Torino 2006).

##### 5.4.1 Pensilina fotovoltaica su parcheggio

Definizione del calcolo

Tipo di analisi:

Normativa di riferimento:

**Masse - Modalità di Analisi**

Metodo di Calcolo utilizzato per l'analisi spettrale:

☒ Analisi Spettrale Standard (SunSpace Iteration). Tieni conto delle possibili masse eccentriche tramite:☐ Analisi Semplificata (Annex A EC8)☒ Valutazione dei modi di vibrare 'eccentrici'☐ Analisi Spettrale via vettori di Ritz

Smorzamento percentuale della struttura ( 5 = 5 % )

5

☐ Se non presenti i solai esegui un'analisi semplificata (aggiunta di momenti torcenti statici addizionali)

Calcolo delle Masse agenti sulla Struttura:

☐ Nel caso di Analisi Dinamica con l'ipotesi di solai infinitamente rigidi considera le masse dei nodi liberi☐ Considera una possibile eccentricità del centro di massa rispetto al baricentro delle masse calcolato:

Percentuale della massa totale che può risultare eccentrica (100=100%)

100

Spostamento percentuale del centro di massa rispetto al baricentro (5 = 5 %)

5

Psi..

|   | Condizione di carico            | Fattore di partecipazione |
|---|---------------------------------|---------------------------|
| 1 | Cond. 1_pp autogen              | 1                         |
| 2 | Cond. 2_perm 20kg/mq            | 1                         |
| 3 | Cond. 3_neve 1410 kg/mq         | 0                         |
| 4 | Cond. 4_vento press 94 kg/mq    | 0                         |
| 5 | Cond. 5_vento depress -94 kg/mq | 0                         |
| 6 | Cond. 5_vento x                 | 0                         |

Direzioni di ingresso del sisma (inserire un angolo negativo per il sisma verticale):

01.57077 [rad]

**Commenti alle direzioni di ingresso del sisma**

Commenti alle direzioni di ingresso del sisma:

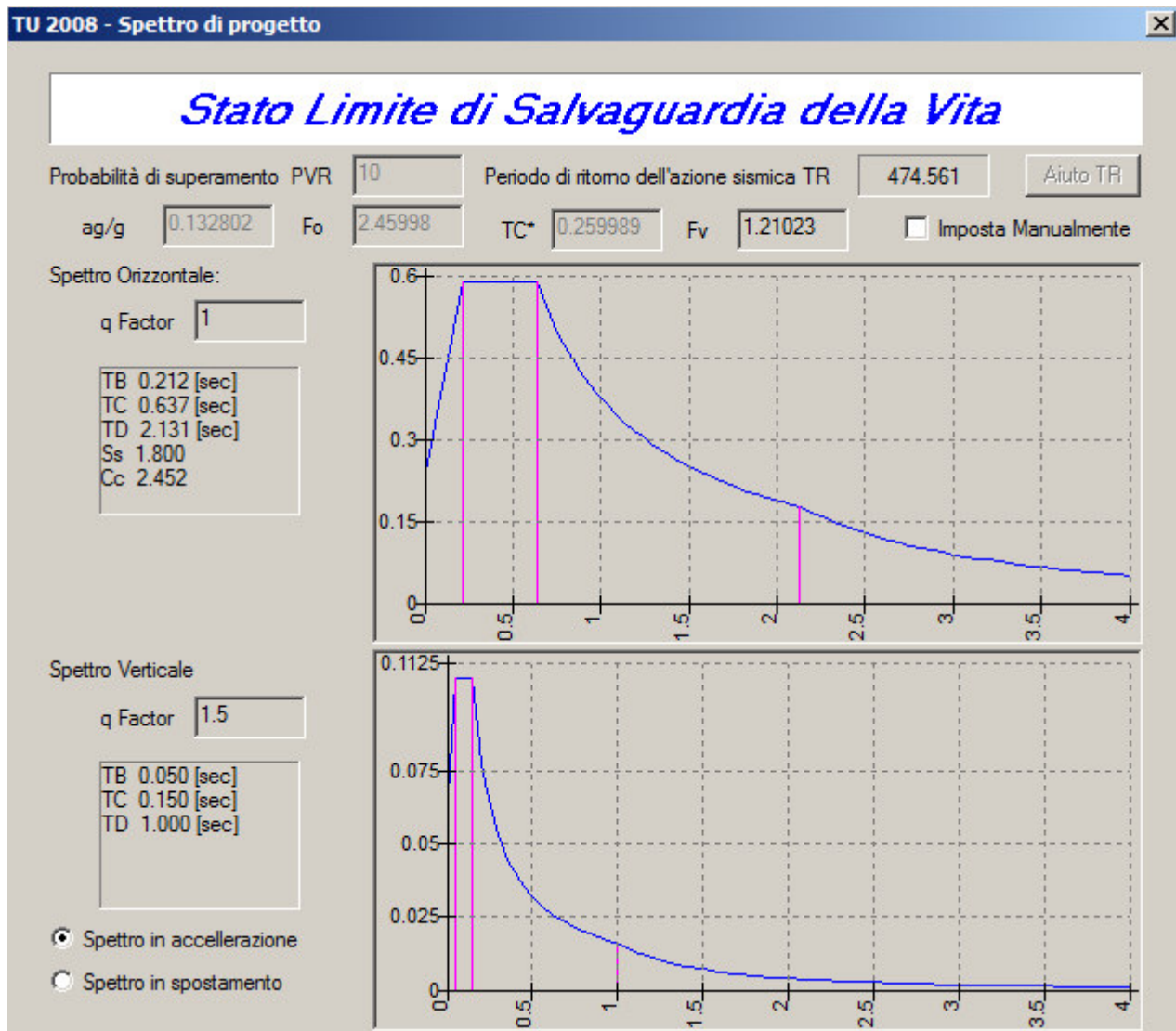
|   | Angolo di ingresso del sisma [rad] | Commento |
|---|------------------------------------|----------|
| 1 | 0,000                              | Sisma 0  |
| 2 | 1,571                              | Sisma 90 |

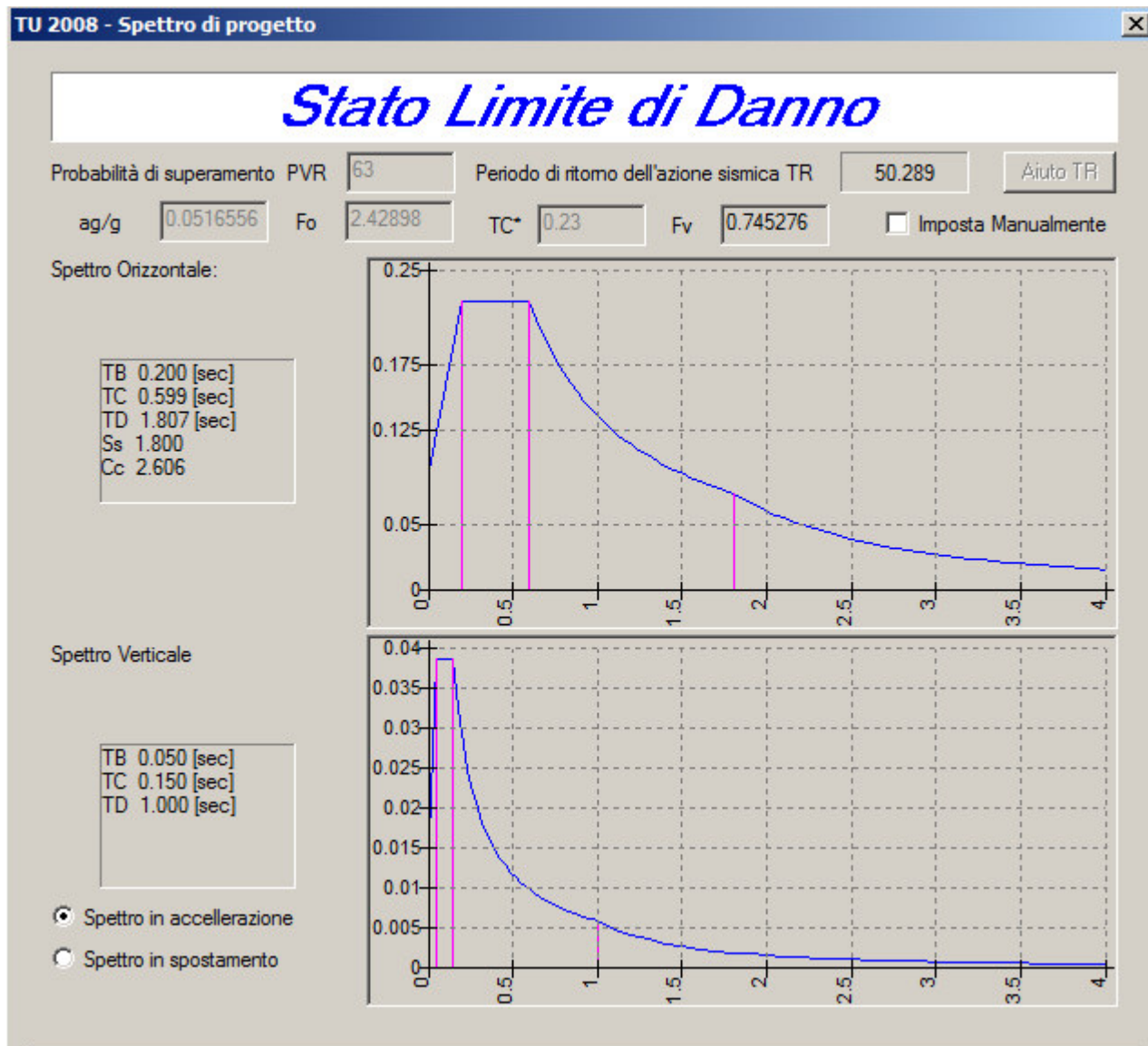
| TU 2008 - Microzonazione   |   |
|--|---|
| Ubicazione   | <input type="text" value="Pinerolo TO"/>                |
| Latitudine   | <input type="text" value="44.8861"/>                    |
| Longitudine  | <input type="text" value="7.33278"/>                    |
| <input type="checkbox"/> Usa un'interpolazione bilineare sul reticolo al posto di quella (pesata) proposta dalla norma |   |
| <input type="button" value="Lista dei comuni Italiani"/>   | <input type="button" value="Localizza con Google Map"/> |

| TU 2008 - Dati generali   |   |
|---|---|
| Tipo di suolo:  | <input type="text" value="D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente cons"/>                              |
| Condizioni Topografiche   | <input type="text" value="T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media &lt;math&gt;i = 15^\circ&lt;/math&gt;"/>                  |
| Coefficiente di amplificazione topografica ST   | <input type="text" value="1"/>  |
| Vita Nominale   | <input type="text" value="Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza (&lt;math&gt;\geq 50&lt;/math&gt; ann"/> |
| Vita nominale della struttura VN (anni)   | <input type="text" value="50"/>   |
| Classe d'Uso  | <input type="text" value="Il Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza fi"/>                         |
| Coefficiente d'uso CU   | <input type="text" value="1"/>  |
| <input type="checkbox"/> Struttura da progettare e verificare in alta duttilità (CDA) |   |
| Fattore di struttura per sisma Orizzontale  |   |
| valore massimo del fattore di struttura $q_0$   | <input type="text" value="1"/>  |
| $\alpha_u/\alpha_1$   | <input type="text" value="1"/>  |
| fattore di struttura $q$  | <input type="text" value="1"/>  |
| Kr  | <input type="text" value="1"/>  |
| Kw  | <input type="text" value="1"/>  |







#### 5.4.2 Soppalco per Solare Termico



**Definizione del calcolo**

Tipo di analisi: **Analisi Statica e Dinamica Modale senza Condensazione di Piano**

Normativa di riferimento: **Stati Limite T.U. 2008**

☐ Esegui il controllo degli elementi a comportamento monolatero
 ☐ Esegui il calcolo P-Delta

☐ Tieni conto dell'eccentricità degli assi baricentrici
 ☐ Salva le azioni correlative ai modi di vibrare

☐ Considera la riduzione della capacità taglianti/flessionali delle sezioni definite

Combinazione di carico di riferimento per il calcolo delle azioni assiali nell'analisi di Buckling: **1**

|    | Commenti alle Condizioni di Carico | Tipologia      | $\Psi_0$ | $\Psi_1$ | $\Psi_2$ |
|----|------------------------------------|----------------|----------|----------|----------|
| 1  | Cond. 1_pp autogenerato            | G - Permanenti | 1,000    | 1,000    | 1,000    |
| 2  | pp grigliato 21 kg/mq              | G - Permanenti | 1,000    | 1,000    | 1,000    |
| 3  | pp s.t. 35 kg/mq                   | G - Permanenti | 1,000    | 1,000    | 1,000    |
| 4  | neve 141 kg/mq                     | Q - Variabili  | 1,000    | 1,000    | 1,000    |
| 5  | vento verticale 105 kg/mq          | Q - Variabili  | 1,000    | 1,000    | 1,000    |
| 6  | vento y+ 63 kg/mq                  | Q - Variabili  | 1,000    | 1,000    | 1,000    |
| 7  | vento x+ 63 kg/mq                  | Q - Variabili  | 1,000    | 1,000    | 1,000    |
| 8  | vento y+ .9 kg/mq                  | Q - Variabili  | 1,000    | 1,000    | 1,000    |
| 9  | vento x+ .9 kg/mq                  | Q - Variabili  | 1,000    | 1,000    | 1,000    |
| 10 | sovraccarico copertura 50 kg/mq    | Q - Variabili  | 1,000    | 1,000    | 1,000    |
| 11 | delta T 25°                        | X - Altro      | 1,000    | 1,000    | 1,000    |

☒ Sovrascrivi sempre il commento alle condizioni di carico sismiche.

**Masse - Modalità di Analisi**

Metodo di Calcolo utilizzato per l'analisi spettrale:

☐ Analisi Spettrale Standard (SunSpace Iteration). Tieni conto delle possibili masse eccentriche tramite:  
☐ Analisi Semplificata (Annex A EC8) ☒ Valutazione dei modi di vibrare 'eccentrici'

☒ Analisi Spettrale via vettori di Ritz

Smorzamento percentuale della struttura (  $5 = 5\%$  )

☐ Se non presenti i solai esegui un'analisi semplificata (aggiunta di momenti torcenti statici addizionali)

Calcolo delle Masse agenti sulla Struttura:

☐ Nel caso di Analisi Dinamica con l'ipotesi di solai infinitamente rigidi considera le masse dei nodi liberi  
☐ Considera una possibile eccentricità del centro di massa rispetto al baricentro delle masse calcolato:

Percentuale della massa totale che può risultare eccentrica (100=100%)

Spostamento percentuale del centro di massa rispetto al baricentro (  $5 = 5\%$  )

|    | Condizione di carico            | Fattore di partecipazione |
|----|---------------------------------|---------------------------|
| 1  | Cond. 1_pp autogenerato         | 1                         |
| 2  | pp grigliato 21 kg/mq           | 1                         |
| 3  | pp s.t. 35 kg/mq                | 1                         |
| 4  | neve 141 kg/mq                  | 0                         |
| 5  | vento verticale 105 kg/mq       | 0                         |
| 6  | vento y+ 63 kg/mq               | 0                         |
| 7  | vento x+ 63 kg/mq               | 0                         |
| 8  | vento y+ .9 kg/mq               | 0                         |
| 9  | vento x+ .9 kg/mq               | 0                         |
| 10 | sovraccarico copertura 50 kg/mq | 0                         |
| 11 | delta T 25°                     | 0                         |

Direzioni di ingresso del sisma (inserire un angolo negativo per il sisma verticale):

**TU 2008 - Microzonazione**

Ubicazione

Latitudine

Longitudine

☐ Usa un'interpolazione bilineare sul reticolo al posto di quella (pesata) proposta dalla norma

**TU 2008 - Dati generali**

Tipo di suolo: **D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consolidati**

Condizioni Topografiche: **T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i = 15^\circ$**

Coefficiente di amplificazione topografica ST: **1**

Vita Nominale: **Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza ( $\geq 50$  anni)**

Vita nominale della struttura VN (anni): **50**

Classe d'Uso: **IV Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della**

Coefficiente d'uso CU: **2**

☐ Struttura da progettare e verificare in alta duttilità (CDA)

Fattore di struttura per sisma Orizzontale

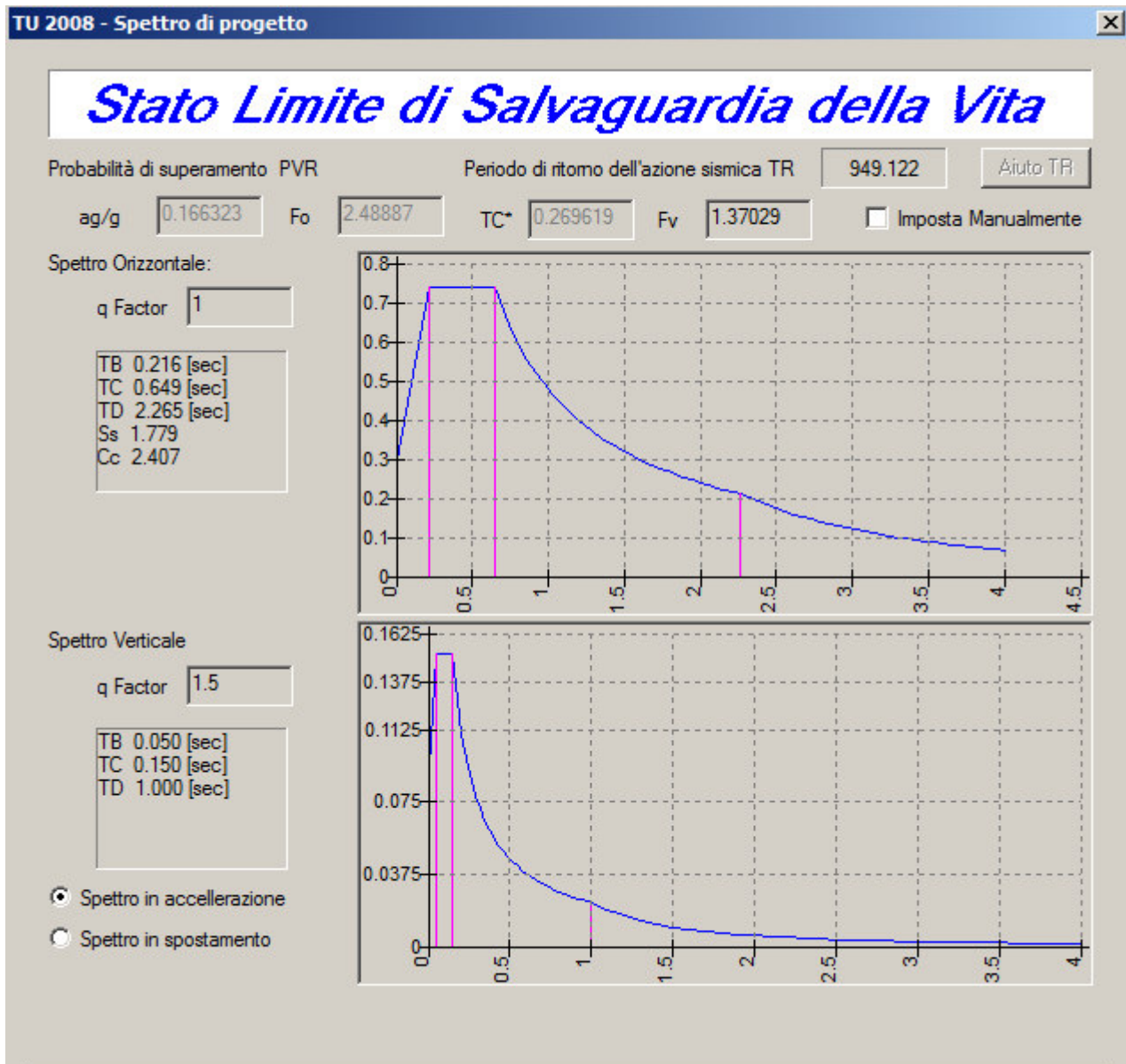
|   |          |       |          |
|---|----------|-------|----------|
| valore massimo del fattore di struttura $q_0$ | <b>1</b> | $K_r$ | <b>1</b> |
| $\alpha_u/\alpha_1$                           | <b>1</b> | $K_w$ | <b>1</b> |
| fattore di struttura $q$                      | <b>1</b> |       |          |

Fattore di struttura per sisma Verticale

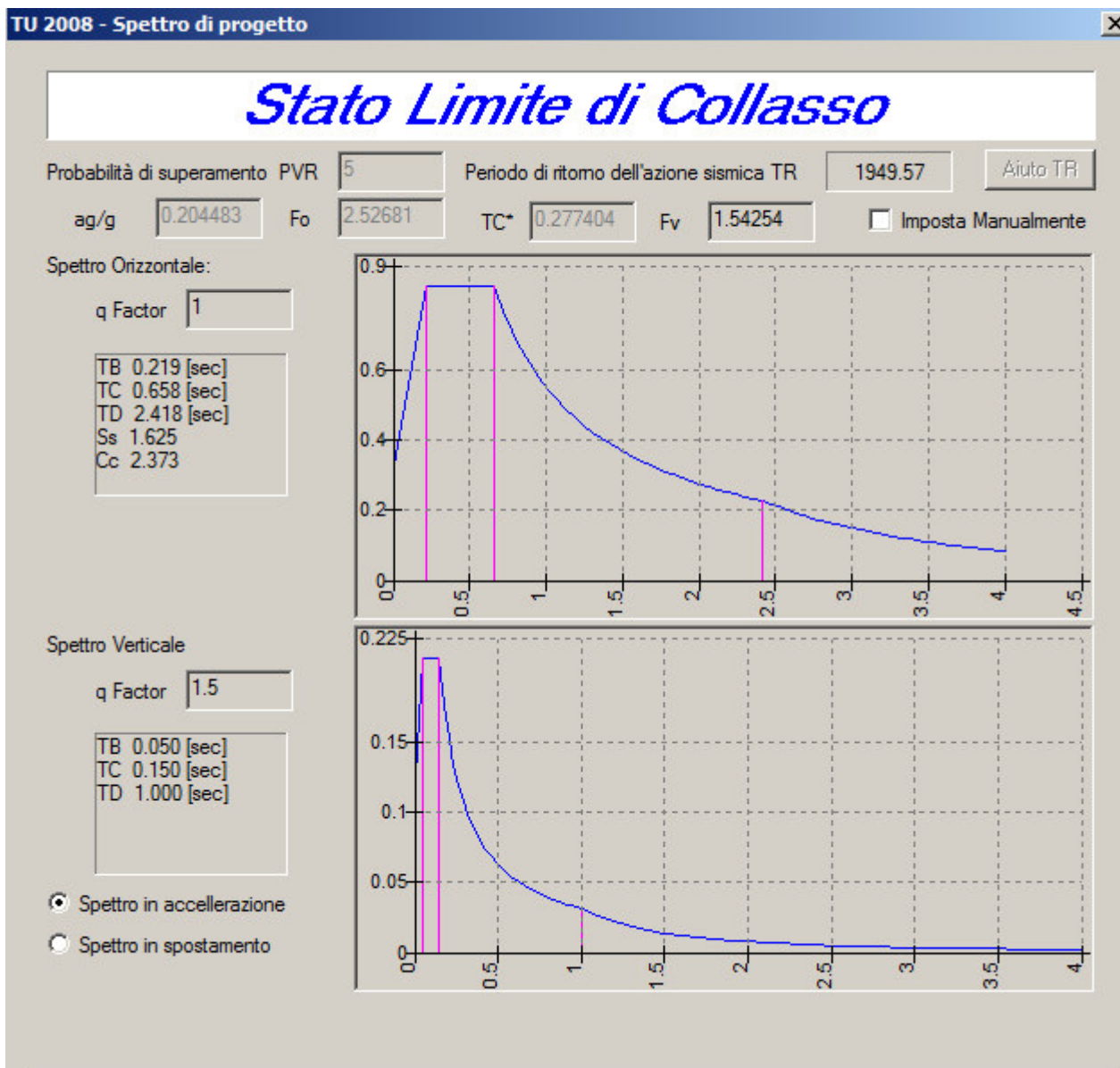
fattore di struttura  $q$ : **1.5**

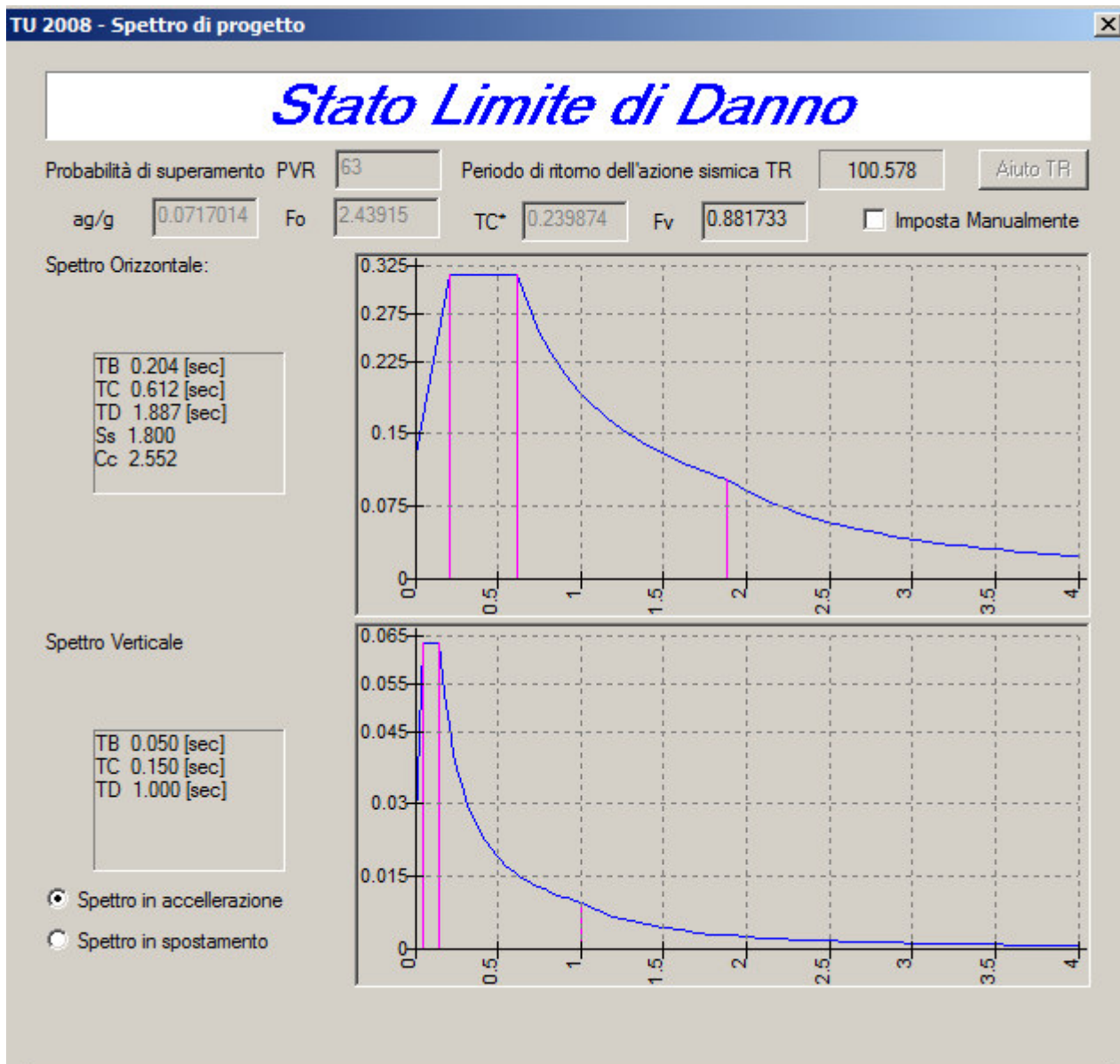
Strutture isolate:

☐ Abbatti lo spettro per  $T > 0.8 T_{is}$ : **1.50 [s]** Smorzamento equivalente  $\xi_{eq}$ : **5**











### 5.5 Dilatazioni termiche

Si considera la diversa dilatazione termica del materiale acciaio:

- Coeff. dilatazione termica acciaio  $12 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
- $\Delta T$   $\pm 25^\circ$

(strutture in acciaio esposte, cfr. par. 3.5 NTC '08)

## 6. COMBINAZIONI DI CARICO

Sono state prese in considerazione le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione Fondamentale (SLU)

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_1 + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_2$$

dove:

- $G_1$  = pesi propri
- $\gamma_{G1} = 1.3$
- $G_2$  = carichi permanenti non strutturali compiutamente definiti
- $\gamma_{G2} = 1.3$
- $Q_1$  = carichi accidentali
- $\gamma_{Q1} = 1.5$
- $\psi_{02} = 0$  (categoria H) 0.5 (neve) 0.6 (vento e variazioni termiche)

- Combinazione rara (SLE)

$$\gamma_{G1} + G_2 + Q_1 + \psi_{02} Q_2$$

dove:

- $\psi_{02} = 0$  (categoria H) 0.5 (neve) 0.6 (vento e variazioni termiche)

- Combinazione frequente (SLE)

$$G_1 + G_2 + \psi_{11} Q_1 + \psi_{21} Q_1$$

dove:

- $\psi_{11} = 0$  (categoria H) 0.2 (neve, vento e variazioni termiche)
- $\psi_{21} = 0$  (categoria H, neve, vento e variazioni termiche)

- Combinazione quasi permanente (SLE)

$$G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_1$$

dove:

- $\psi_{21} = 0$  (categoria H, neve, vento e variazioni termiche)

- Combinazione Sismica

$$E + G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_1$$

dove:

- $\psi_{21} = 0$  (categoria H, neve, vento e variazioni termiche)



Si avranno pertanto le seguenti combinazioni di carico:

## 6.1 Pensilina Fotovoltaica

### Condizione

|    |                                 |
|----|---------------------------------|
| 1  | Cond. 1_pp autogen              |
| 2  | Cond. 2_perm 20kg/mq            |
| 3  | Cond. 3_neve 1410 kg/mq         |
| 4  | Cond. 4_vento press 94 kg/mq    |
| 5  | Cond. 5_vento depress -94 kg/mq |
| 6  | Cond. 5_vento x                 |
| 7  | delta T 25°                     |
| 8  | Sisma 0SLV                      |
| 9  | Sisma 90SLV                     |
| 10 | Sisma 0SLD                      |
| 11 | Sisma 90SLD                     |

### Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

#### Combinazione di carico numero

|    |                     |
|----|---------------------|
| 1  | SLU_neve vento+     |
| 2  | SLU_neve vento -    |
| 3  | SLU_vento+ neve     |
| 4  | SLU_vento- neve     |
| 5  | SLU_vento press     |
| 6  | SLU_vento depre     |
| 7  | SLU_vento x         |
| 8  | SLU_vento x +neve   |
| 9  | SLU_+deltaT + vento |
| 10 | SLU_-deltaT + vento |
| 11 | SLU_+deltaT - vento |
| 12 | SLU_-deltaT - vento |
| 13 |                     |

| Comb.\Cond | 1   | 2   | 3    | 4   | 5   | 6 | 7   |
|------------|-----|-----|------|-----|-----|---|-----|
| 1          | 1.3 | 1.3 | 1.5  | 0.9 |     |   | 0.9 |
| 2          | 1.3 | 1.3 | 1.5  |     | 0.9 |   | 0.9 |
| 3          | 1.3 | 1.3 | 0.75 | 1.5 |     |   | 0.9 |
| 4          | 1.3 | 1.3 | 0.75 |     | 1.5 |   | 0.9 |

Combinazione di carico numero

|    |     |     |      |     |     |      |
|----|-----|-----|------|-----|-----|------|
| 5  | 1.3 | 1.3 | 1.5  | 0.9 |     |      |
| 6  | 1.3 | 1.3 | 1.5  | 0.9 |     |      |
| 7  | 1.3 | 1.3 | 1.5  | 0.9 |     |      |
| 8  | 1.3 | 1.3 | 0.75 | 1.5 | 0.9 |      |
| 9  | 1.3 | 1.3 | 0.75 | 0.9 | 0.9 | 1.5  |
| 10 | 1.3 | 1.3 | 0.75 | 0.9 | 0.9 | -1.5 |
| 11 | 1.3 | 1.3 | 0.75 | 0.9 | 0.9 | 1.5  |
| 12 | 1.3 | 1.3 | 0.75 | 0.9 | 0.9 | -1.5 |
| 13 |     |     |      |     |     | 1    |

Combinazioni agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita

Combinazione di carico numero

|            |   |   |     |              |
|------------|---|---|-----|--------------|
| 14         |   |   |     | Sisma 0 / 90 |
| 15         |   |   |     | Sisma 90 / 0 |
| Comb.\Cond | 1 | 2 | 8   | 9            |
| 14         | 1 | 1 | 1   | 0.3          |
| 15         | 1 | 1 | 0.3 | 1            |

Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero

|            |   |   |     |     |     |     |                         |
|------------|---|---|-----|-----|-----|-----|-------------------------|
| 16         |   |   |     |     |     |     | SLERar_neve vento+      |
| 17         |   |   |     |     |     |     | SLERar_neve vento-      |
| 18         |   |   |     |     |     |     | SLERar_vento+ neve      |
| 19         |   |   |     |     |     |     | SLERar_vento- neve      |
| 20         |   |   |     |     |     |     | SLERar_vento press      |
| 21         |   |   |     |     |     |     | SLERar_vento depre      |
| 22         |   |   |     |     |     |     | SLERar_delta T + vento  |
| 23         |   |   |     |     |     |     | SLERar_-delta T + vento |
| 24         |   |   |     |     |     |     | SLERar_delta T - vento  |
| 25         |   |   |     |     |     |     | SLERar_-delta T - vento |
| Comb.\Cond | 1 | 2 | 3   | 4   | 5   | 6   | 7                       |
| 16         | 1 | 1 | 1   | 0.6 |     | 0.6 |                         |
| 17         | 1 | 1 | 1   |     | 0.6 | 0.6 |                         |
| 18         | 1 | 1 | 0.5 | 1   |     | 0.6 |                         |
| 19         | 1 | 1 | 0.5 |     | 1   | 0.6 |                         |
| 20         | 1 | 1 |     | 1   |     | 0.6 |                         |

#### Combinazione di carico numero

|    |   |   |     |     |
|----|---|---|-----|-----|
| 21 | 1 | 1 | 1   | 0.6 |
| 22 | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 |
| 23 | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 |
| 24 | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 |
| 25 | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 |

#### Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

##### Combinazione di carico numero

|    |              |
|----|--------------|
| 26 | SLEfr_neve   |
| 27 | SLEfr_vento+ |
| 28 | SLEfr_vento- |
| 29 | + delta T    |
| 30 | - delta T    |

Comb.\Cond 1 2 3 4 5 6 7

|    |   |   |     |     |     |     |     |
|----|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| 26 | 1 | 1 | 0.2 |     |     |     |     |
| 27 | 1 | 1 |     | 0.2 |     | 0.2 |     |
| 28 | 1 | 1 |     |     | 0.2 | 0.2 |     |
| 29 | 1 | 1 |     |     |     |     | 0.5 |
| 30 | 1 | 1 |     |     |     |     | 0.5 |

#### Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

##### Combinazione di carico numero

|    |        |
|----|--------|
| 31 | SLE_qp |
|----|--------|

Comb.\Cond 1 2

|    |   |   |
|----|---|---|
| 31 | 1 | 1 |
|----|---|---|

#### Combinazioni agli Stati Limite di Danno

##### Combinazione di carico numero

|    |              |
|----|--------------|
| 32 | Sisma 0 / 90 |
| 33 | Sisma 90 / 0 |

Comb.\Cond 1 2 10 11

|    |   |   |     |     |
|----|---|---|-----|-----|
| 32 | 1 | 1 | 1   | 0.3 |
| 33 | 1 | 1 | 0.3 | 1   |

## 6.2 Soppalco solare termico

### Condizione

## Condizione

|    |                                 |
|----|---------------------------------|
| 1  | Cond. 1_pp autogenerato         |
| 2  | pp grigliato 30 kg/mq           |
| 3  | pp s.t. 35 kg/mq                |
| 4  | neve 141 kg/mq                  |
| 5  | vento verticale 105 kg/mq       |
| 6  | vento y+ 62.5 kg/mq             |
| 7  | vento x+ 62.5 kg/mq             |
| 8  | vento y+ .9 kg/mq               |
| 9  | vento x+ .9 kg/mq               |
| 10 | sovraccarico copertura 50 kg/mq |
| 11 | delta T 25°                     |
| 12 | Sisma 0SLV                      |
| 13 | Sisma 90SLV                     |
| 14 | Sisma 180SLV                    |
| 15 | Sisma 270SLV                    |
| 16 | Sisma 0SLD                      |
| 17 | Sisma 90SLD                     |
| 18 | Sisma 180SLD                    |
| 19 | Sisma 270SLD                    |

## Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

### Combinazione di carico numero

|    |                     |
|----|---------------------|
| 1  | SLU neve vento 1    |
| 2  | SLU neve vento 2    |
| 3  | Solo P.P.           |
| 4  | SLU vento press 1   |
| 5  | SLU vento press 2   |
| 6  | SLU vento depress 1 |
| 7  | SLU vento depress 2 |
| 8  | SLU_solo v depress  |
| 9  | SLU_+ delta T_01    |
| 10 | SLU_+delta T_02     |
| 11 | SLU_- delta T_01    |
| 12 | SLU_- delta T_02    |
| 13 |                     |

#### Combinazione di carico numero

| Comb.\Cond | 1   | 2   | 3   | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 11   |
|------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 1          | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.5  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  |
| 2          | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.5  | -0.9 | -0.9 | -0.9 | -0.9 | -0.9 | 0.9  |
| 3          | 1   | 1   | 1   |      |      |      |      |      |      |      |
| 4          | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.75 | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 0.9  |
| 5          | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.75 | 1.5  | -1.5 | -1.5 | -1.5 | -1.5 | 0.9  |
| 6          | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.75 | -1.5 | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 0.9  |
| 7          | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.75 | -1.5 | -1.5 | -1.5 | -1.5 | -1.5 | 0.9  |
| 8          | 1.3 | 1.3 | 1.3 |      | -1.5 | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 0.9  |
| 9          | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.75 | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 1.5  |
| 10         | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.75 | -0.9 | -0.9 | -0.9 | -0.9 | -0.9 | 1.5  |
| 11         | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.75 | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | -1.5 |
| 12         | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.27 | -0.9 | -0.9 | -0.9 | -0.9 | -0.9 | -1.5 |
| 13         |     |     |     |      |      |      |      |      |      | 1    |

#### Combinazioni agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita

##### Combinazione di carico numero

|    |                 |
|----|-----------------|
| 14 | Sisma 0 / 90    |
| 15 | Sisma 0 / 270   |
| 16 | Sisma 90 / 0    |
| 17 | Sisma 90 / 180  |
| 18 | Sisma 180 / 90  |
| 19 | Sisma 180 / 270 |
| 20 | Sisma 270 / 0   |
| 21 | Sisma 270 / 180 |

| Comb.\Cond | 1 | 2 | 3 | 12  | 13  | 14  | 15  |
|------------|---|---|---|-----|-----|-----|-----|
| 14         | 1 | 1 | 1 | 1   | 0.3 |     |     |
| 15         | 1 | 1 | 1 | 1   |     | 0.3 |     |
| 16         | 1 | 1 | 1 | 0.3 | 1   |     |     |
| 17         | 1 | 1 | 1 |     | 1   | 0.3 |     |
| 18         | 1 | 1 | 1 |     | 0.3 | 1   |     |
| 19         | 1 | 1 | 1 |     |     | 1   | 0.3 |
| 20         | 1 | 1 | 1 | 0.3 |     |     | 1   |
| 21         | 1 | 1 | 1 |     |     | 0.3 | 1   |

#### Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

#### Combinazione di carico numero

|    |                                 |
|----|---------------------------------|
| 22 | SLE <sub>er</sub> neve vento+ 1 |
| 23 | SLE <sub>er</sub> neve vento- 1 |
| 24 | SLE <sub>er</sub> vento+ neve 1 |
| 25 | SLE <sub>er</sub> vento- neve 1 |
| 26 | SLE <sub>er</sub> solo v depres |
| 27 | SLE <sub>er</sub> +delta T      |
| 28 | SLE <sub>er</sub> +delta T      |
| 29 | SLE <sub>er</sub> +delta T      |
| 30 | SLE <sub>er</sub> +delta T      |

| Comb.\Cond | 1 | 2 | 3 | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 11  |
|------------|---|---|---|-----|------|------|------|------|------|-----|
| 22         | 1 | 1 | 1 | 1   | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 0.6 |
| 23         | 1 | 1 | 1 | 1   | -0.6 | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 0.6 |
| 24         | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 0.6 |
| 25         | 1 | 1 | 1 | 0.5 | -1   | 1    | 1    | 1    | 1    | 0.6 |
| 26         | 1 | 1 | 1 | -1  | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 0.6 |
| 27         | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 1   |
| 28         | 1 | 1 | 1 | 0.5 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | 1   |
| 29         | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 0.6  | -1  |
| 30         | 1 | 1 | 1 | 0.5 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -1  |

#### Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

##### Combinazione di carico numero

|    |                            |
|----|----------------------------|
| 31 | SLE <sub>fr</sub> neve     |
| 32 | SLE <sub>fr</sub> vento+ 1 |
| 33 | SLE <sub>fr</sub> vento- 1 |
| 34 | +delta T                   |
| 35 | -delta T                   |

| Comb.\Cond | 1 | 2 | 3 | 4    | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 11   |
|------------|---|---|---|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 31         | 1 | 1 | 1 | 0.2  |     |     |     |     |     |      |
| 32         | 1 | 1 | 1 | 0.2  | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |      |
| 33         | 1 | 1 | 1 | -0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |      |
| 34         | 1 | 1 | 1 |      |     |     |     |     |     | 0.5  |
| 35         | 1 | 1 | 1 |      |     |     |     |     |     | -0.5 |

#### Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

##### Combinazione di carico numero

Combinazione di carico numero

36 SLE\_qp

Comb.\Cond 1 2 3

36 1 1 1

Combinazioni agli Stati Limite di Danno

Combinazione di carico numero

37 Sisma 0 / 90

38 Sisma 0 / 270

39 Sisma 90 / 0

40 Sisma 90 / 180

41 Sisma 180 / 90

42 Sisma 180 / 270

43 Sisma 270 / 0

44 Sisma 270 / 180

Comb.\Cond 1 2 3 16 17 18 19

37 1 1 1 1 0.3

38 1 1 1 1 0.3

39 1 1 1 0.3 1

40 1 1 1 1 0.3

41 1 1 1 0.3 1

42 1 1 1 1 0.3

43 1 1 1 0.3 1

44 1 1 1 0.3 1

## 7. CRITERI DI MODELLAZIONE

### 7.1 Pensilina fotovoltaica

Il codice di calcolo agli elementi finiti utilizzato per l'analisi strutturale con calcolo automatico è **WinStrand Structural Analysis & Design** della EnExSys s.r.l. con sede a Casalecchi di Reno (BO) in via Tizzano 42/6 (si faccia anche riferimento all'allegato 13.3 – *validazione software*).

Sono state fatte le seguenti assunzioni/scelte progettuali per la valutazione delle sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali:

- Travi in acciaio fuori terra. Elementi monodimensionali tipo monodirezionali a 2 nodi denominate *beam (travi)* in grado di trasmettere sollecitazioni M, N, T in fondazione. Le travi secondarie (scatolari 100x100x5mm) sono state modellate *semplicemente poggiate* sulle mensole principali ovvero in grado di trasmettere solo sforzo di taglio e trazione sugli elementi principali (scatolari composti 150x300mm).
- Travi di fondazione in conglomerato cementizio armato. Elementi bidimensionali *shell* a 4 nodi avente comportamento a piastra. Spessore pari a 700mm. Interazione fondazione-terreno schematizzata ipotizzando suolo elastico alla Winkler con coefficiente Winkler valutato in un range di valori compreso tra a 1 daN/cm<sup>3</sup> e 3 daN/cm<sup>3</sup>. Si considera un fattore di struttura  $q=1$ . Le travi secondarie 50x70cm sono state modellate come elementi *beam* di fondazione con medesimo coefficiente  $K_w$ .
- Carichi. Applicati alle travi secondarie attraverso aree di carico.

Si sono modellati num. 3 moduli consecutivi per valutare il comportamento globale della struttura.

Si è inoltre indagato il comportamento della singola mensola priva di orditura secondaria (tralicci) con carichi distribuiti e concentrati applicati direttamente su estradosso tratto mensola superiore.

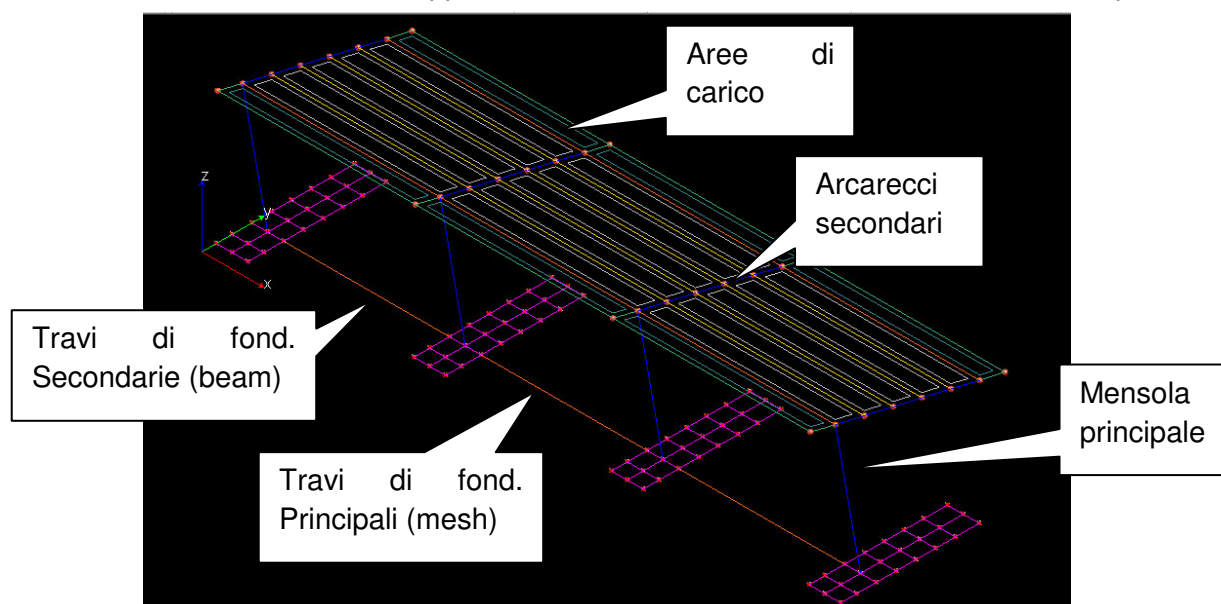


Figura 1. Schema unifilare elementi strutturali



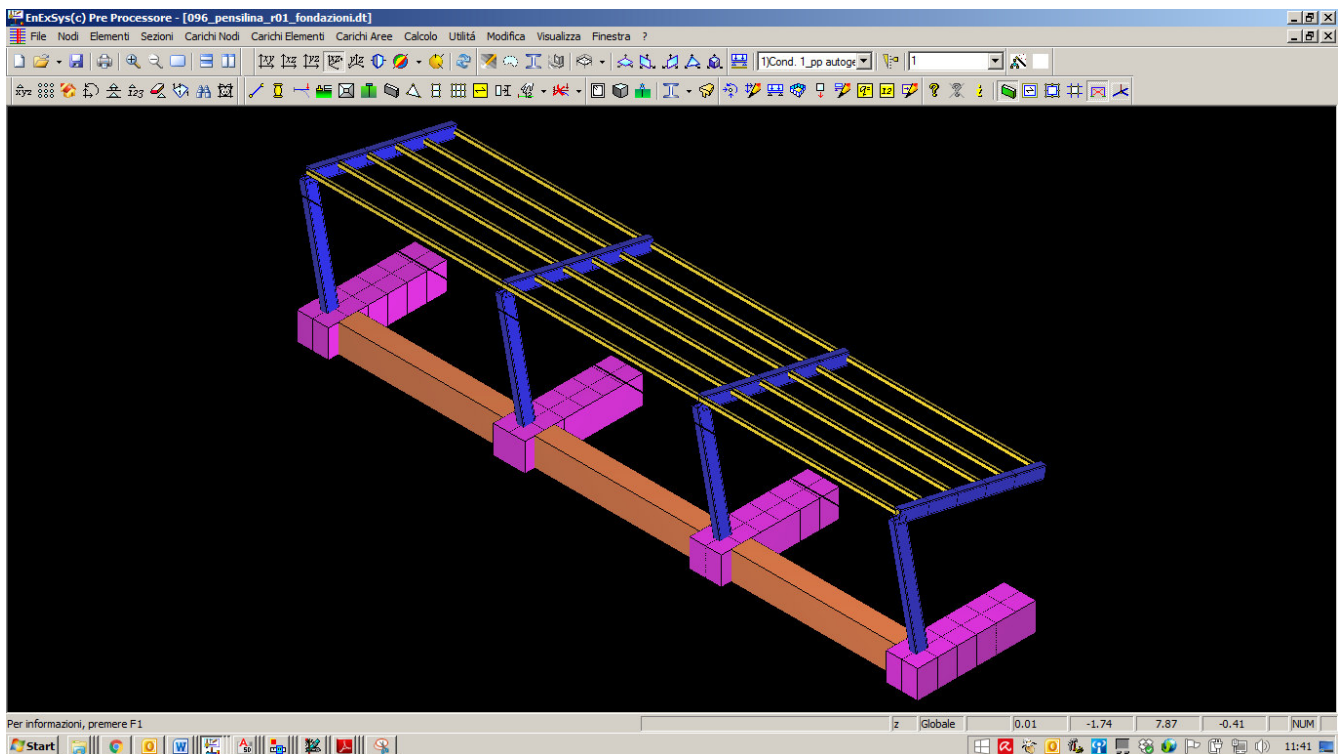


Figura 2. Schema tridimensionale delle strutture

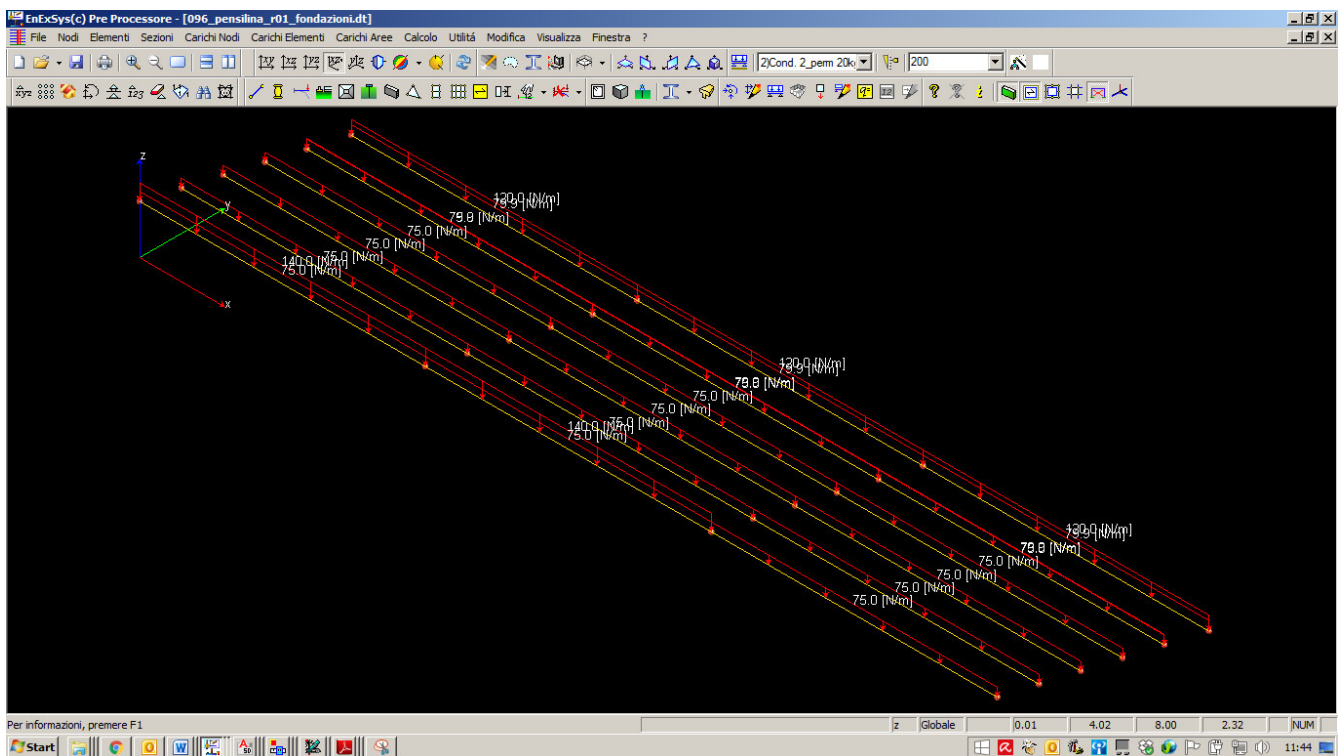


Figura 3. Applicazione carichi permanenti agenti su travi secondarie poste ad interasse pari a ca. 75cm (valori espressi in N/m)

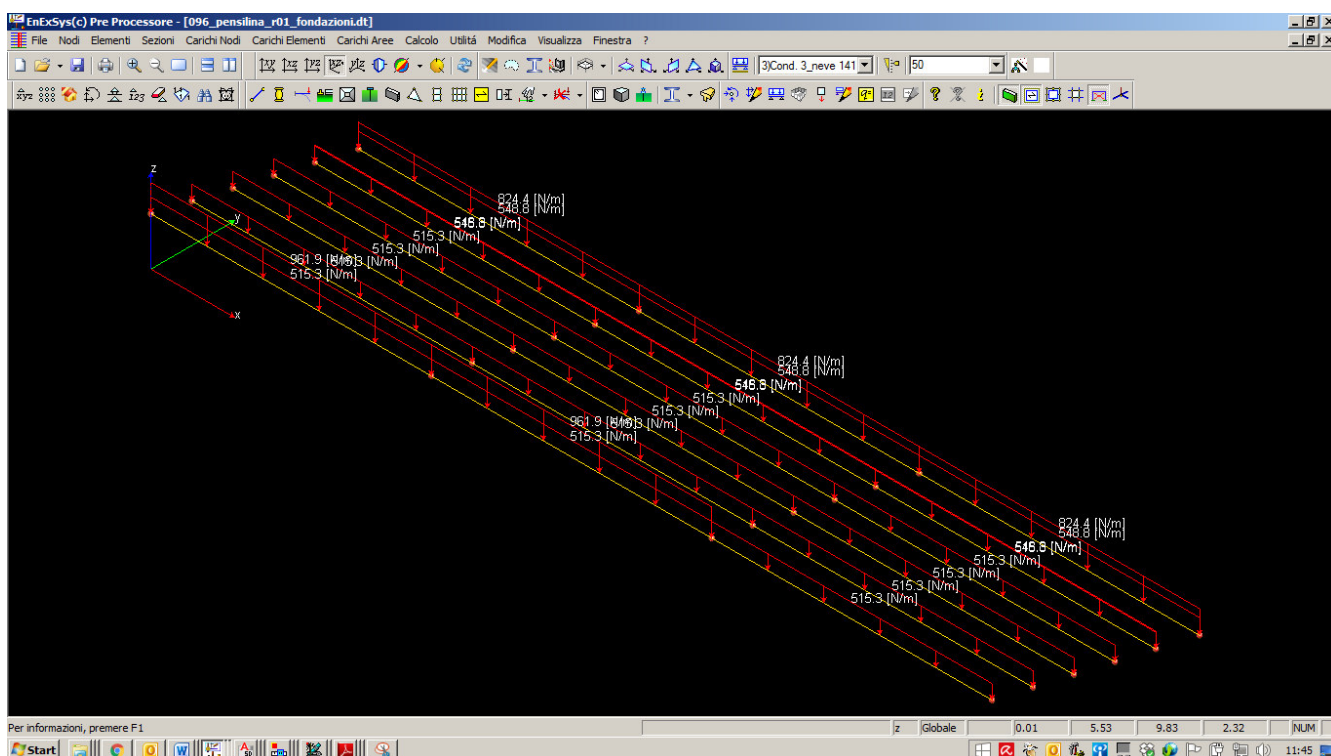


Figura 4. Applicazione carico neve agente su travi secondarie poste ad interasse pari a ca. 75cm (valori espressi in N/m)

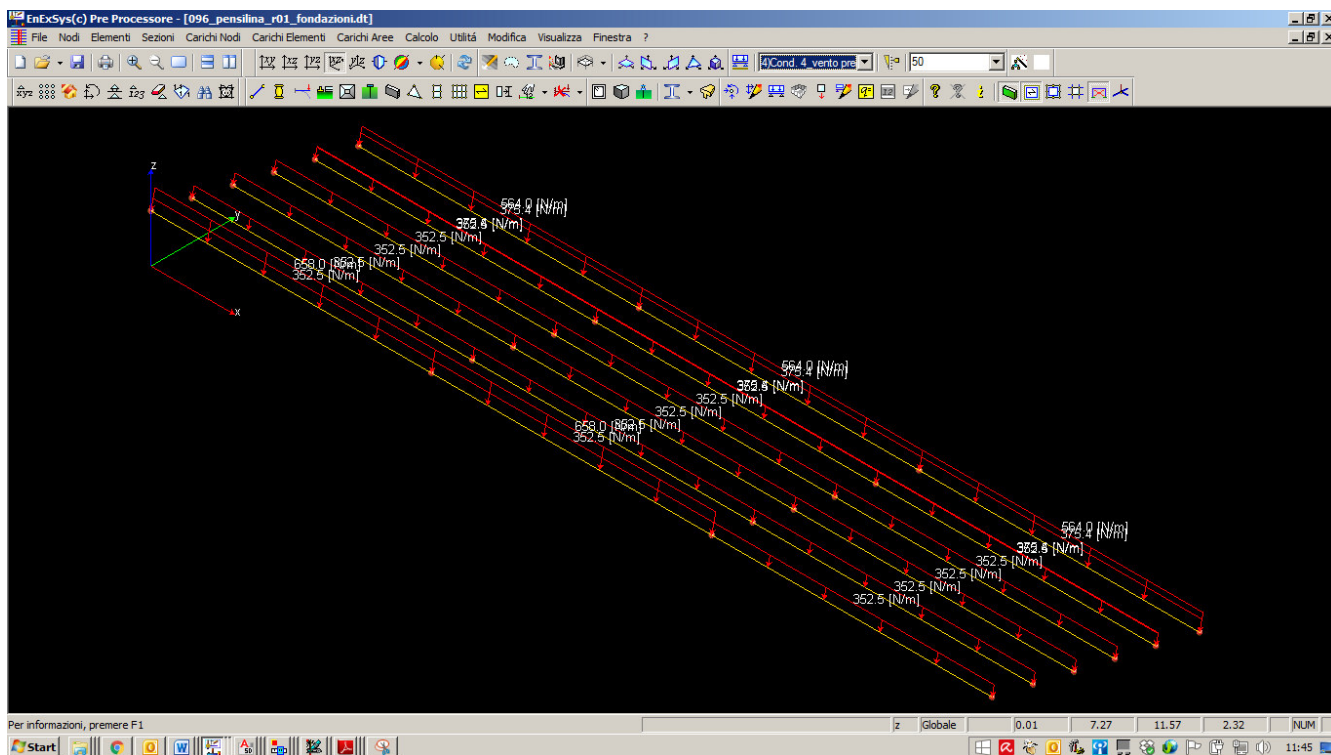


Figura 5. Azione del vento agente su travi secondarie poste ad interasse pari a ca. 75cm (pressione e depressione, valori espressi in N/m)

## 7.2 Soppalco solare termico

Il codice di calcolo agli elementi finiti utilizzato per l'analisi strutturale con calcolo automatico è **WinStrand Structural Analysis & Design** della EnExSys s.r.l. con sede a Casalecchi di Reno (BO) in via Tizzano 42/6 (si faccia anche riferimento all'allegato 13.3 – *validazione software*).

Sono state fatte le seguenti assunzioni/scelte progettuali per la valutazione delle sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali:

- Montanti e travi in acciaio. Elementi monodimensionali tipo monodirezionali a 2 nodi denominate *beam (travi)* in grado di trasmettere sollecitazioni M, N, T in fondazione. Le travi secondarie (IPE160) sono state modellate *semplicemente poggiate* sulle travi principali (IPE 240) ovvero in grado di trasmettere solo sforzo di taglio e trazione sugli elementi principali. Le travi principali sono considerate in continuità sui montanti;
- Controventi. Tondi in acciaio  $\varnothing 30\text{mm}$  modellati come elementi bielle che lavorano solo in trazione (incernierate sulle travi principali).
- Pannelli in grigliato metallico. Non sono stati modellati. E' stata inserita la corrispondente aria di carico per tenere conto del peso dei grigliati (ca.  $21 \text{ kg/m}^2$ ) e la relativa direzione di applicazione dei carichi agenti su essi
- Applicazione dei Carichi (peso solare termico, carico neve ed azione del vento). Sono stati tenuti in conto attraverso aree di carico applicate a livello del piano di calpestio.
- Vincoli esterni. I montanti sono stati considerati incastrati alla base.
- Carichi. Applicati alle travi secondarie attraverso aree di carico.

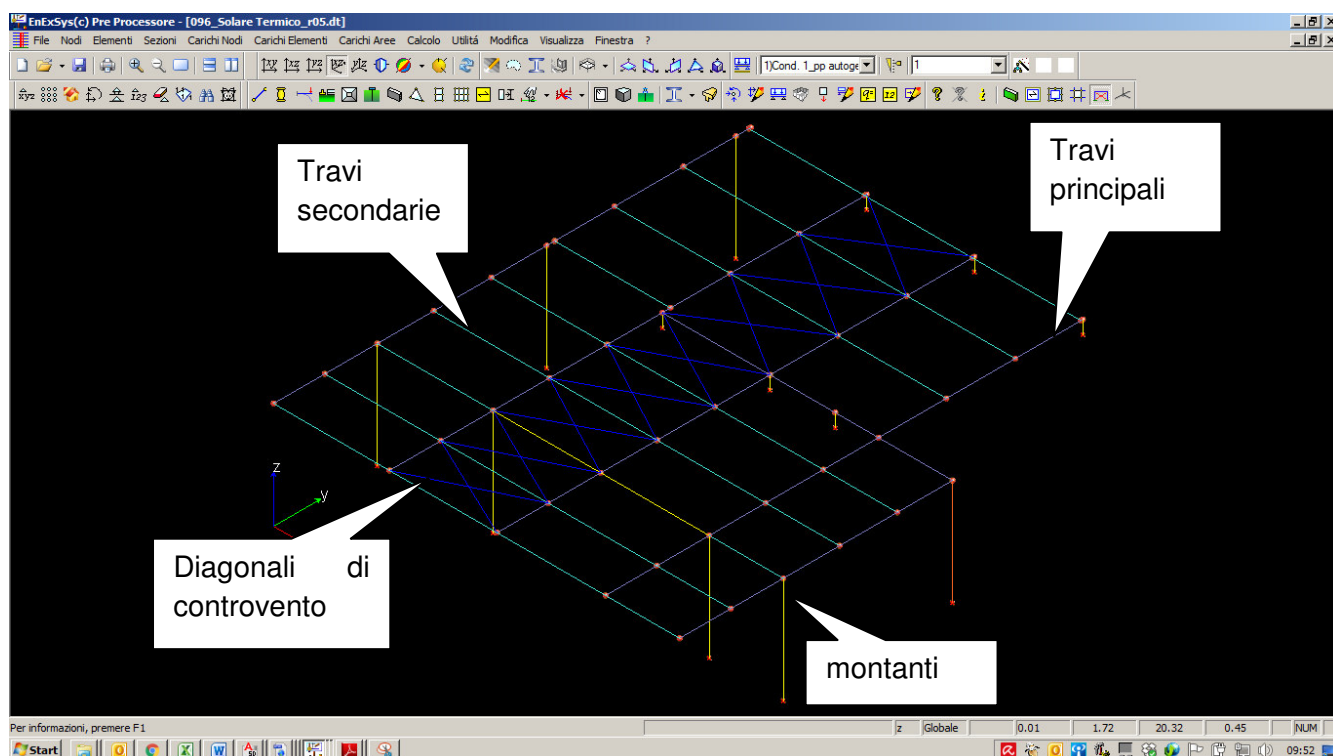


Figura 6. Schema unifilare elementi strutturali

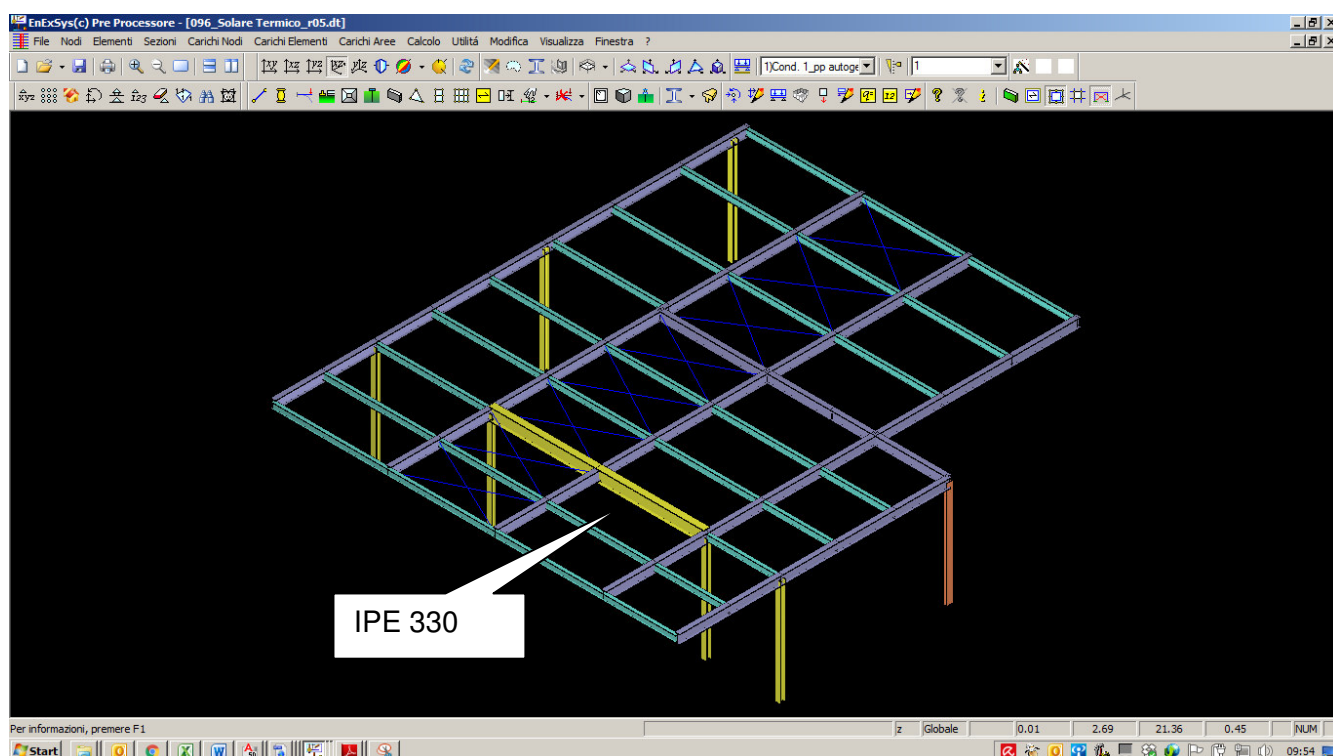


Figura 7. Schema tridimensionale delle strutture



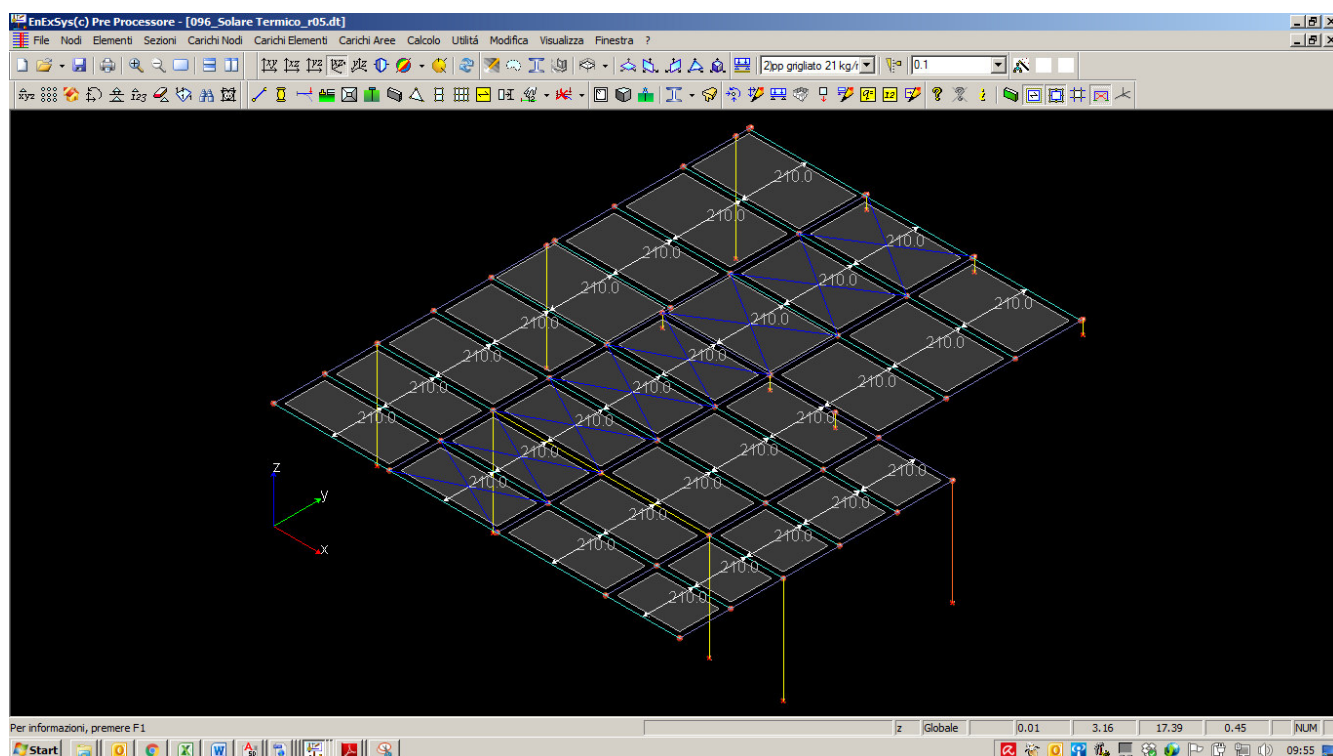


Figura 8. Applicazione carichi permanenti (grigliato metallico) agenti su travi secondarie (valori espressi in  $N/m^2$ )

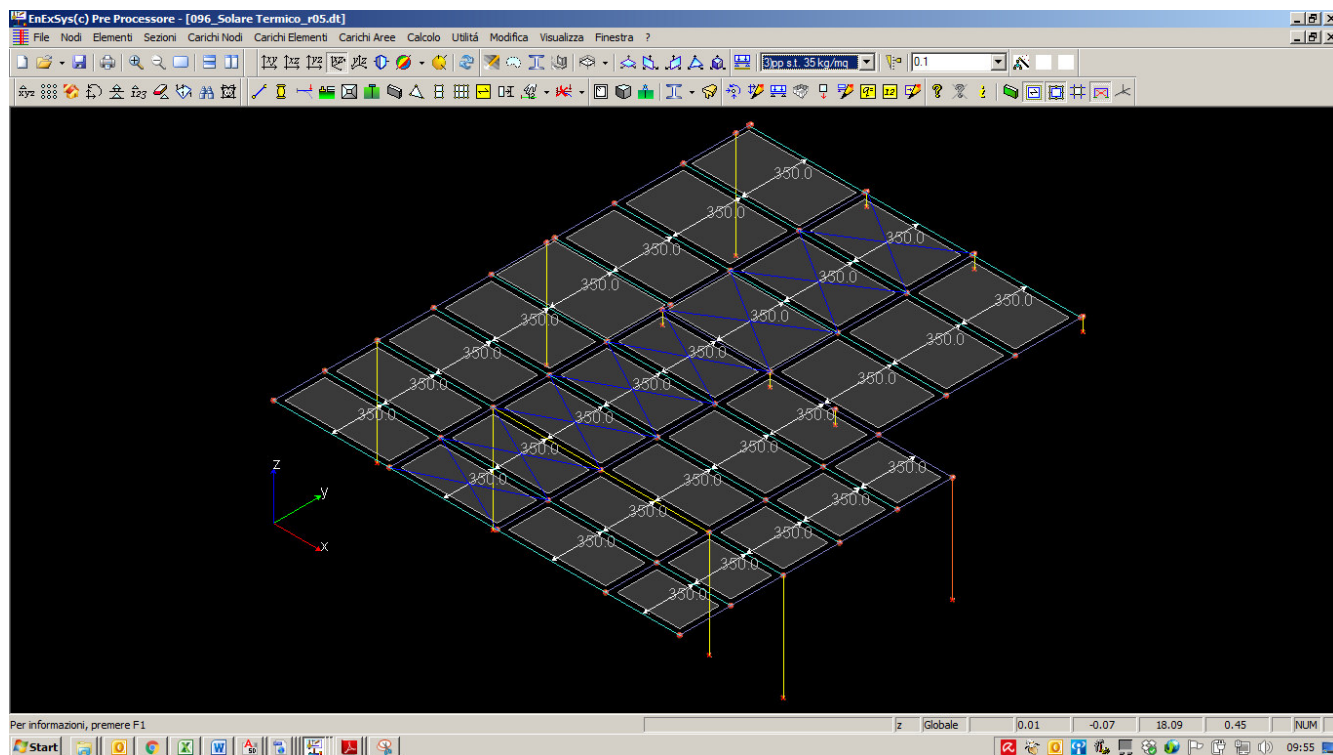


Figura 9. Applicazione carichi permanenti (solare termico) agenti su travi secondarie (valori espressi in  $N/m^2$ )

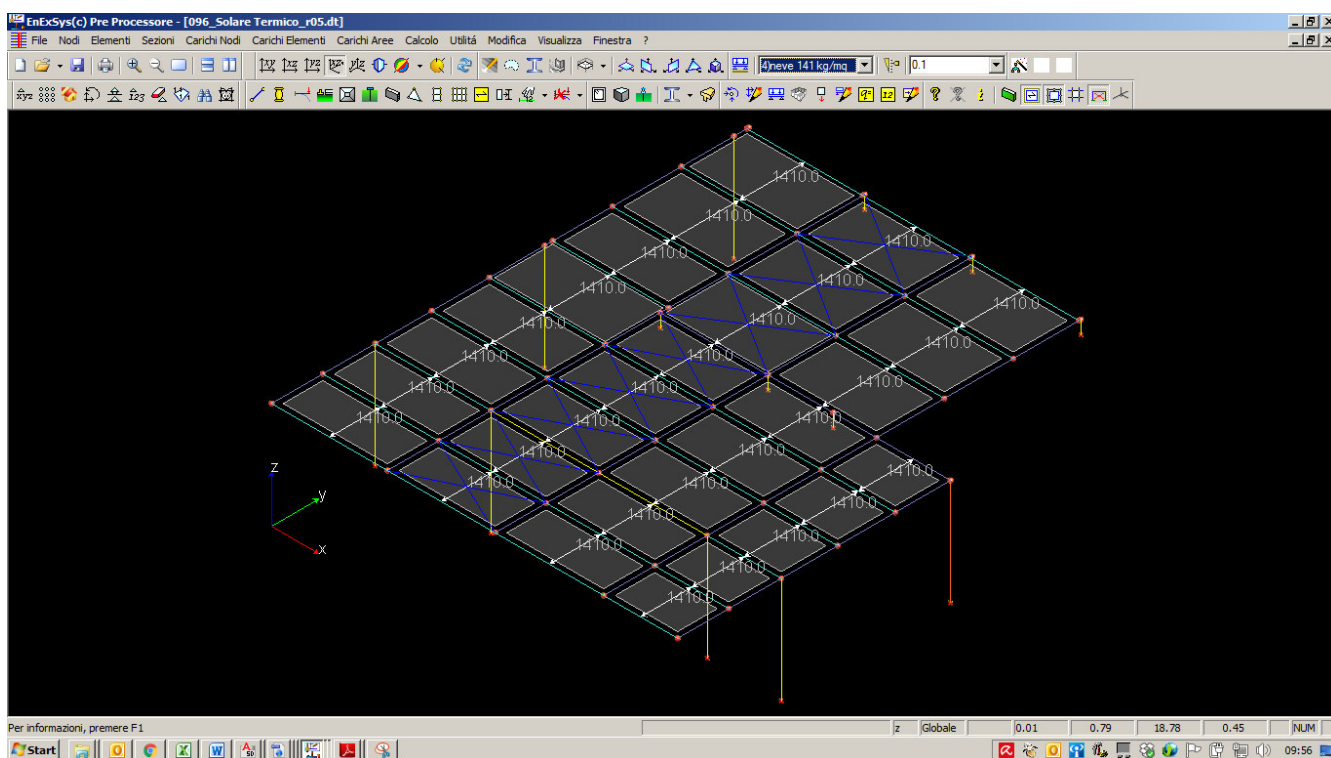


Figura 10. Applicazione carico neve agente su travi secondarie (valori espressi in  $N/m^2$ )

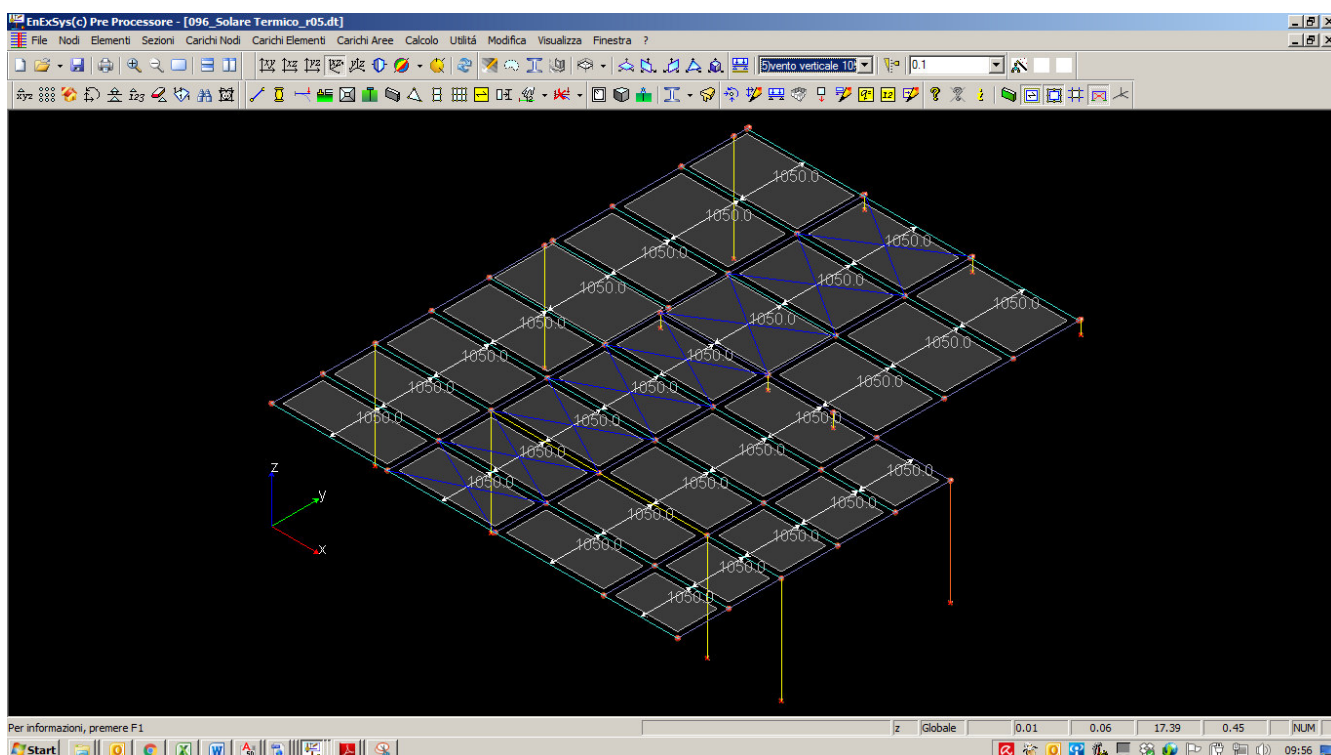


Figura 11. Azione del vento agente in pressione e depressione sulle travi secondarie (valori espressi in  $N/m^2$ )

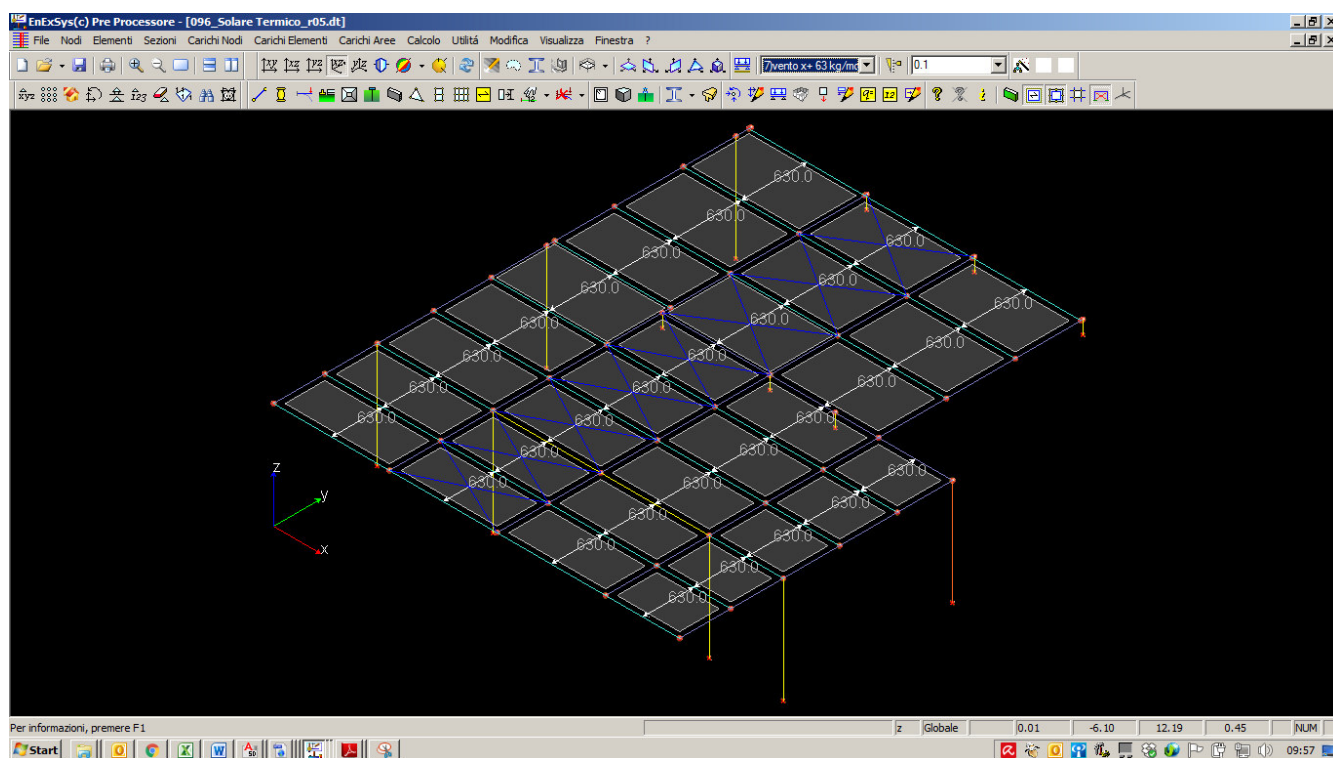


Figura 12. Azione del vento agente in direzione X ed Y orizzontale sulle travi secondarie (valori espressi in N/m<sup>2</sup>)

## 8. SOLLECITAZIONI AGENTI

Si riportano nel presente capitolo le massime sollecitazioni agenti per ogni singolo elemento strutturale. Le sollecitazioni derivano dall'involuppo di tutte le combinazioni SLU/SLV descritte nel capitolo 6.

### 8.1 Pensilina fotovoltaica

#### 8.1.1 Strutture in acciaio

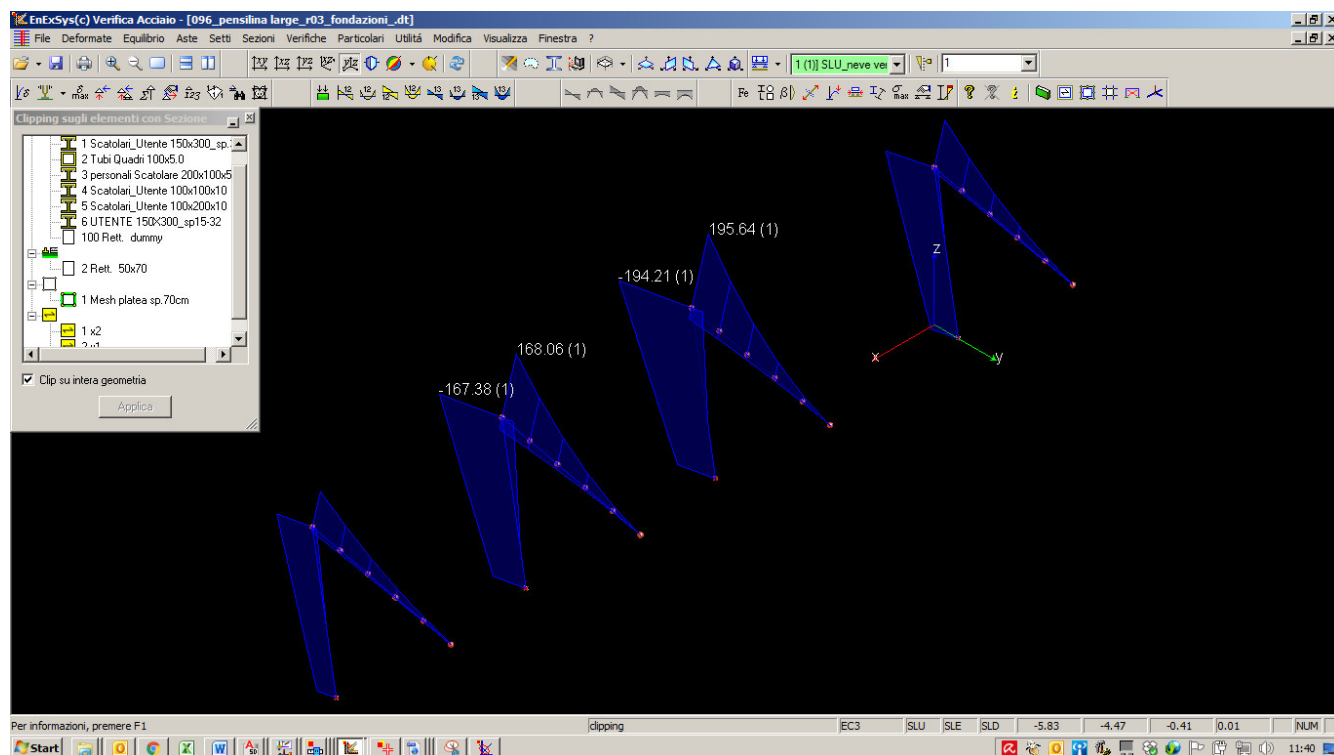


Figura 13. Travi principali scatolari composti 150x300. Involuppo Momento flettente direzione principale (combinazioni SLU-SLV (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento), valori espressi in kNm)



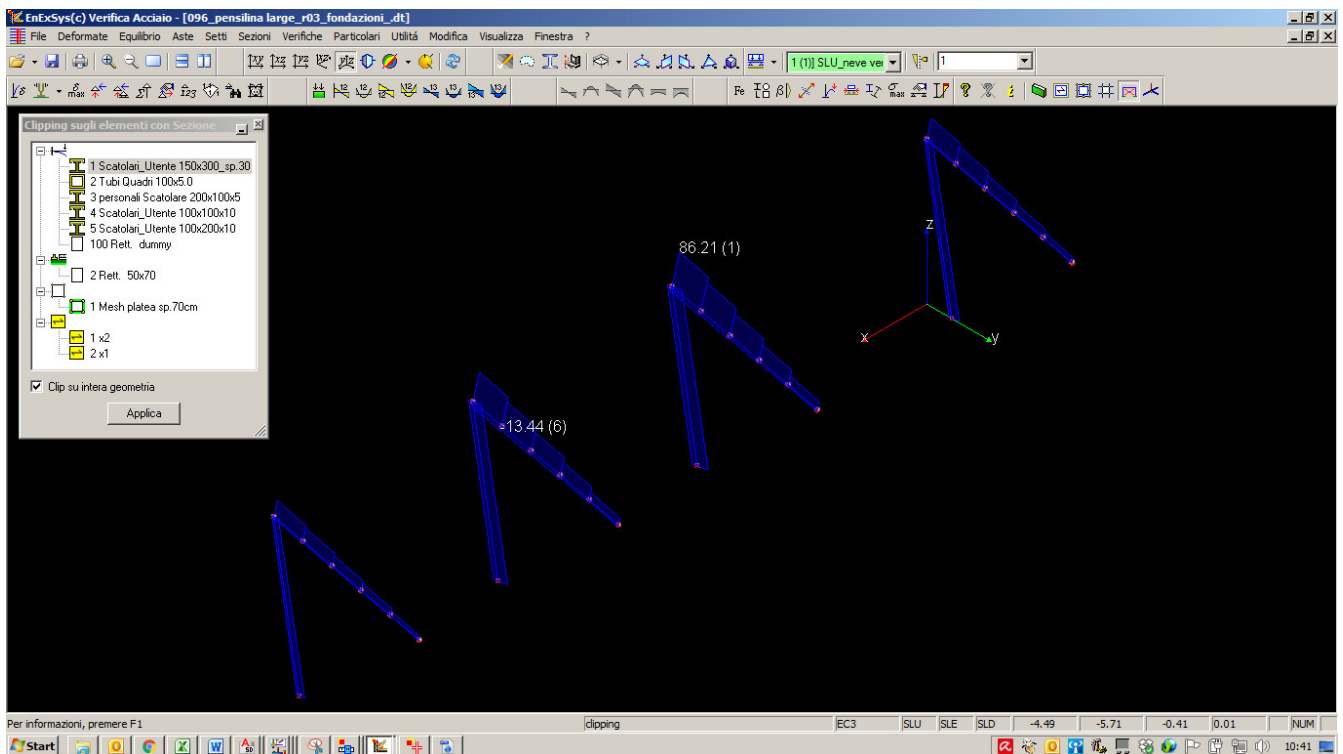


Figura 14. Travi principali scatolari composti 150x300. Involuppo sforzo di taglio direzione principale (combinazioni SLU-SLV (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento), valori espressi in kN)

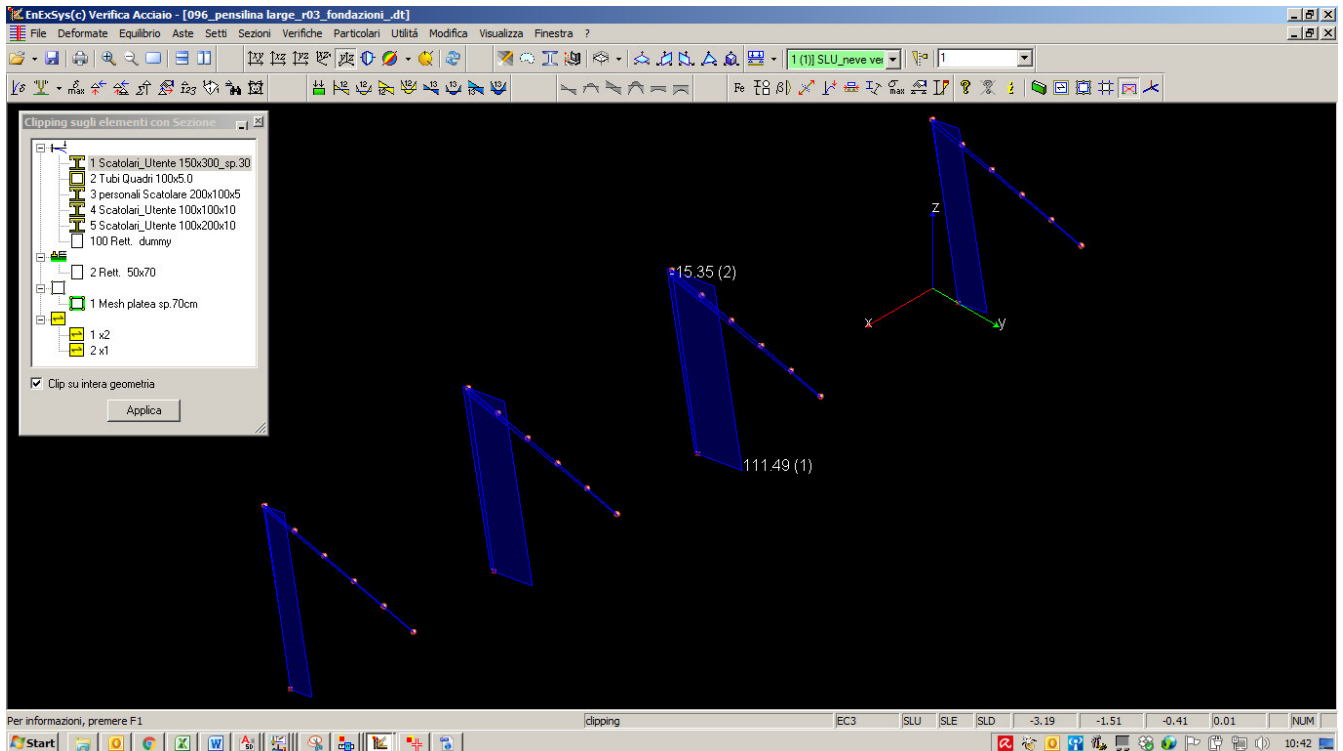


Figura 15. Travi principali scatolari composti 150x300. Involuppo sforzo normale (combinazioni SLU-SLV (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento), valori espressi in kN)

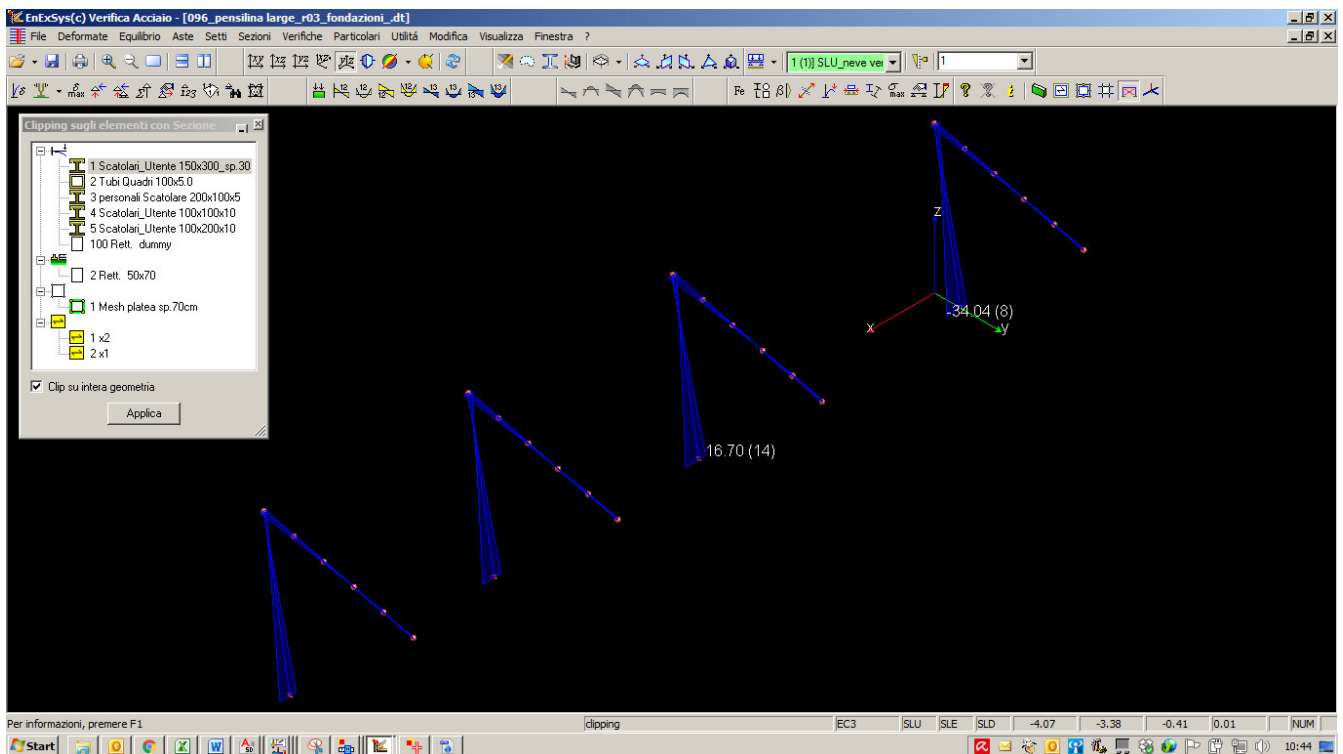


Figura 16. Travi principali scatolari composti 150x300. Involuppo Momento flettente direzione secondaria (combinazioni SLU-SLV (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento),, valori espressi in kNm)

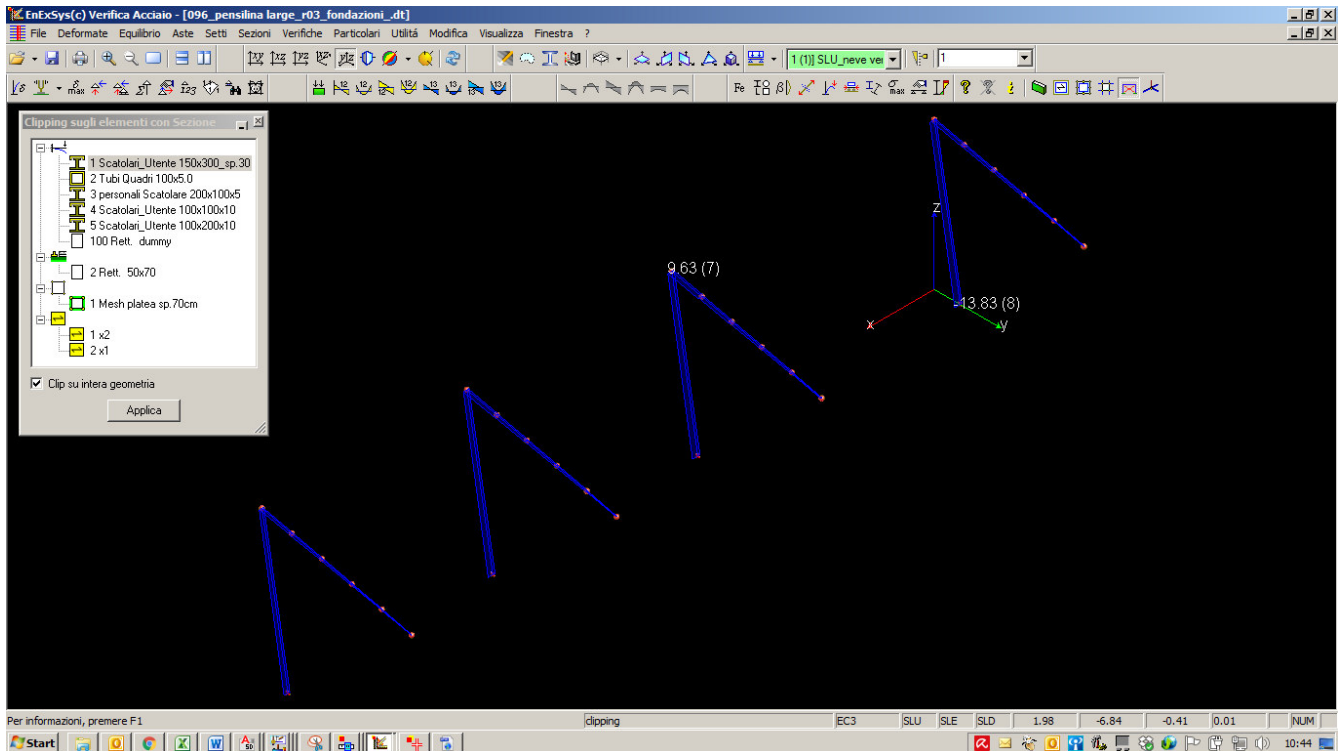


Figura 17. Travi principali scatolari composti 150x300. Involuppo sforzo di taglio direzione secondaria (combinazioni SLU-SLV (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento),, valori espressi in kN)

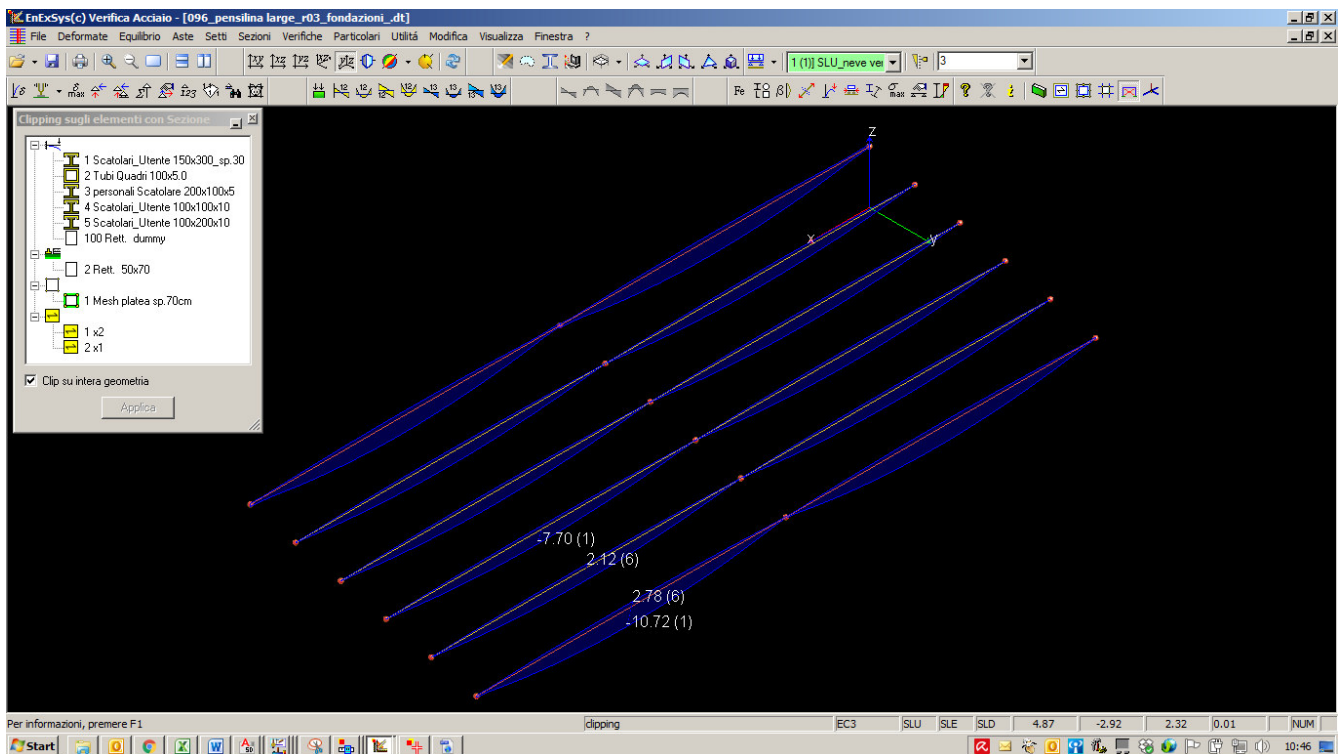


Figura 18. Travi secondarie scatolari 100x100x5 (interni) e 100x200x5 (esterni). Inviluppo Momento flettente direzione principale (combinazioni SLU-SLV, (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento) valori espressi in kNm)

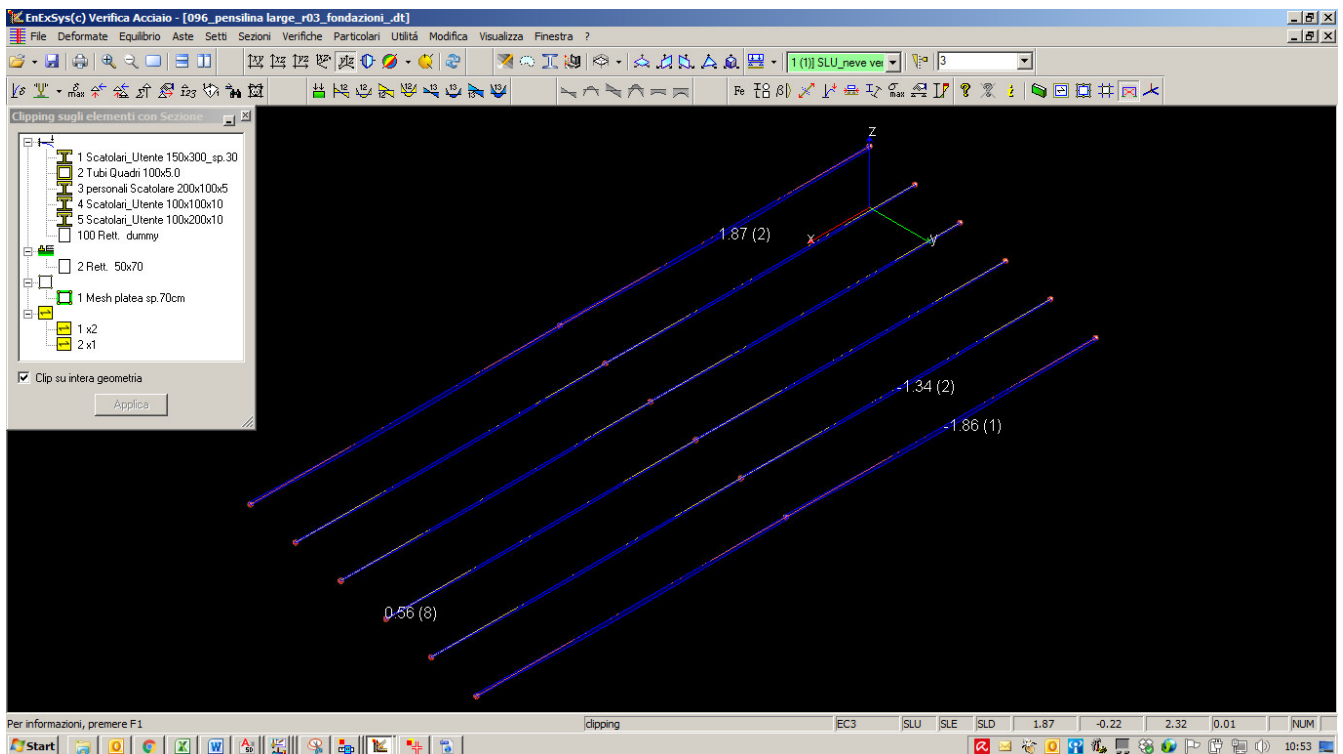


Figura 19. Travi secondarie scatolari 100x100x5 (interni) e 100x200x5 (esterni). Involuppo Momento flettente direzione secondaria (combinazioni SLU-SLV, (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento) valori espressi in kNm)

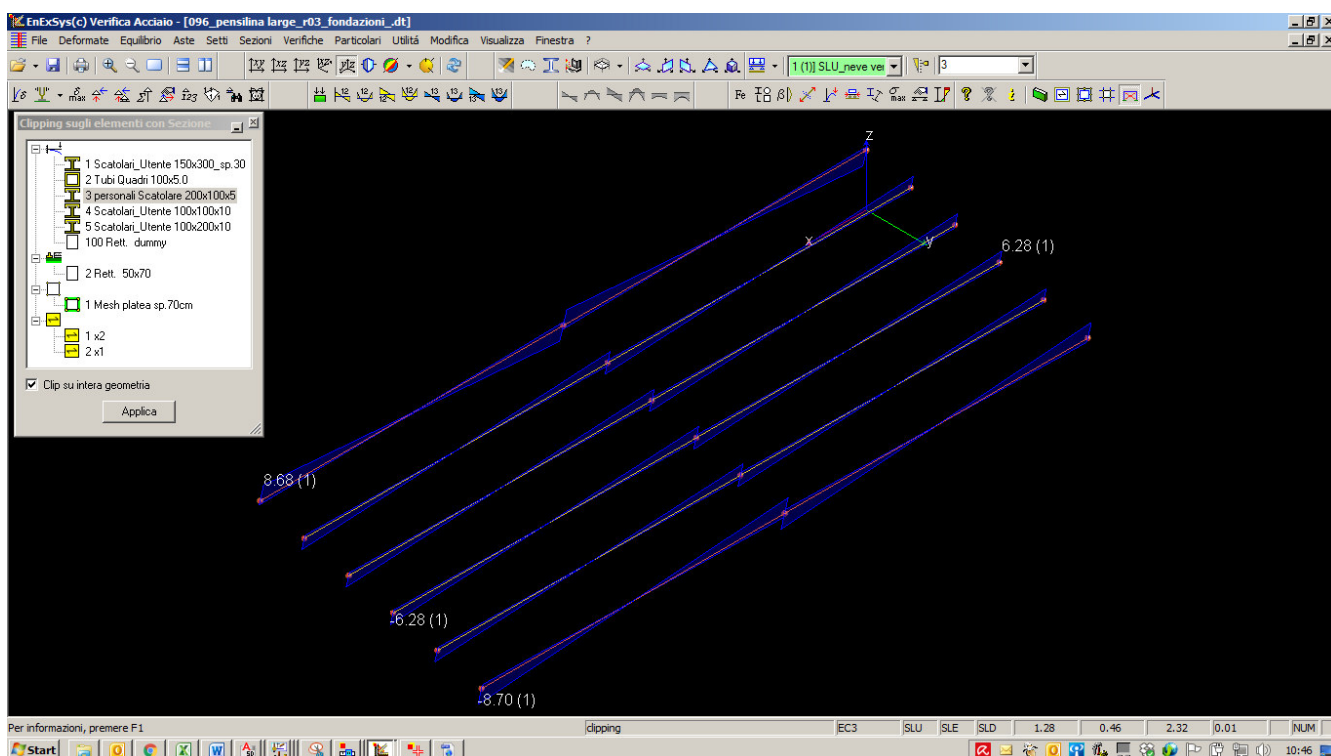


Figura 20. Travi secondarie scatolari 100x100x5. Involuppo sforzo di taglio direzione principale (combinazioni SLU-SLV, (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento) valori espressi in kN)

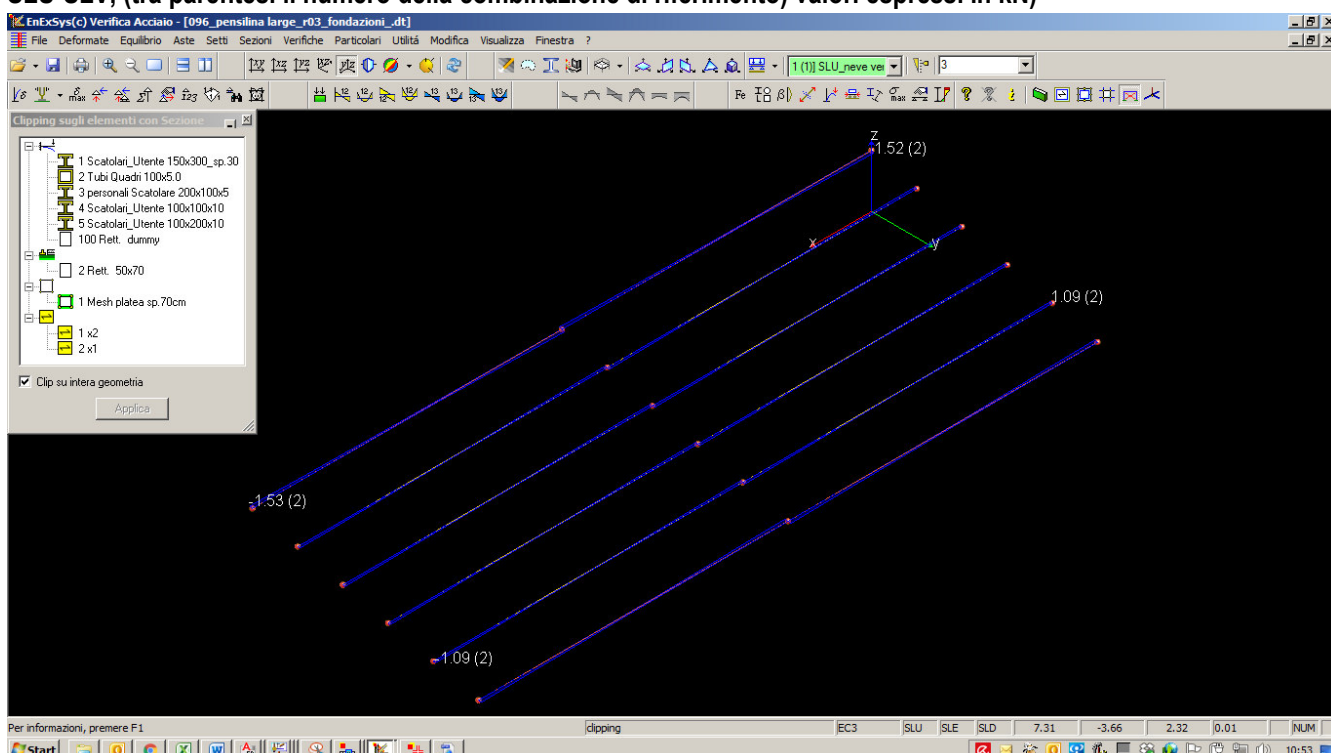


Figura 21. Travi secondarie scatolari 100x100x5. Involuppo sforzo di taglio direzione secondaria (combinazioni SLU-SLV, (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento) valori espressi in kN)



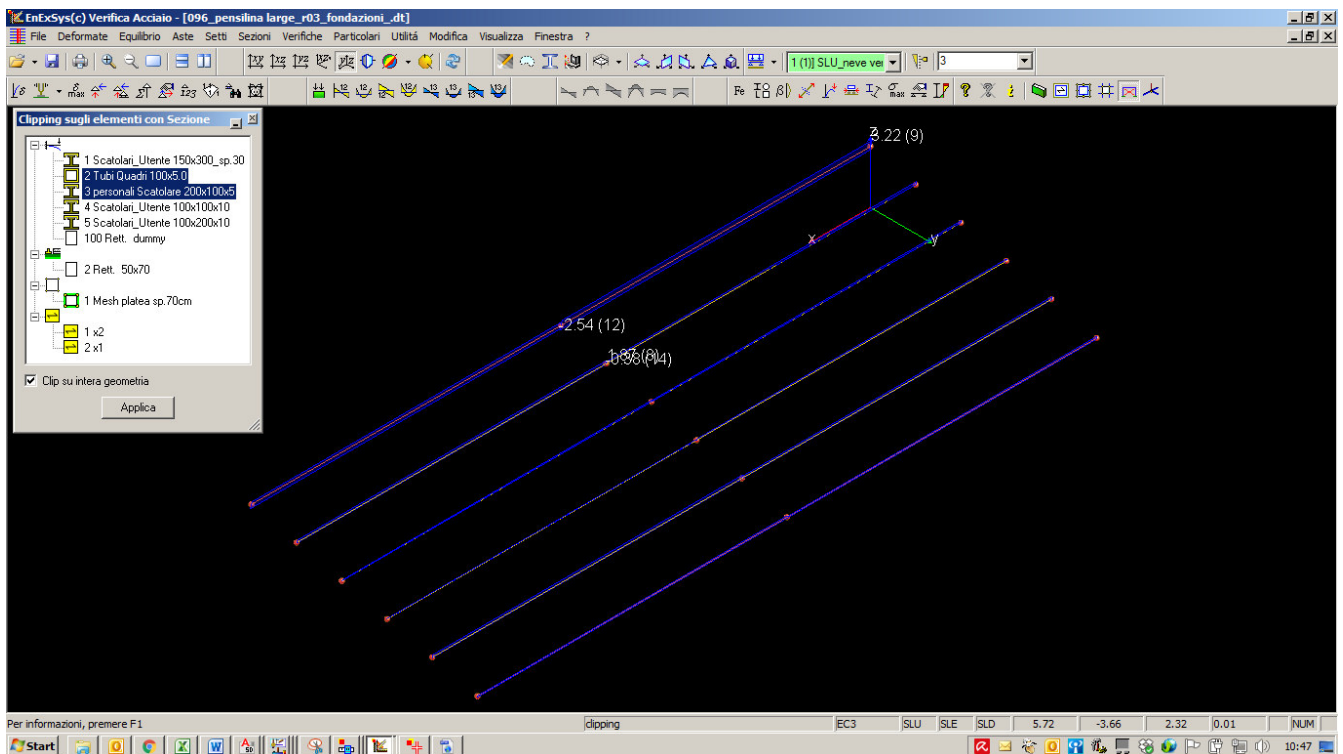


Figura 22. Travi secondarie scatolari 100x100x5. Involuppo sforzo normale direzione principale (combinazioni SLU-SLV, (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento) valori espressi in kN)

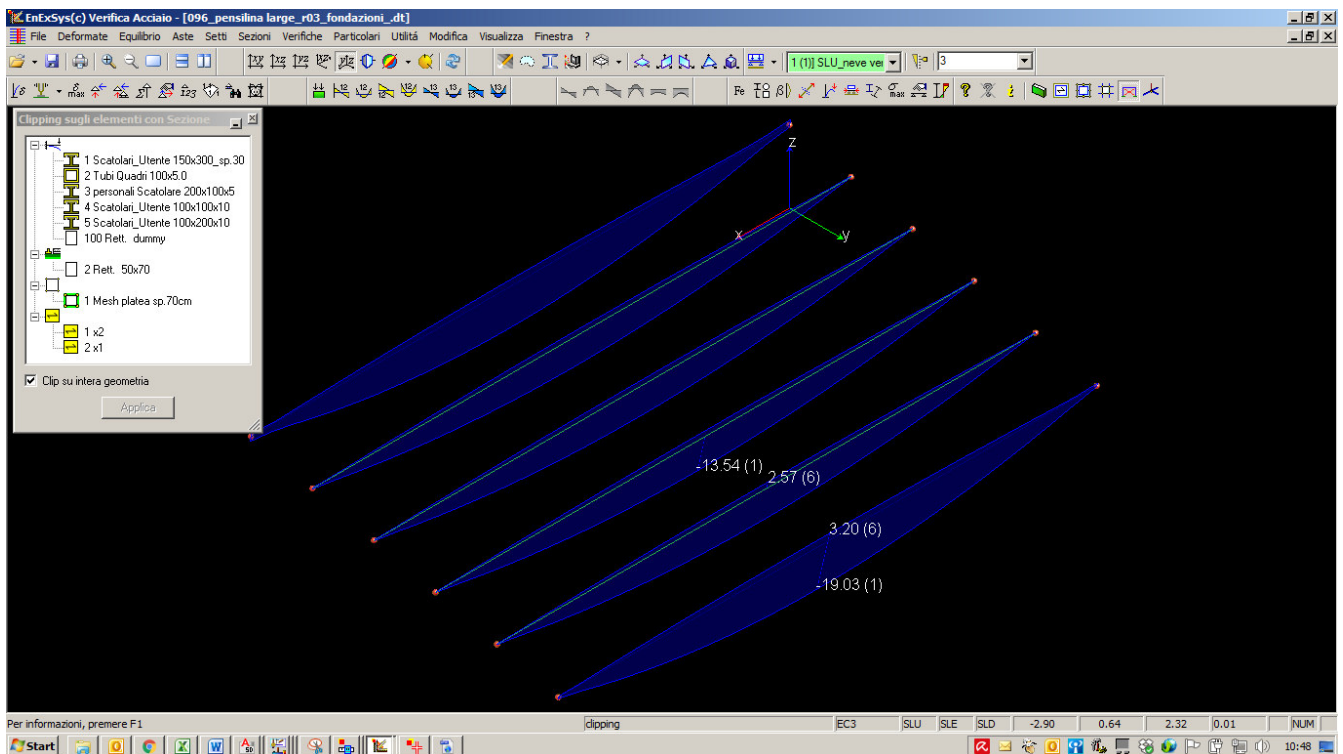


Figura 23. Travi secondarie scatolari 100x100x100 (interni) e 100x200x10 (esterni) su campata atipica (interasse 640cmn). Inviluppo Momento flettente direzione principale (combinazioni SLU-SLV, (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento) valori espressi in kNm)

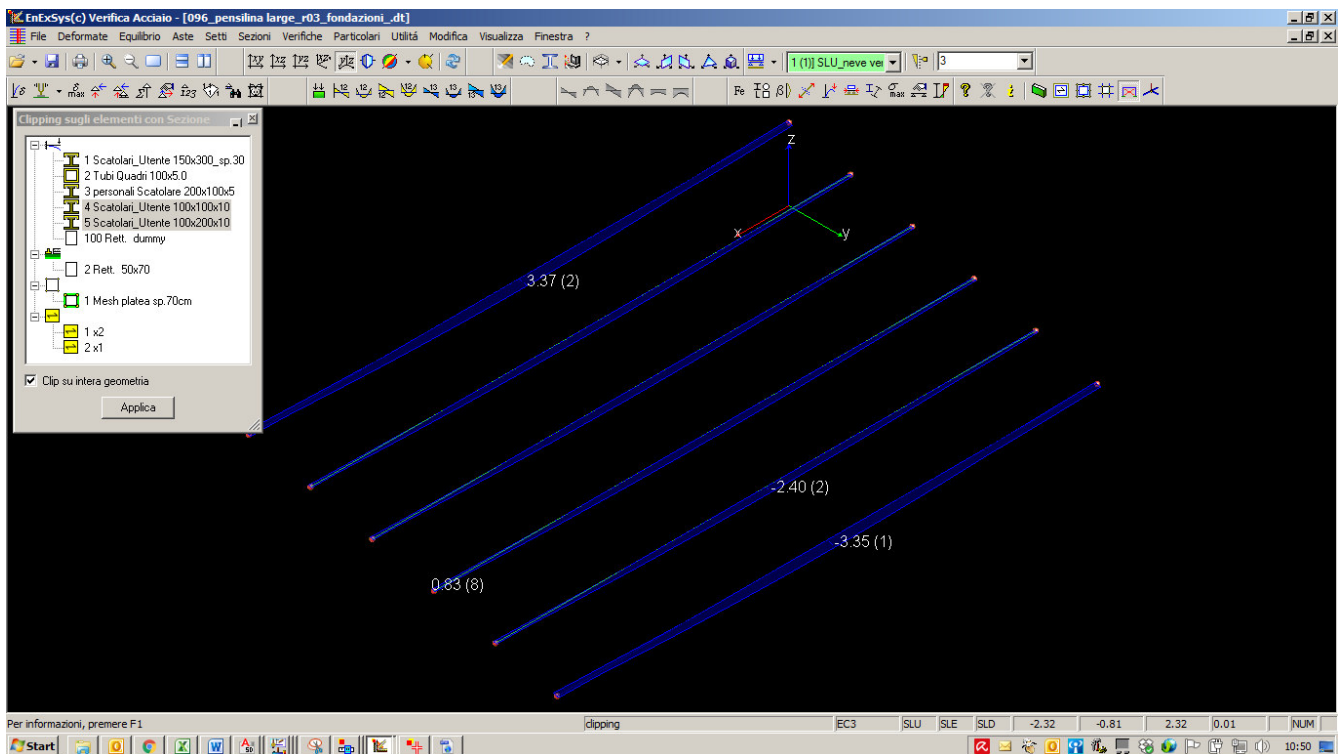


Figura 24. Travi secondarie scatolari 100x100x100 (interni) e 100x200x10 (esterni) su campata atipica (interasse 640cmn). Involuppo Momento flettente direzione secondaria (combinazioni SLU-SLV, (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento) valori espressi in kNm)



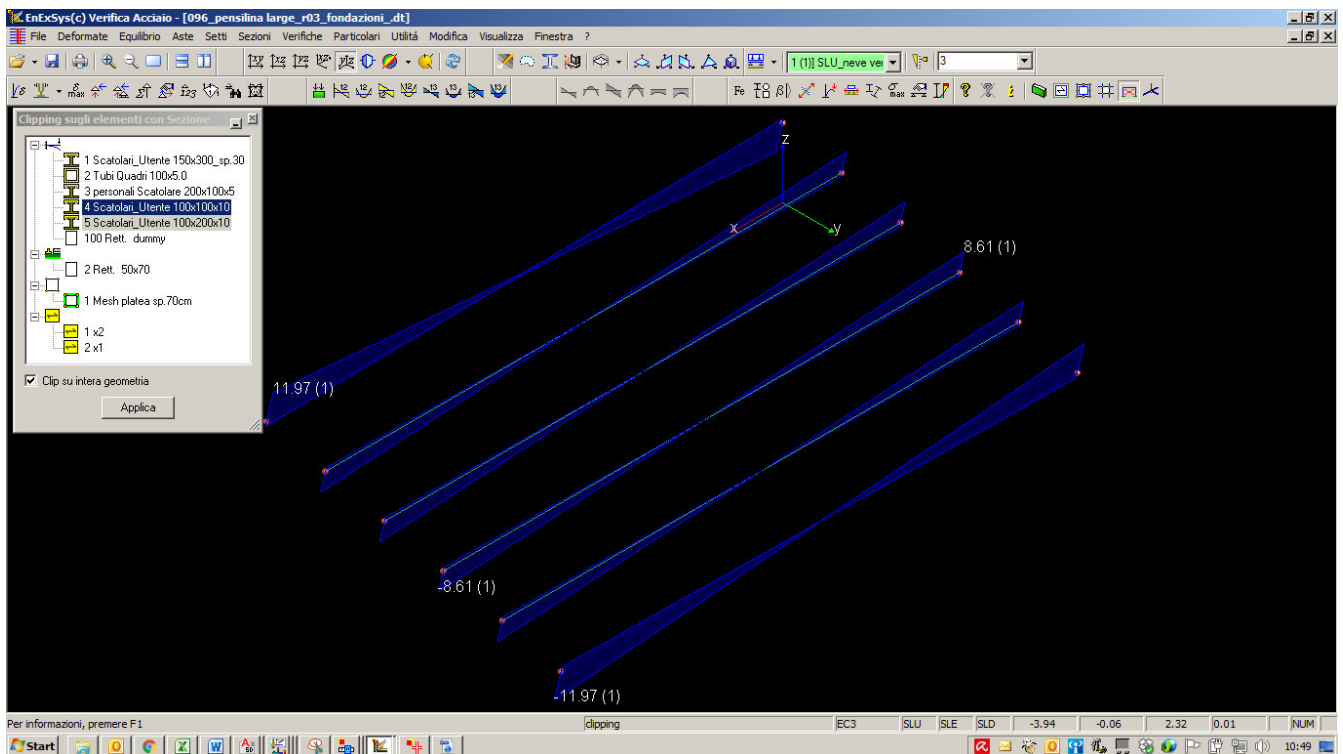


Figura 25. Travi secondarie scatolari 100x100x100 (interni) e 100x200x10 (esterni) su campata atipica (interasse 640cmn). Involuppo sforzi di taglio direzione principale (combinazioni SLU-SLV, (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento) valori espressi in kN)

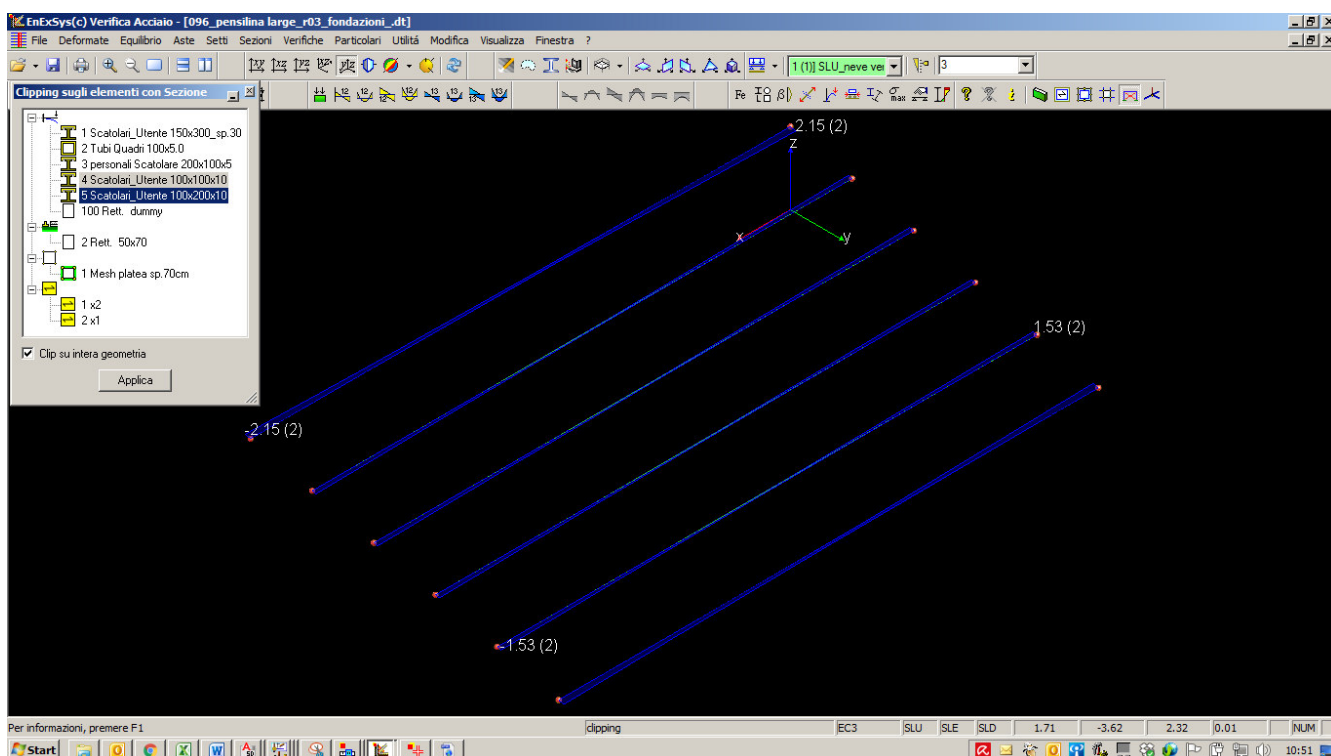


Figura 26. Travi secondarie scatolari 100x100x100 (interni) e 100x200x10 (esterni) su campata atipica (interasse 640cmn). Involuppo sforzi di taglio direzione secondaria (combinazioni SLU-SLV, (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento) valori espressi in kN)

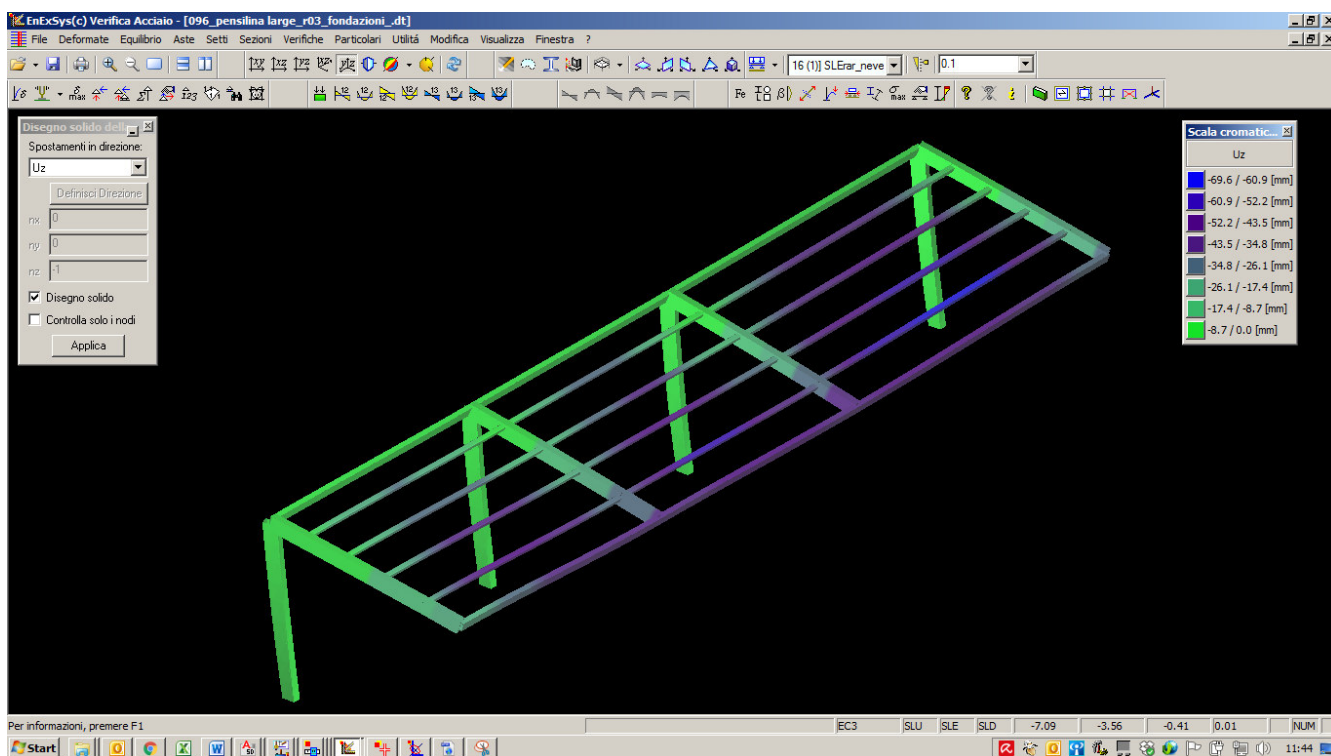


Figura 27. Abbassamenti massimi assoluti in combinazioni SLE\_rare (combinazione 16) (valori espressi in mm)

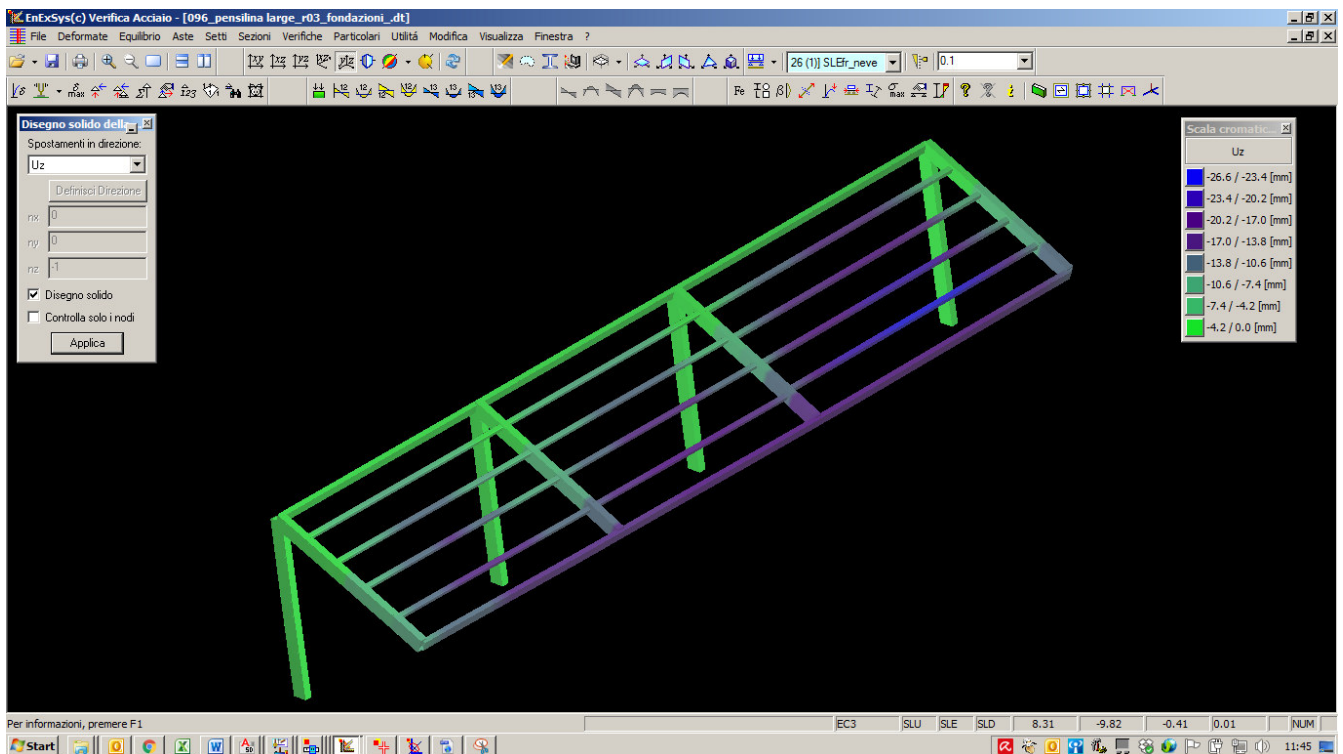


Figura 28. Abbassamenti massimi assoluti in combinazioni SLE\_frequente (combinazione 26) (valori espressi in mm)

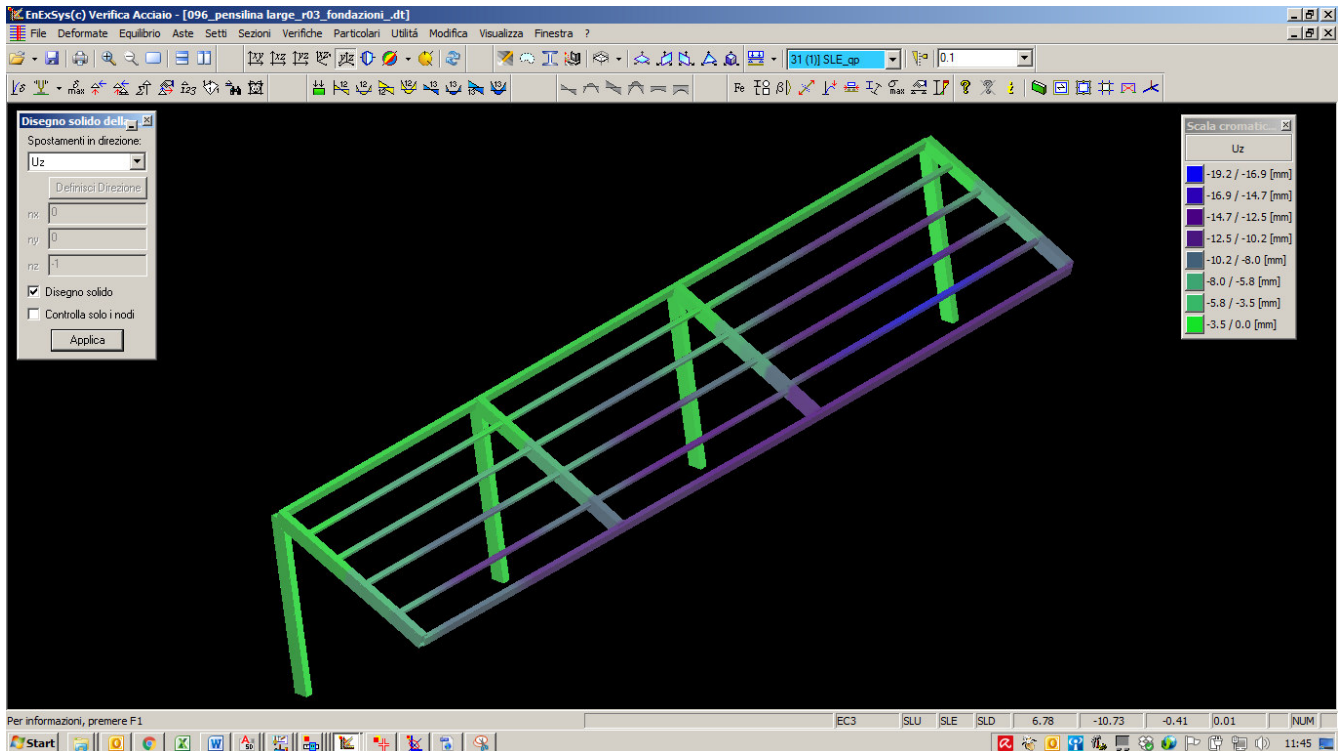


Figura 29. Abbassamenti massimi assoluti in combinazioni SLE\_quasi permanente (combinazione 31) (valori espressi in mm)

### 8.1.2 Strutture in c.a.

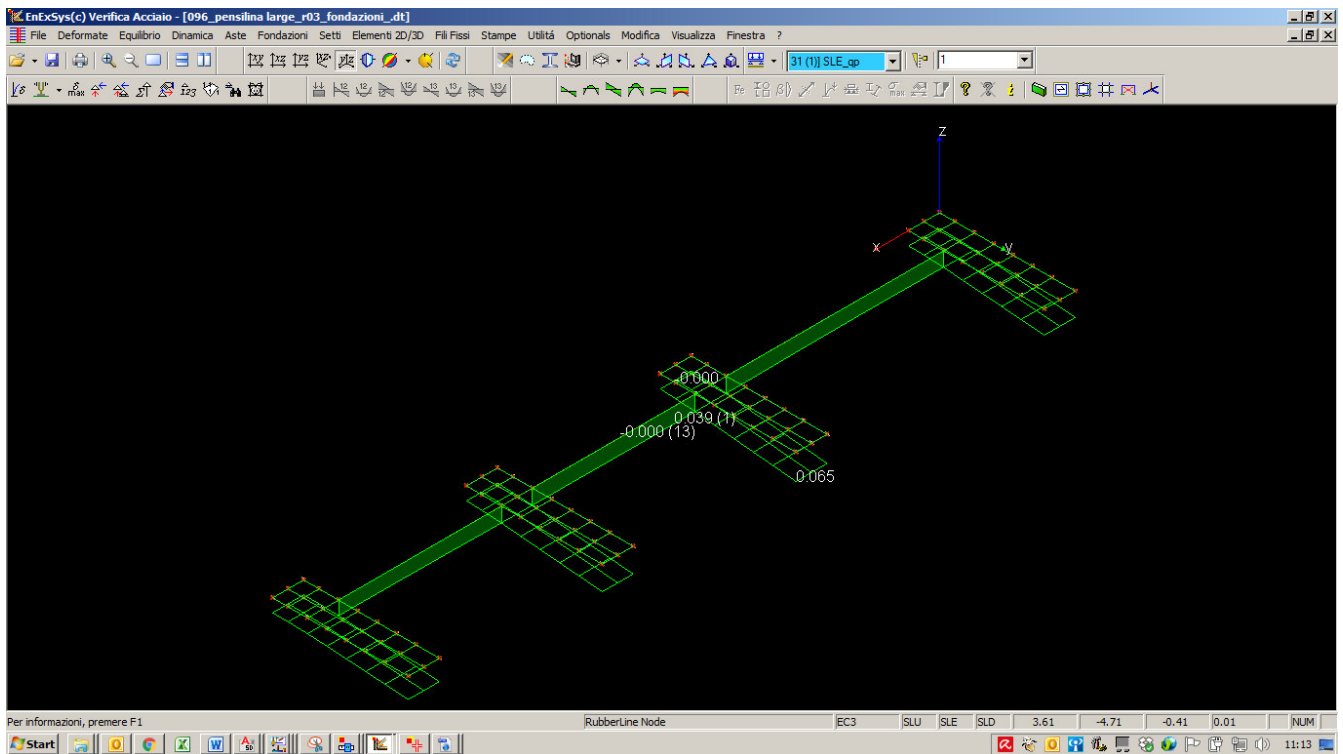


Figura 30. Involuppo delle massime pressioni agenti nel terreno (combinazioni SLU-SLV, valori in MPa)

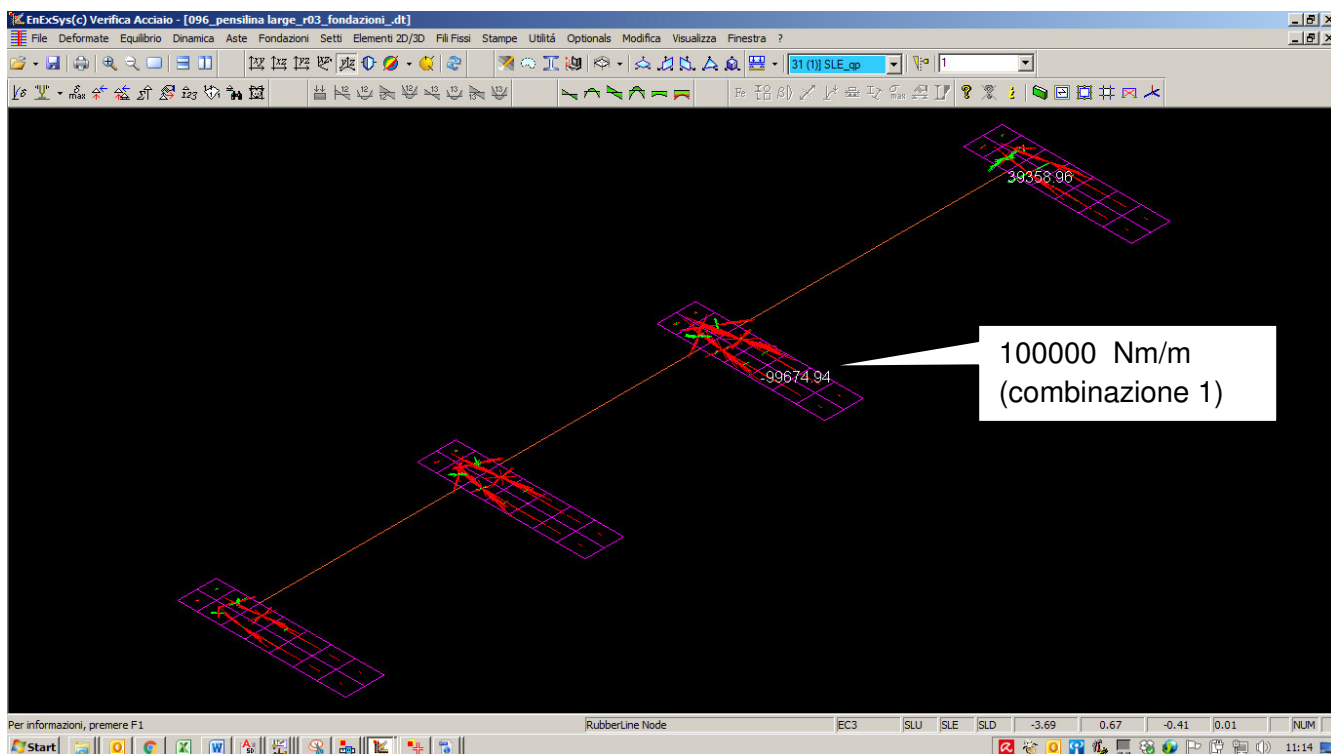


Figura 31. Travi di fondazione principali. Involuppo momenti principali agenti (valori espressi in Nm/m)

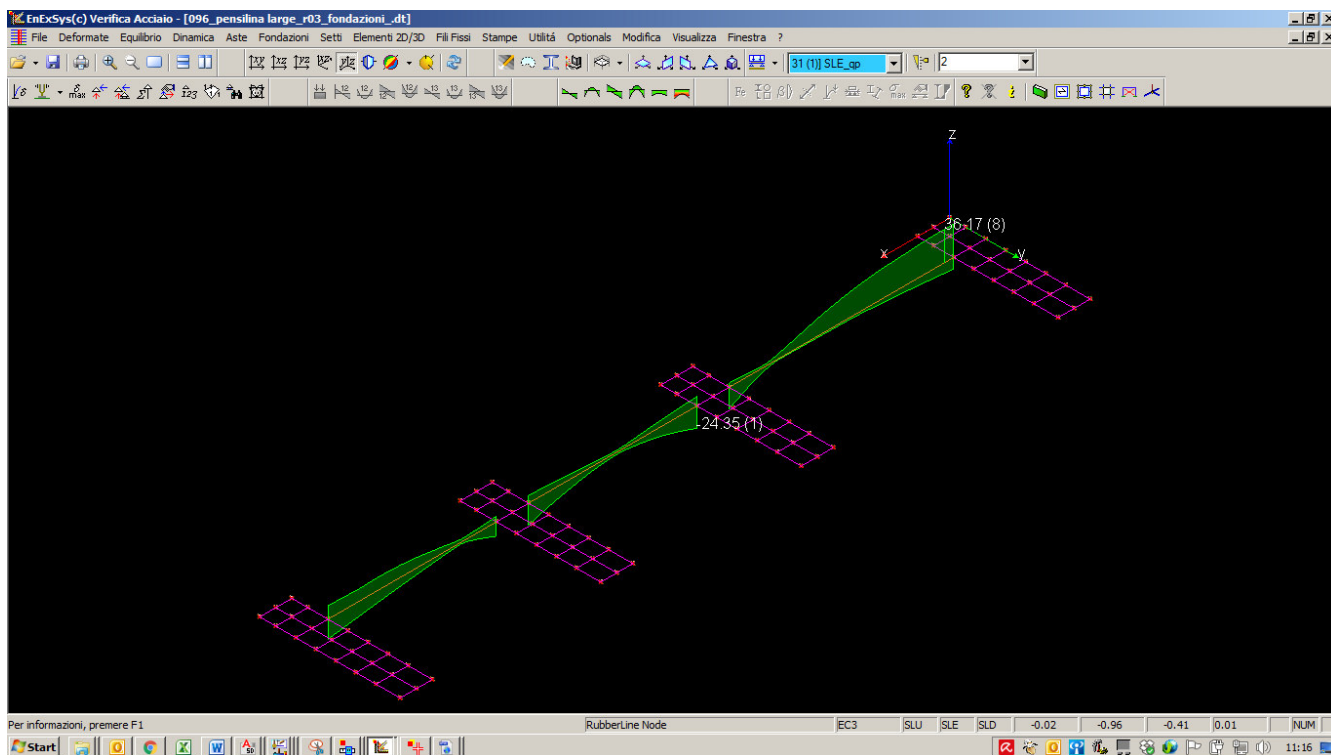


Figura 32. Travi di fondazione secondarie. Involuppo momenti flettenti agenti (tra parentesi la combinazione di riferimento, valori espressi in kNm)



## 8.2 Soppalco solare termico

### 8.2.1 Strutture in acciaio

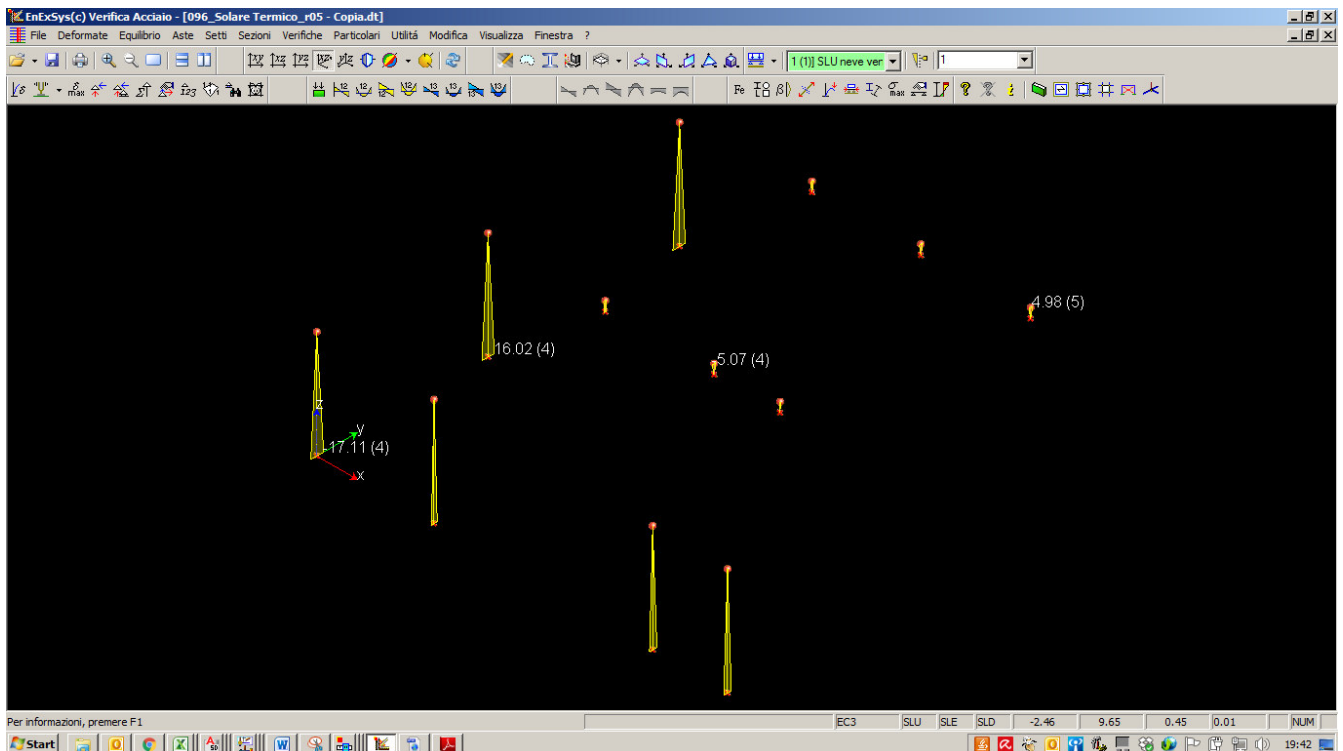


Figura 33. Montanti. Involuppo momento flettente direzione 1-2 (combinazioni SLU-SLV (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento), valori espressi in kNm)

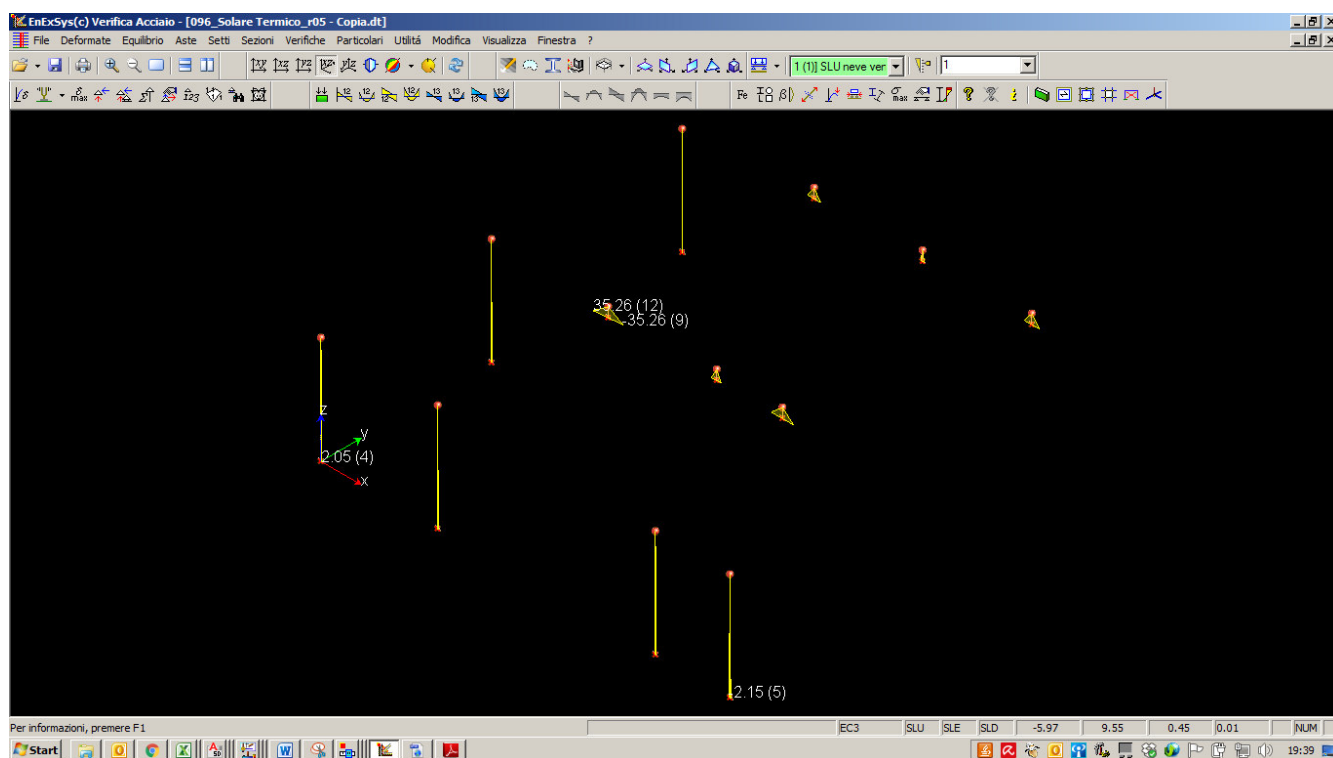


Figura 34. Montanti. Involuppo momento flettente direzione 1-3 (combinazioni SLU-SLV (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento), valori espressi in kNm)



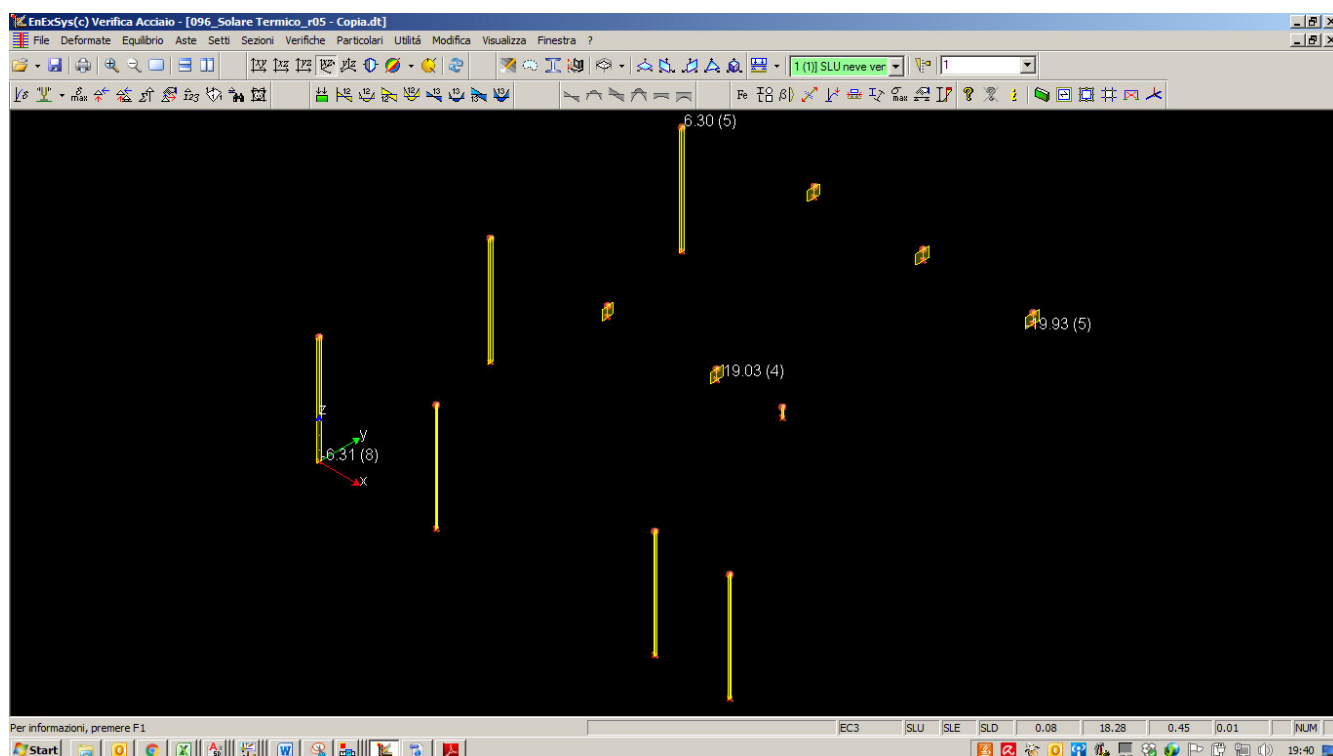


Figura 35. Montanti. Involuppo taglio direzione 1-3 (combinazioni SLU-SLV (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento), valori espressi in kN)

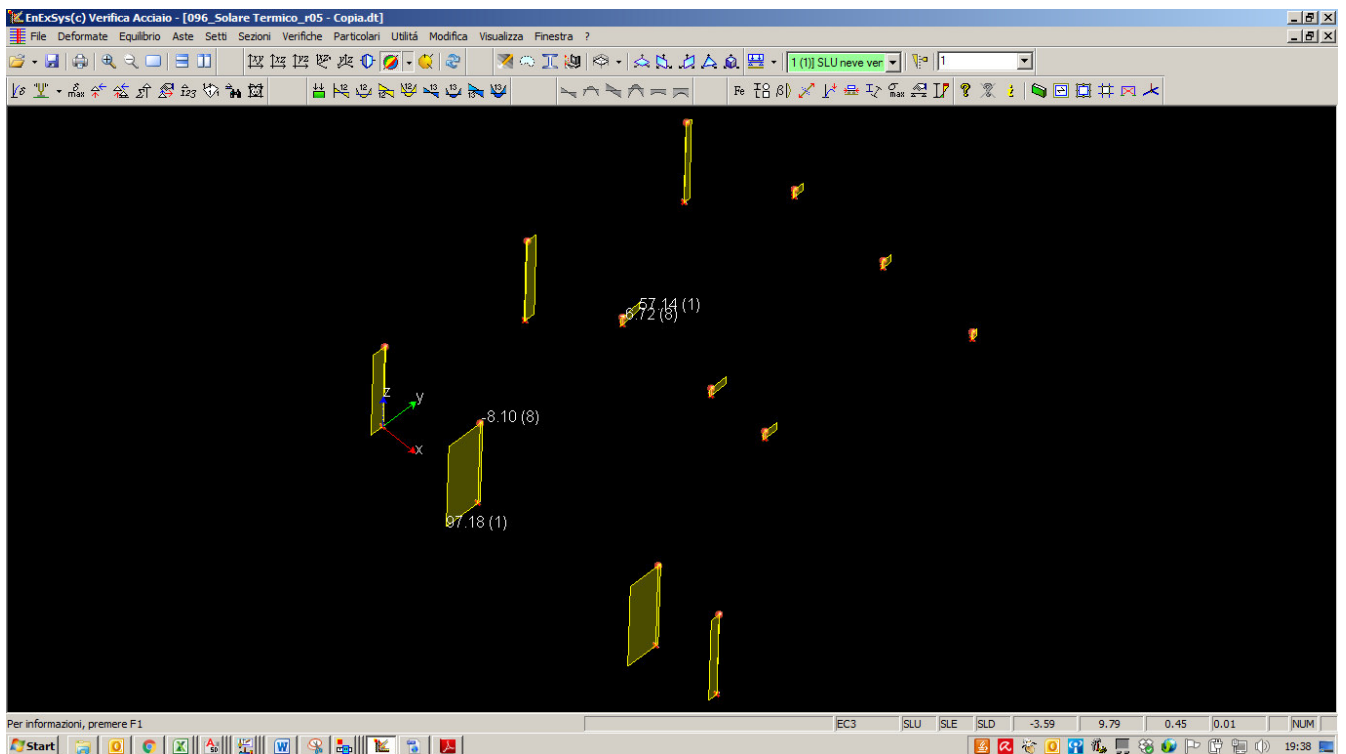


Figura 36. Montanti. Inviluppo sforzo normale (combinazioni SLU-SLV (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento), valori espressi in kN)

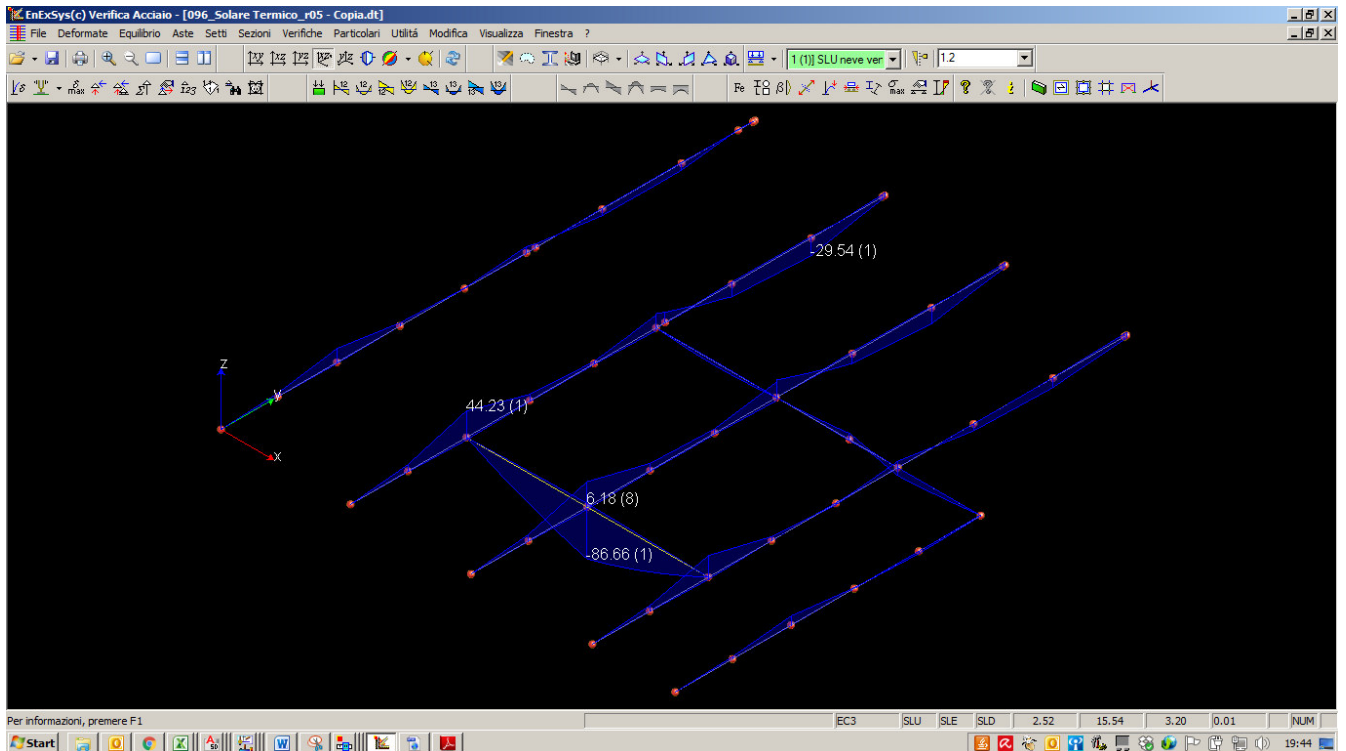


Figura 37. Travi principali. Inviluppo momento flettente direzione principale (combinazioni SLU-SLV (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento), valori espressi in kNm)

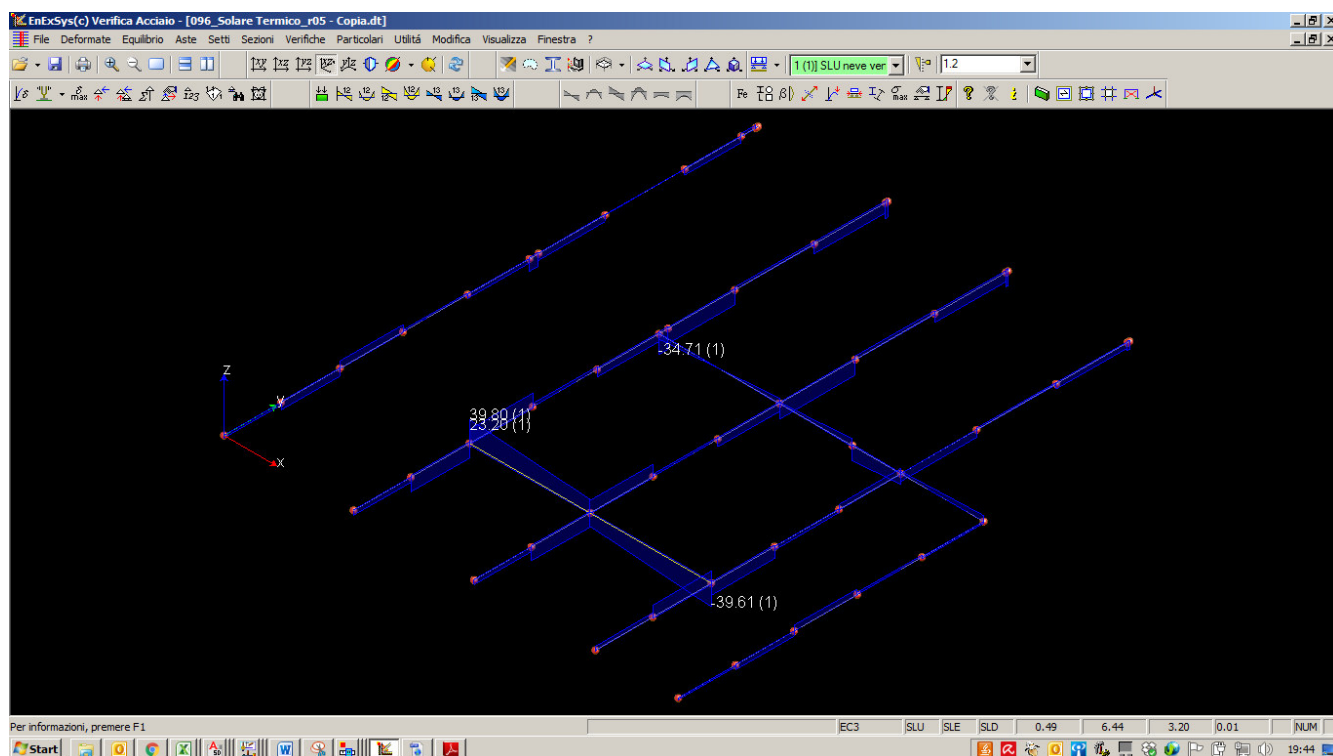


Figura 38. Travi principali. Involuppo taglio direzione principale (combinazioni SLU-SLV (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento), valori espressi in kN)

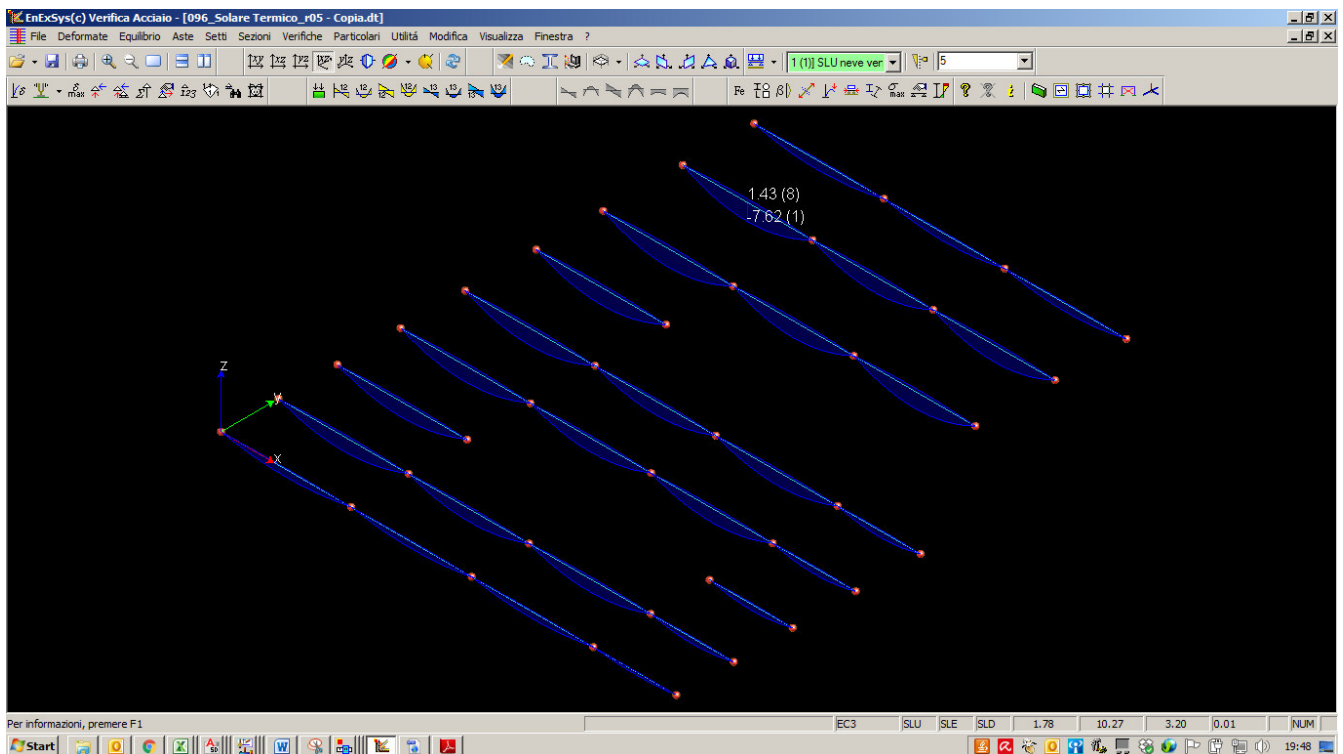


Figura 39. Travi secondarie IPE 160. Involuppo momento flettente direzione principale (combinazioni SLU-SLV (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento), valori espressi in kNm)

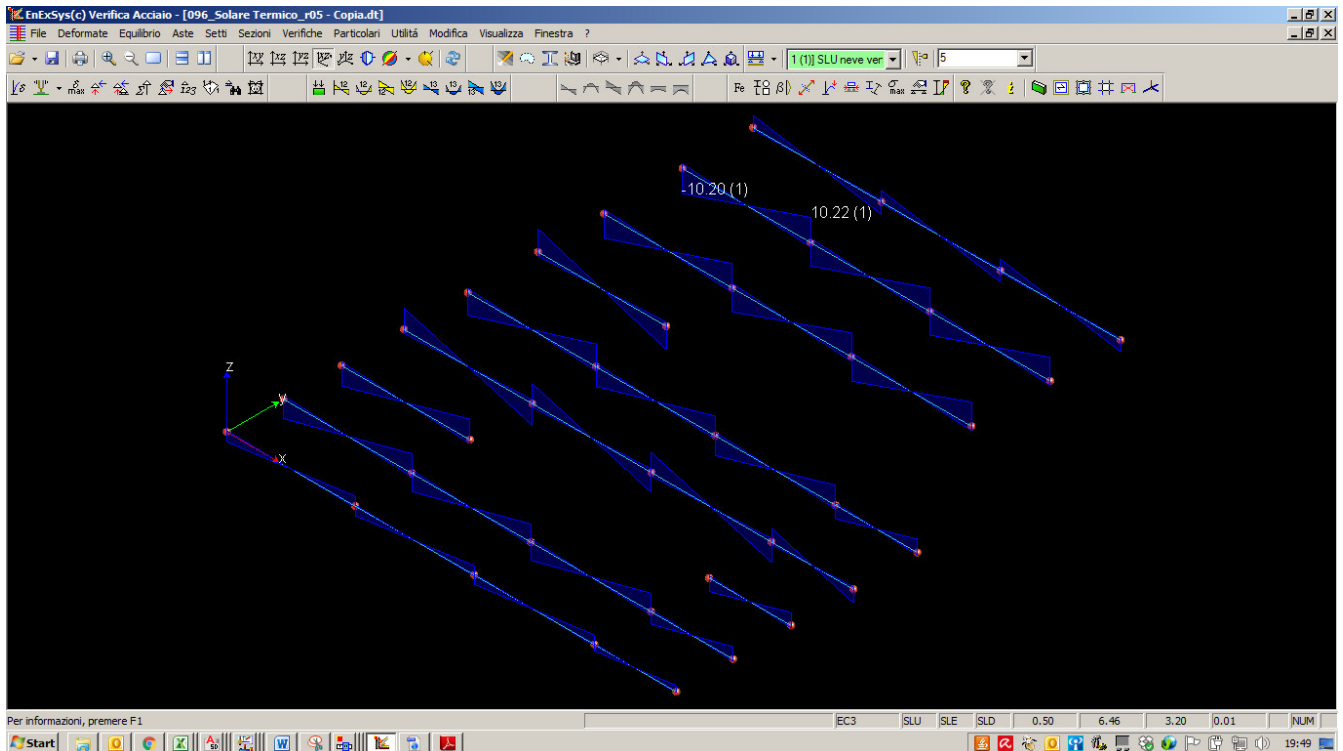


Figura 40. Travi secondarie IPE 160. Involuppo taglio direzione principale (combinazioni SLU-SLV (tra parentesi il numero della combinazione di riferimento), valori espressi in kN)

## Reazioni vincolari

Si riportano nel seguito le reazioni vincolari agenti sui nodi di base (incastro montanti / struttura esistente).

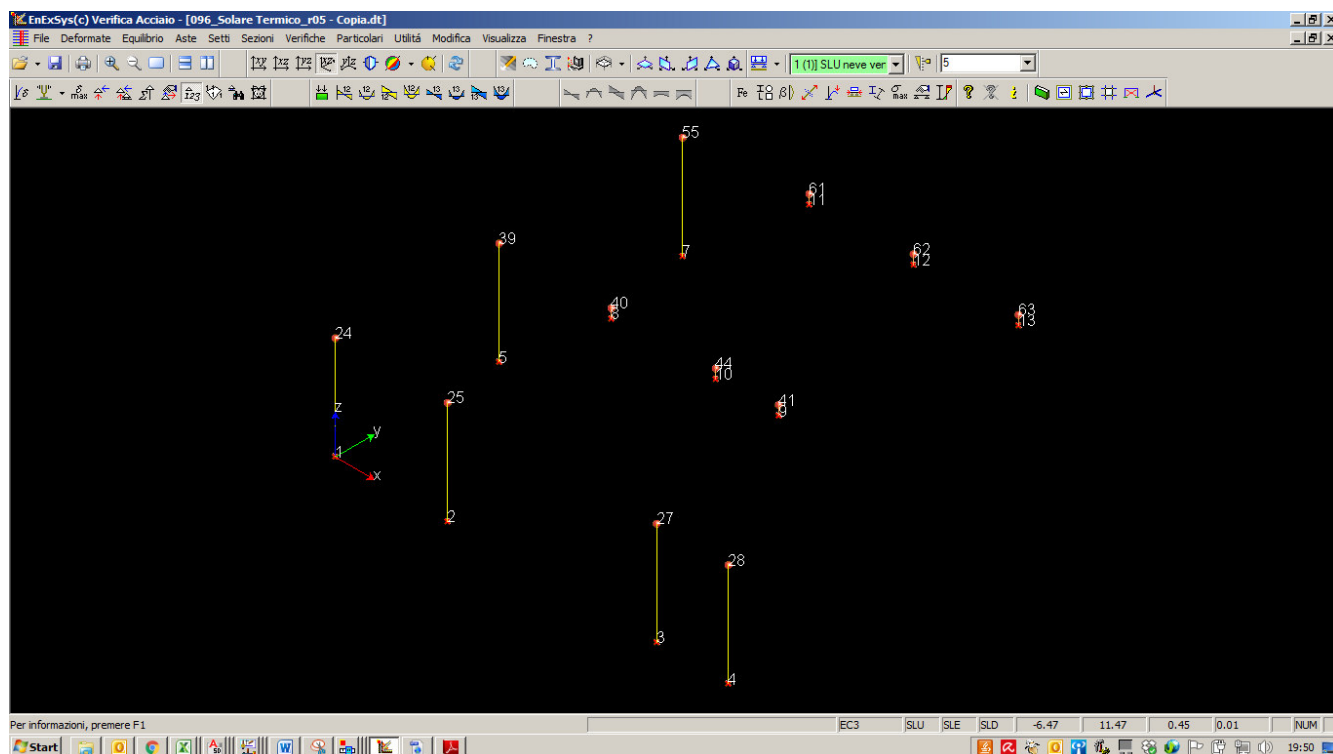


Figura 41. Individuazione dei nodi di base

| Nodo | Comb. | Rx<br>[kN] | Ry<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Mx<br>[kNm] | My<br>[kNm] | Mz<br>[kNm] |
|------|-------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 1    | 1     | 0.63       | 3.92       | 35.73      | -10.68      | 1.68        | 0.00        |
|      | 2     | -0.25      | -3.17      | 20.52      | 8.54        | -0.69       | -0.00       |
|      | 3     | 0.00       | -0.00      | 5.83       | -0.00       | 0.00        | 0.00        |
|      | 4     | 0.91       | 6.29       | 32.35      | -17.09      | 2.46        | 0.00        |
|      | 5     | -0.53      | -5.54      | 32.17      | 14.94       | -1.47       | -0.00       |
|      | 6     | 0.90       | 6.30       | 7.17       | -17.08      | 2.45        | 0.00        |
|      | 7     | -0.54      | -5.52      | 6.99       | 14.95       | -1.48       | -0.00       |
|      | 8     | 0.90       | 6.30       | -1.29      | -17.08      | 2.45        | 0.00        |
|      | 9     | 0.74       | 4.19       | 27.28      | -11.39      | 2.00        | 0.00        |
|      | 10    | -0.13      | -2.90      | 12.07      | 7.84        | -0.37       | -0.00       |
|      | 11    | 0.15       | 2.88       | 27.26      | -7.85       | 0.38        | 0.00        |
|      | 12    | -0.73      | -4.20      | 6.64       | 11.38       | -1.99       | -0.00       |

|   |    |       |       |       |        |       |       |
|---|----|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
|   | 13 | 0.20  | 0.44  | 0.01  | -1.18  | 0.54  | 0.00  |
| 2 | 1  | 0.49  | 3.52  | 99.72 | -9.65  | 1.29  | 0.00  |
|   | 2  | -0.30 | -2.38 | 56.57 | 6.38   | -0.84 | -0.00 |
|   | 3  | 0.00  | 0.00  | 15.40 | -0.03  | 0.00  | -0.00 |
|   | 4  | 0.75  | 5.47  | 90.26 | -14.94 | 2.00  | 0.00  |
|   | 5  | -0.56 | -4.33 | 89.37 | 11.61  | -1.54 | -0.00 |
|   | 6  | 0.73  | 5.44  | 19.24 | -14.77 | 1.98  | 0.00  |
|   | 7  | -0.57 | -4.35 | 18.35 | 11.77  | -1.56 | -0.00 |
|   | 8  | 0.73  | 5.44  | -4.60 | -14.71 | 1.98  | 0.00  |
|   | 9  | 0.54  | 3.87  | 76.00 | -10.57 | 1.42  | 0.00  |
|   | 10 | -0.26 | -2.03 | 32.85 | 5.45   | -0.71 | -0.00 |
|   | 11 | 0.28  | 2.06  | 75.39 | -5.68  | 0.73  | 0.00  |
|   | 12 | -0.52 | -3.84 | 16.99 | 10.38  | -1.40 | -0.00 |
|   | 13 | 0.09  | 0.60  | 0.20  | -1.63  | 0.23  | 0.00  |
| 3 | 1  | 0.27  | 3.78  | 88.71 | -10.33 | 0.76  | 0.00  |
|   | 2  | -0.51 | -2.55 | 50.59 | 6.86   | -1.36 | -0.00 |
|   | 3  | -0.00 | 0.01  | 13.67 | -0.05  | -0.00 | 0.00  |
|   | 4  | 0.53  | 5.87  | 80.12 | -15.97 | 1.47  | 0.00  |
|   | 5  | -0.78 | -4.61 | 80.02 | 12.43  | -2.08 | -0.00 |
|   | 6  | 0.55  | 5.80  | 16.69 | -15.72 | 1.49  | 0.00  |
|   | 7  | -0.76 | -4.68 | 16.59 | 12.67  | -2.06 | -0.00 |
|   | 8  | 0.55  | 5.77  | -4.61 | -15.64 | 1.49  | 0.00  |
|   | 9  | 0.20  | 4.12  | 67.50 | -11.22 | 0.58  | 0.00  |
|   | 10 | -0.57 | -2.21 | 29.37 | 5.97   | -1.55 | -0.00 |
|   | 11 | 0.55  | 2.31  | 67.08 | -6.34  | 1.52  | 0.00  |
|   | 12 | -0.22 | -4.03 | 15.33 | 10.90  | -0.59 | -0.00 |
|   | 13 | -0.12 | 0.60  | 0.14  | -1.63  | -0.32 | 0.00  |
| 4 | 1  | 0.22  | 2.55  | 25.40 | -6.94  | 0.61  | 0.00  |
|   | 2  | -0.56 | -1.94 | 14.86 | 5.24   | -1.52 | -0.00 |
|   | 3  | -0.00 | 0.01  | 4.78  | -0.02  | -0.00 | -0.00 |
|   | 4  | 0.48  | 4.04  | 23.19 | -10.97 | 1.32  | 0.00  |
|   | 5  | -0.82 | -3.42 | 22.68 | 9.24   | -2.23 | -0.00 |
|   | 6  | 0.48  | 4.01  | 6.13  | -10.88 | 1.32  | 0.00  |
|   | 7  | -0.82 | -3.45 | 5.62  | 9.33   | -2.22 | -0.00 |
|   | 8  | 0.49  | 4.00  | 0.41  | -10.85 | 1.32  | 0.00  |

|   |    |       |       |       |        |       |       |
|---|----|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
|   | 9  | 0.11  | 2.73  | 19.67 | -7.41  | 0.31  | 0.00  |
|   | 10 | -0.67 | -1.76 | 9.13  | 4.77   | -1.82 | -0.00 |
|   | 11 | 0.66  | 1.80  | 19.68 | -4.91  | 1.81  | 0.00  |
|   | 12 | -0.11 | -2.69 | 5.48  | 7.29   | -0.31 | -0.00 |
|   | 13 | -0.19 | 0.31  | -0.00 | -0.83  | -0.50 | 0.00  |
| 5 | 1  | 0.22  | 3.58  | 29.52 | -9.67  | 0.56  | 0.00  |
|   | 2  | 0.13  | -3.50 | 16.86 | 9.51   | 0.33  | -0.00 |
|   | 3  | 0.00  | 0.01  | 4.61  | -0.01  | 0.00  | 0.00  |
|   | 4  | 0.24  | 5.93  | 26.66 | -16.05 | 0.63  | 0.00  |
|   | 5  | 0.10  | -5.85 | 26.65 | 15.87  | 0.26  | -0.00 |
|   | 6  | 0.23  | 5.91  | 5.58  | -16.00 | 0.63  | 0.00  |
|   | 7  | 0.09  | -5.87 | 5.56  | 15.91  | 0.25  | -0.00 |
|   | 8  | 0.23  | 5.90  | -1.50 | -15.99 | 0.62  | 0.00  |
|   | 9  | 0.32  | 3.58  | 22.44 | -9.68  | 0.85  | 0.00  |
|   | 10 | 0.23  | -3.50 | 9.78  | 9.50   | 0.61  | -0.00 |
|   | 11 | -0.21 | 3.54  | 22.44 | -9.56  | -0.60 | 0.00  |
|   | 12 | -0.31 | -3.55 | 5.26  | 9.62   | -0.84 | -0.00 |
|   | 13 | 0.18  | 0.01  | -0.00 | -0.04  | 0.48  | 0.00  |
| 6 | 1  | -0.12 | 2.24  | 13.85 | -5.59  | -0.16 | -0.00 |
|   | 2  | -0.12 | -2.39 | 8.48  | 5.90   | -0.18 | 0.00  |
|   | 3  | -0.01 | 0.01  | 2.64  | -0.02  | -0.01 | -0.00 |
|   | 4  | -0.11 | 3.78  | 12.62 | -9.39  | -0.14 | -0.00 |
|   | 5  | -0.15 | -3.91 | 12.67 | 9.67   | -0.21 | 0.00  |
|   | 6  | -0.07 | 3.75  | 3.61  | -9.30  | -0.11 | -0.00 |
|   | 7  | -0.11 | -3.94 | 3.67  | 9.75   | -0.17 | 0.00  |
|   | 8  | -0.06 | 3.74  | 0.59  | -9.28  | -0.09 | -0.00 |
|   | 9  | -0.16 | 2.17  | 11.09 | -5.39  | -0.24 | -0.00 |
|   | 10 | -0.16 | -2.46 | 5.72  | 6.09   | -0.25 | -0.00 |
|   | 11 | 0.10  | 2.50  | 9.79  | -6.22  | 0.20  | -0.00 |
|   | 12 | 0.11  | -2.14 | 2.49  | 5.29   | 0.19  | 0.00  |
|   | 13 | -0.09 | -0.11 | 0.43  | 0.27   | -0.15 | -0.00 |
| 7 | 1  | 0.16  | 3.11  | 17.07 | -8.49  | 0.41  | 0.00  |
|   | 2  | 0.15  | -3.94 | 10.10 | 10.66  | 0.41  | -0.00 |
|   | 3  | 0.00  | -0.00 | 3.06  | -0.00  | 0.00  | -0.00 |
|   | 4  | 0.16  | 5.47  | 15.44 | -14.87 | 0.41  | 0.00  |



|    |       |         |        |        |       |        |
|----|-------|---------|--------|--------|-------|--------|
| 5  | 0.16  | -6.30   | 15.59  | 17.03  | 0.41  | -0.00  |
| 6  | 0.15  | 5.48    | 3.68   | -14.86 | 0.40  | 0.00   |
| 7  | 0.15  | -6.29   | 3.83   | 17.04  | 0.40  | -0.00  |
| 8  | 0.15  | 5.48    | -0.27  | -14.85 | 0.40  | 0.00   |
| 9  | 0.25  | 2.85    | 13.13  | -7.75  | 0.68  | 0.00   |
| 10 | 0.25  | -4.21   | 6.16   | 11.39  | 0.67  | -0.00  |
| 11 | -0.24 | 4.19    | 13.08  | -11.41 | -0.66 | 0.00   |
| 12 | -0.24 | -2.86   | 3.59   | 7.74   | -0.67 | -0.00  |
| 13 | 0.16  | -0.45   | 0.01   | 1.22   | 0.45  | 0.00   |
|    |       |         |        |        |       |        |
| 8  | 1     | 85.71   | 10.39  | 58.92  | 0.00  | 21.11  |
|    | 2     | 25.15   | -7.70  | 31.51  | 0.00  | 6.37   |
|    | 3     | -0.00   | 0.15   | 7.54   | 0.00  | -0.00  |
|    | 4     | 105.90  | 16.15  | 53.39  | 0.00  | 26.03  |
|    | 5     | 4.96    | -13.20 | 51.40  | 0.00  | 1.44   |
|    | 6     | 105.91  | 15.35  | 9.70   | -0.00 | 26.06  |
|    | 7     | 4.97    | -14.01 | 7.71   | 0.00  | 1.46   |
|    | 8     | 105.91  | 15.08  | -4.96  | -0.00 | 26.06  |
|    | 9     | 122.67  | 10.45  | 44.11  | 0.00  | 30.29  |
|    | 10    | 62.12   | -7.64  | 16.70  | 0.00  | 15.55  |
|    | 11    | -62.12  | 8.79   | 44.84  | 0.00  | -15.58 |
|    | 12    | -122.68 | -9.47  | 8.05   | -0.00 | -30.32 |
|    | 13    | 61.60   | 0.55   | -0.25  | 0.00  | 15.29  |
|    |       |         |        |        |       |        |
| 9  | 1     | -23.96  | 2.17   | 37.82  | -0.00 | -6.00  |
|    | 2     | -70.57  | -1.72  | 19.89  | 0.00  | -17.43 |
|    | 3     | 0.03    | 0.02   | 5.41   | -0.00 | -0.01  |
|    | 4     | -8.47   | 3.43   | 34.33  | -0.00 | -2.17  |
|    | 5     | -86.00  | -2.94  | 32.63  | 0.00  | -21.26 |
|    | 6     | -8.63   | 3.32   | 6.15   | -0.00 | -2.14  |
|    | 7     | -86.15  | -3.05  | 4.45   | 0.00  | -21.23 |
|    | 8     | -8.68   | 3.29   | -3.31  | -0.00 | -2.12  |
|    | 9     | -55.63  | 2.21   | 27.58  | -0.00 | -13.77 |
|    | 10    | -102.24 | -1.68  | 9.65   | 0.00  | -25.20 |
|    | 11    | 102.47  | 1.85   | 31.47  | -0.00 | 25.14  |
|    | 12    | 55.83   | -2.07  | 7.49   | 0.00  | 13.72  |
|    | 13    | -52.70  | 0.12   | -1.30  | -0.00 | -12.97 |

|    |    |        |        |       |       |        |       |
|----|----|--------|--------|-------|-------|--------|-------|
| 10 | 1  | 19.40  | 10.93  | 49.80 | -0.00 | 4.74   | 0.01  |
|    | 2  | -35.58 | -8.75  | 27.08 | 0.00  | -8.72  | -0.01 |
|    | 3  | -0.02  | 0.09   | 6.54  | -0.00 | -0.00  | -0.00 |
|    | 4  | 37.76  | 17.31  | 45.20 | 0.00  | 9.23   | 0.01  |
|    | 5  | -53.97 | -14.95 | 43.58 | 0.00  | -13.21 | -0.01 |
|    | 6  | 37.86  | 16.77  | 8.98  | 0.00  | 9.24   | 0.01  |
|    | 7  | -53.88 | -15.49 | 7.35  | 0.00  | -13.21 | -0.01 |
|    | 8  | 37.89  | 16.58  | -3.19 | 0.00  | 9.24   | 0.01  |
|    | 9  | 14.11  | 11.10  | 37.89 | 0.00  | 3.42   | 0.01  |
|    | 10 | -40.88 | -8.58  | 15.17 | 0.00  | -10.04 | -0.01 |
|    | 11 | 40.74  | 9.34   | 36.62 | -0.00 | 10.04  | 0.01  |
|    | 12 | -14.22 | -10.46 | 6.12  | -0.00 | -3.42  | -0.01 |
|    | 13 | -8.88  | 0.59   | 0.42  | 0.00  | -2.21  | 0.00  |
| 11 | 1  | 24.75  | 6.86   | 27.18 | -0.00 | 6.17   | 0.05  |
|    | 2  | 37.32  | -10.05 | 16.30 | -0.00 | 9.30   | 0.04  |
|    | 3  | -0.00  | -0.13  | 3.78  | -0.00 | -0.00  | 0.00  |
|    | 4  | 20.56  | 12.76  | 23.93 | -0.00 | 5.12   | 0.05  |
|    | 5  | 41.51  | -16.20 | 26.29 | 0.00  | 10.35  | 0.03  |
|    | 6  | 20.56  | 13.52  | 3.45  | -0.00 | 5.12   | 0.05  |
|    | 7  | 41.51  | -15.44 | 5.80  | 0.00  | 10.35  | 0.03  |
|    | 8  | 20.56  | 13.77  | -3.43 | -0.00 | 5.12   | 0.05  |
|    | 9  | 45.44  | 6.58   | 20.38 | -0.00 | 11.32  | 0.07  |
|    | 10 | 58.01  | -10.33 | 9.50  | -0.00 | 14.46  | 0.07  |
|    | 11 | -58.01 | 9.26   | 20.02 | 0.00  | -14.46 | -0.07 |
|    | 12 | -45.44 | -7.50  | 4.73  | 0.00  | -11.32 | -0.07 |
|    | 13 | 34.48  | -0.89  | 0.12  | -0.00 | 8.59   | 0.05  |
| 12 | 1  | 1.89   | 7.75   | 25.07 | 0.00  | 0.47   | -0.01 |
|    | 2  | 13.10  | -10.59 | 15.24 | 0.00  | 3.27   | -0.02 |
|    | 3  | -0.00  | -0.11  | 3.51  | -0.00 | -0.00  | 0.00  |
|    | 4  | -1.84  | 14.07  | 21.97 | 0.00  | -0.46  | -0.01 |
|    | 5  | 16.83  | -17.12 | 24.59 | -0.00 | 4.20   | -0.02 |
|    | 6  | -1.83  | 14.69  | 2.97  | 0.00  | -0.46  | -0.01 |
|    | 7  | 16.84  | -16.50 | 5.59  | -0.00 | 4.20   | -0.02 |
|    | 8  | -1.83  | 14.90  | -3.41 | 0.00  | -0.46  | -0.01 |
|    | 9  | 6.90   | 7.43   | 18.76 | 0.00  | 1.72   | -0.02 |
|    | 10 | 18.11  | -10.90 | 8.93  | 0.00  | 4.52   | -0.03 |

|    |    |        |        |       |       |        |       |
|----|----|--------|--------|-------|-------|--------|-------|
|    | 11 | -18.13 | 10.03  | 18.43 | -0.00 | -4.52  | 0.03  |
|    | 12 | -6.92  | -8.17  | 4.53  | -0.00 | -1.72  | 0.02  |
|    | 13 | 8.34   | -0.87  | 0.11  | 0.00  | 2.08   | -0.01 |
| 13 | 1  | -40.99 | 7.86   | 13.46 | -0.00 | -10.19 | -0.03 |
|    | 2  | -36.63 | -9.98  | 8.57  | -0.00 | -9.12  | -0.03 |
|    | 3  | -0.01  | -0.05  | 2.13  | 0.00  | 0.00   | -0.00 |
|    | 4  | -42.43 | 13.88  | 11.73 | -0.00 | -10.55 | -0.03 |
|    | 5  | -35.21 | -16.08 | 13.58 | -0.00 | -8.75  | -0.03 |
|    | 6  | -42.39 | 14.11  | 1.74  | 0.00  | -10.57 | -0.03 |
|    | 7  | -35.17 | -15.86 | 3.58  | -0.00 | -8.77  | -0.03 |
|    | 8  | -42.38 | 14.19  | -1.62 | -0.00 | -10.58 | -0.03 |
|    | 9  | -66.82 | 7.39   | 10.16 | -0.00 | -16.64 | -0.06 |
|    | 10 | -62.47 | -10.45 | 5.28  | -0.00 | -15.58 | -0.06 |
|    | 11 | 62.42  | 10.10  | 9.86  | 0.00  | 15.61  | 0.06  |
|    | 12 | 66.78  | -7.69  | 2.82  | 0.00  | 16.67  | 0.06  |
|    | 13 | -43.08 | -0.90  | 0.10  | -0.00 | -10.75 | -0.04 |

## 9. VERIFICHE STRUTTURALI SLU

Si riportano di seguito le verifiche degli elementi strutturali principali riferite alle massime sollecitazioni agenti.

### 9.1 Pensilina fotovoltaica

#### 9.1.1 Strutture in acciaio – scatolare 150x300\_sp. 30-15

**EC3**

| Instabilità 1/3  |  | Presso-Flessione             |                 | Svergolamento   |      |
|--|--|------------------------------|-----------------|-----------------|------|
| Globale  |  | Resistenza                   |                 | Instabilità 1/2 |      |
| olari_Utente 150x300_sp.3  |  | Materiale: 2 Acciaio         |                 |                 |      |
| Area   | 16200 [mm²]  | Area Netta                   | 16200 [mm²]     |                 |      |
| Wx   | 1.3284e+06 [mm³]   | Zx                           | 1.647e+06 [mm³] |                 |      |
| Wy   | 664200 [mm³]   | Zy                           | 823500 [mm³]    |                 |      |
| Classificazione della Sezione Trasversale                                      |  |                              |                 |                 |      |
| Compressione:  |  | Caratteristiche Efficaci     |                 |                 |      |
| Flessione Piano 1/2:   |  | Instabilità Anima            |                 |                 |      |
| Flessione Piano 1/3:   |  |                              |                 |                 |      |
| Azioni da Considerare in Fase di Verifica delle Aste che utilizzano il Profilo |  |                              |                 |                 |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sforzo Normale                             | <input checked="" type="checkbox"/> Momento Flettente M 1/2 (Mx) |                              |                 |                 |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Taglio nel Piano 1/2 (Ty)                  | <input checked="" type="checkbox"/> Momento Flettente M 1/3 (My) |                              |                 |                 |      |
| Azioni di Verifica e Ratio Massimi (Sd / Sr)                                   |  |                              |                 |                 |      |
| Considera Interazione Sforzo Normale / Momento Flettente                       |  |                              |                 |                 |      |
| MnxRd =  | 1.00   | Mplx                         | Alpha           | 1.00            |      |
| MnyRd =  | 1.00   | Mply                         | Betha           | 1.00            |      |
| Sforzo Normale   | 89.93 [kN]   |                              |                 |                 | 0.02 |
| Momento Flet. Mx (1/2)   | -167.38 [kNm]  |                              |                 |                 | 0.39 |
| Momento Flet. My (1/3)   | -0.17 [kNm]  |                              |                 |                 | 0.00 |
| Taglio Ty (1/2)  | 20.82 [kN]   |                              |                 |                 | 0.01 |
| Max Combinazione   | 1  | Sezione Verificata in Classe |                 |                 | 0.41 |

**EC3**

Globale | Resistenza | Instabilità 1/2  
Instabilità 1/3 | Presso-Flessione | Svergolamento

olari\_Utente 150x300\_sp.3 Materiale: 2 Acciaio

Dati di progetto:

Piano 12:  $\beta$   $\beta=1$  Curva Curva 'c'


Piano 13:  $\beta$   $\beta=1$  Curva Curva 'c'

Dati di verifica:

| Piano | $\lambda$ | $\chi$ | $\mu$ | $C_m$ |
|-------|-----------|--------|-------|-------|
| 1-2   | 0.38      | 0.91   | 1.00  | 1.00  |
| 1-3   | 0.76      | 0.69   | 1.00  | 0.78  |

|          |      |          |      |
|----------|------|----------|------|
| $k_{yy}$ | 1.00 | $k_{yz}$ | 0.47 |
| $k_{zy}$ | 0.60 | $k_{zz}$ | 0.78 |


Classificazione della Sezione Trasversale


Classe di Verifica  Caratteristiche Efficaci

Azioni di Verifica e Rapporti Sd/Sr Massimi Riscontrati

☒ Esegui la Verifica di Instabilità per PressoFlessione

☒ Sforzo Normale 89.93 [kN] 0.02

☒ Momento M 1/2 (Mx) 167.38 [kNm]  0.39

☒ Momento M 1/3 (My) 0.17 [kNm]  0.00

Combinazione di Carico Critica: 1 0.41

**EC3**

|                            |                                |                                  |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Instabilità 1/3<br>Globale | Presso-Flessione<br>Resistenza | Svergolamento<br>Instabilità 1/2 |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|

Asta(e) nodi: 32....123 Luce: 3.64 [m]

Profilo Tipo: Iari\_Utente 150x300\_sp.:

Sezione 1 Scatolari\_Utente 150x300\_sp.30/15

Materiale: 2 Acciaio

**Caratteristiche Inerziali**

|            |                  |                            |                   |
|------------|------------------|----------------------------|-------------------|
| Area       | 16200 [mm²]      | Lunghezza del collegamento | 0 [mm]            |
| Area Netta | 16200 [mm²]      |                            |                   |
| Jx         | 1.9926e+08 [mm⁴] | Wx                         | 1.3284e+06 [mm³]  |
| ix         | 110.905 [mm]     | Zx                         | 1.647e+06 [mm³]   |
| Jy         | 4.9815e+07 [mm⁴] | Wy                         | 664200 [mm³]      |
| iy         | 55.4527 [mm]     | Zy                         | 823500 [mm³]      |
| Jp         | 3.24e+06 [mm⁴]   | Cw                         | 1.86004e+12 [mm⁶] |

**Rapporti Massimi Azione Sollecitante / Azione Resistente riscontrati**





Combinazioni di Carico: All

Classe della Sezione

|                                  |      |  |
|----------------------------------|------|--|
| Verifica di Resistenza           | 0.41 |  |
| Instabilità per Sforzo Normale   | 0.03 |  |
| Instabilità per Presso-Flessione | 0.41 |  |
| Instabilità Flesso Torsionale    | 0.00 |  |



## 9.1.2 Strutture in acciaio – scatolare 150x300\_sp. 32-15 (campata atipica)

| Instabilità 1/3   |   | Presso-Flessione  |   | Svergolamento   |  |
|---|---|---|---|-----------------|--|
| Globale   |   | Resistenza  |   | Instabilità 1/2 |  |
| JTENTE 150X300_sp15-32  |   | Materiale:  |   | 2 Acciaio       |  |
| Area  | 16680 [mm²]   | Area Netta  | 16680 [mm²]   |                 |  |
| Wx  | 1.37372e+06 [mm³]   | Zx  | 1.70412e+06 [mm³]   |                 |  |
| Wy  | 671880 [mm³]  | Zy  | 837900 [mm³]  |                 |  |
| Classificazione della Sezione Trasversale   |   |   |   |                 |  |
| Compressione:   |  1 | <input type="button" value="Caratteristiche Efficaci"/> |   |                 |  |
| Flessione Piano 1/2:  |  1 | <input type="button" value="Instabilità Anima"/>        |   |                 |  |
| Flessione Piano 1/3:  |  1 |   |   |                 |  |
| Azioni da Considerare in Fase di Verifica delle Aste che utilizzano il Profilo          |   |   |   |                 |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sforzo Normale                                      | <input checked="" type="checkbox"/> Momento Flettente M 1/2 (Mx)                    |   |   |                 |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Taglio nel Piano 1/2 (Ty)                           | <input checked="" type="checkbox"/> Momento Flettente M 1/3 (My)                    |   |   |                 |  |
| Azioni di Verifica e Ratio Massimi (Sd / Sr)  |   |   |   |                 |  |
| <input type="button" value="Considera Interazione Sforzo Normale / Momento Flettente"/> |   |   |   |                 |  |
| MnxRd =   | 1.00  | Mplx  | Alpha   | 1.00            |  |
| MnyRd =   | 1.00  | Mply  | Betha   | 1.00            |  |
| Sforzo Normale  | 105.95 [kN]   |   |   | 0.02            |  |
| Momento Flet. Mx (1/2)  | -194.21 [kNm]   |   |   | 0.44            |  |
| Momento Flet. My (1/3)  | -0.46 [kNm]   |   |   | 0.00            |  |
| Taglio Ty (1/2)   | 24.36 [kN]  |   |   | 0.01            |  |
| Max Combinazione  | 1   | Sezione Verificata in Classe                            |  1 | 0.46            |  |

**EC3**

Globale      Resistenza      Instabilità 1/2  
 Instabilità 1/3      Presso-Flessione      Svergolamento

JTENTE 150X300\_sp15-32      Materiale: 2 Acciaio

Dati di progetto:

Piano 12:  $\beta$   $\beta=1$  2      Curva Curva 'c'


Piano 13:  $\beta$   $\beta=1$  1      Curva Curva 'c'

Dati di verifica:

| Piano | $\lambda$ | $\chi$ | $\mu$ | $C_m$ |
|-------|-----------|--------|-------|-------|
| 1-2   | 0.75      | 0.69   | 1.00  | 1.00  |
| 1-3   | 0.76      | 0.69   | 1.00  | 0.89  |

|          |      |          |      |
|----------|------|----------|------|
| $k_{yy}$ | 1.01 | $k_{yz}$ | 0.54 |
| $k_{zy}$ | 0.61 | $k_{zz}$ | 0.89 |


Classificazione della Sezione Trasversale


Classe di Verifica  Caratteristiche Efficaci

Azioni di Verifica e Rapporti Sd/Sr Massimi Riscontrati

☒ Esegui la Verifica di Instabilità per PressoFlessione

☒ Sforzo Normale 105.95 [kN] 0.04

☒ Momento M 1/2 (Mx) 194.21 [kNm]  0.44





☒ Momento M 1/3 (My) 0.46 [kNm]  0.00

Combinazione di Carico Critica: 1 0.47

| Instabilità 1/3<br>Globale   | Presso-Flessione<br>Resistenza | Svergolamento<br>Instabilità 1/2 |
|--|--------------------------------|----------------------------------|
| Asta(e) nodi: 29....122  | Luce                           | 3.64 [m]                         |
| Profilo Tipo: TENTE 150X300_sp15-3                                   |                                |                                  |
| Sezione 6  | UTENTE 150X300_sp15-32         |                                  |
| Materiale: 2 Acciaio   |                                |                                  |
| Caratteristiche Inerziali  |                                |                                  |
| Area   | 16680 [mm²]                    | Lunghezza del collegamento       |
| Area Netta   | 16680 [mm²]                    | 0 [mm]                           |
| Jx   | 2.06057e+08 [mm⁴]              | Wx                               |
| ix   | 111.147 [mm]                   | Zx                               |
| Jy   | 5.0391e+07 [mm⁴]               | Wy                               |
| iy   | 54.964 [mm]                    | Zy                               |
| Jp   | 3.8078e+06 [mm⁴]               | Cw                               |
| Rapporti Massimi Azione Sollecitante / Azione Resistente riscontrati |                                |                                  |
| Combinazioni di Carico: All  |                                |                                  |
| Classe della Sezione   |                                |                                  |
| Verifica di Resistenza   | 0.46                           |                                  |
| Instabilità per Sforzo Normale                                       | 0.04                           |                                  |
| Instabilità per Presso-Flessione                                     | 0.47                           |                                  |
| Instabilità Flesso Torsionale  | 0.00                           |                                  |

### 9.1.3 Strutture in acciaio – scatolare 100x100x5

EC3

| Instabilità 1/3  |   | Presso-Flessione   |   | Svergolamento   |  |
|--|---|--|---|-----------------|--|
| Globale  |   | Resistenza   |   | Instabilità 1/2 |  |
| Tubi Quadri 100x5.0  |   | Materiale: 2 Acciaio   |   |                 |  |
| Area   | 1790.18 [mm²]   | Area Netta   | 1790.18 [mm²]   |                 |  |
| Wx   | 51913.5 [mm³]   | Zx   | 62292.6 [mm³]   |                 |  |
| Wy   | 51913.5 [mm³]   | Zy   | 62292.7 [mm³]   |                 |  |
| Classificazione della Sezione Trasversale                                      |   |  |   |                 |  |
| Compressione:  |  1 | Caratteristiche Efficaci   |   |                 |  |
| Flessione Piano 1/2:   |  1 | Instabilità Anima  |   |                 |  |
| Flessione Piano 1/3:   |  1 |  |   |                 |  |
| Azioni da Considerare in Fase di Verifica delle Aste che utilizzano il Profilo |   |  |   |                 |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sforzo Normale                             |   | <input checked="" type="checkbox"/> Momento Flettente M 1/2 (Mx) |   |                 |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Taglio nel Piano 1/2 (Ty)                  |   | <input checked="" type="checkbox"/> Momento Flettente M 1/3 (My) |   |                 |  |
| Azioni di Verifica e Ratio Massimi (Sd / Sr)                                   |   |  |   |                 |  |
| Considera Interazione Sforzo Normale / Momento Flettente                       |   |  |   |                 |  |
| MnxRd =  | 1.00  | Mplx   | Alpha   | 1.66            |  |
| MnyRd =  | 1.00  | Mply   | Betha   | 1.66            |  |
| Sforzo Normale   | 0.76 [kN]   |  |   | 0.00            |  |
| Momento Flet. Mx (1/2)   | -7.69 [kNm]   |  |   | 0.47            |  |
| Momento Flet. My (1/3)   | -1.31 [kNm]   |  |   | 0.08            |  |
| Taglio Ty (1/2)  | 0.0 [kN]  |  |   | 0.00            |  |
| Max Combinazione   | 1   | Sezione Verificata in Classe                                     |  1 | 0.47            |  |

**EC3**

Globale | Resistenza | Instabilità 1/2  
 Instabilità 1/3 | Presso-Flessione | Svergolamento

Tubi Quadri 100x5.0 Materiale: 2 Acciaio

Dati di progetto:

Piano 12:  $\beta$   $\beta=1$  Curva Curva 'c'


Piano 13:  $\beta$   $\beta=1$  Curva Curva 'c'

Dati di verifica:

| Piano | $\lambda$ | $\chi$ | $\mu$ | $C_m$ |
|-------|-----------|--------|-------|-------|
| 1-2   | 1.51      | 0.31   | 1.00  | 1.00  |
| 1-3   | 1.51      | 0.31   | 1.00  | 1.00  |



|          |      |          |      |
|----------|------|----------|------|
| $k_{yy}$ | 1.00 | $k_{yz}$ | 0.60 |
| $k_{zy}$ | 0.60 | $k_{zz}$ | 1.00 |

Classificazione della Sezione Trasversale

Classe di Verifica  Caratteristiche Efficaci

Azioni di Verifica e Rapporti Sd/Sr Massimi Riscontrati

☒ Esegui la Verifica di Instabilità per PressoFlessione

|  |            |   |      |
|--|------------|---|------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Sforzo Normale     | 0.76 [kN]  |   | 0.01 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Momento M 1/2 (Mx) | 7.69 [kNm] |  | 0.47 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Momento M 1/3 (My) | 1.31 [kNm] |  | 0.05 |
| Combinazione di Carico Critica:                        | 1          |   | 0.53 |



**EC3**

|                            |                                |                                  |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Instabilità 1/3<br>Globale | Presso-Flessione<br>Resistenza | Svergolamento<br>Instabilità 1/2 |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|

Asta(e) nodi:  Luce:

Profilo Tipo:

Sezione 2:

Materiale:

**Caratteristiche Inerziali**

|            |  |                            |  |
|------------|--|----------------------------|--|
| Area       | <input type="text" value="1790.18 [mm²]"/>     | Lunghezza del collegamento | <input type="text" value="0 [mm]"/>            |
| Area Netta | <input type="text" value="1790.18 [mm²]"/>     |                            |  |
| Jx         | <input type="text" value="2.59567e+06 [mm⁴]"/> | Wx                         | <input type="text" value="51913.5 [mm³]"/>     |
| ix         | <input type="text" value="38.0782 [mm]"/>      | Zx                         | <input type="text" value="62292.6 [mm³]"/>     |
| Jy         | <input type="text" value="2.59567e+06 [mm⁴]"/> | Wy                         | <input type="text" value="51913.5 [mm³]"/>     |
| iy         | <input type="text" value="38.0782 [mm]"/>      | Zy                         | <input type="text" value="62292.7 [mm³]"/>     |
| Jp         | <input type="text" value="4.38552e+06 [mm⁴]"/> | Cw                         | <input type="text" value="3.20728e+06 [mm⁶]"/> |

**Rapporti Massimi Azione Sollecitante / Azione Resistente riscontrati**

Combinazioni di Carico:

Classe della Sezione

|                                  |                                   |  |
|----------------------------------|-----------------------------------|--|
| Verifica di Resistenza           | <input type="text" value="0.47"/> |  |
| Instabilità per Sforzo Normale   | <input type="text" value="0.01"/> |  |
| Instabilità per Presso-Flessione | <input type="text" value="0.53"/> |  |
| Instabilità Flesso-Torsionale    | <input type="text" value="0.00"/> |  |



#### 9.1.4 Strutture in acciaio – scatolare 100x200x5




**EC3**

Instabilità 1/3      Presso-Flessione      Svergolamento  
Globale      Resistenza      Instabilità 1/2

Personali Scatolare 200x100x5      Materiale: 2 Acciaio

Area: 2900 [mm²]      Area Netta: 2900 [mm²]  
Wx: 152242 [mm³]      Zx: 187750 [mm²]  
Wy: 102483 [mm³]      Zy: 115250 [mm²]

Classificazione della Sezione Trasversale

Compressione:  4      Caratteristiche Efficaci  
Flessione Piano 1/2:  1      Instabilità Anima  
Flessione Piano 1/3:  4

Azioni da Considerare in Fase di Verifica delle Aste che utilizzano il Profilo


☒ Sforzo Normale      ☒ Momento Flettente M 1/2 (Mx)  
☒ Taglio nel Piano 1/2 (Ty)      ☒ Momento Flettente M 1/3 (My)

Azioni di Verifica e Ratio Massimi (Sd / Sr)

Considera Interazione Sforzo Normale / Momento Flettente

|         |      |      |       |      |
|---------|------|------|-------|------|
| MrxRd = | 1.00 | Mplx | Alpha | 1.00 |
| MnyRd = | 1.00 | Mply | Betha | 1.00 |

|                        |              |      |
|------------------------|--------------|------|
| Sforzo Normale         | -0.64 [kN]   | 0.00 |
| Momento Flet. Mx (1/2) | -10.72 [kNm] | 0.22 |
| Momento Flet. My (1/3) | -1.86 [kNm]  | 0.06 |
| Taglio Ty (1/2)        | -0.01 [kN]   | 0.00 |


Max Combinazione: 1      Sezione Verificata in Classe  1      0.28


**EC3**

Globale      Resistenza      Instabilità 1/2  
 Instabilità 1/3      Presso-Flessione      Svergolamento

Personali Scatolare 200x100x      Materiale: 2 Acciaio

Dati di progetto:

Piano 12:  $\beta$    $\beta=1$  Curva Curva 'c'


Piano 13:  $\beta$    $\beta=1$  Curva Curva 'c'

Dati di verifica:

| Piano | $\lambda$ | $\chi$ | $\mu$ | $C_m$ |
|-------|-----------|--------|-------|-------|
| 1-2   | 0.78      | 0.68   | 1.00  | 1.00  |
| 1-3   | 1.34      | 0.37   | 1.00  | 1.00  |

|          |      |          |      |
|----------|------|----------|------|
| $k_{yy}$ | 1.00 | $k_{yz}$ | 0.57 |
| $k_{zy}$ | 0.63 | $k_{zz}$ | 1.00 |


Classificazione della Sezione Trasversale


Classe di Verifica  Caratteristiche Efficaci

Azioni di Verifica e Rapporti Sd/Sr Massimi Ricontrati

☒ Esegui la Verifica di Instabilità per PressoFlessione

☒ Sforzo Normale 0.01 [kN] 0.00

☒ Momento M 1/2 (Mx) 6.64 [kNm]  0.14

☒ Momento M 1/3 (My) 1.22 [kNm]  0.02

Combinazione di Carico Critica: 9 0.16

**EC3**

|                            |                                |                                  |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Instabilità 1/3<br>Globale | Presso-Flessione<br>Resistenza | Svergolamento<br>Instabilità 1/2 |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|

Asta(e) nodi: 103....104      Luce: 5.00 [m]

Profilo Tipo: sonali Scatolare 200x100

Sezione 3      personali Scatolare 200x100x5

Materiale: 2 Acciaio

**Caratteristiche Inerziali**

|            |                   |                            |                   |
|------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| Area       | 2900 [mm²]        | Lunghezza del collegamento | 0 [mm]            |
| Area Netta | 2900 [mm²]        |                            |                   |
| Jx         | 1.52242e+07 [mm⁴] | Wx                         | 152242 [mm³]      |
| ix         | 72.4549 [mm]      | Zx                         | 187750 [mm³]      |
| Jy         | 5.12417e+06 [mm⁴] | Wy                         | 102483 [mm³]      |
| iy         | 42.0352 [mm]      | Zy                         | 115250 [mm³]      |
| Jp         | 1.22373e+07 [mm⁴] | Cw                         | 2.81075e+09 [mm⁶] |

**Rapporti Massimi Azione Sollecitante / Azione Resistente riscontrati**





Combinazioni di Carico: All

Classe della Sezione

|                                  |      |  |
|----------------------------------|------|--|
| Verifica di Resistenza           | 0.28 |  |
| Instabilità per Sforzo Normale   | 0.00 |  |
| Instabilità per Presso-Flessione | 0.16 |  |
| Instabilità Flesso Torsionale    | 0.00 |  |

## 9.1.5 Strutture in acciaio – scatolare 100x100x10 (campata atipica)

EC3

| Instabilità 1/3  |   | Presso-Flessione             |   | Svergolamento   |  |
|--|---|------------------------------|---|-----------------|--|
| Globale  |   | Resistenza                   |   | Instabilità 1/2 |  |
| icatalari_Utente 100x100x10  |   | Materiale: 2 Acciaio         |   |                 |  |
| Area   | 3600 [mm²]  | Area Netta                   | 3600 [mm²]  |                 |  |
| Wx   | 98400 [mm³]   | Zx                           | 122000 [mm²]  |                 |  |
| Wy   | 98400 [mm³]   | Zy                           | 122000 [mm²]  |                 |  |
| Classificazione della Sezione Trasversale                                      |   |                              |   |                 |  |
| Compressione:  |  | Caratteristiche Efficaci     |   |                 |  |
| Flessione Piano 1/2:   |  | Instabilità Anima            |   |                 |  |
| Flessione Piano 1/3:   |  |                              |   |                 |  |
| Azioni da Considerare in Fase di Verifica delle Aste che utilizzano il Profilo |   |                              |   |                 |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sforzo Normale                             | <input checked="" type="checkbox"/> Momento Flettente M 1/2 (Mx)                  |                              |   |                 |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Taglio nel Piano 1/2 (Ty)                  | <input checked="" type="checkbox"/> Momento Flettente M 1/3 (My)                  |                              |   |                 |  |
| Azioni di Verifica e Ratio Massimi (Sd / Sr)                                   |   |                              |   |                 |  |
| Considera Interazione Sforzo Normale / Momento Flettente                       |   |                              |   |                 |  |
| MnxRd =  | 1.00  | Mplx                         | Alpha   | 1.00            |  |
| MnyRd =  | 1.00  | Mply                         | Betha   | 1.00            |  |
| Sforzo Normale   | 2.01 [kN]   | 0.00                         |   |                 |  |
| Momento Flet. Mx (1/2)   | -13.53 [kNm]  | 0.42                         |   |                 |  |
| Momento Flet. My (1/3)   | -2.36 [kNm]   | 0.07                         |   |                 |  |
| Taglio Ty (1/2)  | 0.0 [kN]  | 0.00                         |   |                 |  |
| Max Combinazione   | 1   | Sezione Verificata in Classe |  | 0.50            |  |

**EC3**

Globale      Resistenza      Instabilità 1/2  
 Instabilità 1/3      Presso-Flessione      Svergolamento

icatalari\_Utente 100x100x1      Materiale: 2 Acciaio

Dati di progetto:

Piano 12:  $\beta$   $\beta=1$  Curva Curva 'c'


Piano 13:  $\beta$   $\beta=1$  Curva Curva 'c'

Dati di verifica:

| Piano | $\lambda$ | $X$  | $\mu$ | $C_m$ |
|-------|-----------|------|-------|-------|
| 1-2   | 1.99      | 0.20 | 0.99  | 1.00  |
| 1-3   | 1.99      | 0.20 | 0.99  | 1.00  |

|          |      |          |      |
|----------|------|----------|------|
| $k_{yy}$ | 1.00 | $k_{yz}$ | 0.61 |
| $k_{zy}$ | 0.61 | $k_{zz}$ | 1.00 |


Classificazione della Sezione Trasversale


Classe di Verifica  Caratteristiche Efficaci

Azioni di Verifica e Rapporti Sd/Sr Massimi Riscontrati

☒ Esegui la Verifica di Instabilità per PressoFlessione

☒ Sforzo Normale 2.01 [kN] 0.01

☒ Momento M 1/2 (Mx) 13.53 [kNm]  0.43

☒ Momento M 1/3 (My) 2.36 [kNm]  0.04

Combinazione di Carico Critica: 1 0.48



**EC3**

|                            |                                |                                  |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Instabilità 1/3<br>Globale | Presso-Flessione<br>Resistenza | Svergolamento<br>Instabilità 1/2 |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|

Asta(e) nodi: 105....106      Luce: 6.40 [m]

Profilo Tipo: atolari\_Utente 100x100x      Sezione 4      Scatolari\_Utente 100x100x10

Materiale: 2 Acciaio

**Caratteristiche Inerziali**

|            |                   |                            |                   |
|------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| Area       | 3600 [mm²]        | Lunghezza del collegamento | 0 [mm]            |
| Area Netta | 3600 [mm²]        |                            |                   |
| Jx         | 4.92e+06 [mm⁴]    | Wx                         | 98400 [mm³]       |
| ix         | 36.9685 [mm]      | Zx                         | 122000 [mm³]      |
| Jy         | 4.92e+06 [mm⁴]    | Wy                         | 98400 [mm³]       |
| iy         | 36.9685 [mm]      | Zy                         | 122000 [mm³]      |
| Jp         | 8.52632e+06 [mm⁴] | Cw                         | 1.77632e+07 [mm⁶] |

**Rapporti Massimi Azione Sollecitante / Azione Resistente riscontrati**





Combinazioni di Carico: All

Classe della Sezione

|                                  |      |  |
|----------------------------------|------|--|
| Verifica di Resistenza           | 0.50 |  |
| Instabilità per Sforzo Normale   | 0.01 |  |
| Instabilità per Presso-Flessione | 0.48 |  |
| Instabilità Flesso Torsionale    | 0.00 |  |




## 9.1.6 Strutture in acciaio – scatolare 100x200x10 (campata atipica)


| Instabilità 1/3   |   | Presso-Flessione                          |   | Svergolamento   |      |
|---|---|---|---|-----------------|------|
| Globale   |   | Resistenza                                |   | Instabilità 1/2 |      |
| Scatolari_Utente 100x200x10   |   | Materiale: 2 Acciaio                      |   |                 |      |
| Area  | 5600 [mm²]  | Area Netta                                | 5600 [mm²]  |                 |      |
| Wx  | 277867 [mm³]  | Zx  | 352000 [mm³]  |                 |      |
| Wy  | 179733 [mm³]  | Zy  | 212000 [mm³]  |                 |      |
| Classificazione della Sezione Trasversale   |   |   |   |                 |      |
| Compressione:   |  1 | <button>Caratteristiche Efficaci</button> |   |                 |      |
| Flessione Piano 1/2:  |  1 | <button>Instabilità Anima</button>        |   |                 |      |
| Flessione Piano 1/3:  |  1 |   |   |                 |      |
| Azioni da Considerare in Fase di Verifica delle Aste che utilizzano il Profilo    |   |   |   |                 |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sforzo Normale                                | <input checked="" type="checkbox"/> Momento Flettente M 1/2 (Mx)                    |   |   |                 |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Taglio nel Piano 1/2 (Ty)                     | <input checked="" type="checkbox"/> Momento Flettente M 1/3 (My)                    |   |   |                 |      |
| Azioni di Verifica e Ratio Massimi (Sd / Sr)                                      |   |   |   |                 |      |
| <input type="checkbox"/> Considera Interazione Sforzo Normale / Momento Flettente |   |   |   |                 |      |
| MnxRd =   | 1.00  | Mplx                                      | Alpha   | 1.00            |      |
| MnyRd =   | 1.00  | Mply                                      | Betha   | 1.00            |      |
| Sforzo Normale  | -1.36 [kN]  |   |   |                 | 0.00 |
| Momento Flet. Mx (1/2)  | -19.03 [kNm]  |   |   |                 | 0.21 |
| Momento Flet. My (1/3)  | -3.35 [kNm]   |   |   |                 | 0.06 |
| Taglio Ty (1/2)   | 0.0 [kN]  |   |   |                 | 0.00 |
| Max Combinazione  | 1   | Sezione Verificata in Classe              |  1 |                 | 0.27 |

| Globale         | Resistenza       | Instabilità 1/2 |
|-----------------|------------------|-----------------|
| Instabilità 1/3 | Presso-Flessione | Svergolamento   |

Materiale:

Dati di progetto:

Piano 12:  $\beta$    Curva


Piano 13:  $\beta$    Curva

Dati di verifica:

| Piano | $\lambda$ | $\chi$ | $\mu$ | $C_m$ |
|-------|-----------|--------|-------|-------|
| 1-2   | 1.05      | 0.51   | 1.00  | 1.00  |
| 1-3   | 1.84      | 0.23   | 1.00  | 1.00  |

|          |      |          |      |
|----------|------|----------|------|
| $k_{yy}$ | 1.00 | $k_{yz}$ | 0.58 |
| $k_{zy}$ | 0.62 | $k_{zz}$ | 1.00 |


Classificazione della Sezione Trasversale


Classe di Verifica 

Azioni di Verifica e Rapporti  $S_d/S_r$  Massimi Ricontrati

☒ Esegui la Verifica di Instabilità per PressoFlessione

☒ Sforzo Normale

☒ Momento M 1/2 ( $M_x$ )  

☒ Momento M 1/3 ( $M_y$ )  

Combinazione di Carico Critica:

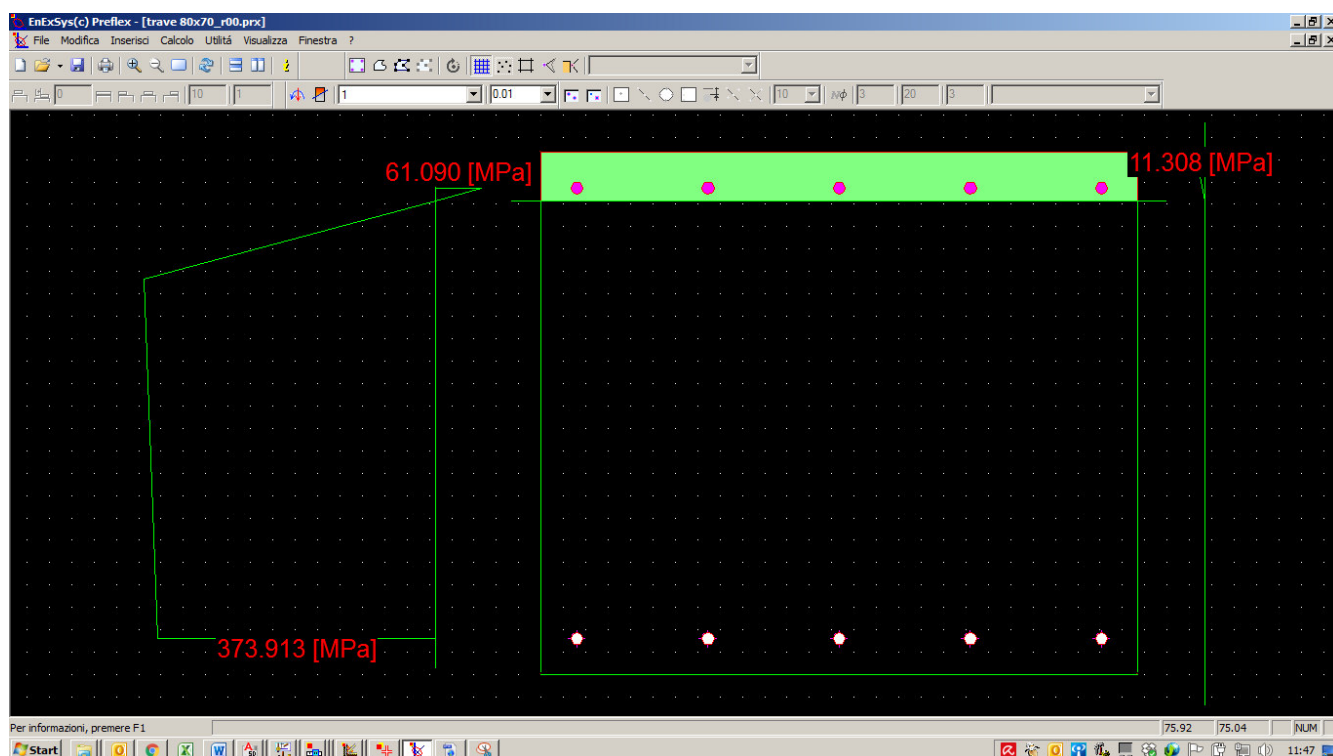
| Instabilità 1/3<br>Globale   | Presso-Flessione<br>Resistenza | Svergolamento<br>Instabilità 1/2 |
|--|--------------------------------|----------------------------------|
| Asta(e) nodi: 101....102   | Luce                           | 6.40 [m]                         |
| Profilo Tipo: atolari_Utente 100x200x                                |                                |                                  |
| Sezione 5  | Scatolari_Utente 100x200x10    |                                  |
| Materiale: 2 Acciaio   |                                |                                  |
| Caratteristiche Inerziali  |                                |                                  |
| Area   | 5600 [mm²]                     | Lunghezza del collegamento       |
| Area Netta   | 5600 [mm²]                     | 0 [mm]                           |
| Jx   | 2.77867e+07 [mm⁴]              | Wx                               |
| ix   | 70.4408 [mm]                   | Zx                               |
| Jy   | 8.98667e+06 [mm⁴]              | Wy                               |
| iy   | 40.0595 [mm]                   | Zy                               |
| Jp   | 2.23448e+07 [mm⁴]              | Cw                               |
| Rapporti Massimi Azione Sollecitante / Azione Resistente riscontrati |                                |                                  |
| Combinazioni di Carico   | All                            |                                  |
| Classe della Sezione   |                                |                                  |
| Verifica di Resistenza   | 0.27                           |                                  |
| Instabilità per Sforzo Normale                                       | 0.00                           |                                  |
| Instabilità per Presso-Flessione                                     | 0.06                           |                                  |
| Instabilità Flesso-Torsionale  | 0.00                           |                                  |

### 9.1.7 Strutture in c.a. – trave principale 80x70cm

#### Verifica a flessione

Si considera la sezione 80x70cm della trave di fondazione principale soggetta a Pressoflessione.

Si considera la trave armata con 5+5 Ø 16 inferiori + superiori, copriferro pari a 4cm.



| Azione     | Sd    | Sr     |       |
|------------|-------|--------|-------|
| N          | 0.00  | -0.00  | [kN]  |
| Mx         | 83.20 | 245.93 | [kNm] |
| My         | 0.00  | 0.00   | [kNm] |
| Sd/Sr=0.34 |       |        |       |

### Verifica a taglio.

Si considera la trave armata con armature trasversali costituite da num. 1+1 staffe  $\varnothing 12$  passo 20cm (4 braccia resistenti)

| ELEMENTI CON ARMATURE A TAGLIO |                   |        |         |
|--------------------------------|-------------------|--------|---------|
| INPUT                          |                   |        |         |
| $R_{ck}$                       | N/mm <sup>2</sup> | 30     | CLS     |
| $f_{ck}$                       | N/mm <sup>2</sup> | 24.9   |         |
| $f_{cd}=f_{ck}/\gamma_c$       | N/mm <sup>2</sup> | 14.11  |         |
| $f_{ctd}$                      | N/mm <sup>2</sup> | 1.19   |         |
| $f_{yk}$                       | N/mm <sup>2</sup> | 450    | ACCIAIO |
| $f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s$       | N/mm <sup>2</sup> | 391.30 |         |
| CARATTERISTICHE SEZIONE        |                   |        |         |
| Altezza trave H                | mm                | 700    |         |
| copriferro da asse barra       | mm                | 50     |         |
| Larghezza B                    | mm                | 800    |         |
| CALCOLO ARMATURA A TAGLIO      |                   |        |         |
| passo staffe (H)               | mm                | 200    |         |
| n°braccia (H)                  | mm                | 4      |         |

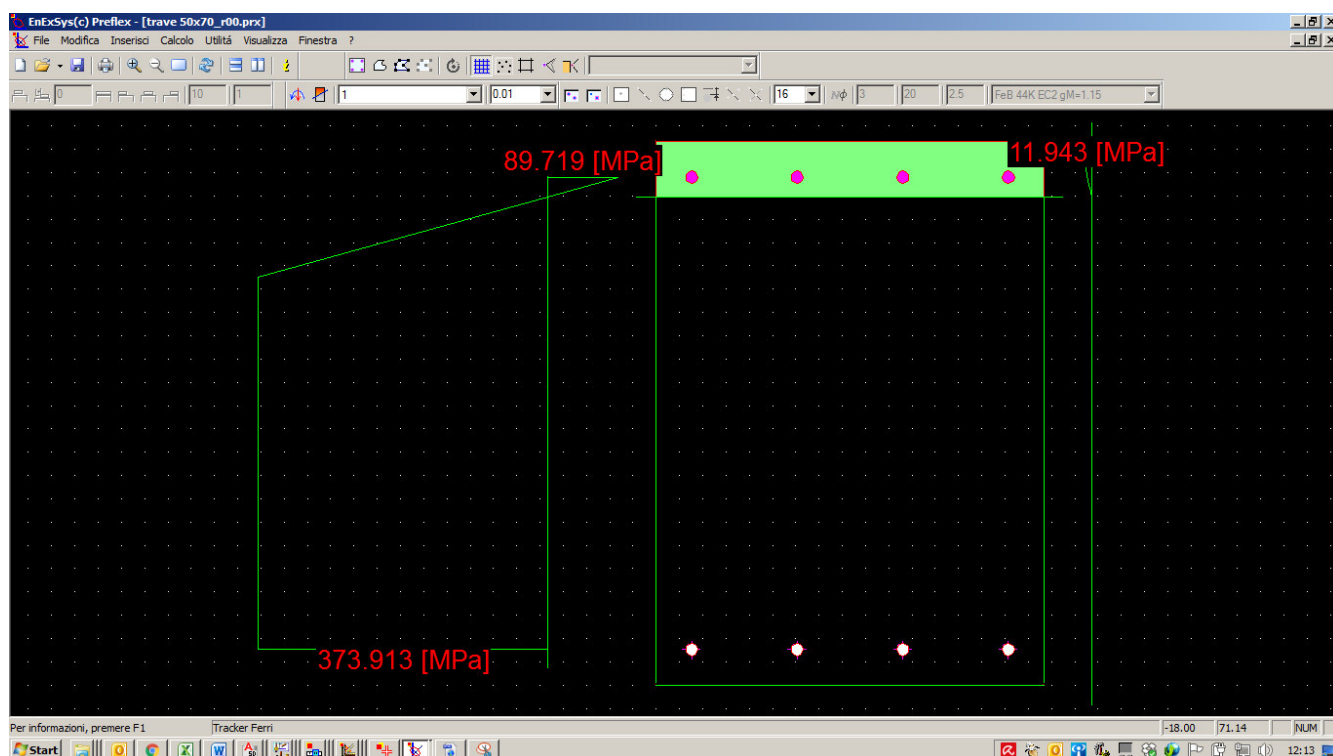
|  |                 |               |   |
|--|-----------------|---------------|---|
| diametro (H)   | mm              | 12            |   |
| n°braccia (H)  | mm              | 0             |   |
| diametro (H)   | mm              | 0             |   |
| $A_{sw} (H)$   | mm <sup>2</sup> | 452.39        |   |
| passo staffe (B)                                       | mm              | 200           |   |
| n°braccia (B)  | mm              | 2             |   |
| diametro (B)   | mm              | 12            |   |
| n°braccia (B)  | mm              |               |   |
| diametro (B)   | mm              |               |   |
| $A_{sw} (H)$   | mm <sup>2</sup> | 226.19        |   |
| $v_1$  |                 | 0.6           |   |
| $\alpha_c$   |                 | 1             |   |
| $\alpha$   |                 | 90            |   |
| $\theta$   |                 | 45            |   |
| $\cotg\theta$  |                 | 1.00          |   |
| $\tan\theta$   |                 | 1.00          |   |
| $\cot\alpha$   |                 | 0             |   |
| $\sin\alpha$   |                 | 1             |   |
| <b>RISULTATI</b>                                       |                 |               |   |
| taglio agente lungo H $V_{ed,H}$                       | kN              | 76            |   |
| taglio agente lungo B $V_{ed,B}$                       | kN              | 0             |   |
| taglio resistente acciaio lungo H $V_{rd,H}$           | kN              | 517.79        | $V_{Rsd} = (A_{sw} / s) z f_{yd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$ |
| taglio resistente acciaio lungo B $V_{rd,B}$           | kN              | 298.72        |   |
| taglio resistente cls lungo H $V_{rcd,H}$              | kN              | 1650.87       | $V_{Rcd} = z b f'_{cd} (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot \theta^2)$ |
| taglio resistente cls lungo B $V_{rcd,B}$              | kN              | 1666.74       |   |
| taglio limite agente lungo H $V_{ed,H,max}$            | kN              | 1834.30       | $V_{ed,max} = 0.5 b d f'_{cd} v$ [par. 4.1.2.1.3.3 NTC '08]               |
| taglio limite agente lungo B $V_{ed,B,max}$            | kN              | 1851.94       |   |
| <b>taglio resistente lungo H <math>V_{rd,H}</math></b> | <b>kN</b>       | <b>517.79</b> | <b>VERIFICATO</b>   |
| <b>taglio resistente lungo B <math>V_{rd,B}</math></b> | <b>kN</b>       | <b>298.72</b> | <b>VERIFICATO</b>   |

#### 9.1.8 Strutture in c.a. – trave secondaria 50x70cm

##### Verifica a pressoflessione

Si considera la sezione 50x70cm della trave di fondazione principale soggetta a Pressoflessione.

Si considera la trave armata con 4+4 Ø16 inferiori + superiori.



| Azione | Sd         | Sr     |       |
|--------|------------|--------|-------|
| N      | 0.00       | 0.00   | [kN]  |
| Mx     | 37.00      | 196.40 | [kNm] |
| My     | 0.00       | 0.00   | [kNm] |
|        | Sd/Sr=0.19 |        |       |

Verifica a taglio.

Si considera la trave armata con armature trasversali costituite da num. 1 staffe  $\varnothing 12$  passo 20cm (2 braccia resistenti)

| ELEMENTI CON ARMATURE A TAGLIO |                   |        |                         |
|--------------------------------|-------------------|--------|-------------------------|
| INPUT                          |                   |        |                         |
| $R_{ck}$                       | N/mm <sup>2</sup> | 30     | CLS                     |
| $f_{ck}$                       | N/mm <sup>2</sup> | 24.9   |                         |
| $f_{cd}=f_{ck}/\gamma_c$       | N/mm <sup>2</sup> | 14.11  |                         |
| $f_{ctd}$                      | N/mm <sup>2</sup> | 1.19   |                         |
| $f_{yk}$                       | N/mm <sup>2</sup> | 450    | ACCIAIO                 |
| $f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s$       | N/mm <sup>2</sup> | 391.30 |                         |
| Altezza trave H                | mm                | 700    | CARATTERISTICHE SEZIONE |
| copriferro da asse barra       | mm                | 50     |                         |
| Larghezza B                    | mm                | 500    |                         |
| CALCOLO ARMATURA A TAGLIO      |                   |        |                         |
| passo staffe (H)               | mm                | 200    |                         |
| n° braccia (H)                 | mm                | 2      |                         |
| diametro (H)                   | mm                | 12     |                         |



|  |                 |               |  |
|--|-----------------|---------------|--|
| n°braccia (H)  | mm              | 0             |  |
| diametro (H)   | mm              | 0             |  |
| $A_{sw} (H)$   | mm <sup>2</sup> | 226.19        |  |
| passo staffe (B)                                       | mm              | 200           |  |
| n°braccia (B)  | mm              | 2             |  |
| diametro (B)   | mm              | 12            |  |
| n°braccia (B)  | mm              |               |  |
| diametro (B)   | mm              |               |  |
| $A_{sw} (H)$   | mm <sup>2</sup> | 226.19        |  |
| $v_1$  |                 | 0.6           |  |
| $\alpha_c$   |                 | 1             |  |
| $\alpha$   |                 | 90            |  |
| $\theta$   |                 | 45            |  |
| $\cotg\theta$  |                 | 1.00          |  |
| $\tan\theta$   |                 | 1.00          |  |
| $\cot\alpha$   |                 | 0             |  |
| $\sin\alpha$   |                 | 1             |  |
| <b>RISULTATI</b>                                       |                 |               |  |
| taglio agente lungo H $V_{ed,H}$                       | kN              | 27            |  |
| taglio agente lungo B $V_{ed,B}$                       | kN              | 0             |  |
| taglio resistente acciaio lungo H $V_{rds,H}$          | kN              | 258.89        | $V_{Rsd} = (A_{sw}/s) z f_{yd} (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha$   |
| taglio resistente acciaio lungo B $V_{rds,B}$          | kN              | 179.23        |  |
| taglio resistente cls lungo H $V_{rcd,H}$              | kN              | 1031.79       | $V_{Rcd} = z b f'_{cd} (\cot\theta + \cot\alpha) / (1 + \cot^2\theta)$ |
| taglio resistente cls lungo B $V_{rcd,B}$              | kN              | 1000.05       |  |
| taglio limite agente lungo H $V_{ed,H,max}$            | kN              | 1146.44       | $V_{ed,max} = 0.5 b d f'_{cd} v$ [par. 4.1.2.1.3.3 NTC '08]            |
| taglio limite agente lungo B $V_{ed,B,max}$            | kN              | 1111.16       |  |
| <b>taglio resistente lungo H <math>V_{rd,H}</math></b> | <b>kN</b>       | <b>258.89</b> | <b>VERIFICATO</b>  |
| <b>taglio resistente lungo B <math>V_{rd,B}</math></b> | <b>kN</b>       | <b>179.23</b> | <b>VERIFICATO</b>  |

## 9.2 Soppalco solare termico

### 9.2.1 Montante HEA140

**EC3**

Instabilità 1/3    Presso-Flessione    Svergolamento  
Globale    Resistenza    Instabilità 1/2

**HEA 140**    Materiale: **2 Acciaio**

Area: 3146.76 [mm²]    Area Netta: 3146.76 [mm²]  
Wx: 155581 [mm³]    Zx: 173771 [mm²]  
Wy: 55622 [mm³]    Zy: 84885.2 [mm²]

Classificazione della Sezione Trasversale

Compressione:    Caratteristiche Efficaci  
Flessione Piano 1/2:    Instabilità Anima  
Flessione Piano 1/3:

Azioni da Considerare in Fase di Verifica delle Aste che utilizzano il Profilo

☒ Sforzo Normale    ☒ Momento Flettente M 1/2 (Mx)  
☒ Taglio nel Piano 1/2 (Ty)    ☒ Momento Flettente M 1/3 (My)

Azioni di Verifica e Ratio Massimi (Sd / Sr)

Considera Interazione Sforzo Normale / Momento Flettente

MnxRd = 1.00    Mplx    Alpha    2.00  
MnyRd = 1.00    Mply    Betha    1.00

Sforzo Normale: 31.41 [kN]    0.04  
Momento Flet. Mx (1/2): -17.11 [kNm]    0.38  
Momento Flet. My (1/3): 2.05 [kNm]    0.09  
Taglio Ty (1/2): -6.30 [kN]    0.04

Max Combinazione: **4**    Sezione Verificata in Classe    0.38

| Globale         | Resistenza       | Instabilità 1/2 |
|-----------------|------------------|-----------------|
| Instabilità 1/3 | Presso-Flessione | Svergolamento   |

HEA 140 Materiale: 2 Acciaio

Dati di progetto:

Piano 12:  $\beta$   $\beta=1$  Curva Curva 'b'


Piano 13:  $\beta$   $\beta=1$  Curva Curva 'c'

Dati di verifica:

| Piano | $\lambda$ | $\chi$ | $\mu$ | $C_m$ |
|-------|-----------|--------|-------|-------|
| 1-2   | 0.55      | 0.86   | 1.00  | 0.95  |
| 1-3   | 0.90      | 0.60   | 0.99  | 0.78  |
| LT    | 0.66      | 0.86   |       | 0.91  |

|          |      |          |      |
|----------|------|----------|------|
| $k_{yy}$ | 0.87 | $k_{yz}$ | 0.66 |
| $k_{zy}$ | 0.46 | $k_{zz}$ | 1.17 |


Classificazione della Sezione Trasversale


Classe di Verifica  Caratteristiche Efficaci

Azioni di Verifica e Rapporti Sd/Sr Massimi Riscontrati

☒ Esegui la Verifica di Instabilità per PressoFlessione

☒ Sforzo Normale 31.41 [kN] 0.04

☒ Momento M 1/2 (Mx) 17.11 [kNm]  0.38

☒ Momento M 1/3 (My) 2.05 [kNm]  0.06

Combinazione di Carico Critica: 4 0.48

| Instabilità 1/3<br>Globale   | Presso-Flessione<br>Resistenza | Svergolamento<br>Instabilità 1/2 |
|--|--------------------------------|----------------------------------|
| Asta(e) nodi: 1....24  | Luce                           | 2.75 [m]                         |
| Profilo Tipo: HEA 140  |                                |                                  |
| Sezione 1  | HEA 140                        |                                  |
| Materiale: 2 Acciaio   |                                |                                  |
| Caratteristiche Inerziali  |                                |                                  |
| Area   | 3146.76 [mm²]                  | Lunghezza del collegamento       |
| Area Netta   | 3146.76 [mm²]                  | 0 [mm]                           |
| Jx   | 1.03462e+07 [mm⁴]              | Wx                               |
| ix   | 57.34 [mm]                     | Zx                               |
| Jy   | 3.89354e+06 [mm⁴]              | Wy                               |
| iy   | 35.1755 [mm]                   | Zy                               |
| Jp   | 81298 [mm⁴]                    | Cw                               |
| Rapporti Massimi Azione Sollecitante / Azione Resistente riscontrati |                                |                                  |
| Combinazioni di Carico   | All                            |                                  |
| Classe della Sezione   |                                |                                  |
| Verifica di Resistenza   | 0.38                           | I 1                              |
| Instabilità per Sforzo Normale                                       | 0.07                           | I 1                              |
| Instabilità per Presso-Flessione                                     | 0.48                           | I 1                              |
| Instabilità Flesso Torsionale  | 0.44                           | I 1                              |

### 9.2.2 Montante UPN160

| Instabilità 1/3<br>Globale   | Presso-Flessione<br>Resistenza     | Svergolamento<br>Instabilità 1/2 |
|--|------------------------------------|----------------------------------|
| Asta(e) nodi: 6....43  | Luce: 2.75 [m]                     |                                  |
| Profilo Tipo: UPN 160  | -                                  |                                  |
| Sezione 2  | UPN 160                            |                                  |
| Materiale: 2 Acciaio   |                                    |                                  |
| Caratteristiche Inerziali  |                                    |                                  |
| Area: 2402.33 [mm²]  | Lunghezza del collegamento: 0 [mm] |                                  |
| Area Netta: 3219.57 [mm²]  |                                    |                                  |
| Jx: 9.25074e+06 [mm⁴]  | Wx: 115634 [mm³]                   |                                  |
| ix: 62.0542 [mm]   | Zx: 137592 [mm²]                   |                                  |
| Jy: 849893 [mm⁴]   | Wy: 18232.6 [mm³]                  |                                  |
| iy: 18.809 [mm]  | Zy: 35151.7 [mm²]                  |                                  |
| Jp: 66008.8 [mm⁴]  | Cw: 3.50669e+09 [mm⁶]              |                                  |
| Rapporti Massimi Azione Sollecitante / Azione Resistente riscontrati |                                    |                                  |
| Combinazioni di Carico: All  | Classe della Sezione               |                                  |
| Verifica di Resistenza: 0.27   | I 1                                |                                  |
| Instabilità per Sforzo Normale: 0.08                                 | I 1                                |                                  |
| Instabilità per Presso-Flessione: 0.21                               | I 1                                |                                  |
| Instabilità Flesso Torsionale: 0.00                                  | I                                  |                                  |

### 9.2.3 Montanti tozzi HEA 120

EC3

| Instabilità 1/3  | Presso-Flessione     | Svergolamento              |
|--|----------------------|----------------------------|
| Globale  | Resistenza           | Instabilità 1/2            |
| Asta(e) nodi: 8....40  | Luce                 | 0.25 [m]                   |
| Profilo Tipo: HEA 120  |                      |                            |
| Sezione 2  | HEA 120              |                            |
| Materiale: 2 Acciaio   |                      |                            |
| Caratteristiche Inerziali  |                      |                            |
| Area   | 2538.76 [mm²]        | Lunghezza del collegamento |
| Area Netta   | 2538.76 [mm²]        | 0 [mm]                     |
| Jx   | 6.07184e+06 [mm⁴]    | Wx                         |
| ix   | 48.9045 [mm]         | Zx                         |
| Jy   | 2.30928e+06 [mm⁴]    | Wy                         |
| iy   | 30.1597 [mm]         | Zy                         |
| Jp   | 59942.1 [mm⁴]        | Cw                         |
|  |                      | 6.47194e+09 [mm⁶]          |
| Rapporti Massimi Azione Sollecitante / Azione Resistente riscontrati |                      |                            |
| Combinazioni di Carico   | All                  |                            |
|  | Classe della Sezione |                            |
| Verifica di Resistenza   | 0.26                 |                            |
| Instabilità per Sforzo Normale                                       | 0.09                 |                            |
| Instabilità per Presso-Flessione                                     | 0.30                 |                            |
| Instabilità Flesso Torsionale  | 0.00                 |                            |



#### 9.2.4 Travi principali IPE330

| Instabilità 1/3  |  | Presso-Flessione             |               | Svergolamento   |      |
|--|--|------------------------------|---------------|-----------------|------|
| Globale  |  | Resistenza                   |               | Instabilità 1/2 |      |
| IPE 330  |  | Materiale: 2 Acciaio         |               |                 |      |
| Area   | 6272.21 [mm²]  | Area Netta                   | 6272.21 [mm²] |                 |      |
| Wx   | 714664 [mm³]   | Zx                           | 806033 [mm³]  |                 |      |
| Wy   | 98537.5 [mm³]  | Zy                           | 153798 [mm³]  |                 |      |
| Classificazione della Sezione Trasversale                                      |  |                              |               |                 |      |
| Compressione:  |  | Caratteristiche Efficaci     |               |                 |      |
| Flessione Piano 1/2:   |  | Instabilità Anima            |               |                 |      |
| Flessione Piano 1/3:   |  |                              |               |                 |      |
| Azioni da Considerare in Fase di Verifica delle Aste che utilizzano il Profilo |  |                              |               |                 |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sforzo Normale                             | <input checked="" type="checkbox"/> Momento Flettente M 1/2 (Mx) |                              |               |                 |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Taglio nel Piano 1/2 (Ty)                  | <input checked="" type="checkbox"/> Momento Flettente M 1/3 (My) |                              |               |                 |      |
| Azioni di Verifica e Ratio Massimi (Sd / Sr)                                   |  |                              |               |                 |      |
| Considera Interazione Sforzo Normale / Momento Flettente                       |  |                              |               |                 |      |
| MnxRd =  | 1.00   | Mplx                         | Alpha         | 2.00            |      |
| MnyRd =  | 1.00   | Mply                         | Betha         | 1.00            |      |
| Sforzo Normale   |  |                              |               | -0.04 [kN]      | 0.00 |
| Momento Flet. Mx (1/2)   |  |                              |               | -86.66 [kNm]    | 0.41 |
| Momento Flet. My (1/3)   |  |                              |               | -0.80 [kNm]     | 0.02 |
| Taglio Ty (1/2)  |  |                              |               | 22.54 [kN]      | 0.05 |
| Max Combinazione   | 1  | Sezione Verificata in Classe |               |                 | 0.41 |

| Globale         | Resistenza       | Instabilità 1/2 |
|-----------------|------------------|-----------------|
| Instabilità 1/3 | Presso-Flessione | Svergolamento   |

IPE 330 Materiale: 2 Acciaio

Dati di progetto:

Piano 12:  $\beta$  Curva Curva 'a'

Piano 13:  $\beta$  1 Curva Curva 'b'

Dati di verifica:

| Piano | $\lambda$ | $\chi$ | $\mu$ | $C_m$ |
|-------|-----------|--------|-------|-------|
| 1-2   | 0.47      | 0.93   | 1.00  | 1.00  |
| 1-3   | 1.82      | 0.25   | 0.99  | 1.00  |
| LT    | 1.20      | 0.48   |       | 1.00  |

|          |      |          |      |
|----------|------|----------|------|
| $k_{yy}$ | 1.00 | $k_{yz}$ | 0.84 |
| $k_{zy}$ | 0.52 | $k_{zz}$ | 1.06 |

Classificazione della Sezione Trasversale

Classe di Verifica Caratteristiche Efficaci

Azioni di Verifica e Rapporti Sd/Sr Massimi Ricontrati

☒ Esegui la Verifica di Instabilità per PressoFlessione

☒ Sforzo Normale 3.54 [kN] 0.00

☒ Momento M 1/2 (Mx) 86.66 [kNm] 0.86

☒ Momento M 1/3 (My) 0.40 [kNm] 0.01

Combinazione di Carico Critica: 1 0.87

| Instabilità 1/3<br>Globale   | Presso-Flessione<br>Resistenza | Svergolamento<br>Instabilità 1/2 |
|--|--------------------------------|----------------------------------|
| Asta(e) nodi: 25....27   | Luce                           | 5.60 [m]                         |
| Profilo Tipo: IPE 330  | -                              |                                  |
| Sezione 4  | IPE 330                        |                                  |
| Materiale: 2 Acciaio   |                                |                                  |
| Caratteristiche Inerziali  |                                |                                  |
| Area   | 6272.21 [mm²]                  | Lunghezza del collegamento       |
| Area Netta   | 6272.21 [mm²]                  | 0 [mm]                           |
| Jx   | 1.1792e+08 [mm⁴]               | Wx                               |
| ix   | 137.114 [mm]                   | Zx                               |
| Jy   | 7.883e+06 [mm⁴]                | Wy                               |
| iy   | 35.4516 [mm]                   | Zy                               |
| Jp   | 281453 [mm⁴]                   | Cw                               |
| Rapporti Massimi Azione Sollecitante / Azione Resistente riscontrati |                                |                                  |
| Combinazioni di Carico   | All                            |                                  |
| Classe della Sezione   |                                |                                  |
| Verifica di Resistenza   | 0.41                           | I                                |
| Instabilità per Sforzo Normale                                       | 0.01                           | I                                |
| Instabilità per Presso-Flessione                                     | 0.87                           | I                                |
| Instabilità Flesso-Torsionale  | 0.86                           | I                                |

### 9.2.5 Travi principali IPE 240

| Instabilità 1/3  |               | Presso-Flessione   |               | Svergolamento   |      |
|--|---------------|--|---------------|-----------------|------|
| Globale  |               | Resistenza   |               | Instabilità 1/2 |      |
| IPE 240  |               | Materiale: 2 Acciaio   |               |                 |      |
| Area   | 3919.67 [mm²] | Area Netta   | 3919.67 [mm²] |                 |      |
| Wx   | 325039 [mm³]  | Zx   | 367488 [mm³]  |                 |      |
| Wy   | 47285 [mm³]   | Zy   | 73993 [mm³]   |                 |      |
| Classificazione della Sezione Trasversale                                      |               |  |               |                 |      |
| Compressione:  |               | Caratteristiche Efficaci   |               |                 |      |
| Flessione Piano 1/2:   |               | Instabilità Anima  |               |                 |      |
| Flessione Piano 1/3:   |               |  |               |                 |      |
| Azioni da Considerare in Fase di Verifica delle Aste che utilizzano il Profilo |               |  |               |                 |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sforzo Normale                             |               | <input checked="" type="checkbox"/> Momento Flettente M 1/2 (Mx) |               |                 |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Taglio nel Piano 1/2 (Ty)                  |               | <input checked="" type="checkbox"/> Momento Flettente M 1/3 (My) |               |                 |      |
| Azioni di Verifica e Ratio Massimi (Sd / Sr)                                   |               |  |               |                 |      |
| Considera Interazione Sforzo Normale / Momento Flettente                       |               |  |               |                 |      |
| MnxRd =  | 1.00          | Mplx   | Alpha         | 2.00            |      |
| MnyRd =  | 1.00          | Mply   | Betha         | 1.00            |      |
| Sforzo Normale   | 9.37 [kN]     |  |               | 0.01            |      |
| Momento Flet. Mx (1/2)   | 44.21 [kNm]   |  |               | 0.46            |      |
| Momento Flet. My (1/3)   | -0.13 [kNm]   |  |               | 0.01            |      |
| Taglio Ty (1/2)  | 23.20 [kN]    |  |               | 0.08            |      |
| Max Combinazione   | 1             | Sezione Verificata in Classe                                     |               |                 | 0.46 |

| Globale         | Resistenza       | Instabilità 1/2 |
|-----------------|------------------|-----------------|
| Instabilità 1/3 | Presso-Flessione | Svergolamento   |

IPE 240 Materiale: 2 Acciaio

Dati di progetto:

Piano 12:  $\beta$   $\beta=1$  Curva Curva 'a'


Piano 13:  $\beta$   $\beta=1$  Curva Curva 'b'

Dati di verifica:

| Piano | $\lambda$ | $\chi$ | $\mu$ | $C_m$ |
|-------|-----------|--------|-------|-------|
| 1-2   | 0.51      | 0.92   | 1.00  | 1.00  |
| 1-3   | 1.88      | 0.23   | 0.98  | 0.97  |
| LT    | 0.83      | 0.78   |       | 1.01  |

|          |      |          |      |
|----------|------|----------|------|
| $k_{yy}$ | 1.02 | $k_{yz}$ | 0.74 |
| $k_{zy}$ | 0.53 | $k_{zz}$ | 1.02 |


Classificazione della Sezione Trasversale


Classe di Verifica  Caratteristiche Efficaci

Azioni di Verifica e Rapporti Sd/Sr Massimi Riscontrati

☒ Esegui la Verifica di Instabilità per PressoFlessione

☒ Sforzo Normale 9.37 [kN] 0.01

☒ Momento M 1/2 (Mx) 44.21 [kNm]  0.60









☒ Momento M 1/3 (My) 0.13 [kNm]  0.01

Combinazione di Carico Critica: 1 0.62

| Instabilità 1/3   | Presso-Flessione  | Svergolamento              |
|---|-------------------|----------------------------|
| Globale   | Resistenza        | Instabilità 1/2            |
| Asta(e) nodi: 25....40  | Luce              | 4.36 [m]                   |
| Profilo Tipo: IPE 240   | trave princ       |                            |
| Sezione 7   | IPE 240           |                            |
| Materiale: 2 Acciaio  |                   |                            |
| <b>Caratteristiche Inerziali</b>  |                   |                            |
| Area  | 3919.67 [mm²]     | Lunghezza del collegamento |
| Area Netta  | 3919.67 [mm²]     | 0 [mm]                     |
| Jx  | 3.90047e+07 [mm⁴] | Wx                         |
| ix  | 99.7548 [mm]      | Zx                         |
| Jy  | 2.8371e+06 [mm⁴]  | Wy                         |
| iy  | 26.9037 [mm]      | Zy                         |
| Jp  | 128798 [mm⁴]      | Cw                         |
| <b>Rapporti Massimi Azione Sollecitante / Azione Resistente riscontrati</b> |                   |                            |
| Combinazioni di Carico  | All               |                            |
| Classe della Sezione  |                   |                            |
| Verifica di Resistenza  | 0.46              | I ①                        |
| Instabilità per Sforzo Normale  | 0.23              | I ②                        |
| Instabilità per Presso-Flessione  | 0.62              | I ①                        |
| Instabilità Flesso Torsionale   | 0.59              | I ①                        |




## 9.2.6 Travi secondarie IPE 160


| Instabilità 1/3  |   | Presso-Flessione  |   | Svergolamento   |  |
|--|---|---|---|---|--|
| Globale  |   | Resistenza  |   | Instabilità 1/2   |  |
| IPE 160  |   | Materiale: 2 Acciaio  |   |   |  |
| Area   | 2012.03 [mm²]   | Area Netta  | 2397.63 [mm²]   |   |  |
| Wx   | 108836 [mm³]  | Zx  | 124060 [mm³]  |   |  |
| Wy   | 16665 [mm³]   | Zy  | 26116.6 [mm³]   |   |  |
| Classificazione della Sezione Trasversale                                      |   |   |   |   |  |
| Compressione:  |  |  |   |   |  |
| Flessione Piano 1/2:   |  |  |   |   |  |
| Flessione Piano 1/3:   |  |  |   |   |  |
| Azioni da Considerare in Fase di Verifica delle Aste che utilizzano il Profilo |   |   |   |   |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sforzo Normale                             | <input checked="" type="checkbox"/> Momento Flettente M 1/2 (Mx)                  |   |   |   |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Taglio nel Piano 1/2 (Ty)                  | <input checked="" type="checkbox"/> Momento Flettente M 1/3 (My)                  |   |   |   |  |
| Azioni di Verifica e Ratio Massimi (Sd / Sr)                                   |   |   |   |   |  |
| Considera Interazione Sforzo Normale / Momento Flettente                       |   |   |   |   |  |
| MxRd =   | 1.00  | Mpx   | Alpha   | 2.00  |  |
| MnyRd =  | 1.00  | Mpy   | Betha   | 1.00  |  |
| Sforzo Normale   | 102.94 [kN]   |   |   | 0.20  |  |
| Momento Flet. Mx (1/2)   | 0.04 [kNm]  |   |   | 0.00  |  |
| Momento Flet. My (1/3)   | 0.00 [kNm]  |   |   | 0.00  |  |
| Taglio Ty (1/2)  | 3.44 [kN]   |   |   | 0.02  |  |
| Max Combinazione   | 9   | Sezione Verificata in Classe  |  |  |  |
|  |   |   |   | 0.20  |  |

| Globale         | Resistenza       | Instabilità 1/2 |
|-----------------|------------------|-----------------|
| Instabilità 1/3 | Presso-Flessione | Svergolamento   |

Materiale:

Dati di progetto:

Piano 12:  $\beta$    $\beta=1$   Curva


Piano 13:  $\beta$    $\beta=1$   Curva

Dati di verifica:

| Piano | $\lambda$ | $\chi$ | $\mu$ | $C_m$ |
|-------|-----------|--------|-------|-------|
| 1-2   | 0.49      | 0.93   | 1.00  | 1.00  |
| 1-3   | 1.74      | 0.27   | 0.52  | 1.02  |
| LT    | 1.02      | 0.65   |       | 1.51  |




|          |      |          |      |
|----------|------|----------|------|
| $k_{yy}$ | 1.79 | $k_{yz}$ | 2.58 |
| $k_{zy}$ | 0.93 | $k_{zz}$ | 1.76 |






Classificazione della Sezione Trasversale

Classe di Verifica  1

Azioni di Verifica e Rapporti Sd/Sr Massimi Ricontrati

☒ Esegui la Verifica di Instabilità per PressoFlessione

|  |  |   |                                   |
|--|--|---|-----------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Sforzo Normale     | <input type="text" value="102.28 [kN]"/> |  | <input type="text" value="0.73"/> |
| <input checked="" type="checkbox"/> Momento M 1/2 (Mx) | <input type="text" value="-2.36 [kNm]"/> |  | <input type="text" value="0.10"/> |
| <input checked="" type="checkbox"/> Momento M 1/3 (My) | <input type="text" value="0.46 [kNm]"/>  |  | <input type="text" value="0.12"/> |
| Combinazione di Carico Critica:                        | <input type="text" value="9"/>           |   | <input type="text" value="0.95"/> |

| Instabilità 1/3<br>Globale  |                      | Presso-Flessione<br>Resistenza  | Svergolamento<br>Instabilità 1/2  |
|---|----------------------|---|---|
| Asta(e) nodi:   | 57....58             | Luce  | 2.78 [m]  |
| Profilo Tipo:   | IPE 160              | travi second  |   |
| Sezione 1   |                      | IPE 160   |   |
| Materiale: 2 Acciaio  |                      |   |   |
| <b>Caratteristiche Inerziali</b>  |                      |   |   |
| Area  | 2012.03 [mm²]        | Lunghezza del collegamento  | 0 [mm]  |
| Area Netta  | 2397.63 [mm²]        |   |   |
| Jx  | 8.70687e+06 [mm⁴]    | Wx  | 108836 [mm³]  |
| ix  | 65.7831 [mm]         | Zx  | 124060 [mm²]  |
| Jy  | 683264 [mm⁴]         | Wy  | 16665 [mm³]   |
| iy  | 18.428 [mm]          | Zy  | 26116.6 [mm²]   |
| Jp  | 36043.4 [mm⁴]        | Cw  | 3.95887e+09 [mm⁶]   |
| <b>Rapporti Massimi Azione Sollecitante / Azione Resistente riscontrati</b> |                      |   |   |
| Combinazioni di Carico  | All                  |   |   |
|   | Classe della Sezione |   |   |
| Verifica di Resistenza  | 0.20                 |  |  |
| Instabilità per Sforzo Normale  | 0.73                 |  |   |
| Instabilità per Presso-Flessione  | 0.95                 |  |   |
| Instabilità Flesso-Torsionale   | 0.15                 |  |   |

### 9.2.7 Grigliato metallico

Si considera ora la verifica dei pannelli in grigliato metallico con piatto portante 30x3mm e maglia 30x51mm poggianti su campata di luce massima pari a 180cm.

#### Carichi agenti:

- Peso proprio grigliato
- Carichi permanenti impianti 35 kg/m²

- Carico neve 141 kg/m<sup>2</sup>
- Carico vento 105 kg/m<sup>2</sup> (agente in direzione perpendicolare al grigliato)

$q_{\text{agente,SLU}} = 0.11 \text{ kNm} / \text{piatto (interasse 30mm)}$

$M_{\text{agente}} = q * l^2 / 8 = 44550 \text{ Nmm}$

$M_{\text{resistente}} = W * f_{yd} / 1.05 = 100714 \text{ Nmm} > M_{\text{agente}}$  **VERIFICATO**

### Calcolo freccia (combinazione SLE caratteristica rara)

#### Trave semplicemente appoggiata - carico distribuito

|                             |         |                   |                                |
|-----------------------------|---------|-------------------|--------------------------------|
| E                           | 210000  | N/mm <sup>2</sup> |                                |
| G                           | 78400   | N/mm <sup>2</sup> |                                |
| L                           | 1680    | mm                | Luce netta                     |
| J                           | 6750.00 | mm <sup>4</sup>   |                                |
| W                           | 450.00  | mm <sup>3</sup>   |                                |
| q                           | 0.07    | N/mm              | SLE caratteristica             |
| M                           | 24696   | Nmm               |                                |
| T                           | 58.8    | N                 |                                |
| $\sigma_{\text{effettiva}}$ | 55      | N/mm <sup>2</sup> | tensione su profilo (SLE)      |
| f flessione                 | 5       | mm                |                                |
| f tot                       | 5       | mm                | 328                            |
| fmax                        | 5       | mm                | Mim(1/200 L;5mm) per grigliati |

#### 9.2.8 Parapetto

Si considera ora la verifica del parapetto metallico costituito da montanti (piatto 80x15mm) posti ad interasse massimo 180cm e correnti orizzontali (tubolari  $\phi$  48.3x3.2mm).

#### Carichi agenti

- Spinta su parapetto 1,00 kN/m
- Interasse massimo montanti 1,50 m

#### Verifica correnti

$$q_{\text{agente,SLU}} = 1.5 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{agente}} = q \cdot l^2 / 8 = 0.61 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{resistente}} = W \cdot f_{yd} / 1.05 = 1.25 \text{ kNm} > M_{\text{agente}} \text{ VERIFICATO}$$

#### Verifica montanti

$$F_{\text{agente,SLU}} = 2.7 \text{ kN (ad h=1.12m)}$$

$$M_{\text{agente}} = F \cdot l = 3.03 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{resistente}} = W \cdot f_{yd} / 1.05 = 4.19 \text{ kNm} > M_{\text{agente}} \text{ VERIFICATO}$$

## 10. VERIFICHE STRUTTURALI SLE

### 10.1 Pensilina fotovoltaica

#### 10.1.1 Strutture in acciaio - Verifica delle deformazioni

##### 10.1.1.1 Mensola principale 150x300

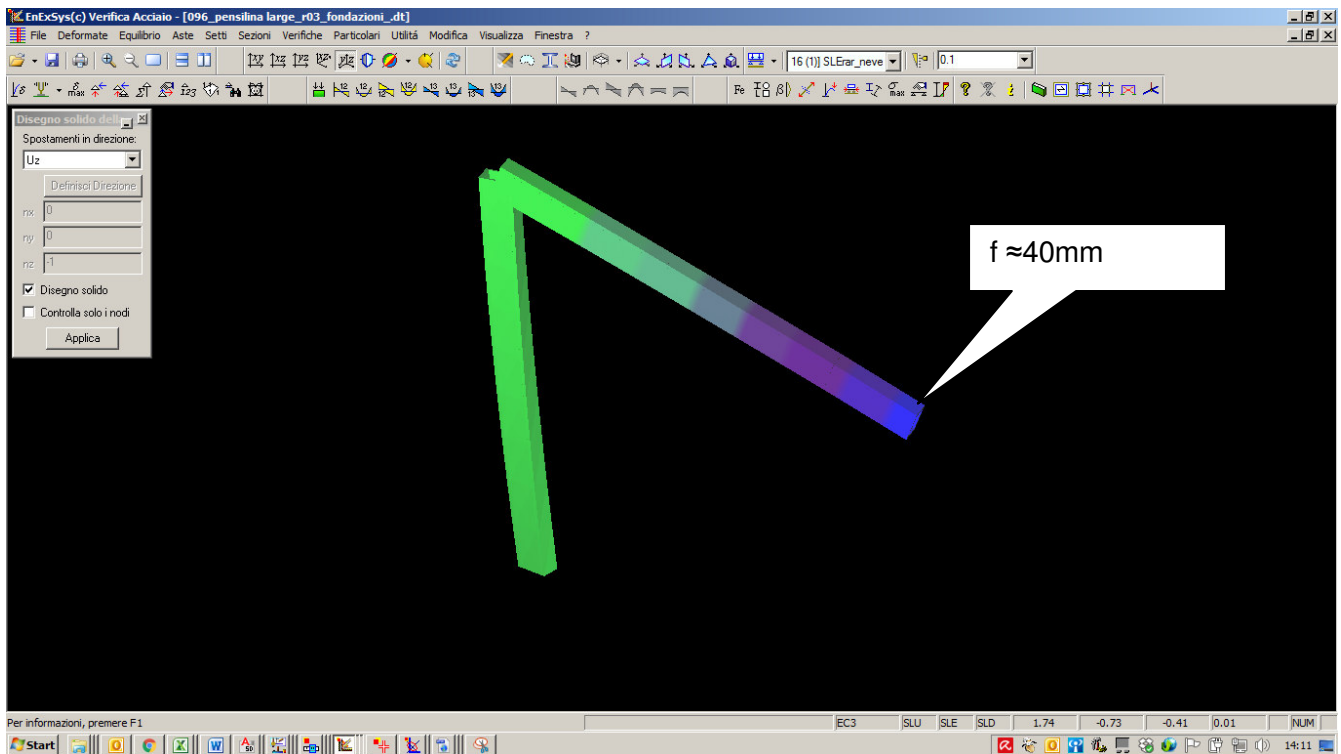
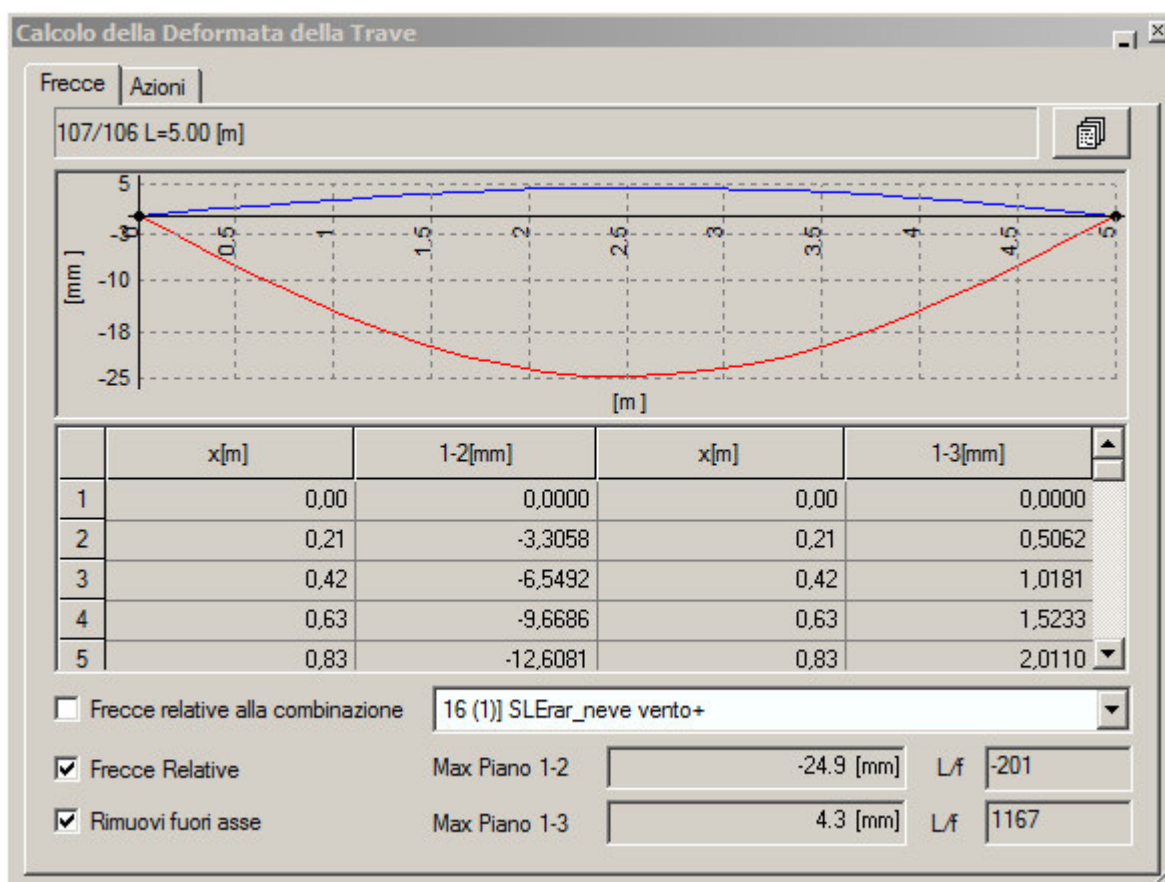


Figura 42. Freccia massima relativa in combinazioni SLE pari a  $40\text{mm} < 2 \cdot L / 200 = 40\text{mm}$



## 10.1.1.2 Verifica spostamenti verticali arcarecci 100x100x5

Figura 43. Freccia massima relativa in combinazioni SLE pari a  $24.9\text{ mm} < L/200 = 25\text{ mm}$

### 10.1.1.3 Verifica spostamenti verticali arcarecci 100x200x5

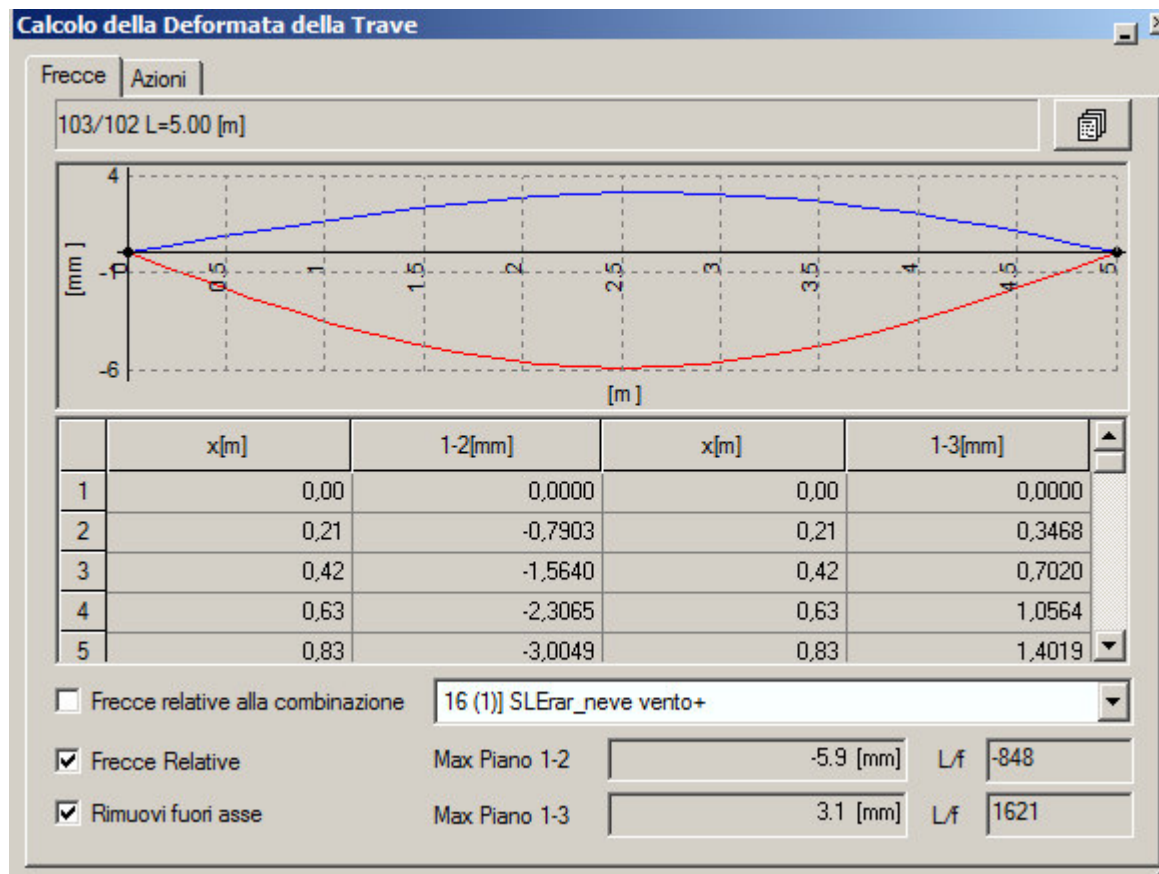


Figura 44. Freccia massima relativa in combinazioni SLE pari a  $5.9\text{mm} < L/200 = 25\text{mm}$

### 10.1.2 Verifica tensioni nel calcestruzzo

Si considera la trave principale di sezione 80x70.

$$\sigma_c = 1.50 \text{ MPa} < 0,60 f_{ck} = 14.94 \text{ MPa per combinazione caratteristica (rara).}$$

$$\sigma_c = 0.28 \text{ MPa} < 0,45 f_{ck} = 11.20 \text{ MPa per combinazione quasi permanente.}$$

$$\sigma_s = 92 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 360 \text{ MPa per combinazione caratteristica (rara)}$$

### 10.1.3 Verifica fessurazioni nel calcestruzzo

Si considera la trave principale di sezione 80x70.

Combinazione quasi permanente

| Geometria della sezione     |   |          |
|-----------------------------|---|----------|
| Altezza della sezione       | h | 700 [mm] |
| Larghezza della sezione     | b | 800 [mm] |
| Altezza utile della sezione | d | 650 [mm] |

|  |              |     |                    |
|--|--------------|-----|--------------------|
| Distanza tra asse armatura e lembo compresso   | $d'$         | 50  | [mm]               |
| Ricoprimento dell'armatura                     | $c$          | 50  | [mm]               |
| <a href="#">Armatura tesa ordinaria</a>        |              |     |                    |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione    | $n_{f,1}$    | 4   | [-]                |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione | $\phi_{f,1}$ | 16  | [mm]               |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione     | $A_{sf,1}$   | 804 | [mm <sup>2</sup> ] |
| <a href="#">Armatura tesa di infittimento</a>  |              |     |                    |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione    | $n_{f,2}$    | 0   | [-]                |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione | $\phi_{f,2}$ | 0   | [mm]               |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione     | $A_{sf,2}$   | 0   | [mm <sup>2</sup> ] |

| Caratteristiche dei materiali                         |           |        |       |
|---|-----------|--------|-------|
| Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo | $f_{ck}$  | 24.9   | [MPa] |
| Resistenza a trazione media del calcestruzzo          | $f_{ctm}$ | 2.6    | [MPa] |
| Modulo di elasticità del calcestruzzo                 | $E_{cm}$  | 31447  | [MPa] |
| Resistenza a snervamento dell'acciaio                 | $f_{yk}$  | 430    | [MPa] |
| Modulo di elasticità dell'acciaio                     | $E_s$     | 206000 | [MPa] |

### DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata  
Asse neutro della sezione

|            |       |       |
|------------|-------|-------|
| $\sigma_s$ | 28    | [MPa] |
| $x$        | 130   | [mm]  |
|            | Lunga |       |

Tipo e durata dei carichi applicati  
Coefficiente di omogeneizzazione  
Area totale delle armature presenti nella zona tesa  
Area efficace tesa di calcestruzzo

|                 |        |                    |
|-----------------|--------|--------------------|
| $\alpha_e$      | 6.55   | [-]                |
| $A_s$           | 804    | [mm <sup>2</sup> ] |
| $A_{c,eff,1}$   | 100000 | [mm <sup>2</sup> ] |
| $A_{c,eff,2}$   | 152000 | [mm <sup>2</sup> ] |
| $A_{c,eff,3}$   | 280000 | [mm <sup>2</sup> ] |
| $A_{c,eff,min}$ | 100000 | [mm <sup>2</sup> ] |



Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso  
Resistenza efficace media del calcestruzzo  
Fattore di durata del carico

|                |         |       |
|----------------|---------|-------|
| $\rho_{p,eff}$ | 0.00804 | [-]   |
| $f_{ct,eff}$   | 2.6     | [MPa] |
| $k_1$          | 0.4     | [-]   |

### Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls

|   |           |     |
|---|-----------|-----|
| $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$   | 0.000082  | [-] |
| $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ | -0.000514 | [-] |
| $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]$         | 0.000082  | [-] |

Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)  
Diametro equivalente delle barre  
Spaziatura massima di riferimento  
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione

|               |       |      |
|---------------|-------|------|
| $s$           | 170   | [mm] |
| $\phi_{eq}$   | 16.00 | [mm] |
| $s_{max,rif}$ | 290   | [mm] |
| $k_1$         | 0.800 | [-]  |
| $k_2$         | 0.500 | [-]  |
| $k_3$         | 3.400 | [-]  |

|   |               |       |      |
|---|---------------|-------|------|
|   | $k_4$         | 0.425 | [-]  |
| <b>Distanza massima tra le fessure</b>                                  | $s_{r,max.1}$ | 508   | [mm] |
|   | $s_{r,max.2}$ | 741   | [mm] |
|   | $s_{r,max}$   | 508   | [mm] |
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$   | 0.30  | [mm] |
| <b>Ampiezza delle fessure (di calcolo)</b>                              | $w_k$         | 0.04  | [mm] |

### Combinazione frequente

| Geometria della sezione                        |              |     |                    |
|--|--------------|-----|--------------------|
| Altezza della sezione                          | $h$          | 700 | [mm]               |
| Larghezza della sezione                        | $b$          | 800 | [mm]               |
| Altezza utile della sezione                    | $d$          | 650 | [mm]               |
| Distanza tra asse armatura e lembo compresso   | $d'$         | 50  | [mm]               |
| Ricoprimento dell'armatura                     | $c$          | 50  | [mm]               |
| <a href="#">Armatura tesa ordinaria</a>        |              |     |                    |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione    | $n_{f,1}$    | 4   | [-]                |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione | $\phi_{f,1}$ | 16  | [mm]               |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione     | $A_{sf,1}$   | 804 | [mm <sup>2</sup> ] |
| <a href="#">Armatura tesa di infittimento</a>  |              |     |                    |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione    | $n_{f,2}$    | 0   | [-]                |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione | $\phi_{f,2}$ | 0   | [mm]               |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione     | $A_{sf,2}$   | 0   | [mm <sup>2</sup> ] |

| Caratteristiche dei materiali                         |           |        |       |
|---|-----------|--------|-------|
| Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo | $f_{ck}$  | 24.9   | [MPa] |
| Resistenza a trazione media del calcestruzzo          | $f_{ctm}$ | 2.6    | [MPa] |
| Modulo di elasticità del calcestruzzo                 | $E_{cm}$  | 31447  | [MPa] |
| Resistenza a snervamento dell'acciaio                 | $f_{yk}$  | 430    | [MPa] |
| Modulo di elasticità dell'acciaio                     | $E_s$     | 206000 | [MPa] |

### DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

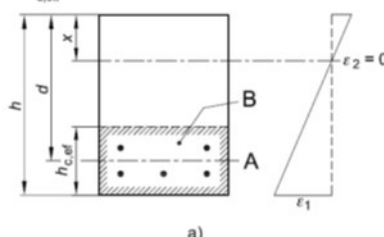
|   |            |     |       |
|---|------------|-----|-------|
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata | $\sigma_s$ | 38  | [MPa] |
| Asse neutro della sezione                                     | $x$        | 130 | [mm]  |

Lunga

|   |                 |        |                    |
|---|-----------------|--------|--------------------|
| Tipo e durata dei carichi applicati                 | $\alpha_e$      | 6.55   | [-]                |
| Coefficiente di omogeneizzazione                    | $A_s$           | 804    | [mm <sup>2</sup> ] |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa | $A_{c,eff.1}$   | 100000 | [mm <sup>2</sup> ] |
| Area efficace tesa di calcestruzzo                  | $A_{c,eff.2}$   | 152000 | [mm <sup>2</sup> ] |
|   | $A_{c,eff.3}$   | 280000 | [mm <sup>2</sup> ] |
|   | $A_{c,eff.min}$ | 100000 | [mm <sup>2</sup> ] |

figura 7.1 Area tesa efficace (casi tipici)

- Legenda  
a) Trave  
A Livello del baricentro dell'acciaio  
B Area tesa efficace,  $A_{c,eff}$



Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso  
Resistenza efficace media del calcestruzzo  
Fattore di durata del carico

$\rho_{p,eff}$  0.00804 [-]  
 $f_{ct,eff}$  2.6 [MPa]  
 $k_t$  0.4 [-]

**Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls**

$[\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}]_{min}$  0.000111 [-]  
 $[\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}]_{calc.}$  -0.000466 [-]  
 **$[\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}]$  0.000111 [-]**

Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)  
Diametro equivalente delle barre  
Spaziatura massima di riferimento  
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione

$s$  170 [mm]  
 $\phi_{eq}$  16.00 [mm]  
 $s_{max,rif}$  290 [mm]  
 $k_1$  0.800 [-]  
 $k_2$  0.500 [-]  
 $k_3$  3.400 [-]  
 $k_4$  0.425 [-]

**Distanza massima tra le fessure**

$s_{r,max.1}$  508 [mm]  
 $s_{r,max.2}$  741 [mm]  
 **$s_{r,max}$  508 [mm]**

Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente

$w_{k,lim}$  0.40 [mm]

**Ampiezza delle fessure (di calcolo)**

**$w_k$  0.06 [mm]**

#### 10.1.4 Verifica pressioni su terreno

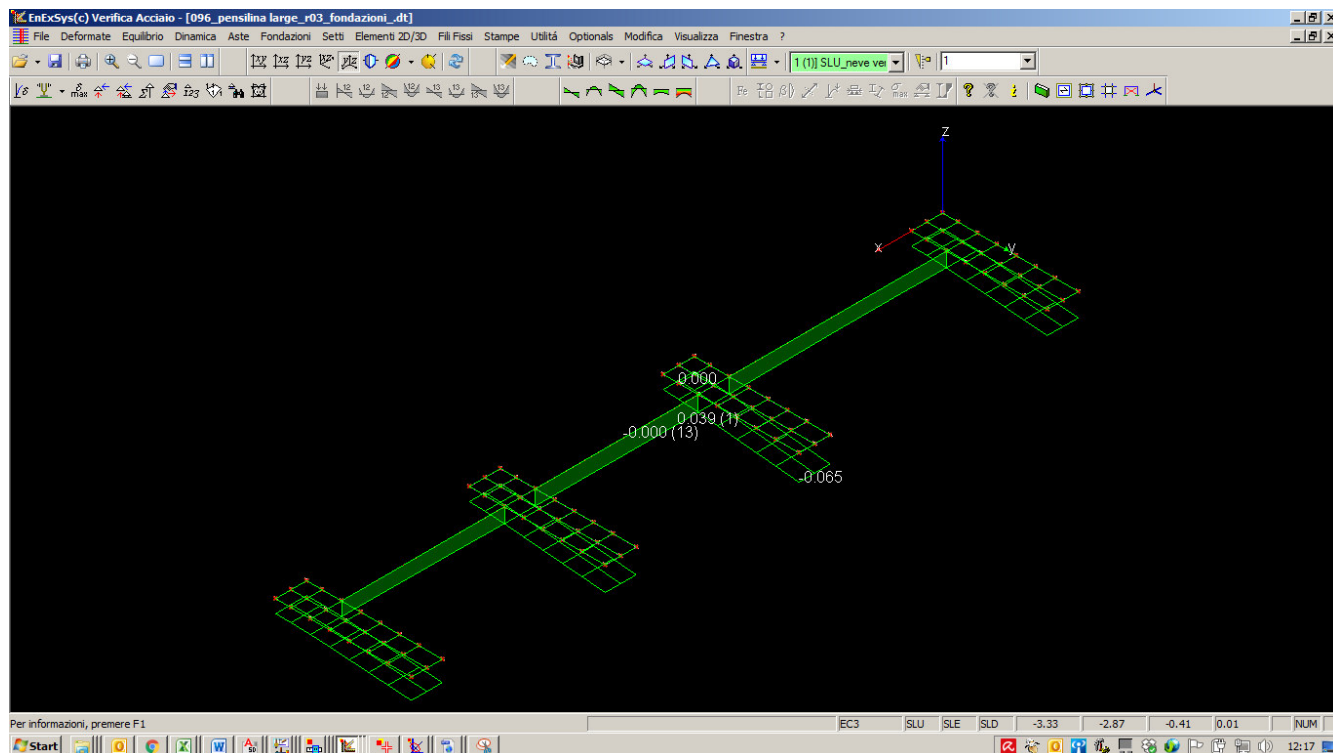


Figura 45. Massime pressioni agenti sul terreno (involuppo combinazioni SLU/SLV)

#### ▲ Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

|     | Elemento                                   | Combinazione | P [MPa] |
|-----|--|--------------|---------|
| Min | Trave di fondazione Sez. 2 Nodi: 30 31     | 1            | -0.039  |
| Max | Elemento a 4 nodi Sez. 1 Nodi: 78 77 89 90 | 1            | 0.065   |

#### ▲ Combinazioni agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita

|     | Elemento                                   | Combinazione | P [MPa] |
|-----|--|--------------|---------|
| Min | Trave di fondazione Sez. 2 Nodi: 33 34     | 14           | -0.022  |
| Max | Elemento a 4 nodi Sez. 1 Nodi: 78 77 89 90 | 15           | 0.044   |

#### ▲ Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

|     | Elemento                                   | Combinazione | P [MPa] |
|-----|--|--------------|---------|
| Min | Trave di fondazione Sez. 2 Nodi: 30 31     | 16           | -0.029  |
| Max | Elemento a 4 nodi Sez. 1 Nodi: 78 77 89 90 | 16           | 0.047   |

#### ▲ Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

|     | Elemento                                   | Combinazione | P [MPa] |
|-----|--|--------------|---------|
| Min | Trave di fondazione Sez. 2 Nodi: 27 28     | 27           | -0.023  |
| Max | Elemento a 4 nodi Sez. 1 Nodi: 78 77 89 90 | 26           | 0.030   |

#### ▲ Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

|     | Elemento                                   | Combinazione | P [MPa] |
|-----|--|--------------|---------|
| Min | Trave di fondazione Sez. 2 Nodi: 27 28     | 31           | -0.021  |
| Max | Elemento a 4 nodi Sez. 1 Nodi: 78 77 89 90 | 31           | 0.026   |

I valori sopra riportati sono compatibili ed inferiori ai valori di  $q_{lim}$  indicati nella relazione geologica del progetto definitivo del 2006 che si riportano di seguito per confronto.

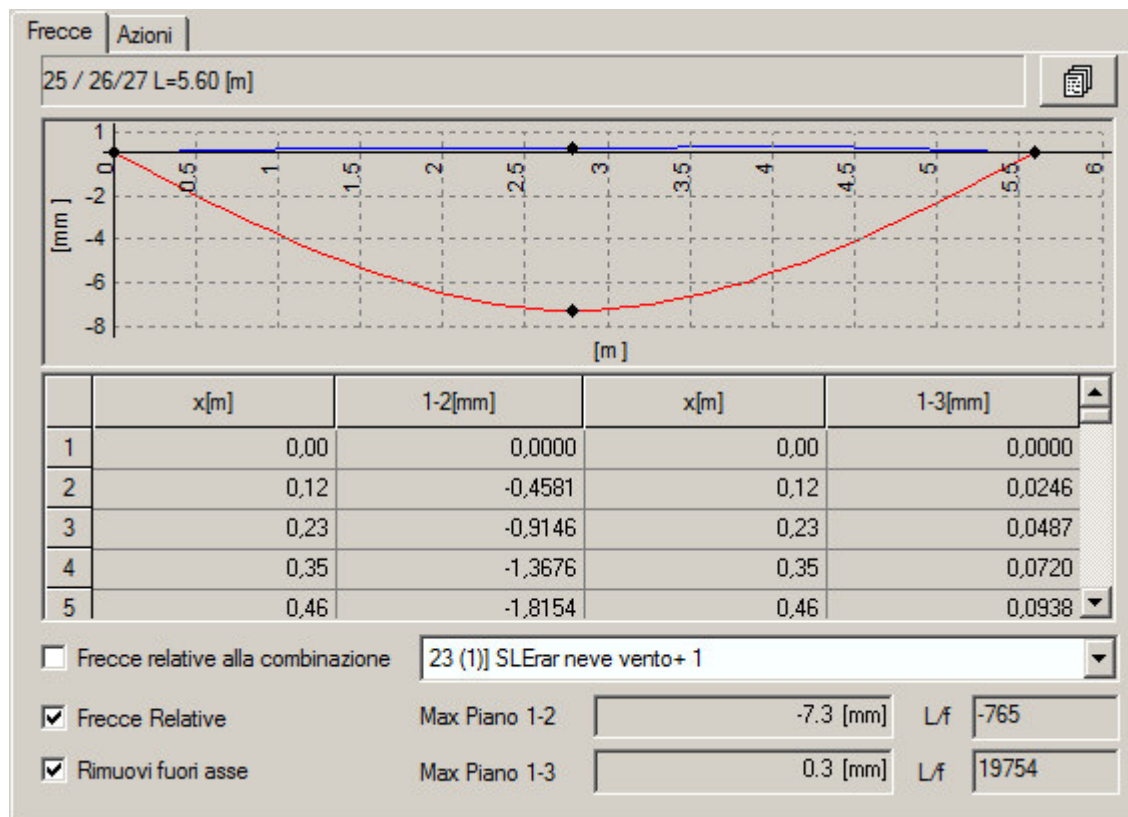
| Metodo                         | Meyerhof  | Vesic     | Hansen    | Eurocodice 7 |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Portanza limite $Q_{lim}$      | 544.0 KPa | 567.6 KPa | 532.1 KPa | 477.9 KPa    |
| Portanza ammissibile $Q_{amm}$ | 181.3 KPa | 189.2 KPa | 177.4 KPa | 159.3 KPa    |

## 10.2 Soppalco solare termico

### 10.2.1 Strutture in acciaio - Verifica delle deformazioni

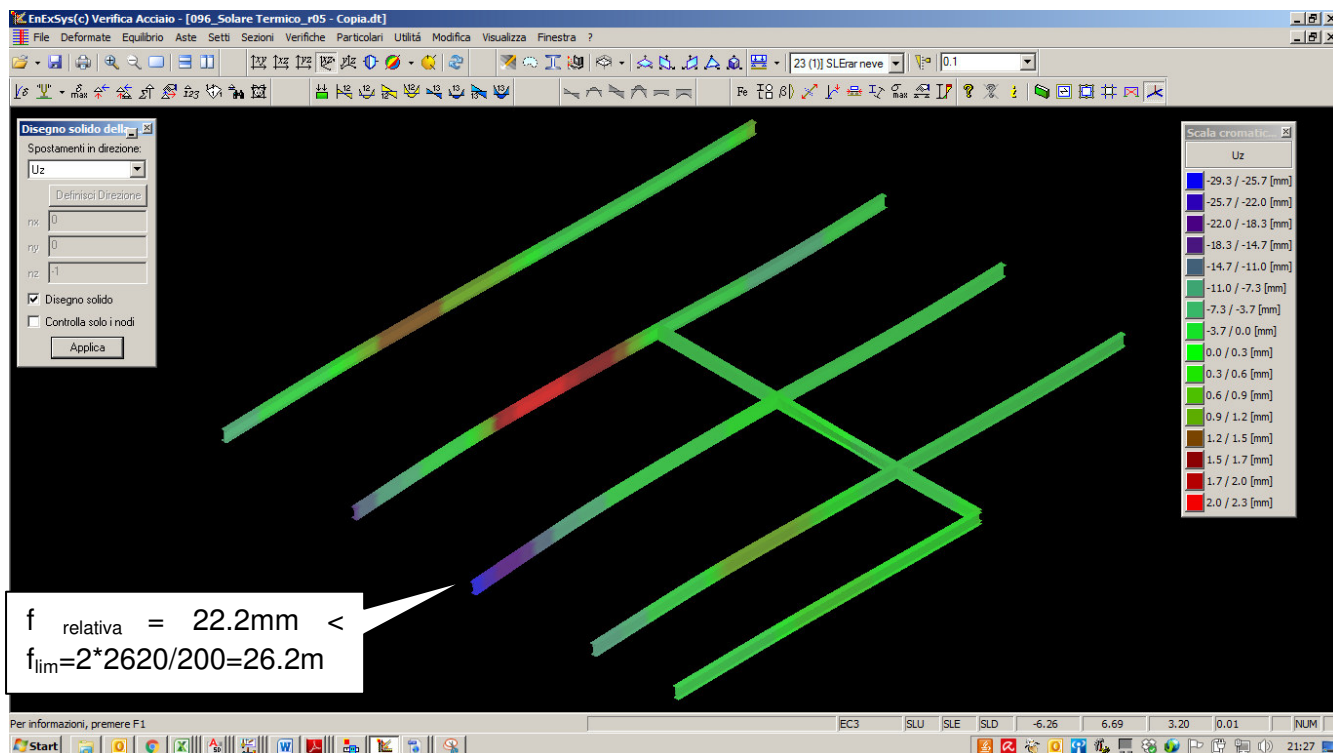


### 10.2.1.1 Verifica spostamenti verticali travi principali IPE 330



Combinazione caratteristica SLE-rara

### 10.2.1.2 Verifica spostamenti verticali travi principali IPE 240



### 10.2.1.3 Verifica spostamenti verticali travi secondarie IPE 160

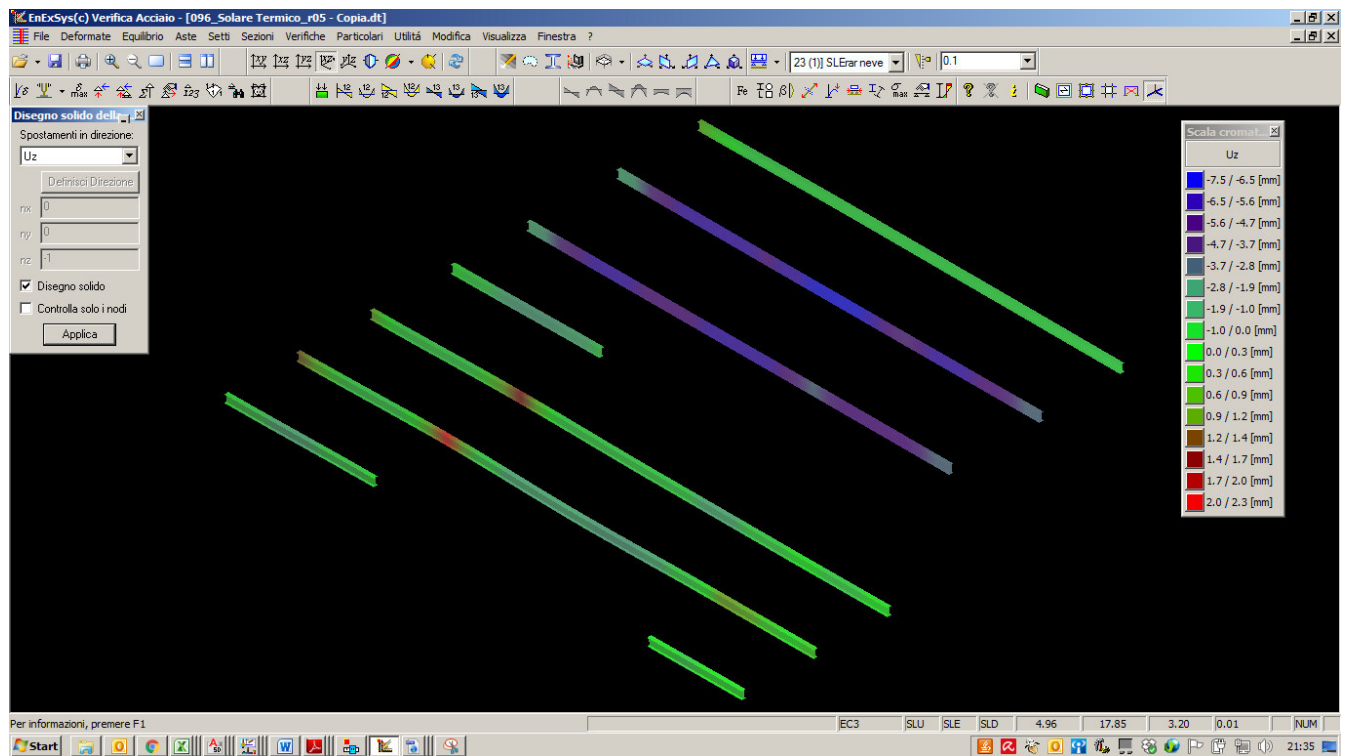


Figura 46. Deformate Uz massime (valori espressi in mm)  $< L_{\max}/200 = 3000/200 = 15\text{mm}$

## 11. VERIFICHE DETTAGLI E NODI COSTRUTTIVI

### 11.1 Pensilina fotovoltaica

#### 11.1.1 Nodo di base

Si riporta di seguito le verifiche del giunto di base.

- Dimensioni piastra di base: 400x500x20mm
- Ancoraggi: num. 12 tirafondi M22 classe 8.8 con riscontri antisfilamento all'interno della trave di fondazione (rosetta in acciaio  $\varnothing 80$ mm)

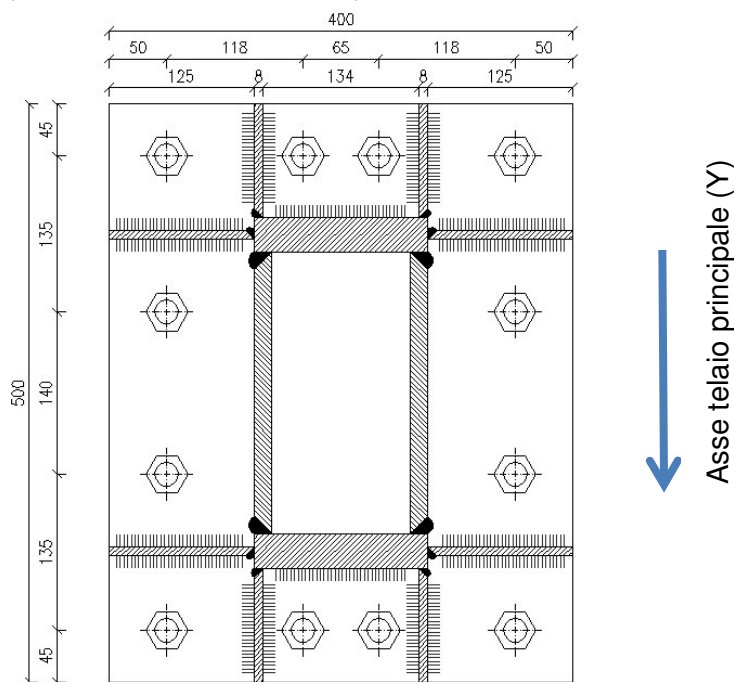
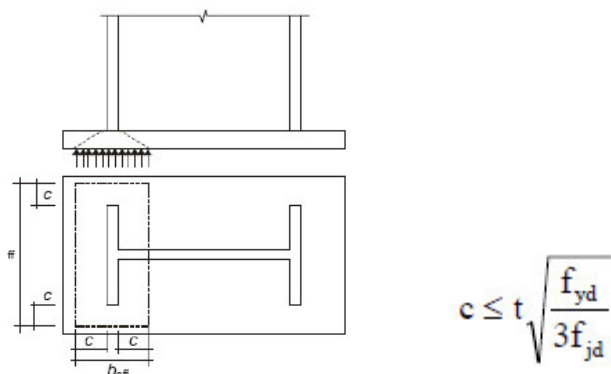


Figura 47. Vista in pianta giunto di base

|               |         |                                |
|---------------|---------|--------------------------------|
| - $N_{max}$   | 112 kN  | (compressione, combinazione 1) |
| - $N_{min}$   | - 6 kN  | (trazione, combinazione 6)     |
| - $M_{y,max}$ | 102 kNm | (combinazione 1)               |
| - $M_{x,max}$ | 34 kNm  | (combinazione 8)               |
| - $M_{y,min}$ | 0 kNm   | (combinazione 6)               |
| - $M_{x,min}$ | 17 kNm  | (combinazione 14)              |
| - $T_{y,max}$ | 29 kN   | (combinazione 3)               |
| - $T_{x,max}$ | 14 kN   | (combinazione 8)               |

Si esplicitano ora le verifiche del giunto di base lato cls e lato acciaio (tirafondi).

Secondo l'EuroCodice 3-“Progettazione dei collegamenti”, si considera l'area efficace in compressione, nella quale il valore dello sbalzo  $c$  si ottiene dalla resistenza a flessione della flangia soggetta alle pressioni del calcestruzzo uniformemente distribuite  $f_{jd}$  (resistenza di contatto del giunto).



Dove:

$R_{ck}$  30 MPa C 25/30

$f_{ck}$  24.9 MPa

$f_{cd}$  14.1 MPa

$f_{yk}$  373.91 MPa B450C

$\beta$  0.67 2/3 EC3

$k_i$  1 EC3

$f_j$  9.41 MPa Resistenza contatto giunto  $A_{c1}=3A_{c0}$

$t$  20 mm spessore piastra

$c$  71.0 mm larghezza zona compressa

$A_{eff}$  49300 mm<sup>2</sup> Area efficace resistente a compressione (cfr. immagine sottostante)

**$F_{cRd}$  463.75 kN** Resistenza zona compressa

#### Capacità portante dei giunto di base (compressione)

$$F_{c,Ed} = 102/0.34 + 112 = 412 \text{ kN}$$

$$F_{cRd} > F_{c,Ed} \quad \text{VERIFICATO}$$

#### Resistenza a trazione del tirafondo

Si ipotizza, a favore di sicurezza, l'assenza di nervature tra colonna e piastra di base.

Le sollecitazioni maggiori (in combinazione SLU, SLV) sono date da:

$$F_{t,ed,max} = 6/12 + (102/.34)/4 + (34/.22)/4 = 115 \text{ kN agente su singolo tirafondo.}$$

(si considera, a favore di sicurezza, l'involuppo massimo della N di trazione e dei momenti flettenti nelle due direzioni agenti alla base della colonna. Braccio di leva pari alla distanza tra asse tirafondi e piatto compresso)

Si considera la il singolo tirafondo M22 resistenti a trazione:

$$F_{T,Rd} = 0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_s / \gamma_{M0} = 0.9 \cdot 800 \cdot 303 / 1.25 = F_{T,Rd} = 174 \text{ kN} \text{ (singolo tirafondo)}$$

$$F_{T,Rd} > F_{t,ed,max} \quad \text{VERIFICATO}$$

#### Verifica lunghezza di ancoraggio

Si considera la lunghezza di ancoraggio di ciascun tirafondo pari a 650mm.

$$F_t = S_b \cdot \tau_b =$$

$$S_b = 22 \cdot \pi \cdot 650 = 44900 \text{ mm}^2$$

$$\tau_b = f_{bd} = 2.69 \text{ MPa (cls C 25/30)}$$

$$F_t = 44900 \cdot 2.69 = 120.7 \text{ kN} > F_{t,ed,max} = 115 \text{ kN} \quad \text{VERIFICATO}$$

Si prevede inoltre l'installazione di rosetta antisfilamento avente  $\varnothing 80\text{mm}$  e spessore 15mm

#### Verifica a taglio

A favore di sicurezza, si considerano resistenti a taglio i soli 4 tirafondi centrali

$$F_{V,Ed} = T_{\max, \text{ tirafondo i-esimo}} = \sqrt{(29/4 \text{ kN} + (14/4))} = 3.5 \text{ kN}$$

$$F_{V,Rd} = 0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_s / \gamma_{M0} = 0.6 \cdot 800 \cdot 303 / 1.25 = 116 \text{ kN} > T_{\max} \quad \text{VERIFICATO}$$

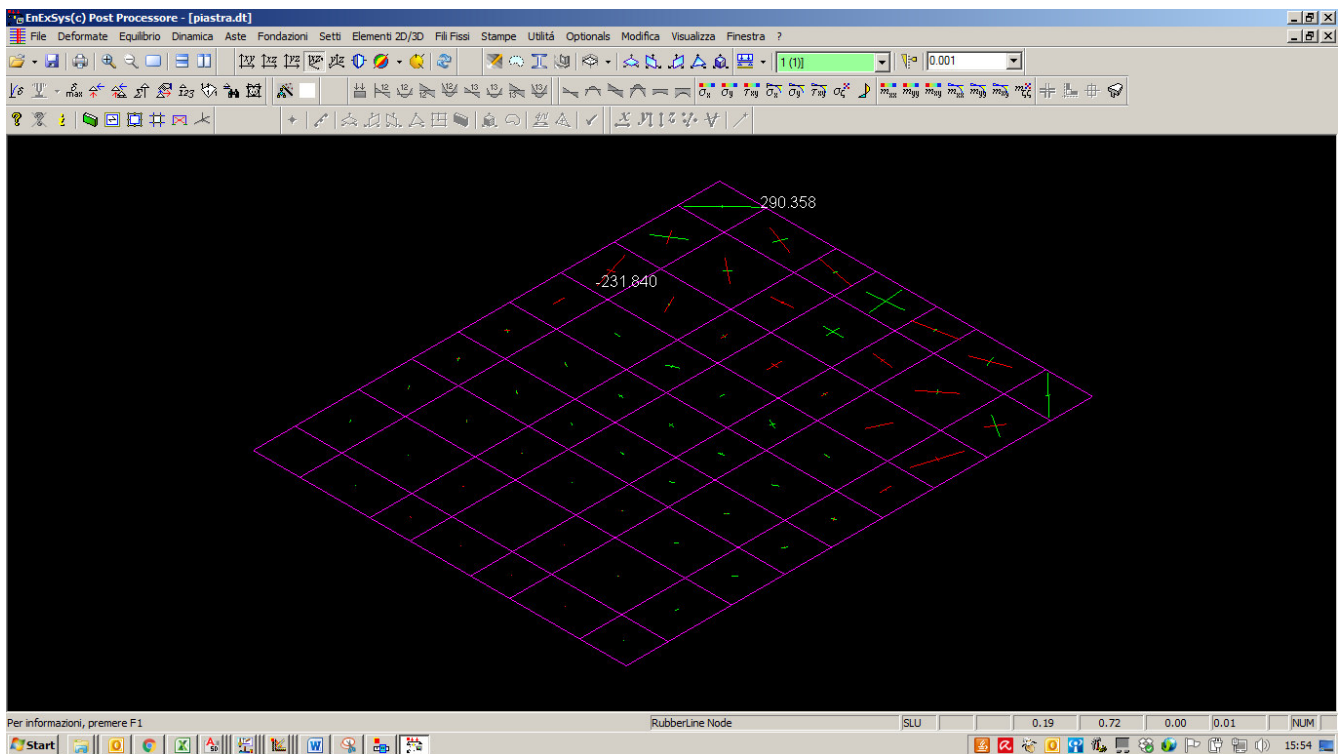
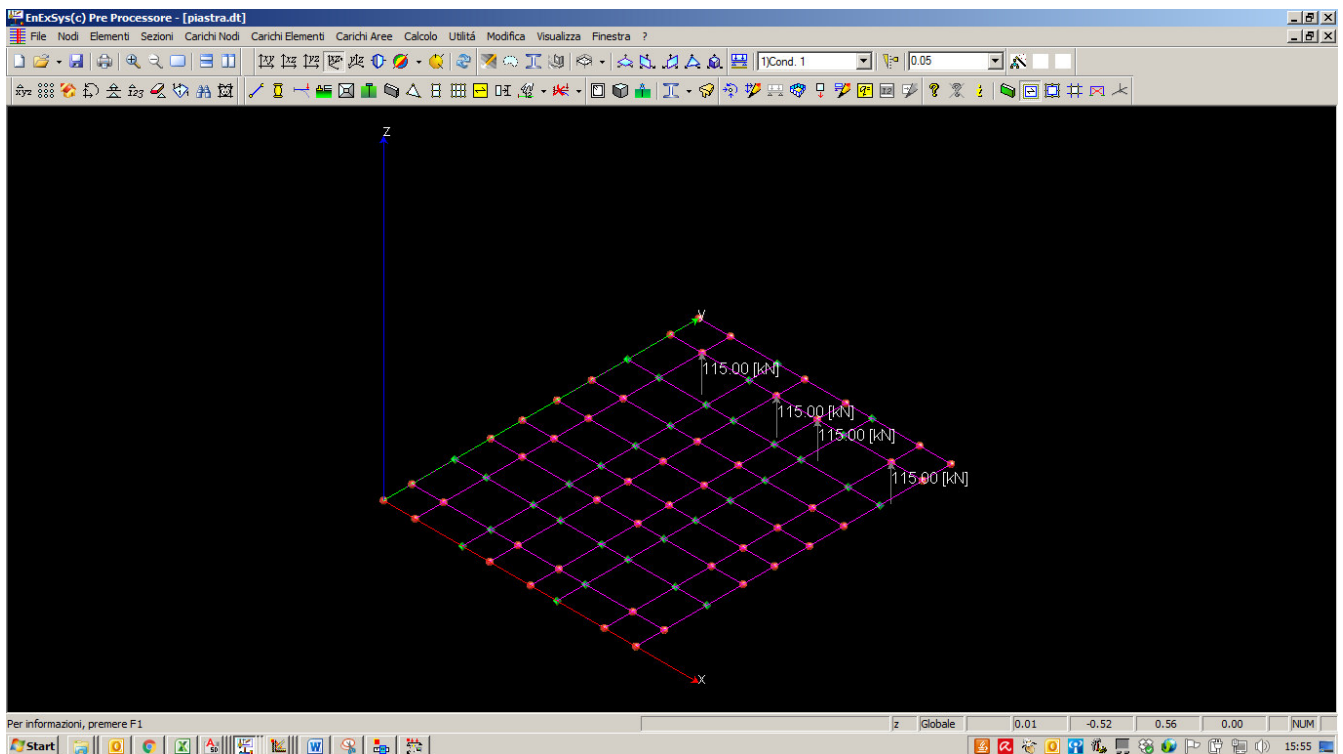
$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t / \gamma_{M2} = 2.5 \cdot 0.75 \cdot 275 \cdot 22 \cdot 20 / 1.05 = 216 \text{ kN} > T_{\max} \quad \text{VERIFICATO}$$

#### Verifica piastra di base

Si considera la presenza delle nervature di irrigidimento saldate sulle ali delle colonne e sulla piastra di base.

Si è realizzato un modello agli elementi finiti che schematizza la piastra di base vincolata in corrispondenza del montante e delle nervature di irrigidimento (vincoli  $U_x$ ,  $U_y$  ed  $U_z$ ). Si sono poi applicati i massimi carichi agenti sul tirafondo

$$F_{t,ed,tirafondo} = 115 \text{ kN} \text{ agente su singolo tirafondo.}$$



Massima tensione agente sulla piastra in corrispondenza della nervatura:

$$\sigma_{ed} = 232 \text{ MPa} < 275/1.05 = 261 \text{ MPa}$$

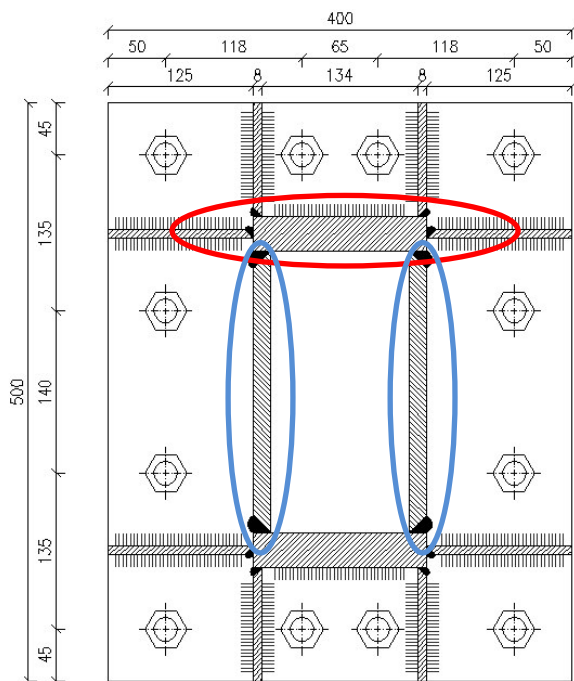
**VERIFICATO**



### Verifica saldature nervature

Si considera:

- forza di trazione pari a  $115 \times 4 = 460 \text{ kN}$  agente sulle saldature dell'ala del profilo (cerchio rosso);
- forza di taglio pari a  $29 \text{ kN}$  agente sulle saldature delle anime del profilo (cerchio blu).
- altezza cordone di saldatura scatolare  $a = 25 \text{ mm}$  (a favore di sicurezza)
- altezza cordone di saldatura nervature  $a = 8 \text{ mm}$  (a favore di sicurezza)



#### Trazione (considero cordone scatolare + num. 2 nervature trasversali)

$$\sigma_{\tau} = \tau = F/L \cdot a \cdot \sqrt{2/2} = 460000 / ((130) \cdot 25 + 200 \cdot 8) \cdot \sqrt{2/2} = 67 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{(\sigma_{\tau}^2 + 3 \cdot \tau^2)} = 134 < 0.7 \cdot 275 / 1.25 = 154 \text{ MPa} \quad \text{VERIFICATO}$$

#### Taglio (considero solo cordone scatolare)

$$\tau = F/L \cdot a = 29000 / ((240 \cdot 2) \cdot 25) = 2.45 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{(\sigma_{\tau}^2 + 3 \cdot \tau^2)} = 5 < 0.7 \cdot 275 / 1.25 = 154 \text{ MPa} \quad \text{VERIFICATO}$$

#### 11.1.2 Collegamento bullonato arcareccio/mensola (campata tipica)

Si considera il massimo taglio agente pari a  $12 \text{ kN}$ .

Sono presenti num. 2+2 bulloni M10 ad 1 sezione resistente di taglio (piatti spessore 10 e 8 mm)

| VERIFICA (D.M. 2008 punto 4.2.8.1) |                                 |                |     |                           |    |
|------------------------------------|---------------------------------|----------------|-----|---------------------------|----|
| Classe acciaio                     | EN10025 - S275 / S275 N/NL/M/ML | Classe bulloni | 8.8 | Scelta $\phi$ dei bulloni | 10 |
| Spessori collegati                 |                                 | Distanze [mm]  |     |                           |    |
| $t_1 =$                            | 8 [mm]                          | $e_1 =$        | 25  | $p_1 =$                   | 50 |
| $t_2 =$                            | 10 [mm]                         | $e_2 =$        | 50  | $p_2 =$                   | 50 |
| Unione normale                     |                                 |                |     |                           |    |
| $F_{v,Ed} < F_{v,Rd}$              | 3000.00 < 22272.00              | Verificato     |     |                           |    |
| $F_{v,Ed} < F_{b,Rd}$              | 3000.00 < 63066.67              | Verificato     |     |                           |    |

### 11.1.3 Collegamento bullonato arcareccio/mensola (campata atipica)

Si considera il massimo taglio agente pari a 9 kN.

Sono presenti num. 2+2 bulloni M10 (piatti spessore 15 mm).

Sono presenti fori asolati.

Si considera la pressione di contatto agente nell'appoggio bullone (cilindro) con piano (piatto sp.10mm)

- per contatto lineare si dovrà avere  $\sigma_l \leq 4 f_{yd} = 1100 \text{ MPa}$

$$\sigma_l = 0.64 \cdot q/a = 1066 \text{ MPa} < 4 f_{yd} = 1100 \text{ MPa} \text{ VERIFICATO}$$

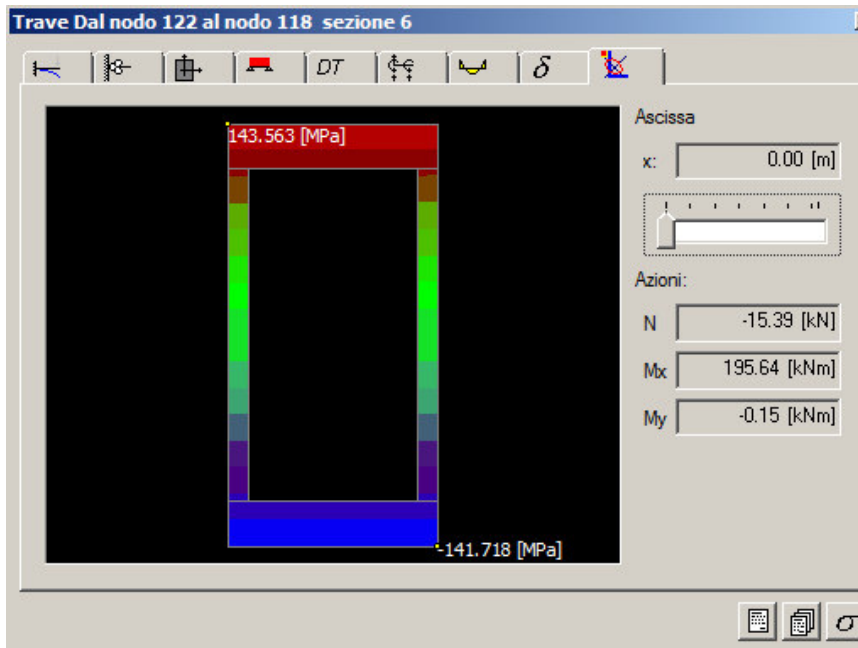
dove:

$q = (9000/2/2)/15 = 150 \text{ N/mm}$  forza agente per unità di lunghezza

$a = 0.09$  (solidi cilindrici)

### 11.1.4 Saldatura mensola principale

Si considerano le saldature a completo ripristino di sollecitazione avente medesimo spessore dei piatti collegati. La massima tensione agente sui piatti risulta essere:



$$\sigma = 144 < 0.7 \cdot 275 / 1.25 = 154 \text{ MPa} \quad \text{VERIFICATO}$$

#### 11.1.5 Verifica controvento

Si considerano la massima forza di trazione agente nel controvento pari a 21.5 kN.

Il controvento è realizzato da un tondo in acciaio avente diametro  $\varnothing 26$

$$N_{rd} = 530.9 \cdot 275 / 1.05 = 139.05 \text{ kN} > N_{ed} \quad \text{VERIFICATO}$$

Si considera:

- forza di trazione pari a  $21.5 \cdot \sin 55 = 18 \text{ kN}$

- forza di taglio pari a  $21.5 \cdot \cos 55 = 13 \text{ kN}$

Sono presenti due cordoni di saldatura lunghezza 170mm

- altezza cordone di saldatura scatolare  $a = 10 \text{ mm}$

$$\sigma_T = \tau_T = F/L \cdot a \cdot \sqrt{2/2} = 18000 / ((170) \cdot 10) \cdot \sqrt{2/2} = 7.48 \text{ MPa}$$

$$\tau_I = F/L \cdot a = 13000 / ((170) \cdot 10) = 7.65 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{(\sigma_T^2 + 3 \cdot \tau_T^2 + 3 \cdot \tau_I^2)} = 20 \text{ MPa} < 0.7 \cdot 275 / 1.25 = 154 \text{ MPa} \quad \text{VERIFICATO}$$

## 11.2 Soppalco Solare Termico

### 11.2.1 Nodo di base montanti HEA140

Si riporta di seguito le verifiche del giunto di base.

- Dimensioni piastra di base: 210x290x20mm
- Ancoraggi: num. 6 tirafondi M20 classe 8.8 con riscontri antisfilamento all'interno della trave di fondazione (rosetta in acciaio  $\varnothing 80\text{mm}$ )

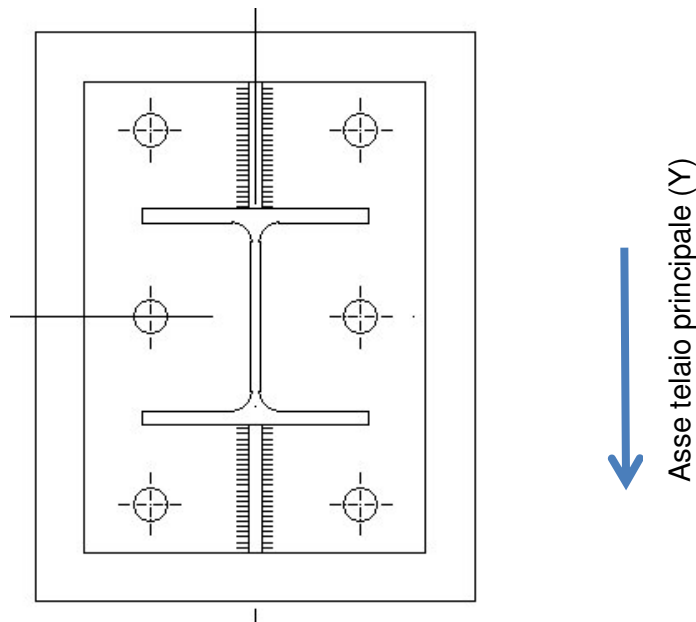
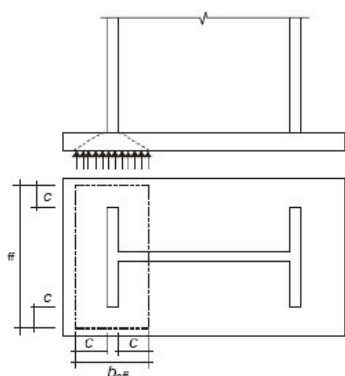


Figura 48. Vista in pianta giunto di base

|                |          |                                |
|----------------|----------|--------------------------------|
| - $N_{\max}$   | 100 kN   | (compressione, combinazione 1) |
| - $N_{\min}$   | - 5.6 kN | (trazione, combinazione 8)     |
| - $M_{y,\max}$ | 18 kNm   | (combinazione 4)               |
| - $M_{x,\max}$ | 2.2 kNm  | (combinazione 5)               |
| - $T_{y\max}$  | 6.5 kN   | (combinazione 8)               |
| - $T_{x\max}$  | 1 kN     | (combinazione 5)               |

Si esplicitano ora le verifiche del giunto di base lato cls e lato acciaio (tirafondi).

Secondo l'EuroCodice 3-“Progettazione dei collegamenti”, si considera l'area efficace in compressione, nella quale il valore dello sbalzo  $c$  si ottiene dalla resistenza a flessione della flangia soggetta alle pressioni del calcestruzzo uniformemente distribuite  $f_{jd}$  (resistenza di contatto del giunto).



$$c \leq t \sqrt{\frac{f_{yd}}{3f_{jd}}}$$

Dove:

$R_{ck}$  30 MPa C 25/30

$f_{ck}$  24.9 MPa

$f_{cd}$  14.1 MPa

$f_{yk}$  373.91 MPa B450C

$\beta$  0.67 2/3 EC3

$k_i$  1 EC3

$f_j$  9.41 MPa Resistenza contatto giunto  $A_{c1}=3A_{c0}$

$t$  20 mm spessore piastra

$c$  71.0 mm larghezza zona compressa

$A_{eff}$  31080 mm<sup>2</sup> Area efficace resistente a compressione (cfr. immagine sottostante)

**$F_{cRd}$  292.36 kN** Resistenza zona compressa

#### Capacità portante dei giunto di base (compressione)

$$F_{c,Ed} = 18/0.18 + 112 = 212 \text{ kN}$$

**$F_{cRd} > F_{c,Ed}$**  VERIFICATO

#### Resistenza a trazione del tirafondo

Si ipotizza, a favore di sicurezza, l'assenza di nervature tra colonna e piastra di base.

Le sollecitazioni maggiori (in combinazione SLU, SLV) sono date da:

$$F_{t,ed,max} = 6/6 + (18/.18)/2 + (2.2/.13)/3 = \mathbf{57 \text{ kN}}$$
 agente su singolo tirafondo.

(si considera, a favore di sicurezza, l'involuppo massimo della N di trazione e dei momenti flettenti nelle due direzioni agenti alla base della colonna. Braccio di leva pari alla distanza tra asse tirafondi e piatto compresso)

Si considera la il singolo tirafondo M20 resistenti a trazione:

$$F_{T,Rd} = 0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_s / \gamma_{M0} = 0.9 \cdot 800 \cdot 245 / 1.25 = \mathbf{F_{T,Rd} = 141 \text{ kN}}$$
 (singolo tirafondo)

$$F_{T,Rd} > F_{t,ed,max} \quad \text{VERIFICATO}$$

### Verifica lunghezza di ancoraggio

Si considera la lunghezza di ancoraggio di ciascun tirafondo pari a 350mm.

$$F_t = S_b \cdot \tau_b =$$

$$S_b = 20 \cdot \pi \cdot 350 = 21991 \text{ mm}^2$$

$$\tau_b = f_{bd} = 2.69 \text{ MPa (cls C 25/30)}$$

$$F_t = 21991 \cdot 2.69 = 59.15 \text{ kN} > F_{t,ed,max} = 57 \text{ kN} \quad \text{VERIFICATO}$$

Si prevede inoltre, a favore di sicurezza, l'installazione di rosetta antisfilamento aventi  $\varnothing 80\text{mm}$  e spessore 15mm

### Verifica a taglio

A favore di sicurezza, si considerano resistenti a taglio i soli 2 tirafondi centrali

$$F_{V,Ed} = T_{\max, \text{ tirafondo i-esimo}} = \sqrt{(6.5/2 \text{ kN} + (1/2))} = 2 \text{ kN}$$

$$F_{V,Rd} = 0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_s / \gamma_{M0} = 0.6 \cdot 800 \cdot 245 / 1.25 = 94 \text{ kN} > T_{\max} \quad \text{VERIFICATO}$$

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t / \gamma_{M2} = 2.5 \cdot 0.76 \cdot 275 \cdot 20 \cdot 20 / 1.05 = 199 \text{ kN} > T_{\max} \quad \text{VERIFICATO}$$

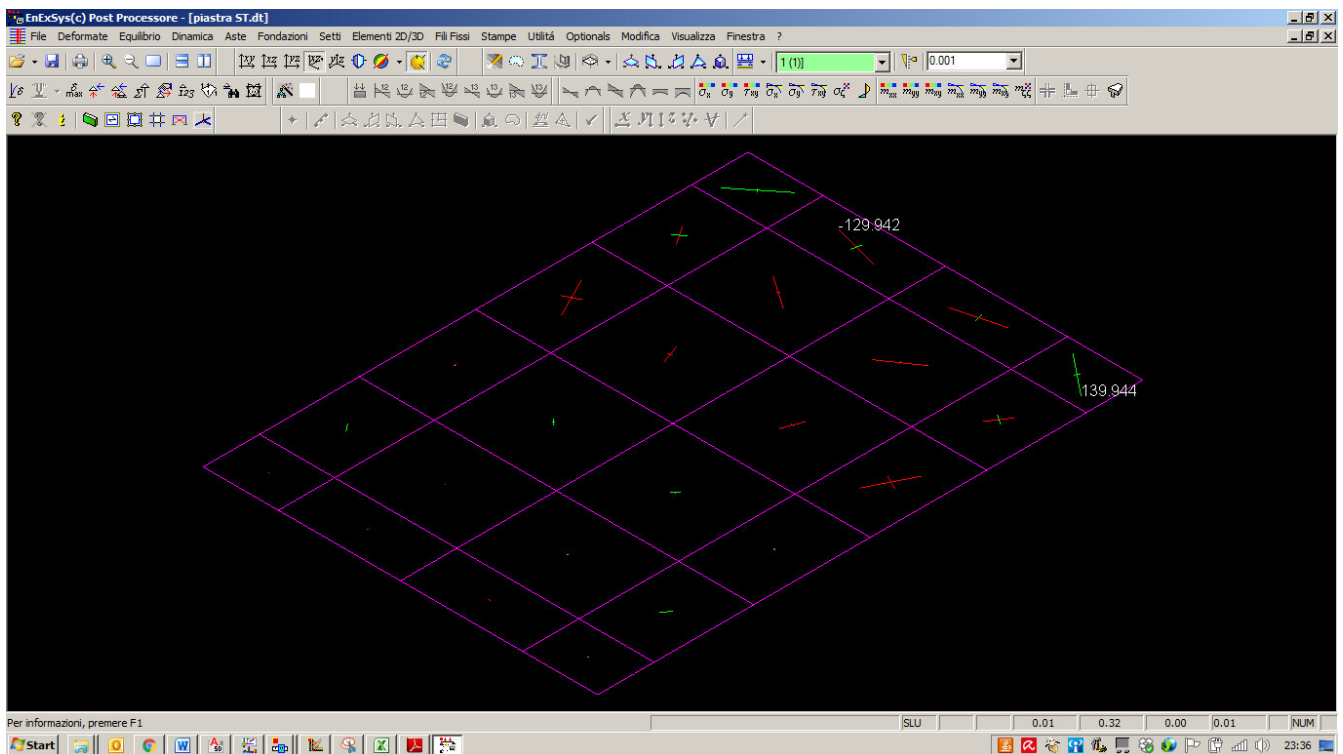
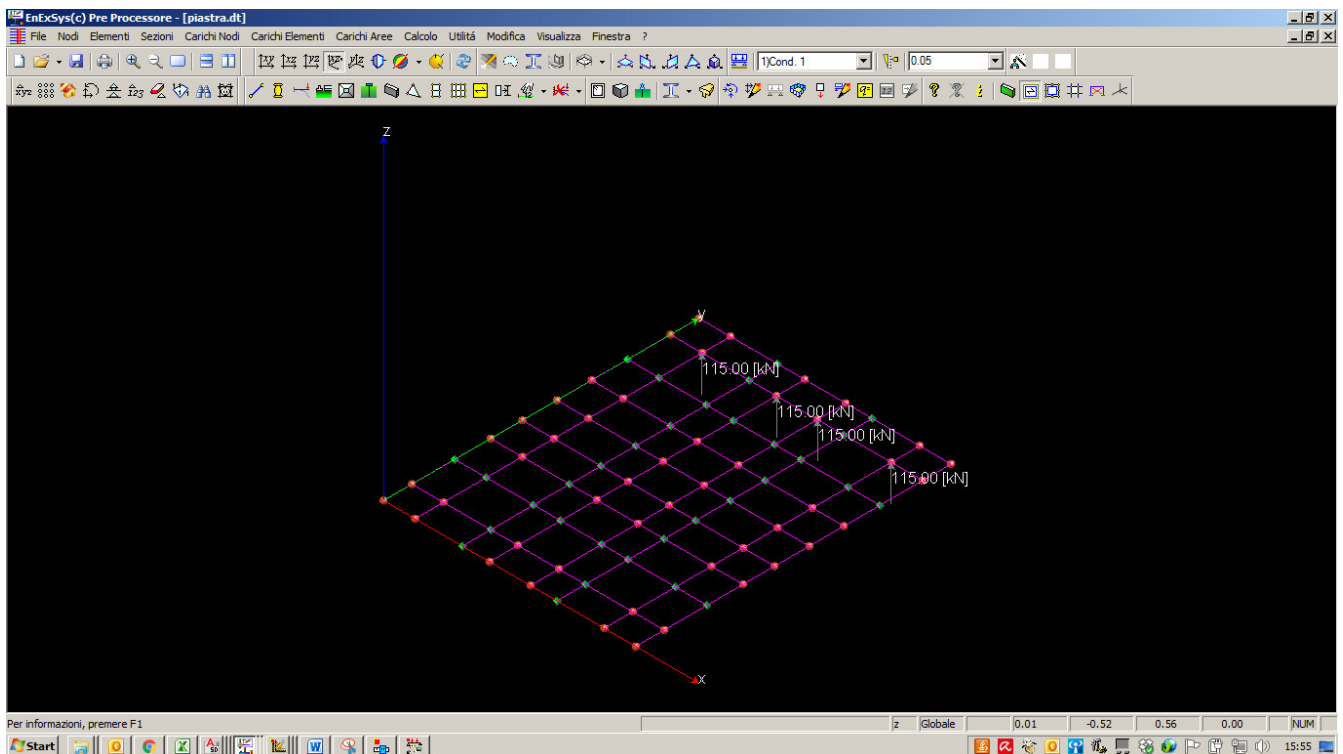
### Verifica piastra di base

Si considera la presenza delle nervature di irrigidimento saldate sulle ali delle colonne e sulla piastra di base.

Si è realizzato un modello agli elementi finiti che schematizza la piastra di base vincolata in corrispondenza del montante e delle nervature di irrigidimento (vincoli  $U_x$ ,  $U_y$  ed  $U_z$ ). Si sono poi applicati i massimi carichi agenti sul tirafondo

$$F_{t,ed,tirafondo} = 57 \text{ kN agente su singolo tirafondo.}$$





Massima tensione agente sulla piastra in corrispondenza della nervatura:

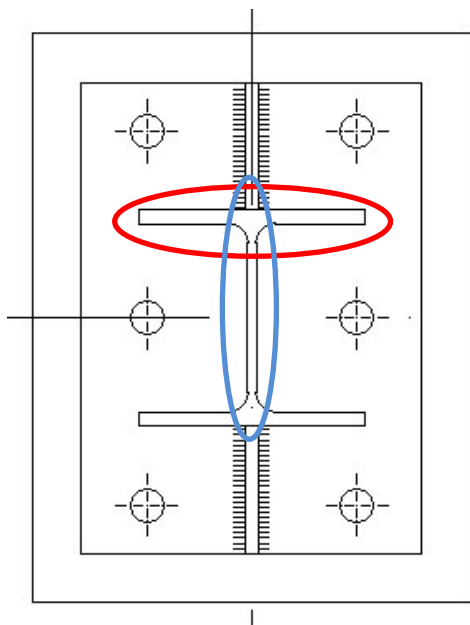
$$\sigma_{ed} = 130 \text{ MPa} < 275/1.05 = 261 \text{ MPa}$$

**VERIFICATO**

Verifica saldature nervature

Si considera:

- forza di trazione pari a  $57 \cdot 2 = 114 \text{ kN}$  agente sulle saldature dell'ala del profilo (cerchio rosso);
- forza di taglio pari a  $6.5 \text{ kN}$  agente sulle saldature delle anime del profilo (cerchio blu).
- altezza cordone di saldatura ala, anima e nervature  $a = 4 \text{ mm}$  (a favore di sicurezza)

**Trazione (considero cordone ala+nervatura)**

$$\sigma_T = \tau = F/L \cdot a \cdot \sqrt{(2/2)} = 114000 / ((50 \cdot 2) \cdot 4 + (70 \cdot 2) \cdot 4) \cdot \sqrt{(2/2)} = 59.3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{(\sigma_T^2 + 3 \cdot \tau^2)} = 119 < 0.7 \cdot 275 / 1.25 = 154 \text{ MPa} \quad \text{VERIFICATO}$$

**Taglio (considero solo cordone d'anima)**

$$\tau = F/L \cdot a = 6500 / ((90 \cdot 2) \cdot 4) = 9.1 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{(\sigma_T^2 + 3 \cdot \tau^2)} = 15.8 < 0.7 \cdot 275 / 1.25 = 154 \text{ MPa} \quad \text{VERIFICATO}$$

**11.2.2 Unione bullonata travi principali / travi secondarie**

Si considera l'unione bullonata costituita da num. 2 bulloni M12 a doppia sezione resistente di taglio (interasse 50mm).

$$F_{\text{agente,SLU}} = 12/2/2 = 3 \text{ kN} \quad \text{forza agente su singola sezione resistente di taglio.}$$

Si verifica la singola sezione resistente considerando gli spessori dei piatti minori.

| VERIFICA (D.M. 2008 punto 4.2.8.1) |                                 |          |                |                              |            |
|------------------------------------|---------------------------------|----------|----------------|------------------------------|------------|
| Classe acciaio                     | EN10025 - S275 / S275 N/NL/M/ML |          | Classe bulloni | 8.8                          |            |
|                                    |                                 |          |                | Sceita $\phi$ dei bulloni 12 |            |
| Spessori collegati                 |                                 |          | Distanze [mm]  |                              |            |
|                                    | $t_1 =$                         | 8 [mm]   | $e_1 =$        | 30                           | $p_1 =$ 48 |
|                                    | $t_2 =$                         | 5 [mm]   | $e_2 =$        | 30                           | $p_2 =$ 48 |
| Unione normale                     |                                 |          |                |                              |            |
| $F_{v,Ed} < F_{v,Rd}$              | 3000.00 <                       | 32371.20 | Verificato     |                              |            |
| $F_{v,Ed} < F_{b,Rd}$              | 3000.00 <                       | 46583.33 | Verificato     |                              |            |

### 11.2.3 Unione bullonata ancoraggio montante parapetto / travi

Si considera l'unione bullonata costituita da num. 2 bulloni M16 a doppia sezione resistente di taglio (interasse 70mm).

$F_{agente,SLU} = 2.7 \text{ kN}/4 + (2.7 \cdot 1.12)/0.07/2 = 22.3 \text{ kN}$  forza agente su singola sezione resistente di taglio.

Si verifica la singola sezione resistente considerando gli spessori dei piatti minori.

| VERIFICA (D.M. 2008 punto 4.2.8.1) |                                 |          |                |                              |            |
|------------------------------------|---------------------------------|----------|----------------|------------------------------|------------|
| Classe acciaio                     | EN10025 - S275 / S275 N/NL/M/ML |          | Classe bulloni | 8.8                          |            |
|                                    |                                 |          |                | Sceita $\phi$ dei bulloni 16 |            |
| Spessori collegati                 |                                 |          | Distanze [mm]  |                              |            |
|                                    | $t_1 =$                         | 8 [mm]   | $e_1 =$        | 25                           | $p_1 =$ 70 |
|                                    | $t_2 =$                         | 3 [mm]   | $e_2 =$        | 25                           | $p_2 =$ 70 |
| Unione normale                     |                                 |          |                |                              |            |
| $F_{v,Ed} < F_{v,Rd}$              | 22300.00 <                      | 60288.00 | Verificato     |                              |            |
| $F_{v,Ed} < F_{b,Rd}$              | 22300.00 <                      | 22843.75 | Verificato     |                              |            |

Si verifica ora il cordone di saldatura presente tra piatto di collegamento sp.15mm e IPE160

Si considera:

- forza di trazione pari a  $2.7 \text{ kN} + (2.7 \cdot 1.12)/0.07 = 46 \text{ kN}$  agente sulle saldature dell'ala del profilo (cerchio rosso);
- altezza del cordone di saldatura  $a = 15 \text{ mm}$
- lunghezza del cordone di saldatura  $70 \text{ mm}$  (considero il piatto di irrigidimento orizzontale saldato sull'ala dell'IPE160)

### Taglio

$$\tau = F/L \cdot a^* = 46000 / ((70) \cdot 15) = 44 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{(\sigma_{\tau}^2 + 3 \cdot \tau^2)} = 84 < 0.7 \cdot 275 / 1.25 = 154 \text{ MPa} \quad \text{VERIFICATO}$$

### 11.2.4 Verifica controventi

Si considerano la massima forza di trazione agente nel controvento pari a  $55 \text{ kN}$ .

Il controvento è realizzato da un tondo in acciaio avente diametro  $\phi 20$

$$N_{rd} = 561 \cdot 245 / 1.05 = 130 \text{ kN} > N_{ed} \quad \text{VERIFICATO}$$

Si verifica la saldatura tra tondo e piatti di ancoraggio:

Sono presenti 4 cordoni di saldatura lunghezza 100mm

- altezza cordone di saldatura scatolare  $a = 5 \text{ mm}$  (a favore di sicurezza)

### Taglio

$$\tau = F/L \cdot a^* = 55000 / ((100 \cdot 4 \cdot 5)) = 27.5 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{(\sigma_{\tau}^2 + 3 \cdot \tau^2)} = 48 < 0.7 \cdot 275 / 1.25 = 154 \text{ MPa} \quad \text{VERIFICATO}$$

### 11.3 Verifica ancoraggi linea vita copertura pista 1

Si riportano nel seguito le verifiche degli ancoraggi della nuova linea vita (nel seguito denominata anche LV) che andrà a installarsi su estradosso della copertura principale del palazzetto.

Gli ancoraggi della nuova linea vita saranno realizzati in corrispondenza delle travi principali di copertura in legno lamellare (sezioni rettangolari aventi dimensioni 220x1230 mm e 180x1470mm)

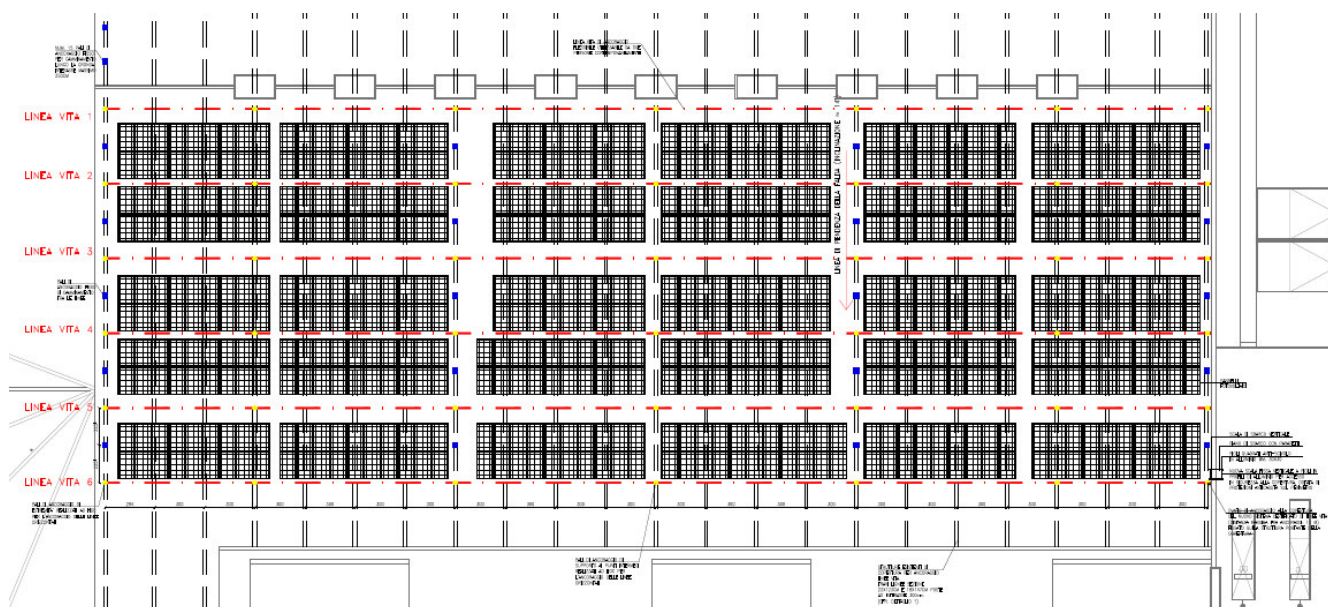


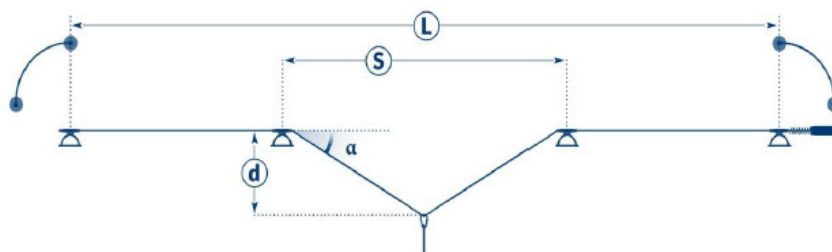
Figura 49. Copertura pista. Individuazione linea vita (linea rossa) e struttura portante esistente (linee tratteggiate).

Si riportano di seguito le sollecitazioni tipo agenti alla base del palo di ancoraggio considerando un'altezza dello stesso pari a 50cm e luce massima 12 m (2 campate).

- Massima sollecitazione in asse cavo (tratto corto della LV)

| PARAMETRI |                                | VALORI  |      |
|-----------|--------------------------------|---------|------|
| Tipo      | LineaLibera                    |         |      |
| L         | Lunghezza della linea          | 24.00   | m    |
| S         | Distanza intermedi             | 12.00   | m    |
|           | Numero intermedi               | 1       |      |
|           | Numero utilizzatori            | 2       | pers |
|           | Tipo assorbitore               | AP10    |      |
| d         | Freccia                        | 176     | cm   |
| $\alpha$  | Angolo di deflessione del cavo | 16.37 ° |      |

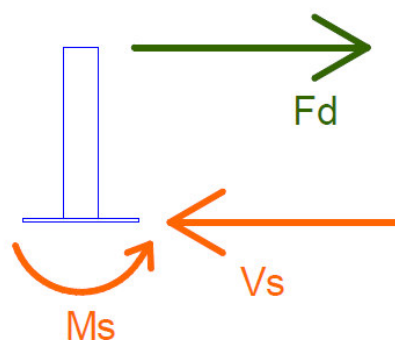
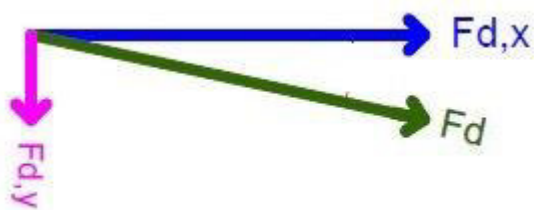
| Reazione agli ancoraggi             | Terminali [N] | Intermedi [N] |
|-------------------------------------|---------------|---------------|
| In asse al cavo deformato           | 9821          |               |
| Perpendicolare al cavo indeformato* | 7000          | 7000          |



Si considera la massima forza agente in asse cavo pari a ca. 10 kN.

(in caso di variazioni della forza agente di progetto occorrerà riverificare gli ancoraggi e le strutture esistenti).

- $F_d = 10 \cdot 2 = 20 \text{ kN}$
- $F_{d,x} = 20 \cdot \cos(16.37^\circ) = 19.2 \text{ kN}$
- $F_{d,y} = 20 \cdot \sin(16.37^\circ) = 5.7 \text{ kN}$
- $M_{d,y} = 19.2 \cdot 0.50 = 10 \text{ kNm}$
- $M_{d,x} = 5.7 \cdot 0.50 = 2.9 \text{ kNm}$





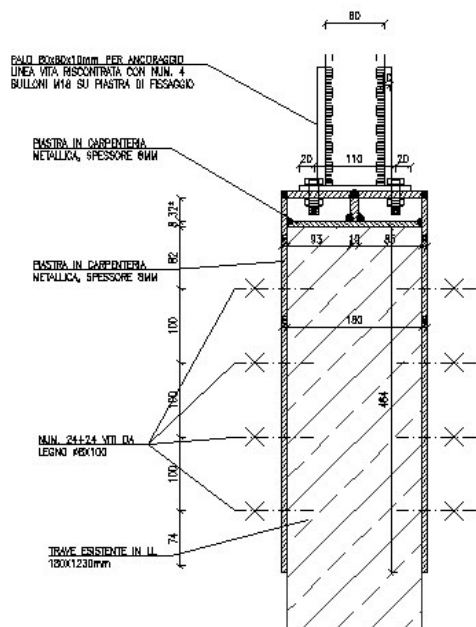
Si considera l'ancoraggio sulle travi principale di copertura che collegano le travi reticolari principali.

La trave presenta sezione rettangolare di dimensioni pari a 180x1470mm (o 220x1230mm). L'ancoraggio è costituito da una doppia piastra sp. 8mm bullonata alle pareti laterali dell'arcareccio (num. 24+24 viti da legno).

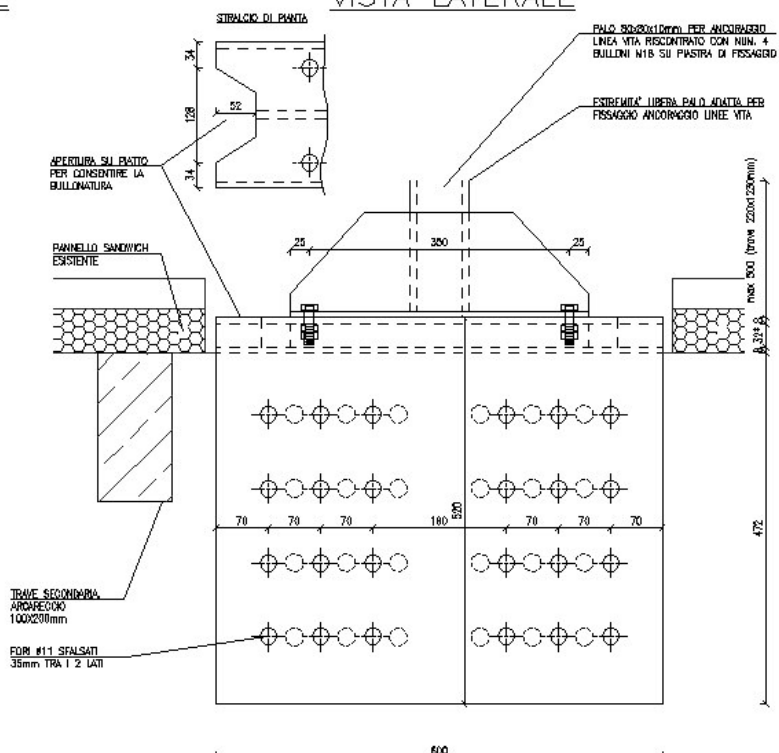
### ANCORAGGIO LINEA VITA SU TRAVE IN LEGNO 180X1470mm

SCALA 1:5. QUOTE IN MM

#### SEZIONE TRASVERSALE



#### VISTA LATERALE



Si considera la forza di taglio agente sulla singola vite pari a:

- Contributo  $M_{d,y} = (19.2 \cdot 5) / .32 / 24 = 1.30 \text{ kN}$
- Contributo  $F_{d,x} = 19.2 / 48 = 0.4 \text{ kN}$
- Contributo momento  $F_{d,x} \cdot .23 = 19.2 \cdot .23 / .32 / 24 = 0.60 \text{ kN}$
- Contributo  $M_{d,y} = (5.7 \cdot 5) / .20 / 24 = 0.60 \text{ kN}$
- Forza agente su singola vite  $F_{d,i} = 2.9 \text{ kN}$

Si considera ora la forza resistente della singola vite  $\varnothing 8 \times 100 \text{ mm}$  (viti inserite con preforo). Non si considera a favore di sicurezza la presenza della contropiastra ad intradosso trave.



|                                    |             |    |  |
|------------------------------------|-------------|----|--|
|                                    | <b>Ø8,0</b> |    | tipologia connettore scelto                          |
| $\varnothing_{\text{ nominale}} =$ | 8.00        | mm | diametro esterno del filetto                         |
| $\varnothing_{\text{ nocciolo}} =$ | 5.40        | mm | diametro del nocciolo (diametro interno del filetto) |
| $\varnothing_{\text{ gambo}} =$    | 5.80        | mm | diametro del gambo                                   |
| $\varnothing_{\text{ testa}} =$    | 14.50       | mm | diametro della testa                                 |
| $\varnothing_{\text{ calcolo}} =$  | 5.94        | mm | diametro di calcolo ( $\varnothing_{\text{ef}}$ )    |
| $L =$                              | 100.0       | mm | lunghezza del connettore                             |
| $L_{\text{g}} =$                   | 60.0        | mm | lunghezza del filetto                                |

**Parametri meccanici dei connettori**

(secondo EN 14592)

|             |       |                   |   |
|-------------|-------|-------------------|---|
| $M_{y,k}$   | 26500 | Nmm               | momento caratteristico di snervamento                                   |
| $R_{t,u,k}$ | 24.50 | kN                | resistenza caratteristica a trazione del filo di acciaio                |
| $f_{ax,k}$  | 15.80 | kN                | parametro caratteristico di resistenza ad estrazione del filetto        |
| $\rho_a =$  | 410   | kg/m <sup>3</sup> | densità caratteristica associata al parametro di estrazione del filetto |

Considerando le sue caratteristiche geometriche, il connettore in fase di calcolo è assimilabile a bullone

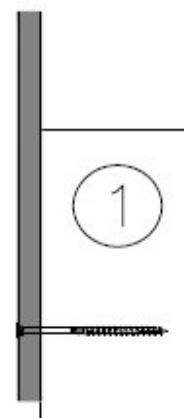
**Legno 1: elemento laterale**

|               |                         |                   |  |
|---------------|-------------------------|-------------------|--|
| $t_1 =$       | 92.00                   | mm                | profondità di penetrazione nell'elemento 1 |
| Tipo di legno | LEGNO LAMELLARE GL 24 h |                   |  |
| $\rho_k =$    | 380.00                  | kg/m <sup>3</sup> | densità caratteristica del legno           |

**Piastra in acciaio**

|       |      |    |                                   |
|-------|------|----|-----------------------------------|
| $t =$ | 8.00 | mm | spessore della piastra in acciaio |
|-------|------|----|-----------------------------------|

Nota: in fase di calcolo non si considera la resistenza a rifollamento e/o della sezione efficace della piastra.

**Resistenza a rifollamento**

|                      |       |     |  |
|----------------------|-------|-----|--|
| $f_{h,0,k} =$        | 29.31 | Mpa | resistenza caratteristica a rifollamento nell'elemento 1 ( $\alpha = 0^\circ$ )                        |
| $\alpha_1 =$         | 90.00 | °   | angolo tra sforzo e fibre nell'elemento laterale 1   |
| $k_{90} =$           | 1.44  |     |  |
| $f_{h,\alpha_1,k} =$ | 20.37 | Mpa | resistenza caratteristica a rifollamento nell'elemento 1 ( $\alpha \neq 0^\circ$ ) - Viti come Bulloni |

$R_{ax,Rk} = 7.14 \text{ kN}$  resistenza caratteristica a trazione della vite  
 $R_{ax,Rk} = \min \{ R_{t,u,k}; R_{ax,o,k}; R_{ax,k,k} \}$

Resistenza a trazione dell'acciaio

$R_{t,u,k} = 24.50 \text{ KN}$  resistenza caratteristica a trazione della vite (filo di acciaio)

Resistenza ad estrazione del filetto nell'elemento 2

$R_{ax,o,k} = 7.14 \text{ KN}$  resistenza caratteristica ad estrazione del filetto  
 $R_{ax,o,k} = n_{ef} * d * l_{ef} * f_{ax,k} / (1,2 \cos(\alpha_{ax})^2 + \sin(\alpha_{ax})^2) * (\rho_k / \rho_a)^{0,8}$   
 $d = 8.00 \text{ mm}$  diametro esterno del filetto  
 $f_{ax,k} = 15.80 \text{ Mpa}$  parametro caratteristico di resistenza ad estrazione del filetto  
 $\rho_a = 410.00 \text{ kg/m}^3$  densità caratteristica associata al parametro di estrazione del filetto  
 $n_{ef} = 1.00$  numero efficace di viti (si considera  $n_{ef} = 1$ )  
 $l_{ef} = L_g = 60.00 \text{ mm}$  lunghezza di penetrazione della parte filettata nell'elemento 1  
 $\alpha_{ax} = 90.00^\circ$  angolo tra la vite e la fibra (si ipotizza essere  $90^\circ$ )  
 $\rho_k = 380.00 \text{ kg/m}^3$  densità caratteristica del legno

Resistenza a penetrazione della testa nella piastra in acciaio

$R_{ax,k,k} \rightarrow$  Nelle connessioni legno-acciaio solitamente è vincolante la resistenza a trazione dell'acciaio rispetto al distacco della testa; per tale motivo tale contributo non viene conteggiato in quanto si ipotizza sia maggiore della resistenza  $R_{t,u,k}$ .

### Resistenza a taglio della vite

La capacità portante di progetto per ciascun mezzo di unione ad un piano di taglio è funzione dello spessore delle piastre.

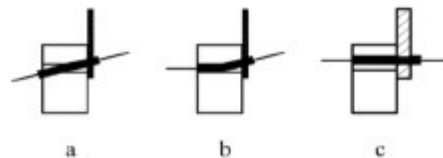
La normativa distingue fra piastre sottili e piastre spesse. Per valori intermedi si interpola linearmente.

Per una piastra di acciaio sottile, a taglio singolo:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ 0,4 f_{h,k} t_1 d \right. \\ \left. 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right.$$

(a)

(b)



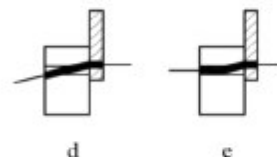
Per una piastra di acciaio spessa, a taglio singolo:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ f_{h,k} t_1 d \left[ \sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2} - 1} \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right. \\ \left. 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right. \\ \left. f_{h,k} t_1 d \right.$$

(e)

(d)

(c)



Se si ha piastra sottile ( $t \leq 0,5d$ )

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 4.45 \\ 2.91 + 1.78 \end{array} \right. = \begin{array}{l} 4.45 \text{ kN} \\ 4.70 \text{ kN} \end{array} \quad \begin{array}{l} (a) \\ (b) \end{array}$$

Se si ha piastra spessa ( $t \geq d$ )

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 5.01 + 1.78 = 6.80 \text{ kN} \\ 4.12 + 1.78 = 5.90 \text{ kN} \\ 11.13 \text{ kN} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (e) \\ (d) \\ (c) \end{array}$$

In questo caso si ha  $t \geq d$  (piastra spessa)

|                            |   |   |
|----------------------------|---|---|
|                            | <b><math>F_{v,Rk, \text{connettore}} = 5.90 \text{ kN}</math></b> | resistenza caratteristica a taglio del connettore |
| $k_{mod} =$                | 1.00  |   |
| $\gamma_{M,connessione} =$ | 1.50  |   |
|                            | <b><math>F_{v,Rd, \text{connettore}} = 3.93 \text{ kN}</math></b> | resistenza di progetto a taglio del connettore    |

$$F_{v,Rd, \text{connettore}} > F_{d,i} = 2.9 \text{ kN}$$

**VERIFICATO**

### 11.4 Fotovoltaico\_Verifica Ancoraggio Elementi secondari ai sensi del par. 7.2.3 e 7.2.4 delle NTC '08

Si verifica nel seguito l'ancoraggio della struttura di sostegno dell'impianto Fotovoltaico alle strutture portanti (arcarecci costituiti da profili scatolari 100x100x5mm 200x100x5mm disposti ad interasse massimo pari a 750mm).

I pannelli fotovoltaici hanno dimensioni ca. 1000x1658mm e sono installati parallelamente al piano di falda della pensilina.



Il peso del pannello più la sottostruttura è pari a ca.  $0.15 \text{ kN/m}^2$  (cfr. Relazione di calcolo).

Ciascun pannello risulta esser vincolato orizzontalmente su 4 punti alla struttura sottostante per mezzo di num. 2 bulloni M10 classe 8.8 riscontrati su piatti saldati agli arcarecci di cui sopra (a favore di sicurezza si considera acciaio classe S235).

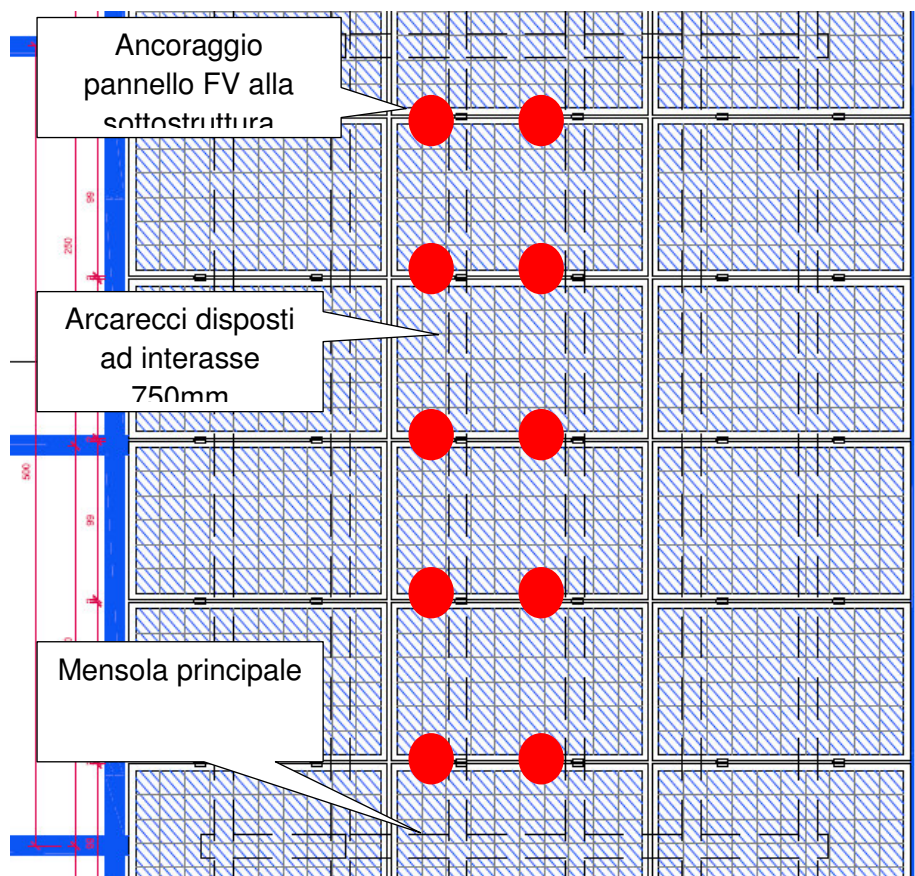
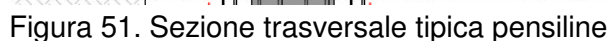


Figura 50. Vista dall'alto della pensilina.



Si considera ora la combinazione sismica secondo il par. 2.5.3 delle NTC '08

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{21}^* Q_{k1}$$

G1 = peso proprio = 0

G2 = pesi permanenti (impianto fotovoltaico = 15 kg/m<sup>2</sup>)

$$\Psi_{21} = 0 \text{ (azioni variabili vento e neve < 1000m s.l.m.)}$$

$Q_{k1}$  = vento, neve

$E$  = azione sismica

Si avrà pertanto:

$$E = F_a = S_a \cdot W_a / q_a = 1.62 \cdot 0.17 / 2 \approx 0.15 \text{ kN}$$

$W_a = G_1 = 0.17 \text{ kN}$       è il peso dell'elemento (su superficie pari a  $1.11 \text{ m}^2$ )  
 $q_a = 2$       (tab. 7.2.I delle NTC '08)

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[ \frac{3 \cdot (1 + Z/H)}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} - 0,5 \right] = 1.62$$

Dove:

$$\alpha = 0.163 \cdot g / g = 0.163$$

(rapporto tra max. accelerazione massima del terreno  $a_g$  su sottosuolo di tipo A considerato allo SLV, a favore di sicurezza, e l'accelerazione di gravità  $g$ )

$$S = 1.8$$

(coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo, D, e delle condizioni topografiche, T1)

$$T_a = 0.34 \text{ s}$$

(periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale, non noto, si considera a favore di sicurezza pari a  $T_a$ )

$$T_1 = 0.34 \text{ s}$$

(periodo fondamentale della costruzione, in questo caso il soppalco in acciaio)

$$Z = 3.86 \text{ m}$$

(quota baricentro elemento non strutturale a partire dal piano di fondazione)

$$H = 3.86 \text{ m}$$

(altezza della costruzione a partire dal piano di fondazione)

Si verifica ora l'unione bullonata costituita da num. 2 bulloni M10 classe 8.8 riscontrati su piatto 30x30x4mm (acciaio S235) saldato sugli arcarecci:

$$\text{- sforzo di taglio agente } V_{ed} \text{ pari a } \sqrt{(F_a^2 + 0.3 F_a^2)} = \mathbf{0.18 \text{ kN}}$$

#### Verifica a taglio – unione bullonata

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot 0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_s / \gamma_{M2} = 2 \cdot (0.6 \cdot 800 \cdot 58 / 1.25) = 44 \text{ kN}$$

$$B_{s,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t / \gamma_{M2} = 2.5 \cdot 0.5 \cdot 360 \cdot 10 \cdot 4 / 1.25 = 14 \text{ kN}$$

$$\min(F_{v,Rd}; B_{s,Rd}) = \mathbf{14 \text{ kN}} > V_{Ed} = \mathbf{0.18 \text{ kN VERIFICATO}}$$

#### Verifica saldatura – piatto - arcareccio

altezza di gola 3 mm

lunghezza cordone di saldatura 30mm (a favore di sicurezza si considera un solo piatto resistente)

$$\tau = F/L \cdot a = 180 / (30 \cdot 3) = 2 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{(\sigma_\tau^2 + 3 \cdot \tau^2)} = 3.5 < 0.7 \cdot 235 / 1.25 = 131 \text{ MPa} \quad \mathbf{VERIFICATO}$$

### 11.5 Solare termico\_Verifica Ancoraggio Elementi secondari ai sensi del par. 7.2.3 e 7.2.4 delle NTC '08

#### Nuovo impianto Solare Termico



Si verifica nel seguito l'ancoraggio della struttura di sostegno dell'impianto Solare Termico alle strutture portanti (travi IPE 240-160 in carpenteria metallica).

I pannelli solari termici hanno dimensioni ca. 2079x1240mm e sono installati con un'inclinazione pari a 40° rispetto al piano orizzontale.

Il peso del pannello più la sottostruttura è pari a ca. 0.35 kN/m<sup>2</sup> (cfr. Relazione di calcolo).

L'ingombro in pianta di ciascun filare di pannelli è pari a  $L \times 2079 \cdot \cos 40^\circ = L \times 1600\text{mm}$  (dove 2079mm è un lato del pannello).

I filari sono orientati a 45° rispetto all'orditura della struttura portante in carpenteria metallica e poggiano su profili in carpenteria metallica collegati puntualmente alla struttura esistente per mezzo di profili a U 30x60 imbullonati alle travi principali (IPE 240) e secondarie (IPE 160) con num. 1 bullone M12.

L'area di competenza di ciascun ancoraggio è pari a  $(1800 \cdot \cos 45^\circ) \cdot 1600 = 2.04 \text{ m}^2$  (dove 1800mm è l'interasse massimo tra le travi portanti).

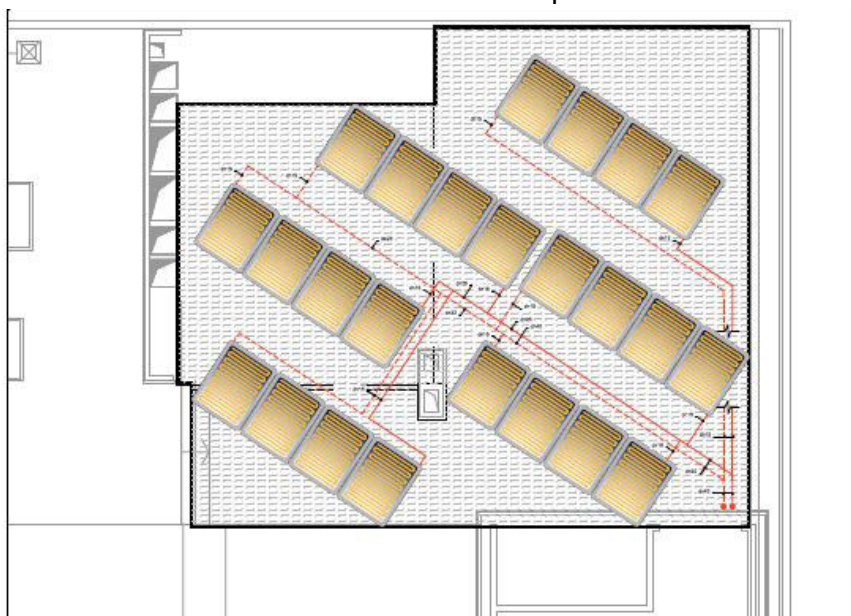


Figura 52. Pianta impianto solare termico

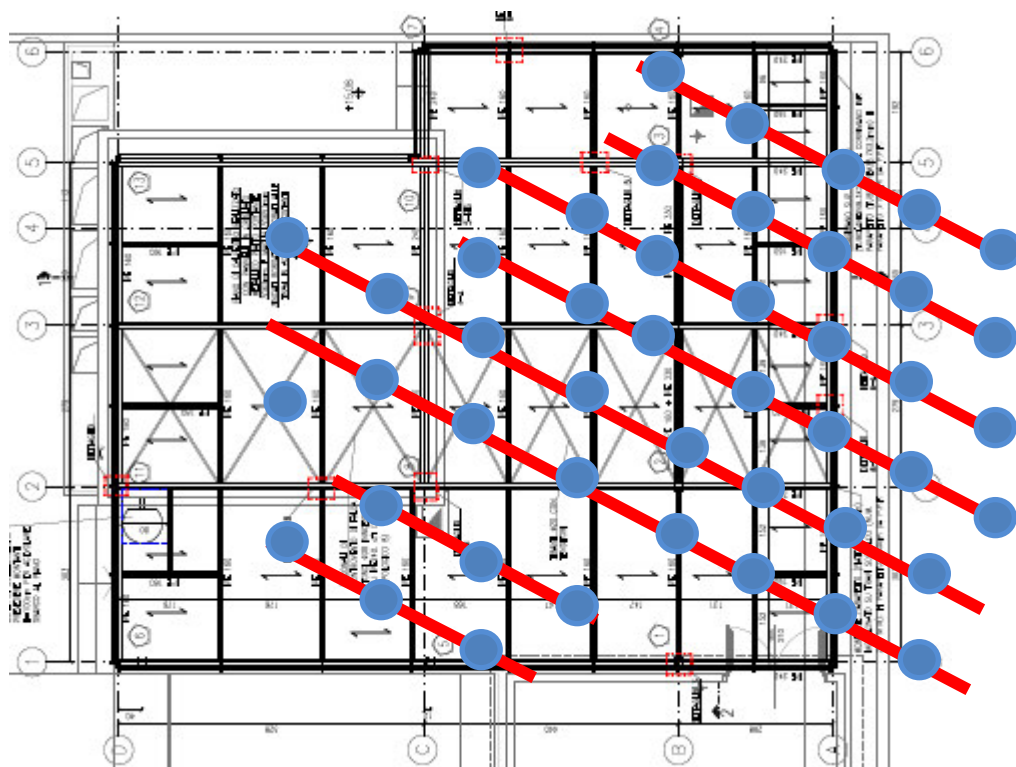


Figura 53. Pianta struttura (q.ta +18.53m) con indicazione dei binari guida dell'impianto fotovoltaico (linee rosse) e indicazione di massima dei punti di ancoraggio alla struttura portante (punti blu)  
Si considera ora la combinazione sismica secondo il par. 2.5.3 delle NTC '08

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{21} * Q_{k1}$$

Dove:

$G_1$  = peso proprio = 0

$G_2$  = pesi permanenti (impianto solare termico = 35 kg/m<sup>2</sup>)

$\Psi_{21}$  = 0 (azioni variabili vento e neve < 1000m s.l.m.)

$Q_{k1}$  = vento, neve

$E$  = azione sismica

Gli effetti dell'azione sismica  $E$  agente sull'elemento non strutturale sono determinati applicando una forza orizzontale  $F_a$  applicata nel baricentro delle masse agente in direzione  $X$  ed in direzione  $Y$ .

Si avrà pertanto:

$$E = F_a = S_a * W_a / q_a = 1.65 * 0.72 / 2 = 0.60 \text{ kN}$$

Dove:

$W_a = G_1$  = 0.72 kN è il peso dell'elemento (su superficie pari a 2.04 m<sup>2</sup>)

$q_a$  = 2 (tab. 7.2.I delle NTC '08)

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[ \frac{3 \cdot (1 + Z/H)}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} - 0,5 \right] = 1.65$$

Dove:

$$\alpha = 0.163 \cdot g / g = 0.163$$

(rapporto tra max. accelerazione massima del terreno  $a_g$  su sottosuolo di tipo A considerato allo SLV, a favore di sicurezza, e l'accelerazione di gravità  $g$ )

$$S = 1.792$$

(coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo, D, e delle condizioni topografiche, T1)

$$T_a = 0.51 \text{ s}$$

(periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale, non noto, si considera a favore di sicurezza pari a  $T_a$ )

$$T_1 = 0.51 \text{ s}$$

(periodo fondamentale della costruzione, in questo caso il soppalco in acciaio)

$$Z = 22.95 \text{ m}$$

(quota baricentro elemento non strutturale a partire dal piano di fondazione)

$$H = 21.95 \text{ m}$$

(altezza della costruzione a partire dal piano di fondazione)

Si verifica ora l'unione bullonata costituita da num. 1 bullone M12 classe 8.8 (acciaio dei profili S235) e soggetta alle seguenti sollecitazioni:

$$\text{- sforzo di taglio } V_{ed} \text{ pari a } \sqrt{(F_a^2 + 0.3 F_a^2)} = 0.63 \approx \mathbf{0.63 \text{ kN}}$$

$$\text{- sforzo di trazione } N_{ed} \text{ pari a } 0.76 \cdot 1 / 1.60 \approx \mathbf{0.40 \text{ kN}}$$

(dove 1.60 m interasse guide d'appoggio Solare termico e 1 m altezza baricentro di massa rispetto al punto di ancoraggio del solare termico al soppalco)

Verifica a taglio

$$F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_s / \gamma_{M2} = (0.6 \cdot 800 \cdot 84 / 1.25) = 32 \text{ kN}$$

$$B_{s,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t / \gamma_{M2} = 1.8 \cdot 0.41 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 6 / 1.25 = 15 \text{ kN}$$

$$\min(F_{v,Rd}; B_{s,Rd}) = \mathbf{15 \text{ kN}} > V_{Ed} = \mathbf{0.63 \text{ kN}} \quad \mathbf{VERIFICATO}$$

Verifica a trazione

$$F_{t,Rd} = (0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_s / \gamma_{M2}) = (0.9 \cdot 800 \cdot 84 / 1.25) = 48 \text{ kN}$$

$$B_{p,Rd} = 0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} = 0.6 \cdot \pi \cdot 12 \cdot 6 \cdot 360 / 1.25 = 39 \text{ kN}$$

$$\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd}) = \mathbf{39 \text{ kN}} > F_{t,Ed} = \mathbf{0.40 \text{ kN}} \quad \mathbf{VERIFICATO}$$

Verifica combinata taglio – trazione

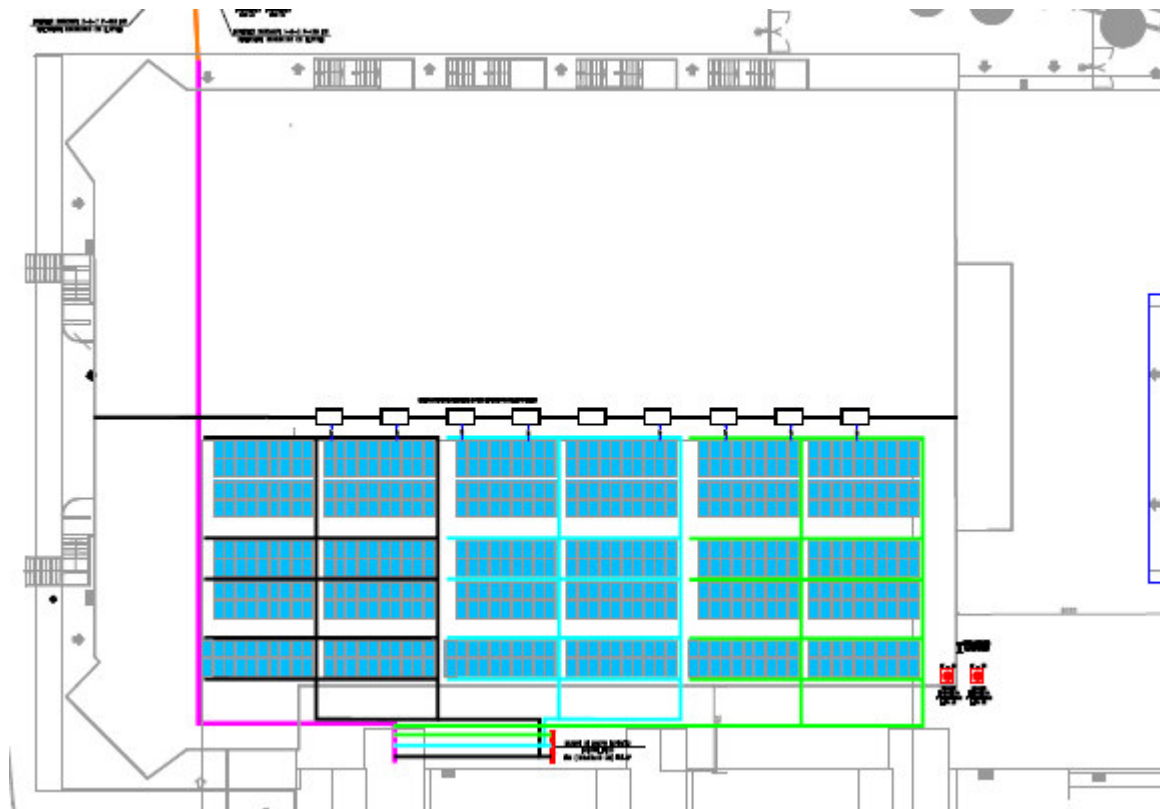
$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1.4 F_{t,Rd} = 0.63/15 + 0.4/1.4 \cdot 39 = 0.05 < 1 \quad \mathbf{VERIFICATO}$$

Nuovo impianto Fovoltai

Si prevede l'installazione di un nuovo impianto fotovoltaico nella copertura principale del palaghiaccio esistente e realizzata in pannelli di lamiera grecata sandwich ancorati alla struttura principale in legno.

L'impianto Fotovoltaico verrà installato con un'inclinazione rispetto al piano di falda =  $0^\circ$

Il peso del pannello più la sottostruttura è pari a ca.  $0.15 \text{ kN/m}^2$  (cfr. Relazione di calcolo).



Si ipotizza il montaggio dei pannelli fotovoltaici (aventi dimensioni  $1000 \times 1658 \text{ mm}$ ) su guide poste a interasse pari a  $1000 \text{ mm}$  ed ancorate passo  $800 \text{ mm}$  alla lamiera grecata per mezzo di num.1 rivetto tipo GTRERIV ETA - Rivetto Alu/Alu TT + G. ss1,5-6,4  $4,0 \times 20,3$ .

Ciascun rivetto ha un'area di competenza pari a  $1 \times 0.8 = 0.8 \text{ m}^2$

Si considera ora la combinazione sismica secondo il par. 2.5.3 delle NTC '08

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{21} * Q_{k1}$$

Dove:

$G_1$  = peso proprio = 0

$G_2$  = pesi permanenti (impianto fotovoltaico =  $15 \text{ kg/m}^2$ )

$\Psi_{21}$  = 0 (azioni variabili vento e neve  $< 1000 \text{ m s.l.m.}$ )

$Q_{k1}$  = vento, neve

E = azione sismica

Gli effetti dell'azione sismica E agente sull'elemento non strutturale sono determinati applicando una forza orizzontale  $F_a$  applicata nel baricentro delle masse agente in direzione X ed in direzione Y.

Si avrà pertanto:

$$E = F_a = S_a \cdot W_a / q_a = 1.61 \cdot 0.12 / 2 = 0.10 \text{ kN}$$

Dove:

$W_a = G_1 = 0.12 \text{ kN}$  è il peso dell'elemento (su superficie pari a  $0.8 \text{ m}^2$ )  
 $q_a = 2$  (tab. 7.2.I delle NTC '08)

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[ \frac{3 \cdot (1 + Z/H)}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} - 0,5 \right] = 1.61$$

Dove:

$$\alpha = 0.163 \cdot g / g = 0.163$$

(rapporto tra max. accelerazione massima del terreno  $a_g$  su sottosuolo di tipo A considerato allo SLV, a favore di sicurezza, e l'accelerazione di gravità  $g$ )

$$S = 1.792$$

(coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo, D, e delle condizioni topografiche, T1)

$$T_a = 0.49 \text{ s}$$

(periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale, non noto, si considera a favore di sicurezza pari a  $T_a$ )

$$T_1 = 0.49 \text{ s}$$

(periodo fondamentale della costruzione, in questo caso il soppalco in acciaio)

$$Z = 21 \text{ m}$$

(quota baricentro elemento non strutturale a partire dal piano di fondazione)

$$H = 21 \text{ m}$$

(altezza della costruzione a partire dal piano di fondazione)

Si verifica ora l'unione bullonata costituita da num.1 rivetto tipo GTRERIV ETA - Rivetto Alu/Alu TT + G. ss1,5-6,4 4,0x20,3 aventi le seguenti caratteristiche estratte direttamente dalla scheda tecnica del produttore.

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| diametro del foro (mm)        | 4,1 - 4,2 |
| d - diametro rivetto          | 4,0       |
| T - larghezza testa (mm)      | 9,0       |
| L - lunghezza rivetto (mm)    | 20,3      |
| L1 (mm)                       | 23,5      |
| k - spessore testa (mm)       | 1,7       |
| carico rottura al taglio (N)  | 2000      |
| carico rottura a trazione (N) | 1050      |
| spessore serrabile (mm)       | 0,5 ÷ 6,4 |

- sforzo di taglio  $V_{ed}$  pari a  $\sqrt{(F_a^2 + 0.3 F_a^2)} = 0.114 \approx \mathbf{0.12 \text{ kN}}$

$2000/120 = 16.7 \gg 1$  **VERIFICATO**

In sede di progettazione costruttiva, l'ancoraggio potrà subire modifiche in funzione del tipo di prodotto scelto dall'impresa.



## 12. INTERVENTI SU STRUTTURE ESISTENTI

### 12.1 Solare Termico su copertura est del palazzetto

Si prevede l'installazione di un soppalco in carpenteria metallica nella porzione est della copertura del palazzetto a q.ta +15.53m che ospiterà il nuovo impianto solare-termico. Il nuovo soppalco occuperà una superficie in pianta di circa 123 m<sup>2</sup>.

Il solaio di copertura esistente è realizzato lastre predalles sp. 29cm e travi in c.a e poggianti su pilastri e setti in c.a..

L'analisi dei carichi desunta dalla relazione di calcolo del progetto esecutivo è la seguente:

|  |                       |
|--|-----------------------|
| – Orizzontamenti e coperture in lastre tipo pré-dalles                       | 425 kg/m <sup>2</sup> |
| – Sovraccarichi permanenti Coperture in lastre tipo pré-dalles (pavimentaz.) | 220 kg/m <sup>2</sup> |
| – Sovraccarichi permanenti Coperture in lastre tipo pré-dalles (impianti)    | 400 kg/m <sup>2</sup> |
| – Sovraccarichi variabili Coperture in lastre tipo pré-dalles (neve)         | 170 kg/m <sup>2</sup> |

Il nuovo impianto solare-termico ha un peso di ca. 35 kg/m<sup>2</sup> (cfr. capitolo 5 *Analisi dei carichi*) , la sottostruttura in carpenteria metallica (profili e grigliato metallico) ha un peso stimato in circa 81 kg/m<sup>2</sup> com'è possibile desumere dal Computo Metrico Estimativo allegato all'appalto.

L'incremento di carichi totale risulta esser pari a ca. **116 kg/m<sup>2</sup>** assimilabili alla categoria *Sovraccarichi permanenti Coperture in lastre tipo predalles* di cui sopra.

Nell'impronta della nuova struttura non sono attualmente presenti carichi permanenti dovuti a impianti ed in futuro non verranno installate altre apparecchiature oltre a quelli già presenti.

**L'incremento dei carichi in copertura risulta quindi contenuto all'interno dei sovraccarichi permanenti di progetto pari a 400 kg/m<sup>2</sup>.**

Inoltre, le nuove strutture andranno a gravare direttamente sulle strutture portanti verticali esistenti attraverso nuovi baggioli in c.a. con armature inghisate su strutture in c.a. esistenti (pilastri e setti in c.a.).

### 12.2 Fotovoltaico su copertura esistente

Oltre le strutture descritte e verificate nella seguente relazione, si intende realizzare un nuovo impianto fotovoltaico sulla copertura esistente del palazzetto (struttura in legno).

Il nuovo impianto fotovoltaico ha un peso di ca. **15 kg/m<sup>2</sup>** comprensivo di pannelli, sottostruttura, cavi e canaline (considerato installato capillarmente su tutta la copertura. Nella realtà i pannelli FV occupano una superficie pari a ca. 960 m<sup>2</sup> sulla superficie totale della falda pari a ca. 1860 m<sup>2</sup>, che ridurrebbe il peso unitario a ca. 8 kg/m<sup>2</sup>).

La copertura in legno è stata progettata per portare i seguenti carichi:

- Peso proprio strutture lignee
- Manto di copertura  $30 \text{ kg/m}^2$
- Impianti  $35 \text{ kg/m}^2$
- Neve  $170 \text{ kg/m}^2$
- Vento  $-25.5 \text{ kg/m}^2 (z=8\text{m})$   
 $-34.4 \text{ kg/m}^2 (z=18\text{m})$

Direttamente desumibili dal documento intitolato *Intervento di adeguamento della struttura in legno Della Copertura del palazzo polifunzionale del ghiaccio di Pinerolo (TO)* a firma dell'ing. Spatti redatta nel Gennaio 2004 e depositata presso gli Uffici ARPA Settore Progettazione Interventi Geol.-Tecn. e Sismico in data 16.06.2004 con prot. Num. 78063.

Se si considera il carico neve di progetto (cfr. par.5.2), calcolato secondo le attuali normative vigenti (DM 14.01.2008 *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*) diverse da quelle utilizzate in fase di progetto (DM 16.01.1996 *Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi*), si può osservare una riduzione del carico neve previsto di circa  **$30 \text{ kg/m}^2$**  secondo quanto riportato nei calcoli seguenti.

#### Calcolo secondo DM '96

- Zona 1, Comune di Pinerolo, quota altimetrica 376 m s.l.m.
- Carico Neve al suolo  $q_{sk} = 213 \text{ kg/m}^2$
- Coefficiente di forma  $\mu = 0.80 (\alpha = 14^\circ)$
- Carico neve in copertura  $q_s = \mu \times q_{sk} = 0.8 \times 213 = 170 \text{ kg/m}^2$

#### Calcolo secondo NTC '08

- Topografia Normale
- Coefficiente di esposizione  $C_E: 1$
- Coefficiente termico  $C_t: 1.00$
- Valore car. di carico neve al suolo  $q_{sk} = 1.76 \text{ kN/m}^2 (T_R=50\text{anni})$
- Angolo  $\alpha$  della falda sull'orizzontale  $\alpha \approx 13^\circ$
- Coefficiente di forma  $\mu_1 = 0.80$
- **Carico neve  $q = 1.41 \text{ kN/m}^2$**

Alla luce delle considerazioni sopra riportate, il nuovo impianto fotovoltaico da installarsi a estradosso della copertura in legno del palazzetto, non aumenta i carichi previsti a progetto.

## **13. ALLEGATI**

### **13.1 Validazione software**

## Test 009 - Trave a mensola soggetta a momento torcente concentrato

Documento relativo a:

▲ **Giovedì 09 Novembre, 2006 - Benchmark 009**

**Fonte:** NAFEMS, **Background to Benchmarks**, 1993, test LE5

**Tipi di analisi:** statica lineare

**Descrizione schema statico:** trave con incastro sul primo estremo e libera sull'estremo opposto. La trave con sezione trasversale a Z di spessore  $t$  e luce  $L$  è soggetta in corrispondenza della sezione sull'estremità libera ad una coppia torcente generata dalla presenza di due forze di taglio  $S$  concentrate sulle ali.

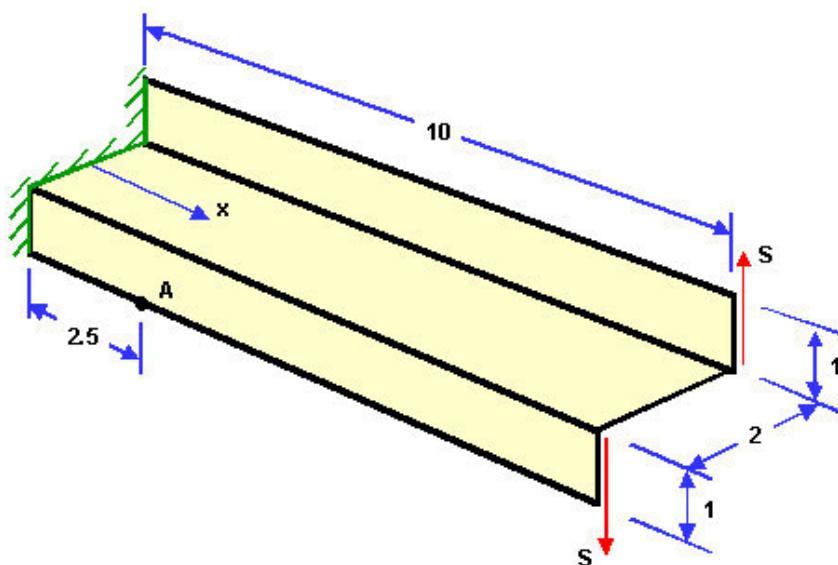


Fig. 1 Schema statico

**Obiettivo:** determinare nel punto A la tensione normale  $\sigma_x$  nella sezione trasversale condotta in  $x=2,5$  m dall'incastro. Si trascura il peso della trave.



### Dati

$$E = 2100000 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$\nu = 0.3$$

$$L = 10 \text{ [m]}$$

$$t = 0.1 \text{ [m]}$$

$$S = 0.6 \text{ [MN]}$$

**Modello:** La trave viene modellata con una mesh uniforme di 24 elementi piani connessi a 36 nodi. I nodi per  $x=0$  sono tutti incastrati (zero gradi di libertà) mentre i rimanenti risultano totalmente liberi.

**File dati:** [Test 009](#)

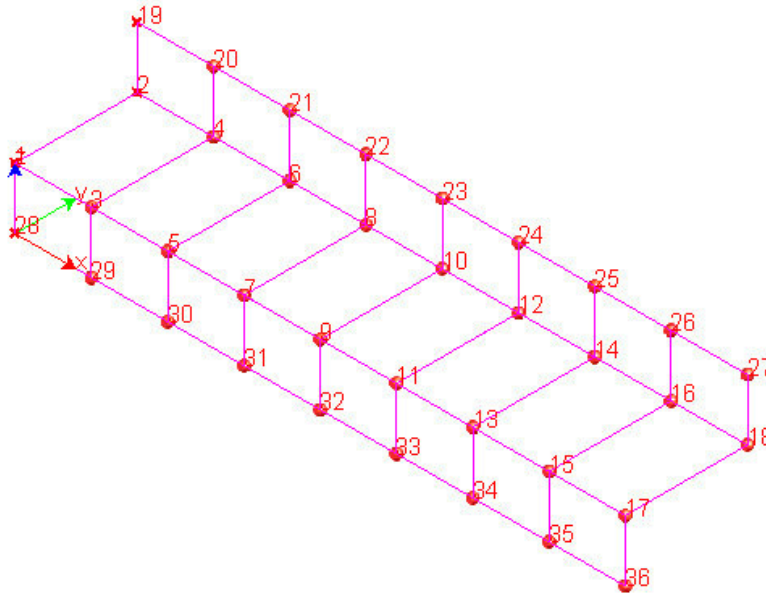


Fig. 2 Modello

**Analisi dei risultati:**

|                  | Soluzione teorica | WinStrand | rapporto |
|------------------|-------------------|-----------|----------|
| $\sigma_x$ [MPa] | 107.9             | 103.8     | 0.962    |

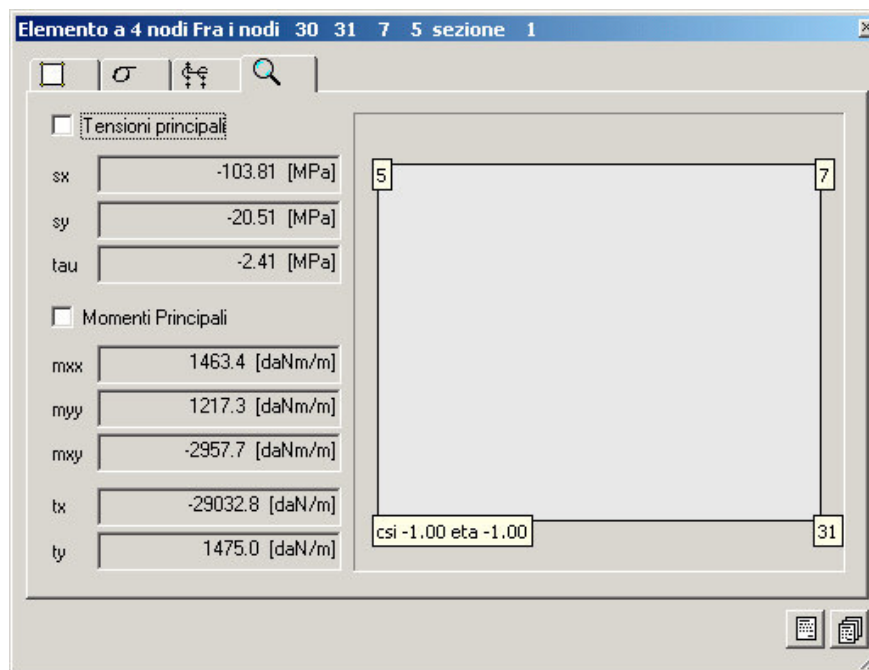


Fig. 3 Il valore puntuale nel nodo 30

Ulteriori parole di ricerca:

**Creazione:** Giovedì 09 Novembre, 2006

## Test 010 - Telaio piano

Documento relativo a:

▲ **Giovedì 09 Novembre, 2006 - Benchmark 010**

**Fonte:** Timoshenko, **Strength of Material**, Part I, Elementary Theory and Problems, pag. 188

**Tipi di analisi:** statica lineare

**Descrizione schema statico:** Portale incastrato alla base dei ritti e caricato nella mezzeria del traverso con un carico concentrato P. Lo schema è staticamente indeterminato.

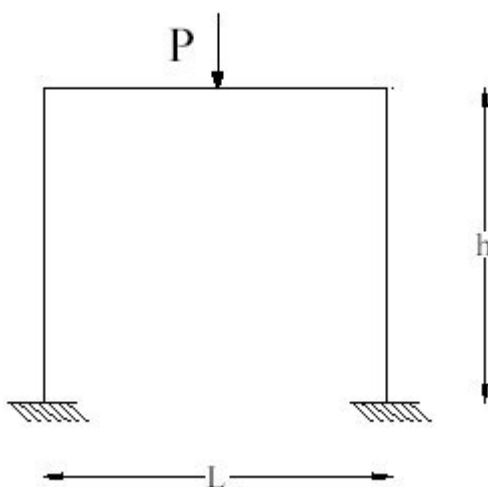


Fig. 1 Schema statico

**Obiettivo:** determinare le reazioni verticali alla base dei ritti. Si trascura il peso delle aste.



### Dati

$$E = 2068428 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$L = 3.04 \text{ [m]}$$

$$h = 2.54 \text{ [m]}$$

$$A_{\text{rit}} = 25.80 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A_{\text{trav}} = 51.61 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$P = 0.45 \text{ [t]}$$

**Modello:** I due nodi alla base del portale vengono vincolati in modo da lasciare libera solo la rotazione Z. I nodi rimanenti sono completamente liberi. Il carico P viene applicato al nodo inserito in mezzeria del traverso.

**File dati:** [Test 010](#)



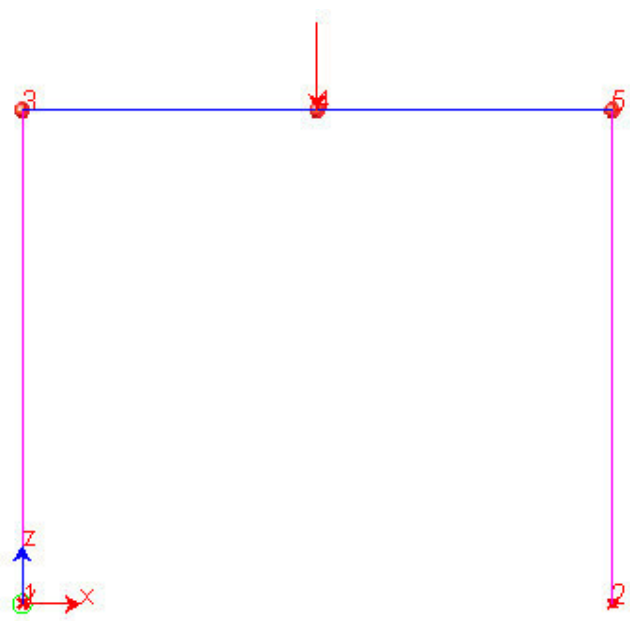


Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

|             | Soluzione teorica | WinStrand | rapporto |
|-------------|-------------------|-----------|----------|
| R1 = R2 [t] | 0.225             | 0.225     | 1.000    |

Ulteriori parole di ricerca:

Creazione: Giovedì 09 Novembre, 2006

## Test 004 - Trave piana con estremi incastrati

Documento relativo a:

▲ **Giovedì 09 Novembre, 2006 - Benchmark 004**

**Fonte:** Timoshenko - **Strength of Material, Part I, Elementary Theory and Problems**, pag. 26, problem 10

**Tipi di analisi:** statica lineare

**Descrizione schema statico:** asta prismatica di sezione costante incastrata agli estremi e soggetta alle azioni assiali  $F_1$  ed  $F_2$  in corrispondenza di due sezioni intermedie.

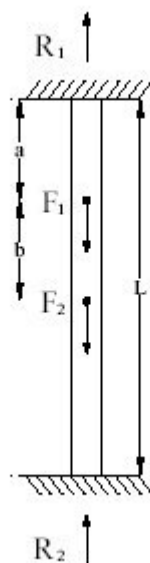


Fig. 1 Schema statico

**Obiettivo:** determinare le reazioni vincolari  $R_1$  ed  $R_2$  trascurando il peso delle aste.



### Dati

$$E = 2068428 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$L = 24.5 \text{ [cm]}$$

$$a = b = 0.3 L = 7.62 \text{ [cm]}$$

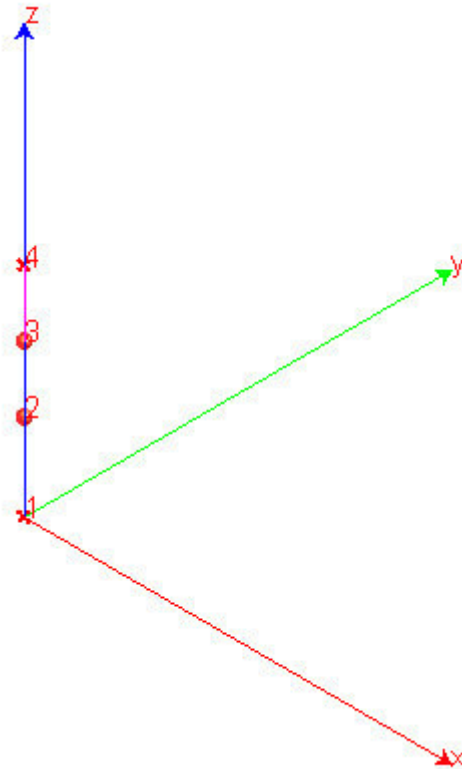
$$A = 100 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$F_1 = 0.454 \text{ [t]}$$

$$F_2 = 0.227 \text{ [t]}$$

**Modello:** I nodi vengono inseriti in corrispondenza delle estremità vincolate e dei due punti di applicazione delle forze  $F_1$  ed  $F_2$ .

**File dati:** [Test 004](#)



---

Fig. 2 Modello

**Analisi dei risultati:**

|            | Soluzione teorica | WinStrand | rapporto |
|------------|-------------------|-----------|----------|
| $R_1$ [Kg] | 408.23            | 408.23    | 1.000    |
| $R_2$ [Kg] | 272.15            | 272.15    | 1.000    |

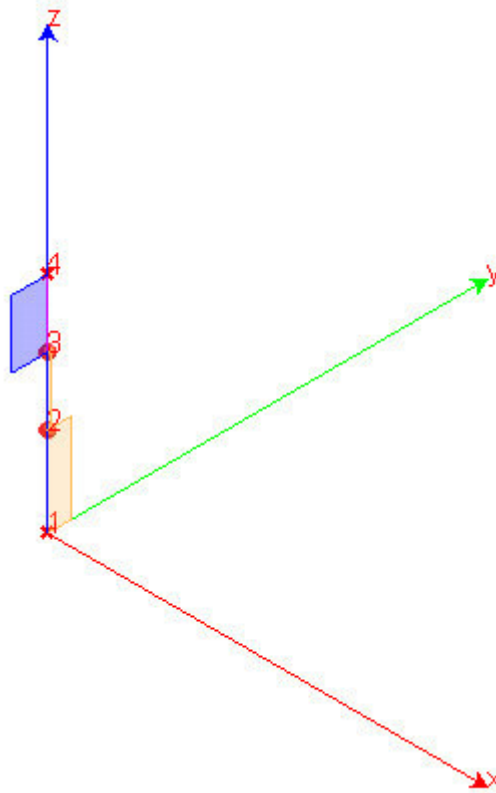


Fig. 3 Diagramma sforzo normale nelle aste: asta 1-2 compressa, asta 3-4 tesa

Ulteriori parole di ricerca:

**Creazione:** Giovedì 09 Novembre, 2006

## Test 013 - Aste piane e carico termico

Documento relativo a:

### ▲ Giovedì 09 Novembre, 2006 - Benchmark 013

**Fonte:** R. D. Cook, D. S. Malkus, M.E. Plesha, **Concepts and applications of finite element analysis**, III ed., J. Wiley & Sons, pag. 57

**Tipi di analisi:** statica lineare

**Descrizione schema statico:** Tre aste uguali in serie formano un sistema incastrato alle estremità con luce pari a  $3L$ . Solo le prime due aste sono soggette ad una variazione termica uniforme  $DT$ .

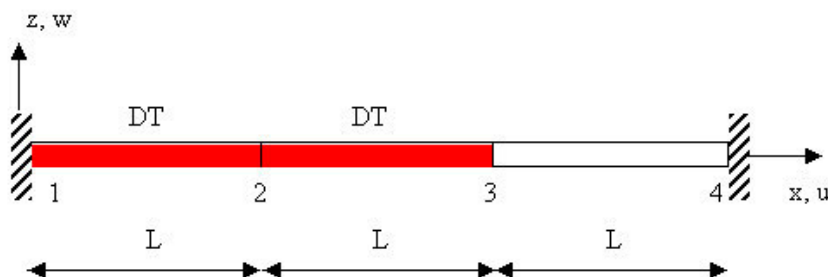


Fig. 1 Schema statico

**Obiettivo:** determinare lo spostamento orizzontale della sezione 3 e lo sforzo assiale  $N_{12}$ ,  $N_{23}$ ,  $N_{34}$  in ciascuna delle tre aste.



### Dati

$$E = 2100000 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$\nu = 0.33$$

$$L = 100 \text{ [cm]}$$

$$A = 25 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$\alpha = 0.000012 \text{ [1/}^\circ\text{C]}$$

$$DT = 833.333 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

**Modello:** I nodi 1 e 4 sono incastrati (zero gradi di libertà) mentre gli altri intermedi risultano totalmente liberi. Il carico termico è applicato alle aste 1-2 e 2-3.

**File dati:** [Test 013](#)

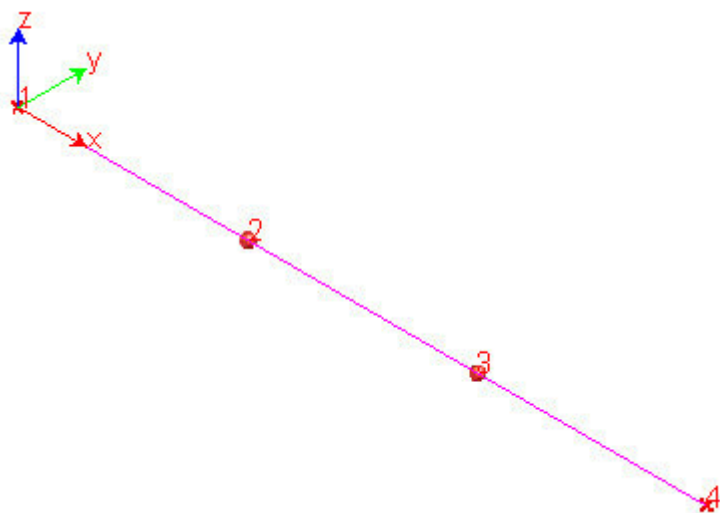


Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

| Sforzo assiale  | Soluzione teorica | WinStrand | rapporto |
|---|-------------------|-----------|----------|
| u3 [cm]   | 2/3               | 0.67      | 1.000    |
| N <sub>12</sub> , N <sub>23</sub> , N <sub>34</sub> [t] | 350.0             | 350.0     | 1.000    |



Fig. 3 Diagramma sforzo normale nelle aste.

Ulteriori parole di ricerca:

**Creazione:** Giovedì 09 Novembre, 2006



## Test 006 - Stato tensionale di una trave inflessa

Documento relativo a:

▲ **Giovedì 09 Novembre, 2006 - Benchmark 006**

**Fonte:** Timoshenko - **Strength of Material, Part I, Elementary Theory and Problems**, pag. 98, problem 4

**Tipi di analisi:** statica lineare

**Descrizione schema statico:** trave isostatica di luce  $L$  con due sbalzi di luce  $a$  soggetti al carico distribuito di intensità  $w$ . La trave ha sezione a doppio T con sezione trasversale pari ad  $A$ .

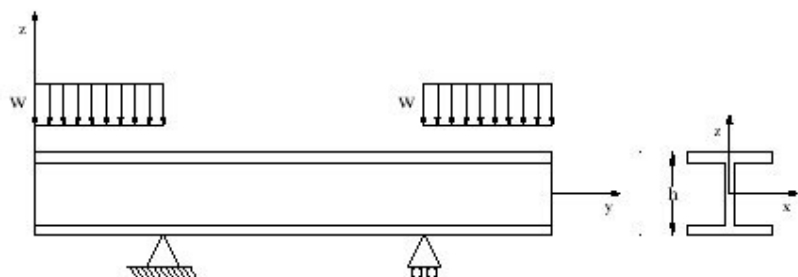


Fig. 1 Schema statico

**Obiettivo:** determinare nella sezione di mezzzeria il valore della tensione  $\sigma_{max}$  e dello spostamento verticale  $\delta$  trascurando il peso delle aste.



### Dati

$$E = 2068428 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$L = 609.6 \text{ [cm]}$$

$$a = 304.8 \text{ [cm]}$$

$$h = 76.2 \text{ [cm]}$$

$$A = 326.77 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$J = 328488 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$w = 14.88 \text{ [t/m]}$$

**Modello:** I due nodi di estremità e quello in posizione mediana sono liberi. Il primo nodo nella posizione del primo vincolo ha un solo grado di libertà libero (rotazione Y) mentre il nodo in corrispondenza del secondo vincolo ha due gradi di libertà (rotazione Y e traslazione X).

**File dati:** [Test 006](#)



Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

|                             | Soluzione teorica | WinStrand | rapporto |
|-----------------------------|-------------------|-----------|----------|
| $\sigma$ [cm <sup>2</sup> ] | 786               | 802       | 1.020    |
| $\delta$ [mm]               | 4.620             | 4.725     | 1.023    |

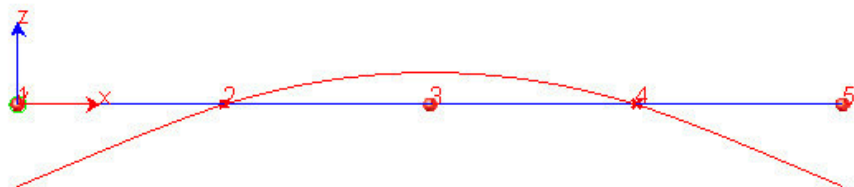


Fig. 3 Deformata

Ulteriori parole di ricerca:

**Creazione:** Giovedì 09 Novembre, 2006