

Regione Lombardia  
Direzione Generale Infrastrutture e Opere Pubbliche



CODICE COMMESSA	LIVELLO PROGETTAZIONE	D.P.R. 207/10	PROGRESSIVO ELABORATO	CATEGORIA OPERA	NUMERO OPERA	REVISIONE	SCALA
F 3 0	D	f	0 0 2	0 A	- -	R 0	--

LINEA MILANO-VARESE-LAVENO  
RISOLUZIONE PL LOCATE VARESINO - FASE 2  
*Progetto Definitivo*

## RELAZIONE DI CALCOLO CORPI SCALE E ASCENSORI

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3		-		
	2		-		
	1		-		
	0	MAGGIO 2024	PRIMA EMISSIONE		

NORD\_ING  
NORD\_ING Srl  
IL DIRETTORE TECNICO  
Ing. Laura Stiriti

FERROVIENORD  
FERROVIENORD S.p.A.  
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA  
IL DIRETTORE  
Ing. Andrea Lucia Passarelli

Progettista



Collaborazione



Piazza Oriani 3/1  
16154, Genova (GE)  
Tel. 010 604 3225  
010 604 3245

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
D. Cipriani	L. Scarsi	S. Ameri	maggio 2024
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.
RS.01			
Prima Emissione			0

**LINEA MILANO-VARESE-LAVENO**

**RISOLUZIONE PL LOCATE VARESINO-FASE 2**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE METALLICHE**  
**CORPO SCALE-VANOASCENSORE**

SITO DELL'EDIFICIO: **LOCATE VARESINO (CO)**

DITTA UTILIZZATRICE: **FERROVIENORD FNM GROUP**

RIF. NORD\_ING : Cod. Comm. F30 **REV. 1**



**OPERE STRUTTURALI METALLICHE**

*Ing. Daniele Cipriani*



**INDICE :**

<b>1</b>	descrizione delle opere	pag. 4
<b>2</b>	normativa di riferimento	pag. 7
<b>3</b>	classe della struttura, vita utile	pag. 8
3.1	schematizzazione strutturale	
3.2	criteri per la misura della sicurezza	
3.3	schematizzazione delle azioni, combinazioni di carico	
3.4	metodologie di calcolo	
<b>4</b>	classe di esecuzione della struttura	pag. 11
<b>5</b>	tipo e caratteristiche dei materiali strutturali	pag. 12
<b>6</b>	azioni applicate alla struttura	pag. 14
6.1	stampa dei dati di progetto	pag. 19
6.2	criteri di progettazione e modellazione	
6.3	principali combinazioni delle azioni	
6.4	metodo di analisi	
6.5	criteri di verifica	
<b>7</b>	verifiche elementi portanti	pag. 29
<b>8</b>	caratteristiche e affidabilità del codice di calcolo (licenza d'uso software)	pag. 59

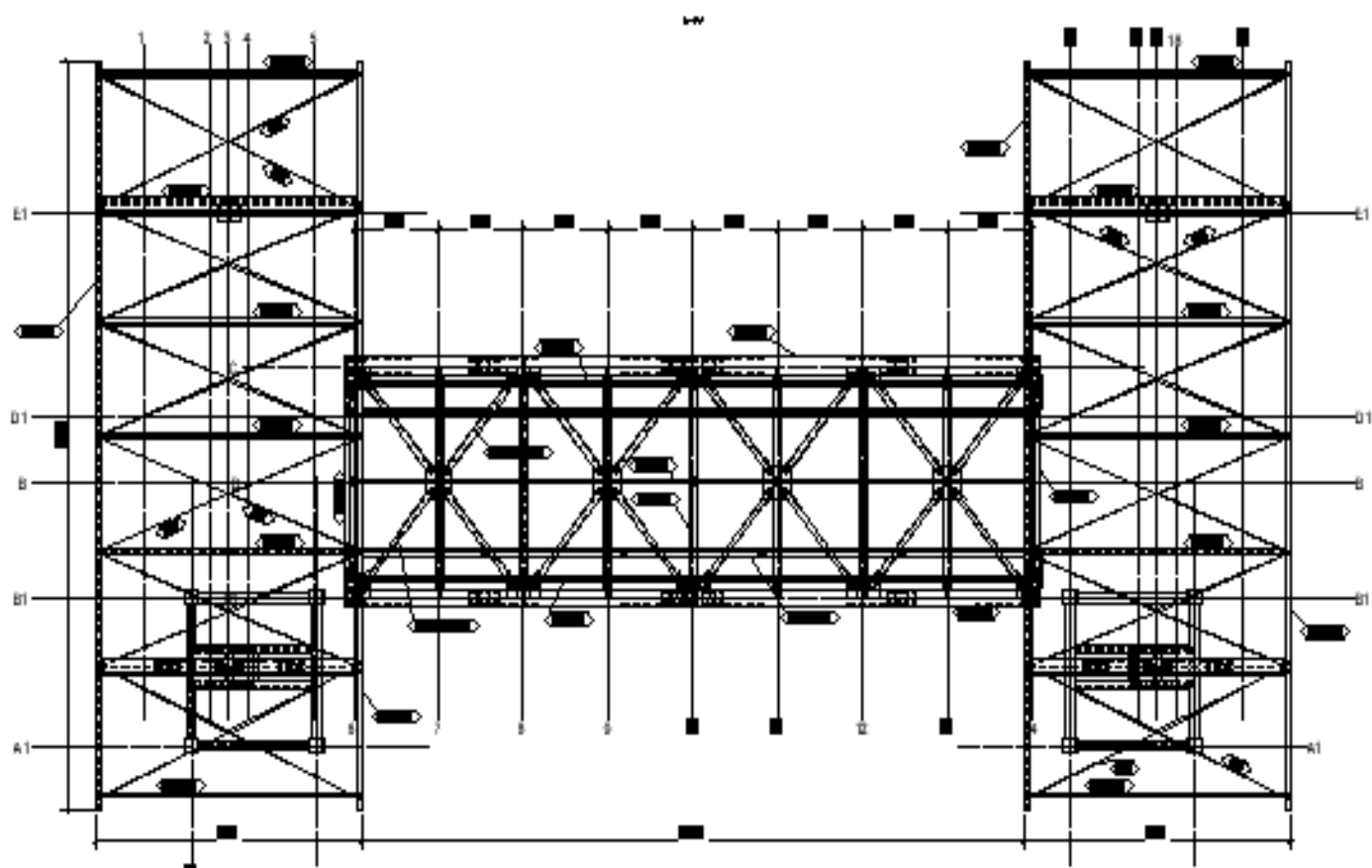
**Punto 1) DESCRIZIONE DELLE OPERE**

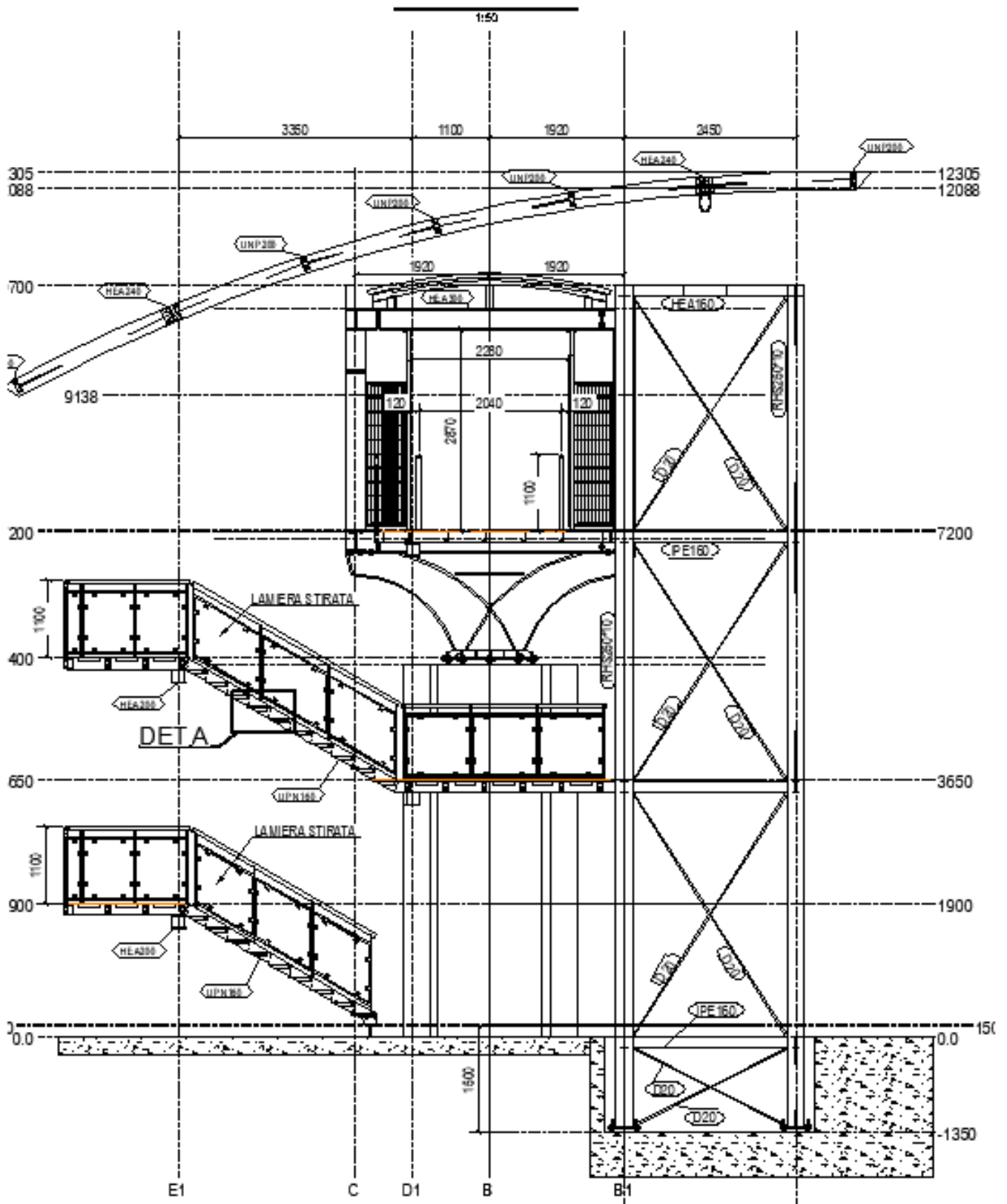
L'intervento in oggetto prevede la sostituzione dei passaggi a livello in Comune di Locate varesino (CO) sulla linea FERROVIE NORD Milano-Varese-laveno mediante la realizzazione di un sovrappasso pedonale dotato di ascensori, ubicato in corrispondenza del PL di Via Mazzini. Le strutture relative al corpo scale che accedono alla passerella sono formate da cosciali in profilo UNP 160 in semplice appoggio sulle mensole che sono collegate alle colonne portanti. Le mensole sono costituite da un profilo in HEA 200 mentre le due colonne portanti sono realizzate in profilo tubolare 400 x 300 x 10 con vincolo di incastro a terra. La struttura portante degli sbarchi delle scale sono realizzate mediante un profilo UNP 160 collegato alle strutture del vano ascensore. Il vano ascensore viene realizzato mediante quattro colonne portanti in profilo tubolare quadro 250 x 250 x 10 incastrate alla base con profili intermedi in IPE per sostenere le pareti di tamponamento e fungere da puntone per i collegamenti con le crociere di controvento. Le scale avranno la copertura realizzata in pannello sandwich sostenuto da una tessitura di travi primarie e secondarie in profilo UNP e profilo HEA.

**N.B. : si fa presente che è possibile studiare PASSERELLA e CORPO SCALE separatamente in quanto tra le due strutture verrà eseguito un giunto tecnico realizzato mediante una lamiera bugnata fissata da una parte e libera di scorrere nell'altra parte.**

Alcuni particolari di quanto descritto in precedenza vengono riportati nelle immagini sottostanti.









## Punto 2) NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione strutturale viene condotta secondo la normativa vigente costituita dal D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" e dalla Circolare n.7 del 21.01.2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni".

Tali norme sono state emesse ai sensi delle leggi 05.11.1971, n. 1086, e 02.02.1974, n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al D.P.R. 06.06.2001, n. 380, e dell'art. 5 del decreto legge 28.05.2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27.07.2004, n. 186 e ss. mm. ii.. Esse raccolgono in un unico organico testo le norme prima distribuite in diversi decreti ministeriali.

L'analisi dei carichi è stata condotta in conformità a quanto riportato al Capitolo 3 "Azioni sulle costruzioni", mentre per quanto riguarda la definizione dell'azione sismica, valutata secondo il paragrafo 3.2, il sito presenta un valore di  $ag/g$  pari a **0.0390 (SLV)**.

Nel calcolo delle strutture si è tenuto conto delle situazioni derivanti dall'effetto combinato dei carichi accidentali e permanenti.

Si sono inoltre tenute in considerazione, ove non in contrasto con le norme su indicate, le prescrizioni delle corrispondenti norme europee ed in particolare:

- EN 1993-1-1, Eurocodice 3, Progettazione delle strutture in acciaio, Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- EN 1993-1-3, Eurocodice 3, Progettazione delle strutture in acciaio, Parte 1-3: Regole generali - regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegate a freddo;
- EN 1998-1, Eurocodice 8, Progettazione delle strutture per la resistenza sismica, Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI EN 1090-2:2018 "Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 2: requisiti tecnici per strutture di acciaio e di alluminio."

- UNI EN 1090-4:2018 "Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 4: Requisiti tecnici per elementi strutturali di acciaio formati a freddo e strutture formate a freddo per applicazioni su tetti, soffitti, pavimenti e pareti."

### **Punto 3) PRESTAZIONI DI PROGETTO, CLASSE DELLA STRUTTURA, VITA UTILE E PROCEDURE DI QUALITÀ**

Le prestazioni della struttura e le condizioni per la sua sicurezza sono state individuate comunemente dal progettista e dal committente. A tal fine è stata posta attenzione al tipo della struttura, al suo uso e alle possibili conseguenze di azioni anche accidentali; particolare rilievo è stato dato alla sicurezza delle persone.

La classe della struttura è di tipo III.

La vita nominale VN è stata scelta  $\geq 50$  anni.

Altrettanta cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere adeguatamente realizzate solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera. Per quanto riguarda la durabilità si sono presi tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture, in considerazione dell'ambiente in cui l'opera dovrà vivere e dei cicli di carico a cui sarà sottoposta. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

In fase di costruzione saranno attuate severe procedure di controllo sulla qualità, in particolare per quanto riguarda materiali, componenti, lavorazione, metodi costruttivi. Saranno seguiti tutti gli inderogabili suggerimenti previsti nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni".

### **3.1 CRITERI DI CONCEZIONE E DI SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE, MODELLAZIONE DEL TERRENO, PROPRIETÀ DEI MATERIALI, EFFICACIA DEL MODELLO.**

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche sono stati adeguatamente valutati, interpretati e trasferiti nel modello che si caratterizza per la sua impostazione completamente tridimensionale. A tal fine ai nodi strutturali possono convergere diverse tipologie di elementi, che corrispondono nel codice numerico di calcolo in altrettante tipologie di elementi finiti. Travi e pilastri, ovvero componenti in cui una dimensione prevale sulle altre due, vengono modellati con elementi "beam", il cui comportamento può essere opportunamente perfezionato attraverso alcune opzioni quali quelle in grado di definire le modalità di connessione all'estremità. Eventuali elementi soggetti a solo sforzo normale possono essere trattati come elementi "truss" oppure con elementi "beam" opportunamente svincolati. Le pareti, le piastre, le platee ovvero in generale i componenti strutturali bidimensionali, con due dimensioni prevalenti sulla terza (lo spessore), sono stati modellati con elementi "shell" a comportamento flessionale e membranale. I vincoli con il mondo esterno vengono rappresentati, nei casi più semplici (apparecchi d'appoggio, cerniere, carrelli), con elementi in grado di definire le modalità di vincolo e le rigidità nello spazio. Questi elementi, coniugati con i precedenti, consentono di modellare i casi più complessi ma più frequenti di interazione con il terreno, realizzabile tipicamente mediante fondazioni, pali, platee nonché attraverso una combinazione di tali situazioni. Il comportamento del terreno è sostanzialmente rappresentato tramite una schematizzazione lineare alla Winkler, principalmente caratterizzabile attraverso una opportuna costante di sottofondo, che può essere anche variata nella superficie di contatto fra struttura e terreno e quindi essere in grado di descrivere anche situazioni più complesse. Nel caso dei pali il comportamento del terreno implica anche l'introduzione di vincoli per la traslazione orizzontale.

I parametri dei materiali utilizzati per la modellazione riguardano il modulo di Young, il coefficiente di Poisson, ma sono disponibili anche opzioni per ridurre la rigidità flessionale e tagliente dei materiali per considerare l'effetto di fenomeni fessurativi nei materiali.

Il calcolo viene condotto mediante analisi lineare, ma vengono considerati gli effetti del secondo ordine e si può simulare il comportamento di elementi resistenti a sola trazione o compressione.

La presenza di diaframmi orizzontali, se rigidi, nel piano viene gestita attraverso l'impostazione di un'apposita relazione fra i nodi strutturali coinvolti, che ne

condiziona il movimento relativo. Relazioni analoghe possono essere impostate anche fra elementi contigui.

Si ritiene che il modello utilizzato sia rappresentativo del comportamento reale della struttura. Sono stati inoltre valutate tutti i possibili effetti o le azioni anche transitorie che possano essere significative e avere implicazione per la struttura. E' stata impiegata **un'analisi sismica dinamica in campo lineare**. Agli effetti del dimensionamento è stato quindi impiegato il metodo agli stati limite.

### **3.2 CRITERI PER LA MISURA DELLA SICUREZZA**

#### ***Metodo di calcolo agli stati limite***

In generale ai fini della sicurezza sono stati adottati i criteri contemplati dal metodo semiprobabilistico agli stati limite. In particolare sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica), allo stato limite di esercizio, nei confronti di eventuali azioni eccezionali. Per quanto riguarda le azioni sismiche verranno anche esaminate le deformazioni relative, che controllano eventuali danni alle opere secondarie e agli impianti.

### **3.3 SCHEMATIZZAZIONE DELLE AZIONI, CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO**

Le azioni sono state schematizzate applicando i carichi previsti dalla norma. In particolare i carichi gravitazionali, derivanti dalle azioni permanenti o variabili, sono applicati in direzione verticale (ovvero - Z nel sistema globale di riferimento del modello). Le azioni del vento sono applicate prevalentemente nelle due direzioni orizzontali o ortogonalmente alla falda in copertura. Le azioni sismiche, statiche o dinamiche, derivano dall'eccitazione delle masse assegnate alla struttura in proporzione ai carichi a cui sono associate per norma.

I carichi sono suddivisi in più condizioni elementari di carico in modo da poter generare le combinazioni necessarie.

### **3.4 METODOLOGIE DI CALCOLO, TIPO DI ANALISI E STRUMENTI UTILIZZATI**

L'analisi di tipo numerico è stata realizzata mediante il programma di calcolo MasterSap, prodotto da Studio Software AMV di Ronchi dei Legionari (Gorizia). E'

stato utilizzata un'analisi sismica dinamica nel rispetto delle norme indicate in precedenza.

#### Punto 4) CLASSE DI ESECUZIONE DELLA STRUTTURA

La Classe di esecuzione della struttura è **EXC2** e viene determinata in base alle specifiche sotto indicate :

##### 7.4.3 Welding coordination

For EXC1, a sufficient supervision during the execution of welding works shall be provided as specified in EN ISO 3834-4.

For EXC2, EXC3 and EXC4, welding coordination shall be maintained during the execution of welding processes by welding coordination personnel suitably qualified for, and experienced in the welding operations they supervise as specified in EN ISO 14731.

With respect to the welding operations being supervised, welding coordination personnel shall have a technical knowledge according to Tables 14 and 15 in which B, S and C are respectively basic, specific and comprehensive knowledge as specified in EN ISO 14731.

NOTE Steel groups are those defined in CEN ISO/TR 15608. Correspondence to steel grades and reference standards can be found in CEN ISO/TR 20172.

The technical knowledge of welding coordination personnel for welding reinforcement steel shall be in accordance with EN ISO 17660-1.

The welding coordinator is responsible for the process of qualification of the welders/operators. Welding coordinators may act as examiners. If qualification is undertaken by external examiners/examination bodies, this should be done in accordance with the procedures of EN ISO/IEC 17024 or EN ISO/IEC 17020.

Table 14 — Technical knowledge of the coordination personnel — Structural carbon steels

EXC	Steels (steel group)	Reference standards	Thickness (mm)		
			$t \leq 25$ <sup>a</sup>	$25 < t \leq 50$ <sup>b</sup>	$t > 50$
EXC2	S235 to S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10219-1	B	S	C <sup>c</sup>
	S420 to S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10219-1	S	C <sup>d</sup>	C



Table 15 — Technical knowledge of the coordination personnel — Stainless steels

EXC	Steels (steel group)	Reference standards	Thickness (mm)		
			$t \leq 25$	$25 \leq t \leq 50$	$t > 50$
EXC2	Austenitic (8) Ferritic (7.1)	EN 10088-4:2009, Table 3 EN 10088-5:2009, Table 4 EN 10296-2:2005, Table 1 EN 10297-2:2005, Table 2	B	S	C
	Austenitic-ferritic (10)	EN 10088-4:2009, Table 4 EN 10088-5:2009, Table 5 EN 10296-2:2005, Table 1 EN 10297-2:2005, Table 3	S	C	C

## Punto 5) TIPO E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

### ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

#### Proprietà dei materiali per la fase di analisi strutturale

Modulo Elastico:  $E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$  ( $210.000 \text{ N/mm}^2$ )

Coefficiente di Poisson:  $\nu = 0.3$

Modulo di elasticità trasversale:  $G = E / [2 \cdot (1 + \nu)]$  ( $\text{N/mm}^2$ )

Coefficiente di espansione termica lineare:  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$  (per  $T < 100^\circ\text{C}$ )

Densità:  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

#### Caratteristiche minime dei materiali

**Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta**

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

**Tabella 11.3.X - Laminati a caldo con profili a sezione cava**

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550

UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		

## Bulloneria

Nelle unioni con bulloni si assumono le seguenti resistenze di calcolo:

STATO DI TENSIONE					
CLASSE VITE	$F_{tb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$F_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{k,N}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{d,N}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{d,V}$ (N/mm <sup>2</sup> )
4.6	400	240	240	240	170
5.6	500	300	300	300	212
6.8	600	480	360	360	255
8.8	800	640	560	560	396
10.9	1000	900	700	700	495

legenda:

$f_{k,N}$  è assunto pari al minore dei due valori  $f_{k,N} = 0.7 f_t$  ( $f_{k,N} = 0.6 f_t$  per viti di classe 6.8)

$f_{k,N} = f_y$  essendo  $f_{tb}$  ed  $f_{yb}$  le tensioni di rottura e di snervamento

$f_{d,N} = f_{k,N}$  = resistenza di calcolo a trazione

$f_{d,V} = f_{k,N} / \sqrt{2}$  = resistenza di calcolo a taglio

La bulloneria strutturale segue le caratteristiche riportate delle :

- EN 14399-4 assume HV a serraggio controllato K1 con classe di resistenza 10.9 secondo le esigenze dettate dai valori di sollecitazione
- EN 15048 non a serraggio controllato tipo SB

## **Punto 6) AZIONI APPLICATE ALLA STRUTTURA : CORPO SCALE-VANO ASCENSORE**

- Le azioni applicate al modello strutturale sono le seguenti:

a) CARICHI PERMANENTI E PESI PROPRI:

Peso proprio acciaio

7850 kg/mc

b) SOVRACCARICHI PERMANENTI

Piano di calpestio :

p.p. piano di calpestio scale	$g_1 = 50 \text{ kg/mq.}$
permanente copertura scale	$g_2 = 15 \text{ kg/mq.}$
permanente tamponam.vano ascensore	$g_3 = 15 \text{ kg/mq.}$

**c) CARICHI ACCIDENTALI**

carico accidentale (neve)	$q_1 = 130 \text{ kg/mq.}$
carico accidentale cat. C3	$q_2 = 500 \text{ kg/mq.}$

**CARICO DA NEVE****Provincia :** Como**Zona :** Ia**Altitudine :** 274 m s.l.m.**Valore caratteristico neve al suolo :**  $q_{sk} = 161.93 \text{ kg/m}^2$ **Coefficiente di esposizione  $C_E$  :** 1 (Normale)**Coefficiente termico  $C_t$  :** 1**Tipo di copertura:** ad una falda ( $\alpha = 0^\circ$ )

Dimensione minima in pianta della copertura: 4 m.

Dimensione massima in pianta della copertura: 12 m.

Dimensione in pianta equivalente  $L_c$ : 6.67 m.

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare.

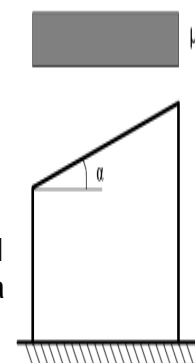
Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo  $\alpha$ .Coefficiente  $C_{e,F} = 1$ **Carico da neve :** $q_s(\mu_1(\alpha)) = 129.54 \text{ kg/m}^2$  [ $\mu_1(\alpha) = 0.8$ ] $q_s(\mu_1=0.8) = 129.54 \text{ kg/m}^2$ **Tipo di copertura:** ad una falda ( $\alpha = 0^\circ$ )

Dimensione minima in pianta della copertura: 3.865 m.

Dimensione massima in pianta della copertura: 12.5 m.

Dimensione in pianta equivalente  $L_c$ : 6.53 m.

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare.

Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo  $\alpha$ .Coefficiente  $C_{e,F} = 1$

**Carico da neve :**

$$q_s(\mu_1(\alpha)) = 122.45 \text{ kg/m}^2 [\mu_1(\alpha) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1=0.8) = 122.45 \text{ kg/m}^2$$

**d) AZIONI DELLA TEMPERATURA**

AZIONI TERMICHE SUGLI EDIFICI (3.5.5 DM Infrastrutture 17 gennaio 2018) :

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

**e) AZIONI DEL VENTO**

**Normativa:** D.M. 17/01/2018 (NTC 2018, Circolare 17/01/2019, n.7)

La pressione del vento è calcolata secondo l'espressione:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

**Provincia:** Como

**Zona:** 1

**Altitudine:** 274 m s.l.m

**Tempo di ritorno  $T_r$ :** 50 anni;

**Velocità di riferimento  $v_r(T_r)$ :** 25 m/s

**Pressione cinetica di riferimento  $q_r$ :** 39.86 Kg/m<sup>2</sup>

**Altezza della costruzione  $z$ :** 12 m ( $z_{\min}$ : 5m)

**Distanza dalla costa:** Terra, oltre i 40 km dalla costa, sotto i 500 m

**Classe di rugosità del terreno:** C

**Categoria di esposizione del sito:** III

**Coefficiente topografico  $c_t$ :** 1

**Coefficiente dinamico  $c_d$ :** 1

**Coefficiente di esposizione  $c_e(z)$ :**

$$c_e(z_{\min} = 5\text{m}): 1.71$$

$$c_e(z = 12\text{m}): 2.26$$

**Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde inclinate o curvilinee**

**Dimensioni in pianta:** 2.5 \* 2.5 m

**Altezza:** 12 m

**Pareti verticali**

Faccia sopravvento:  $c_p = 0.8$

Faccia laterale:  $c_p = -0.9$

Faccia sottovento:  $c_p = -0.69$

**Copertura piana**

Fascia sopravvento di profondità pari a 1.25:  $c_{pe,A} = -0.8$

Restanti zone:  $c_{pe,B} = +0.2, -0.2$

**Pressione del vento con coefficiente di forma  $c_p = -0.9$**

$$p(z_{min} = 5 \text{ m}) = -61.26 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 12 \text{ m}) = -80.98 \text{ Kg/m}^2$$

**Pressione del vento con coefficiente di forma  $c_p = -0.8$**

$$p(z_{min} = 5 \text{ m}) = -54.45 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 12 \text{ m}) = -71.98 \text{ Kg/m}^2$$

**Pressione del vento con coefficiente di forma  $c_p = -0.69$**

$$p(z_{min} = 5 \text{ m}) = -46.96 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 12 \text{ m}) = -62.08 \text{ Kg/m}^2$$

**Pressione del vento con coefficiente di forma  $c_p = -0.2$**

$$p(z_{min} = 5 \text{ m}) = -13.61 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 12 \text{ m}) = -18 \text{ Kg/m}^2$$

**Pressione del vento con coefficiente di forma  $c_p = 0.2$**

$$p(z_{min} = 5 \text{ m}) = 13.61 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 12 \text{ m}) = 18 \text{ Kg/m}^2$$

**Pressione del vento con coefficiente di forma  $c_p = 0.8$**

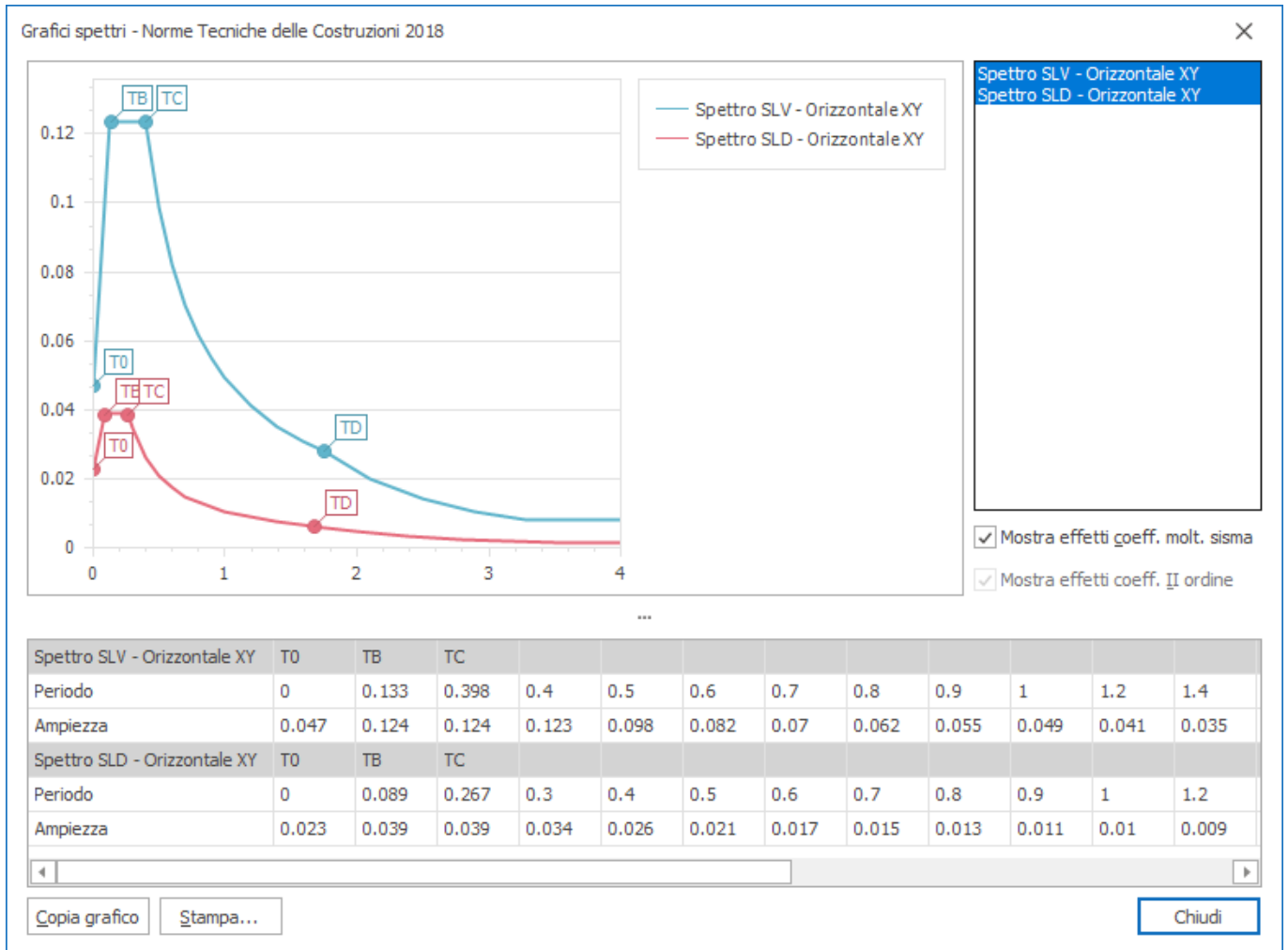
$$p(z_{min} = 5 \text{ m}) = 54.45 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 12 \text{ m}) = 71.98 \text{ Kg/m}^2$$

f) **CLASSIFICAZIONE SISMICA**

Il Comune di LOCATE VARESINO (CO) , ai sensi della classificazione introdotta dall'  
**OPCM 3274/03**, rientra in **zona sismica 4** ora contraddistinta da accelerazione al suolo  
pari a **ag / g = 0.0390 (SLV)**

SPETTRI SLV , SLD



## 6.1) STAMPA DEI DATI DI PROGETTO E COMBINAZIONI DI CARICO



## STAMPA DEI DATI DI PROGETTO

### INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	corpo scala+vano ascensore
Intestazione del lavoro	LOCATE VARESINO
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica e Dinamica
Tipo di soluzione	Lineare
Unita' di misura delle forze	kg
Unita' di misura delle lunghezze	m
Normativa	NTC-2018

### NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Localita'	Locate Varesino - (CO)
Longitudine (WGS84)	8.931
Latitudine (WGS84)	45.691
Categoria del suolo	B
Coefficiente topografico	1
Coefficiente di smorzamento	3%
Eccentricita' accidentale	5%
Numero di frequenze	20
Comportamento strutturale	NON Dissipativo

### PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag*S) (m/s^2)
SLO	45	0.0180	2.5530	0.17	1.57	1.20	0.212
SLD	75	0.0223	2.5230	0.19	1.53	1.20	0.263
SLV	712	0.0433	2.6560	0.30	1.40	1.20	0.510
SLE	712	0.0433	2.6560	0.30	1.40	1.20	0.510
SLC	1462	0.0514	2.7190	0.32	1.38	1.20	0.605

### STATO LIMITE ULTIMO

Fattore di comportamento q per sisma orizzontale	qor=1
--	-------

### STATO LIMITE DI DANNO

Fattore di comportamento q per sisma orizzontale	qor=1.5
Coeff.moltiplicativo sisma	1.000

### PARAMETRI SISMICI

Angolo del sisma nel piano orizzontale	0
Sisma verticale	Assente
Combinazione dei modi	CQC
Combinazione componenti azioni sismiche	NTC - Eurocodice 8
$\lambda$	0.3
$\mu$	0.3

### LISTA MATERIALI UTILIZZATI

Codice	Descrizione	Tipo materiale	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Acciaio	Altro	+2.10e+10	0.300	7850.00000	+1.20e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
2	Acciaio controventi	Altro	+1.05e+10	0.300	0.78500	+1.20e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
3	Calcestruzzo C28/35 (Rck 350)	Altro	+3.30e+09	0.120	2500.00000	+1.00e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00

## GRUPPI DELLA STRUTTURA

### ELEMENTO FINITO: TRAVE

Numero gruppo	Descrizione gruppo		
1	FORCELLE W		
2	colonne ascensore		
3	traversi ascensore		
4	controventi parete ascensore		
5	colonne scala		
6	cosciali scala		
7	mensole scala		
8	copertura scala+ascensore		
9	controventi copertura scala		

### ELEMENTO FINITO: VINCOLO

Numero gruppo	Descrizione gruppo		
1	vincoli		

## CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

### Carico distribuito con riferimento globale X

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
VENTO X DEPRES	4	Condizione 5	Variabile: Vento	55.000000	0.000	55.000000	0.000	0.0000	0.0000
Vento X parete	6	Condizione 5	Variabile: Vento	65.000000	0.000	65.000000	0.000	0.0000	0.0000
vento X depress generato da Y	11	Condizione 4	Variabile: Vento	75.000000	0.000	75.000000	0.000	0.0000	0.0000

### Carico distribuito con riferimento globale Y

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
vento Y depress generato da X	8	Condizione 5	Variabile: Vento	75.000000	0.000	75.000000	0.000	0.0000	0.0000
vento Y depress	10	Condizione 4	Variabile: Vento	55.000000	0.000	55.000000	0.000	0.0000	0.0000
Vento Y press	16	Condizione 4	Variabile: Vento	65.000000	0.000	65.000000	0.000	0.0000	0.0000

### Carico distribuito con riferimento globale Z

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Neve	2	Condizione 2	Variabile: Neve	130.000000	0.000	130.000000	0.000	0.0000	0.0000

## Carico termico tx

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Temperatura
carico termico	13	Condizione 6	Nessuna	25.000000

## Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Permanente copertura	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-15.000000	0.000	-15.000000	0.000	1.0000	1.0000
Categoria C3 - Musei, sale da ballo, palestre	3	Condizione 3	Variabile: Aree di acquisto e congresso	-	0.000	-	0.000	0.6000	0.6000
permanente scale	5	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-50.000000	0.000	-50.000000	0.000	1.0000	1.0000
ringhiera	7	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-30.000000	0.000	-30.000000	0.000	1.0000	1.0000
tamponamento vano ascensore	12	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-15.000000	0.000	-15.000000	0.000	1.0000	1.0000

## CONDIZIONI DI CARICO AI NODI

Num.cond.carico	Descrizione								
1	gancio ascensore	Nodo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	
		138			-2.00e+03				

## COMBINAZIONI DI CARICO

### NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

## COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Dinamica	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	0.600
2	SLU perm+acc+neve	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.750
7	SLU perm+vento X	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Vento	Condizione 5	1.500
8	SLU perm+vento Y	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Vento	Condizione 4	1.500
9	SLU perm+neve+acc+vento X	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	1.050
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.500
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.900
10	SLU perm+neve+acc+vento Y	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	1.050
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.500
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.900
14	SLU termico-25+perm+acc+neve	Azione sismica: Sisma assente	Nessuna	Condizione 6	-1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
15	SLU termico+25 vento X	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.750
16	SLU termico-25 vento X	Azione sismica: Sisma assente	Nessuna	Condizione 6	1.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Vento	Condizione 5	1.500
17	SLU termico+25 vento Y	Azione sismica: Sisma assente	Nessuna	Condizione 6	1.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Vento	Condizione 4	1.500
18	SLU termico-25 vento Y	Azione sismica: Sisma assente	Nessuna	Condizione 6	-1.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Vento	Condizione 4	1.500
19	SLU termico-25 neve+acc+vento X	Azione sismica: Sisma assente	Nessuna	Condizione 6	-1.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	1.050
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.500
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.900
20	SLU termico-25 neve+acc+vento Y	Azione sismica: Sisma assente	Nessuna	Condizione 6	-1.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	1.050
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.500
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.900

## COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
3	SLE perm+acc+neve	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.500
4	SLE perm+vento X	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	1.000
5	SLE perm+vento Y	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	1.000
11	SLE perm+neve+acc+vento X	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	0.700
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.600
12	SLE perm+neve+acc+vento Y	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	0.700
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.600
13	SLE PERM+NEVE (FRECCIA COP)	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
21	SLE temico-25 acc+neve	Tipologia: Rara	Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.000
			Nessuna	Condizione 6	-1.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
22	SLE termico+25 vento X	Tipologia: Rara	Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.500
			Nessuna	Condizione 6	1.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
23	SLE termico+25 vento Y	Tipologia: Rara	Variabile: Vento	Condizione 5	1.000
			Nessuna	Condizione 6	1.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	1.000
24	SLE termico-25 neve+acc+vento X	Tipologia: Rara	Nessuna	Condizione 6	-1.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	0.700
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.000
25	SLE termico-25 neve+acc+vento Y	Tipologia: Rara	Variabile: Vento	Condizione 5	0.600
			Nessuna	Condizione 6	-1.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	0.700

## COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
6	S.L.D.	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	0.600

## 6.2) CRITERI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE

Il progetto dell'opera è stato eseguito con l'ausilio di modelli FEM che rappresentano fedelmente le reali geometrie e le proprietà dei materiali.

Pur essendo la struttura regolare in pianta ed in elevazione, si è optato per considerare, come previsto dalla nuova normativa, un comportamento non dissipativo.

Per quanto riguarda gli elementi non strutturali e gli impianti sono state considerate tutte le prescrizioni contenute all'interno delle NTC2018.

Per quanto riguarda le sezioni adottate per i profili in acciaio si ricorda che trattandosi di una struttura non dissipativa non occorre soddisfare i requisiti di duttilità (e quindi di classe delle sezioni) indicati nel paragrafo 7 delle NTC 2018.

### 6.3) PRINCIPALI COMBINAZIONI DELLE AZIONI

A pag. 21 della presente relazione sono state riportate le combinazioni delle condizioni di carico utilizzate per il calcolo delle sollecitazioni, rielaborate a partire dalle seguenti 5 definite dalla normativa.

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

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} \gamma_{Qi} (\psi_{0i} Q_{ki})$$

Combinazione caratteristica (rara), impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_k + Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{0i} Q_{ki})$$

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

$$G_k + \psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{2i} Q_{ki})$$

Combinazione quasi permanente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine:

$$G_k + \psi_{21} Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{2i} Q_{ki})$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_k + \sum_{i=1}^{i=n} (\psi_{2i} Q_{ki})$$

dove:

$G_k$ : il valore caratteristico delle azioni permanenti

$Q_{k1}$ : il valore caratteristico dell'azione di base di ogni combinazione

$Q_{ki}$ : i valori caratteristici delle azioni variabili che possono agire contemporaneamente

$\psi$ : coefficiente che tiene conto della durata percentuale relativa ai livelli di intensità dell'azione variabile.

Per quanto riguarda i valori dei coefficienti parziali da impiegare per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi, nella presenti relazioni si è adottato l'approccio progettuale "Approccio 2" nel quale è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti da adottare sia nelle verifiche strutturali che geotecniche. In particolare si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e eventualmente per la resistenza globale del sistema (R). Le verifiche

sono effettuate nei confronti dello stato limite di resistenza della struttura (STR) e dello stato limite di resistenza del terreno (GEO).

Coeff. Parziali per le azioni:	Carichi permanenti	1.3
	Carichi variabili	1.5

Coeff. di combinazione: Ambienti suscettibili di affollamento	$\Psi_{0j}=0.7 \quad \Psi_{1j}=0.7 \quad \Psi_{2j}=0.6$
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	$\Psi_{0j}=0.5 \quad \Psi_{1j}=0.2 \quad \Psi_{2j}=0.0$
Vento	$\Psi_{0j}=0.6 \quad \Psi_{1j}=0.2 \quad \Psi_{2j}=0.$

## 6.4) METODO DI ANALISI

Il calcolo è stato effettuato considerando un'analisi lineare dinamica con spettro di risposta di progetto ottenuto dai dati del sito e dalla scelta di comportamento non dissipativo.

### *ANALISI DINAMICA MODALE*

Il programma effettua l'analisi dinamica con il metodo dello spettro di risposta.

Il sistema da analizzare è essere visto come un oscillatore a  $n$  gradi di libertà, di cui vanno individuati i modi propri di vibrazione. Il numero di frequenze da considerare è un dato di ingresso che l'utente deve assegnare. In generale si osservi che il numero di modi propri di vibrazione non può superare il numero di gradi di libertà del sistema.

La procedura attua l'analisi dinamica in due fasi distinte: la prima si occupa di calcolare le frequenze proprie di vibrazione, la seconda calcola spostamenti e sollecitazioni conseguenti allo spettro di risposta assegnato in input.

Nell'analisi spettrale il programma utilizza lo spettro di risposta assegnato in input, coerentemente con quanto previsto dalla normativa. L'eventuale spettro nella direzione globale  $Z$  è unitario. L'ampiezza degli spettri di risposta è determinata dai parametri sismici previsti dalla normativa e assegnati in input dall'utente.

La procedura calcola inizialmente i coefficienti di partecipazione modale per ogni direzione del sisma e per ogni frequenza. Tali coefficienti possono essere visti come il contributo dinamico di ogni modo di vibrazione nelle direzioni assegnate. Si potrà perciò notare in quale direzione il singolo modo di vibrazione ha effetti predominanti.

Successivamente vengono calcolati, per ogni modo di vibrazione, gli spostamenti e le sollecitazioni relative a ciascuna direzione dinamica attivata, per ogni modo di vibrazione. Per ogni direzione dinamica viene calcolato l'effetto globale, dovuto ai singoli modi di vibrazione, mediante la radice quadrata della somma dei quadrati dei singoli effetti. E' prevista una specifica fase di stampa per tali risultati.

L'ultima elaborazione riguarda il calcolo degli effetti complessivi, ottenuti considerando tutte le direzioni dinamiche applicate. Tale risultato (involuppo) può essere ottenuto, a discrezione dell'utente in tre modi distinti, inclusi quelli suggeriti della normativa italiana e dall'Eurocodice 8.

## 6.5) CRITERI DI VERIFICA

Sono state eseguite tutte le principali verifiche previste dalle NTC2018, in particolare:

1. Verifica a pressoflessione delle colonne e delle travi in acciaio allo SLU;
2. Verifica a taglio delle colonne e delle travi in acciaio allo SLU;
3. Verifica delle deformate agli SLE degli elementi in acciaio;
4. Verifica dei principali nodi di giunzione;
5. Verifiche di spostamenti relativi di interpiano;
6. Verifiche tensionali e fessurative agli SLE per gli elementi di fondazione;
7. Verifiche della capacità portante delle fondazioni;
8. Verifica delle soles di fondazione;
9. Verifiche dei cedimenti in fondazione;

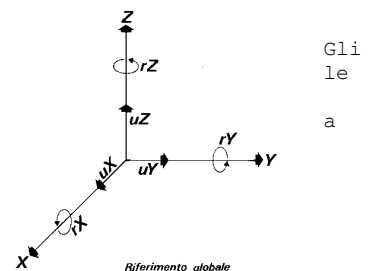
Per tutti gli elementi strutturali è stato verificato che il valore di progetto di ciascuna sollecitazione ( $E_d$ ) risulti inferiore al valore della resistenza di progetto ( $R_d$ ).

## **PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DELL'ANALISI STRUTTURALE**

### ***DEFORMATE***

Per ogni combinazione di carico e per tutti i nodi non completamente bloccati il programma calcola spostamenti (unità di misura L) e rotazioni (radianti). Viene anche rappresentata la deformata in luce dell'asta che riproduce il comportamento di una funzione polinomiale di quarto grado. spostamenti sono positivi se diretti nel verso degli assi globali X Y Z, rotazioni positive se antiorarie rispetto all'asse di riferimento, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo (vedi figura lato).

Viene anche determinato il valore massimo assoluto (con segno) di ogni singola deformazione e il valore massimo dello spostamento nello spazio (radice quadrata della somma dei quadrati degli spostamenti).



### ***ASPETTI PARTICOLARI DELL'ANALISI DINAMICA***

Nella stampa degli autovettori vengono riportati i relativi risultati, pertinenti ad ogni nodo.

Nel calcolo della risposta spettrale vengono determinate, per ogni verso del sisma, le deformazioni relative ai vari modi di vibrare e la corrispondente media quadratica. Tali risultati vengono successivamente combinati e danno luogo ad uno o più involucri in relazione a quanto imposto dall'utente nella fase iniziale di intestazione del lavoro.

Nel caso dell'applicazione dell'Ordinanza 3431 (ex 3272) vengono anche determinate le deformazioni allo stato limite ultimo, che risultano amplificate per effetto dei fattori di struttura  $q$  rassegnati alle due direzioni orizzontali e a quella verticale.

### ***ASTE RETICOLARI***

Per ogni elemento e per ogni combinazione di carico statica vengono calcolate:

- tensione unitaria ( $F/L^2$ );
- forza assiale (F).

Il segno positivo indica trazione.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione sismica e per ogni asta, viene indicato il modo che dà luogo al massimo effetto e il relativo valore, nonché l'effetto risultante calcolato in base al criterio SRSS o CQC come scelto dall'utente.

Nella stampa degli involucri viene riportata la tensione e lo sforzo assiale  $F_x$  calcolato secondo la modalità scelta dall'utente nella fase di input riguardante l'assegnazione dell'intestazione e dei parametri iniziali.

### ***TRAVI, PILASTRI E TRAVI DI FONDAZIONE***

Il programma calcola ai due nodi estremi di ogni elemento e per ogni combinazione di carico sei sollecitazioni, riferite agli assi locali (come indicato nella figura a lato):

- $F_x$  = forza assiale nella direzione locale x;
- $F_y$  = taglio nella direzione locale y;



- $F_z$  = taglio nella direzione locale  $z$ ;
  - $M_x$  = momento torcente attorno all'asse locale  $x$ ;
  - $M_y$  = momento flettente attorno all'asse locale  $y$ ;
  - $M_z$  = momento flettente attorno all'asse locale  $z$ ,
- con le seguenti convenzioni sui segni:
- forze positive se concordi con gli assi locali ( $F$ );
  - momenti positivi se antiorari rispetto gli assi locali, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo ( $F*L$ ).

Tali convenzioni sono caratteristiche dei codici di calcolo numerico e sono mantenute soltanto nelle stampe globali. Nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe delle verifiche di sicurezza vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.

In caso di analisi sismica con il metodo statico equivalente viene riportato un prospetto riguardante il peso sismico del gruppo, le coordinate baricentriche relative, il coefficiente di distribuzione globale del gruppo funzione della sua quota, il coefficiente globale ricavato dal precedente in base ai parametri sismici, la forza sismica relativa.

Nell'analisi dinamica vengono calcolate le medesime sollecitazioni per ognuna delle tre azioni sismiche previste ( $Z$  eventuale). Viene evidenziato il modo di vibrazione che dà luogo all'effetto massimo, il valore di tale effetto (con segno), la risultante dovuta alla combinazione di tutti i modi di vibrazione mediante il criterio prescelto dall'utente.

Per le travi di fondazione il programma calcola ai due nodi estremi della trave e in tutti i punti intermedi generati per effetto della suddivisione della trave di fondazione, per ogni combinazione di carico:

- $F_y$  = taglio nella direzione locale  $y$  ( $F$ );
- $M_x$  = momento torcente attorno asse locale  $x$  ( $F*L$ );
- $M_z$  = momento flettente attorno asse locale  $z$  ( $F*L$ );
- $U_z$  = spostamento lungo  $Z$  ( $L$ );
- $r_x$  = rotazione intorno  $X$  (rad);
- $r_y$  = rotazione intorno  $Y$  (rad);
- pressione sul suolo ( $F/L^2$ ).

### **VINCOLI**

In stampa vengono fornite, per ogni nodo vincolato, le reazioni corrispondenti ai vincoli assegnati. Per quanto concerne i versi si tenga presente che è stata adottata la convenzione tradizionale. In generale le forze vincolari (unità di misura  $F$ ) sono positive se vanno nel verso dell'asse di riferimento, i momenti ( $F*L$ ) sono positivi se antiorari per un osservatore disposto lungo il corrispondente semiasse positivo; tali sollecitazioni tendono a contrastare deformazioni di segno opposto.

Per quanto concerne i vincoli comunque disposti nello spazio vale la stessa regola: se uno spostamento è positivo tende ad allontanare il nodo  $N$  da  $I$ ; la conseguente reazione è di segno opposto, cioè negativa.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione, per ogni nodo vincolato, viene indicato il modo che dà luogo all'effetto massimo e il relativo valore; viene anche indicato il risultato complessivo calcolato a partire dai singoli effetti modalali. Nella stampa degli involucri viene calcolata la risultante obbedendo alla modalità scelta dall'utente.

---

## **VERIFICHE DI OPERE IN ACCIAIO, ALLUMINIO O LEGNO CON IL METODO DEGLI STATI LIMITE**

### **I RISULTATI PER TRAVI E PILASTRI**

Le sollecitazioni sono riferite al sistema locale  $x, y, z$ :

- numero combinazione di carico;
- ascissa di calcolo (cm);
- in sequenza  $F_x, F_y, F_z$  ( $F$ ),  $M_x, M_y, M_z$  ( $F*m$ ).

Le convenzioni sui segni delle sollecitazioni sono:

- $F_x$  (sforzo normale) è positivo se di trazione;
- $F_y$  (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione interessata, nel verso positivo dell'asse locale corrispondente;
- $F_z$  (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione interessata, nel verso negativo dell'asse locale corrispondente;
- $M_x$  (momento torcente) è positivo se antiorario intorno a  $x$  a sinistra dell'ascissa in esame;

- $M_y$  (momento flettente) è positivo se tende le fibre posteriori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse  $z$ ;
- $M_z$  (momento flettente) è positivo se tende le fibre inferiori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse  $y$ .

Il tabulato di uscita riporta inoltre in ordine:

- $S_f (F_x)$ , (Tens.  $(F_x)$  per il legno): tensione derivante solo da sforzo normale;
- $S_f (M)$ , (Tens.  $(M)$  per il legno): tensione derivante solo dagli effetti flettenti di  $M_y$  e  $M_z$ ; viene riportato il valore massimo riscontrato fra tutti i punti soggetti a indagine;
- tensione da torsione, derivante da  $M_x$ , valore massimo riscontrato;
- tensione di taglio, derivante da  $F_y$  e  $F_z$ , valore massimo riscontrato;
- $S_f$  ideale: tensione ideale massima nel caso di acciaio e alluminio. Nel caso del legno, invece, viene riportata una "tensione  $(F_x, M)$ " derivante dall'interazione fra  $F_x$  e  $M$ , in cui si somma il contributo tensionale dovuto allo sforzo normale con quello derivante dal momento flettente, la cui entità viene però riparametrizzata tramite il rapporto fra le tensioni ammissibili a sforzo normale e momento flettente. In questo modo  $tens (F_x, M)$  viene confrontata, per la sua accettabilità, con la tensione massima ammessa a sforzo normale;
- locazione, ovvero il punto della sezione in cui si verifica il massimo della tensione ideale;
- Nota: compare un avviso qualora la tensione ideale o "tens  $(F_x, M)$ " superi il valore massimo ammissibile, che dipende anche dal relativo coefficiente di incremento connesso alle combinazioni di carico.

Alla fine del tabulato delle verifiche di resistenza, se attivata l'opzione sulla combinazione dei carichi, la procedura propone uno specchietto che riepiloga nell'ordine:

- numero della combinazione di carico che dà luogo al momento massimo: tale sollecitazione si può infatti verificare per effetto di una combinazione di carico spaziale di MasterSap (in questo caso viene riportato il relativo numero o simbolo identificativo) o a causa della combinazione dei carichi permanenti e accidentali (contrassegnata in stampa dal simbolo --);
- $x_{Mmax}$ : ascissa dell'asta in cui si verifica il momento massimo positivo;
- $M_{max}$ : valore del momento massimo positivo;
- $x_{fmax}$ : ascissa in cui si verifica la freccia massima in campata;
- $F_{max}$ : valore della freccia massima in campata;
- $f_{max}/l$ : rapporto fra freccia massima e luce dell'asta.

La verifica di stabilità viene effettuata per le sole combinazioni di carico che presentano, in almeno un'ascissa, condizioni di lavoro a pressoflessione. Il prospetto riepilogativo della verifica a stabilità riporta le informazioni relative all'asta iniziale e finale coinvolte, e inoltre:

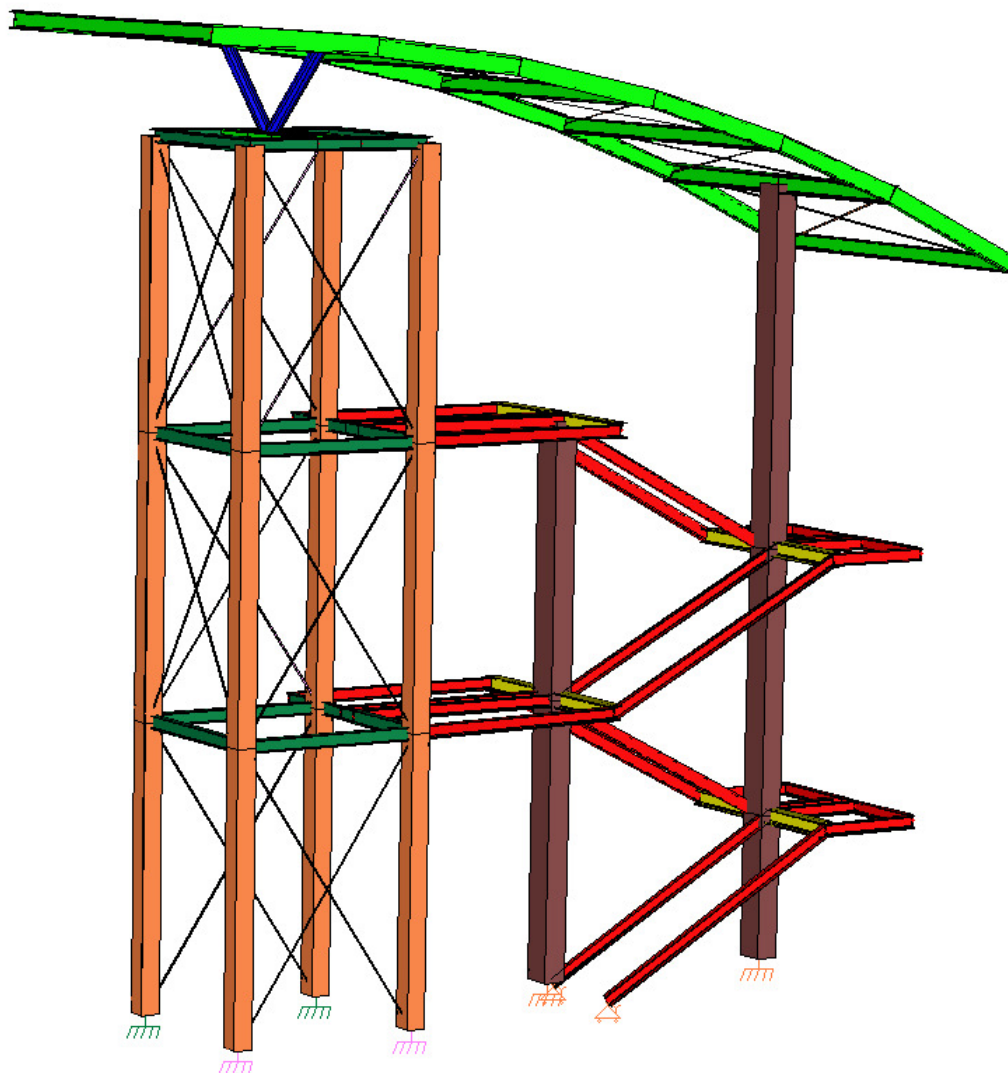
- numero combinazione di carico;
- valore dello sforzo normale; (compressione più elevata trovata in tutte le ascisse soggette a verifica);
- valore del momento flettente  $M_y$  equivalente;
- valore del momento flettente  $M_z$  equivalente;
- snellezza  $\omega$  (che influisce sullo sforzo normale), solo per acciaio e alluminio;

- snellezza nel piano locale "yx" (che influisce su  $M_z$ );
- snellezza nel piano locale "zx" (che influisce su  $M_y$ );
- $\omega$ ;  $\omega_1$  (solo per acciaio e alluminio);
- tensione nell'acciaio o alluminio; nel caso del legno viene riportata un valore di tensione ( $F_x$ ,  $M$ ) calcolato nei modi già espressi per la verifica di resistenza.

## 7.0) VERIFICHE ELEMENTI PORTANTI

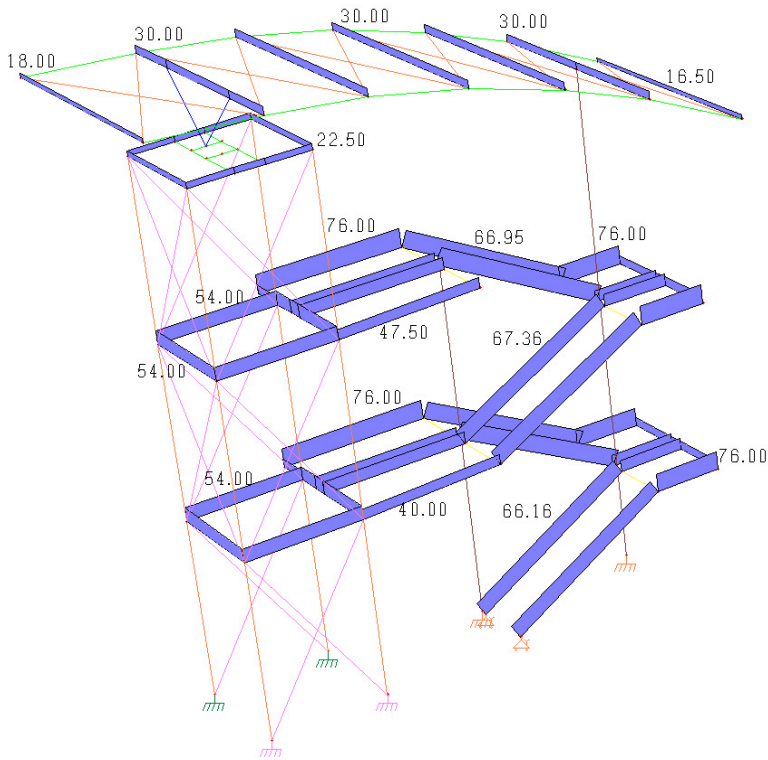
Si riportano di seguito i risultati più significativi delle caratteristiche di sollecitazione, delle verifiche di sicurezza e delle configurazioni deformate.

### MODELLO DI CALCOLO GENERALE

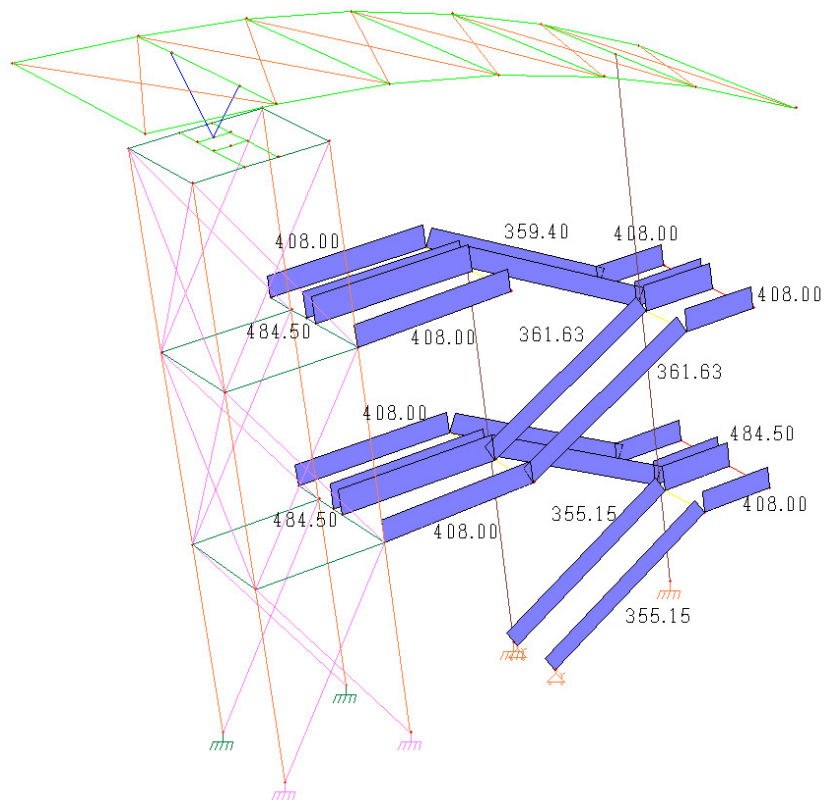


# INDIVIDUAZIONE ASTE CARICATE

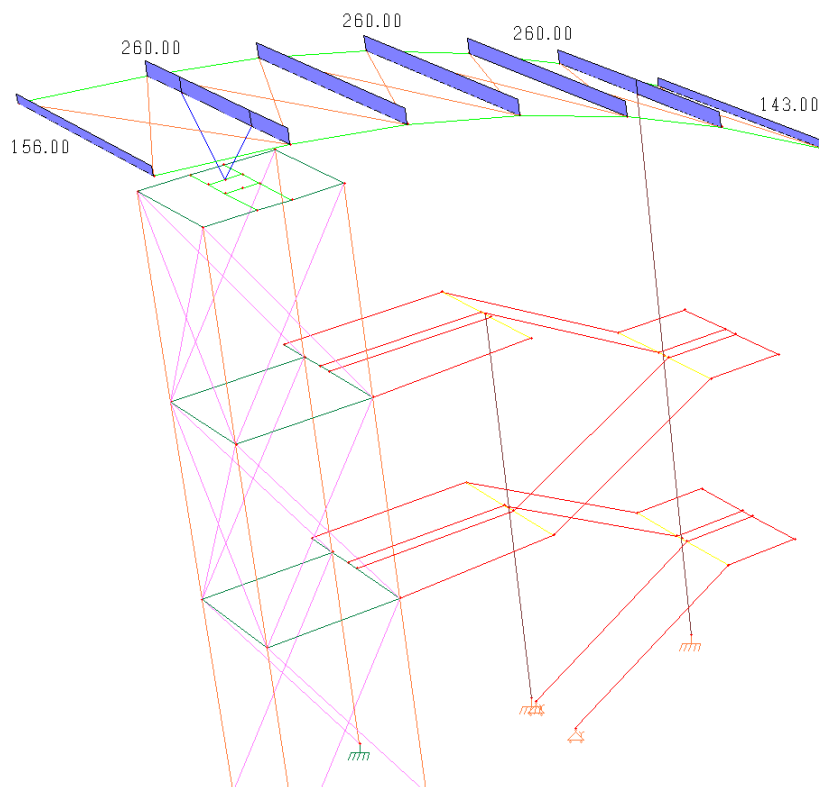
**PERMANENTE** : peso proprio struttura,grigliato, pannello di copertura (kg/m)



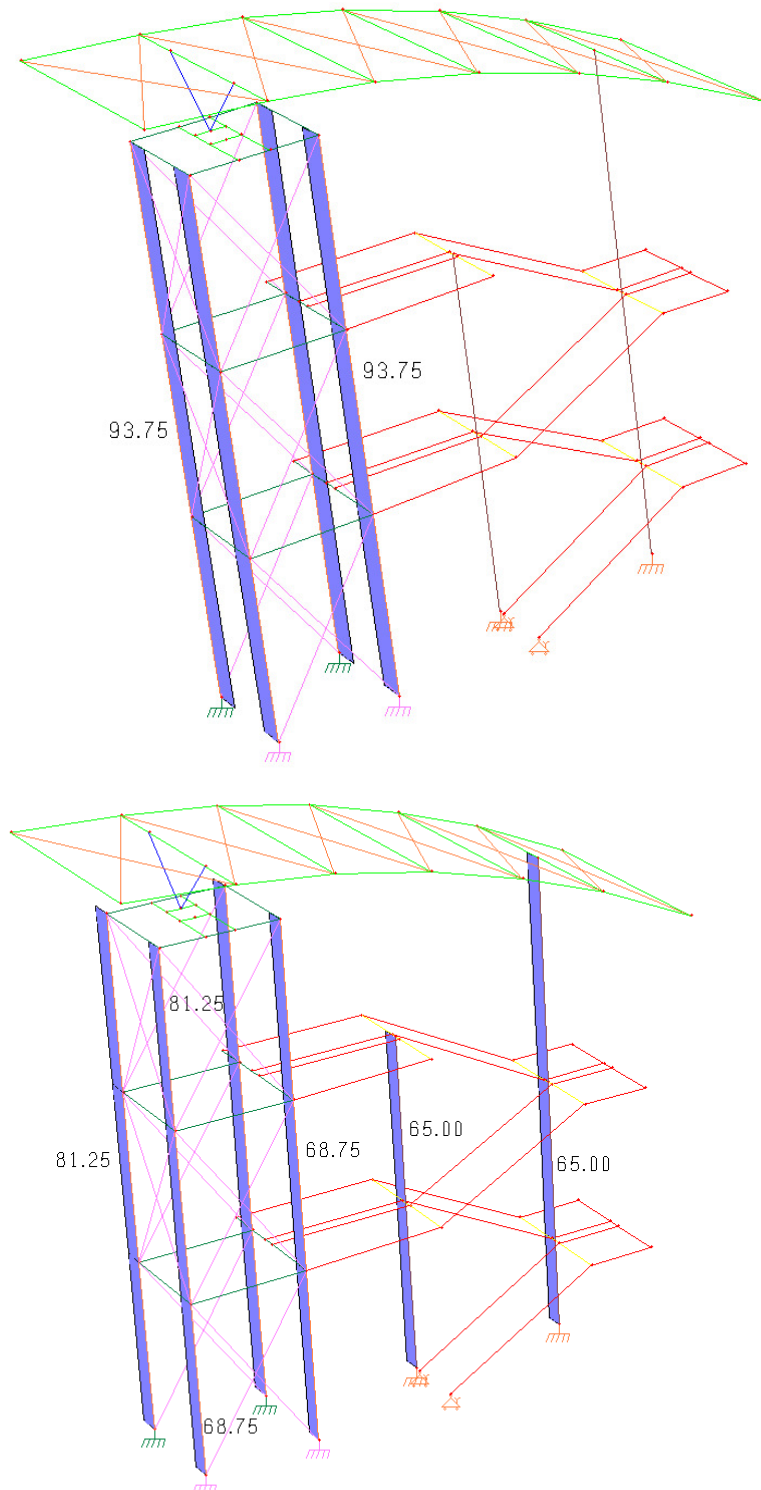
**ACCIDENTALE** : carico accidentale Cat. C3 : ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone quali musei, sale di esposizione, alberghi e ospedali, atri di stazioni ferroviarie (kg/m)



**ACCIDENTALE** : carico accidentale neve uniforme (kg/m)



**AZIONE DEL VENTO :** vento in pressione e depressione sulle pareti dell'ascensore (kg/m)



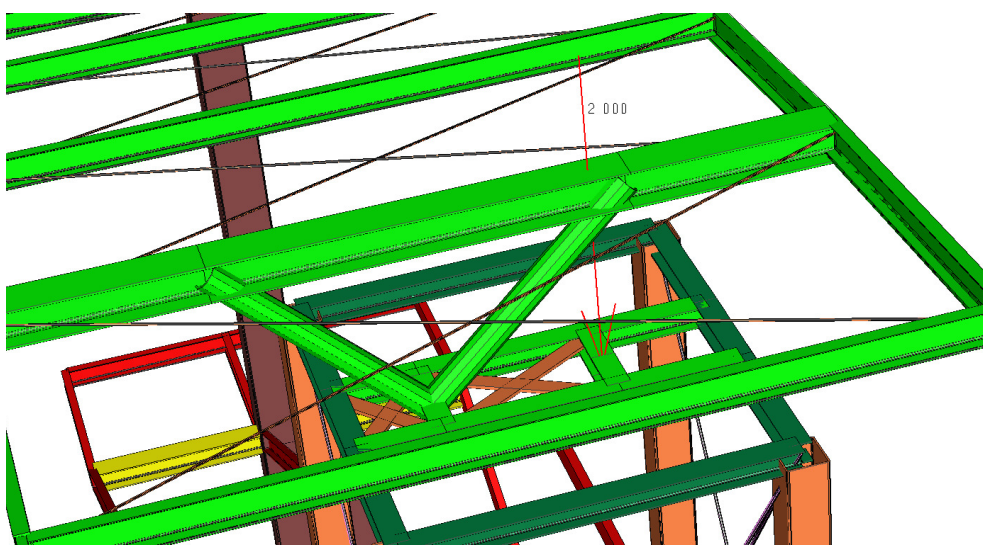
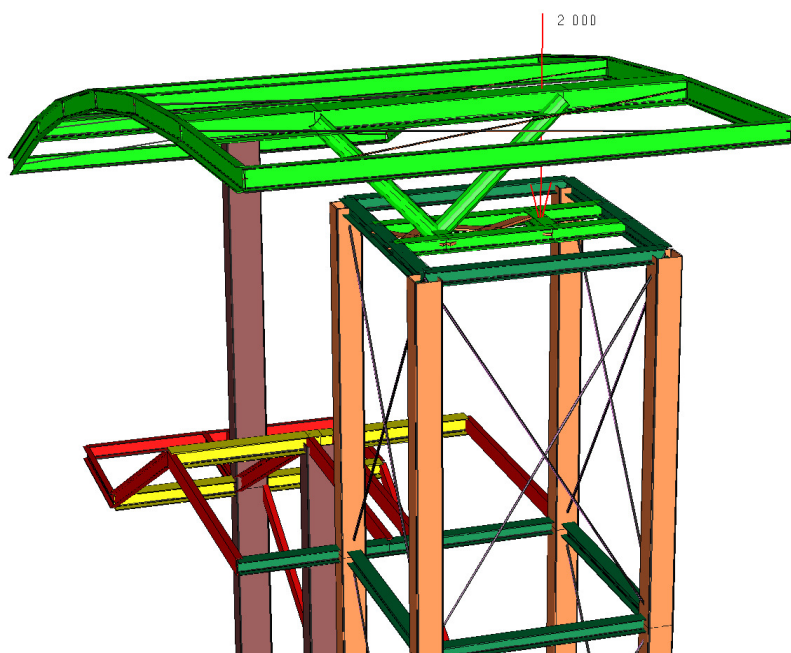
**AZIONE GANCIO ASCENSORE :** massa relativa al carico massimo persone trasportabile come dichiarato nelle specifiche allegate

### 3.2. CARATTERISTICHE GENERALI

Gli ascensori dovranno essere progettati e dimensionati in funzione dei seguenti parametri fondamentali:

- Portata e capienza 1.000 kg - 12 persone
- Velocità 0,6 m/s
- Numero fermate 2
- Numero accessi cabina 2
- Larghezza porta cabina 900 mm con scorrimento laterale
- Altezza porta cabina 2.100 mm
- Larghezza interna cabina 1.400 mm
- Profondità interna cabina 2.000 mm
- Altezza interna cabina 2.200 mm

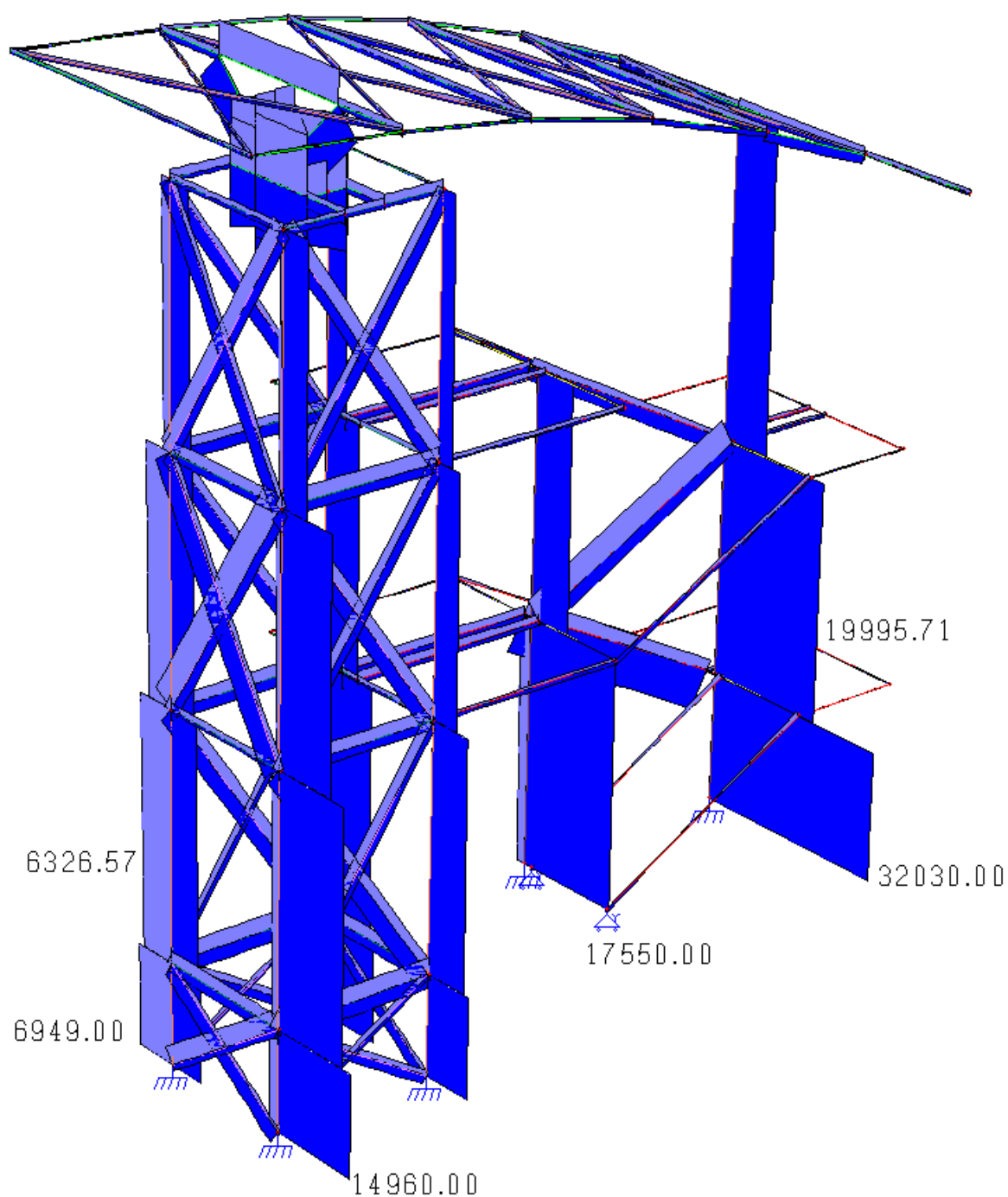
Il carico specificato dalla Ditta installatrice degli impianti viene aumentato da 1200 kg a 2000 kg al gancio come meglio specificato nell'immagine sottostante



**7.1) SOLLECITAZIONI, DEFORMATE E VERIFICHE STRUTTURA GENERALE**

**SFORZO NORMALE  $F_x$  (kg)**



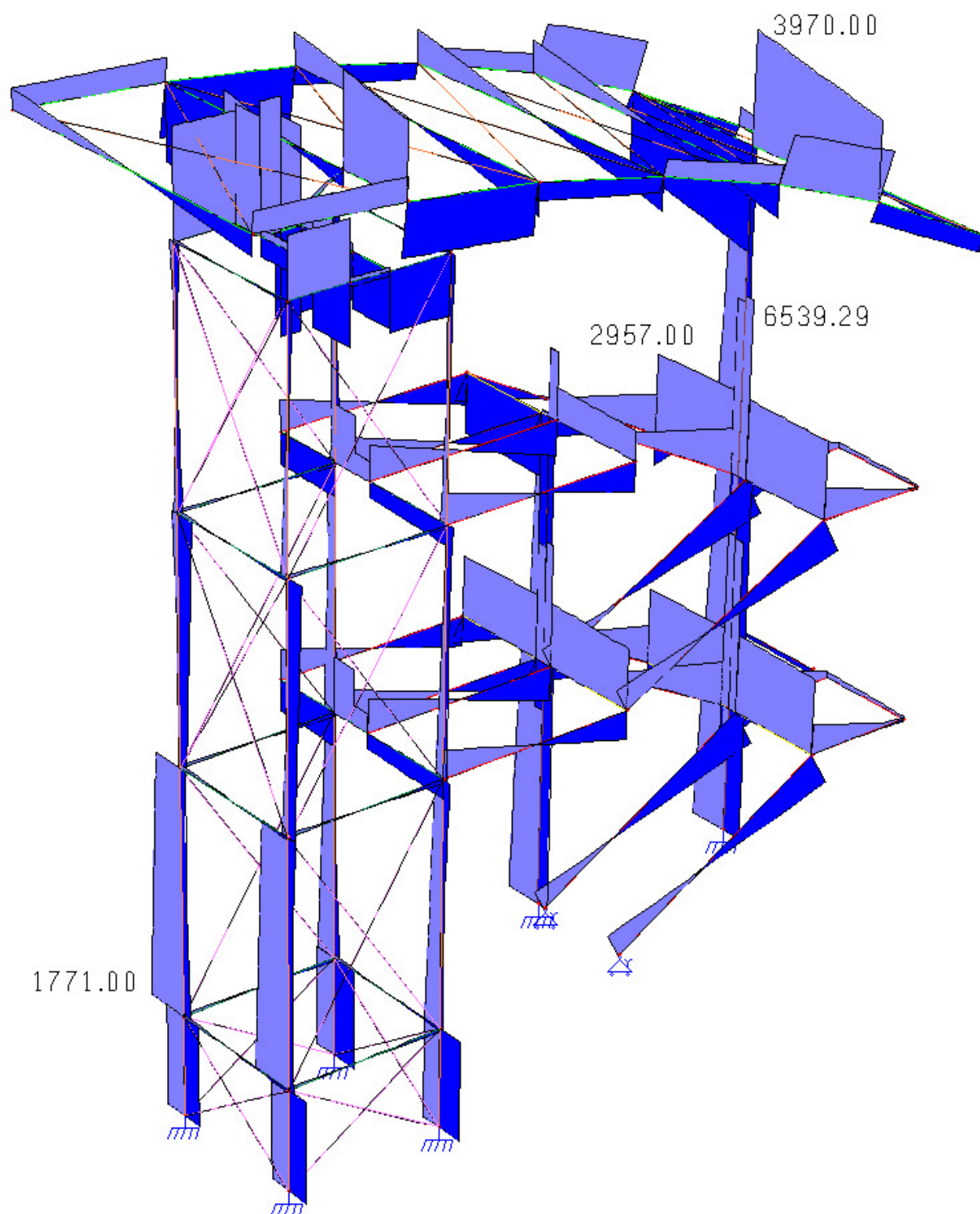


Lettura dei valori

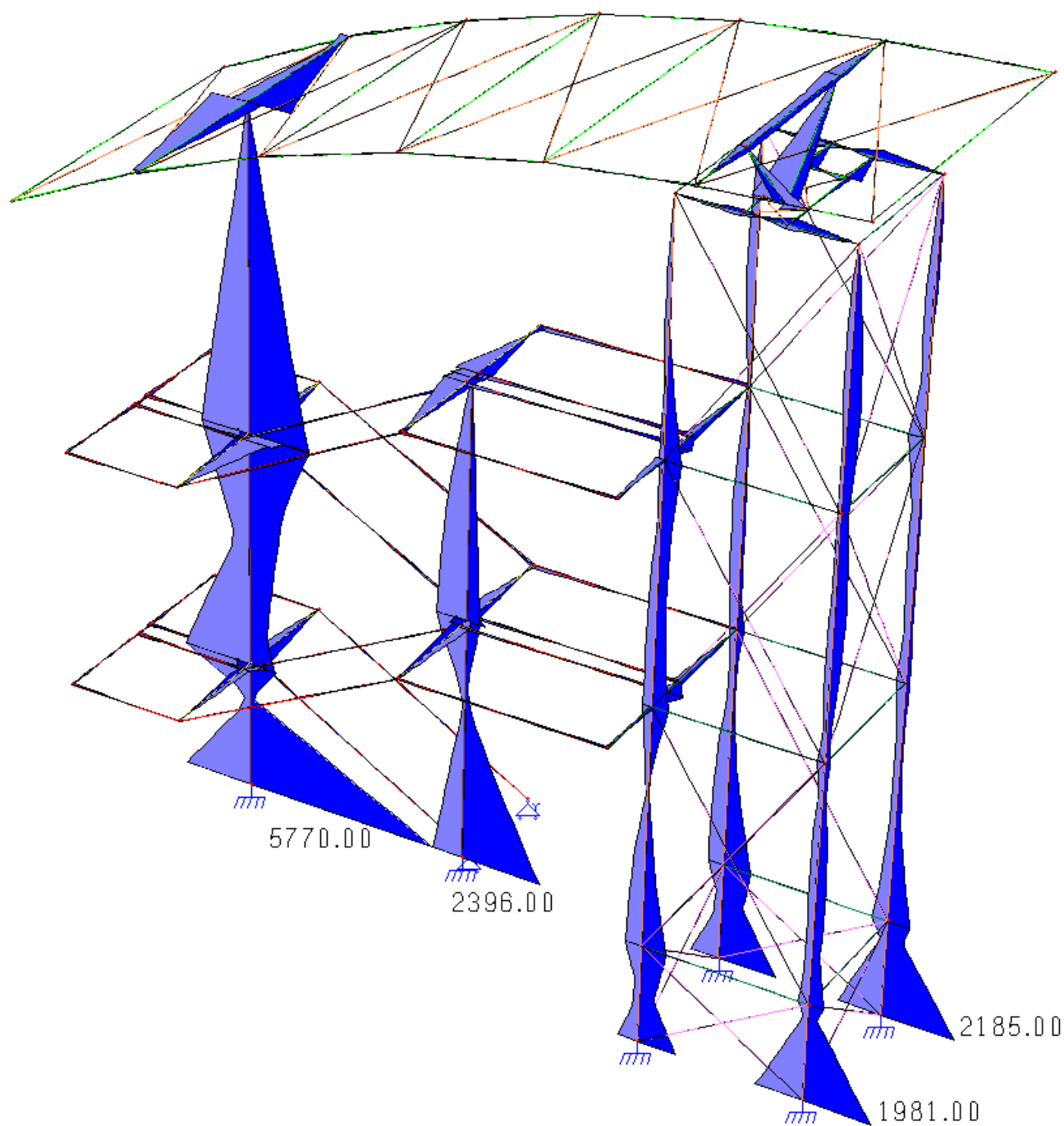
32030 kg : valore di compressione nella colonna (scale+copertura)

6949 kg : valore di trazione nella colonna ascensore

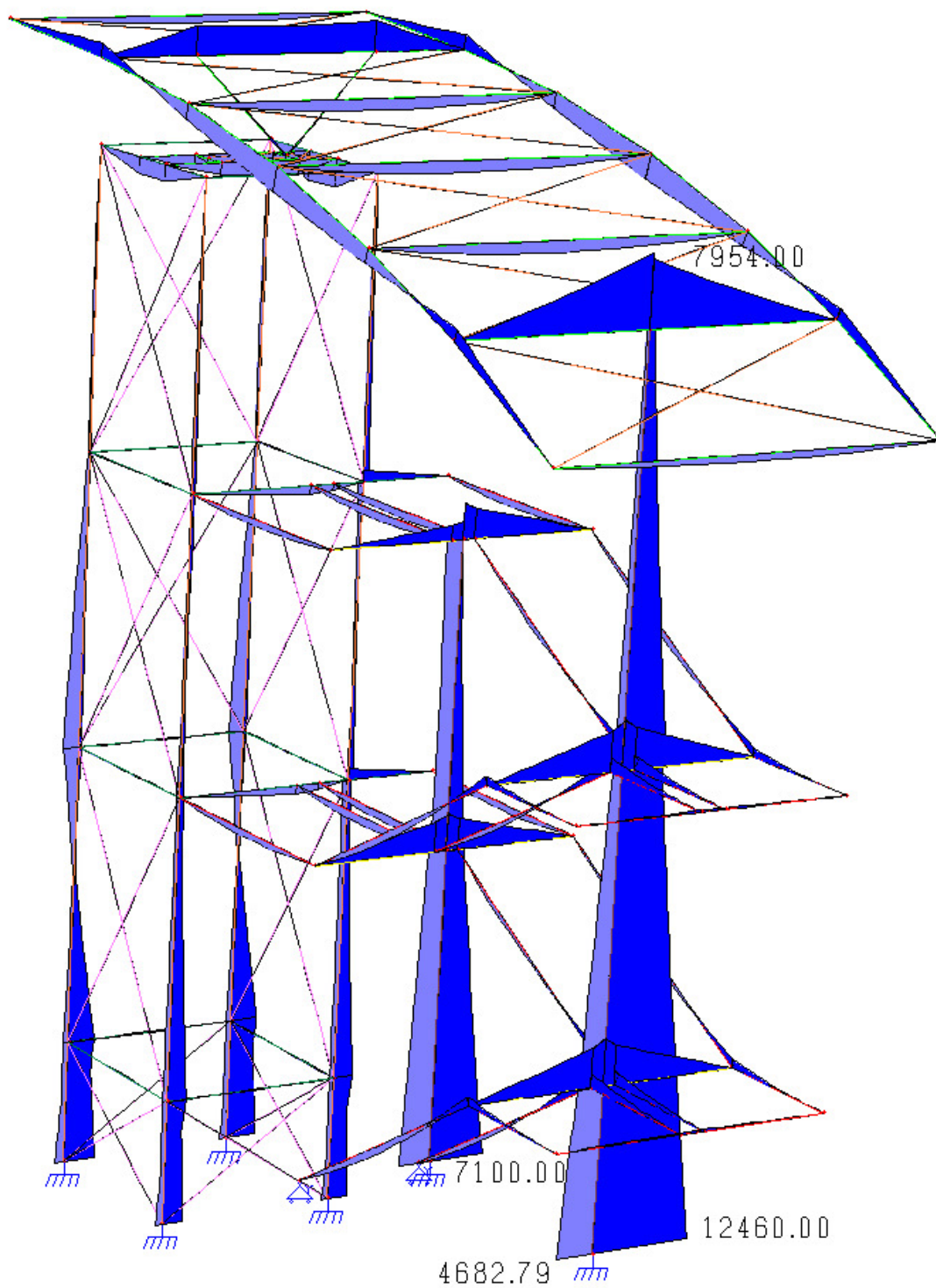
**SFORZO DI TAGLIO  $F_y$  (kg)**



**MOMENTO FLETTENTE  $M_x$  (kgm)**



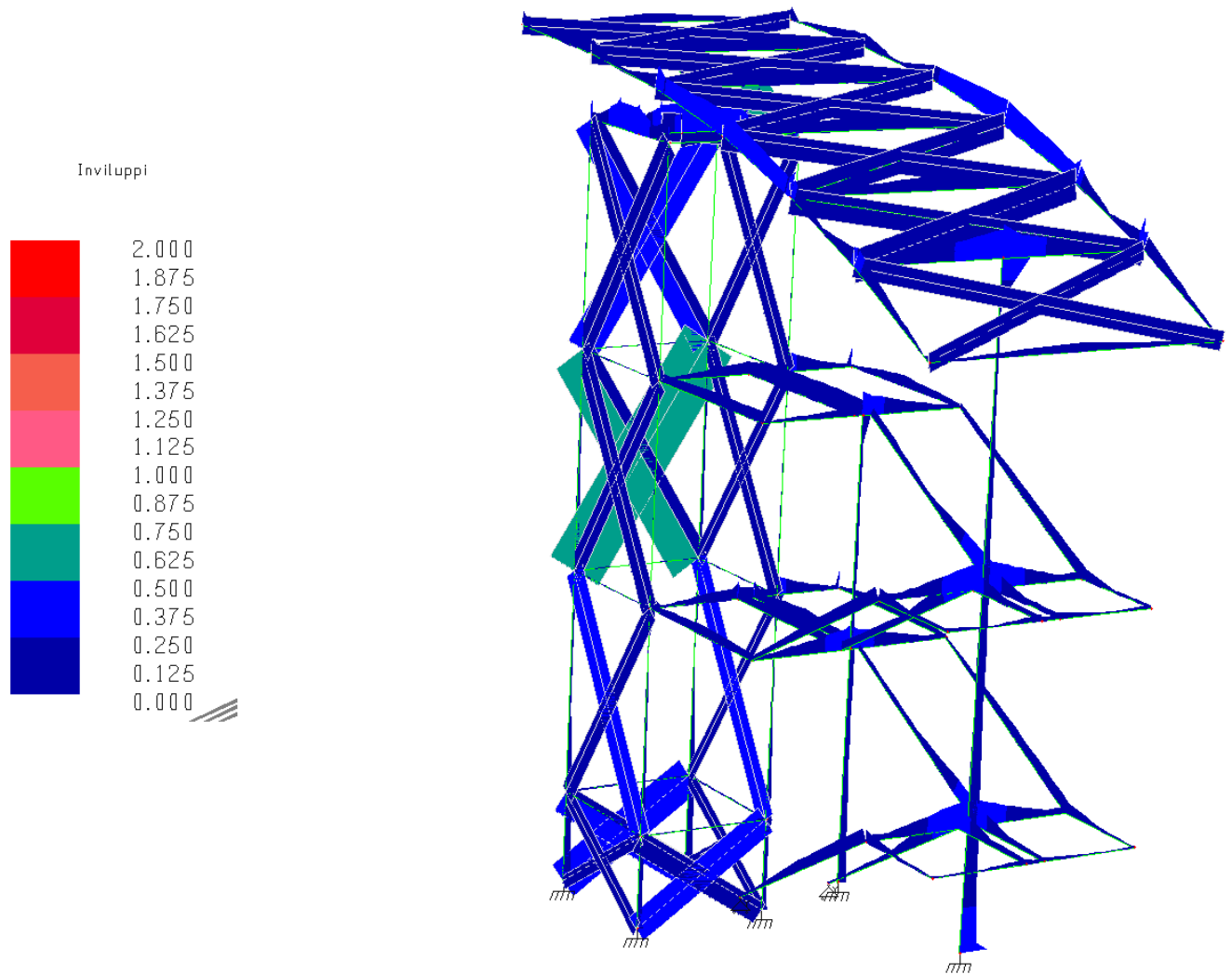
**MOMENTO FLETTENTE  $M_z$  (kgm)**

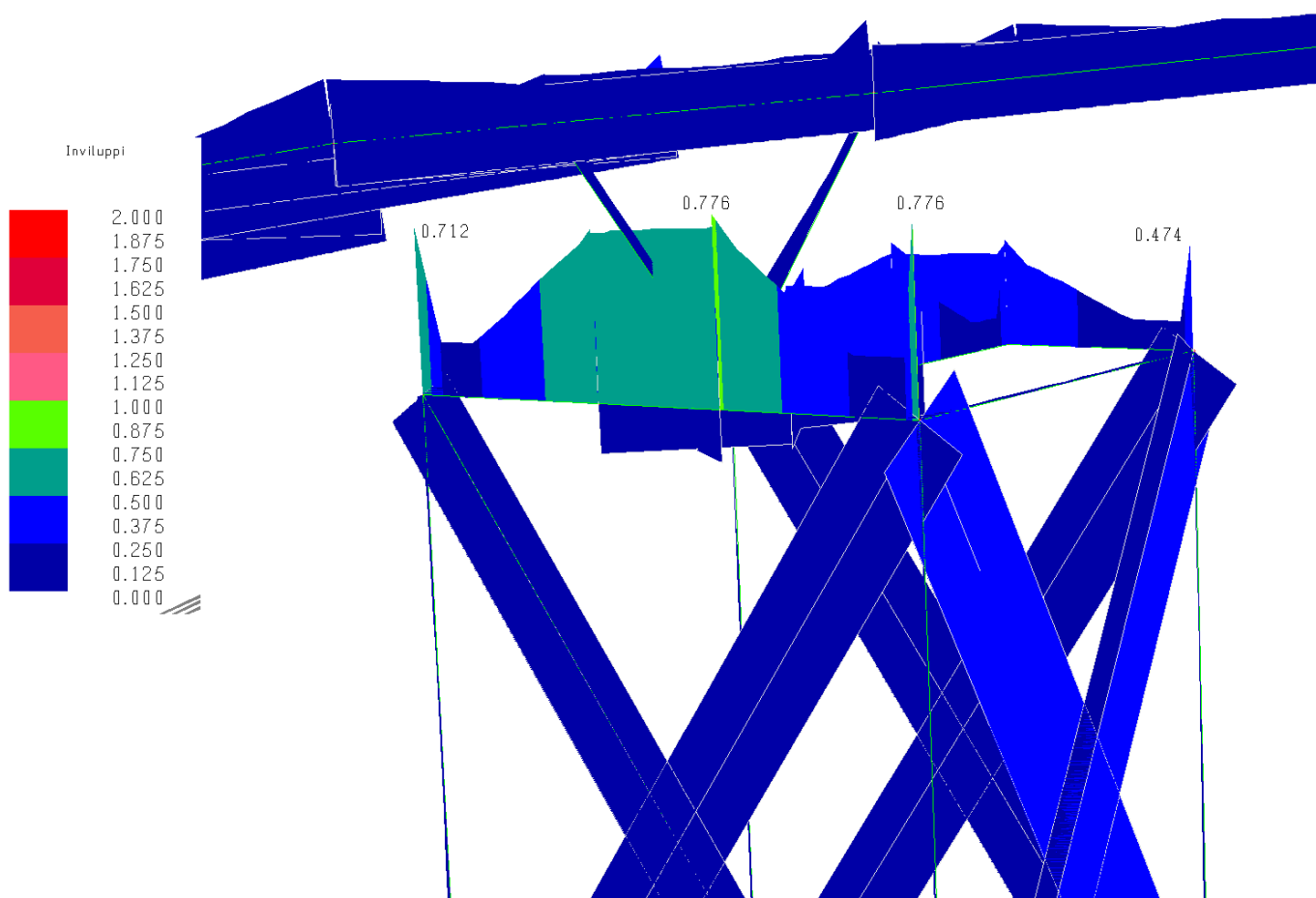


## VERIFICA GLOBALE DELLA STRUTTURA CON L'AUSILIO DELLA MAPPA A COLORI

Indice di inviluppo: elementi verificati per indice < 1

$$I = 0.776 < 1$$

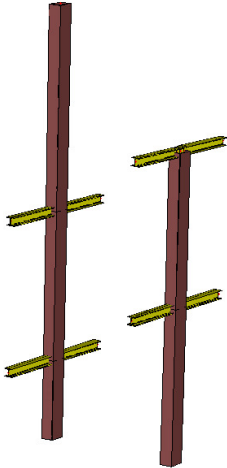




## VERIFICA ELEMENTI PRINCIPALI CORPO SCALE

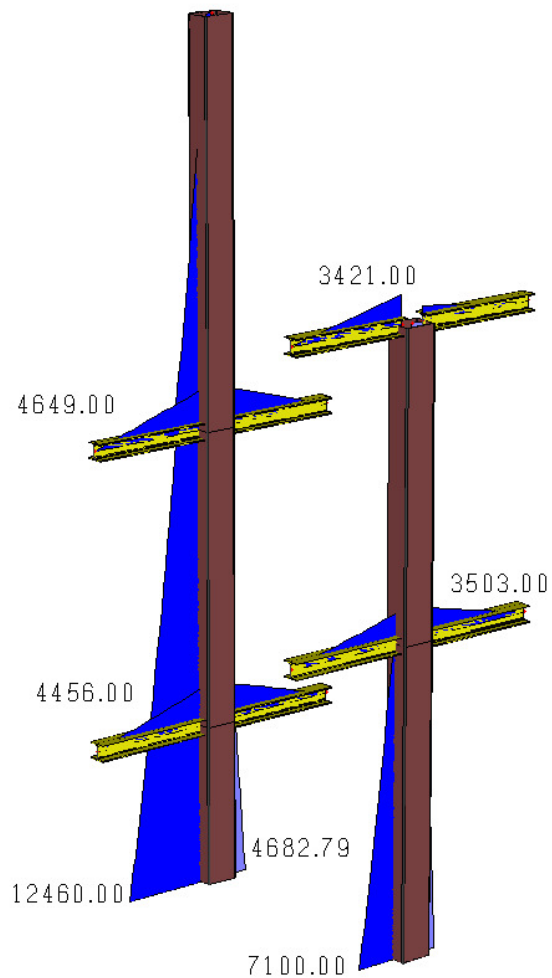
Si analizzano gli elementi principali che compongono la struttura

### 7.2) VERIFICA COLONNE E MENSOLE REGGI COSCIALI

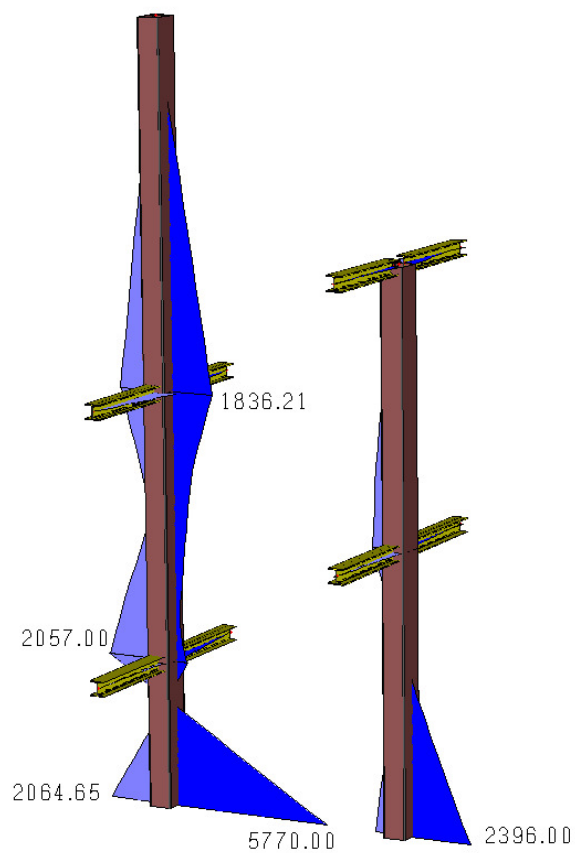


#### SOLLECITAZIONI

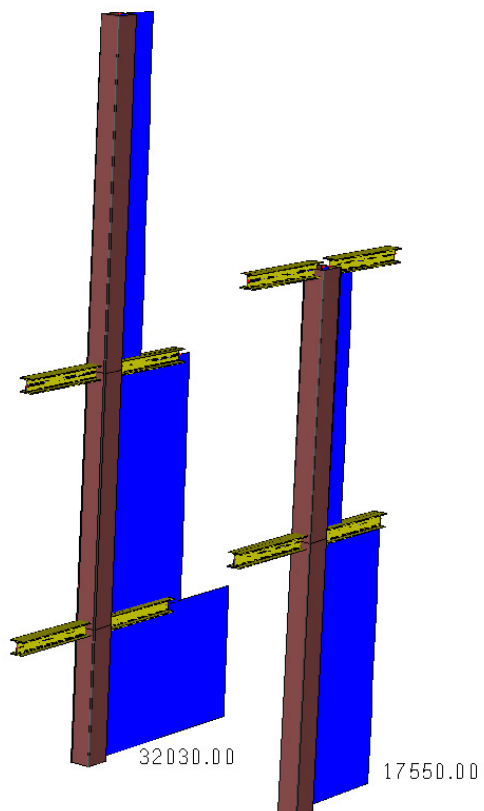
MOMENTO  $M_z$  (kgm)



MOMENTO  $M_y$  (kgm)

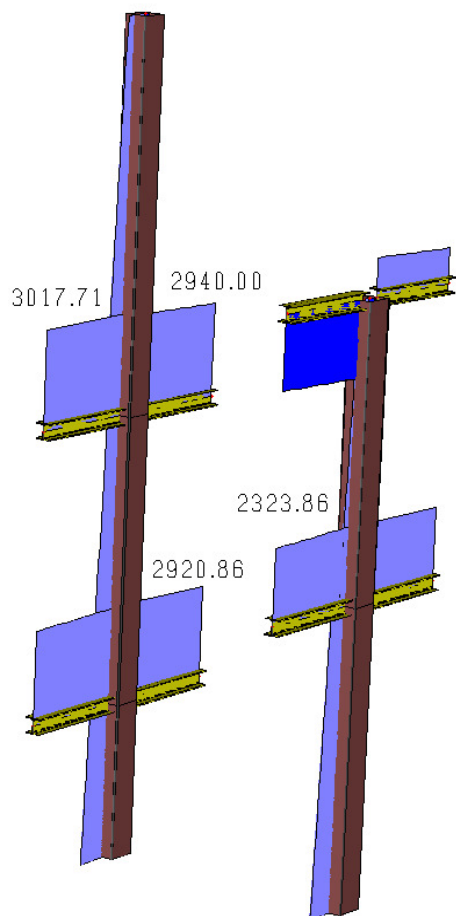


SFORZO NORMALE  $N$

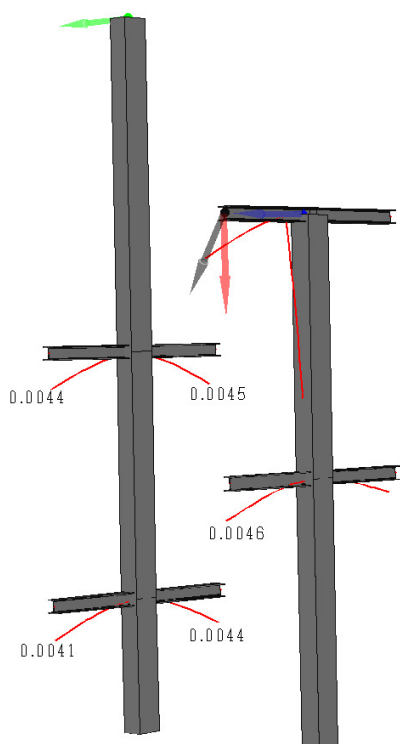




TAGLIO Fy (kg)

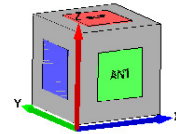
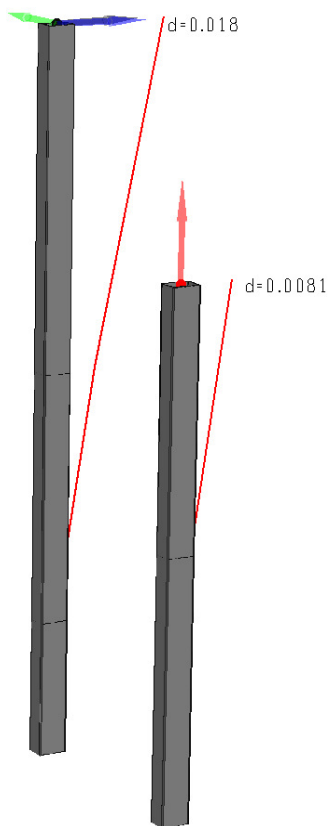


Deformata massima mensole : comb. SLE perm. + accid. persone + accid. neve



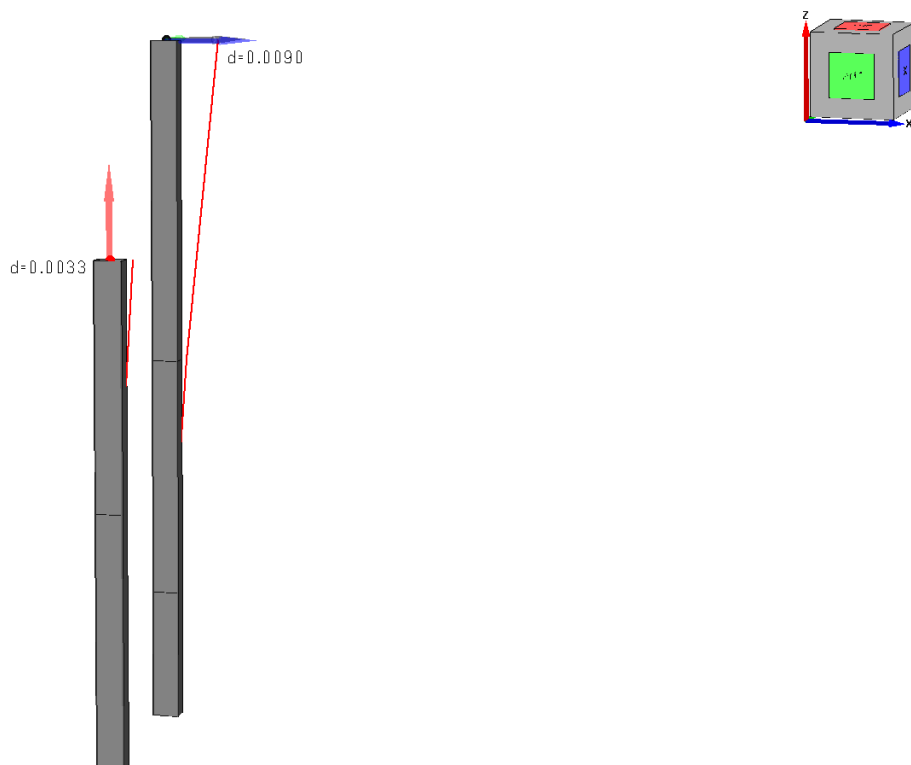
$$f_{\max} = - 0.46 \text{ cm} = L/613$$

Deformata massima colonne : inviluppi dinamici **Ex + lamda Ey**



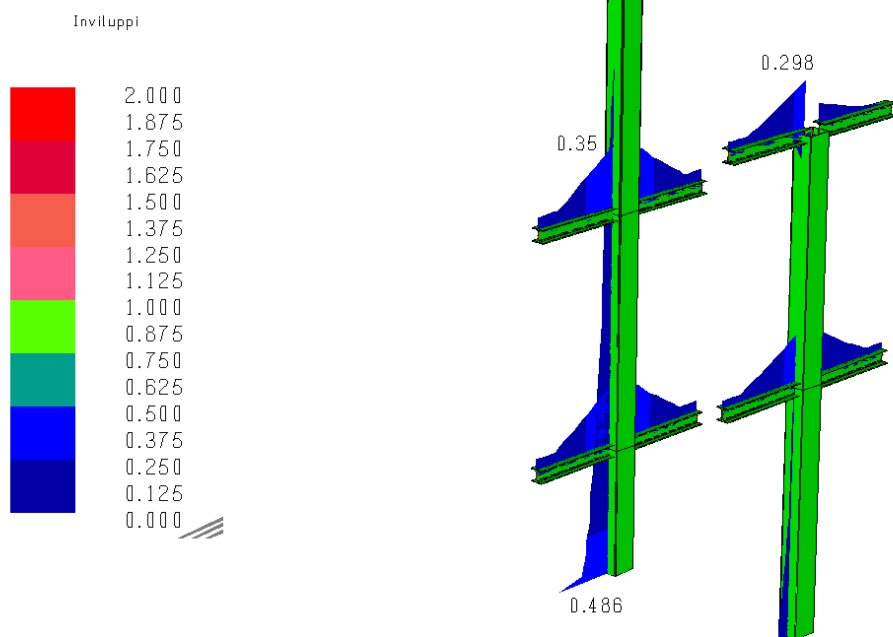
Spostamento massimo 1.8 cm su un'altezza pari a  $h = 1013 \text{ cm}$

Deformata massima colonne : inviluppi dinamici **lamda Ex + Ey**

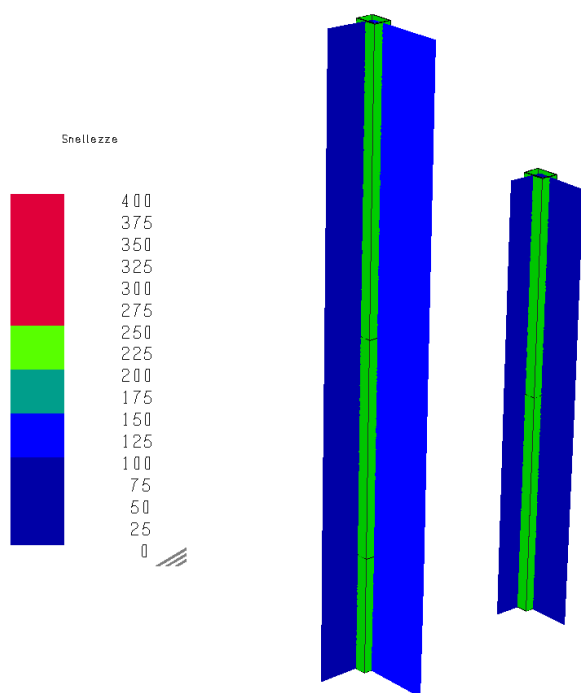


Spostamento massimo 0.9 cm su un'altezza pari a  $h = 1013$  cm

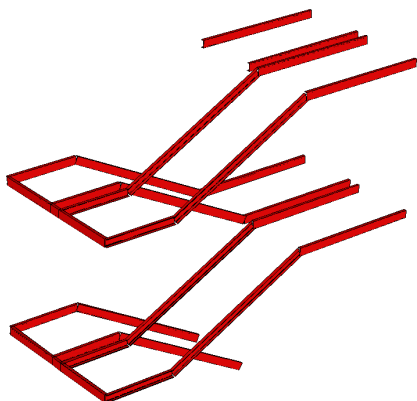
**Verifica con MAPPA A COLORI** : indice di inviluppo  $I = 0.486 < 1$



# SNELLEZZA COLONNE

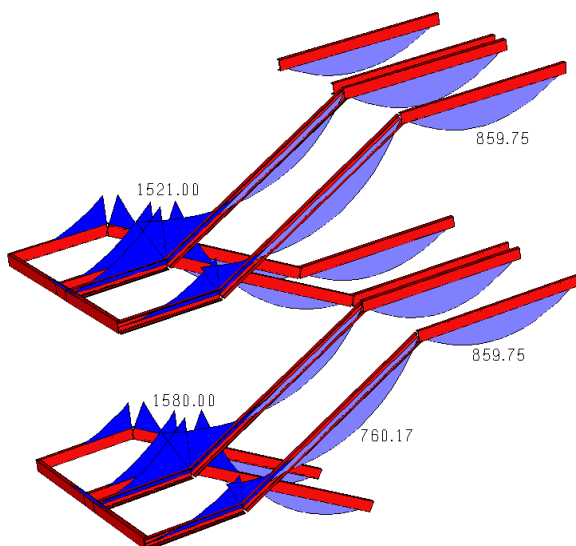


### 7.3) VERIFICA COSCIALI

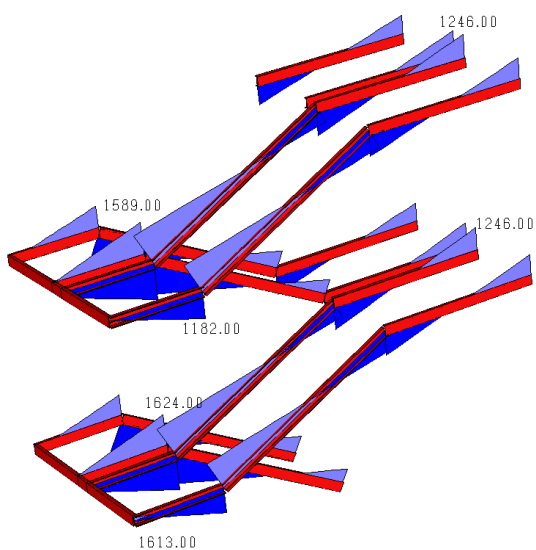


#### SOLLECITAZIONI

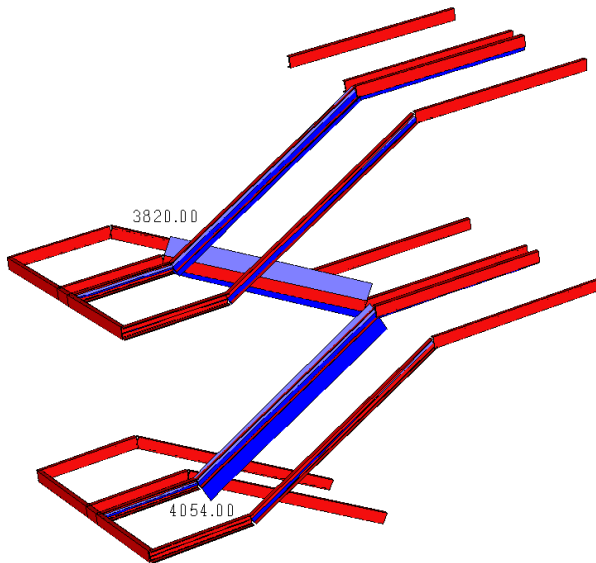
MOMENTO  $M_z$  (kgm)



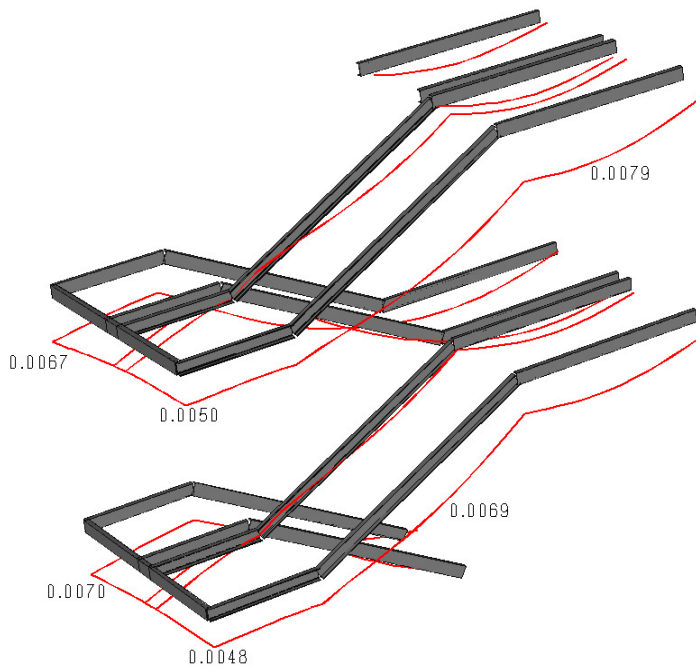
TAGLIO  $F_y$  (kg)



SFORZO NORMALE N (kg)

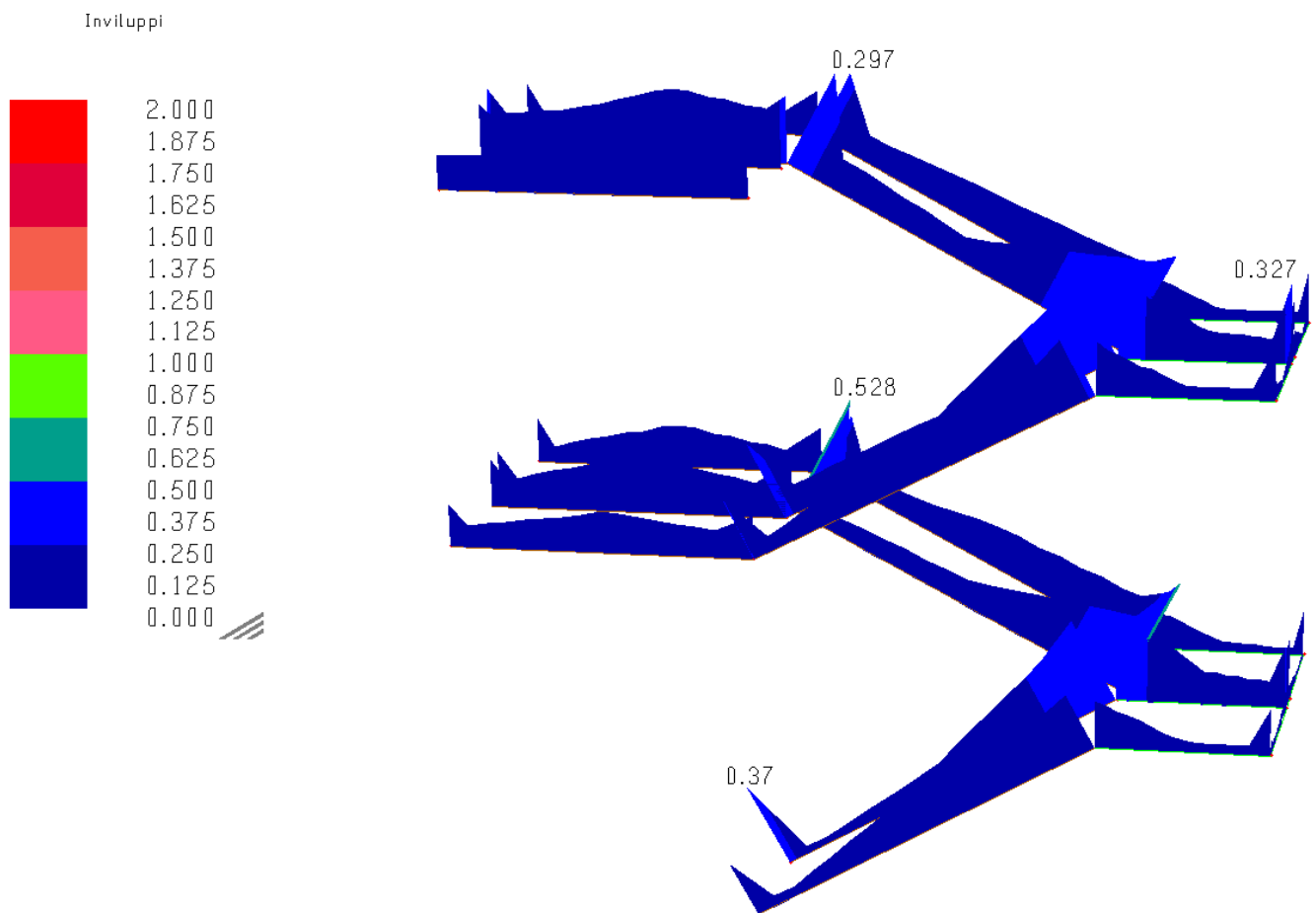


Deformata massima trave : comb. **SLE perm. + accid.**

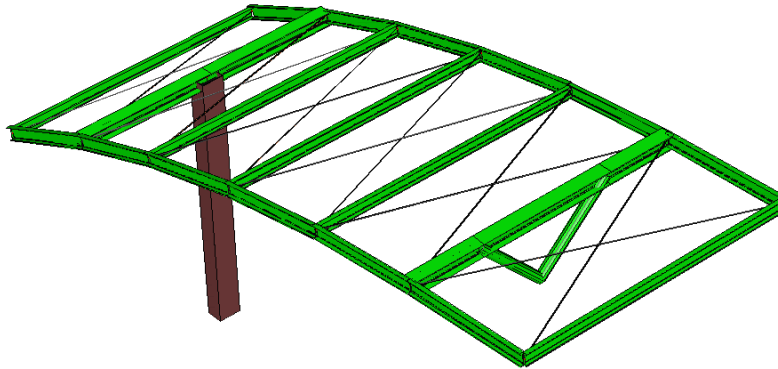


$f_{\max} = - 0.79$  cm a questo valore si dovrà togliere l'abbassamento della mensola reggi cosciale pari a 0.46 cm per cui l'abbassamento effettivo del cosciale risulterà di  $f_{\max} = 0.79 - 0.46 = 0.33$  cm =  $L/924$

**Verifica con MAPPA A COLORI : indice di involuppo  $I = 0.528 < 1$**



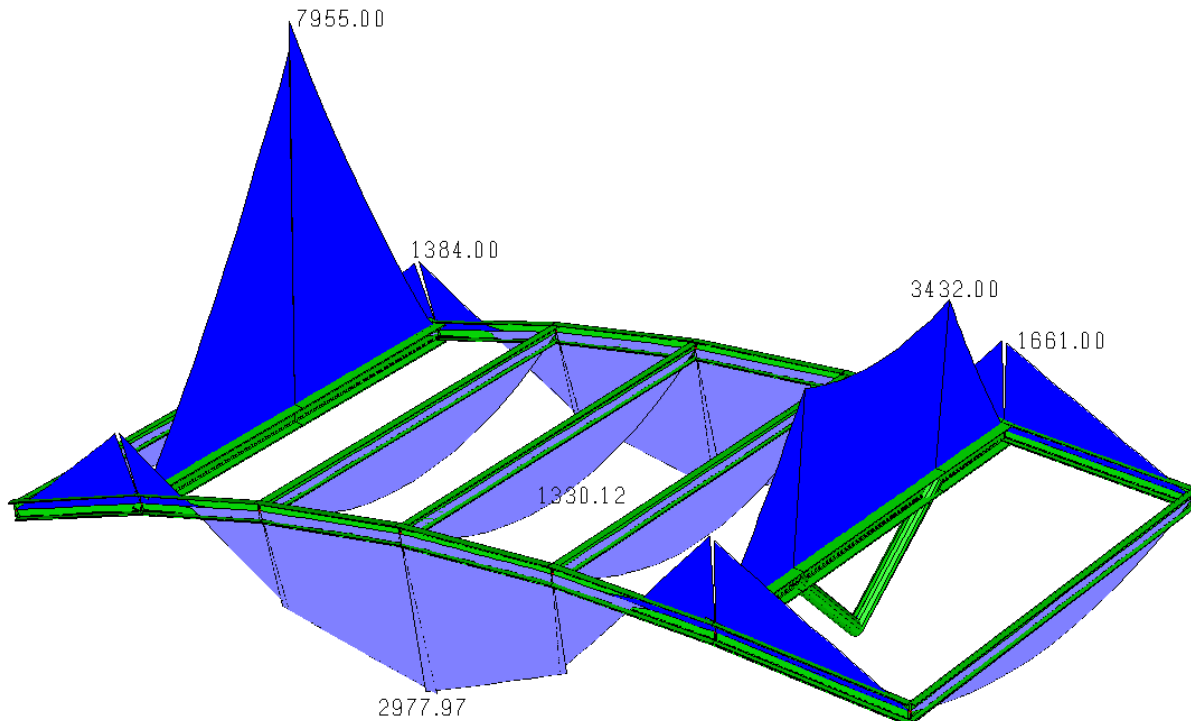
#### 7.4) VERIFICA ELEMENTI COPERTURA SCALA



La copertura del corpo scale e del vano ascensore viene realizzata mediante due travi primarie in HEA 240, travi secondarie in UNP 200 in semplice appoggio sulla trave perimetrale di bordo che a sua volta è in semplice appoggio sulle 2 travi primarie.

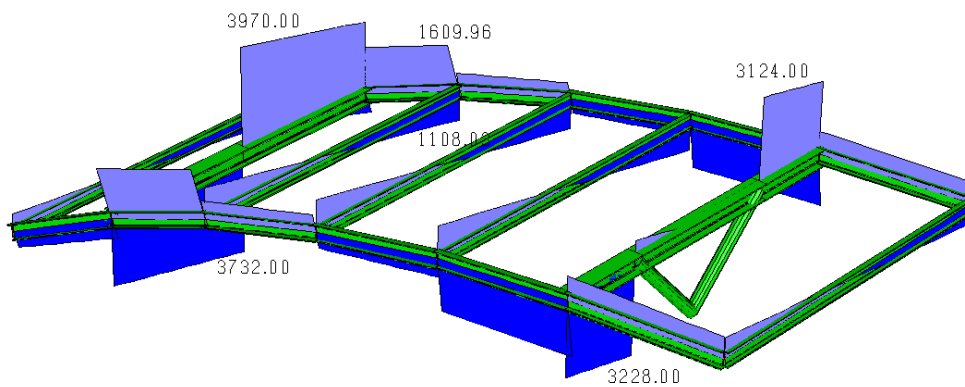
#### SOLLECITAZIONI

MOMENTO  $M_z$  (kgm)

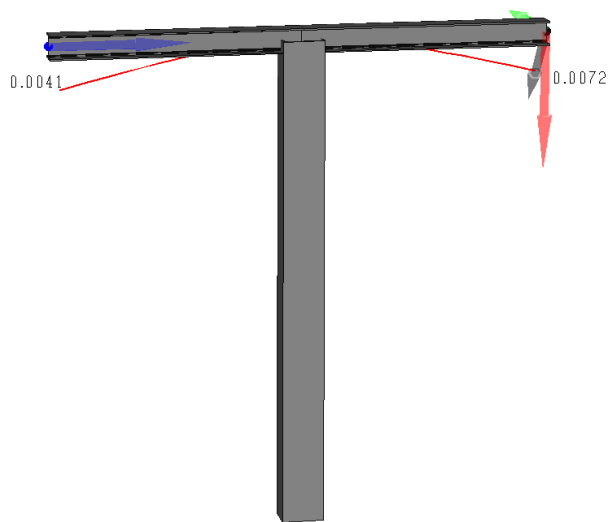




TAGLIO Fy (kg)

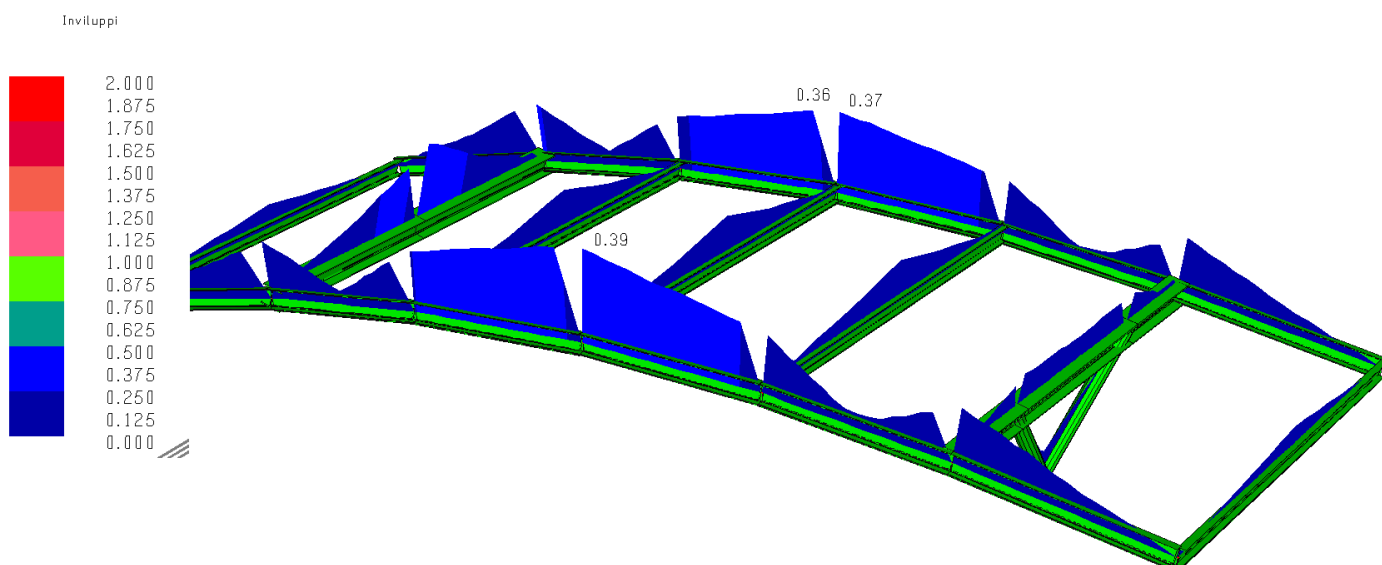
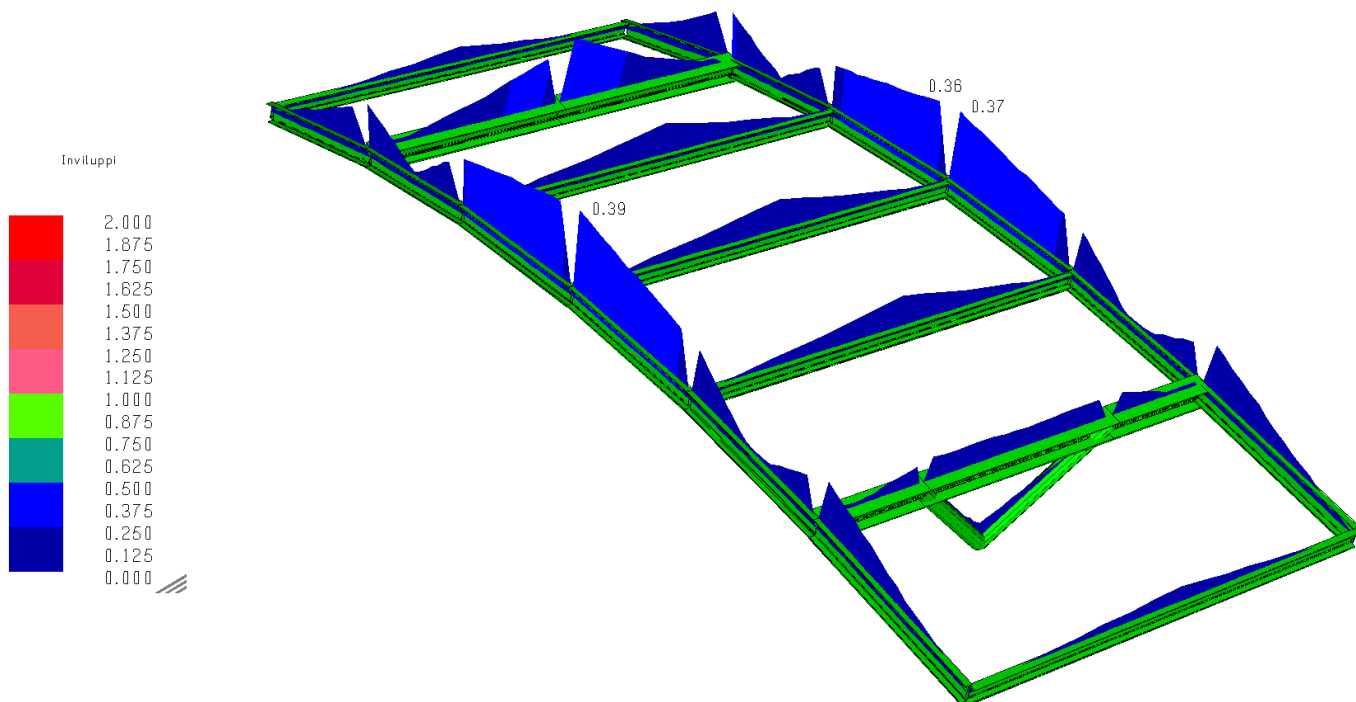


Deformata massima travi primarie : comb. **SLE PERM. + ACCID. NEVE**

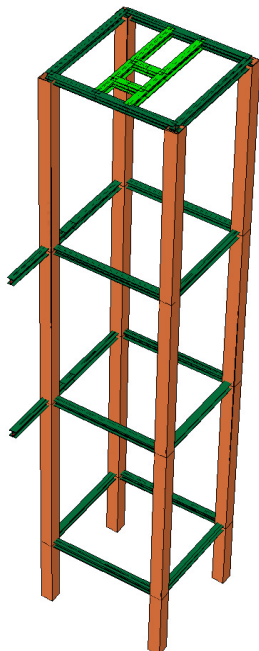


$$f_{\max} = - 0.4 \text{ cm} = L/600$$

**Verifica con MAPPA A COLORI : indice di inviluppo  $I = 0.39 < 1$**

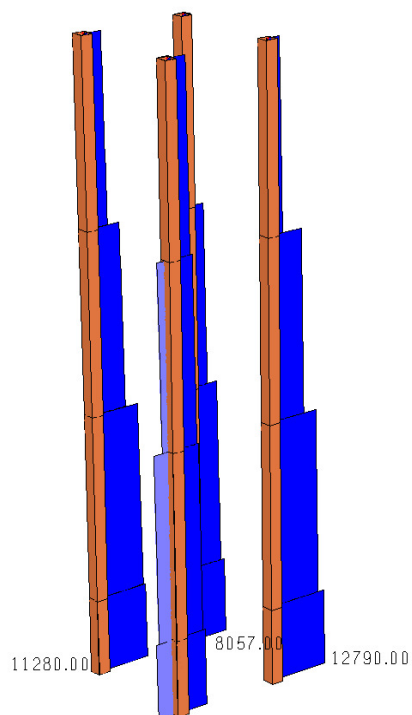


## 7.5) VERIFICA ELEMENTI VANO ASCENSORE

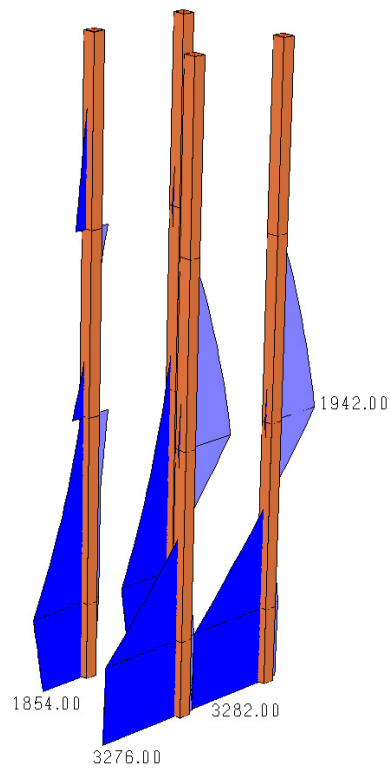


### VERIFICA COLONNE : SOLLECITAZIONI

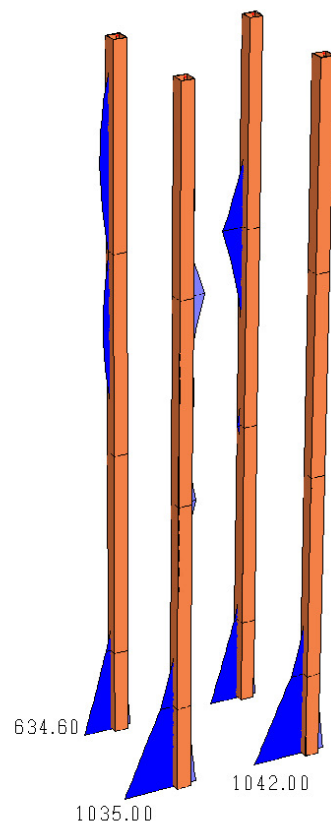
SFORZO NORMALE  $F_x$  (kg)



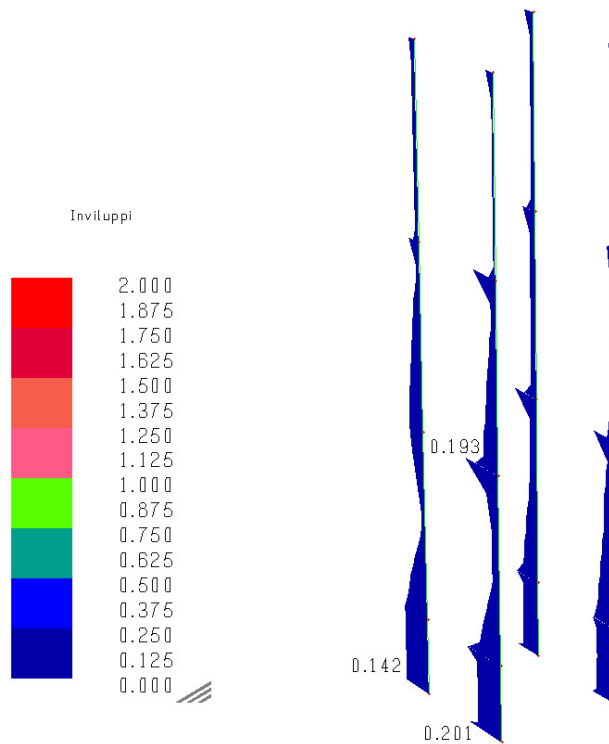
MOMENTO  $M_z$  (kgm)



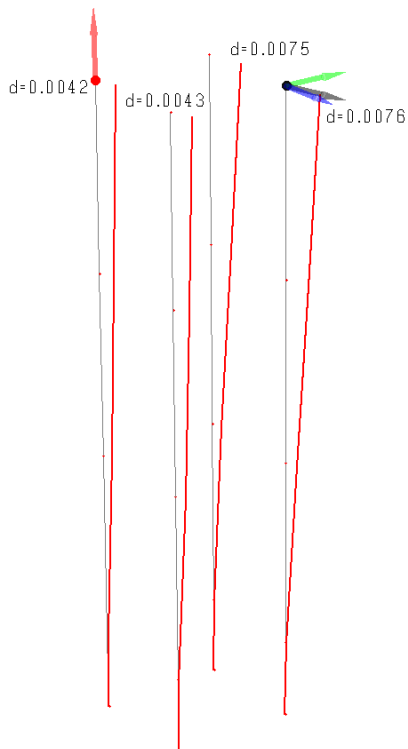
MOMENTO  $M_y$  (kgm)



**Verifica con MAPPA A COLORI : indice di inviluppo  $I = 0.201 < 1$**

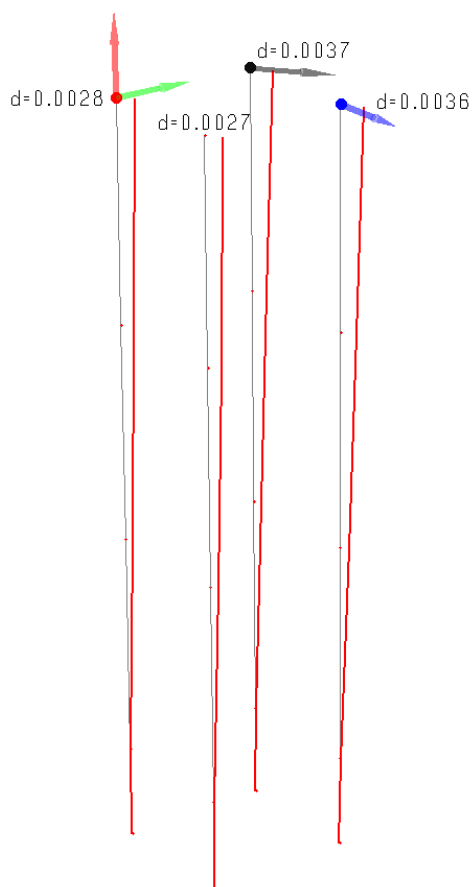


Deformata massima colonne : inviluppi dinamici  $E_x + \lambda E_y$



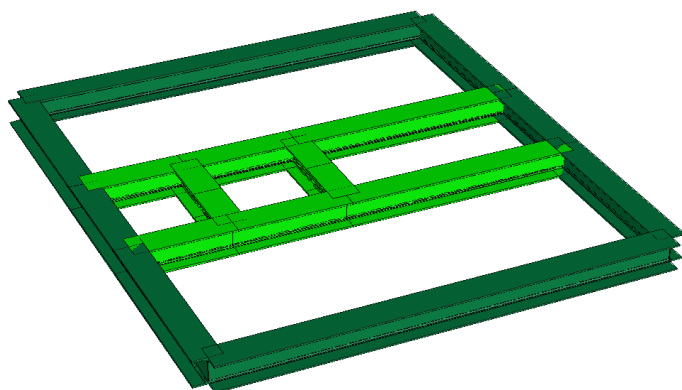
Spostamento massimo 0.76 cm su un'altezza pari a  $h = 1230$  cm

Deformata massima colonne : inviluppi dinamici  $\lambda E_x + E_y$



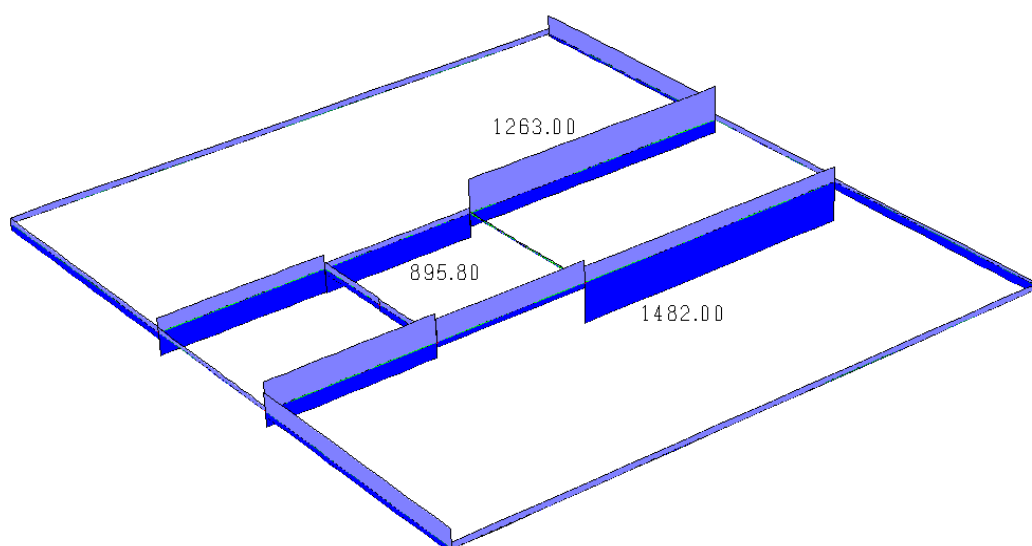
Spostamento massimo 0.37 cm su un'altezza pari a  $h = 1230$  cm

## 7.6) VERIFICA ELEMENTI di COPERTURA ASCENSORE

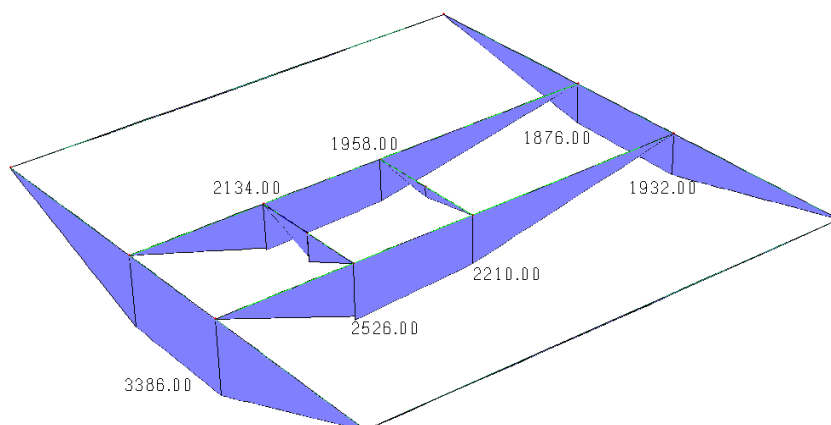


SOLLECITAZIONI

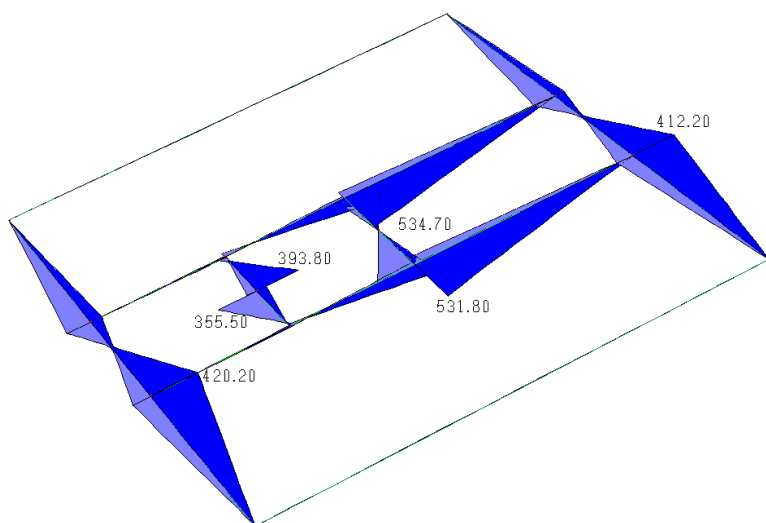
SFORZO NORMALE  $F_x$  (kg)



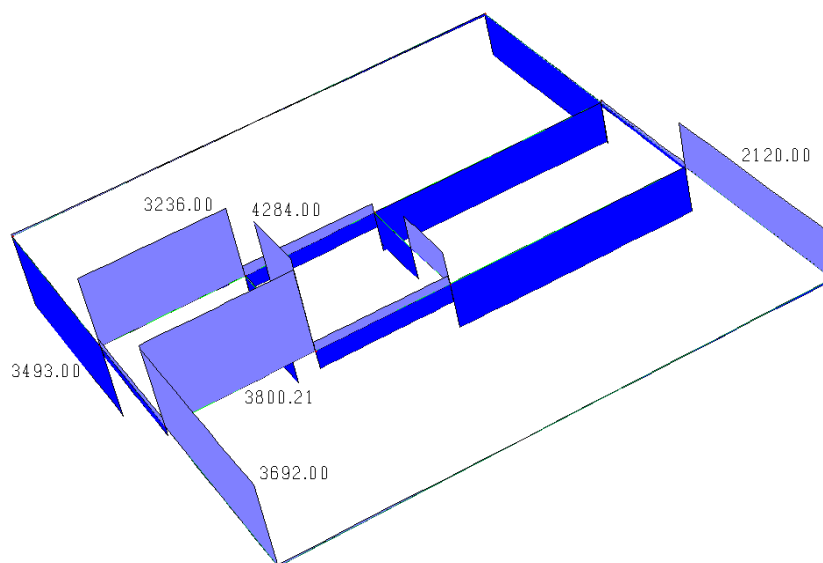
MOMENTO  $M_z$  (kgm)



MOMENTO  $M_y$  (kgm)



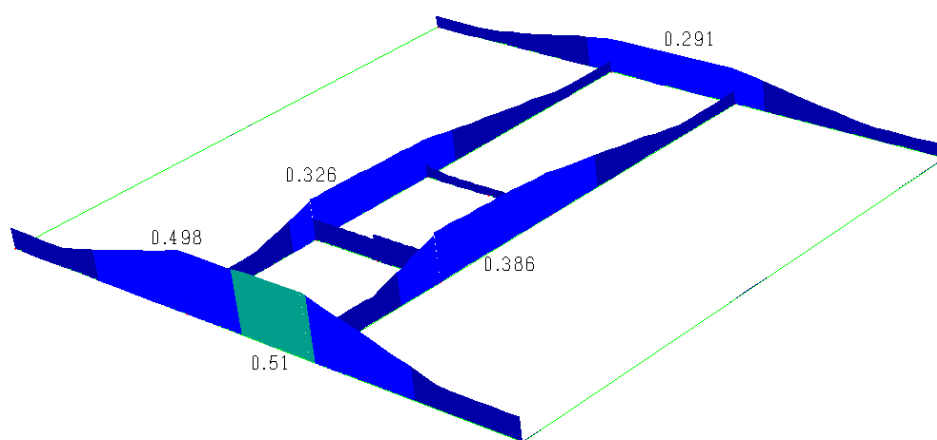
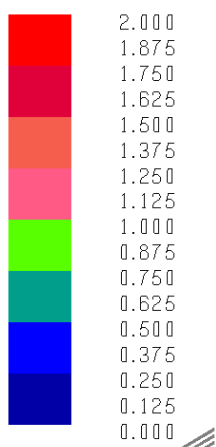
TAGLIO  $T_y$  (kg)





**Verifica con MAPPA A COLORI : indice di inviluppo  $I = 0.51 < 1$**

Inviluppi



**Punto 8) CARATTERISTICHE E AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO****Elaboratore utilizzato**

Computer

Hewlett - Packard

HP - Workstation XW4100

Intel ®

Pentium ® 4 CPU 3.00 GHz

2.99 GHz, 1.00 Gb di RAM

Sistema

Microsfot Windows XP Professional

Versione 2002

Service Pack 2

Registrato a nome di: CIPRIANI DANIELE

Il programma di calcolo utilizzato MasterSap è idoneo a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e gli elementi finiti disponibili e utilizzati sono rappresentativi della realtà costruttiva. Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che il modello viene generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. In ogni caso sono stati effettuati alcuni controlli dimensionali con gli strumenti software a disposizione dell'utente. Tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, sconnessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste. Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nel software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione.

E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati.

Sono state controllate le azioni taglianti di piano ed accertata la loro congruenza con quella ricavabile da semplici ed agevoli elaborazioni. Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate della Scienza delle Costruzioni. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confortati anche dalla propria esperienza.

L'analisi di tipo numerico è stata realizzata mediante il programma di calcolo MasterSap, prodotto da Studio Software AMV di Ronchi dei Legionari (Gorizia). E' stato utilizzata un'analisi dinamica nel rispetto delle norme indicate in precedenza. Le procedure di verifica adottate seguono il metodo di calcolo degli stati limite.

Il progettista strutturale

**Ing. Daniele Cipriani**



**AMV S.r.l.**  
Via San Lorenzo, 106  
34077 Ronchi dei Legionari  
(Gorizia) Italy

Ph. +39 0481.779.903 r.a.  
Fax +39 0481.777.125  
E-mail: info@amv.it  
www.amv.it

Cap. Soc. € 10.920,00 i.v.  
P.Iva: IT00382470318  
C.F. e Iscriz. nel Reg. delle Imp. di GO  
00382470318 - R.E.A. GO n° 048216



## LICENZA D'USO SOFTWARE

Ragione Sociale: **STEEL ENGINEERING SRLS**

Indirizzo: **VIA SAVONAROLA, 217**

CAP: **35138**

Città: **PADOVA**

Prov.: **PD**

Telefono: **348.2477480**

Fax:

Email: **steel.cipriani@gmail.com**

Partita IVA: **04999610282**

Codice Fiscale: **04999610282**

### DATI RELATIVI ALL'INSTALLAZIONE DEI PROGRAMMI (se diversi da quelli di fatturazione)

Nominativo

Indirizzo (Via, n°, CAP, città, prov. e tel.):

### DESCRIZIONE PROGRAMMI

TITOLO PROGRAMMA	AUTORE / DISTRIBUT.	VERS.	N° LICENZA D'USO	DECORRENZA LICENZA D'USO	SCADENZA ASSIST./ MANUT.
<b>MASTERSAP TOP</b>	AMV	36,00	30192	04/02/1998	28/02/2025
<b>ANALISI NON LINEARE TOP</b>	AMV	36,00	30192	30/11/2022	28/02/2025
<b>BIM TOP</b>	AMV	36,00	30192	26/02/2024	31/08/2024
<b>MASTERLEGNO TOP</b>	AMV	36,00	30192	21/02/2020	28/02/2025
<b>MASTERSTEEL TOP</b>	AMV	36,00	30192	21/02/2020	28/02/2025

Zoom indietro (Ctrl+1)

AMV S.r.l.  
Via San Lorenzo, 106  
34077 Ronchi dei Legionari  
(Gorizia) Italy

Ph. +39 0481.779.903 r.a.  
Fax +39 0481.777.125  
E-mail: info@amv.it  
www.amv.it

Cap. Soc. € 10.920,00 i.v.  
P.Iva: IT00382470318  
C.F. e Iscriz. nel Reg. delle Imp. di GO  
00382470318 - R.E.A. GO n° 048216



**Attestato dell'affidabilità del codice di calcolo e delle procedure implementate nei prodotti software AMV  
In base al paragrafo 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018 e successivi aggiornamenti).**

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito ([www.amv.it](http://www.amv.it)) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LIFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supermodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore. Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di Lanczos noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria LAPACK.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidità elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidità geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilinerare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito [www.amv.it](http://www.amv.it).

E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture. In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un'ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente. Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per l'acciaio, legno, alluminio, muratura etc. Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidità del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

Le altre procedure di calcolo, oltre a MasterSap, seguono la medesima impostazione teorica e lo stesso procedimento di validazione.

Nei relativi manuali viene fornita una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, dei metodi e criteri usati per il dimensionamento strutturale e delle sezioni; vengono forniti esempi significativi che possono essere facilmente replicati, segnalando che si tratta spesso di procedure di calcolo e di verifica, che per loro natura, non denotano particolari complessità teoriche e concettuali.

Il rilascio di ogni nuova versione dei programmi è sottoposta a rigorosi check automatici che mettono a confronto i risultati della release in esame con quelli già validati e realizzati da versioni precedenti. Inoltre, sessioni specifiche di lavoro sono condotte da personale esperto per controllare il corretto funzionamento delle varie procedure software, con particolare riferimento a quelle che sono state oggetto di interventi manutentivi o di aggiornamento.

AMV s.r.l.  
Amministratore Unico  
Ing. Luciano Migliorini

