

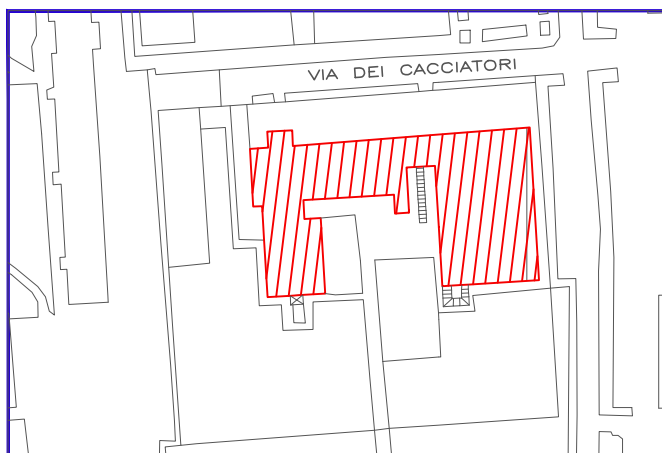


# COMUNE DI NICHELINO

CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

INTERVENTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA SUL PATRIMONIO IMMOBILIARE  
COMUNALE - EDILIZIA SCOLASTICA II LOTTO

**Scuola Primaria "A. Gramsci" - via Cacciatori, 21/12**  
**COD. ED. 08**



## Progettisti :

**FABRICA.TRE**

studio associato architettura e ingegneria

arch. Maurizio Testa

arch. Stefania Zitti

ing. Fabio Oliari

via G. Regaldi, 3 10154 Torino t/f 011.885337 info@fabricatre.it

## Il Responsabile del Procedimento :

**Ing. Luigi Amendolara**

(Responsabile P.O.)

## PROGETTO ESECUTIVO

### ALLEGATI DI CALCOLO

scala

-

REV	MODIFICHE	DATA	DATA ultimo aggiornamento	08_PE.ST.ACL_01
0	EMISSIONE	marzo 2017		
1	REVISIONE	aprile 2018		
file	08_PE.ST.ACL_01.doc			

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

1	Premessa .....	3
2	Descrizione delle opere .....	4
2.1	Posizione .....	4
2.2	Interventi in progetto .....	4
2.2.1	Pedane .....	4
2.2.2	Piattaforma elevatrice.....	5
3	Criteri generali di sicurezza.....	7
4	Azioni sulla costruzione: analisi dei carichi .....	8
4.1	Analisi dei carichi .....	8
4.1.1	Carichi permanenti e variabili pedana .....	8
4.1.2	Carichi permanenti e variabili piattaforma elevatrice .....	8
4.1.3	Carichi sismici .....	9
5	Caratteristiche dei materiali .....	12
6	Modellazione strutturale.....	13
6.1	Modellazione della struttura, dei vincoli e dei materiali .....	13
7	Verifiche strutturali .....	14
7.1	Verifiche elementi pensilina .....	14
7.1.1	Verifiche a Stato Limite Ultimo .....	14
	Sismica: Assenza di martellamento tra strutture contigue (NTC08 7.2.2).....	14
	Sismica: Resistenza delle strutture (NTC08 7.3.6.1).....	14
	Sismica: Duttilità delle strutture (NTC08 7.3.6.2).....	15
	Statica: Resistenza delle strutture (NTC08 4.1.2.1) .....	15
	Sismica e Statica: Grafici sollecitazioni massime montanti .....	15
	Sismica e Statica: Grafici sollecitazioni massime elementi orizzontali .....	17
	Grafici tasso di lavoro .....	19
7.1.2	Verifiche a Stato Limite di Esercizio .....	19
	Sismica: Verifica a Stato Limite di Operatività (NTC08 7.3.7.2).....	19
	Sismica: Resistenza degli elementi strutturali (NTC08 7.3.7.1) .....	20
	Statica: Spostamenti verticali ed orizzontali (NTC08 4.2.4.2.1 e 4.2.4.2.2) .....	20
7.2	Verifiche piattaforma elevatrice .....	21
7.2.1	Verifiche a Stato Limite Ultimo .....	21
	Sismica: Assenza di martellamento tra strutture contigue (NTC08 7.2.2).....	21
	Sismica: Resistenza delle strutture (NTC08 7.3.6.1).....	21
	Sismica: Duttilità delle strutture (NTC08 7.3.6.2).....	22
	Statica: Resistenza delle strutture (NTC08 4.1.2.1) .....	22
	Sismica e Statica: Grafici sollecitazioni massime montanti .....	22
	Sismica e Statica: Grafici sollecitazioni massime elementi orizzontali .....	24
	Grafici tasso di lavoro .....	26
7.2.2	Verifiche a Stato Limite di Esercizio .....	26
	Sismica: Verifica a Stato Limite di Operatività (NTC08 7.3.7.2).....	26
	Sismica: Resistenza degli elementi strutturali (NTC08 7.3.7.1) .....	27
8	Note su: normativa e codice di calcolo.....	28

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

---

8.1	Normative di riferimento .....	28
8.2	Schematizzazione della struttura e dei vincoli .....	28
8.3	Modellazione della struttura e dei vincoli .....	28
8.4	Modellazione dei materiali.....	29
8.5	Individuazione del codice di calcolo .....	29
8.6	Grado di affidabilit� del codice .....	29
8.7	Valutazione della correttezza del modello .....	30

# 1 Premessa

La presente relazione è redatta a corredo del Progetto Esecutivo relativo ad Interventi di manutenzione straordinaria su edifici scolastici nel Comune di Nichelino. Nello specifico sono illustrati gli interventi di carattere strutturale sulla Scuola "A. Gramsci".

Come richiesto dall'art. **33 del d.P.R. n. 207/2010** (in vigore fino all'emanazione delle linee guida e dei decreti attuativi del d.lgs. n. 50/2016) verranno di seguito illustrate nel dettaglio le tipologie strutturali, gli schemi, i modelli di calcolo e le azioni sismiche ipotizzate per il dimensionamento delle strutture oggetto dell'intervento.

In calce alla presente relazione sono inoltre allegati, ai sensi dell'art. **35 e 37 del d.P.R. n. 207/2010**, i calcoli di dimensionamento e verifica delle strutture.

Riferimento Normativo di carattere Tecnico è il **D.M. 14.01.2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni** (di seguito indicate **NTC08**) e la relativa **Circolare Esplicativa** (di seguito indicata **C08**) (ove necessario si farà anche riferimento agli Eurocodici ed alle direttive CNR).

Ai sensi dell'art. 8.4 del NTC08 gli interventi in oggetto sono classificabili come "**riparazione o intervento locale**" dato che non vengono modificati i carichi agenti sulla struttura e le rigidezze globali della struttura come richiesto espressamente dalla Circ. 08.

Elenco completo di tutti i riferimenti normativi è riportato in calce alla presente relazione insieme alle note di dettaglio sul codice di calcolo.

Il programma di calcolo utilizzato per il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali è **DOLMEN 16** che è stato utilizzato per realizzare una **modellazione strutturale agli elementi finiti**, applicato a sistemi tridimensionali.

## 2 Descrizione delle opere

### 2.1 Posizione

L'edificio oggetto di interventi è la palestra della Scuola "A. Gramsci" ubicata nel Comune di Nichelino in Via Cacciatori 21/12 (Lat. 45.002363° e Lon. 7.630595°).

L'area è posta ad una quota di circa 232 m s.l.m.

### 2.2 Interventi in progetto

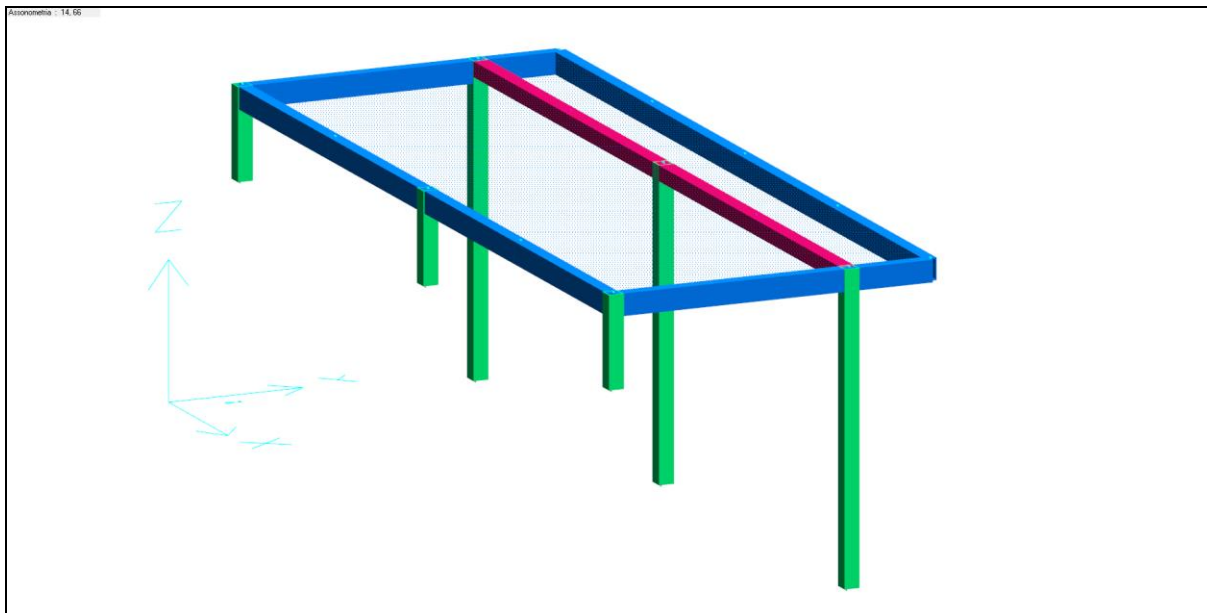
Gli interventi in progetto, e di seguito illustrati, sono i seguenti:

- realizzazione di due stalli per disabili costituiti da pedane, in carpenteria metallica, da collocare sugli spalti della palestra
- realizzazione di un montapersona esterno, anch'esso in carpenteria metallica, per permettere l'accesso all'ultimo livello degli spalti ed ai nuovi stalli

#### 2.2.1 Pedane

Le **nuove pedane** hanno una dimensione in pianta di circa 4 x 1.5 m e sono così realizzate:

- piedritti in profilati metallici cavi (70x70 sp.6.3)
- travi perimetrali in profilati metallici cavi (100x60 sp.6.3)
- piano di calpestio in grigliato metallico (30x3 antitacco)



Vista assonometrica del modello strutturale della pedana metallica

Come precedentemente indicato le pedane poggeranno sugli spalti esistenti. Tale soluzione non comporta aggravio di carichi perché la struttura di sostegno ha un peso modesto ed è fatta per ospitare al massimo due persone (disabile ed accompagnatore) togliendo invece circa 8 posti a sedere alla gradinata.

### 2.2.2 Piattaforma elevatrice

Di seguito si illustra il **dimensionamento degli elementi portanti principali** tenendo conto che la struttura potrà subire delle modifiche in seguito all'effettiva scelta della casa fornitrice della piattaforma; in tal caso **la ditta esecutrice dei lavori dovrà necessariamente fornire apposita relazione di calcolo da depositare prima della realizzazione dell'incastellatura metallica.**

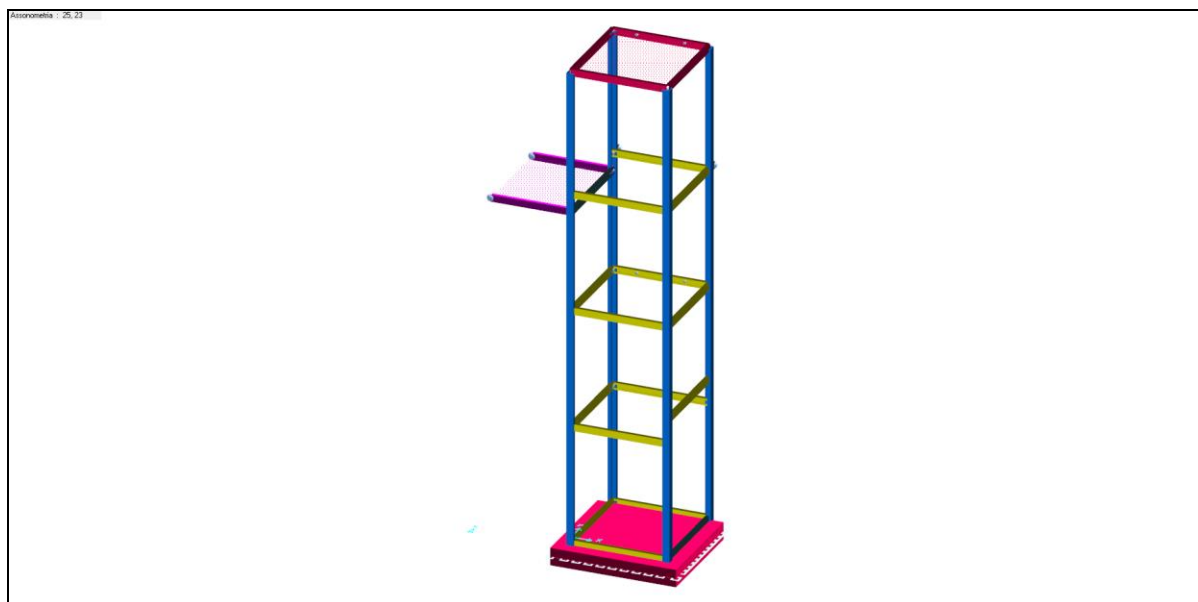
**I requisiti tecnici che dovranno essere rispettati sono i seguenti:**

*Struttura conforme alla normativa antisismica comunitaria EN1090-2 in vigore dal 01/07/2014 e DM 14/01/2008 oltre che possedere la marcatura CE secondo regolamento europeo EU 305/2011.*

La struttura da realizzare è esterna alla palestra e si collocherà tra la scala e la parete della palestra ed è costituita dai seguenti elementi:

- montanti in acciaio pressopiegato (tipo L rinforzato) di lato 120 mm e spessore 6 mm
- traverse di collegamento in acciaio pressopiegato (tipo C rinforzato) di lati 120x60 mm spessore 6 mm
- putrelle di sostegno dello sbarco in profilati metallici cavi (120x60 sp.6 mm)
- piano di calpestio dello sbarco in grigliato metallico (30x3 antitacco)
- assemblaggio tramite bulloni ad alta resistenza

La dimensione in pianta è di 1600 x 1650 mm.



Vista assonometrica del modello strutturale della piattaforma

Anche in questo caso la soluzione non comporta aggravio di carichi perché la struttura della piattaforma elevatrice è autoportante e si aggancia alla struttura esistente solo per bloccarne i movimenti laterali. Anche il punto di sbarco non subisce aumenti di carico perché in quel

punto dovrà essere rimosso il pesante parapetto esistente (sarà opportuno verificare in sede di demolizione che non abbia funzioni strutturali).

### 3 Criteri generali di sicurezza

Le NTC08 definiscono nel **capitolo 2** i principi fondamentali per il progetto, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione delle costruzioni indicando gli **Stati Limite** che devono essere esaminati in funzione della **Vita Nominale** e della **Classe d'uso** adottata.

Come noto gli Stati Limite individuati dalle NTC08 2.2 sono di due tipi:

- Stati Limite Ultimi (SLU)
- Stati Limite di Esercizio (SLE)

e devono essere verificati per tutti i tipi di costruzioni (ad eccezione degli edifici esistenti).

Invece la Vita Nominale e la Classe d'Uso devono essere valutate caso per caso di concerto tra progettista e committente (nel rispetto dei limiti imposti dalle vigenti normative).

Nel caso specifico coerentemente con quanto indicato nella Relazione Tecnica del Progetto Definitivo sono stati utilizzati i seguenti valori di riferimento:

- |   |  |               |
|---|--|---------------|
| • <b>Vita Nominale (<math>V_N</math>)</b> | <b><math>\geq 50</math> anni</b> (opere ordinarie ...) | (NTC08 2.4.1) |
| • <b>Classe d'Uso (<math>C_U</math>)</b>  | <b>III</b> (affollamenti significativi)                | (NTC08 2.4.2) |

da tali valori si ricava il **Periodo di Riferimento per l'Azione Sismica**, così definito:

- |  |                                  |               |
|--|----------------------------------|---------------|
| • <b><math>V_R = V_N \times C_U</math></b> | <b><math>\geq 75</math> anni</b> | (NTC08 2.4.3) |
|--|----------------------------------|---------------|



## 4 Azioni sulla costruzione: analisi dei carichi

Le azioni agenti su una struttura sono classificabili in vari modi (NTC08 2.5.1):

- secondo il loro modo di azione
- secondo la risposta strutturale
- secondo la variazione della loro intensità nel tempo

I carichi ipotizzati sulle strutture in progetto sono, secondo la variazione della loro intensità nel tempo:

- **permanenti**: peso proprio degli elementi strutturali e peso proprio degli elementi non strutturali
- **variabili**: secondo la destinazione d'uso degli ambienti e la posizione dell'edificio e possono essere di lunga o breve durata (carichi antropici, neve e vento)
- **eccezionali**: incendio
- **sismici**

La **combinazione di tali azioni** è stata effettuata conformemente a quanto previsto dalla **NTC08 2.5.3**.

### 4.1 Analisi dei carichi

Di seguito il dettaglio dei **carichi permanenti e variabili** assegnati alle strutture (il peso proprio strutturale è determinato in automatico dal modello di calcolo a seconda della tipologia e spessore degli elementi (in cemento armato, acciaio e legno))

#### 4.1.1 Carichi permanenti e variabili pedana

- **solaio pedana**  
permanenti non strutturali (arrotondati per eccesso)

grigliato antitacco	46 daN/mq
tamponamento parapetto	20 daN/ml

  
variabili

grigliato	cat. C.2. NTC08 3.1.4	400 daN/mq
-----------	-----------------------	------------

I carichi termici sono trascurati in quanto influenti per i seguenti motivi:

- la modesta entità delle variazioni termiche dato che la struttura è interna all'edificio
- la modesta entità delle deformazioni termiche (inferiori ad 1 mm) rispetto ai giochi degli elementi bullonati

#### 4.1.2 Carichi permanenti e variabili piattaforma elevatrice

- **sbarco intermedio e copertura**  
permanenti non strutturali (arrotondati per eccesso)

grigliato sbarco		46 daN/mq
copertura		46 daN/mq
parapetto sbarco		20 daN/ml
lamiera microforata di tamponamento perimetrale		20 daNml
variabili		
sbarco	cat. C.2. NTC08 3.1.4	400 daN/mq
copertura	cat. H.1. NTC08.3.1.4	50 daN/mq
neve	NTC08 3.4 (dettaglio in allegato)	123 daN/mq
carichi piattaforma elevatrice (da verifica con il fornitore effettivo)		
carichi in fossa (pistone) x 1		1231 daN
carichi in fossa (guide) x 1		975 daN
carichi guide (secondo X) x 2		64 daN
carichi guide (secondo Y) x 2		257 daN

I carichi termici sono trascurati in quanto influenti per i seguenti motivi:

- la modesta entità delle deformazioni termiche (inferiori ad 1 mm) rispetto ai giochi degli elementi bullonati

L'azione del vento è stata trascurata per i seguenti motivi:

- la collocazione dell'ascensore all'interno della scala ed addossato alla parete della palestra che ne riduce di molto l'effetto (rispetto ad esempio alle sollecitazioni agenti sulle guide ed ai movimenti sismici della struttura principale)

#### 4.1.3 Carichi sismici

In base alla D.G.R. n. 11-13058 del 19.01.2010 e smi il Comune di Novara è classificato in zona sismica 4 (ovvero bassa sismicità).

Come indicato in precedenza il **Periodo di Riferimento per l'Azione Sismica**, per l'edificio in progetto è pari a:

- $V_R = V_N \times C_U$   $\geq 75$  anni (NTC08 2.4.3)

In relazione alla  $V_R$  ed allo **Stato Limite** considerato, a cui è associata una determinata **probabilità di superamento**  $P_{VR}$ , si determina il **periodo di ritorno** di riferimento dell'azione sismica  $T_R$ :

- $$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Prendendo come riferimento gli Stati Limite previsti dalla NTC08 3.2.1 si ottengono i seguenti periodi di riferimento dell'azione sismica:

- SLC**  $T_R = 1462$  anni (con  $V_R = 75$  anni e  $P_{VR} = 0.05$ )
- SLV**  $T_R = 711$  anni (con  $V_R = 75$  anni e  $P_{VR} = 0.10$ )
- SLD**  $T_R = 75$  anni (con  $V_R = 75$  anni e  $P_{VR} = 0.63$ )
- SLO**  $T_R = 45$  anni (con  $V_R = 75$  anni e  $P_{VR} = 0.81$ )

I coefficienti che tengono conto delle caratteristiche del **sottosuolo e della topografia** (NTC08 3.2.2) utilizzati sono <sup>1)</sup>:

- **Categoria Suolo D**

(depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti)

- **Categoria Topografica T1**

(superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclin. media < 15°)

Per la stima dell'accelerazione di riferimento del sito  $a_g$ , le NTC08 sono stati adottati i valori di pericolosità definiti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Le coordinate del sito sono

Latitudine 45.002363°

Longitudine 7.630595°

Tenendo conto dei parametri fin qui definiti si ha un valore di  $a_g$  di 0.6678 (g/10).

Per la definizione dell'azione sismica effettivamente agente sulle strutture in progetto è infine necessario determinare il **Fattore di struttura q** che chiaramente varia in base alla tipologia di struttura.

Sono stati utilizzati valori cautelativi dei Fattori di Struttura non considerando comportamenti dissipativi e non richiedendo quindi di soddisfare requisiti di duttilità, ed in particolare:

- **pedana**

**Fattore di Struttura q = 1**

- **piattaforma elevatrice**

**Fattore di Struttura q = 1**

Per il dimensionamento delle strutture sismo-resistenti è stata effettuata **un'analisi statica lineare** (per la pedana) (NTC08 7.3.3.2). Per quanto riguarda la piattaforma elevatrice si rimanda a quanto indicato in dettaglio nell'apposito paragrafo (per la verifica della struttura soggetta al movimento della palestra a cui è attaccata).

Il controllo delle **regolarità strutturali** ha evidenziato che il **fattore  $\theta$  è inferiore a 0.1** e quindi possono essere ignorati gli **effetti del secondo ordine** (NTC08 7.3.1).

In allegato sono riportati i risultati completi relativi a:

---

<sup>1</sup>

è stato utilizzato un valore cautelativo pari ad una classe D avendo a disposizione una relazione geologica antecedente le NTC08

per la piattaforma elevatrice è stato utilizzato di **un modulo di reazione verticale del terreno "Winkler"** pari a 3.0 (vedasi Tabella dei moduli di Winkler secondo Pozzati)

- **analisi sismica lineare**
- **controllo rigidezze strutturali** per il controllo della regolarità strutturale
- **verifica spostamenti sismici**

## 5 Caratteristiche dei materiali

I materiali utilizzati sono:

**Calcestruzzo** con le seguenti caratteristiche (UNI EN 206-2006, UNI 11104:2004, NTC08)

Elemento	Resistenza	Esposizione	Consistenza
Fondazioni	25/30	XC2	S4

Classe di resistenza del cemento (UNI EN 197/1): CEM 42,5 R

**Barre** per cemento armato (NTC08) B450 C

**Acciaio** per carpenteria metallica (UNI 10025-2, NTC08) S275

Per ulteriore specifiche, quali copriferro, diametro massimo aggregati, saldature, bulloni ...si rimanda alla tabella materiali riportata nelle tavole progettuali.

## 6 Modellazione strutturale

Come indicato in premessa il programma di calcolo utilizzato per il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali è **DOLMEN 16**.

Sono stati realizzati tre differenti modelli per la verifica degli elementi strutturali:

- **modello pedana**
- **modello piattaforma elevatrice**

### 6.1 Modellazione della struttura, dei vincoli e dei materiali

Le **struttura** è stata modellata con il **metodo degli elementi finiti**, applicato a sistemi tridimensionali.

Gli elementi utilizzati sono sia **monodimensionali** (trave con eventuali sconnessioni interne), che **bidimensionali** (piastre e membrane triangolari e quadrangolari).

I **vincoli** sono considerati puntuali ed inseriti tramite le sei costanti di rigidezza elastica, oppure come elementi asta poggianti su suolo elastico.

I **materiali** costituenti la struttura sono considerati elastici e con comportamento lineare.

## 7 Verifiche strutturali

Di seguito si riporta una sintesi dei risultati delle verifiche strutturali condotte sulle strutture verticali, sugli orizzontamenti, sulla carpenteria metallica e sugli elementi di collegamento (i tabulati di calcolo completi sono riportati in allegato).

Come di seguito illustrato sono state condotte tutte le verifiche necessarie per il loro **corretto ed esecutivo dimensionamento**, come richiesto dall'**37 del d.P.R. n. 207/2010**, sia nei confronti degli Stati Limite Ultimi che di Esercizio.

La combinazione dei carichi è stata effettuata secondo quanto previsto dalle NTC08 2.5.3.

Per quanto riguarda il dimensionamento delle strutture di fondazione e le sollecitazioni sul terreno si rimanda alla relativa relazione specialistica.

### 7.1 Verifiche elementi pensilina

#### 7.1.1 Verifiche a Stato Limite Ultimo

Di seguito si riportano in dettaglio le condizioni verificate.

##### **Sismica: Assenza di martellamento tra strutture contigue (NTC08 7.2.2)**

La distanza tra costruzioni contigue deve essere tale da evitare fenomeni di martellamento e non deve essere inferiore alla somma degli spostamenti massimi determinati per lo SLV di ciascuna costruzione.

Nel caso specifico dato che la pedana nel suo insieme si muoverà insieme alla palestra si è tenuto conto del solo spostamento relativo che risulta essere:

- piano copertura    Dx max: 0.024 cm                      Dy max: 0.022 cm

Il valore utilizzato di 2 cm è quindi ampiamente cautelativo (per evitare che in caso di controfase la pedana urti contro la gradinata superiore).

In allegato i **risultati completi degli spostamenti sismici** delle strutture.

##### **Sismica: Resistenza delle strutture (NTC08 7.3.6.1)**

Per tutti gli elementi strutturali deve essere verificato che il valore di progetto di ciascuna sollecitazione, calcolato in generale comprendendo gli effetti delle non linearità geometriche e le regole di gerarchie delle resistenze indicate per le diverse tecniche costruttive, sia inferiore al corrispondente valore della resistenza di progetto.

In allegato i risultati delle **verifiche di resistenza** degli elementi verticali.

### **Sismica: Duttilità delle strutture (NTC08 7.3.6.2)**

Deve essere verificato che i singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme possiedano una **duttilità coerente con il fattore di struttura,  $q$** , adottato.

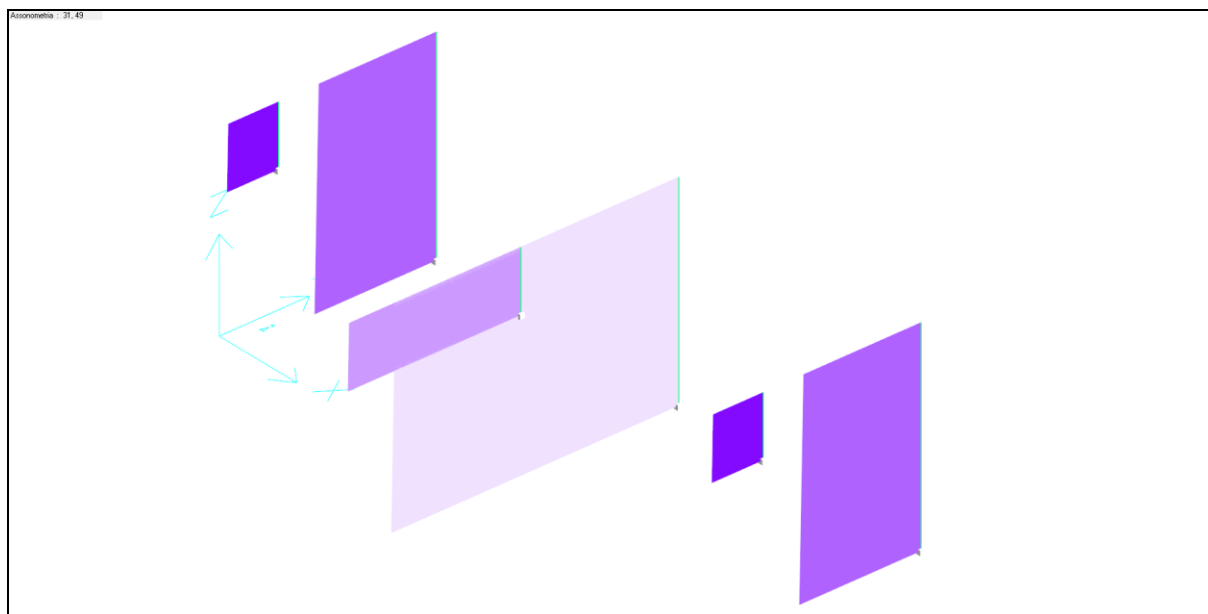
Questa condizione si può ritenere soddisfatta applicando le regole di progetto specifiche e di gerarchia delle resistenze indicate per le diverse tipologie costruttive.

### **Statica: Resistenza delle strutture (NTC08 4.1.2.1)**

In allegato i risultati delle **verifiche di resistenza** dei pilastri e degli elementi orizzontali.

### **Sismica e Statica: Grafici sollecitazioni massime montanti**

Si riporta di seguito la visualizzazione grafica delle sollecitazioni massime relative a: Sforzo Normale, Momento e Taglio.



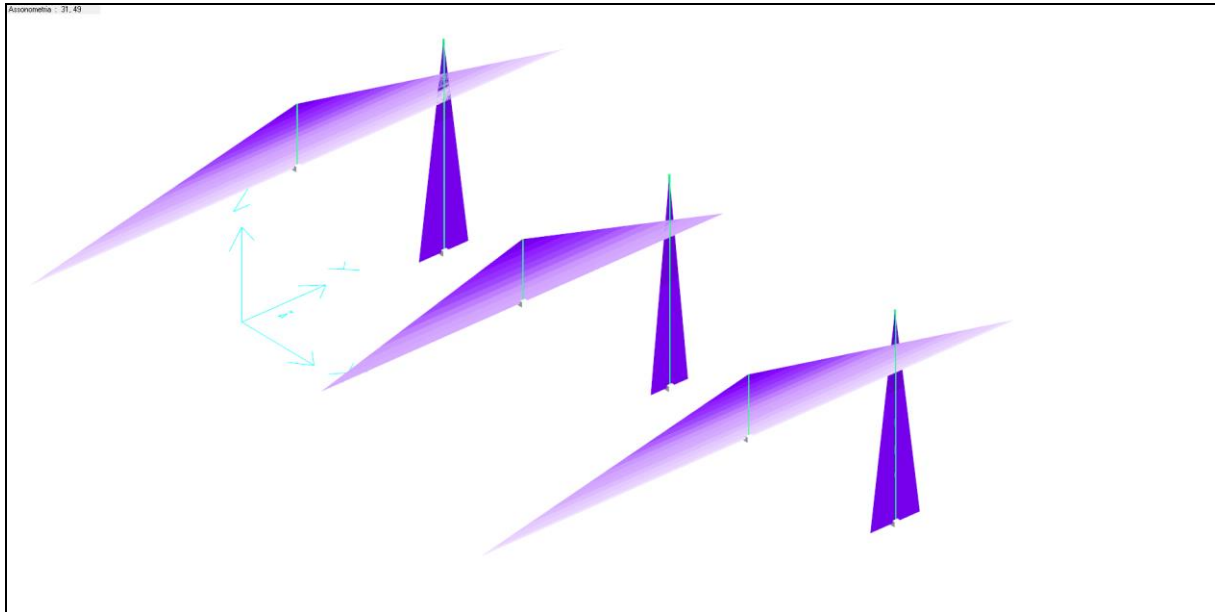
ANDAMENTO DEGLI SFORZI NORMALI

N-MAX = 1.509 daN

N+MAX = 0 daN



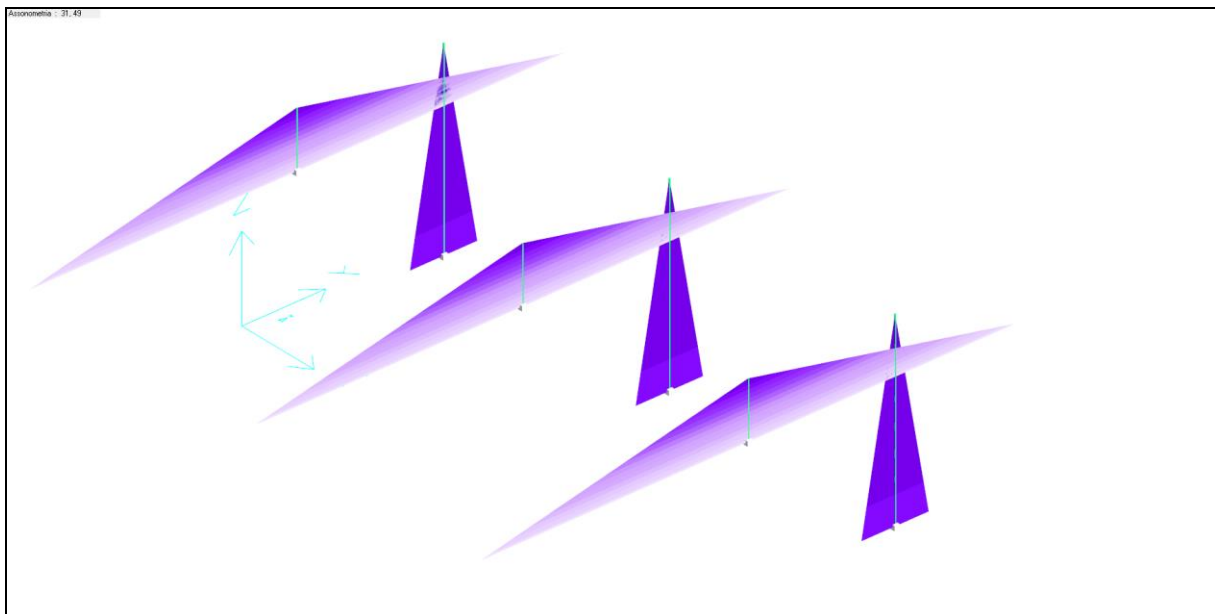
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DELLE STRUTTURE



ANDAMENTO DEI MOMENTI Z

M+MAX = 8.349 daNcm

M-MAX = -8.349 daNcm

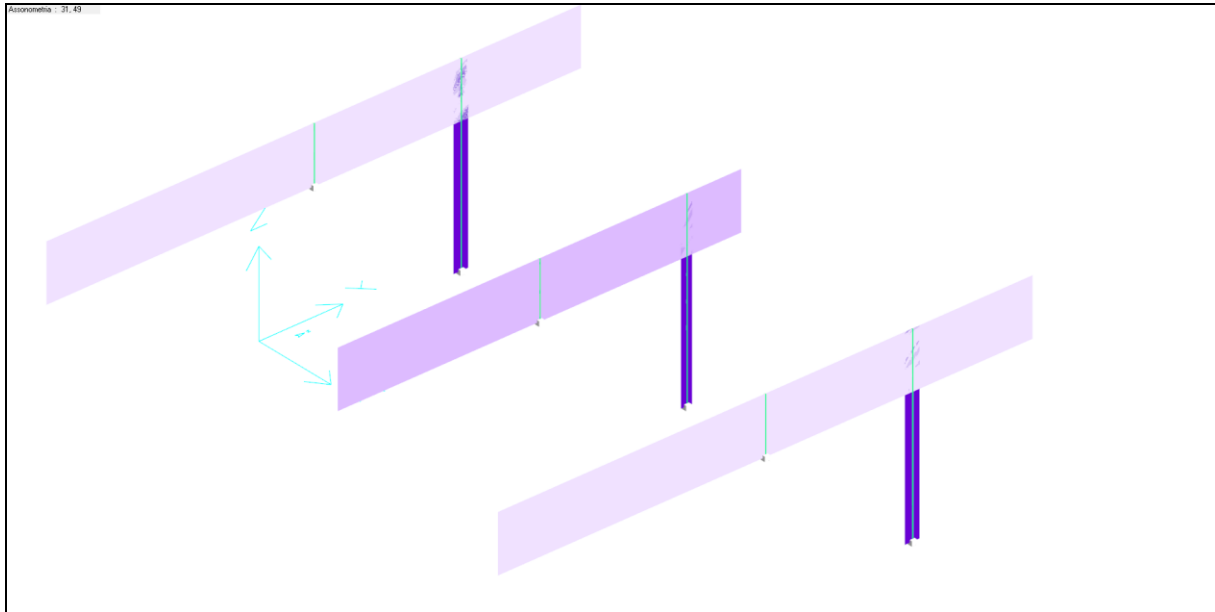


ANDAMENTO DEI MOMENTI Y

M+MAX = 6.255 daNcm

M-MAX = -6.255 daNcm

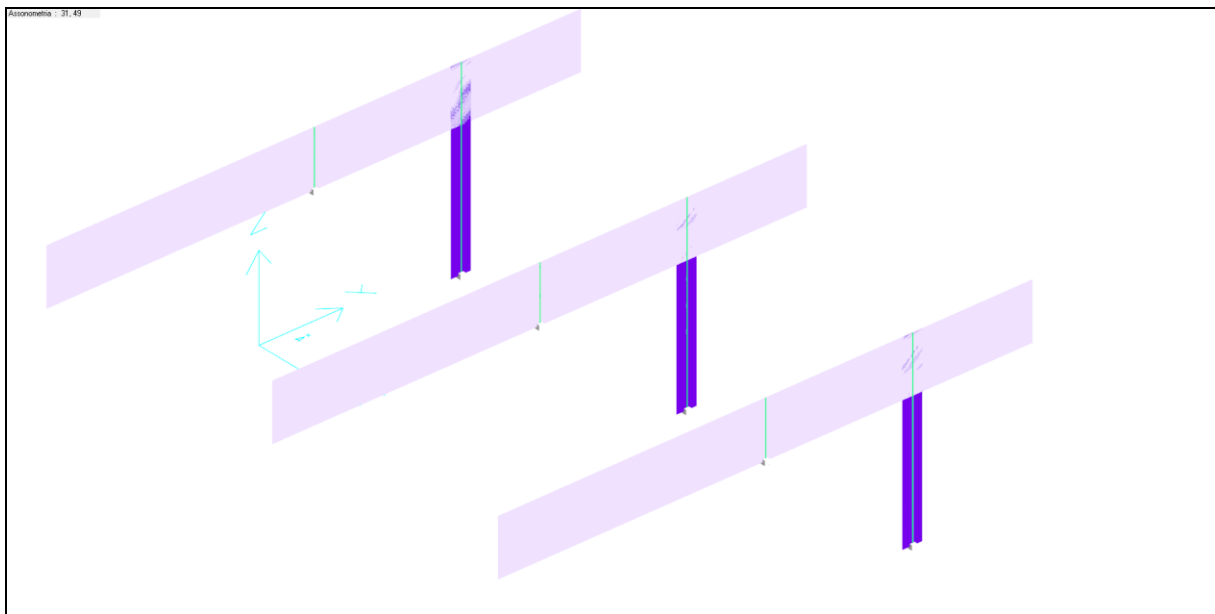
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DELLE STRUTTURE



ANDAMENTO DEGLI SFORZI DI TAGLIO Y

T+MAX = 199 daN

T-MAX = -199 daN



ANDAMENTO DEGLI SFORZI DI TAGLIO Z

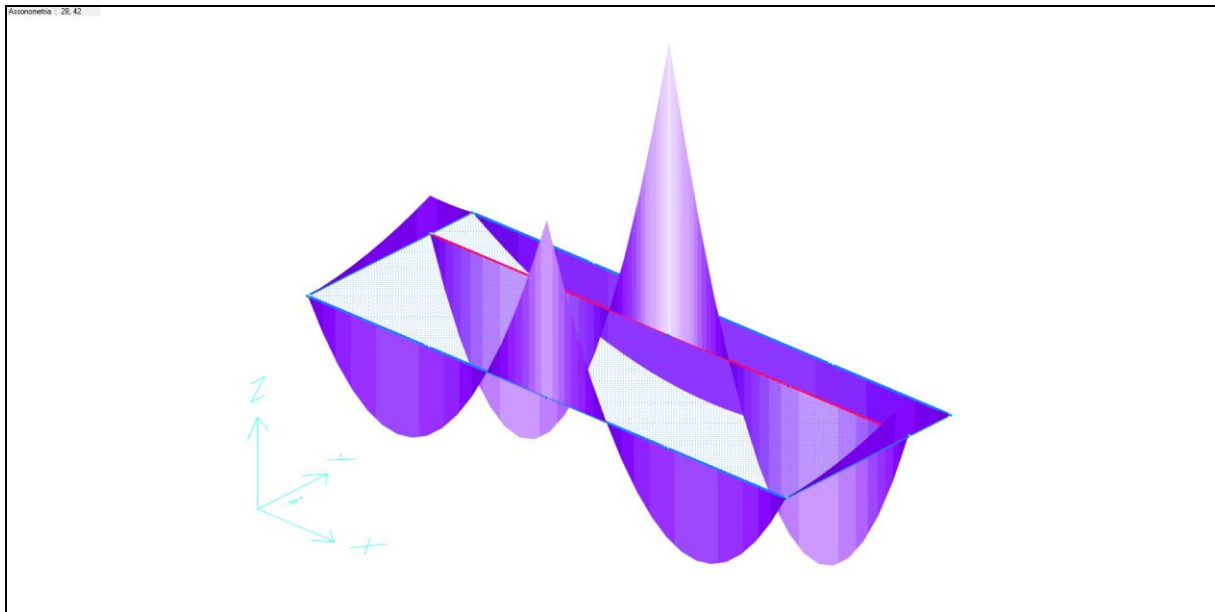
T+MAX = 149 daN

T-MAX = -149 daN

### Sismica e Statica: Grafici sollecitazioni massime elementi orizzontali

Si riporta di seguito la visualizzazione grafica delle sollecitazioni massime relative a:  
Momento e Taglio.

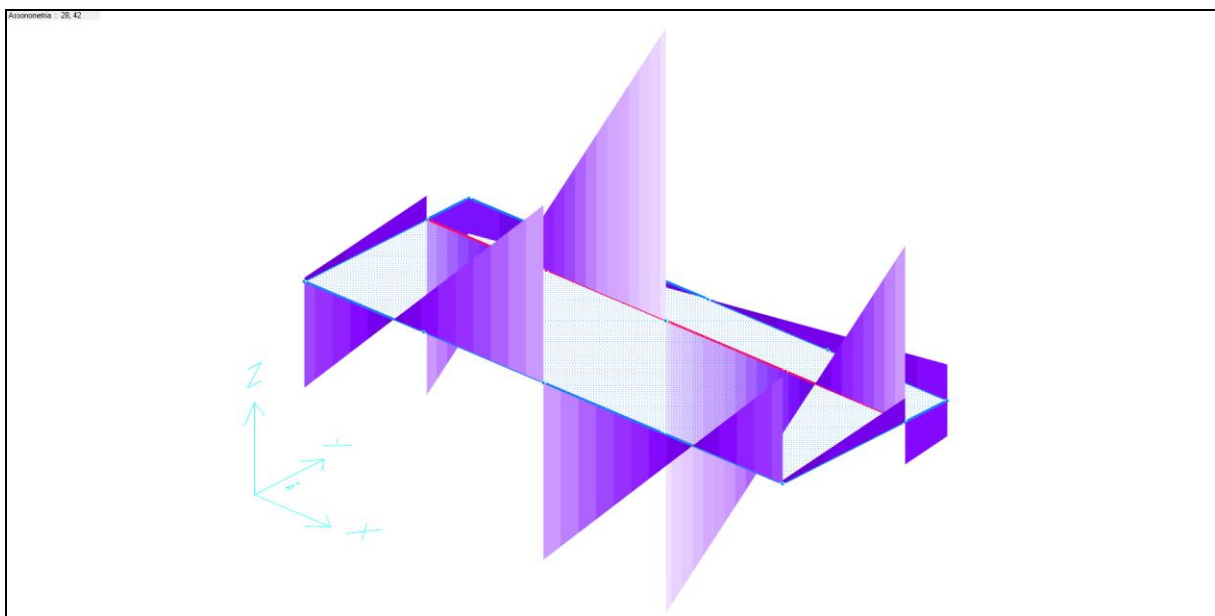
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DELLE STRUTTURE



ANDAMENTO DEI MOMENTI Z

M+MAX = 30.678 daNcm

M-MAX = 18.575 daNcm

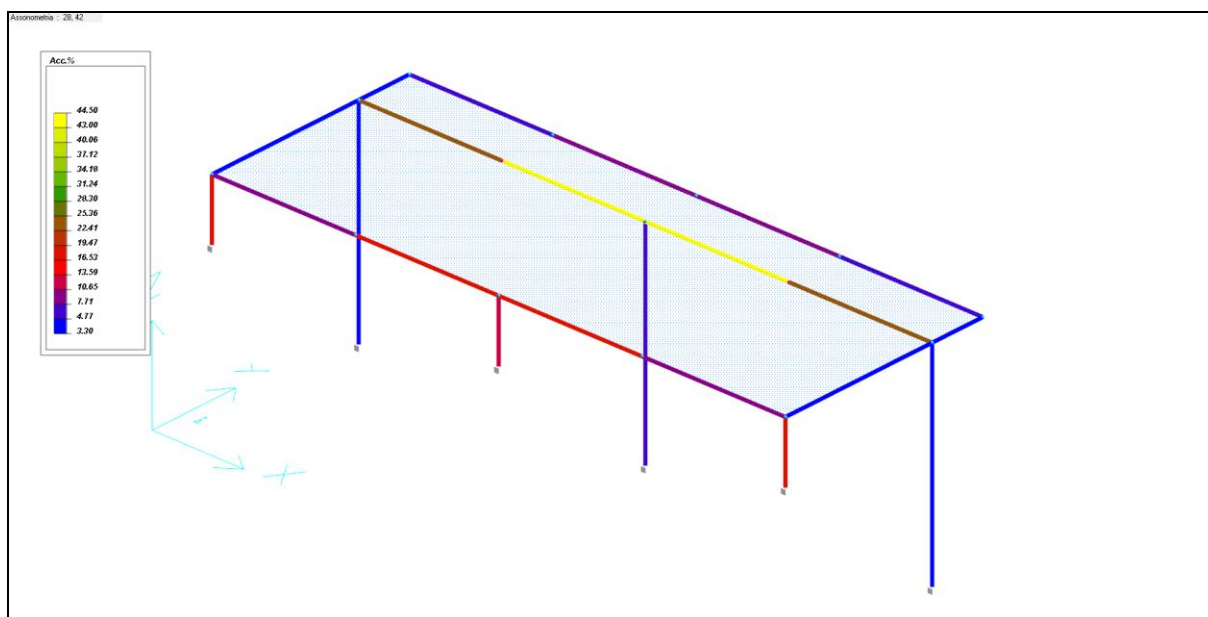


ANDAMENTO DEGLI SFORZI DI TAGLIO Y

T+MAX = 783 daN

T-MAX = -783 daN

## Grafici tasso di lavoro



% utilizzo acciaio. Max 44.50% Min 3.30% (nell'ipotesi cautelativa di S235)

### 7.1.2 Verifiche a Stato Limite di Esercizio

Di seguito si riportano in dettaglio le condizioni verificate.

#### Sismica: Verifica a Stato Limite di Operatività (NTC08 7.3.7.2)

Per le costruzioni ricadenti in classe d'uso II si deve verificare che l'azione sismica di progetto non produca danni agli elementi costruttivi senza funzione strutturale tali da rendere temporaneamente non operativa la costruzione.

Nel caso di costruzioni civili ed industriali questa condizione è ritenuta soddisfatta quando gli spostamenti interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo **SLO sono inferiori a determinati limiti indicati nelle NTC08**.

Nel caso specifico si è scelto il valore previsto per tamponamenti collegati rigidamente alla struttura, ovvero **0.333%h**.

Gli spostamenti massimi a SLD sono pari a:

Dx max: 0.0277 cm	pari a 0.020 h
Dy max: 0.0238 cm	pari a 0.017 h

In allegato i **risultati completi degli spostamenti sismici** della struttura.

### **Sismica: Resistenza degli elementi strutturali (NTC08 7.3.7.1)**

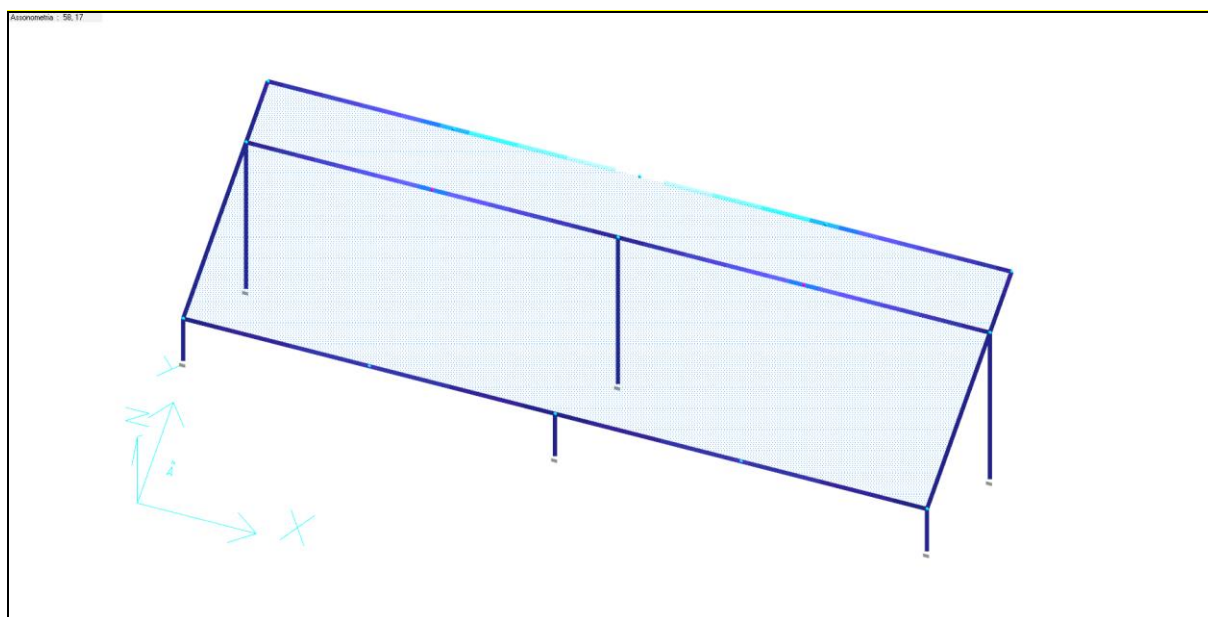
Visto il fattore di struttura utilizzato ( $q=1$ ) per il dimensionamento della struttura a SLV ed il coefficiente utilizzabile per la verifica della resistenza in condizioni di SLD ( $q=1.5$ ) ed i fattori di sicurezza sui materiali (situazioni eccezionali=1) la verifica sopra indicata risulta superflua. Di seguito si riportano in dettaglio le condizioni verificate.

### **Statica: Spostamenti verticali ed orizzontali (NTC08 4.2.4.2.1 e 4.2.4.2.2)**

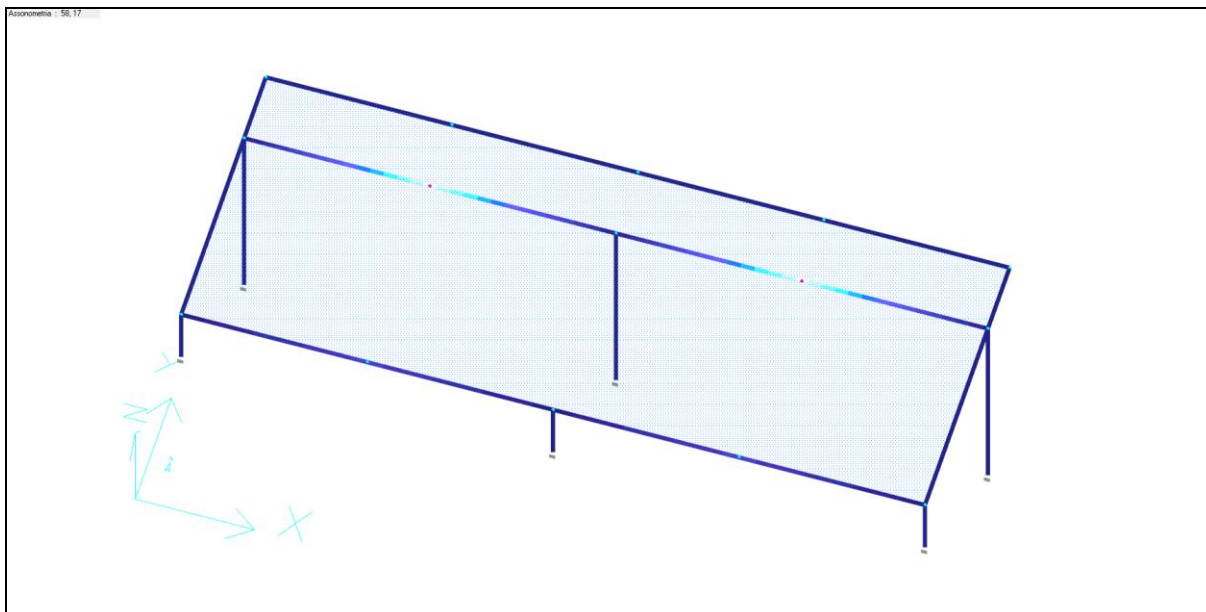
Come richiesto dalla Norma la deformazione della struttura sono da definirsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della qualità del comfort richiesto, delle caratteristiche degli elementi gravanti sull'elemento e delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità.

Sono utilizzati stati i limiti proposti dalla Norma per **solai o coperture** che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili, ovvero **1/250 della luce** per le deformazioni in condizioni caratteristiche (eventualmente depurati della monta iniziale) e **1/350 della luce** per i soli carichi variabili. (Nel caso di sbalzi si usa il doppio della luce).

Di seguito si riportano i grafici delle deformazioni massime verticali.



Deformazione Carichi Caratteristici Max = 0.229cm Luce = 3.93 m Rapporto = 1/1716



Deformazione Carichi Variabili Max = 0.131 cm Luce = 1.97 Rapporto = 1/1500

## 7.2 Verifiche piattaforma elevatrice

### 7.2.1 Verifiche a Stato Limite Ultimo

Di seguito si riportano in dettaglio le condizioni verificate.

#### **Sismica: Assenza di martellamento tra strutture contigue (NTC08 7.2.2)**

La distanza tra costruzioni contigue deve essere tale da evitare fenomeni di martellamento e non deve essere inferiore alla somma degli spostamenti massimi determinati per lo SLV di ciascuna costruzione.

Nel caso specifico dato che la piattaforma elevatrice è collegata alla struttura principale non è necessario verificare il martellamento dato che sicuramente la rigidità della palestra è di molto superiore a quella della nuova struttura metallica (che necessariamente si muoverà in fase con essa).

E' stato quindi valutato lo spostamento della struttura principale secondo quanto suggerito dalle NTC08, ovvero 1/100 della quota del punto di aggancio moltiplicato per  $agS/0.5g$ .

Nel caso specifico tale valore è di circa 1.34 cm.

Come indicato tale valore è stato imposto come spostamento sismico, in entrambe le direzioni, per dimensionare i profili ed i collegamenti della piattaforma elevatrice.

#### **Sismica: Resistenza delle strutture (NTC08 7.3.6.1)**

Per tutti gli elementi strutturali deve essere verificato che il valore di progetto di ciascuna sollecitazione, calcolato in generale comprendendo gli effetti delle non linearità geometriche

e le regole di gerarchie delle resistenze indicate per le diverse tecniche costruttive, sia inferiore al corrispondente valore della resistenza di progetto.

In allegato i risultati delle **verifiche di resistenza** degli elementi verticali.

#### **Sismica: Duttilità delle strutture (NTC08 7.3.6.2)**

Deve essere verificato che i singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme possiedano una **duttilità coerente con il fattore di struttura,  $q$** , adottato.

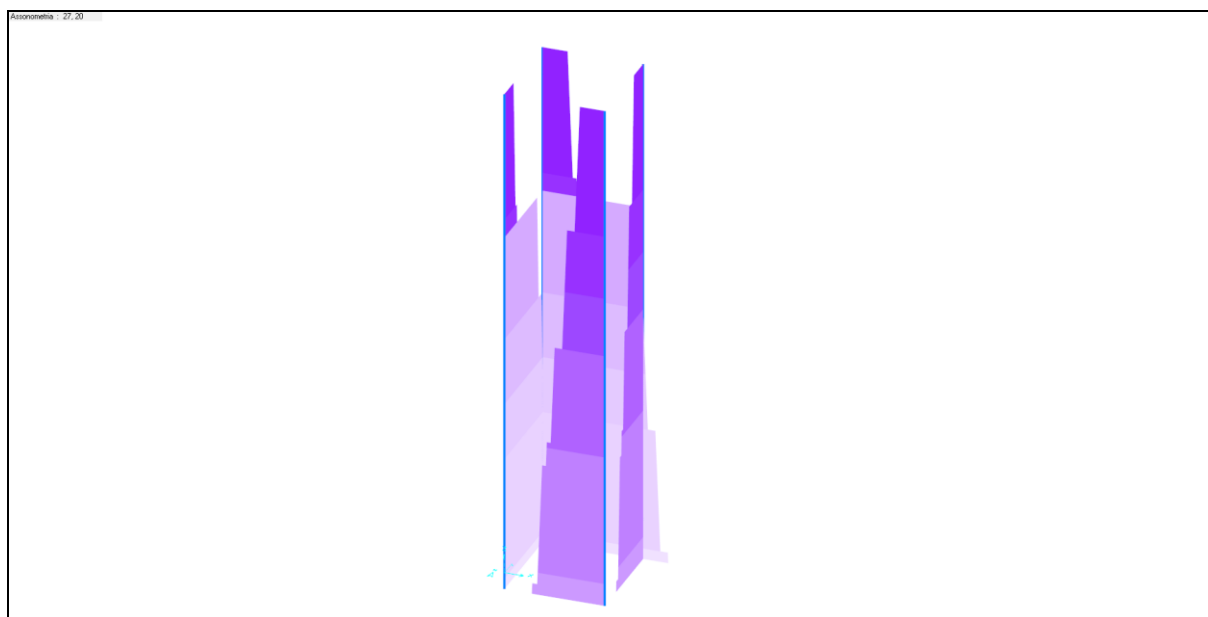
Questa condizione si può ritenere soddisfatta applicando le regole di progetto specifiche e di gerarchia delle resistenze indicate per le diverse tipologie costruttive.

#### **Statica: Resistenza delle strutture (NTC08 4.1.2.1)**

In allegato i risultati delle **verifiche di resistenza** dei pilastri e degli elementi orizzontali.

#### **Sismica e Statica: Grafici sollecitazioni massime montanti**

Si riporta di seguito la visualizzazione grafica delle sollecitazioni massime relative a: Sforzo Normale, Momento e Taglio.

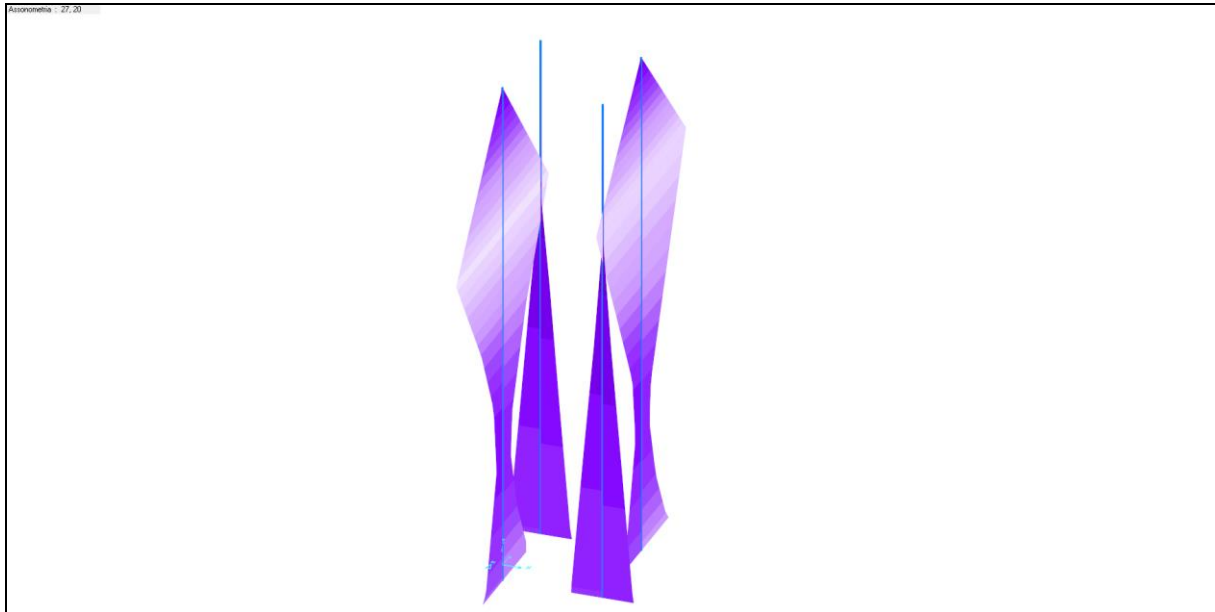


ANDAMENTO DEGLI SFORZI NORMALI

N-MAX = 1.206 daN

N+MAX = 0 daN

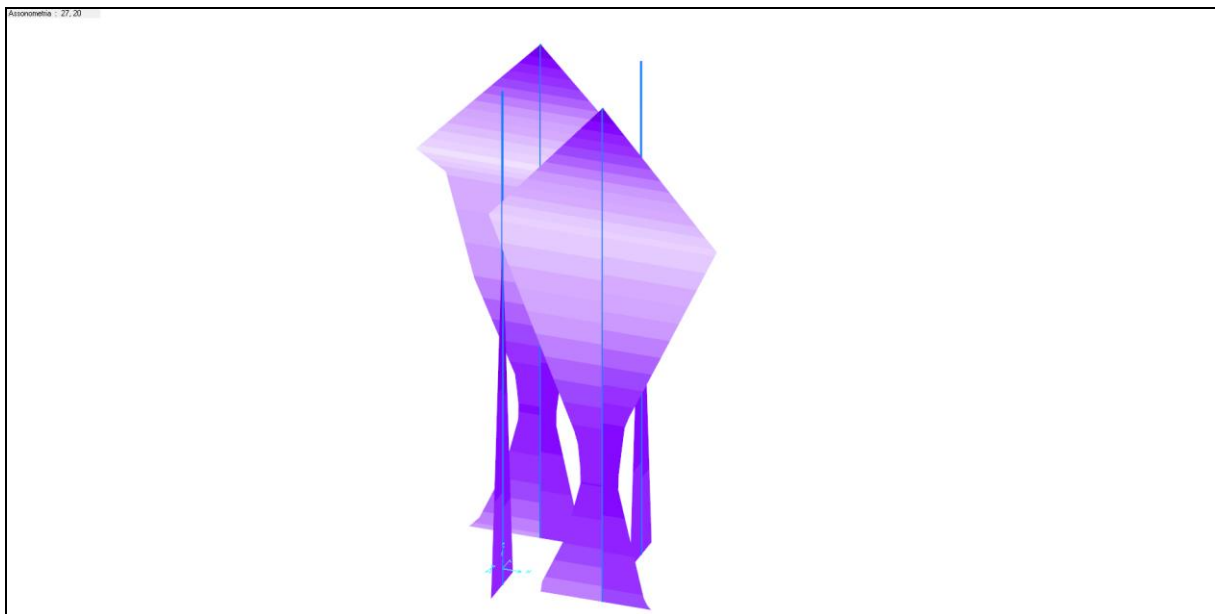
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DELLE STRUTTURE



ANDAMENTO DEI MOMENTI Z

M+MAX = 41.752 daNcm

M-MAX = -41.973 daNcm



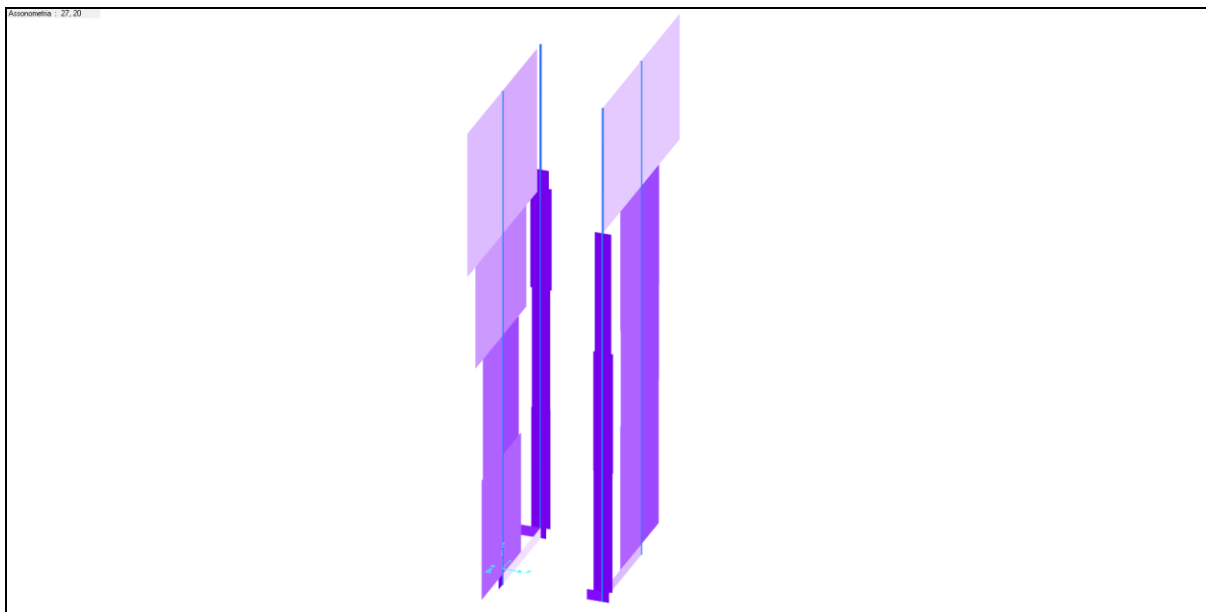
ANDAMENTO DEI MOMENTI Y

M+MAX = 44.228 daNcm

M-MAX = -44.422 daNcm



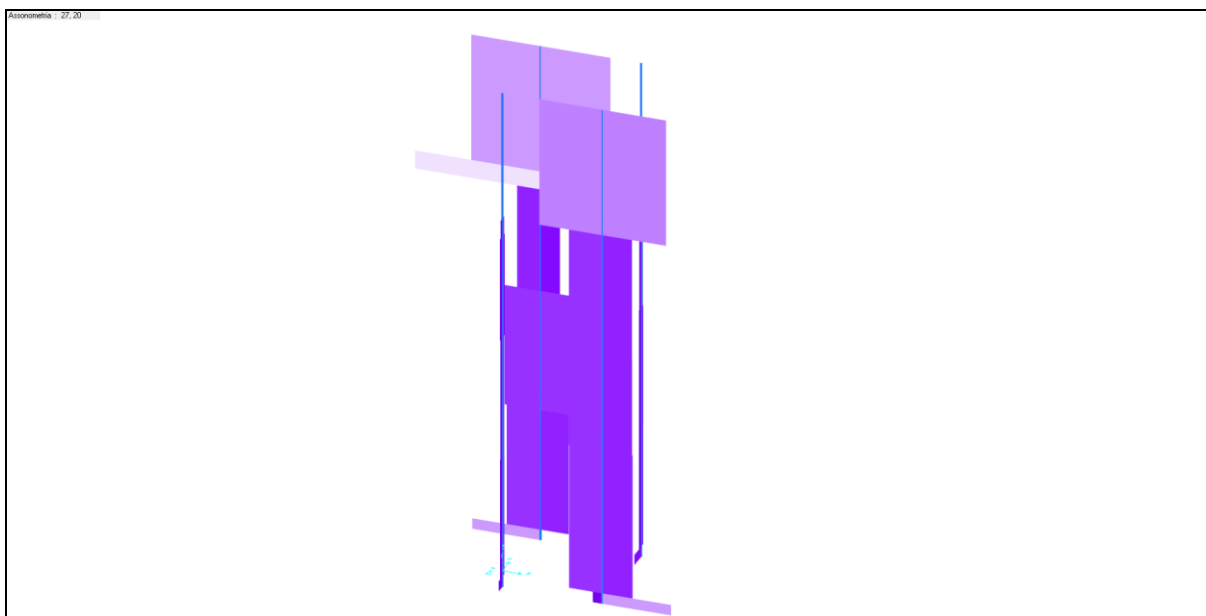
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DELLE STRUTTURE



ANDAMENTO DEGLI SFORZI DI TAGLIO Y

T+MAX = 193 daN

T-MAX = -232 daN



ANDAMENTO DEGLI SFORZI DI TAGLIO Z

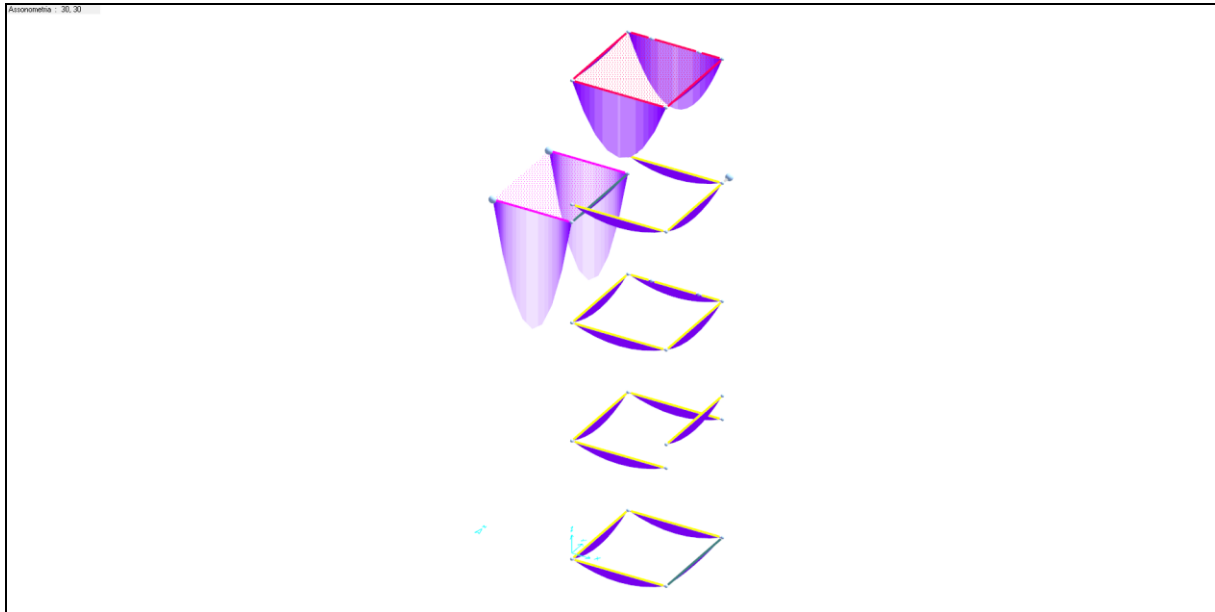
T+MAX = 381 daN

T-MAX = -354 daN

**Sismica e Statica: Grafici sollecitazioni massime elementi orizzontali**

Si riporta di seguito la visualizzazione grafica delle sollecitazioni massime relative a:  
Momento e Taglio.

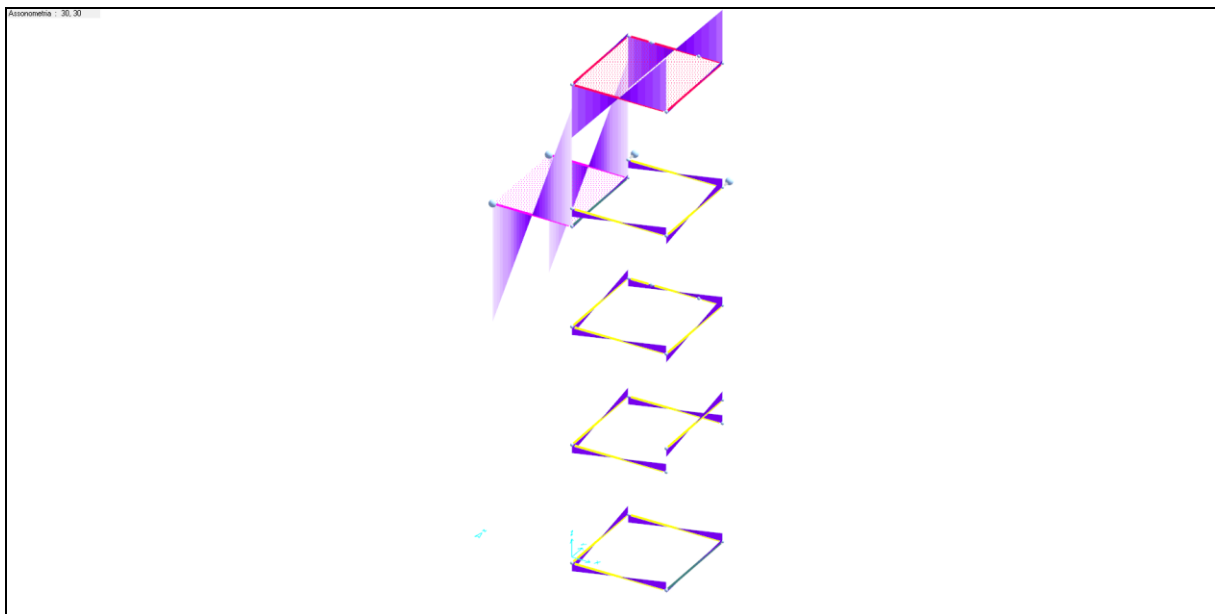
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DELLE STRUTTURE



ANDAMENTO DEI MOMENTI Z

M+MAX = 16.935 daNcm

M-MAX = 9.118 daNcm

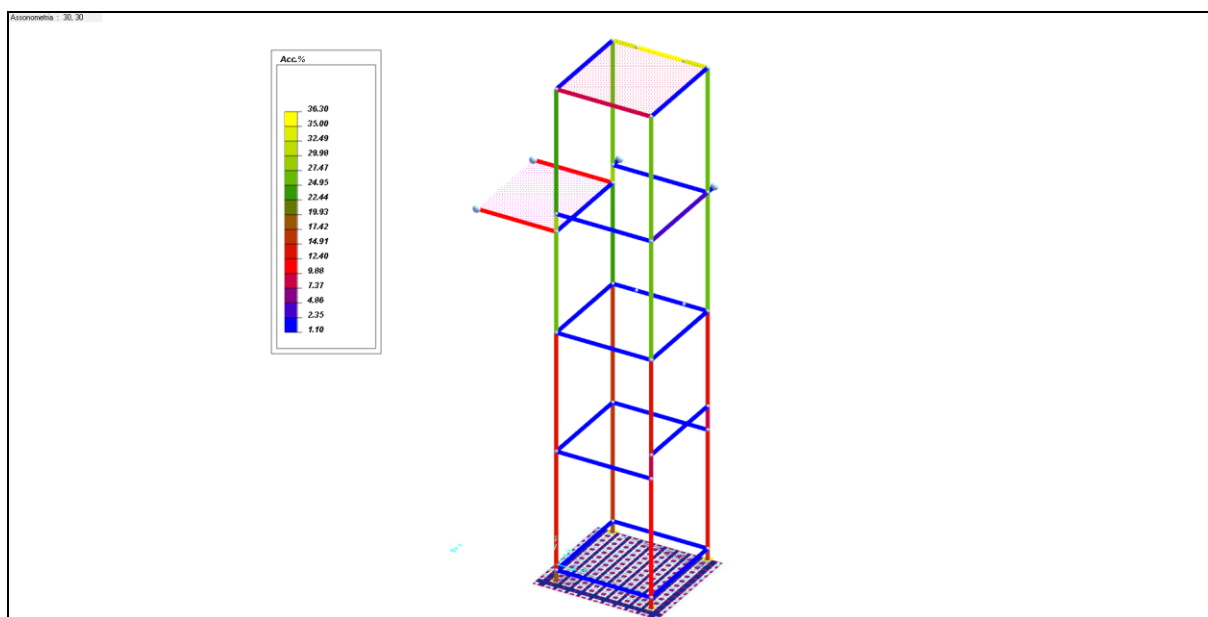


ANDAMENTO DEGLI SFORZI DI TAGLIO Y

T+MAX = 506 daN

T-MAX = -506 daN

## Grafici tasso di lavoro



% utilizzo acciaio. Max 36.30% Min 1.10%

### 7.2.2 Verifiche a Stato Limite di Esercizio

Di seguito si riportano in dettaglio le condizioni verificate.

#### Sismica: Verifica a Stato Limite di Operatività (NTC08 7.3.7.2)

Per le costruzioni ricadenti in classe d'uso II si deve verificare che l'azione sismica di progetto non produca danni agli elementi costruttivi senza funzione strutturale tali da rendere temporaneamente non operativa la costruzione.

Nel caso di costruzioni civili ed industriali questa condizione è ritenuta soddisfatta quando gli spostamenti interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo **SLO sono inferiori a determinati limiti indicati nelle NTC08**.

Nel caso specifico si è scelto il valore previsto per tamponamenti non deformabili dagli spostamenti di interpiano, ovvero **0.666%h**.

Gli spostamenti massimi (tra il piano di sbarco e la sommità) a SLD sono pari a:

Dx max: 1.102 cm	pari a 0.459 h
Dy max: 1.264 cm	pari a 0.527 h

In allegato i **risultati completi degli spostamenti sismici** della struttura.

### **Sismica: Resistenza degli elementi strutturali (NTC08 7.3.7.1)**

Visto il fattore di struttura utilizzato ( $q=1$ ) per il dimensionamento della struttura a SLV ed il coefficiente utilizzabile per la verifica della resistenza in condizioni di SLD ( $q=1.5$ ) ed i fattori di sicurezza sui materiali (situazioni eccezionali=1) la verifica sopra indicata risulta superflua. Di seguito si riportano in dettaglio le condizioni verificate.

## **8 Note su: normativa e codice di calcolo**

### **8.1 Normative di riferimento**

L'analisi della struttura in oggetto e' stata fatta utilizzando i metodi usuali della Scienza delle Costruzioni ed in conformita' alle normative e leggi vigenti:

- Legge 5/11/1971 n. 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- D.P.R. 6/6/2001 n. 380: Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- Legge 2/2/1974 n. 64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- C.N.R. 10024/86 del 23/7/1986: Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo
- D.M. 14/2/1992: Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9/1/1996: Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16/1/1996: Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi.
- D.M. 16/1/1996: Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- C.N.R.-DT 206/2007 del 28/11/2007: Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle strutture in legno
- D.M. 14/1/2008: Norme tecniche per le costruzioni.
- Circ. Espl. 617 del 02/11/2009: Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008
- Eurocodici attualmente vigenti

### **8.2 Schematizzazione della struttura e dei vincoli**

La struttura e' stata schematizzata escludendo il contributo degli elementi aventi rigidità e resistenza trascurabili a fronte dei principali. E' quindi stata considerata l'orditura a telaio tridimensionale, i solai ed i setti verticali ad elevata rigidità (vano ascensore, setti in cls).

I plinti di fondazione vengono assimilati a vincoli elastici di cui e' fornita la costante di rigidità. Le travi di fondazione sono schematizzate come poggianti su vincoli elastici distribuiti.

### **8.3 Modellazione della struttura e dei vincoli**

La struttura e' modellata con il metodo degli elementi finiti, applicato a sistemi tridimensionali. Gli elementi utilizzati sono sia monodimensionali (trave con eventuali sconnessioni interne), che bidimensionali (piastre e membrane triangolari e quadrangolari). I vincoli sono considerati puntuali ed inseriti tramite le sei costanti di rigidità elastica, oppure come

elementi asta poggianti su suolo elastico. Le sezioni oggetto di verifica nelle travi sono stampate a passo costante; dei gusci si conoscono le sollecitazioni nel baricentro dell'elemento stesso.

## **8.4 Modellazione dei materiali**

I materiali costituenti la struttura sono considerati elastici e con comportamento lineare. Le loro caratteristiche sono specificate nella stampa dei dati di input.

## **8.5 Individuazione del codice di calcolo**

Per il calcolo delle sollecitazioni e per la verifica delle strutture si è fatto ricorso all'elaboratore elettronico utilizzando il seguente programma di calcolo:

- DOLMEN per windows, versione 16 del 2016 prodotto, distribuito ed assistito dalla CDM DOLMEN srl, con sede in Torino, Via Drovetti 9/F
- IDENTIFICATIVO DELLA LICENZA: YJ59ODEHTI5K

Questa procedura è sviluppata in ambiente Windows, ed è stata scritta utilizzando i linguaggi Fortran e C. DOLMEN WIN permette l'analisi elastica lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti. Gli elementi considerati sono la trave, con eventuali svincoli interni o rotazione attorno al proprio asse, ed il guscio, sia rettangolare che triangolare, avente comportamento di membrana e di piastra. I carichi possono essere applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezie, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche. I vincoli sono forniti tramite le sei costanti di rigidezza elastica.

A supporto del programma è fornito un ampio manuale d'uso contenente fra l'altro una vasta serie di test di validazione sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

## **8.6 Grado di affidabilità del codice**

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto, come indicato nel paragrafo precedente. La presenza di un modulo CAD per l'introduzione di dati permette la visualizzazione dettagliata degli elementi introdotti. È possibile inoltre ottenere rappresentazioni grafiche di deformate e sollecitazioni della struttura. Al termine dell'elaborazione viene inoltre valutata la qualità della soluzione, in base all'uguaglianza del lavoro esterno e dell'energia di deformazione.

DOLMEN WIN permette in campo elastico lineare un'analisi dettagliata del comportamento dell'intera struttura, tenendo conto del comportamento irrigidente di setti anche complessi e solai considerati con la loro effettiva rigidezza. È possibile inoltre scegliere il grado di affinamento dell'analisi di elementi complessi utilizzando mesh via via più dettagliate.

## **8.7 Valutazione della correttezza del modello**

Il modello di calcolo adottato e' da ritenersi appropriato in quanto non sono state riscontrate labilità, le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati, la simmetria di carichi e struttura da' origine a sollecitazioni simmetriche.

L'analisi critica dei risultati e dei parametri di controllo nonché il confronto con calcolazioni di massima eseguite manualmente porta ad confermare la validità' dei risultati.