

Committente:



CACIP S.p.A. Consorzio Industriale Provinciale di Cagliari  
Viale Diaz 86, 09125 Cagliari (CA)

Progetto:

Revamping delle linee "A" e "B"  
del termovalorizzatore  
di Cagliari - Macchiareddu

# Progetto definitivo

Progettisti:

**tbf**partner  
Ingegneri e Consulenti

Strada Regina 70 T +41 91 610 26 26  
Postfach F +41 91 610 26 29  
6982 Agno E-Mail [tbfti@tbf.ch](mailto:tbfti@tbf.ch)



R.P. Sarda s.r.l.  
VIA GIOTTO, 7 SARROCH (CA)  
TEL. 070 902036



Via Pitzolo 26 - Cagliari - tel. 070-454146  
email: [info@servinsrl.it](mailto:info@servinsrl.it)

Committente:

Progettista:

Titolo:

## RELAZIONE DI VALUTAZIONE DELLO STATO DI FATTO

Rev.	Data	Modifiche	Disegnato	Controllato
0	15.06.2018	Prima emissione	VF	EM
1				
2				
3				
4				
5				

Scala:	Formato:	Data:	Documento no. :	Rev.
-	A4	15.06.2018	C.30.1320	0

1.	PREMESSA .....	2
2.	VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA .....	4
2.1	ANALISI STORICO CRITICA .....	4
2.2	RILIEVO .....	4
2.3	CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI .....	5
2.4	LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA .....	5
2.5	AZIONI .....	5
3.	RAPPRESENTAZIONE MODELLO STRUTTURALE PRIMA DEL REVAMPING: .....	6
4.	DOCUMENTI E DISEGNI DI RIFERIMENTO .....	7
5.	MATERIALI .....	9
6.	TIPOLOGIA FONDAZIONI .....	10
7.	AZIONI SULLA STRUTTURA .....	11
7.1	VENTO .....	11
7.2	NEVE .....	12
7.3	SISMA .....	12
7.4	SOVRACCARICO COPERTURA PER LAVORI DI MANUTENZIONE .....	15
7.5	SOVRACCARICO EDIFICIO TURBINE .....	15
7.6	COPERTURA ESISTENTE IN ALVEOLARE LINEE "A e B" .....	15
7.7	PANNELLI DI TAMPONAMENTO DI FACCIATA .....	16
7.8	COPERTURA EDIFICIO TURBINE .....	16
8.	COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DELLE AZIONI e DEI MATERIALI .....	16
9.	CONDIZIONI DI CARICO .....	18
9.1	CONDIZIONI DI CARICO STATO DI FATTO .....	18
9.2	AZIONI DOVUTE AL PESO PROPRIO .....	18
9.3	AZIONI DOVUTE AL CARICO PERMANENTE .....	19
9.4	AZIONI DOVUTE VENTO X <sub>negativo</sub> .....	20
9.5	AZIONI DOVUTE VENTO X <sub>positivo</sub> .....	20
9.6	AZIONI DOVUTE VENTO Y <sub>positivo</sub> .....	21
9.7	AZIONI DOVUTE VENTO Z <sub>negativo</sub> (COPERTURA) .....	21
9.8	AZIONI CARICHI ACCIDENTALI EDIFICIO TURBINE .....	22
9.9	AZIONI CARICHI DA NEVE .....	22
10.	COMBINAZIONI DI CARICO .....	24
11.	NOTE DI CALCOLO .....	24
11.1	VERIFICA PILASTRO ESISTENTE ZONA SOPRALZO .....	25
11.2	VERIFICA PILASTRO D'ANGLO 4-I .....	26
11.3	VERIFICA PILASTRO INTERNO F-7 .....	26
11.4	VERIFICA TRAVE FILO 4 quota +6,20 - campata assi I-H .....	27
11.5	VERIFICA TRAVE FILO 4 quota +21,20 - campata assi I-H .....	27
11.6	VERIFICA TRAVE FILO 4 quota +29,20 - campata assi I-H .....	28
11.7	VERIFICA TRAVE FILO G quota +21,20 - campata assi 9-10 .....	28
11.8	VERIFICA TRAVE FILO G quota +29,80 - campata assi 9-10 .....	29
11.9	VERIFICA TRAVE FILO 10 quota +21,20 - campata assi G-F .....	29
11.10	VERIFICA TRAVE FILO 10 quota +29,80 - campata assi G-F .....	30
11.11	VERIFICA FONDAZIONI .....	30
11.11.1	VERIFICA FONDAZIONE PILASTRO assi 10 - I .....	30
11.11.2	VERIFICA FONDAZIONE PILASTRO assi 7- F .....	31

## 1. PREMESSA

Le attuali linee A e B dell'impianto di termovalorizzazione di Macchiareddu gestito da Tecnocasic spa, della potenzialità nominale di 6.24 t/h ciascuna, sono entrate in esercizio nel 1995 ed allo stato attuale risultano obsolete e tecnologicamente superate.

Tali condizioni hanno portato ad una riduzione sensibile della capacità complessiva e pertanto CASIC ha deciso, per ciascuna delle linee A e B, un revamping delle sezioni forno - caldaia - recupero energetico - sezione fumi:

L'intervento di revamping si svolgerà in momenti diversi sulle due linee al fine di garantire il funzionamento dell'una durante la fermata dell'altra.

Le due linee A e B di termovalorizzazione sono costituite dalle seguenti sezioni di trattamento:

- Incenerimento
- Recupero energetico
- Trattamento fumi
- Trattamento ceneri

La presente relazione si riferisce alla valutazione dello stato di fatto dell'immobile, oltre alla valutazione della sicurezza dello stesso condotta secondo quanto indicato nel capitolo 8 delle NTC 08 per verificare la fattibilità delle opere di intervento sull'edificio consistenti in:

- innalzamento della copertura del capannone esistente (ultime due campate- zona filtri) da 17,50 m a +30,00 m, senza aumento dei carichi sulle fondazioni maggiore del 10%;
- modifica copertura capannone a + 30,00 m esistente, da lastre di cls a travi metalliche e lamiera grecata;
- interventi locali su elementi strutturali esistenti per nuove esigenze di layout;
- realizzazione nuovi locali accessori a quota +0.00 (locale compressori e riserva);
- realizzazione nuove fondazioni su pali per strutture di elevazione e appoggio nuovi carichi macchinari;
- ampliamento delle fondazioni esistenti interne su pali, con allargamento delle stesse per assicurare appoggi centrati alle nuove apparecchiature, in sostituzione delle vecchie;
- realizzazione nuove fondazioni superficiali per scale esterne metalliche, per macchinari con pesi modesti (ventilatori), per nuovi trasformatori;

L'analisi strutturale viene effettuata modellando la struttura con il software FEM Nolian – Softing.

L'edificio del termovalorizzatore è formato da 3 corpi principali:

- edificio fossa
- corpo alto ciclo termico ospitante le linee A, B (navata doppia) e C (navata singola). Esso ha dimensioni 41,00 m (2 campate) x 47,00 m (6 campate)
- corpo basso con le turbine 17,50 m (1 campata) x 47,00 m (6 campate)
- apparecchiature esterne con il camino sul piazzale esterno

Le linee A e B sono state realizzate nel 1993; la linea C realizzata nel 2003 (quando la regione Sardegna non era ancora diventata zona sismica). Le strutture sono in c.a. gettato in opera con coperture prefabbricate. Il corpo della linea C (non oggetto del revamping) è tutto alto 30,00 m. Il corpo delle linee A e B ha le prime 4 campate alte 30,00 m e le ultime 2 alte 17,50 m. Il corpo basso turbine è alto 15,60 m.

Il revamping delle linee A e B impone il rialzo delle ultime 2 campate a Nord, da 17,50 a 30,00 m. Le ultime 2 campate dei corpi A, B, C e corpo turbine presentano un giunto di costruzione, che però, non è sempre continuo e ha larghezze diverse, da 0 a 5 cm, per cui non sarebbe sufficiente ad evitare fenomeni di martellamenti, in caso di sollecitazioni sismiche. Per questo motivo si decide di cucire, mediante barre filettate, le strutture fra di loro. In questo modo si può rendere e, di conseguenza, modellare l'edificio come un tutt'uno.

Ai sensi del par. 8.4.1 – NTC 2008, si deve procedere alla valutazione della sicurezza, dato che siamo in presenza di:

- sopraelevazione;
- varie modifiche di travi pilastri;
- sostituzione copertura in c.a.p. con copertura metallica.

L'intervento si configura come intervento di adeguamento, ai sensi del par. 8.4.2 – NTC.

Gli interventi principali su elementi strutturali esistenti sono:

## 2. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

### 2.1 ANALISI STORICO CRITICA

Ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale esistente e del suo stato di sollecitazione è importante ricostruire il processo di realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dal manufatto, nonché gli eventi che lo hanno interessato.

Nello specifico si sono analizzati i progetti delle strutture fornite dal committente ed in particolare:

- progetto opere strutturali linee A e B anno 1993;
- progetto opere strutturali linea C anno 2003.

Gli elaborati grafici visionati forniscono indicazioni chiare e dettagliate circa lo schema strutturale del capannone esistente sia per l'impianto originario del 1993 che per il successivo ampliamento avvenuto nel 2003. La documentazione analizzata ha fornito inoltre indicazioni sulle specifiche inerenti i materiali utilizzati.

Gli edifici sono ubicati sulla Strada Consortile Macchiareddu, Comune di Cagliari. Il terreno è situato in zona pianeggiante a ridosso delle saline di santa Giulia, la quota del terreno è a circa +5.0 m sul livello del mare.

### 2.2 RILIEVO

Durante le varie visite di sopralluogo, sono state condotte operazioni di rilievo sulla base dei disegni costruttivi forniti dalla committenza.

Oltre ad un controllo sulle dimensioni globali del fabbricato, si posta particolare attenzione alle verifiche dimensionali delle travi e dei pilastri, per i quali sono state effettuate numerosi rilievi di dettaglio ai diversi livelli di quota.

I dati raccolti hanno consentito di riprodurre graficamente con particolare accuratezza l'organismo resistente della costruzione.

Non sono stati evidenziati segni di dissesti, in atto o stabilizzati e non sono stati rilevati quadri fessurativi e meccanismi di danno degni di nota. In particolare non sono state rilevate fessure o danni particolari che possano compromettere la stabilità dell'edificio dal punto di vista globale e locale.

### 2.3 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

Per conoscere le caratteristiche meccaniche ed il livello di degrado dei materiali (in questo caso trattasi di strutture in cemento armato) è possibile ricorrere a verifiche visive in situ, basarsi su dati già disponibili oppure effettuare prove sperimentali.

Per la verifica dell'opera in oggetto sono note le caratteristiche dei materiali utilizzati, in quanto precisati sulla documentazione progettuale reperita. Inoltre durante le visite di sopralluogo sono state indagate mediante l'impiego di uno sclerometro, diverse superfici di vari elementi trave e pilastro. Le risultanze della campagna di indagine in situ mediante sclerometro ha fornito dati confortanti che non lasciano dubitare sulla qualità meccaniche dei materiali utilizzati. Risulta quindi possibile affermare che i materiali utilizzati per le strutture di elevazione, corrispondano effettivamente alla classe dichiarata, ovvero RBK 300.

Tutto ciò premesso, vita anche la relazione a struttura ultimata a firma del D.L. strutture, si reputano affidabili i materiali dichiarati sui vari documenti di progetto, elaborati grafici e relazioni, che e saranno pertanto posti alla base dei calcoli e delle verifiche del progetto di revamping del termovalorizzatore.

### 2.4 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Sulla base di valutazioni e condirezioni basate su quanto riportato ai p.ti precedenti, riscontrata anche una buona qualità dei getti delle strutture, eseguiti con particolare cura, ben cassetati e vibrati, privi di difetti visivi e senza nidi di ghiaia; unitamente alle numerose prove sclerometri che sono state condotte su un campione rappresentativo che individua più del 35% della tipologia degli elementi, si ritiene di potere assumere un livello di conoscenza per i diversi parametri coinvolti nel modello (geometria, dettagli costruttivi e materiali) pari a LC2 a cui corrisponde un fattore di confidenza  $FC=1,2$ . Tutti i parametri meccanici dei materiali saranno pertanto ridotti per il fattore FC.

### 2.5 AZIONI

Le azioni considerate sono conformi a quanto prescritto dalle NTC 2008 ed in particolare:

- azioni statiche
- azioni simiche

I valori di tali azioni ed i relativi coefficienti  $\gamma$  vengono dettagliatamente riportati all'interno della relazione di calcolo.

### 3. RAPPRESENTAZIONE MODELLO STRUTTURALE PRIMA DEL REVAMPING:

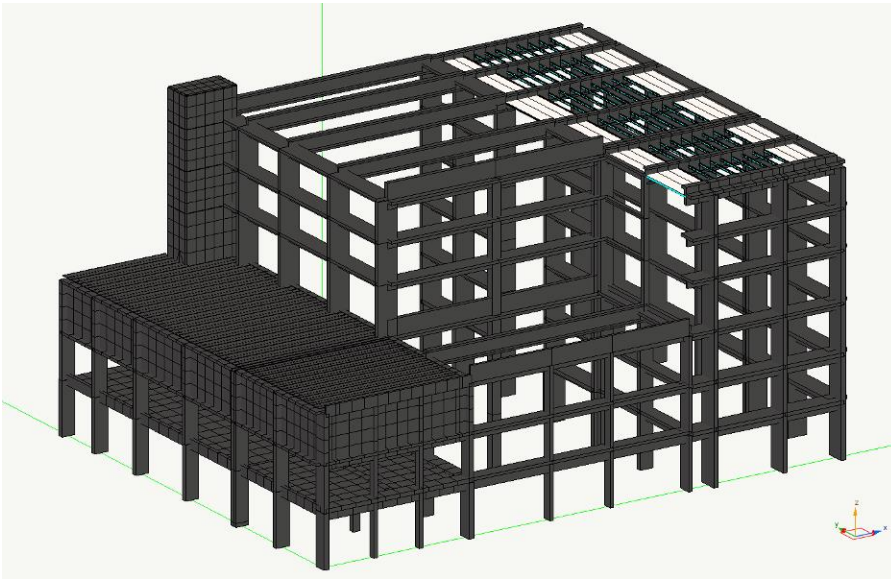


Immagine 01 - vista da N modello ad elementi finiti - Nolian Softing

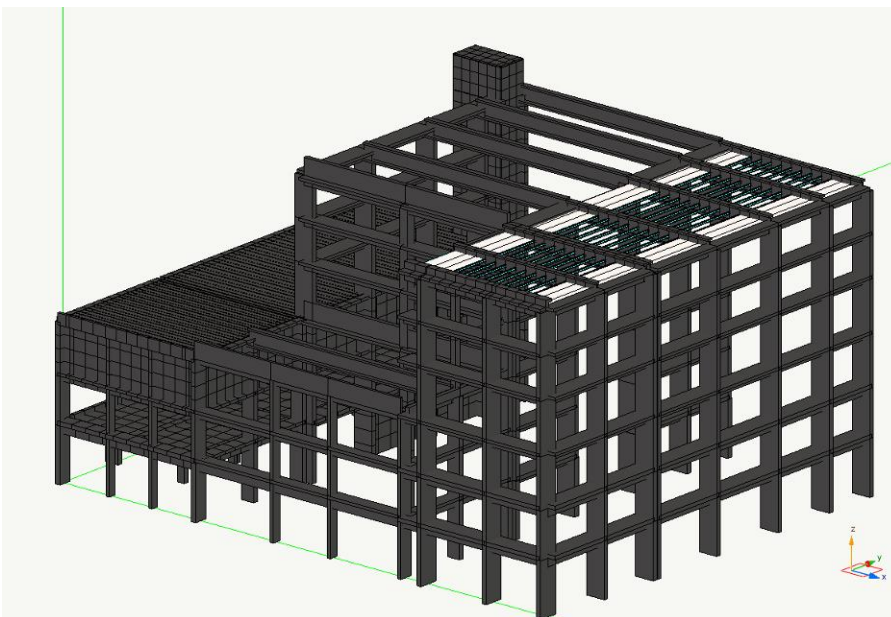


Immagine 02 - vista da N-E modello ad elementi finiti - Nolian Softing



#### 4. DOCUMENTI E DISEGNI DI RIFERIMENTO

##### DISEGNI CASIC:

<b>DISEGNI SNAMPROGETTI 1990</b>			
- 6B-A-14528_0	- CB-B-14643_2	- CB-A-14616_0	- CB-A-14688_1
- CB-4C-14747_0	- CB-B-14665_0	- CB-A-14617_0	- CB-B-14641_0
- CB-A-14648_0	- CB-B-14666_0	- CB-A-14618_0	- CB-B-14642_0
- CB-A-14650_0	- CC-A-14587_0	- CB-A-14620_0	- CB-B-14643_2
- CB-A-14651_0	- CC-A-14588_0	- CB-A-14646_0	- CB-B-14662_0
- CB-A-14652_0	- CC-A-14589_0	- CB-A-14647_0	- CB-B-14663_0
- CB-A-14658_0	- CC-A-14590_0	- CB-A-14648_0	- CC-A-14669_0
- CB-A-14659_0	- CC-A-14669_0	- CB-A-14653_0	- CC-A-14693_2
- CB-A-14660_0	- CC-A-14671_0	- CB-A-14678_0	- CC-A-14694_0
- CB-A-14661_0	- CC-A-14693_2	- CB-A-14683_0	- CC-A-14695_0
- CB-A-14721_0	- CB-A-14614_0	- CB-A-14684_0	- CC-B-14558_0
- CB-B-14642_0	- CB-A-14615_0	- CB-A-14687_0	
<b>DISEGNI Termomeccanica 2003</b>			
- a01	- a02	- a03	- a04
- a05	- a06	- a07	- a08
- a09	- a10	- a11	- a12
- a13	- a14	- a15	- a16
- a17	- a18	- a19	- a20
- a21	- a22	- a23	- a24
- a25	- a26	- a27	- a28
- a29	- a30	- a31	- a32
- a33	- a34	- a35	- a36_rev1
- a37_rev1	- a38_rev1	- a39	- a40
- a41	- a42	- a43	- a44
- a45	- a46	- a47	- a48
- a49	- a50	- a51	- a53



- a54bis	- a55	- a56	- a57
- a58	- a59	- a60	- a61 bis
- a62	- a63	- a64	- a65
- a66	- a67	- a68	- a69
- a70	- a71	- a72	- a73_rev.1
- a74	- a75	- a76	- a77
- a78	- a79	- a80	- a81

### RELAZIONI:

#### SNAMPROGETTI 1990

- CA-E-14625 – PALI DI FONDAZIONE PORTANZA E VERIFICHE GEOTECNICHE
- CA-E-14530 – RELAZIONE DI CALCOLO A
- CA-E-14531 – RELAZIONE DI CALCOLO B
- CA-E-14532 – RELAZIONE DI CALCOLO C
- CA-E-14606 – RELAZIONE DI CALCOLO L
- CA-E-14639 – RELAZIONE DI CALCOLO M
- CA-E-14640 – RELAZIONE DI CALCOLO N
- CA-E-14641 – RELAZIONE DI CALCOLO O
- CA-E-14708 – RELAZIONE DI CALCOLO P
- CA-E-14730 – RELAZIONE DI CALCOLO Z

#### TERMOMECCANICA 2003

- STRUTTURA SOSTEGNO TURBINA

## 5. MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei nuovi materiali delle strutture esistenti (rif. elaborato n° CA-E-14530\_ relazione di calcolo A-del 30-3-1990).

### 1) ELEVAZIONE

- CALCESTRUZZO RBK = 300
  - TENSIONE AMMISSIBILE A FLESSIONE O PRESSOFLESSIONE  
 $\text{SIGMA}' B = 60 + (R' BK - 150) / 4 = 97.50 \text{ KG/CMQ}$
  - TENSIONE AMMISSIBILE A COMPRESSIONE SEMPLICE  
 $\text{SIGMA}' B = 0.7(60 + (R' BK - 150) / 4) = 68.25 \text{ KG/CMQ}$
  - TENSIONI TANGENZIALI AMMISSIBILI  
 $\text{TAU BO} = 4 + (R' BK - 150) / 75 = 6.00 \text{ KG/CMQ}$   
 $\text{TAU B1} = 14 + (R' BK - 150) / 35 = 18.29 \text{ KG/CMQ}$
- ACCIAIO: FE B 44 K CONTROLLATO IN STABILIMENTO  
SIGMA F (AMM.) = 2600 KG/CMQ
- ACCIAIO: FE 360 B UNI 7070 - 7806
- BULLONI CLASSE 8.8 UNI 3740 - 3774
- DADI CLASSE 6 S UNI 3740 - 3774

### 2) FONDAZIONE

- CALCESTRUZZO RBK = 250
  - TENSIONE AMMISSIBILE A FLESSIONE O PRESSOFLESSIONE  
 $\text{SIGMA}' B = 60 + (R' BK - 150) / 4 = 85.00 \text{ KG/CMQ}$
  - TENSIONE AMMISSIBILE A COMPRESSIONE SEMPLICE  
 $\text{SIGMA}' B = 0.7(60 + (R' BK - 150) / 4) = 59.50 \text{ KG/CMQ}$
  - TENSIONI TANGENZIALI AMMISSIBILI  
 $\text{TAU BO} = 4 + (R' BK - 150) / 75 = 5.33 \text{ KG/CMQ}$   
 $\text{TAU B1} = 14 + (R' BK - 150) / 35 = 16.86 \text{ KG/CMQ}$
- ACCIAIO: FE B 44 K CONTROLLATO IN STABILIMENTO  
SIGMA F (AMM.) = 2600 KG/CMQ
- ACCIAIO: FE 360 B UNI 7070 - 7806
- BULLONI CLASSE 8.8 UNI 3740 - 3774
- DADI CLASSE 6 S UNI 3740 - 3774

## 6. TIPOLOGIA FONDAZIONI

Le fondazioni delle strutture principali degli edifici esistenti sono indirette, di due differenti tipologie:

- pali d 120
- setti in c.a. (di due differenti dimensioni)

Si riportano di seguito i valori di portata ricavati dalla relazione sulle indagini geognostiche della soc. Tec.am srl.

### **PALO d 120 L 18 ml**

<b>CARICO</b>	<b>SOLUZIONE</b>	<b>K</b>	<b>PORTATA UTILE</b>
207276 Kg	1	2.5	230766 Kg
207276 Kg	2	3.0	271025 Kg

### **SETTO 80x250x L 12 ml**

<b>CARICO</b>	<b>SOLUZIONE</b>	<b>K</b>	<b>PORTATA UTILE</b>
199135 Kg	1	2.5	270927 Kg
199135 Kg	2	3.0	265982 Kg

### **SETTO 80x360x L 12 ml**

<b>CARICO</b>	<b>SOLUZIONE</b>	<b>K</b>	<b>PORTATA UTILE</b>
246723 Kg	1	2.5	381137 Kg
246723 Kg	1	3.0	373481 Kg

Le fondazioni degli impianti/apparecchiature interne ed esterne sono su pali d=42 cm, L= 7,5 - 8,5 m, con carico massimo di 54 t/palo nella situazione più gravosa con portata limite di punta pari a 170,6 t. (doc CA-E-14625 / 09-11-1990-Snamprogetti - Pali di fondazione – Portanza e verifiche geotecniche)

## 7. AZIONI SULLA STRUTTURA

### 7.1 VENTO

La pressione del vento è data dalla formula:

$$q_v = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

Parametri vento:

$\rho_{aria}$	1,25 daN/m <sup>3</sup>	densità aria
$v_b$	28 m/s	velocità di riferimento del vento
$q_b = \frac{1}{2} \rho_{aria} \cdot v_b^2$	0,49 kN/m <sup>2</sup>	pressione cinetica di riferimento
Zona vento	5	
Distanza dalla costa	1 Km	
Classe di rugosità	D	
Curva coeff. $C_e$	I	

nel caso specifico:

- $C_e$  = variabile in funzione dell'altezza dell'edificio in accordo con figura 3.3.3 Ntc 08
- $C_p = 0,8 + 0,4 = 1,2$  coefficiente da utilizzare anche per gli spioventi della copertura
- $C_d = 1,0$

Tabella di variazione dei parametri in funzione dell'altezza dell'edificio:

H edif. [m]	$C_e$	P [daN/m <sup>2</sup> ]	P( $C_p$ ) daN/m <sup>2</sup>	c. facciata riempimento	P v [m]	Hi (interasse) Travi [m]	carico da vento [daN/m]
6,20	2,057	100,8	120,9	100%	120,9	5,60	677,3
11,20	2,425	118,8	142,6	100%	142,6	4,75	677,3
15,64	2,644	129,5	155,4	100%	155,4	5,00	777,2
21,20	2,850	139,7	167,6	50%	83,8	5,40	419,0
25,60	2,981	146,1	175,3	50%	87,7	4,40	385,7
30,00	3,094	151,6	181,9	50%	91,0	3,40	309,3
34,35	3,191	152,4	182,9	100%	182,9	4,40	804,8

Il carico da vento verrà applicato alla struttura, nella direzione trasversale lungo asse x, secondo il seguente schema:

zone piene:	parte direttamente investita	67%
	parte in suzione	33%
zone aperte:	elementi direttamente investiti	40%
	elementi interni	20%
	elementi parte in suzione	40%

## 7.2 NEVE

La pressione del carico da neve è data dalla formula:

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

**dove:**

$$q_{sk} = 0,60 \text{ KN/m}^2 \quad \text{zona III con } a_s < 200 \text{ m s.l.m.}$$

$$C_e = 1$$

$$C_t = 1$$

$$\mu_i = 0,8 \text{ per } 0^\circ < \varphi < 30^\circ$$

sostituendo i valori si ottiene:  $q_s = 0,8 \times 0,60 = \mathbf{0,48 \text{ kN/m}^2}$  (equivalente a 48 daN/m<sup>2</sup>)

## 7.3 SISMA

Il calcolo sismico viene svolto con l'utilizzo di il programma di calcolo ad elementi finiti Nolian - Softing con un'analisi dinamica con spettro di risposta. Vengono effettuate le verifiche

I parametri assunti per la verifica, in accordo con la relazione geologica, geotecnica e sismica (doc. R.30.1120), risultano i seguenti:

vita nominale $V_n$	: $\geq 50$ anni
classe d'uso	: III
categoria di sottosuolo	: C
categoria topografica	: T1

latitudine 39.8589°; longitudine 9.01858°

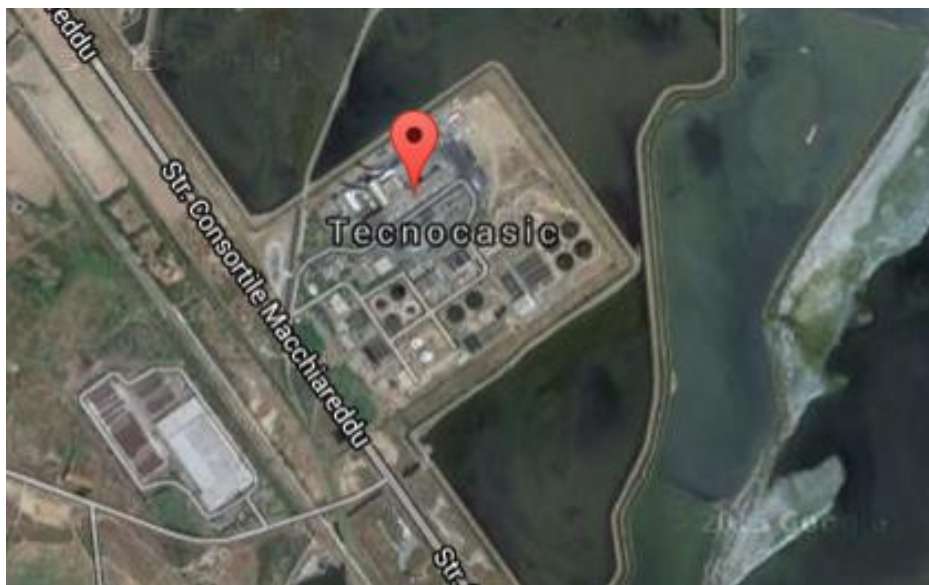


Immagine 03 - Ortofoto del sito Tecnocasic

Parametri sismici del sito - spettro SLV:

ag/g :0,0556

$F_0$  :2.94

$T_c$  :0.36

Il fattore di struttura assunto risulta pari a:  $q = q_0 \times \alpha_u/\alpha_1 \times 0,8$   
dove:

$q_0 = 3,0 \times \alpha_u/\alpha_1$  fattore di struttura corrispondente a strutture a telaio;

$\alpha_u/\alpha_1 = (1,3+1,0)/2 = 1,15$  dovuto alla non regolarità in pinta;

0,8 coefficiente riduttivo per la non regolarità in altezza.

$q = q_0 \times 1,15 \times 0,8 = 2,76$  [SLV]

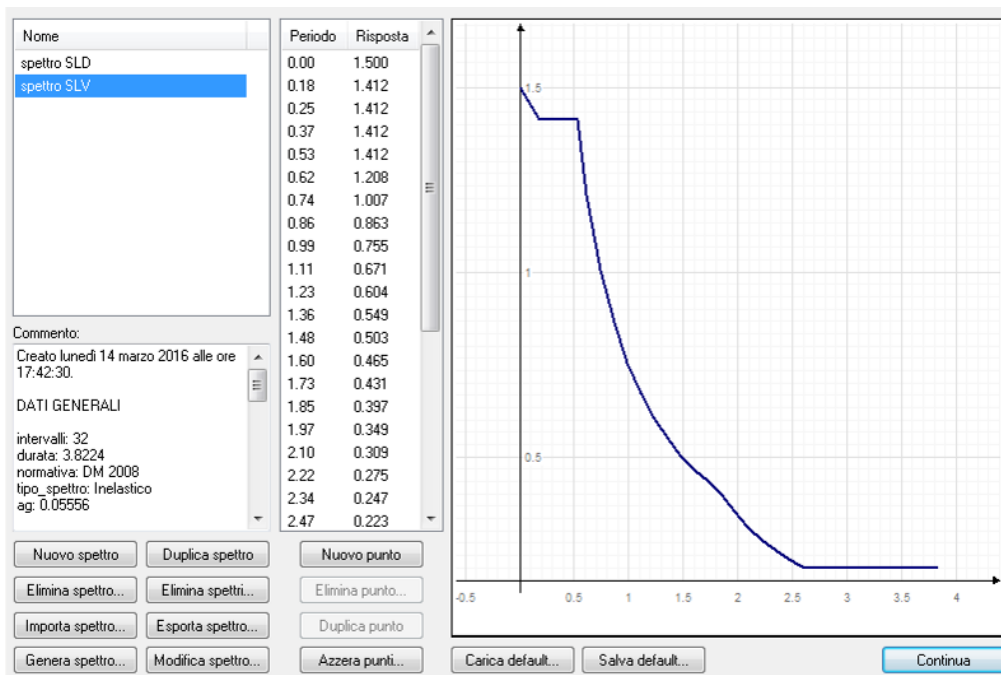


Immagine 04 - spettro di risposta SLV

**Parametri sismici del sito - spettro SLD:**

ag/g :0,0281  
 F<sub>0</sub> :2.70  
 T<sub>c</sub> :0.30

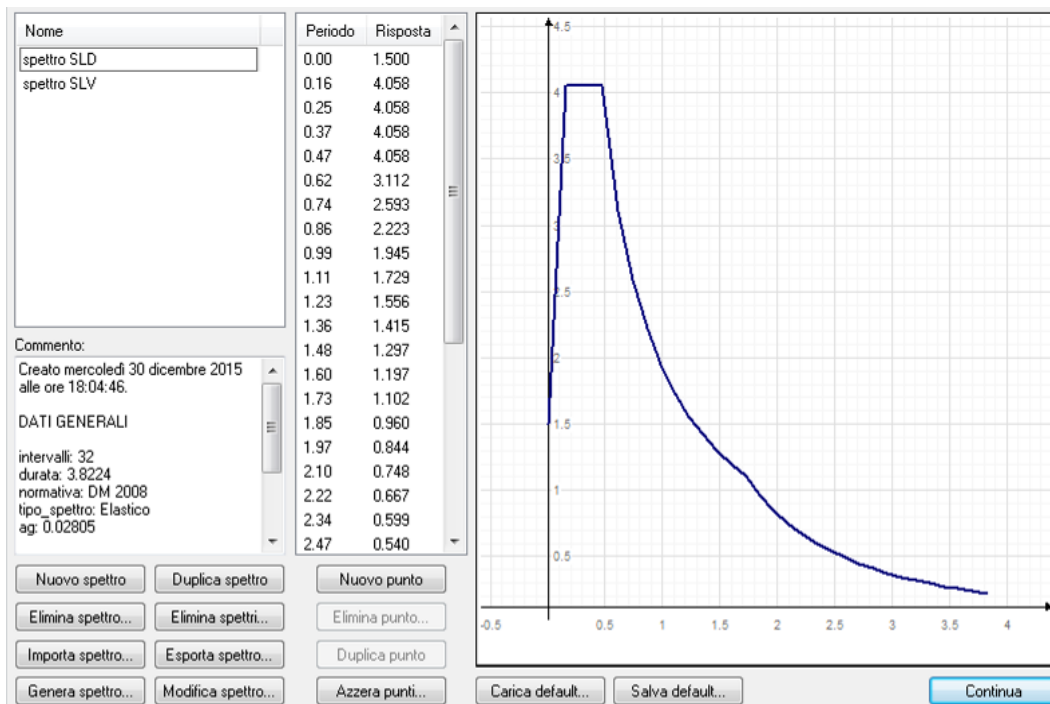


Immagine 05 - spettro di risposta SLD



#### 7.4 SOVRACCARICO COPERTURA PER LAVORI DI MANUTENZIONE

Per scopi di lavori di manutenzione sulle coperture viene previsto un carico accidentale uniformemente distribuito pari a:

$$q_a = 1,00 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{equivalente a } 100 \text{ daN/m}^2)$$

Tale carico risulta comunque superato dalla pressione del vento considerata in progetto ed applicata sulle coperture:

$$p_v = 1,82 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{equivalente a } 182 \text{ daN/m}^2)$$

#### 7.5 SOVRACCARICO EDIFICIO TURBINE

Nell'edificio turbine viene predisposta un'azione di sovraccarico di 600 daN/m<sup>2</sup> in accordo con quanto previsto dalla normativa tab. 3.1.II - NTC08 per ambienti ad uso Industriale

#### 7.6 COPERTURA ESISTENTE IN ALVEOLARE LINEE "A e B"

L'attuale copertura dell'edificio esistente delle linee caldaie A e B, realizzata in alveolari precompressi tipo spiroI con cappa gettata in opera:

	q
	[daN/m]
P.P. solaio alveolare H = 20cm	280
Permanenti massetti per pendenze + cappa	270
<b>TOTALE</b>	<b>550</b>

Il peso degli alveolari H = 20cm ( p.p. 280 daN/m<sup>2</sup>) viene valutato automaticamente dal software nelle azione del peso proprio.

Il carico competente a ciascuna trave precompressa in c.a.p. è dato dal prodotto del peso dei carichi permanenti per l'interasse delle travi stesse:

		i	q	
	[daN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[daN/m]	
carico	270	2,97	<b>881,9</b>	1° trave lato edif. fosse
		6,72	<b>1814,4</b>	2° trave
		8,25	<b>2227,5</b>	3° trave
		8,85	<b>2389,5</b>	4° trave
		4,67	<b>1260,9</b>	5° trave - giunto
		3,90	<b>1053,0</b>	6° trave - giunto

	7,34	<b>1981,8</b>	7° trave
	3,75	<b>1012,5</b>	8° trave lato camini

### 7.7 PANNELLI DI TAMPONAMENTO DI FACCIATA

L'edificio della linea "C" e gli edifici delle linee "A e B" presentano delle tamponature di facciate perimetrali sino alla quota 15,64 m.

Il carico dovuto ai pannelli si scarica su ciascun corso delle travi perimetrali, ed il carico a metro quadrato di facciata viene assunto pari a:

$$q_f = 3,00 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{equivalente a } 300 \text{ daN/m}^2)$$

### 7.8 COPERTURA EDIFICIO TURBINE

La copertura dell'edificio turbine è realizzata con tegoli doppio T precompressi. Il peso della copertura compresi i massetti di finitura per le pendenze di scolo delle acque meteoriche vengono assunti come segue:

DESCRIZIONE	daN/m <sup>2</sup>
P.P. solaio tegoli TT	330
Permanenti massetti per pendenze + cappa	270
TOTALE	600

## 8. COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DELLE AZIONI e DEI MATERIALI

Si riportano di seguito i coefficienti di combinazioni delle azioni variabili, delle azioni e dei materiali prevista dalle NTC 08:

Coefficienti dei combinazione delle azioni variabili:

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Coefficienti delle azioni:

Coefficienti $\gamma_F$		S.L.U. S.L.E.	S.L.U.	S.L.E.
Tipo di carico	$\gamma_F$	Favorevole alla sicurezza	Sfavorevole alla sicurezza	Sfavorevole alla sicurezza
Permanente ( $G_{k1}$ )	$\gamma_{G1}$	1.0	1.3	1.0
Permanente non strutturale ( $G_{k2}$ )	$\gamma_{G2}$	0.0	1.5	1.0
Variabile ( $Q_{ki}$ )	$\gamma_{Qi}$	0.0	1.5	1.0
Precompressione ( $P_k$ )	$\gamma_P$	1.0	1.2	1.0

Coefficienti dei materiali:

Materiali			
$\gamma_m$	c.a.	c.a.p.	acciaio
		1.5	1.5

## 9. CONDIZIONI DI CARICO

### 9.1 CONDIZIONI DI CARICO STATO DI FATTO

In funzione delle azioni di progetto descritte al punto precedente vengono definite le seguenti condizioni di carico, che saranno poi combinate fra loro in accordo a quanto previsto dalle NTC 08 con i coefficienti di tab. 2.5.1.

#### CONDIZIONI DI CARICO STATICHE:

1. p. proprio
2. permanente
3. vento  $x_{negativo}$
4. vento  $x_{positivo}$
5. vento y
6. vento  $z_{neg. copertura}$
7. accidentale edificio turbine
8. neve

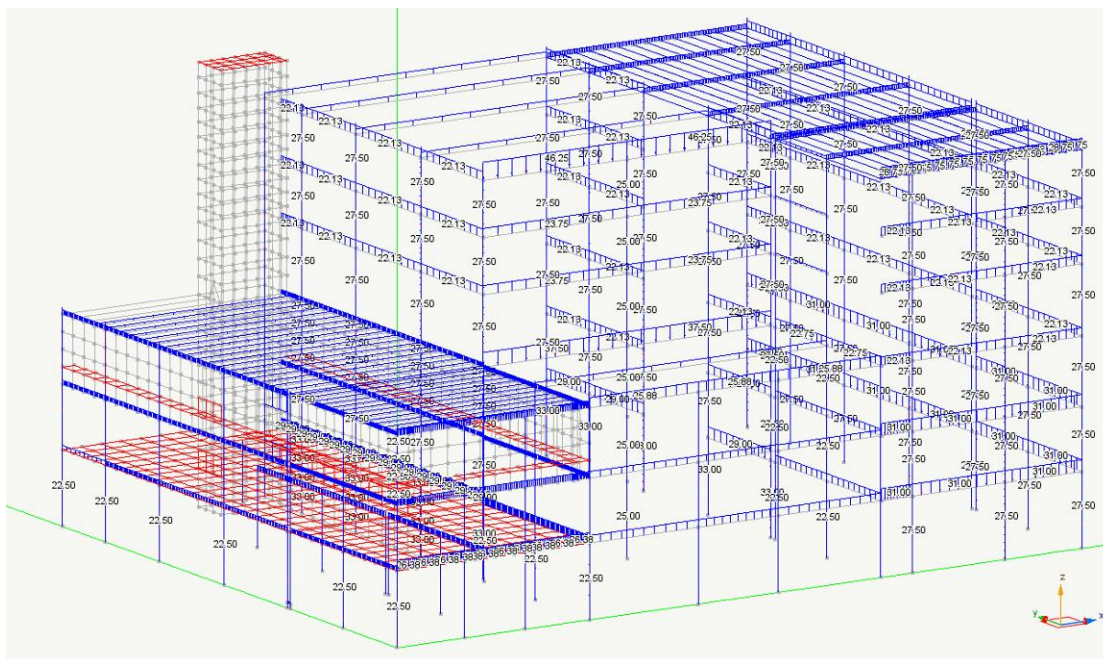
#### CONDIZIONI DI CARICO DINAMICHE

Inoltre vengono generate dal programma, una volta effettuata la conversione dei carichi in masse, le seguenti condizioni di tipo sismico:

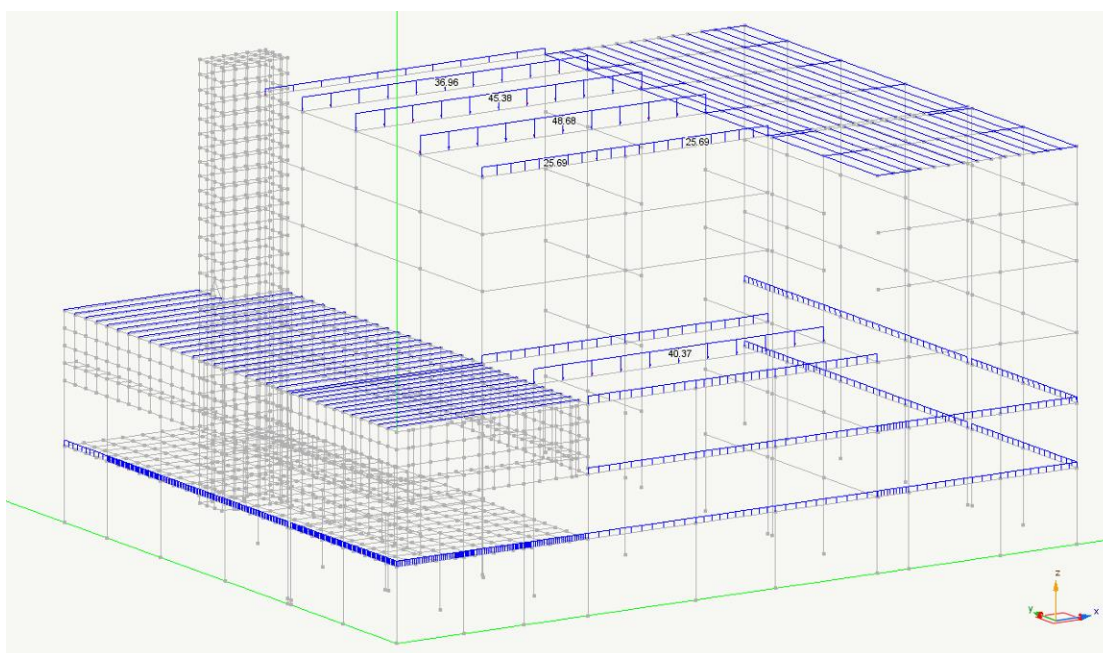
9. Dinamica SLVh X
10. Dinamica SLVh Y
  
11. Dinamica SLDh X
12. Dinamica SLDh Y

### 9.2 AZIONI DOVUTE AL PESO PROPRIO

I carichi dovuti al peso proprio vengono valutati in automatico dal software di calcolo assegnate le dimensioni geometriche degli elementi ed la relativa massa volumica:

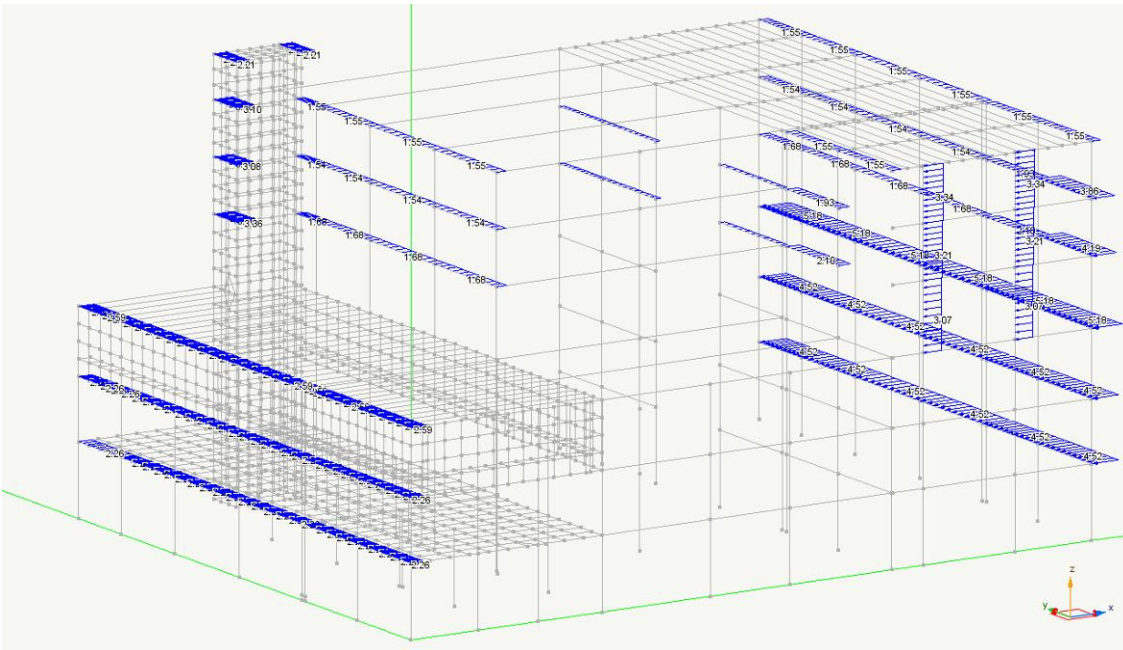


### 9.3 AZIONI DOVUTE AL CARICO PERMANENTE

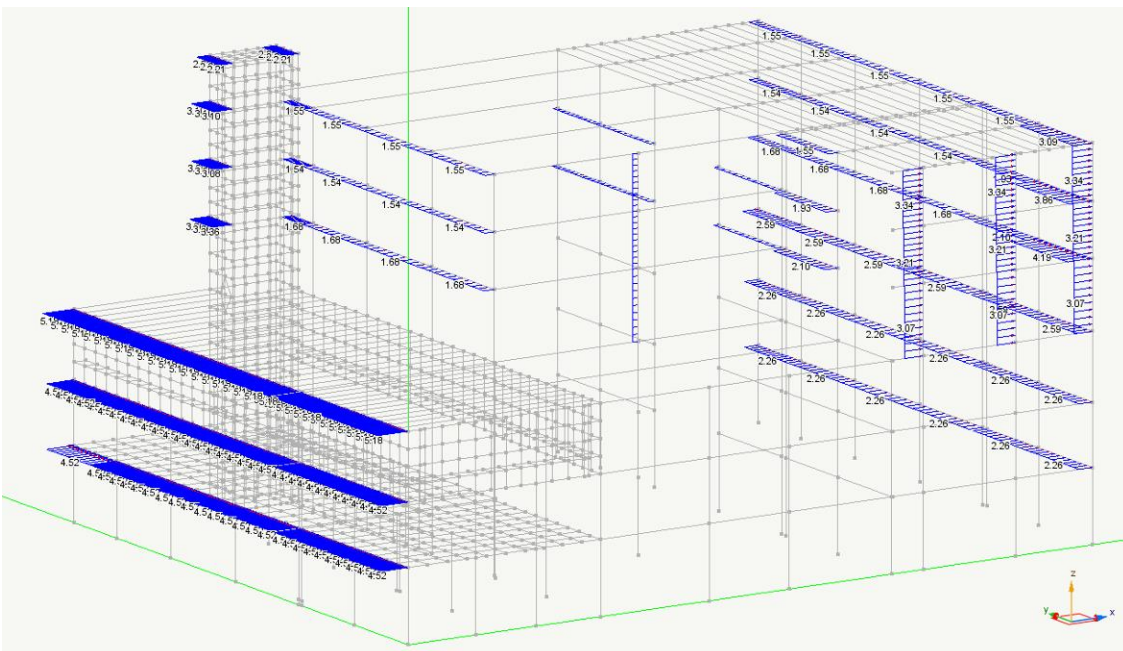




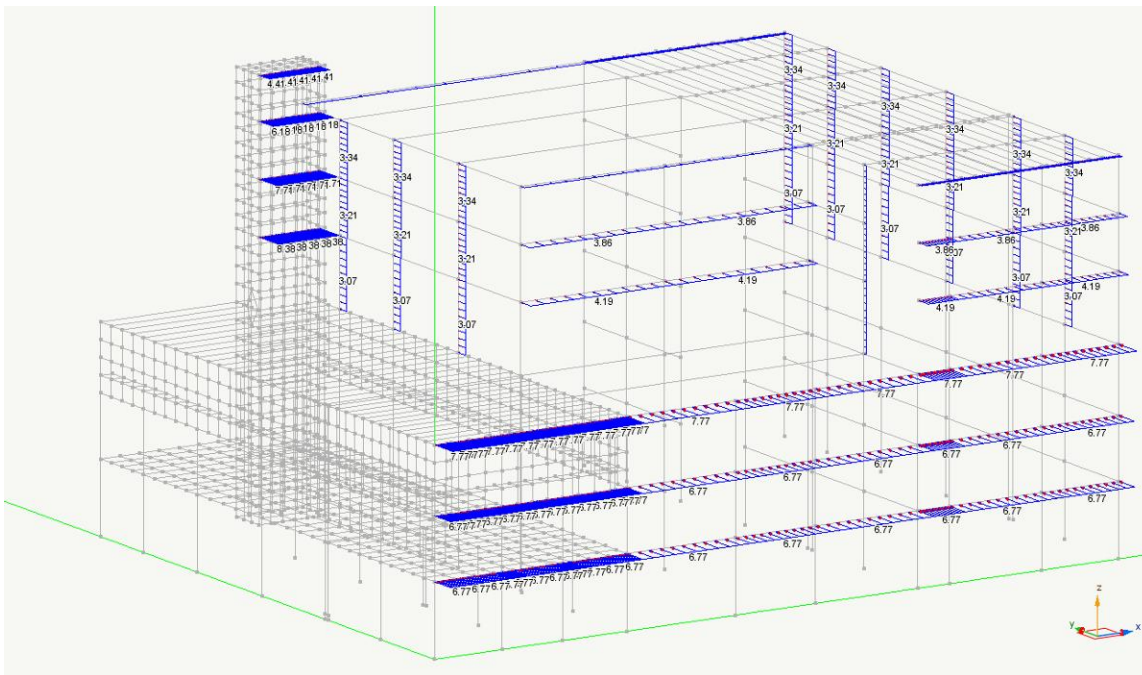
9.4 AZIONI DOVUTE VENTO X negativo



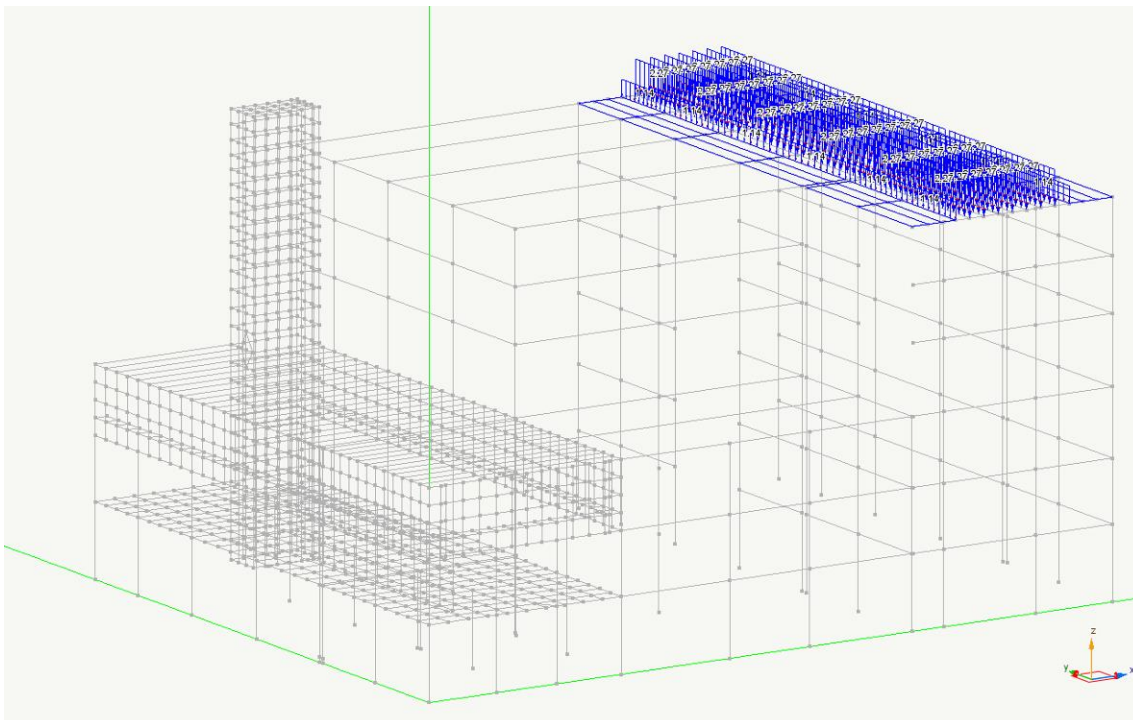
9.5 AZIONI DOVUTE VENTO X positivo



### 9.6 AZIONI DOVUTE VENTO Y positivo

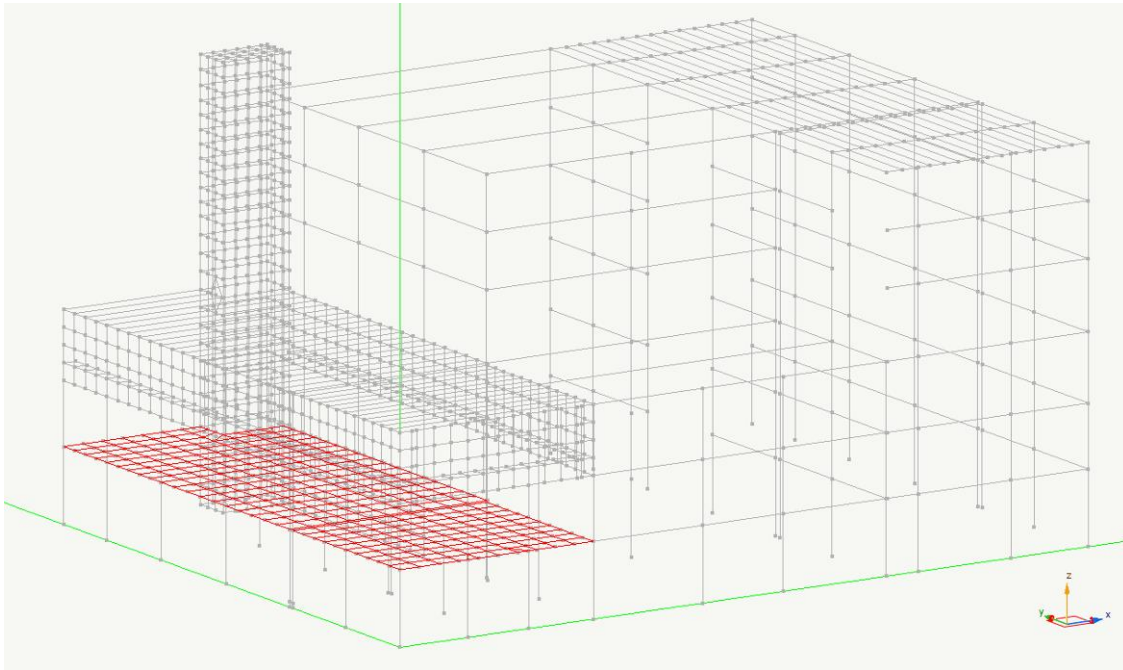


### 9.7 AZIONI DOVUTE VENTO Z negativo (COPERTURA)

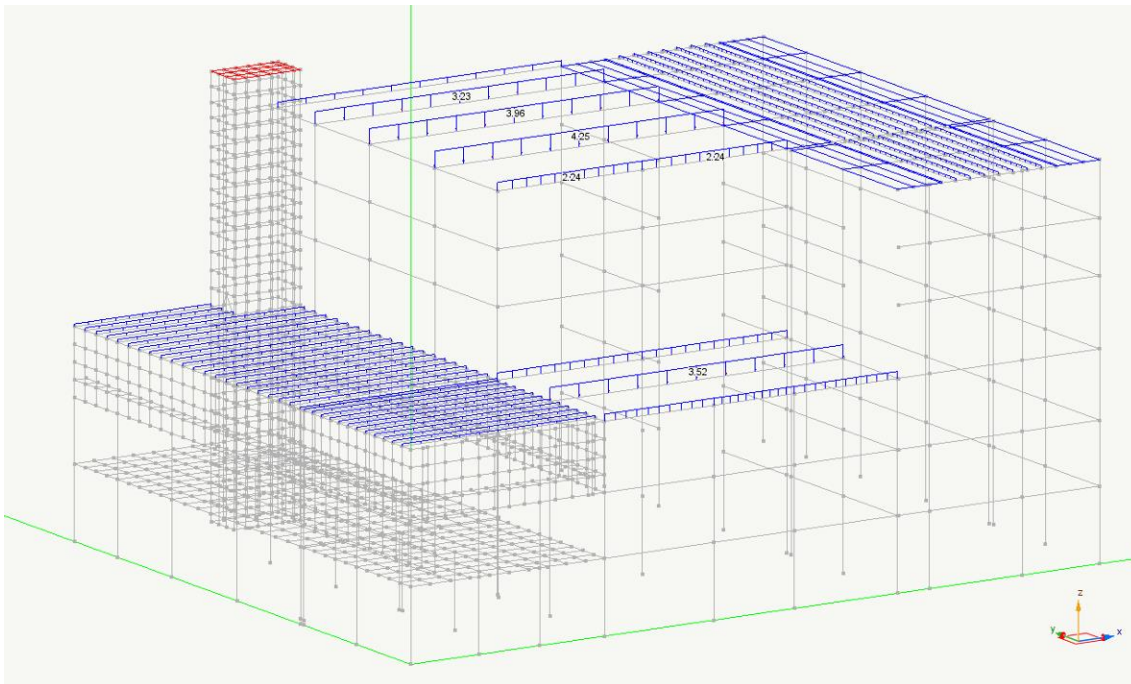




### 9.8 AZIONI CARICHI ACCIDENTALI EDIFICIO TURBINE



### 9.9 AZIONI CARICHI DA NEVE



Il carico da neve valutato in precedenza per la zona oggetto di intervento è risultato pari a:

	[daN/m <sup>2</sup> ]
carico neve	48

Edificio linee "A - B", carichi competenti alle travi in c.a.p:

	[daN/m <sup>2</sup> ]	i [m]	q [daN/m]	
carico neve	48	2,97	<b>142,6</b>	1° trave lato edif. fosse
		6,72	<b>322,6</b>	2° trave
		8,25	<b>396,0</b>	3° trave
		8,85	<b>424,8</b>	4° trave
		4,67	<b>224,2</b>	5° trave - giunto
		3,90	<b>187,2</b>	6° trave - giunto
		7,34	<b>352,3</b>	7° trave
		3,75	<b>180,0</b>	8° trave lato camini

Edificio linea "C" ed Edificio Turbine

I carichi competenti alle travi ai vari livelli sono dati dal prodotto del carico neve a m<sup>2</sup> per il relativi interassi:

	[daN/m <sup>2</sup> ]	i [m]	q [daN/m]	
	48	1,25	<b>60,0</b>	travi centrali linea "C"
		0,63	<b>30,0</b>	travi centrali linea "C"
	48	1,50	<b>72,0</b>	tegoli TT da edificio fosse fino a giunto (edificio turbine)
		1,25	<b>60,0</b>	tegoli TT da giunto fino a fine capannone vs camini (edificio turbine)
		0,95	<b>45,6</b>	Tegoli TT in corrispondenza del giunto

## 10. COMBINAZIONI DI CARICO

### COMBINAZIONI DI CARICO STATO LIMITE ULTIMO SLV

#	..	(1) Dinamica SLVh Y	(1) Dinamica SLVh X	(1) #1 p. proprio	(1) #2 permanente	(1) #3 vento x neg	(1) #4 vento x pos	(1) #5 vento y	(1) #6 vento z neg coperture	(1) #7 accidentale edif turbine	(1) #8 neve
1		-0.30	-1.00	1.00	1.00						0.80
2		-0.30	1.00	1.00	1.00						0.80
3		0.30	-1.00	1.00	1.00						0.80
4		0.30	1.00	1.00	1.00						0.80
5		-1.00	-0.30	1.00	1.00						0.80
6		1.00	-0.30	1.00	1.00						0.80
7		-1.00	0.30	1.00	1.00						0.80
8		1.00	0.30	1.00	1.00						0.80
9				1.00	1.00				1.50	1.50	0.75
10				1.00	1.00				0.90	1.50	1.50
11				1.00	1.00			0.90		1.50	1.50
12				1.00	1.00		0.90			1.50	1.50
13				1.00	1.00	0.90				1.50	1.50
14				1.00	1.00				0.90	1.50	0.75
15				1.00	1.00			0.90		1.50	0.75
16				1.00	1.00		0.90			1.50	0.75
17				1.00	1.00	0.90				1.50	0.75
18				1.00	1.00			1.50		1.50	0.75
19				1.00	1.00		1.50			1.50	0.75
20				1.00	1.00	1.50				1.50	0.75
21				1.00	1.00						
22				1.30	1.30				1.50	1.50	0.75
23				1.30	1.30				0.90	1.50	1.50
24				1.30	1.30			0.90		1.50	1.50
25				1.30	1.30		0.90			1.50	1.50
26				1.30	1.30	0.90				1.50	1.50
27				1.30	1.30				0.90	1.50	0.75
28				1.30	1.30			0.90		1.50	0.75
29				1.30	1.30		0.90			1.50	0.75
30				1.30	1.30	0.90				1.50	0.75
31				1.30	1.30			1.50		1.50	0.75
32				1.30	1.30		1.50			1.50	0.75
33				1.30	1.30	1.50				1.50	0.75
34				1.30	1.30						

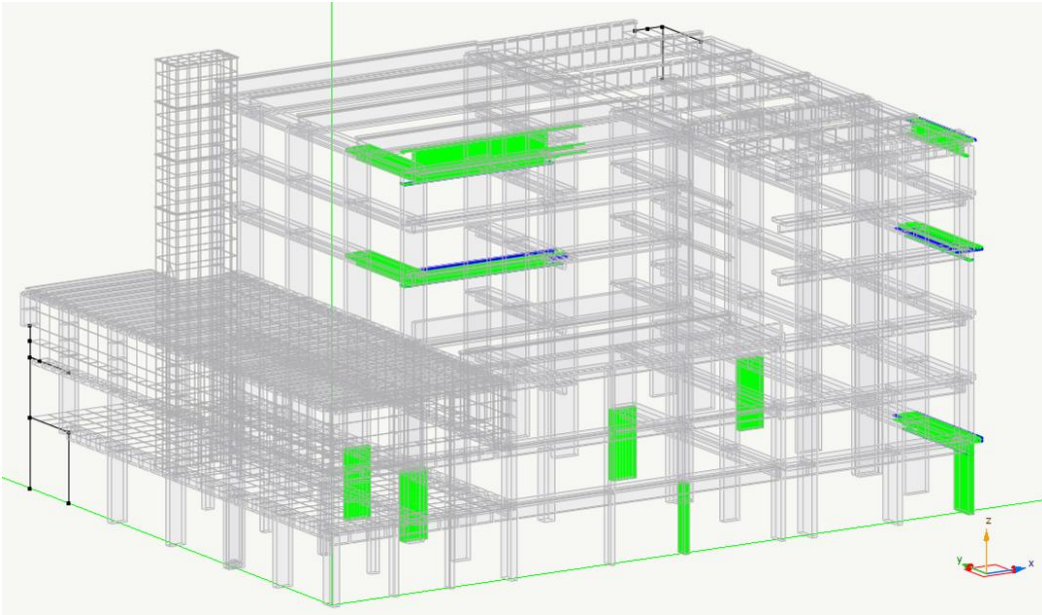
### COMBINAZIONI DI CARICO STATO LIMITE DI DANNO SLD

#	(1) Dinamica SLDh Y	(1) Dinamica SLDh X	..	..	(1) #1 p. proprio	(1) #2 permanente	..	..	(1) #7 accidentale edif turbine	..
1	-0.30	-1.00			1.00	1.00			0.80	
2	-0.30	1.00			1.00	1.00			0.80	
3	0.30	-1.00			1.00	1.00			0.80	
4	0.30	1.00			1.00	1.00			0.80	
5	-1.00	-0.30			1.00	1.00			0.80	
6	1.00	-0.30			1.00	1.00			0.80	
7	-1.00	0.30			1.00	1.00			0.80	
8	1.00	0.30			1.00	1.00			0.80	

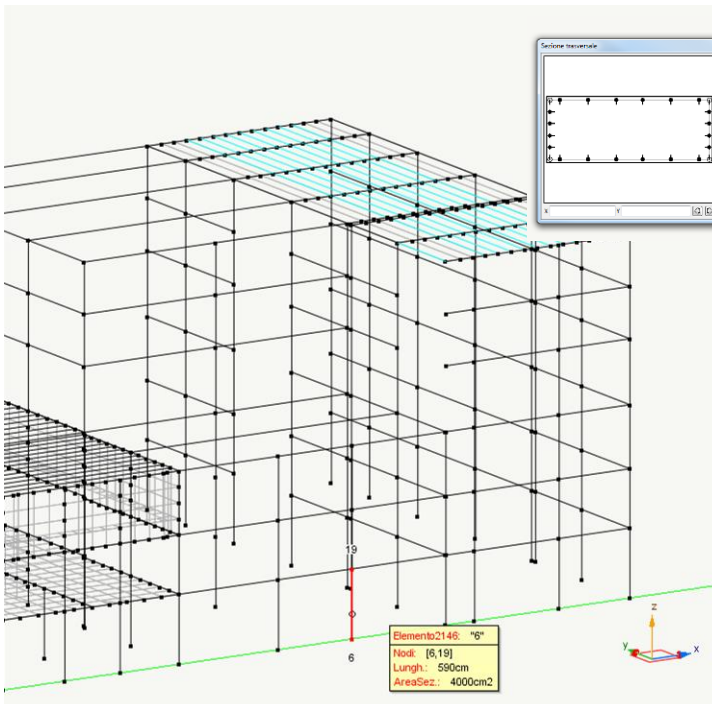
## 11. NOTE DI CALCOLO

Si riportano di seguito le verifiche di alcuni elementi di maggiore interesse, che vengono condotte con il post processore ExSys.

Le verifiche vengono condotte previa assegnazione delle armature nelle sezioni degli elementi del modello FEM. Le armature assegnate sono state desunte dagli elaborati grafici del progetto strutturale elencate in precedenza.

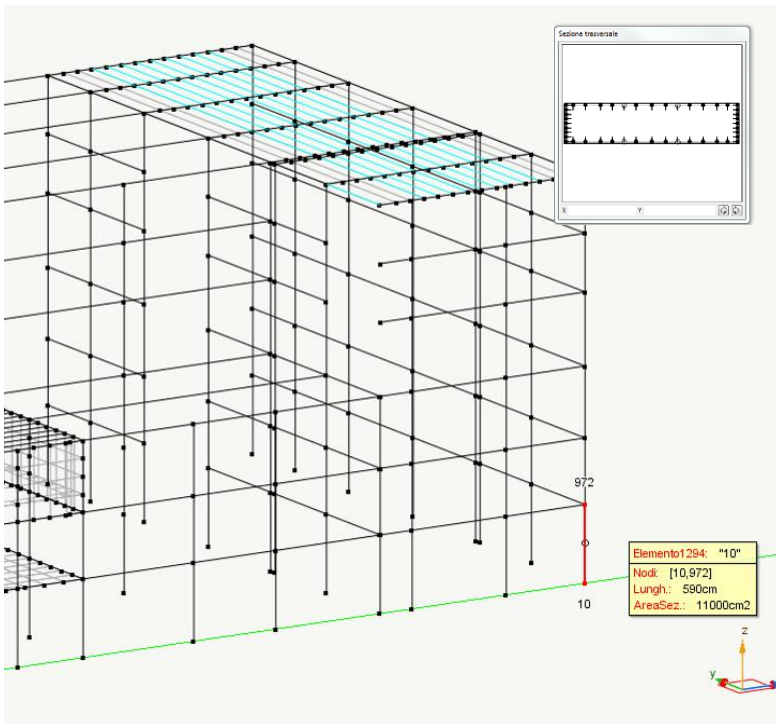


### 11.1 VERIFICA PILASTRO ESISTENTE ZONA SOPRALZO



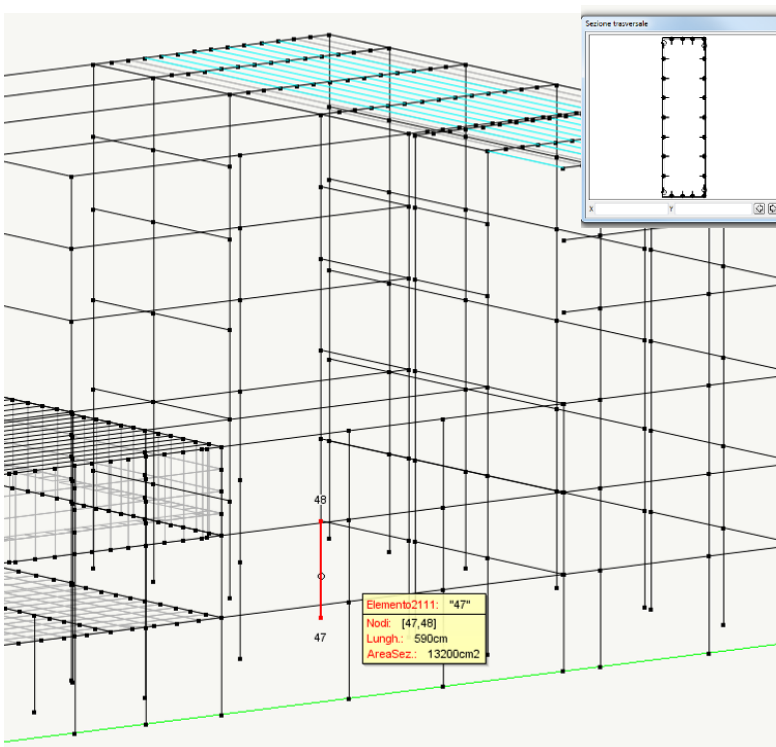
Verifica strutture esistenti (spettro ridotto)		
Classificazione	y	z
Taglio da plasticizzazione	21830.804	55339.617
Taglio minimo resistente	70106.571	92729.217
Fattore sicurezza	3.2113600	1.6756389
L'elemento è:	DUTTILE	
Verifica flessionale		
Ascissa verifica	5.0000000	
Combinazione	8	
Momento di verifica	-397092.51	-1779523.5
Momento resistente	1.01e+007	
Fatt. Sicurezza fless.	5.5177315	
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	307.975	
Moltiplicatore limite accelerazione	5.6467783	
Verifica taglio		
Taglio di verifica	-1584.7520	-2577.0115
Taglio resistente	45599.595	58377.779
Fatt. Sicurezza taglio	>10.0	>10.0
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	1215.84	
Moltiplicatore limite accelerazione	22.292617	
Rho elemento		
Rho	6.2756348	

11.2 VERIFICA PILASTRO D'ANGOLO 4-I



Verifica strutture esistenti (spettro ridotto)		
Classificazione		
	y	z
Taglio da plasticizzazione	79940.031	357190.84
Taglio minimo resistente	105147.68	116268.11
Fattore sicurezza	1.3153319	0.32550698
L'elemento è:	FRAGILE	
Verifica flessionale		
Ascissa verifica	5.0000000	
Combinazione	8	
Momento di verifica	-4320592.9	-2.17e+007
Momento resistente	5.40e+007	
Fatt. Sicurezza fless.	2.4377484	
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	133.213	
Moltiplicatore limite accelerazione	2.4424743	
Verifica taglio		
Taglio di verifica	-11808.568	-40502.077
Taglio resistente	105147.68	116268.11
Fatt. Sicurezza taglio	8.9043544	2.8706703
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	160.797	
Moltiplicatore limite accelerazione	2.9482408	
Rho elemento		
Rho	5.1271973	

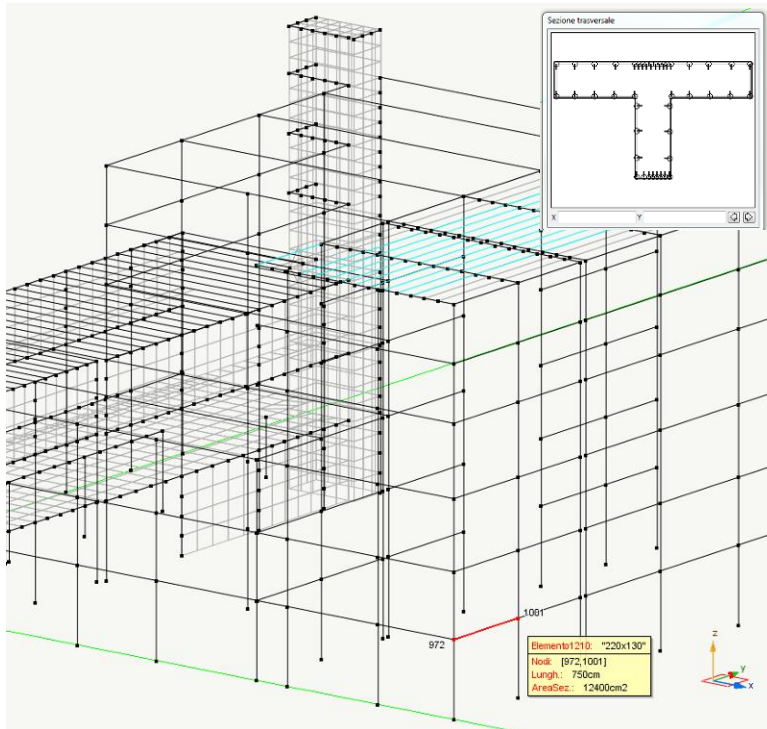
11.3 VERIFICA PILASTRO INTERNO F-7



Verifica strutture esistenti (spettro ridotto)		
Classificazione		
	y	z
Taglio da plasticizzazione	259344.43	71280.595
Taglio minimo resistente	137450.98	104936.90
Fattore sicurezza	0.52999397	1.4721665
L'elemento è:	FRAGILE	
Verifica flessionale		
Ascissa verifica	5.0000000	
Combinazione	1	
Momento di verifica	2.22e+007	4444268.8
Momento resistente	4.60e+007	
Fatt. Sicurezza fless.	2.0287442	
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	112.979	
Moltiplicatore limite accelerazione	2.0714978	
Verifica taglio		
Taglio di verifica	15366.682	15122.430
Taglio resistente	137450.98	104936.90
Fatt. Sicurezza taglio	8.9447404	6.9391559
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	416.901	
Moltiplicatore limite accelerazione	7.6439467	
Rho elemento		
Rho	4.3017578	

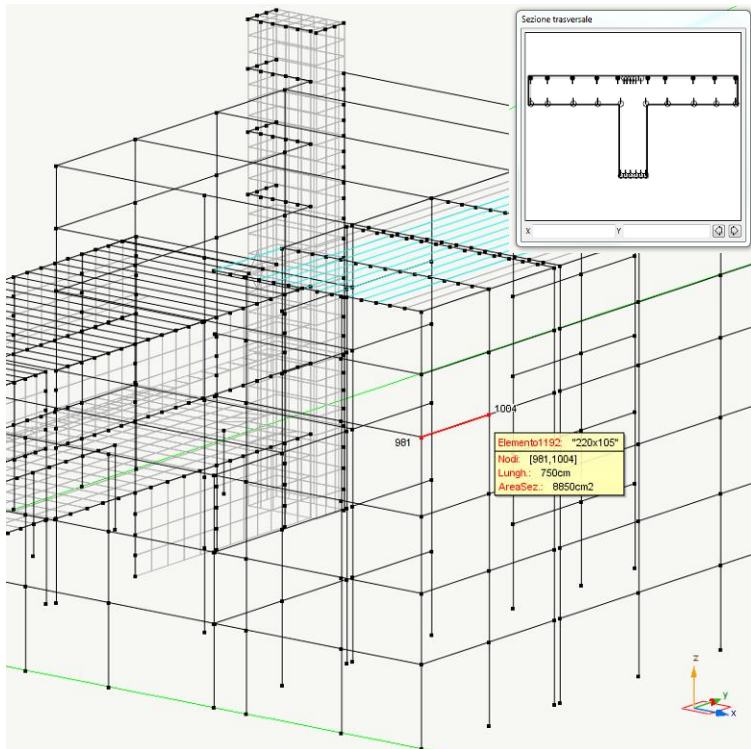


11.4 VERIFICA TRAVE FILO 4 quota +6,20 - campata assi I-H



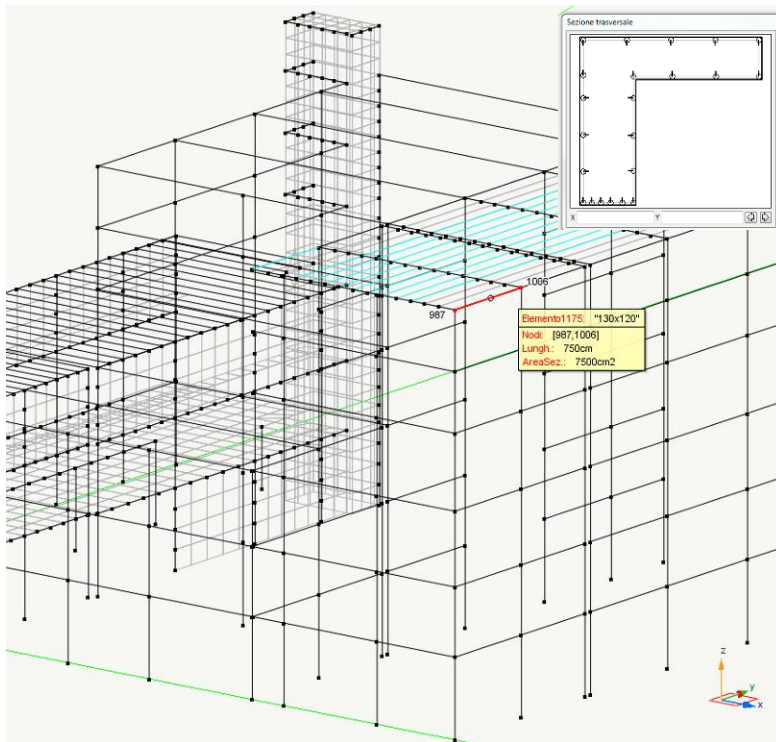
Verifica strutture esistenti (spettro ridotto)		
Classificazione	y	z
Taglio da plasticizzazione	73684.547	71428.004
Taglio minimo resistente	255187.05	205260.25
Fattore sicurezza	3.4632371	2.8736663
L'elemento è:	DUTTILE	
Verifica flessionale		
Ascissa verifica	110.00000	
Combinazione	8	
Momento di verifica	-3631555.1	-710627.26
Momento resistente	1.16e+007	
Fatt. Sicurezza fless.	3.1432750	
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	162.030	
Moltiplicatore limite accelerazione	2.9708521	
Verifica taglio		
Taglio di verifica	27368.141	-2448.0699
Taglio resistente	141770.59	114033.47
Fatt. Sicurezza taglio	5.1801322	>10.0
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	694.504	
Moltiplicatore limite accelerazione	12.733839	
Rho elemento		
Rho	2.7824707	

11.5 VERIFICA TRAVE FILO 4 quota +21,20 - campata assi I-H



Verifica strutture esistenti (spettro ridotto)		
Classificazione	y	z
Taglio da plasticizzazione	38484.157	52760.178
Taglio minimo resistente	108323.52	106614.32
Fattore sicurezza	2.8147563	2.0207347
L'elemento è:	DUTTILE	
Verifica flessionale		
Ascissa verifica	110.00000	
Combinazione	6	
Momento di verifica	-1874268.9	-1427718.3
Momento resistente	6075683.6	
Fatt. Sicurezza fless.	2.5786906	
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	137.686	
Moltiplicatore limite accelerazione	2.5245006	
Verifica taglio		
Taglio di verifica	-15014.540	2782.5497
Taglio resistente	60179.736	59230.179
Fatt. Sicurezza taglio	4.0080971	>10.0
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	444.759	
Moltiplicatore limite accelerazione	8.1547343	
Rho elemento		
Rho	2.4594727	

11.6 VERIFICA TRAVE FILO 4 quota +29,20 - campata assi I-H



Verifica strutture esistenti (spettro ridotto)

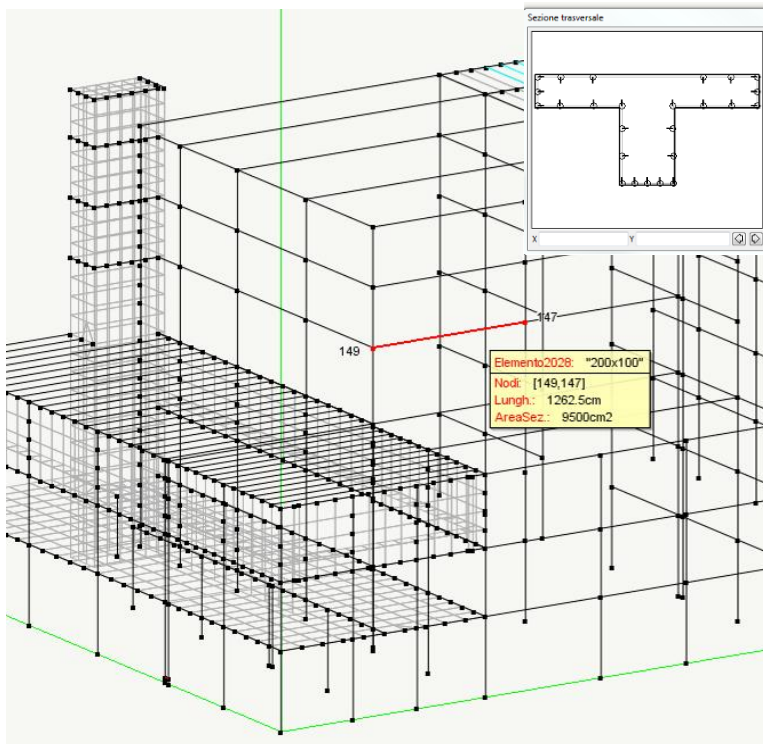
Classificazione	y	z
Taglio da plasticizzazione	26997.721	15857.728
Taglio minimo resistente	54219.687	52056.708
Fattore sicurezza	2.0083060	3.2827344
L'elemento è:	DUTTILE	

Verifica flessionale		
Ascissa verifica	110.00000	
Combinazione	7	
Momento di verifica	1857082.2	739546.83
Momento resistente	6365722.7	
Fatt. Sicurezza fless.	3.1845800	
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	183.781	
Moltiplicatore limite accelerazione	3.3696565	

Verifica taglio		
Taglio di verifica	-11444.499	-1945.3309
Taglio resistente	30233.084	29010.728
Fatt. Sicurezza taglio	2.6417133	>10.0
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	308.393	
Moltiplicatore limite accelerazione	5.6544343	

Rho elemento		
Rho	2.3413391	

11.7 VERIFICA TRAVE FILO G quota +21,20 - campata assi 9-10



Verifica strutture esistenti (spettro ridotto)

Classificazione	y	z
Taglio da plasticizzazione	38357.697	33102.922
Taglio minimo resistente	90146.114	103957.07
Fattore sicurezza	2.3501441	3.1404198
L'elemento è:	DUTTILE	

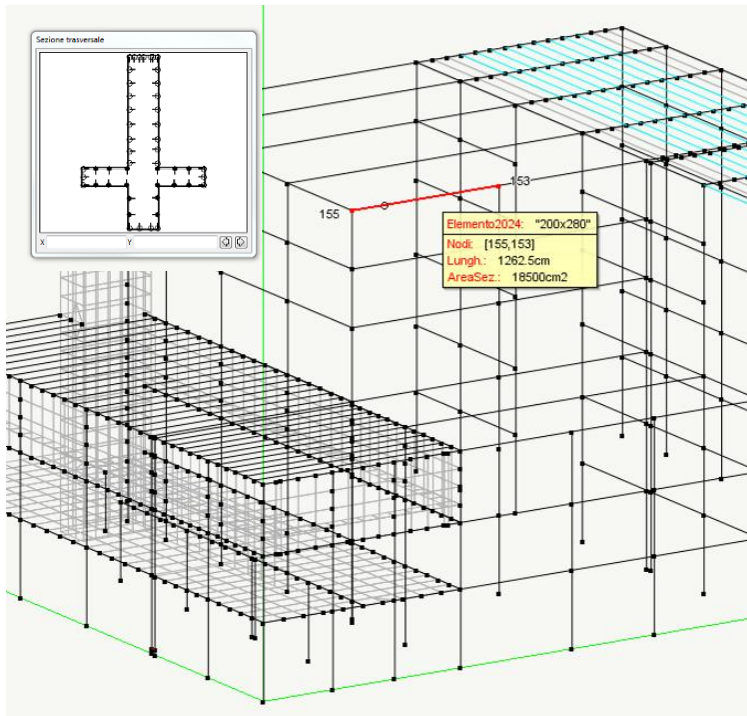
Verifica flessionale		
Ascissa verifica	110.00000	
Combinazione	3	
Momento di verifica	4657585.3	3481030.5
Momento resistente	1.02e+007	
Fatt. Sicurezza fless.	1.7509560	
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	107.322	
Moltiplicatore limite accelerazione	1.9677754	

Verifica taglio		
Taglio di verifica	-22145.767	2629.3596
Taglio resistente	50155.905	57806.773
Fatt. Sicurezza taglio	2.2648078	>10.0
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	281.915	
Moltiplicatore limite accelerazione	5.1689612	

Rho elemento		
Rho	1.5502930	

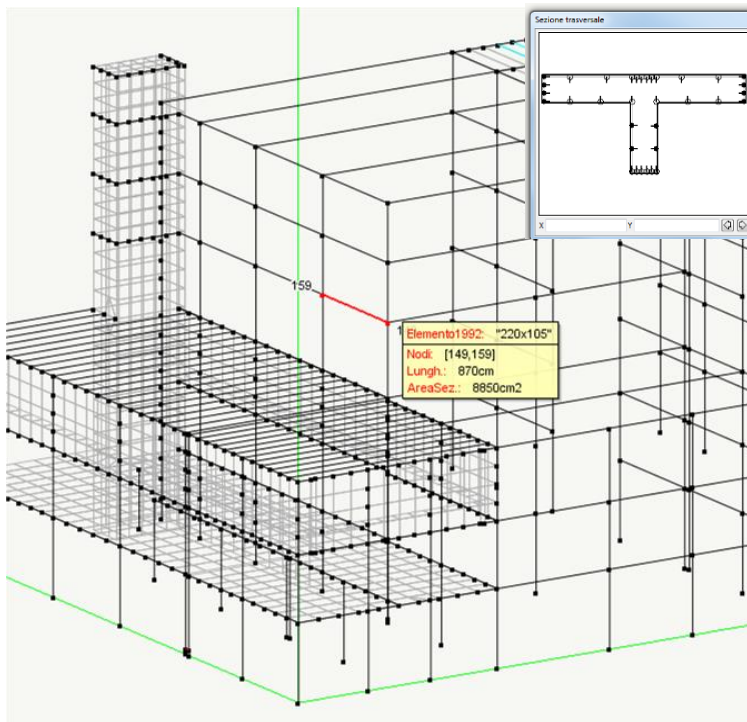


11.8 VERIFICA TRAVE FILO G quota +29,80 - campata assi 9-10



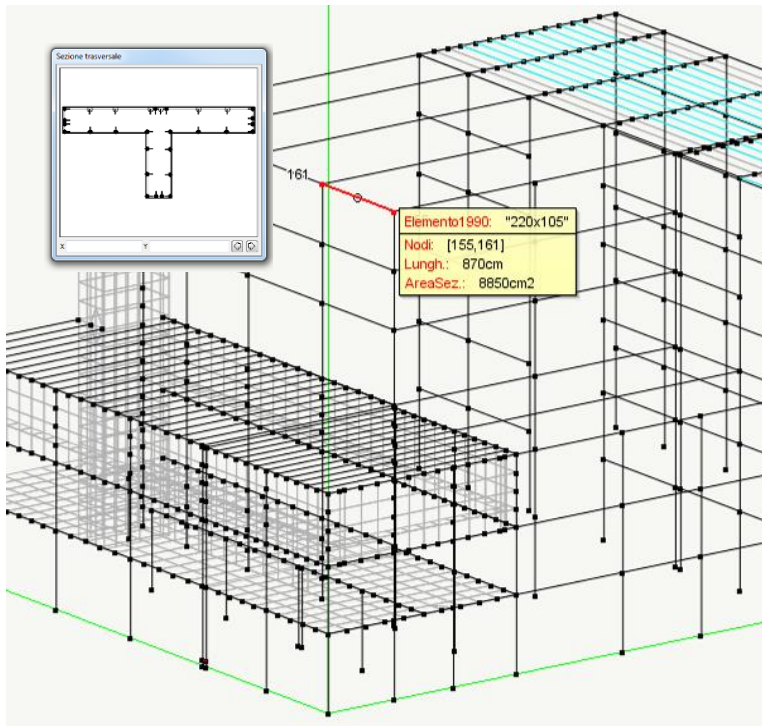
Verifica strutture esistenti (spettro ridotto)		
Classificazione	y	z
Taglio da plasticizzazione	168288.59	63534.553
Taglio minimo resistente	74416.666	158518.77
Fattore sicurezza	0.44219675	2.4950009
L'elemento è:	FRAGILE	
Verifica flessionale		
Ascissa verifica	110.00000	
Combinazione	2	
Momento di verifica	-1.43e+007	-9246041.5
Momento resistente	3.34e+007	
Fatt. Sicurezza fless.	1.9616883	
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	100.999	
Moltiplicatore limite accelerazione	1.8518353	
Verifica taglio		
Taglio di verifica	65585.920	-11217.088
Taglio resistente	74416.666	158518.77
Fatt. Sicurezza taglio	1.1346439	>10.0
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	78.9859	
Moltiplicatore limite accelerazione	1.4482200	
Rho elemento		
Rho	3.3985596	

11.9 VERIFICA TRAVE FILO 10 quota +21,20 - campata assi G-F



Verifica strutture esistenti (spettro ridotto)		
Classificazione	y	z
Taglio da plasticizzazione	66259.284	96605.254
Taglio minimo resistente	156534.47	121893.11
Fattore sicurezza	2.3624534	1.2617648
L'elemento è:	DUTTILE	
Verifica flessionale		
Ascissa verifica	25.000000	
Combinazione	5	
Momento di verifica	2627053.4	3457516.3
Momento resistente	2.29e+007	
Fatt. Sicurezza fless.	5.2807846	
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	323.510	
Moltiplicatore limite accelerazione	5.9316186	
Verifica taglio		
Taglio di verifica	13537.347	-3021.8430
Taglio resistente	86963.594	67718.396
Fatt. Sicurezza taglio	6.4239759	>10.0
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	1125.54	
Moltiplicatore limite accelerazione	20.636993	
Rho elemento		
Rho	5.8868408	

11.10 VERIFICA TRAVE FILO 10 quota +29,80 - campata assi G-F



Verifica strutture esistenti (spettro ridotto)

Classificazione	y	z
Taglio da plasticizzazione	56305.018	88425.799
Taglio minimo resistente	254853.93	312124.47
Fattore sicurezza	4.5263093	3.5297897
L'elemento è:	DUTTILE	

Verifica flessionale

Ascissa verifica	25.000000	
Combinazione	5	
Momento di verifica	1484780.4	5573975.1
Momento resistente	2.44e+007	
Fatt. Sicurezza fless.	4.2267090	
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	224.554	
Moltiplicatore limite accelerazione	4.1172299	

Verifica taglio

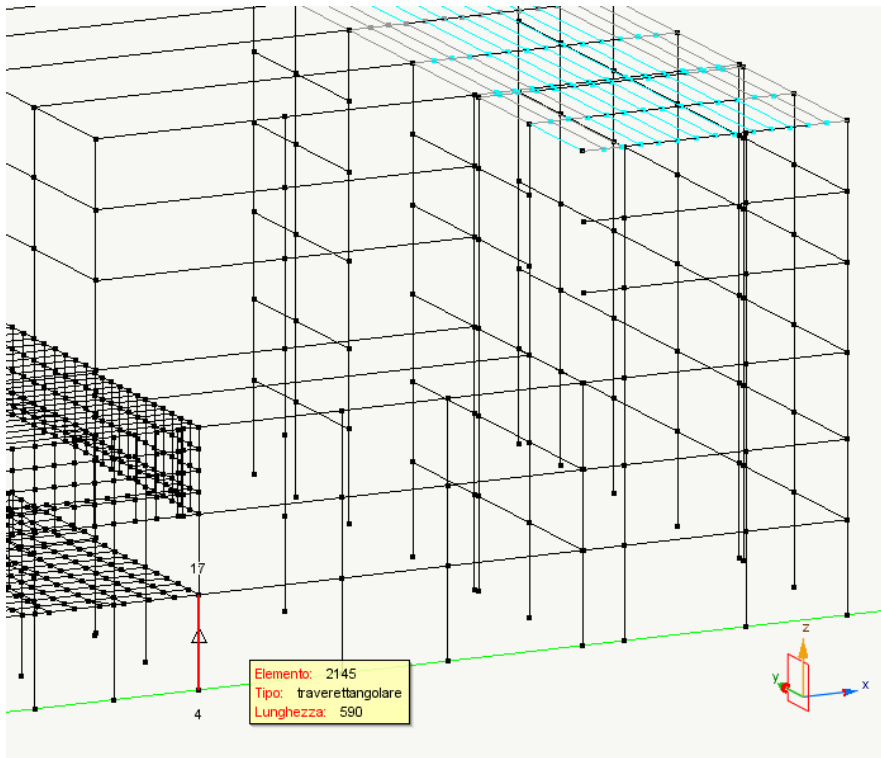
Taglio di verifica	11734.702	8071.5757
Taglio resistente	141832.83	173705.37
Fatt. Sicurezza taglio	>10.0	>10.0
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	1236.28	
Moltiplicatore limite accelerazione	22.667486	

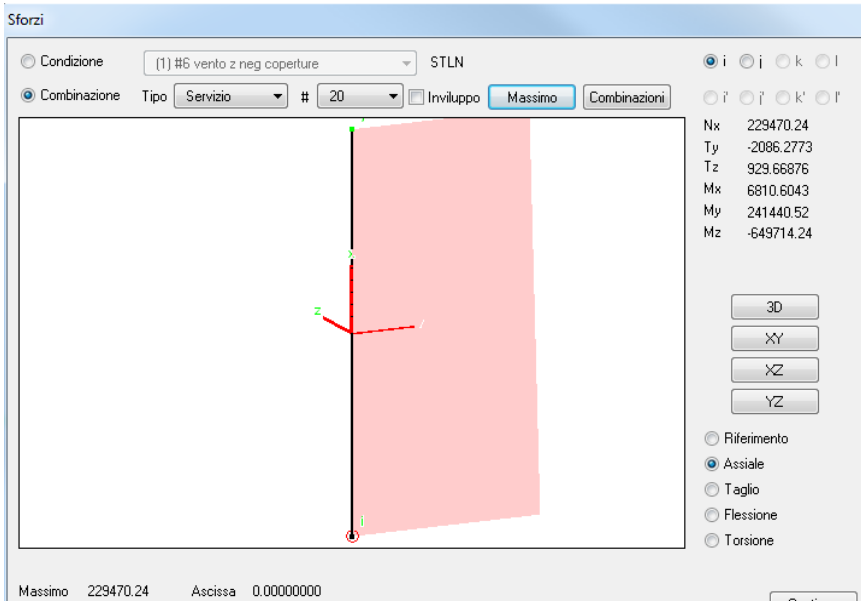
Rho elemento

Rho	4.7384033	
-----	-----------	--

11.11 VERIFICA FONDAZIONI

11.1.1 VERIFICA FONDAZIONE PILASTRO assi 10 - I



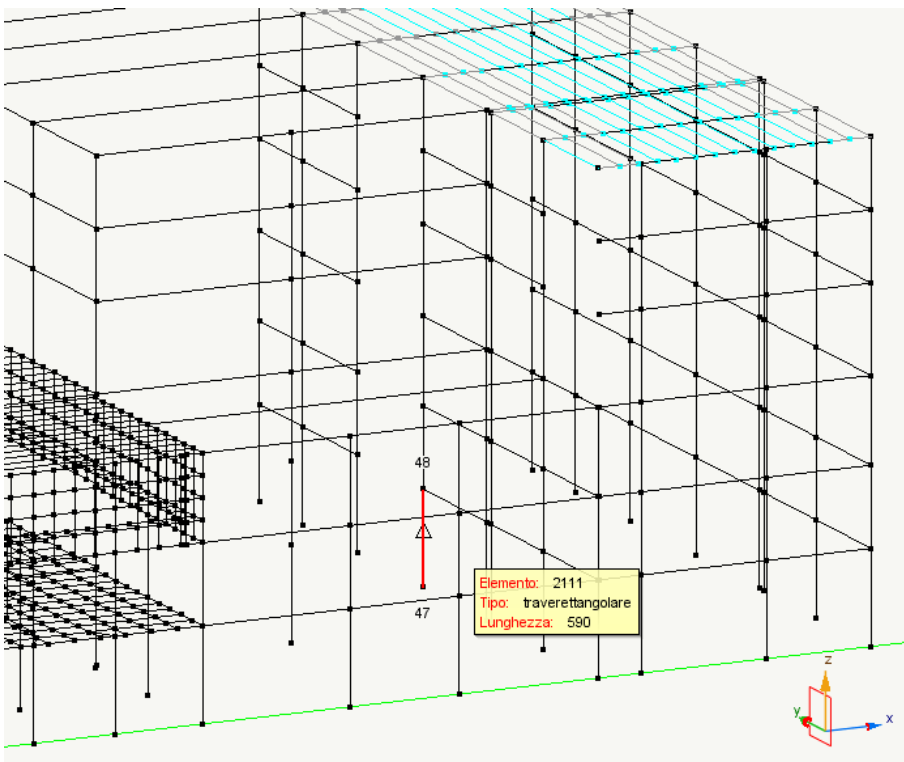


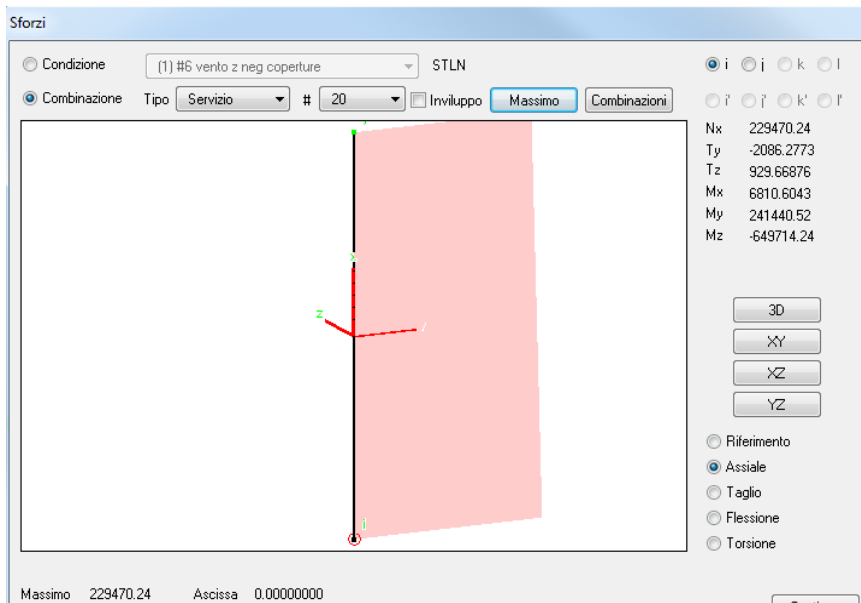
$$N_{MAX} = 229,5 \text{ t}$$

La fondazione in questione è un setto in c.a. dim. 80x250 con portata utile di  $P_U = 266,0 \text{ t}$

$$P_U / N_{MAX} = 266,0 / 229,5 = 1,16 > 1,0 \text{ verifica soddisfatta}$$

### 11.1.2 VERIFICA FONDAZIONE PILASTRO assi 7- F





$$N_{MAX} = 278,2 \text{ t}$$

La fondazione in questione è un setto in c.a. dim. 80x360 con portata utile di  $P_U = 373,5 \text{ t}$

$$P_U / N_{MAX} = 373,5 / 278,2 = 1,34 > 1,0 \text{ verifica soddisfatta}$$