



# Comune di Galliera

Provincia di Bologna

## RELAZIONE TECNICA – DI CALCOLO

**OGGETTO:** PALAZZETTO DELLO SPORT – GALLIERA VIA DELLA PACE N. 39/E  
CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE PER ADEGUAMENTO SISMICO

**COMMITTENTE:** COMUNE DI GALLIERA

**TECNICI :** Studio Morselli Ingegneri & Architetti

Viale XII Giugno 4

40124 Bologna (Bo) . Italia

+39.051.331359 - +39.051.334452

[glmorselli@morselliassociati.it](mailto:glmorselli@morselliassociati.it)

TECNICI:

Dott. Ing. Gianluca Morselli

Dott. Ing. Stefano Orlandi

Bologna, 18/12/2015

---

(Dott. Ing. Gianluca Morselli)

---

(Dott. Ing. Stefano Orlandi)

**RESPONSABILE  
PROCEDIMENTO:**

---

(.....)

## SOMMARIO

1	INTRODUZIONE .....	4
2	INQUADRAMENTO GENERALE .....	4
3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	5
4	LIVELLI DI CONOSCENZA .....	6
4.1	Legno lamellare.....	6
4.2	Acciaio e Calcestruzzo .....	6
4.3	Muratura .....	7
5	MATERIALI ESISTENTI.....	7
5.1	Legno Lamellare.....	7
5.2	Muratura esistente tipo POROTON .....	8
5.3	Calcestruzzo per fondazioni.....	8
5.4	Calcestruzzo per elevazioni.....	9
5.5	Acciaio per armature .....	9
5.6	Acciaio per carpenteria metallica .....	9
6	AZIONI .....	9
6.1	Peso Proprio.....	9
6.2	Carichi permanenti portati .....	9
6.2.1	SOLAIO ZONA TERRAZZA PRATICABILE .....	10
6.2.2	SOLAIO ZONA TERRAZZA NON PRATICABILE .....	10
6.2.3	TRIBUNA.....	10
6.2.4	COPERTURA OPACA .....	10
6.2.5	COPERTURA TRASLUCIDA .....	10
6.2.6	PANNELLATURA OPACA VERTICALE.....	10
6.2.7	PANNELLATURA TRASLUCIDA VERTICALE.....	10
6.2.8	TAMPONATURA LATERALE .....	11
6.2.9	SUPERFICIE VETRATA FRONTALE .....	11
6.3	Azione sismica.....	11
7	CASI DI CARICO.....	15
7.1	COMBINAZIONI DI CARICO .....	16
8	MODELLAZIONE PER IL CALCOLO STRUTTURALE .....	17
8.1	Modello complessivo .....	17
8.1.1	Modi di vibrazione .....	18
8.2	Struttura a volta (Modello parziale 1) .....	20

8.2.1	Modi di vibrazione .....	23
8.2.2	Deformazioni.....	27
8.2.3	Resistenza strutturale .....	29
8.3	Struttura in muratura (Modello parziale 2) .....	31
8.3.1	Modi di vibrazione .....	34
8.3.2	Deformazioni.....	40
8.3.3	Resistenza strutturale - Calcestruzzo.....	45
8.3.4	Resistenza strutturale - Murature portanti - Maschi Murari.....	47
8.3.5	Resistenza strutturale - Murature portanti - Travi di piano .....	56
9	GRADINATE .....	58
10	CONCLUSIONI.....	63
11	ALLEGATO 1 - calcolo tassellatura inferiore ancoraggio gradinata tipo.....	64
12	ALLEGATO 1 - calcolo tassellatura superiore ancoraggio gradinata tipo .....	65
13	ALLEGATO 1 - calcolo tassellatura inferiore ancoraggio gradinata alta .....	66
14	ALLEGATO 1 - calcolo tassellatura superiore ancoraggio gradinata alta.....	67

## **1 INTRODUZIONE**

La presente relazione di calcolo ha come oggetto l'adeguamento sismico del Palazzetto dello Sport sito a Galliera (BO).

Si tratta di un edificio di tipo misto, che comprende le seguenti tecnologie costruttive:

- pareti verticali in muratura portante tipo POROTON;
- elementi in calcestruzzo armato prefabbricato (copponi tribune, predalles solai soggetti a grande affollamento, pilastri principali di sostegno della copertura);
- elementi in calcestruzzo armato gettato in opera (travi di collegamento solai, cordoli perimetrali di collegamento solai-murature, architravi sopra pareti finestrate);
- elementi in carpenteria metallica (pilastratura di sostegno laterale, baraccatura di appoggio pannellature di tamponamento);
- elementi in legno lamellare (travi principali, puntoni, rompitratta e arcarecci in copertura).

## **2 INQUADRAMENTO GENERALE**

Nelle figure che seguono sono riportati la foto aerea del sito di intervento, nonché l'estratto dello stradario di Bologna, con identificazione dell'edificio oggetto di intervento.



**Figura 1 – Palazzetto dello Sport di Galliera - vista aerea - inquadramento generale**



Figura 2 – estratto stradale

### 3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

La presente relazione viene redatta in conformità alle seguenti Leggi ed Istruzioni.

#### Norme generali

- **Legge n. 1086 del 05/11/1971:** “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a strutture metalliche”

#### Azioni

- **D.M. 14.01.2008:** “Norme Tecniche sulle Costruzioni”
- **Circolare n. 617/CSLLPP del 2 febbraio 2009:** "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"
- **UNI EN 1991-1:2004 – EUROCODICE 1 parte da 1-1 a 1-7:** “Azioni sulle strutture”

#### Strutture in muratura

- **D.M. 14.01.2008:** “Norme Tecniche sulle Costruzioni”
- **Circolare n. 617/CSLLPP del 2 febbraio 2009:** "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

#### Strutture in legno

- **D.M. 14.01.2008:** “Norme Tecniche sulle Costruzioni”
- **Circolare n. 617/CSLLPP del 2 febbraio 2009:** "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".
- **EN 1995-1-1/2: EUROCODICE 5** "Progettazione delle strutture di legno Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici - Parte 1-2: Progettazione strutturale contro l'incendio"

#### Edifici esistenti

- **D.M. 14.01.2008:** “Norme Tecniche sulle Costruzioni”
- **Circolare n. 617/CSLLPP del 2 febbraio 2009:** "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

## 4 LIVELLI DI CONOSCENZA

La valutazione dei diversi livelli di conoscenza propri di ciascuna delle tipologie di materiale da costruzione presenti nell'edificio è stata fatta in accordo a quanto previsto in merito dalle normative vigenti, con particolare riferimento alla Circolare n° 617 del 02/02/2009.

### 4.1 LEGNO LAMELLARE

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure <i>estese</i> prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esauritive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esauritive prove in-situ		1.00

### 4.2 ACCIAIO E CALCESTRUZZO

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure <i>estese</i> prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esauritive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esauritive prove in-situ		1.00

### 4.3 MURATURA

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate Resistenza: valore minimo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1.35
LC2			Indagini in situ estese Resistenza: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1.20
LC3	Rilievo muratura, volte, solai, scale. Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete Individuazione tipologia fondazioni Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo	verifiche in situ estese ed esaustive	Indagini in situ esaustive -caso a) (disponibili 3 o più valori sperimentali di resistenza) Resistenza: media dei risultati delle prove Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 -caso b) (disponibili 2 valori sperimentali di resistenza) Resistenza: se valore medio sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, valore medio dell'intervallo di Tabella C8A.2.1; se valore medio sperimentale maggiore di estremo superiore intervallo, quest'ultimo; se valore medio sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore medio sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a). -caso c) (disponibile 1 valore sperimentale di resistenza) Resistenza: se valore sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, oppure superiore, valore medio dell'intervallo; se valore sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a).	Tutti	1.00

## 5 MATERIALI ESISTENTI

### 5.1 LEGNO LAMELLARE

Si assume equivalente ad una classe di resistenza GL24c (legno lamellare incollato) ai sensi della UNI EN 338:2004:

Classe di servizio: 2 (65% < UR < 85%)  
Livello di conoscenza: LC2  
Fattore di confidenza:  $F_c = 1,20$

#### Valori caratteristici:

Flessione	$f_{m,k}$	24,0	N/mm <sup>2</sup>
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	14,00	N/mm <sup>2</sup>
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,kk}$	0,35	N/mm <sup>2</sup>
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	21,00	N/mm <sup>2</sup>
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$	2,40	N/mm <sup>2</sup>
Taglio	$f_{c,90,y,k}$	2,20	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità media parallela	$E_{0,mean}$	11,60	kN/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità parallelo al 5%	$E_{0,05}$	9,40	kN/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità medio perpendicolare	$E_{90,mean}$	0,32	kN/mm <sup>2</sup>
Modulo di taglio medio	$G_{mean}$	0,59	kN/mm <sup>2</sup>
Massa volumica caratteristica	$\rho_k$	350	daN/m <sup>3</sup>

### Valori di calcolo modificati dal Fattore di confidenza:

Flessione	$f_{m,d}$	20,00	N/mm <sup>2</sup>
Trazione parallela	$f_{t,0,d}$	11,67	N/mm <sup>2</sup>
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,dd}$	0,29	N/mm <sup>2</sup>
Compressione parallela	$f_{c,0,d}$	17,50	N/mm <sup>2</sup>
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,d}$	2,00	N/mm <sup>2</sup>
Taglio	$f_{c,90,y,d}$	1,83	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità media parallela	$E_{0,mean}$	7,83	kN/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità parallelo al 5%	$E_{0,05}$	0,27	kN/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità medio perpendicolare	$E_{90,mean}$	0,49	kN/mm <sup>2</sup>
Modulo di taglio medio	$G_{mean}$	0,49	kN/mm <sup>2</sup>
Massa volumica	$\rho_k$	350	daN/m <sup>3</sup>

## 5.2 MURATURA ESISTENTE TIPO POROTON

Livello di conoscenza:	LC1
Fattore di confidenza:	$F_c = 1,20$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_M = 2,00$

### Valori di riferimento dei parametri meccanici (dal sito del produttore):

Tipo di muratura:	muratura in blocchi laterizi semipieni (foratura < 45%)
	<b>tipo POROTON 800</b>

Resistenza caratteristica a compressione	$f_k = 5,00$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a taglio	$f_{vk0} = 0,35$ N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_k > 5000$ N/mm <sup>2</sup>
Modulo di taglio	$G_k > 2000$ N/mm <sup>2</sup>
Peso specifico medio della muratura	$w = 9,00$ kN/m <sup>3</sup>

### Valori di calcolo

Resistenza di calcolo a taglio della muratura	$f_{v0} =$	0,146 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione della muratura	$\sigma_{v,0} =$	2,085 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico di calcolo	$E_d =$	4167 N/mm <sup>2</sup>
Modulo di taglio	$G_d =$	1667 N/mm <sup>2</sup>

### Analisi lineare

## 5.3 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI

Livello di conoscenza:	LC2
Fattore di confidenza:	$F_c = 1,20$

Classe calcestruzzo:	C20/25
Resistenza caratteristica a compressione	$f_{ck} = 20,00$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 11,33$ N/mm <sup>2</sup>
Peso specifico	$\gamma_{cls} = 25,00$ kN/m <sup>3</sup>

Resistenza di calcolo adottata	$f_{cd,eff} = 9,45$ N/mm <sup>2</sup>
--------------------------------	---------------------------------------



## 5.4 CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONI

Livello di conoscenza:	LC2
Fattore di confidenza:	$F_c = 1,20$
Classe calcestruzzo:	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione	$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$
Peso specifico	$\gamma_{cls} = 25,00 \text{ kN/m}^3$
Resistenza di calcolo adottata	$f_{cd,eff} = 11,81 \text{ N/mm}^2$

## 5.5 ACCIAIO PER ARMATURE

Livello di conoscenza:	LC2
Fattore di confidenza:	$F_c = 1,20$
Tipo di acciaio:	FeB44k
Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk} = 430,00 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 373,90 \text{ N/mm}^2$
Peso specifico	$\gamma_{acc} = 7850 \text{ daN/m}^3$
Resistenza di calcolo adottata	$f_{yd,eff} = 311,60 \text{ N/mm}^2$

## 5.6 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

Livello di conoscenza:	LC2
Fattore di confidenza:	$F_c = 1,20$
Classe acciaio:	Tipo S 235 (ex Fe360)
Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a rottura	$f_{tk} = 360 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 223,81 \text{ N/mm}^2$
Peso specifico	$\gamma_{acc} = 7850 \text{ daN/m}^3$
Resistenza di calcolo adottata	$f_{yd,eff} = 186,51 \text{ N/mm}^2$

# 6 AZIONI

## 6.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio viene computato in automatico dal software stato per ciascuna parte dell'edificio utilizzando i pesi specifici dichiarati nel paragrafo precedente.

## 6.2 CARICHI PERMANENTI PORTATI

I valori di carico riportati qui di seguito sono stati dedotti dalla relazione di calcolo allegate al progetto esecutivo originario del fabbricato.

### **6.2.1 SOLAIO ZONA TERRAZZA PRATICABILE**

Permanente	2.5 kN/m <sup>2</sup>
Sovraccarico grande affollamento	6.0 kN/m <sup>2</sup>
Totale peso proprio più accidentale	12.0 kN/m <sup>2</sup>

### **6.2.2 SOLAIO ZONA TERRAZZA NON PRATICABILE**

Permanente	2.5 kN/m <sup>2</sup>
Sovraccarico grande affollamento	2.0 kN/m <sup>2</sup>
Totale peso proprio più accidentale	8.0 kN/m <sup>2</sup>

### **6.2.3 TRIBUNA**

Peso proprio gradoni	10.50 kN/m <sup>2</sup>
Permanente	0.50 kN/m <sup>2</sup>
Sovraccarico grande affollamento	6.0 kN/m <sup>2</sup>
Totale peso proprio più accidentale	18.0 kN/m <sup>2</sup>

I valori di carico riportati da qui in avanti seguito sono stati determinati dall'analisi dei particolari costruttivi presenti negli elaborati grafici allegati al progetto esecutivo originario del fabbricato integrati da quanto emerso in occasione dei diversi sopralluoghi condotti.

### **6.2.4 COPERTURA OPACA**

Doppio strato di lamiera metallica A42-P1000	24.0 daN/m <sup>2</sup>
Interposto strato isolante	6.0 kN/m <sup>2</sup>
Totale carico per unità di superficie	30.0 kN/m <sup>2</sup>

### **6.2.5 COPERTURA TRASLUCIDA**

n° 24 tubolari metallici 100x60x2, L= 24 m	2352 daN
n° 10 tubolari metallici 120x60x3, L= 10 m	574 daN
n° 1 strato di lamiera traslucida tipo A42-P1000	1632 daN
n° 1 strato di lastra traslucida in polycarbonato alveolare (16mm)	993 daN
Totale	5551 daN
Area di imposta zona traslucida: 6.80x20.00= 136 m <sup>2</sup>	
Totale carico per unità di superficie	41.0 daN/m <sup>2</sup>

### **6.2.6 PANNELLATURA OPACA VERTICALE**

Vedi copertura opaca	
Totale carico per unità di superficie	30.0 daN/m <sup>2</sup>

### **6.2.7 PANNELLATURA TRASLUCIDA VERTICALE**

n° 31 tubolari metallici 100x60x2, L= 6 m	912 daN
---	---------

n° 1 strato di lamiera traslucida tipo A42-P1000	500 daN
n° 1 strato di lastra traslucida in polycarbonato alveolare (16mm)	120 daN
Totale	1532 daN
Area di imposta zona traslucida: $\cong 40 \text{ m}^2$	
Totale carico per unità di superficie	$\cong 38.5 \text{ daN/m}^2$

### 6.2.8 TAMPONATURA LATERALE

Pannello sandwich in lamiera leggera con interposto strato isolante in poliuretano

Peso a metro quadro pannellatura  $15.0 \text{ daN/m}^2$

### 6.2.9 SUPERFICIE VETRATA FRONTALE

Si considera una vetrata a nastro, del tipo a vetrocamera, di spessore complessivo pari a 20 mm, alta circa 3,00 m.

Peso proprio vetrata a metro lineare  $150 \text{ daN/m}$

Si ipotizza che la vetrata si vincolata superiormente per un terzo del suo peso, inferiormente per i restanti due terzi

Reazione su tubolare metallico superiore  $50 \text{ daN/m}$

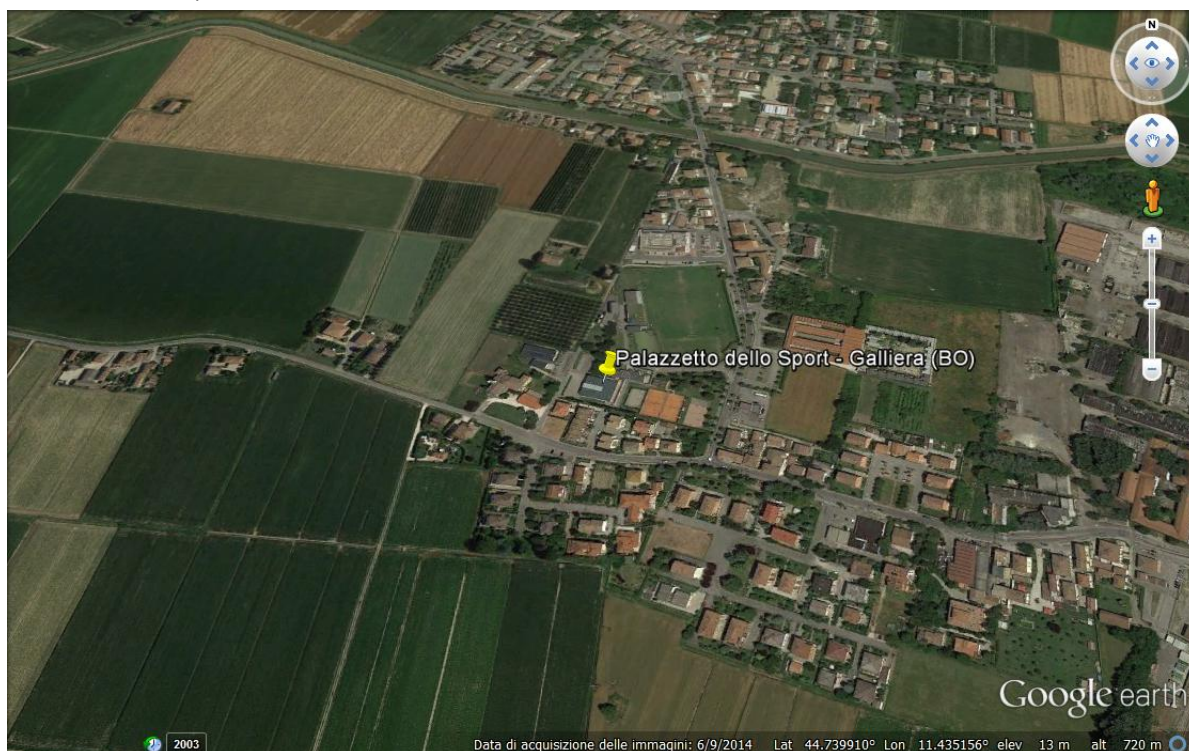
Reazione su terrazza di accesso alle gradinate  $150 \text{ daN/m}$

## 6.3 AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata determinata in accordo a quanto previsto dalla normativa vigente.

La ricerca della pericolosità sismica del sito è avvenuta utilizzando le coordinate di latitudine e longitudine del sito di progetto:

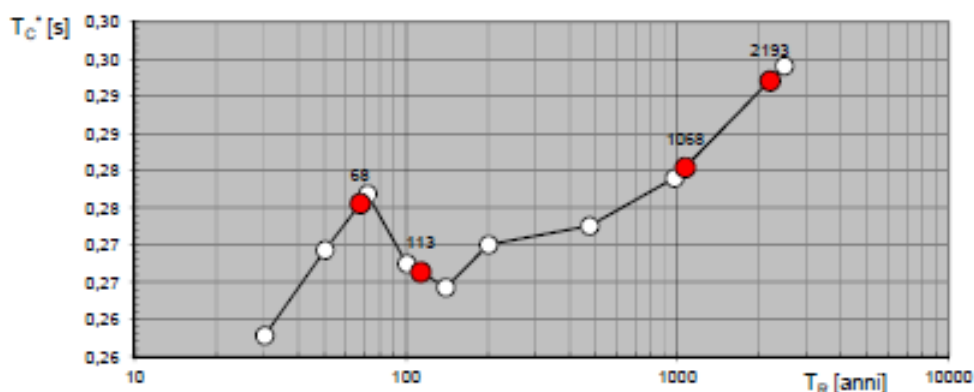
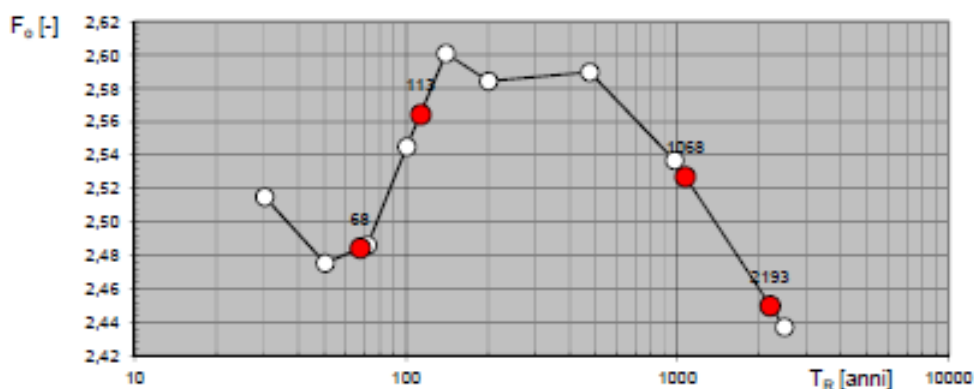
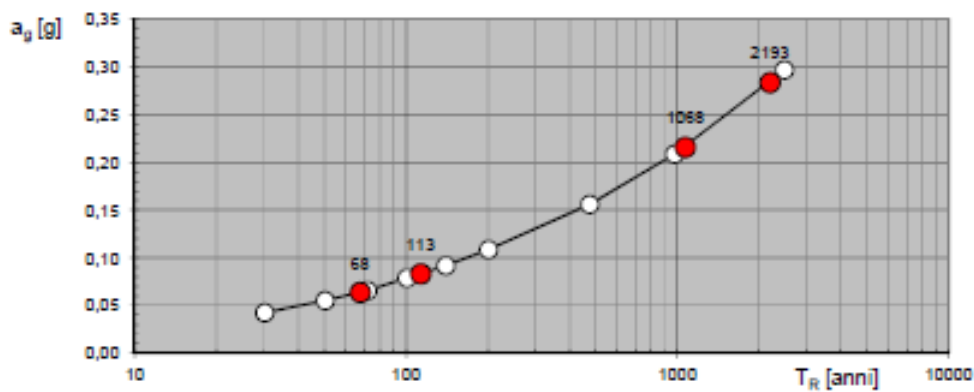
- longitudine:  $11,435156^\circ$
- latitudine:  $44,739910^\circ$



Per quanto riguarda invece la strategia di progettazione, sono stati assunti come riferimento i seguenti parametri:

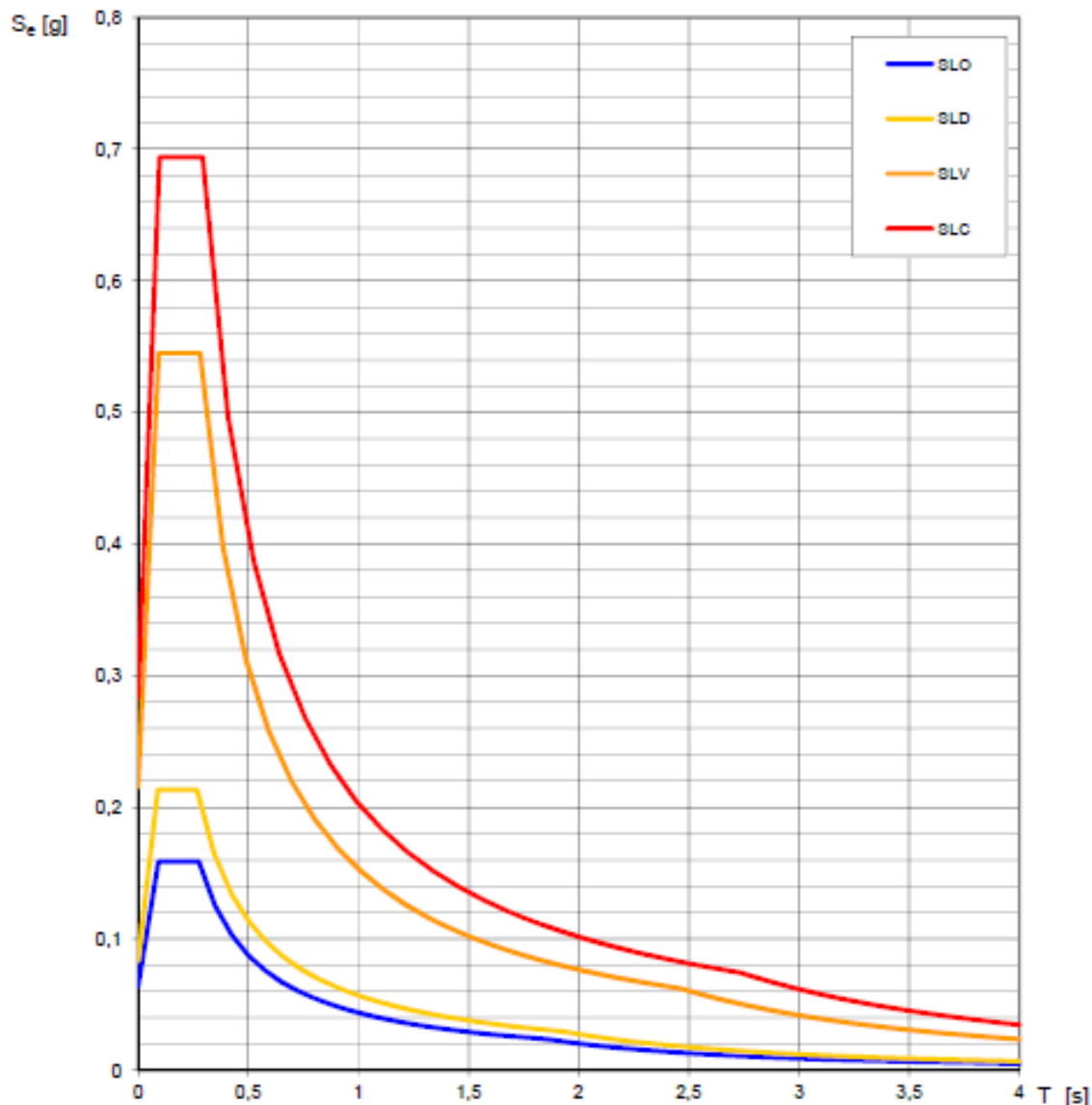
- vita nominale (paragrafo 2.4.1 NTC2008): 75 anni;
- classe d'uso (paragrafo 2.4.2 NTC2008): III ( $C_u = 1,50$ );
- periodo di riferimento per la costruzione  $V_R$  112,5 anni;
- categoria di sottosuolo (paragrafo 3.2.2 NTC2008): D;
- coefficiente topografico (paragrafo 3.2.2 NTC2008): T1.

Valori di progetto dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$



S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [sec]
Operatività (SLO)	68	0,064	2,484	0,276
Danno (SLD)	113	0,083	2,564	0,266
Salvaguardia vita (SLV)	1068	0,216	2,527	0,280

Prevenzione collasso (SLC)	2193	0,283	2,450	0,292
----------------------------	------	-------	-------	-------



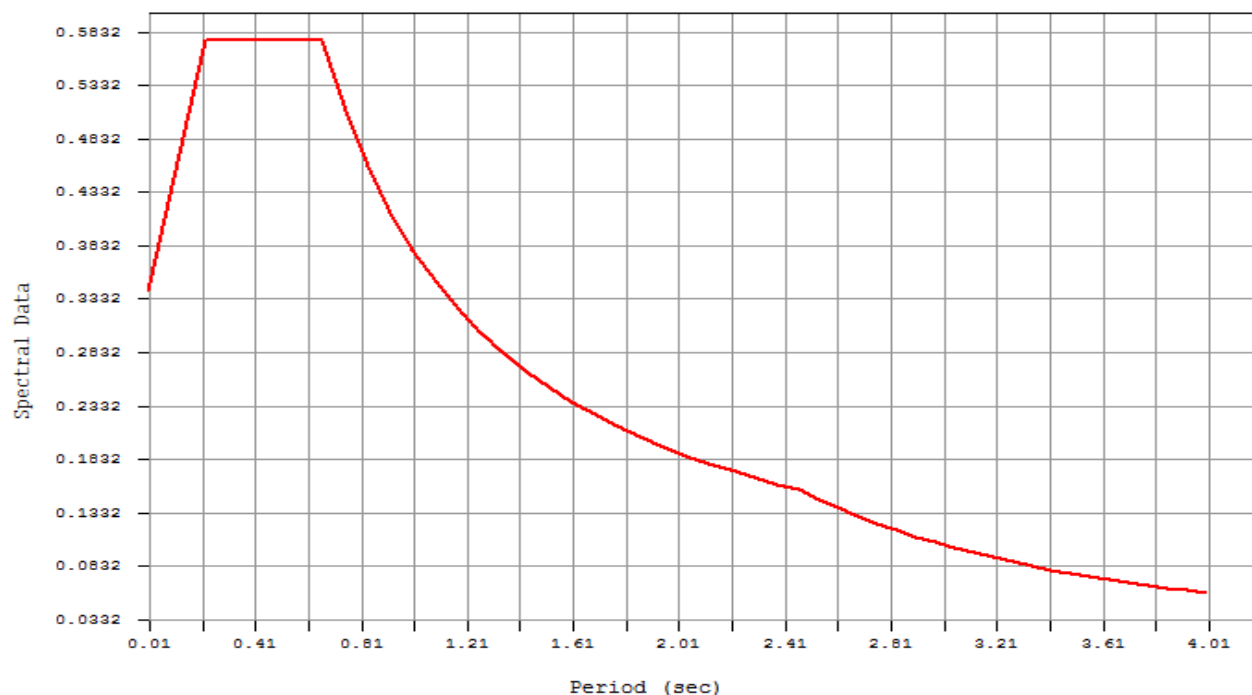
Lo spettro di progetto per lo stato limite considerato (SLV, sia componente orizzontale, sia componente verticale) si ottiene dallo spettro elastico introducendo un opportuno fattore di struttura.

Poiché si tratta di un edificio di tipo misto (all'interno del quale cioè sono presenti molteplici tecnologie costruttive) ed è stata rilevata la presenza di elementi a comportamento fragile (pilastri, travi, cordoli e solai di piano in calcestruzzo armato), in accordo a quanto previsto dal punto C.8.7.2.4 della Circolare applicativa delle NTC2008, il fattore di struttura  $q$  da adottare tanto in caso di analisi elastica lineare, quanto in caso di analisi dinamica modale, è fissato pari a:

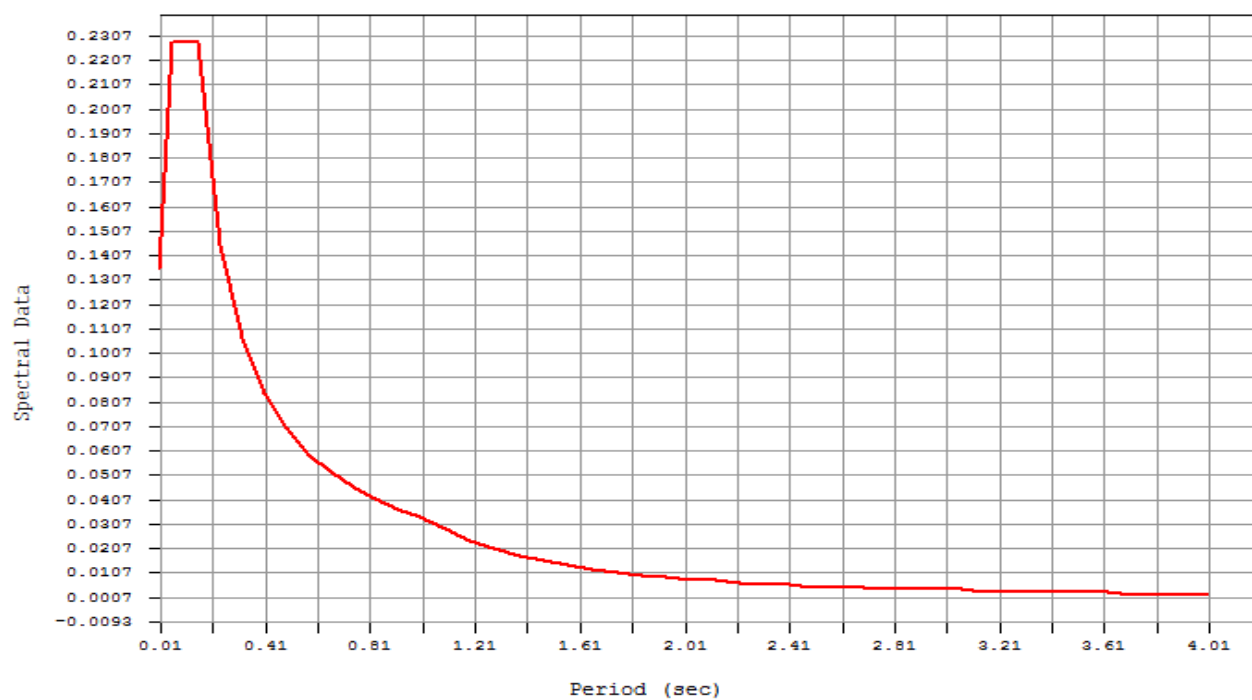
$$q = 1,50$$

Gli spettri di progetto utilizzati per la valutazione delle azioni sismiche risultano essere quelli di cui alle figure che seguono.

### Spettro orizzontale



### Spettro verticale



## **7 CASI DI CARICO**

I carichi descritti nel paragrafo precedente sono stati implementati nel modello attraverso altrettanti casi di carico elementari.

### Casi di carico statici

N°	Nome	Descrizione
1	PP_PROPRIO	Peso proprio degli elementi strutturali
2	PERM_PORTATI	Carichi permanenti portati
3	ACC	Carichi variabili da calpestio

4	SISMA 0_user	Eventuali carichi statici da aggiungere al carico SISMA 0 dinamico
5	SISMA 90_user	Eventuali carichi statici da aggiungere al carico SISMA 90 dinamico
6	SISMA 180_user	Eventuali carichi statici da aggiungere al carico SISMA 180 dinamico
7	SISMA 2700_user	Eventuali carichi statici da aggiungere al carico SISMA 2700 dinamico
8	SISMA Z_user	Eventuali carichi statici da aggiungere al carico SISMA Z dinamico

### Casi di carico dinamici

1	SISMA 0	Caso sismico dinamico - piano XY - angolo di ingresso 0° <sup>1</sup>
2	SISMA 90	Caso sismico dinamico - piano XY - angolo di ingresso 90°
3	SISMA 180	Caso sismico dinamico - piano XY - angolo di ingresso 180°
4	SISMA 270	Caso sismico dinamico - piano XY - angolo di ingresso 270°
5	SISMA Z	Caso sismico dinamico - sisma verticale

## 7.1 COMBINAZIONI DI CARICO

NUM	NAME	ACTIVE	TYPE	LOADCASE (FACTOR) +	LOADCASE (FACTOR) +	LOADCASE (FACTOR)
1	SISM_1	Active	Add	PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) + + SISMA 0( 0.600) +	ACC( 0.600) SISMA Z( 0.180) +	SISMA0_user( 1.000)
2	SISM_2	Active	Add	PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) + + SISMA 0( 0.600) +	ACC( 0.600) SISMA Z(-0.180) +	SISMA0_user( 1.000)
3	SISM_3	Active	Add	PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) + + SISMA 90( 0.600) +	ACC( 0.600) SISMA Z( 0.180) +	SISMA90_user( 1.000)
4	SISM_4	Active	Add	PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) + + SISMA 90( 0.600) +	ACC( 0.600) SISMA Z(-0.180) +	SISMA90_user( 1.000)
5	SISM_5	Active	Add	PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) + + SISMA 180( 0.600) +	ACC( 0.600) SISMA Z( 0.180) +	SISMA180_user( 1.000)
6	SISM_6	Active	Add	PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) + + SISMA 180( 0.600) +	ACC( 0.600) SISMA Z(-0.180) +	SISMA180_user( 1.000)
7	SISM_7	Active	Add	PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) + + SISMA 270( 0.600) +	ACC( 0.600) SISMA Z( 0.180) +	SISMA270_user( 1.000)
8	SISM_8	Active	Add	PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) + + SISMA 270( 0.600) +	ACC( 0.600) SISMA Z(-0.180) +	SISMA270_user( 1.000)
9	SISM_9	Active	Add	PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) + + SISMA Z( 0.600) +	ACC( 0.600) SISMA 0( 0.180) +	SISMAZ_user( 1.000)
10	SISM_10	Active	Add	PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) + + SISMA Z( 0.600) +	ACC( 0.600) SISMA 90( 0.180) +	SISMAZ_user( 1.000)
11	SISM_11	Active	Add	PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) + + SISMA Z( 0.600) +	ACC( 0.600) SISMA 180( 0.180) +	SISMAZ_user( 1.000)
12	SISM_12	Active	Add	PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) + + SISMA Z( 0.600) +	ACC( 0.600) SISMA 270( 0.180) +	SISMAZ_user( 1.000)
13	SISM_13	Active	Add			

<sup>1</sup> L'angolo di ingresso indica l'inclinazione della forzante sismica rispetto all'asse X del modello di calcolo.



		PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) +	ACC( 0.600)
	+	SISMA Z(-0.600) + SISMA 0( 0.180) +	SISMAZ_user( 1.000)
-----			
14	SISM_14	Active	Add
		PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) +	ACC( 0.600)
	+	SISMA Z(-0.600) + SISMA 90( 0.180) +	SISMAZ_user( 1.000)
-----			
15	SISM_15	Active	Add
		PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) +	ACC( 0.600)
	+	SISMA Z(-0.600) + SISMA 180( 0.180) +	SISMAZ_user( 1.000)
-----			
16	SISM_16	Active	Add
		PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) +	ACC( 0.600)
	+	SISMA Z(-0.600) + SISMA 270( 0.180) +	SISMAZ_user( 1.000)
-----			
17	SISMAXY_all	Active	Envelope
		SISM_1( 1.000) +	SISM_2( 1.000) + SISMA_3( 1.000)
	+	SISM_4( 1.000) +	SISM_5( 1.000) + SISMA_6( 1.000)
	+	SISM_7( 1.000) +	SISM_8( 1.000)
-----			
18	SISMA +Z	Active	Envelope
		SISM_9( 1.000) +	SISM_10( 1.000) + SISMA_11( 1.000)
	+	SISM_12( 1.000)	
-----			
19	SISMA -Z	Active	Envelope
		SISM_13( 1.000) +	SISM_14( 1.000) + SISMA_15( 1.000)
	+	SISM_16( 1.000)	
-----			
20	SISMA_ALL	Active	Envelope
		SISMAXY_all( 1.000) +	SISMA +Z( 1.000) + SISMA -Z( 1.000)
-----			
21	STATICA	Active	Add
		PP_Peso proprio( 1.000) + PPERM_Permenenti por( 1.000) +	ACC( 0.600)
-----			

Le combinazioni di tipo ENVELOPE (involuppo) sono quelle dalla n° 17 alla n° 20 e vengono utilizzate solo ai fini della rappresentazione delle deformazioni compressive ottenute dal modello.

La combinazione STATICA (n° 21) consente di valutare gli effetti dei soli carichi statici verticali applicati al modello, senza gli effetti sismici.

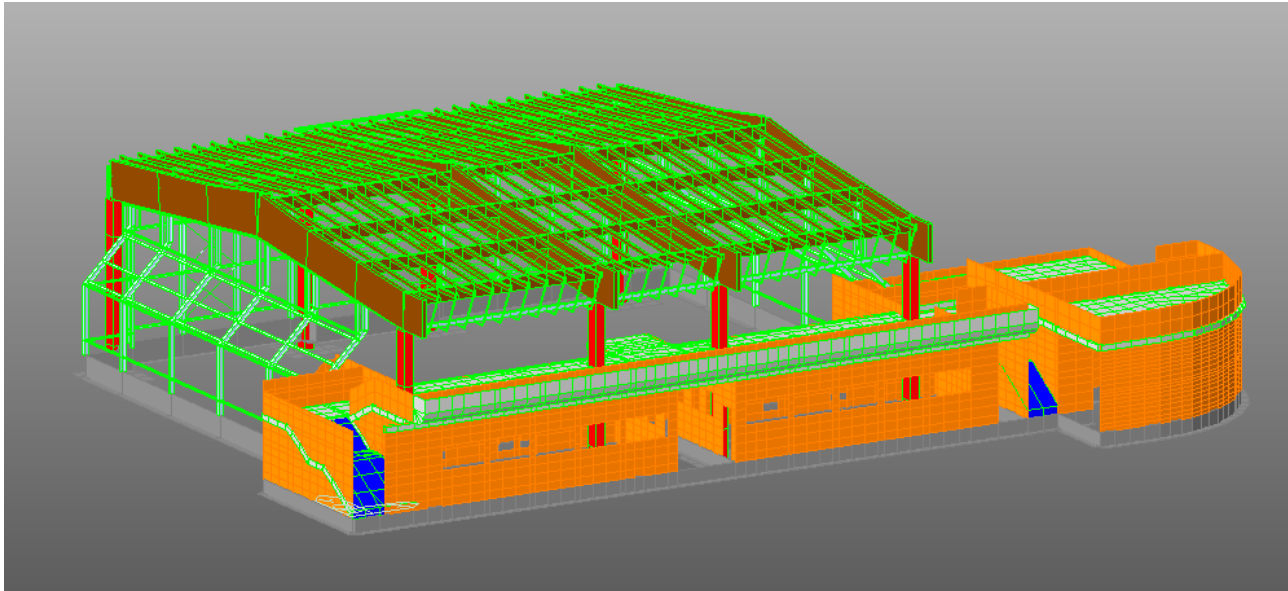
## 8 MODELLAZIONE PER IL CALCOLO STRUTTURALE

L'analisi è stata condotta utilizzando il software MIDAG-GEN ver. 2013 v1.1, prodotto dalla Midas Information Technology Co. Ltd (licenza n°U001-06090 intestata a Ing. Stefano Orlandi).

### 8.1 MODELLO COMPLESSIVO

In prima istanza si è proceduto ad implementare un modello complessivo dell'edificio, al fine di valutare le sue peculiarità in termini di risposta al sisma dei diversi materiali di cui è realizzato.

Si tratta di un modello decisamente complesso, che schematizza in modo puntuale le diverse parti dell'edificio.



Le principali caratteristiche del modello sono le seguenti:

- plinti di fondazione (sotto le pilastrature principali in cls armato) schematizzati con l'ausilio di elementi piani bidimensionali (tipo PLATE) vincolati su di un letto di molle reagenti solo a compressione, sia in direzione orizzontale che in direzione verticale, con costante elastica pari a  $K_W = 3,00 \text{ daN/cm}^3$ ;
- travi rovesce di fondazione schematizzate con elementi monodimensionali tipo FRAME, anch'essi vincolati verticalmente (solo a compressione) con costante di sottofondo  $K_W = 3,00 \text{ daN/cm}^3$ , e orizzontalmente con costante di reazione  $K_W = 3,00 \text{ daN/cm}^3$ ;
- tutti gli elementi lignei e in acciaio sono state modellati utilizzando elementi monodimensionali di tipo FRAME;
- elementi in calcestruzzo armato schematizzati sia con elementi monodimensionali tipo FRAME (travi, pilastri e cordolature), sia con elementi bidimensionali tipo PLATE (solai in predalles);
- elementi in muratura schematizzati sia con elementi con elementi bidimensionali tipo PLATE.

Le caratteristiche dei materiali inseriti nel modello sono quelle descritte nel paragrafo precedente.

È stata condotta sul modello un'analisi dinamica modale lineare, con fattore di struttura  $q = 1,50$ : sono stati considerati i 20 modi di vibrare più significativi nelle tre direzioni principali (X, Y e Z), utilizzando il metodo dei vettori di RITZ.

### 8.1.1 MODI DI VIBRAZIONE

EIGENVALUE ANALYSIS				
Mode No	Frequency		Period	Tolerance
	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)	
1	10,1734	1,6192	0,6176	0,00E+00
2	17,0628	2,7156	0,3682	0,00E+00
3	17,5844	2,7986	0,3573	0,00E+00
4	17,7684	2,8279	0,3536	0,00E+00
5	17,9916	2,8634	0,3492	0,00E+00
6	19,1689	3,0508	0,3278	0,00E+00
7	21,7153	3,4561	0,2893	0,00E+00

8	22,4656	3,5755	0,2797	0,00E+00
9	22,9119	3,6465	0,2742	0,00E+00
10	26,3792	4,1984	0,2382	0,00E+00
11	26,4215	4,2051	0,2378	0,00E+00
12	28,09	4,4707	0,2237	0,00E+00
13	30,8369	4,9078	0,2038	0,00E+00
14	32,4426	5,1634	0,1937	0,00E+00
15	33,8016	5,3797	0,1859	0,00E+00
16	50,7052	8,07	0,1239	0,00E+00
17	63,9945	10,185	0,0982	0,00E+00
18	83,0954	13,225	0,0756	0,00E+00
19	84,7584	13,4897	0,0741	0,00E+00
20	100,4	15,9792	0,0626	0,00E+00

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT												
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	3,8308	3,8308	0,0003	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,2354	0,2354	1,4311	1,4311
2	0	3,8308	0,0099	0,0101	0,0009	0,0011	0,0023	0,0024	0,0029	0,2382	0,9829	2,4139
3	0,0042	3,835	0,9928	1,0029	0,0009	0,0019	0,1681	0,1705	0,0005	0,2388	0,0134	2,4274
4	0,6712	4,5062	0	1,0029	0	0,0019	0	0,1705	0,0271	0,2659	0,0001	2,4275
5	0,0004	4,5066	0,0179	1,0209	0	0,002	0,0012	0,1717	0,0001	0,266	0,0011	2,4286
6	0,0166	4,5232	7,0889	8,1097	0,0295	0,0314	0,9917	1,1634	0,005	0,2709	0,6739	3,1026
7	0,0326	4,5557	0,1131	8,2228	0,0021	0,0336	0,0006	1,1641	0,0021	0,273	1,0584	4,161
8	0,0857	4,6415	3,997	12,2198	0,0262	0,0598	1,0136	2,1777	0,0001	0,2731	0,2132	4,3742
9	3,6684	8,3099	0,0523	12,2721	0	0,0598	0,0036	2,1812	0,082	0,3551	0,0759	4,4501
10	12,5655	20,8755	2,7429	15,015	0,4962	0,556	0,9466	3,1278	0,0001	0,3551	5,8656	10,3158
11	42,3283	63,2037	0,0137	15,0287	0,1192	0,6752	0,1638	3,2917	0,3998	0,7549	12,5634	22,8791
12	0,024	63,2277	32,6217	47,6504	0,4118	1,087	0,4442	3,7359	0,0148	0,7697	0,9206	23,7997
13	1,4723	64,7	19,3596	67,01	0,6657	1,7527	0,0028	3,7387	0,0136	0,7833	0,1524	23,9521
14	16,0393	80,7393	0,4569	67,4669	0,2949	2,0476	0,2099	3,9486	0,2643	1,0476	12,7488	36,7009
15	1,8724	82,6118	11,6196	79,0865	0,2883	2,3359	0,7095	4,6581	0,0187	1,0663	3,1747	39,8756
16	0,0207	82,6325	0,1077	79,1942	15,598	17,9339	1,7931	6,4513	1,0939	2,1602	0,0104	39,886
17	0,0459	82,6783	0,968	80,1622	53,2978	71,2317	13,8379	20,2891	2,1177	4,2779	0,0299	39,9159
18	2,8053	85,4836	6,7672	86,9294	0,1213	71,353	1,1268	21,4159	2,8356	7,1135	2,6799	42,5957
19	5,9029	91,3865	3,5233	90,4527	1,5473	72,9003	1,1128	22,5287	1,436	8,5495	1,6003	44,196
20	0,0824	91,4689	0,1559	90,6086	26,3756	99,2759	31,246	53,7748	0,8078	9,3573	0,088	44,284

I modi di vibrazione considerati presentano frequenze molto sparse (si va da un minimo di 10,17 rad/sec ad un massimo di 100,4 rad/sec), con associati periodi propri di oscillazione altrettanto diversi; le frequenze nell'intorno dei 30 rad/sec sono quelle proprie dei modi di vibrare nel piano orizzontale (direzione X e Y), mentre le oscillazioni verticali si collocano nell'intorno dei 10 rad/sec.

### Sisma orizzontale - direzione X

Mode No	TRAN-X		Frequency (rad/sec)	Period (sec)
	MASS(%)	SUM(%)		
10	12,5655	20,8755	26,3792	0,2382
11	42,3283	63,2037	26,4215	0,2378

14	16,0393	80,7393	32,4426	0,1937
----	---------	---------	---------	--------

### **Sisma orizzontale - direzione Y**

Mode No	TRAN-Y		Frequency (rad/sec)	Period (sec)
	MASS(%)	SUM(%)		
12	32,6217	47,6504	28,09	0,2237
13	19,3596	67,01	30,8369	0,2038
15	11,6196	79,0865	33,8016	0,1859

### **Sisma verticale - direzione Z**

Mode No	TRAN-Z		Frequency (rad/sec)	Period (sec)
	MASS(%)	SUM(%)		
16	15,598	17,9339	50,7052	0,1239
17	53,2978	71,2317	63,9945	0,0982
20	26,3756	99,2759	100,4	0,0626

I risultati ottenuti dal modello complessivo in termini deformativi consentono di individuare due parti di struttura con comportamenti assolutamente specifici:

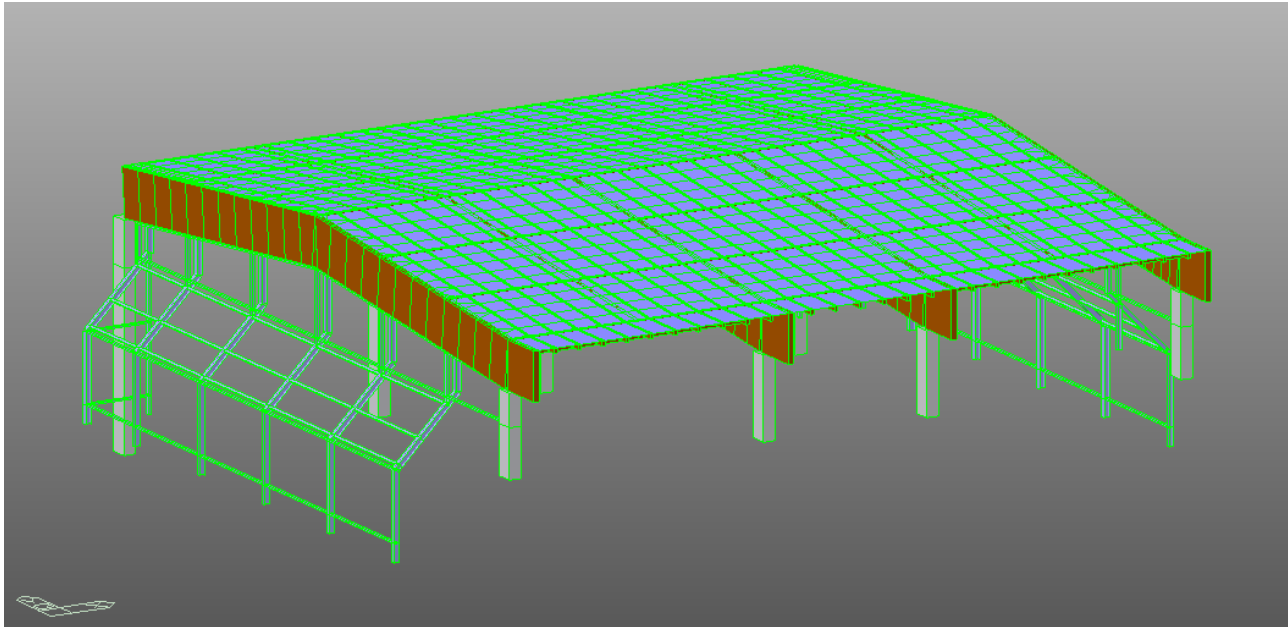
- 1) la struttura a volta (realizzata parte in acciaio, parte in legno lamellare, appoggiata su quattro pilastri di calcestruzzo armato di altezza pari a circa 9,00 m), che copre le tribune e la zona adibita a campo di gioco;
- 2) la struttura in pareti di muratura e solai di calcestruzzo armato che ospita la terrazza di accesso, le gradinate e gli uffici, sul lato est del Palazzetto.

Al fine di potere valutare compiutamente le reazioni al sisma di ognuna delle due parti sopra descritte, si è ritenuto di procedere all'analisi strutturale utilizzando due diversi modelli di calcolo, uno relativo alla struttura a volta, uno relativo al blocco di pareti in muratura.

L'interazione tra i due modelli è stata schematizzata mediante vincoli e carichi nodali, che verranno meglio descritti nei paragrafi seguenti.

## **8.2 STRUTTURA A VOLTA (MODELLO PARZIALE 1)**

Il primo dei due modelli parziali implementato è stato quello relativo alla struttura a volta.



**Figura 1 - struttura a volta - vista assonometrica modello**

Il modello rappresenta la struttura di copertura, realizzata in legno lamellare e pannelli sandwich (lamiera con interposto materassino isolante), i pilastri in calcestruzzo armato che le sostengono, e la baraccatura laterale di parete, realizzata con profili metallici, che risulta essere collegata rigidamente in sommità ai rompitratta laterali dell'orditura in copertura.

La tabella che segue riepiloga le caratteristiche salienti del modello implementato.

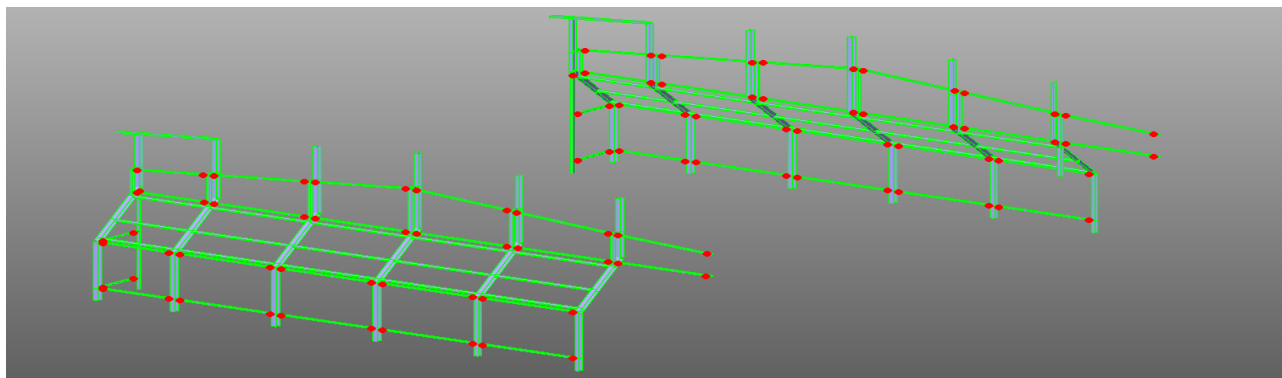
Structure Type	1	Static Load Case	2
Group	10	Self Weight	1
Boundary Group	2	Nodal Load	54
Load Group	7	Beam Load	106
Node	1199	Pressure	955
Element	2403	Spectrum Function	2
Material	4	Spectrum Load	5
Section	14	Main Control Data	1
Thickness	2	P-Delta	None
Support	23	Buckling	None
Beam End Release	50	Eigenvalue	33
Rigid Link	8	Load Combination	21
Loads to Mass	1	Load Comb(Steel)	16
Building Control Data	1	Load Comb(Concrete)	16

Le basi dei pilastri sia metallici che in calcestruzzo armato sono state bloccate con vincoli di incastro (anche quelli che spiccano dalla terrazza di accesso); la base dello spezzone di colonna HEA160 di rinforzo che spicca dalla muratura sul lato ovest della baraccatura metallica è stata lasciata libera di ruotare rispetto al suo "asse forte".



**Figura 2 - baraccatura laterale - dettaglio profilo HEA160 di rinforzo presente sul lato Ovest**

Tutti gli elementi del modello sono stati pensati connessi tra loro rigidamente, ad eccezione dei profili metallici scatolari orizzontali che collegano tra loro i pilastri principali HEA220 a costituire la baraccatura laterale: le evidenze ottenute in fase di sopralluogo infatti hanno permesso di verificare che i collegamenti bullonati presenti alle estremità di questi elementi non sembrano essere in grado di trasmettere sollecitazioni flessionali secondo l'asse principale del profilo stesso.



**Figura 3 - baraccatura laterale - svincolamento flessionale estremità profili scatolari**

I carichi applicati al modello sono quelli descritti nei paragrafi precedenti: nel caso specifico non sono stati implementati carichi di tipo accidentale (condizione di carico ACC vuota), in quanto non sono presenti solai di calpestio e la neve in copertura, ai sensi della normativa vigente, non deve essere cumulata con gli effetti del sisma.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali, si faccia riferimento a quanto riportato nel paragrafo 5).

Sul modello è stata condotta un'analisi dinamica modale lineare, con fattore di struttura  $q = 1,50$  (sono presenti elementi di tipo fragile, i pilastri di calcestruzzo armato): sono stati considerati i 33 modi di vibrare più significativi nelle tre direzioni principali (X, Y e Z), utilizzando il metodo dei vettori di RITZ.

## 8.2.1 MODI DI VIBRAZIONE

EIGENVALUE ANALYSIS				
Mode No	Frequency		Period	Tolerance
	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)	
1	20,8822	3,3235	0,3009	0,00E+00
2	36,0641	5,7398	0,1742	0,00E+00
3	37,9308	6,0369	0,1656	0,00E+00
4	38,724	6,1631	0,1623	0,00E+00
5	42,1017	6,7007	0,1492	0,00E+00
6	42,4589	6,7575	0,148	0,00E+00
7	49,3238	7,8501	0,1274	0,00E+00
8	49,9228	7,9455	0,1259	0,00E+00
9	50,1112	7,9754	0,1254	0,00E+00
10	52,3784	8,3363	0,12	0,00E+00
11	52,9104	8,421	0,1188	0,00E+00
12	53,8453	8,5697	0,1167	0,00E+00
13	54,2005	8,6263	0,1159	0,00E+00
14	56,1566	8,9376	0,1119	0,00E+00
15	57,8156	9,2016	0,1087	0,00E+00
16	60,0148	9,5517	0,1047	0,00E+00
17	62,0616	9,8774	0,1012	0,00E+00
18	64,8467	10,3207	0,0969	0,00E+00
19	66,3005	10,5521	0,0948	0,00E+00
20	74,9211	11,9241	0,0839	0,00E+00
21	80,3655	12,7906	0,0782	0,00E+00
22	82,0722	13,0622	0,0766	0,00E+00
23	84,462	13,4425	0,0744	0,00E+00
24	90,4799	14,4003	0,0694	0,00E+00
25	104,1766	16,5802	0,0603	0,00E+00
26	110,0567	17,5161	0,0571	0,00E+00
27	124,3848	19,7965	0,0505	0,00E+00
28	141,391	22,5031	0,0444	0,00E+00
29	169,1318	26,9182	0,0371	0,00E+00
30	230,1943	36,6366	0,0273	0,00E+00
31	384,7126	61,2289	0,0163	0,00E+00
32	421,6562	67,1087	0,0149	0,00E+00
33	662,7624	105,4819	0,0095	0,00E+00

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT												
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	82,1061	82,1061	0,0575	0,0575	0,0306	0,0306	0,0094	0,0094	0,1609	0,1609	4,8428	4,8428
2	0,3744	82,4805	19,6831	19,7406	3,1794	3,2099	1,2331	1,2425	0,0579	0,2188	1,7688	6,6115
3	0,0493	82,5297	22,929	42,6696	13,1053	16,3152	2,1585	3,401	0,1112	0,33	0,0073	6,6188
4	0,1921	82,7218	0,0554	42,725	0,3734	16,6886	0,4683	3,8693	0,0644	0,3944	0,5042	7,1231
5	4,6182	87,34	0,0608	42,7858	0,003	16,6916	0,3807	4,25	3,5279	3,9223	63,1426	70,2656
6	0,3241	87,6641	1,0282	43,814	2,9207	19,6123	1,688	5,9381	0,1981	4,1204	6,8998	77,1654
7	0,011	87,6751	0,0488	43,8629	0,0009	19,6131	0,0011	5,9392	0,0643	4,1848	0,0215	77,1869

8	0,1051	87,7802	9,8935	53,7563	1,6514	21,2646	0,0696	6,0088	0,2685	4,4532	0,3466	77,5335
9	0,0293	87,8095	7,1045	60,8609	1,0579	22,3224	0,0124	6,0212	0,0283	4,4815	4,5939	82,1273
10	0,7062	88,5157	0,1667	61,0275	0,084	22,4064	0,0067	6,0279	0,3194	4,8009	0,6373	82,7646
11	0,0277	88,5435	14,0965	75,124	4,8829	27,2893	0,65	6,6779	0,0022	4,8031	0,0574	82,822
12	0,9432	89,4866	0,1992	75,3232	1,561	28,8503	0,021	6,6989	2,7758	7,5789	1,887	84,709
13	0,9945	90,4812	2,1624	77,4856	1,7119	30,5623	0,0414	6,7403	2,8686	10,4475	1,5274	86,2364
14	0,0048	90,486	5,9939	83,4796	0,6679	31,2302	0,2916	7,0319	0,1354	10,583	0,0074	86,2438
15	0,0901	90,5761	0,0386	83,5181	0,4069	31,6371	0,3135	7,3454	0,0368	10,6197	0,0162	86,26
16	0,0044	90,5805	0,0143	83,5324	2,309	33,9461	0,1614	7,5068	0,0617	10,6814	0,1674	86,4274
17	0,0213	90,6017	0,2207	83,7531	1,8451	35,7911	0,0538	7,5606	0,0202	10,7016	0,002	86,4294
18	0,0023	90,6041	3,0547	86,8077	3,2984	39,0896	2,7715	10,3321	0,0176	10,7192	0,0701	86,4995
19	0,0008	90,6049	0,0966	86,9043	0,8234	39,9129	0,236	10,5681	0,0009	10,7201	0,0001	86,4996
20	0,2015	90,8063	0,0003	86,9046	0,1933	40,1062	0,0655	10,6335	0,0011	10,7212	0,0047	86,5043
21	0,8918	91,6982	2,3205	89,2251	0,1134	40,2196	1,758	12,3916	0,3884	11,1096	0,0685	86,5728
22	3,4592	95,1574	0,3503	89,5754	0,7958	41,0154	0,3363	12,7278	0,4708	11,5804	0,1184	86,6912
23	0,0916	95,2489	2,0141	91,5896	3,8757	44,8911	1,3668	14,0946	0,0017	11,5821	0,0242	86,7154
24	0,0202	95,2692	0,0021	91,5916	2,5223	47,4134	0,0139	14,1085	0,2579	11,84	0,0018	86,7172
25	0,1041	95,3733	1,5413	93,133	2,1501	49,5636	1,9029	16,0114	0,0112	11,8512	0,0011	86,7183
26	0,0162	95,3895	0,0733	93,2063	0,7053	50,2688	1,2502	17,2616	0,0031	11,8543	0,0245	86,7428
27	0,0004	95,3899	0,3562	93,5625	0,3183	50,5871	0,5708	17,8325	0,059	11,9133	0,0129	86,7557
28	0,0095	95,3994	2,0126	95,5751	0,7461	51,3332	0,0423	17,8748	0,0147	11,928	0,0062	86,7618
29	0	95,3995	0,0526	95,6276	1,6782	53,0114	0,5368	18,4116	0,0159	11,9439	0,0002	86,762
30	0,0121	95,4116	0,0217	95,6493	3,1834	56,1948	0,481	18,8926	0,0085	11,9524	0,0018	86,7638
31	0,4366	95,8481	0,9954	96,6447	7,1208	63,3156	8,3357	27,2283	0,0089	11,9613	0,1736	86,9374
32	0,5448	96,393	1,8654	98,5101	3,5349	66,8505	3,625	30,8533	0,0292	11,9905	0,2687	87,2061
33	0,0036	96,3966	0,018	98,5281	26,9445	93,795	2,1152	32,9685	0,0147	12,0053	0,0026	87,2087

La percentuale di massa complessivamente eccitata nelle tre direzioni principali X, Y e Z è sempre superiore al 90%.

In colore rosso sono evidenziati i modi di vibrare maggiormente significativi in termini di eccitazione delle masse.

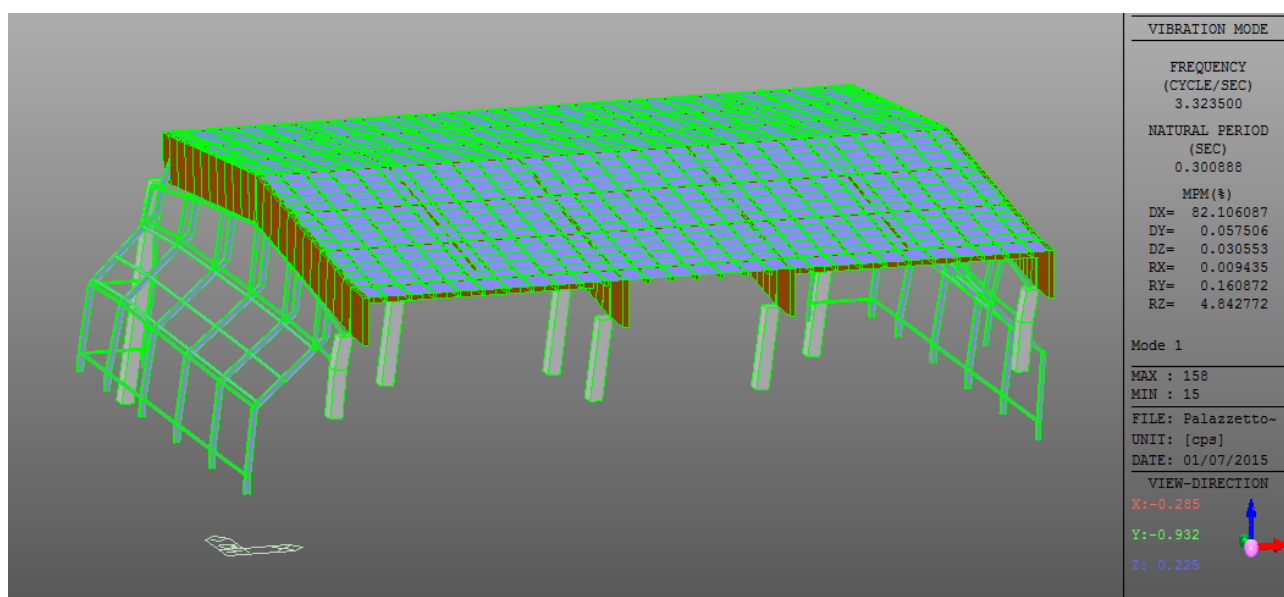


Figura 4 - modo di vibrare n°1



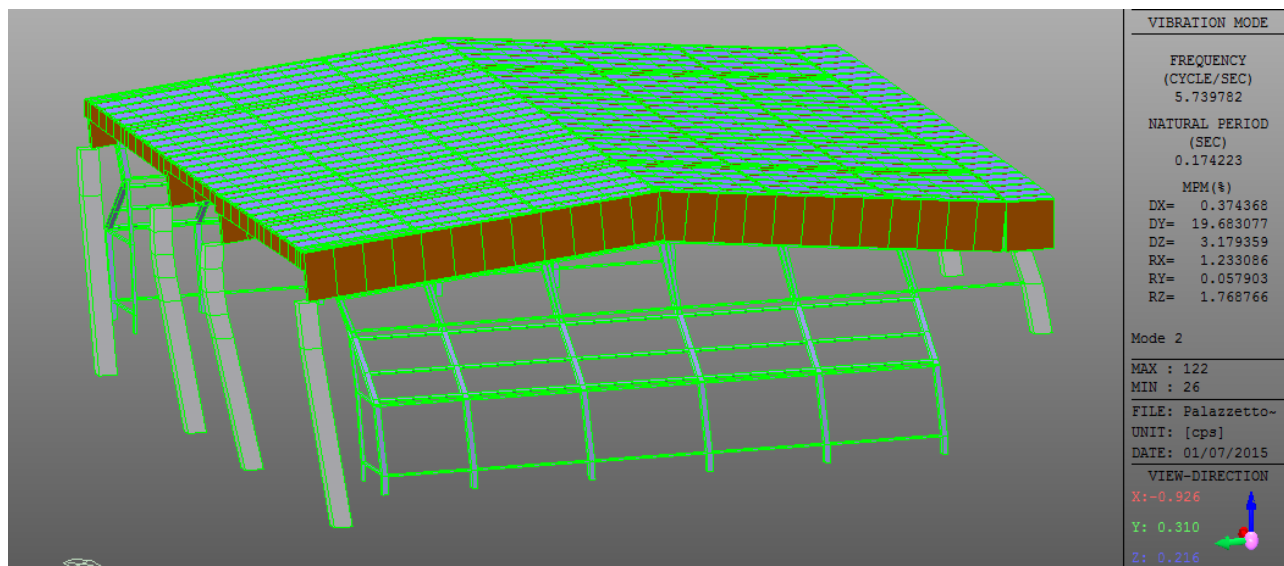


Figura 5 - modo di vibrare n°2

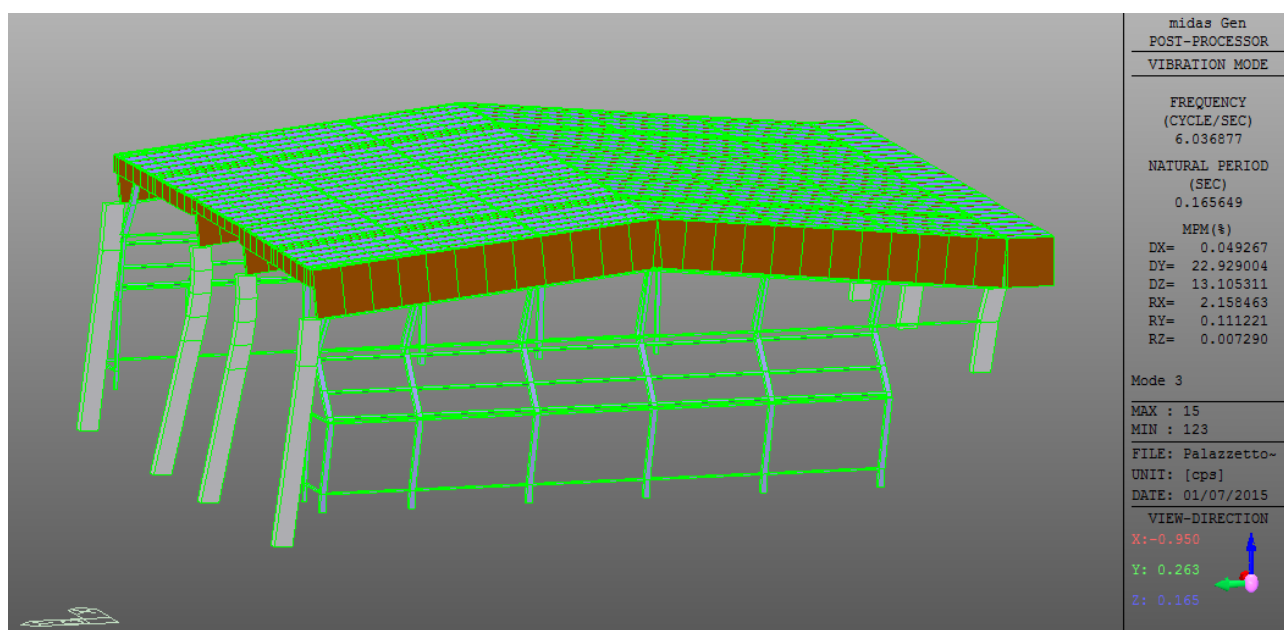


Figura 6 - modo di vibrare n°3

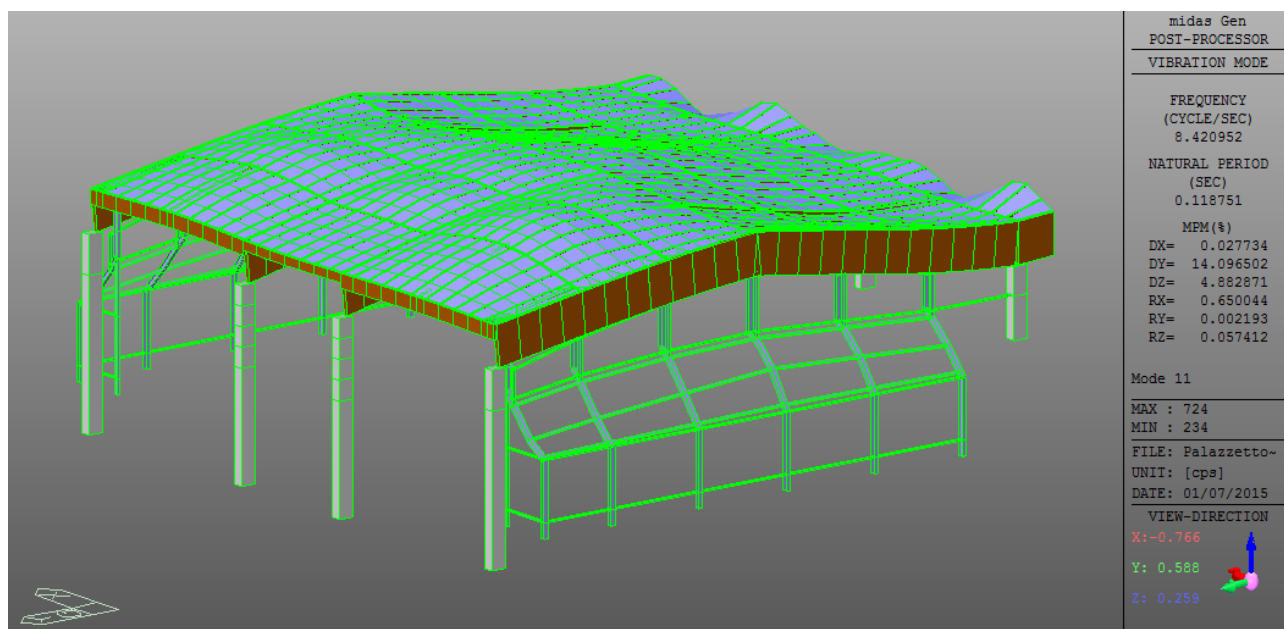


Figura 7 - modo di vibrare n°11

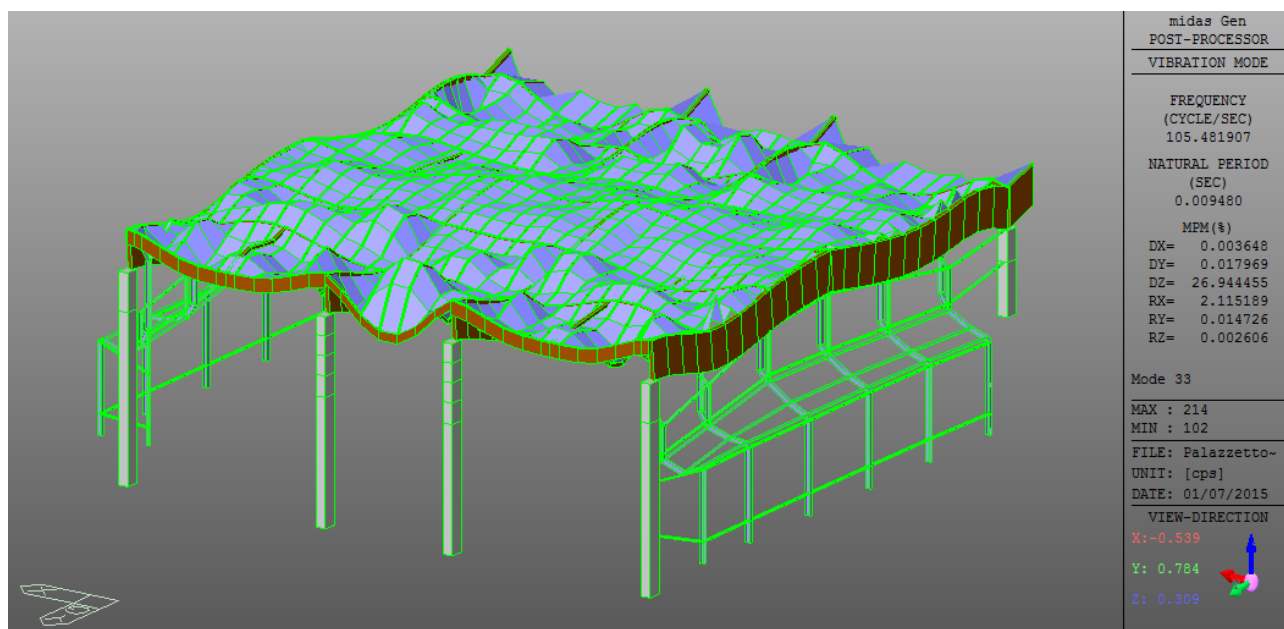


Figura 8 - modo di vibrare n°33

## 8.2.2 DEFORMAZIONI

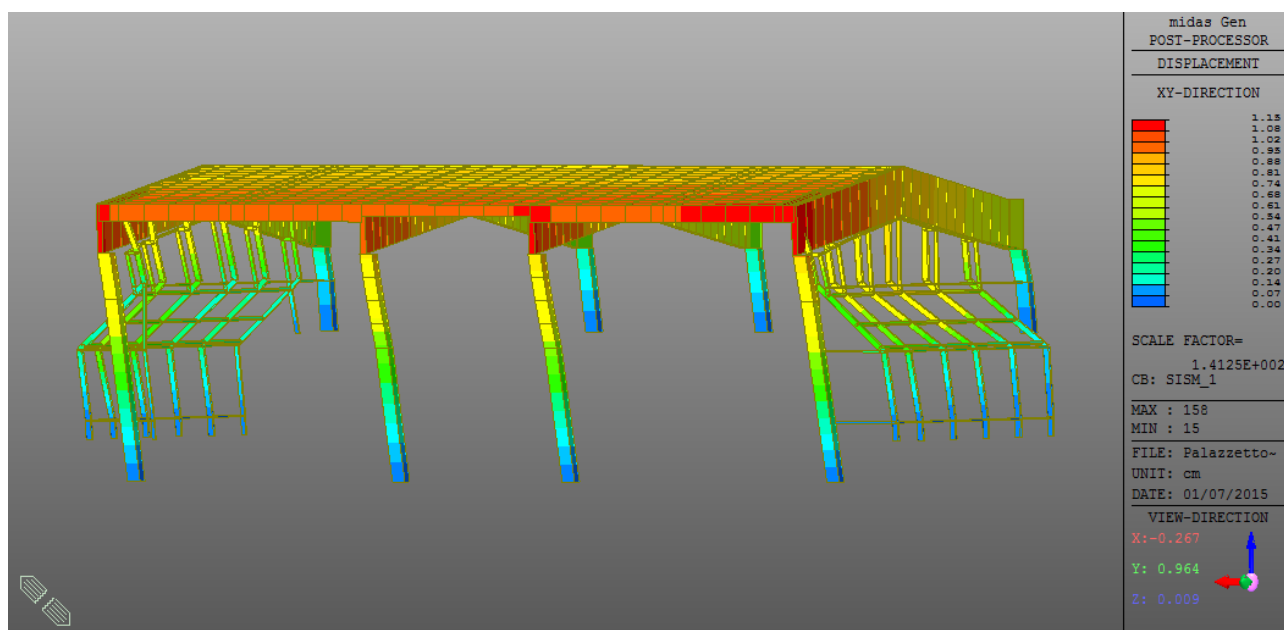


Figura 9 - Deformazioni XY - Comb. SISM\_1

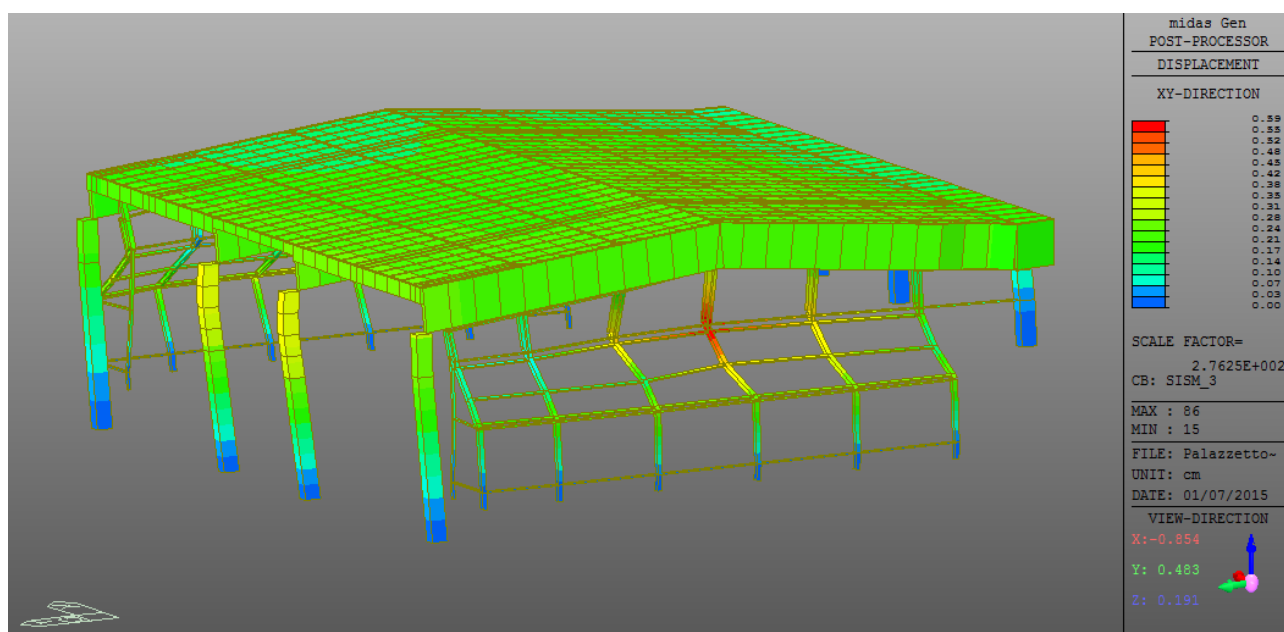


Figura 10 - Deformazioni XY - Comb. SISM\_3

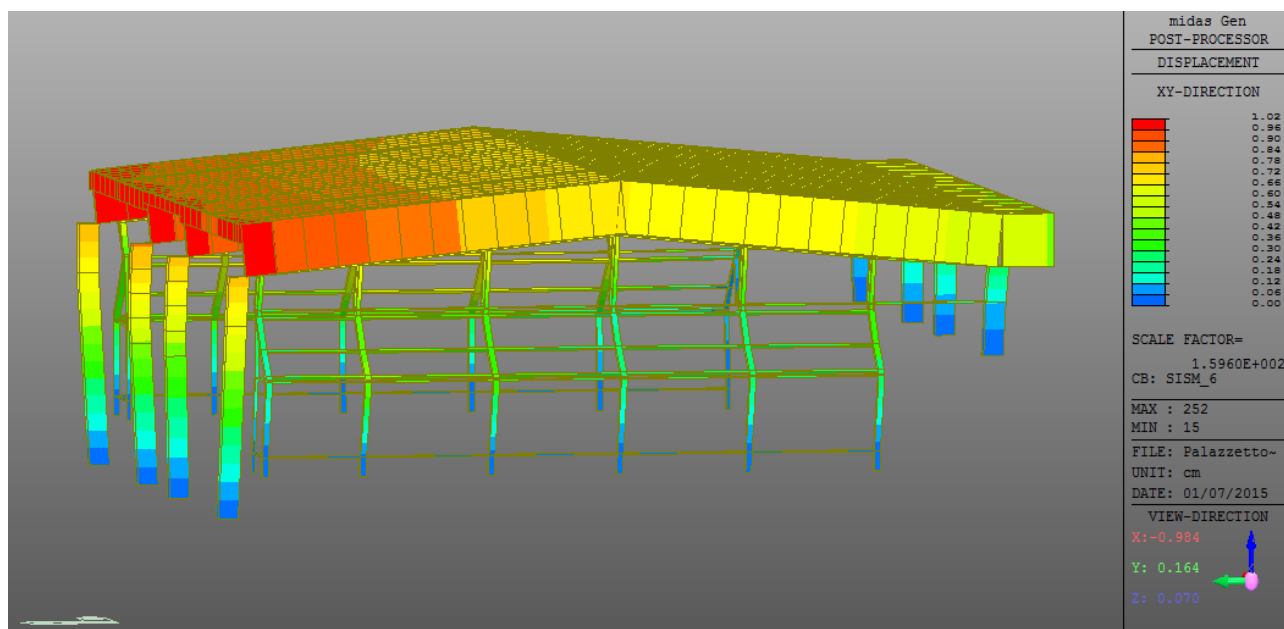


Figura 11 - Deformazioni XY - Comb. SISM\_6

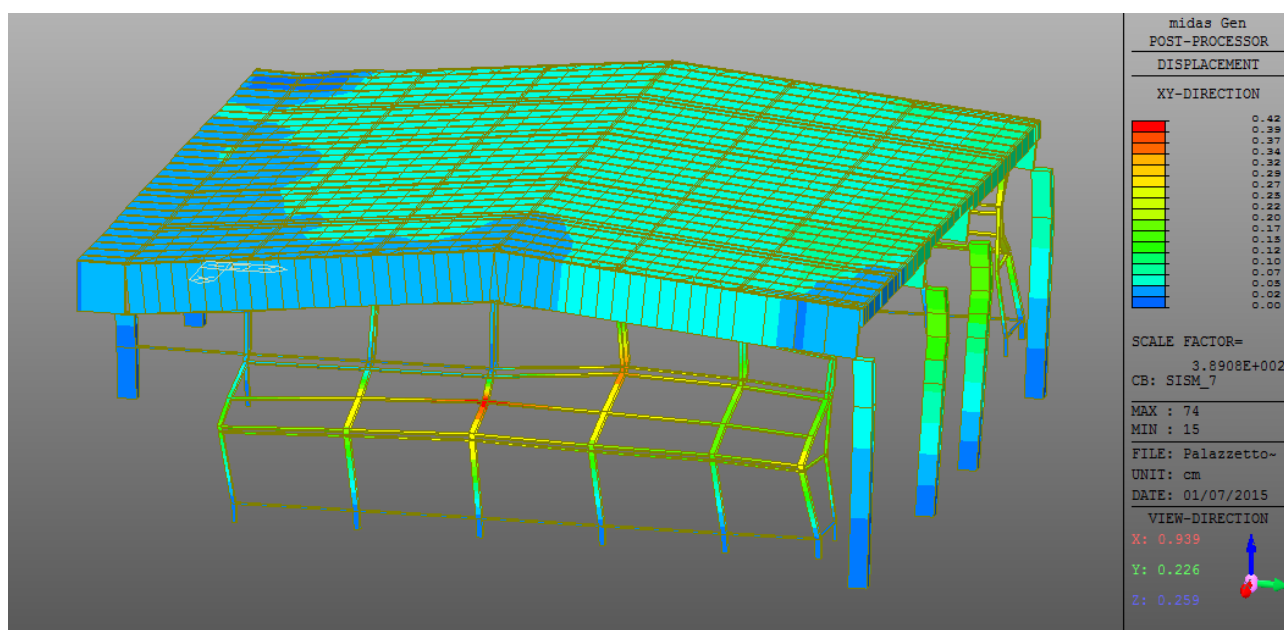
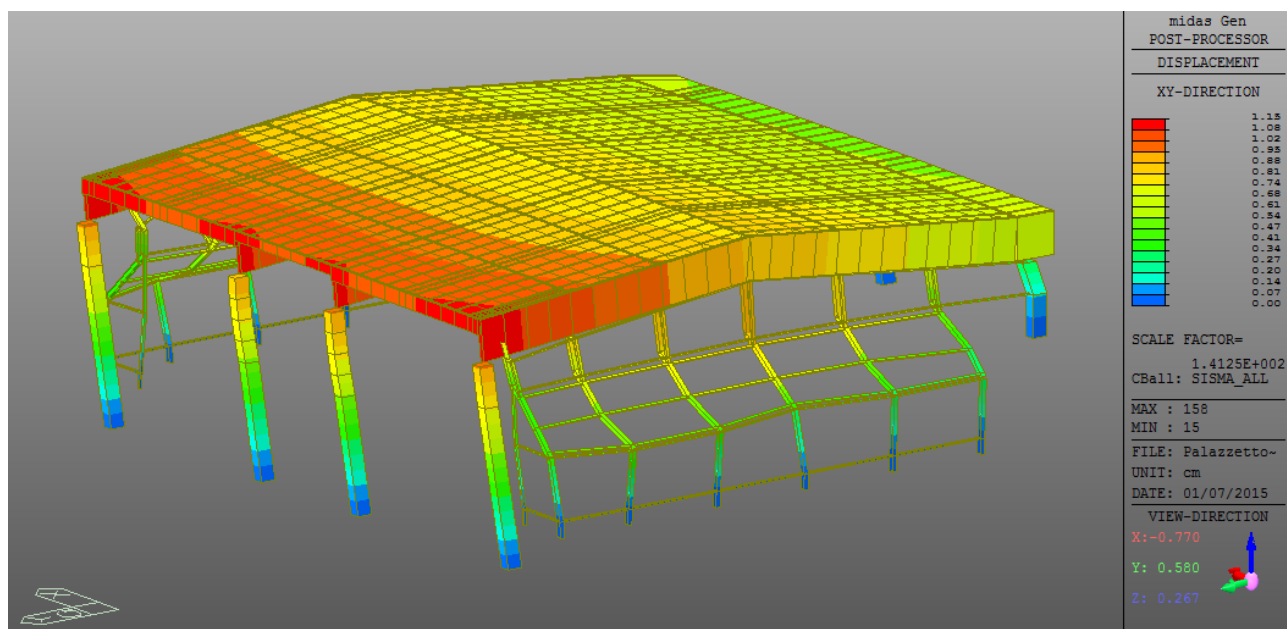
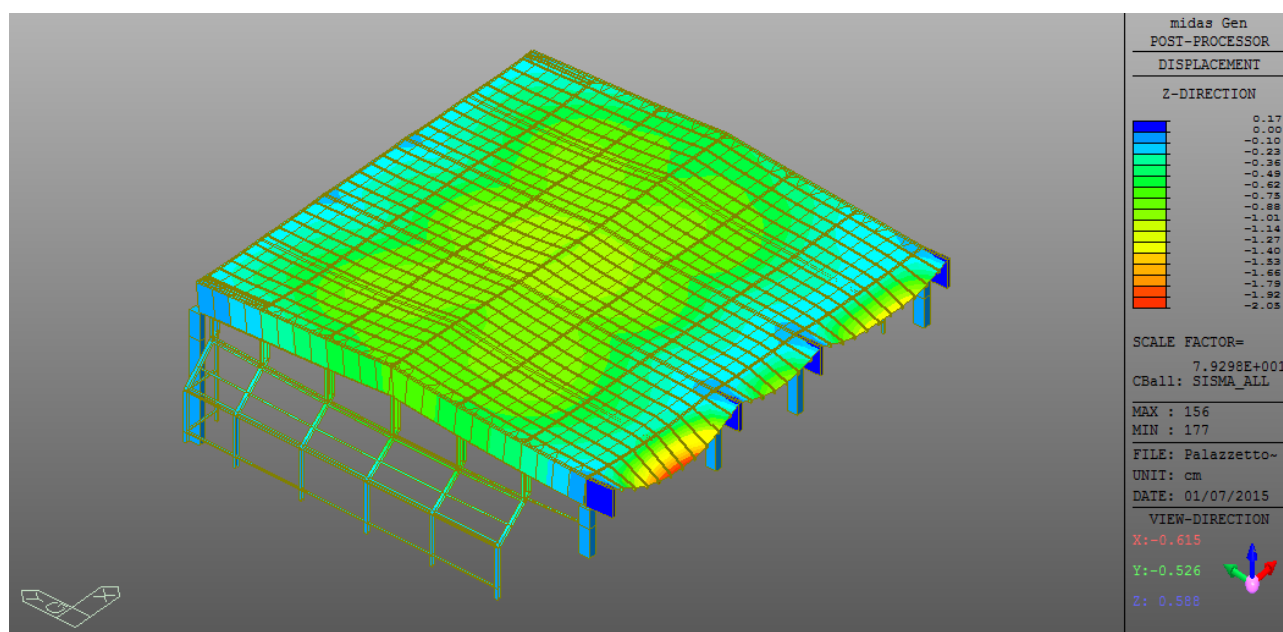


Figura 12 - Deformazioni XY - Comb. SISM\_7



**Figura 13 - Deformazioni XY - Comb. SISMA\_ALL (involuppo)**



**Figura 14 - Deformazioni XY - Comb. SISMA\_ALL (involuppo)**

Le deformazioni massime ottenute per il modello sono le seguenti:

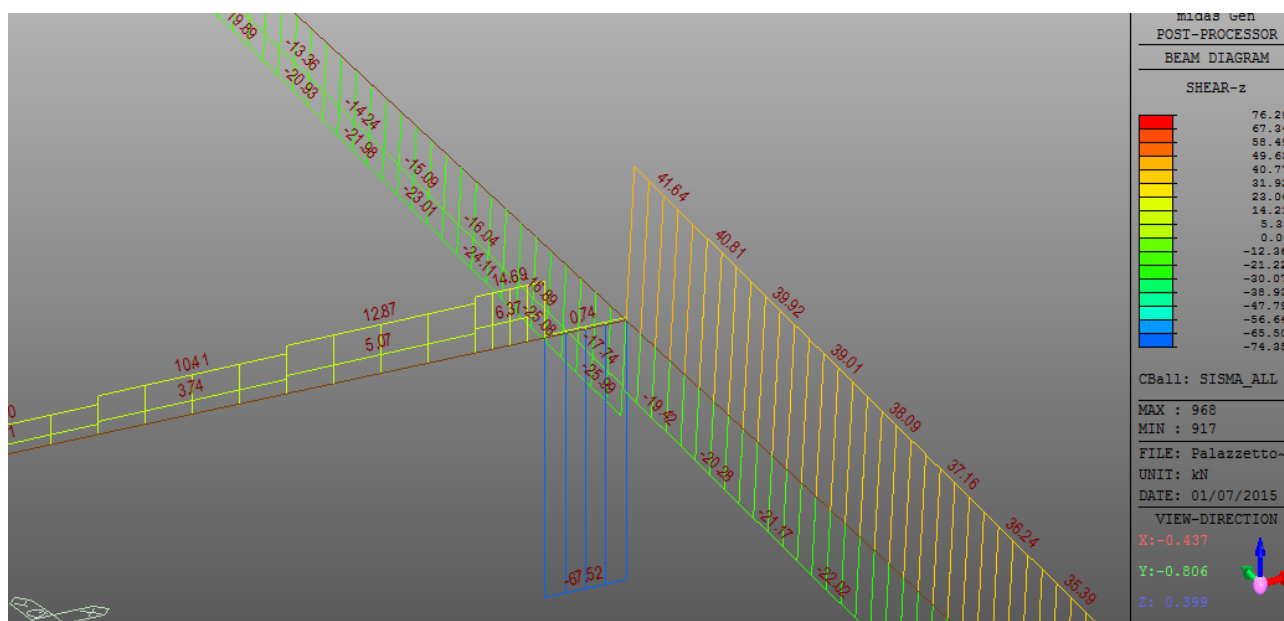
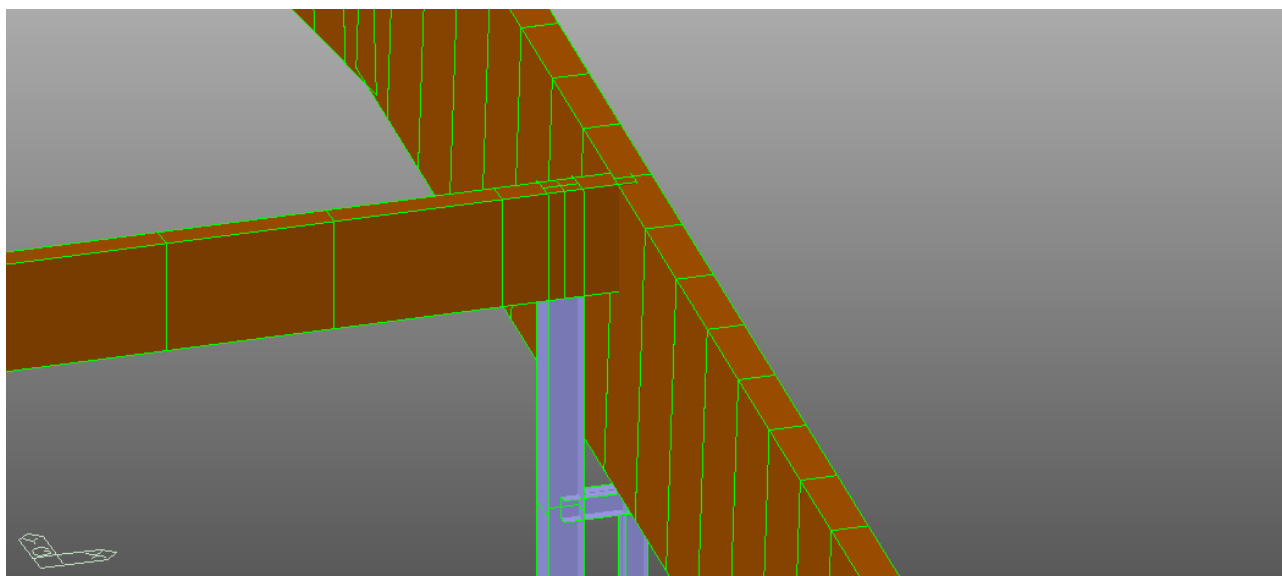
- dir. X: 1,15 cm
- dir. Y: 0,50 cm
- dir. Z 2,10 cm (sporto) - 0,70 ÷ 1,00 cm (copertura vera e propria)

In direzione Z la massima deformazione si registra in corrispondenza dello sporto della copertura sopra la terrazza di accesso alle gradinate: i valori ottenuti non sono significativi in quanto dipendono dalle scelte di modellazione effettuate. a sostegno dello sporto tra una trave principale e l'altra sono presenti, oltre agli arcarecci in legno lamellare (inseriti nel modello), dei profili metallici curvilinei realizzati in UPN50 (non modellati), che sicuramente riducono in modo anche significativo le deformazioni ottenute per questa porzione del modello.

### **8.2.3 RESISTENZA STRUTTURALE**

Tutti gli elementi strutturali in acciaio e in calcestruzzo armato risultano essere verificati.

Anche gli elementi in legno lamellare che costituiscono la copertura risultano essere verificati, ad eccezione del rompitratta esterno, nel tratto compreso tra la forchetta di collegamento al profilo metallico verticale HEA160 e la trave lamellare principale, in quanto il taglio agente risulta essere di poco superiore al taglio resistente.



**Figura 15 - Copertura - dettaglio zona di connessione del rompitratta laterale alla trave principale**

Il deficit in termini di sezione resistente a taglio è pari a circa il 16%: viste le scelte assolutamente cautelative in termini di classe di resistenza adottata per il legno lamellare (GL24c), oltre che all'applicazione al calcolo delle resistenze di un fattore di conoscenza  $L_c = 1,20$ , verifiche analitiche a parte, si ritiene che il rompitratta laterale sia ampiamente in grado di resistere alle sollecitazioni sismiche applicate.

### 8.3 STRUTTURA IN MURATURA (MODELLO PARZIALE 2)

Il secondo dei due modelli parziali implementato è stato quello relativo al blocco presente sul lato est, costituito prevalentemente da pareti in muratura e solai in calcestruzzo armato.

Si tratta essenzialmente delle gradinate, della terrazza di accesso con relative scalinate, e dei locali di servizio adibiti ad uso sportivo e/o uffici.

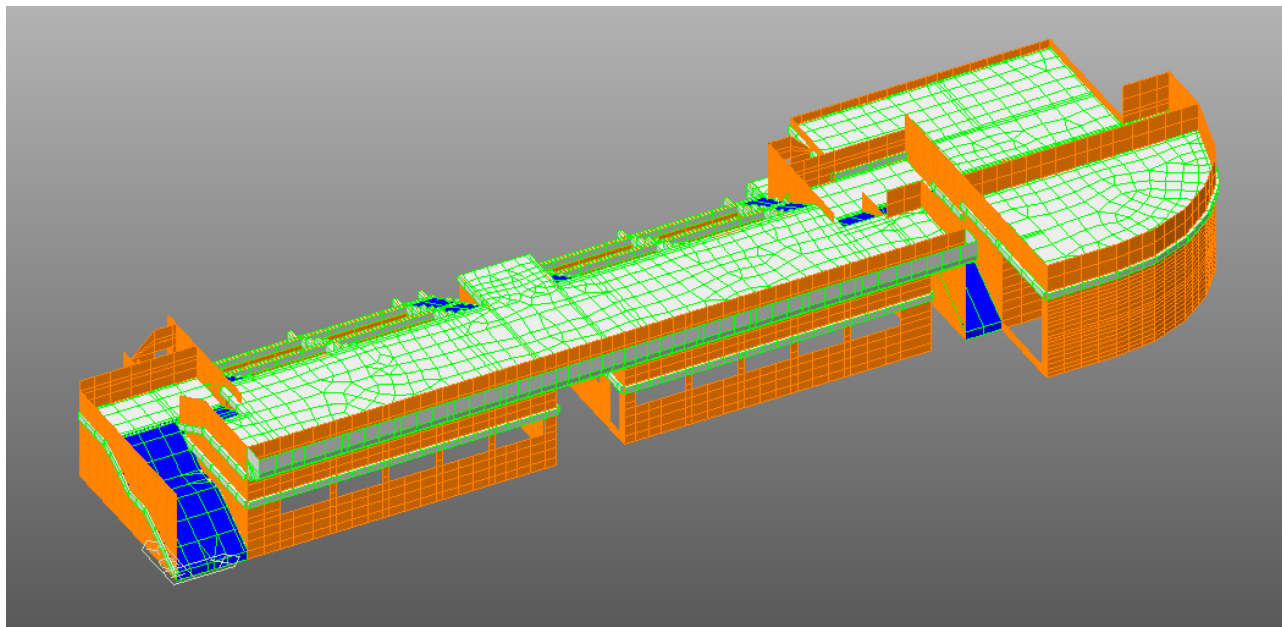


Figura 16 - struttura in muratura - vista assonometrica modello

La tabella che segue riepiloga le caratteristiche salienti del modello implementato.

Structure Type	1	Static Load Case	8
Named Plane	1	Self Weight	1
Group	74	Nodal Load	35
Load Group	15	Beam Load	173
Node	5365	Pressure	1790
Element	5731	Spectrum Function	2
Material	4	Spectrum Load	5
Section	13	Main Control Data	1
Thickness	4	P-Delta	None
Support	363	Buckling	None
Rigid Link	1	Eigenvalue	30
Loads to Mass	1	Load Combination	23
		Load Comb(Steel)	16
		Load Comb(Concrete)	16

La base delle pareti in muratura è stata schematizzata come perfettamente incastrata.

Tutti gli elementi del modello sono stati pensati connessi tra loro rigidamente: non sono presenti elementi con gradi di libertà svincolati sui nodi di estremità.

I carichi applicati al modello sono quelli descritti nei paragrafi precedenti: nel caso specifico sono stati implementati carichi di tipo accidentale (condizione di carico ACC) desunti dalla normativa vigente e da quanto dichiarato nell'elaborato di progetto esecutivo relativo ai solai:

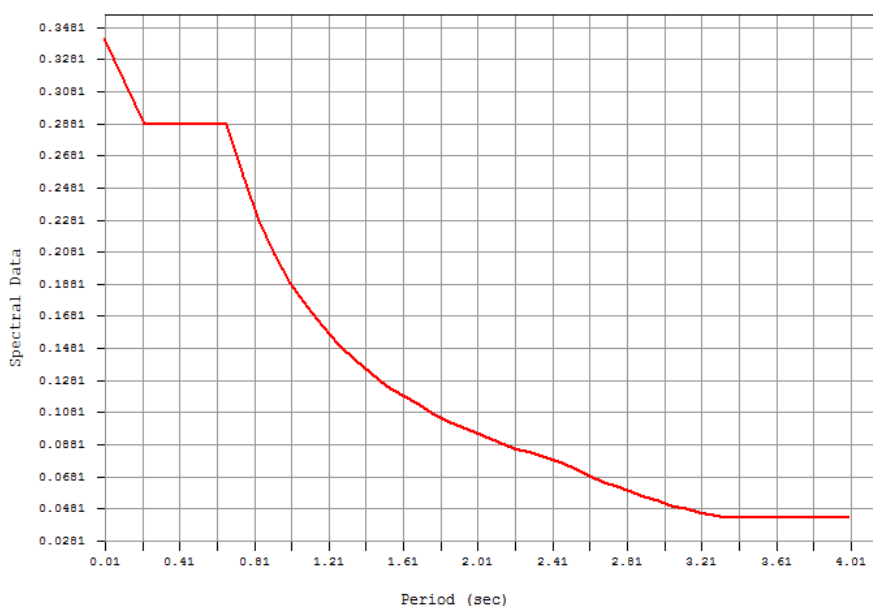


- scalinate di accesso alla terrazza: 400 daN/mq
- terrazza di accesso alle gradinate: 600 daN/mq
- tegoli che costituiscono le gradinate: 600 daN/mq
- solai orizzontali senza accesso da parte del pubblico: 200 daN/mq

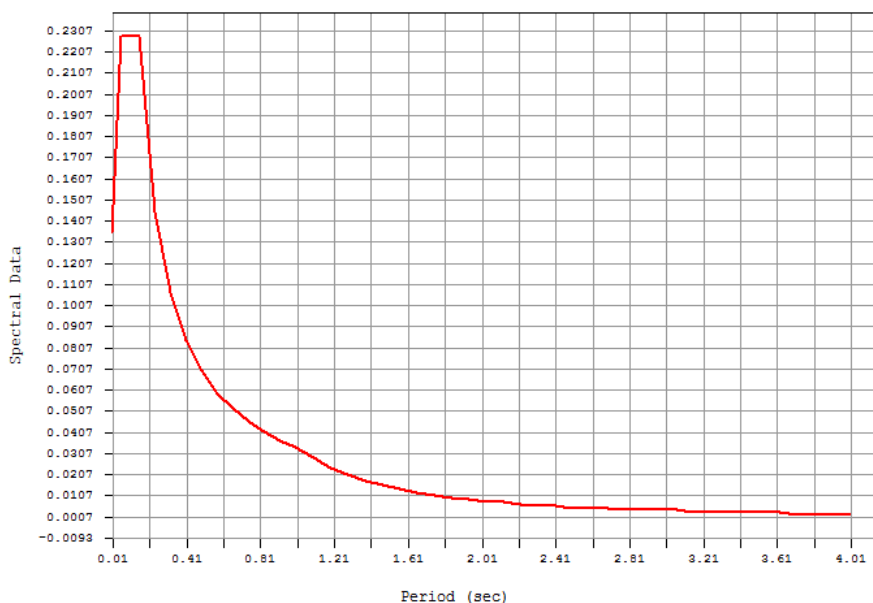
Per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali, si faccia riferimento a quanto riportato nel paragrafo 5).

Sul modello è stata condotta un'analisi dinamica modale lineare, con fattore di struttura  $q = 3,00$  (punto C.8.7.1.2 della Circolare applicativa delle NTC2008 -  $q = 2,00 \cdot \alpha_u / \alpha_1$  con  $\alpha_u / \alpha_1 = 1,50$  per costruzioni esistenti in muratura ordinaria).

### Spettro di progetto - sisma orizzontale



### Spettro di progetto - sisma verticale



Il numero di modi di vibrazione considerati in sede di analisi dinamica sono 35, determinati usando il metodo dei vettori di RITZ.



L'interazione con la porzione di struttura adiacente è stata ottenuta applicando nei nodi comuni ad entrambe le strutture le reazioni vincolari ottenute dal modello 1 (struttura di copertura a volta) cambiate di segno.

La corrispondenza tra i nodi è riassunta nella tabella che segue:

	N° nodo	N° nodo	N° nodo	N° nodo	N° nodo
<b>Modello 1</b> <b>Struttura di copertura a volta</b>	61	62	63	64	65
<b>Modello 2</b> <b>Struttura in muratura</b>	4590	4083	4261	4415	4582

Nella tabella che segue invece sono riepilogate le reazioni vincolari del modello 1 che sono state applicate, cambiate di segno, al modello 2 sotto forma di carichi nodali.

Node	Load Case	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N*mm)	MY (N*mm)	MZ (N*mm)
4083	PP_Peso proprio	-1694.97	-2269.13	-52720.42	-23207440.21	-1907006.70	166131.96
4083	PPERM_Permenenti por	-5960.39	6203.86	-22317.89	-25981916.56	-5791709.78	1201837.60
4083	SISMA0_user	72370.18	109943.87	29163.20	-323345762.80	275406748.10	-9953060.93
4083	SISMA90_user	-12494.09	58305.71	-24278.76	-145825419.10	-21349199.69	1659644.50
4083	SISMA180_user	-72370.18	-109943.87	-29163.20	323345762.80	-275406748.10	9953060.93
4083	SISMA270_user	12494.09	-58305.71	24278.76	145825419.10	21349199.69	-1659644.50
4083	SISMAZ_user	-4189.53	-13602.97	14361.05	31387097.31	-5768732.49	352196.64
4261	PP_Peso proprio	1046.35	-27640.36	-71170.94	16712326.99	2109506.13	-576003.21
4261	PPERM_Permenenti por	2658.93	-30761.34	-55688.77	27921815.79	5488711.65	-656263.54
4261	SISMA0_user	74172.04	27854.80	-6432.40	-86897934.49	279183184.20	-10670725.40
4261	SISMA90_user	12505.47	37292.33	-26825.00	-97589306.68	25648439.45	1059122.95
4261	SISMA180_user	-74172.04	-27854.80	6432.40	86897934.49	-279183184.20	10670725.40
4261	SISMA270_user	-12505.47	-37292.33	26825.00	97589306.68	-25648439.45	-1059122.95
4261	SISMAZ_user	-2953.29	-8592.88	12690.10	22202794.48	-4758834.86	-240892.74
4415	PP_Peso proprio	-935.93	-28770.54	-70971.79	20859687.28	-758451.89	-173816.03
4415	PPERM_Permenenti por	-3362.19	-31333.38	-56435.60	30324880.37	-3400313.19	413095.51
4415	SISMA0_user	83584.62	-14411.06	8433.01	41820522.45	292297294.40	-9114713.76
4415	SISMA90_user	-6696.06	36274.11	-24796.78	-91281361.15	-18488107.23	-900072.19
4415	SISMA180_user	-83584.62	14411.06	-8433.01	-41820522.45	-292297294.40	9114713.76
4415	SISMA270_user	6696.06	-36274.11	24796.78	91281361.15	18488107.23	900072.19
4415	SISMAZ_user	-2191.58	-8116.16	12281.74	20023452.83	-4352506.27	-272869.71
4582	PP_Peso proprio	1722.15	2829.12	-35646.72	-17511466.53	2981739.98	-397601.94

Node	Load Case	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N*mm)	MY (N*mm)	MZ (N*mm)
4582	PPERM_Permenenti por	6398.45	10060.48	-10955.65	-24176860.10	9569110.81	-1178893.23
4582	SISMA0_user	77193.82	-123837.62	-78737.29	311871692.30	281609457.80	-12030587.47
4582	SISMA90_user	17713.17	55404.22	26957.51	-125481897.50	29216092.53	1073810.80
4582	SISMA180_user	-77193.82	123837.62	78737.29	-311871692.30	-281609457.80	12030587.47
4582	SISMA270_user	-17713.17	-55404.22	-26957.51	125481897.50	-29216092.53	-1073810.80
4582	SISMAZ_user	4815.25	-14062.76	14657.61	30800810.13	6512796.19	-321666.31
4590	PP_Peso proprio	2051.12	-91.72	-30587.52	1904.07	0.00	657.96
4590	PPERM_Permenenti por	885.16	-96.12	-18777.33	1883.16	0.00	1187.68
4590	SISMA0_user	-3259.55	-1048.93	65658.20	1350545.24	0.00	-2700.68
4590	SISMA90_user	2039.19	1316.15	-24023.31	-1085753.56	0.00	4136.90
4590	SISMA180_user	3259.55	1048.93	-65658.20	-1350545.24	0.00	2700.68
4590	SISMA270_user	-2039.19	-1316.15	24023.31	1085753.56	0.00	-4136.90
4590	SISMAZ_user	-705.72	-231.25	5804.23	211546.79	0.00	-515.39

### 8.3.1 MODI DI VIBRAZIONE

EIGENVALUE ANALYSIS				
Mode No	Frequency		Period	Tolerance
	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)	
1	49,4752	7,8742	0,127	0,00E+00
2	63,4476	10,098	0,099	0,00E+00
3	71,7753	11,4234	0,0875	0,00E+00
4	71,8862	11,4411	0,0874	0,00E+00
5	76,8585	12,2324	0,0818	0,00E+00
6	77,1293	12,2755	0,0815	0,00E+00
7	79,0193	12,5763	0,0795	0,00E+00
8	80,1513	12,7565	0,0784	0,00E+00
9	81,2231	12,9271	0,0774	0,00E+00
10	83,3688	13,2686	0,0754	0,00E+00
11	87,4321	13,9152	0,0719	0,00E+00
12	91,5129	14,5647	0,0687	0,00E+00
13	95,7745	15,243	0,0656	0,00E+00
14	96,9719	15,4336	0,0648	0,00E+00
15	99,8253	15,8877	0,0629	0,00E+00
16	103,8785	16,5328	0,0605	0,00E+00
17	105,5398	16,7972	0,0595	0,00E+00
18	111,4192	17,7329	0,0564	0,00E+00
19	121,8371	19,391	0,0516	0,00E+00
20	122,9957	19,5754	0,0511	0,00E+00
21	124,963	19,8885	0,0503	0,00E+00
22	139,3804	22,1831	0,0451	0,00E+00

23	143,4064	22,8238	0,0438	0,00E+00
24	154,3205	24,5609	0,0407	0,00E+00
25	170,0281	27,0608	0,037	0,00E+00
26	190,8427	30,3736	0,0329	0,00E+00
27	192,5038	30,6379	0,0326	0,00E+00
28	215,3868	34,2799	0,0292	0,00E+00
29	266,0939	42,3502	0,0236	0,00E+00
30	279,1089	44,4216	0,0225	0,00E+00
31	298,3591	47,4853	0,0211	0,00E+00
32	393,0903	62,5623	0,016	0,00E+00
33	486,7011	77,4609	0,0129	0,00E+00
34	624,1241	99,3324	0,0101	0,00E+00
35	792,6195	126,1493	0,0079	0,00E+00

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT												
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0,0012	0,0012	0,1973	0,1973	0,1685	0,1685	0,0081	0,0081	0,096	0,096	0,0938	0,0938
2	0,1981	0,1993	0,0094	0,2068	0,001	0,1695	0,0002	0,0083	0,0031	0,099	0,0011	0,0949
3	0,0212	0,2205	0,0008	0,2076	0	0,1695	0	0,0083	0,0036	0,1026	0,033	0,1279
4	0,0055	0,2261	0,0005	0,2081	0,0001	0,1696	0,0003	0,0087	0,0027	0,1053	0,002	0,1299
5	1,8469	2,0729	21,3818	21,5899	4,9069	5,0765	0,049	0,0577	0,1238	0,229	0,0029	0,1328
6	3,1489	5,2218	1,8683	23,4583	1,6008	6,6774	0,1287	0,1864	5,3486	5,5777	0	0,1328
7	0,0055	5,2273	55,479	78,9373	4,7741	11,4514	4,4943	4,6807	0,2932	5,8709	1,1779	1,3107
8	0,2162	5,4435	0,2417	79,1789	0,0003	11,4518	0,0052	4,686	0,0008	5,8717	0,4248	1,7355
9	33,1443	38,5878	0,048	79,2269	0,0646	11,5163	0,0006	4,6866	0,1553	6,027	12,7596	14,4951
10	4,4383	43,0261	0,005	79,2319	0,0228	11,5392	0,0486	4,7352	0,0583	6,0853	5,1754	19,6705
11	18,0061	61,0322	0,0315	79,2634	0,0002	11,5393	0,0368	4,772	1,2285	7,3138	40,0494	59,72
12	0,0119	61,044	0,0243	79,2877	0	11,5394	0,0012	4,7732	0	7,3138	0,0057	59,7257
13	0,7257	61,7697	0,0002	79,2879	0,0132	11,5526	0,0027	4,7759	0,008	7,3218	0,0142	59,7399
14	0,0192	61,7889	0,3852	79,6731	4,478	16,0306	5,6351	10,411	6,7786	14,1004	3,7277	63,4676
15	0,0076	61,7965	0,2855	79,9586	0	16,0306	0,0132	10,4242	0,0167	14,1171	0,8941	64,3617
16	3,6523	65,4488	0,8699	80,8285	0,1432	16,1738	0,0963	10,5206	0,1979	14,315	0,5688	64,9305
17	0,7125	66,1612	0,4529	81,2815	0,0004	16,1743	0,0129	10,5335	0,2964	14,6114	2,6785	67,6091
18	0,2401	66,4013	0,5926	81,8741	0,0483	16,2226	0,3523	10,8857	0,2623	14,8737	0,4659	68,075
19	0,2663	66,6676	1,4169	83,2909	1,8766	18,0992	2,5928	13,4786	0,5594	15,4331	0,8412	68,9162
20	1,0843	67,7519	0,029	83,3199	1,0709	19,1701	0,0289	13,5075	0,0107	15,4438	0,2658	69,182
21	1,121	68,873	0,0367	83,3566	2,3889	21,559	1,7811	15,2886	0,6092	16,053	0,5192	69,7011
22	0,5959	69,4689	1,2739	84,6305	0,1177	21,6767	0,8488	16,1375	0,1206	16,1736	5,269	74,9702
23	14,2018	83,6706	0,9441	85,5746	0,0324	21,7091	0,0441	16,1815	0,0057	16,1793	0,7978	75,768
24	0,0901	83,7608	0,0055	85,5802	2,3343	24,0433	6,0311	22,2126	0,7745	16,9539	0,217	75,985
25	0,0357	83,7965	2,2563	87,8364	0,0302	24,0736	0,0908	22,3034	0,1778	17,1317	0,4526	76,4376
26	1,5984	85,3949	0,1829	88,0193	11,4356	35,5092	0,0899	22,3934	0,1756	17,3073	2,3255	78,763
27	1,6426	87,0375	0,3426	88,3619	5,9354	41,4445	0,0409	22,4342	0,5585	17,8658	0,715	79,478
28	0,5406	87,5782	0,9654	89,3273	4,3769	45,8214	4,9386	27,3729	2,4648	20,3306	0,9723	80,4503
29	0,3362	87,9143	1,7263	91,0536	15,9179	61,7393	0,0076	27,3804	1,4621	21,7927	0,7119	81,1622
30	0,1246	88,039	1,5519	92,6055	10,1085	71,8479	0,5007	27,8811	0,4077	22,2004	0,5248	81,687
31	4,7125	92,7515	0,033	92,6385	2,0226	73,8704	0,0395	27,9206	0,7438	22,9442	0,0797	81,7667

32	0,0507	92,8022	2,9225	95,561	1,9872	75,8576	3,6846	31,6052	0,7812	23,7254	0,661	82,4278
<b>33</b>	<b>0,081</b>	<b>92,8832</b>	<b>0,246</b>	<b>95,8071</b>	<b>16,4287</b>	<b>92,2863</b>	<b>2,7024</b>	<b>34,3076</b>	<b>0,3206</b>	<b>24,046</b>	<b>0,0016</b>	<b>82,4293</b>
34	3,8634	96,7466	0,0525	95,8595	0,4085	92,6948	0,9442	35,2518	0,0969	24,1429	0,0914	82,5208
35	0,0693	96,8158	2,6837	98,5432	1,0645	93,7593	3,2652	38,517	0,0005	24,1434	0,0115	82,5323

La percentuale di massa complessivamente eccitata nelle tre direzioni principali X, Y e Z è sempre superiore al 90%.

In colore rosso sono evidenziati i modi di vibrare maggiormente significativi in termini di eccitazione delle masse.

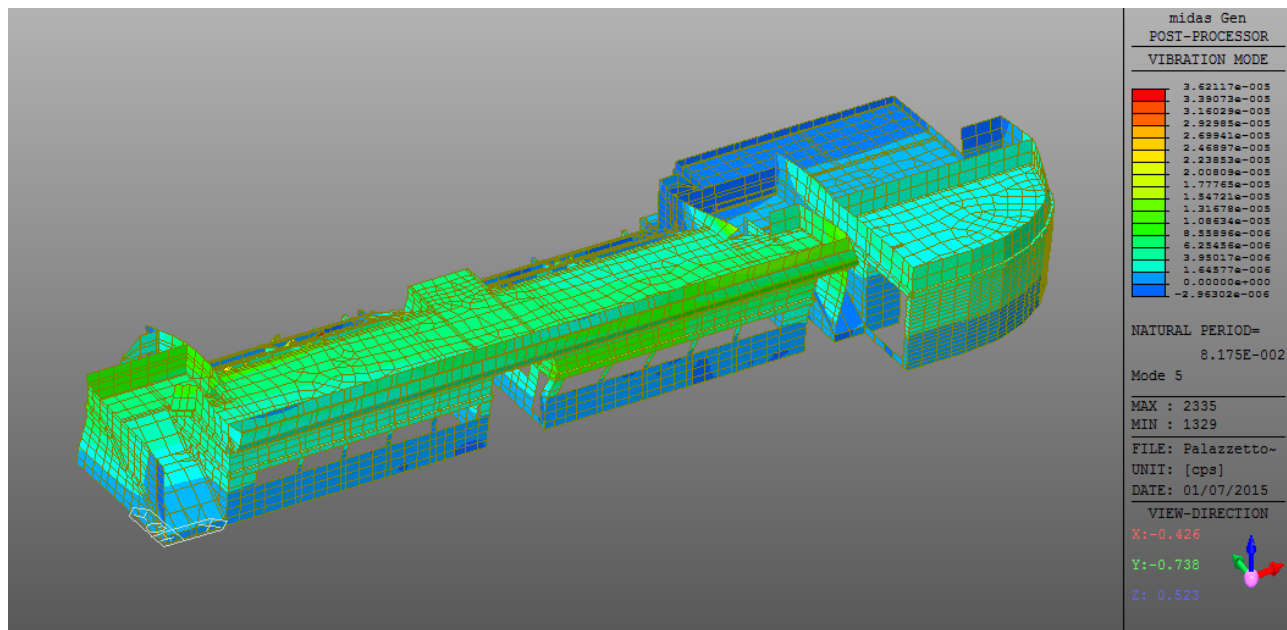


Figura 17 - modo di vibrare n° 5

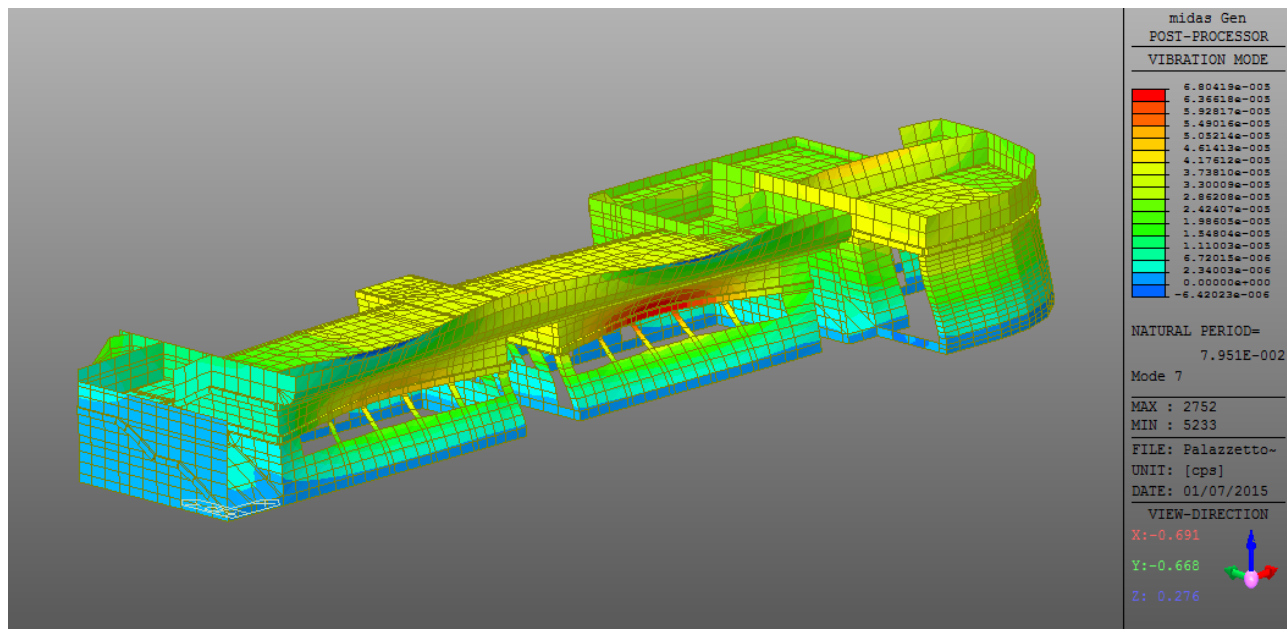


Figura 18 - modo di vibrare n° 7

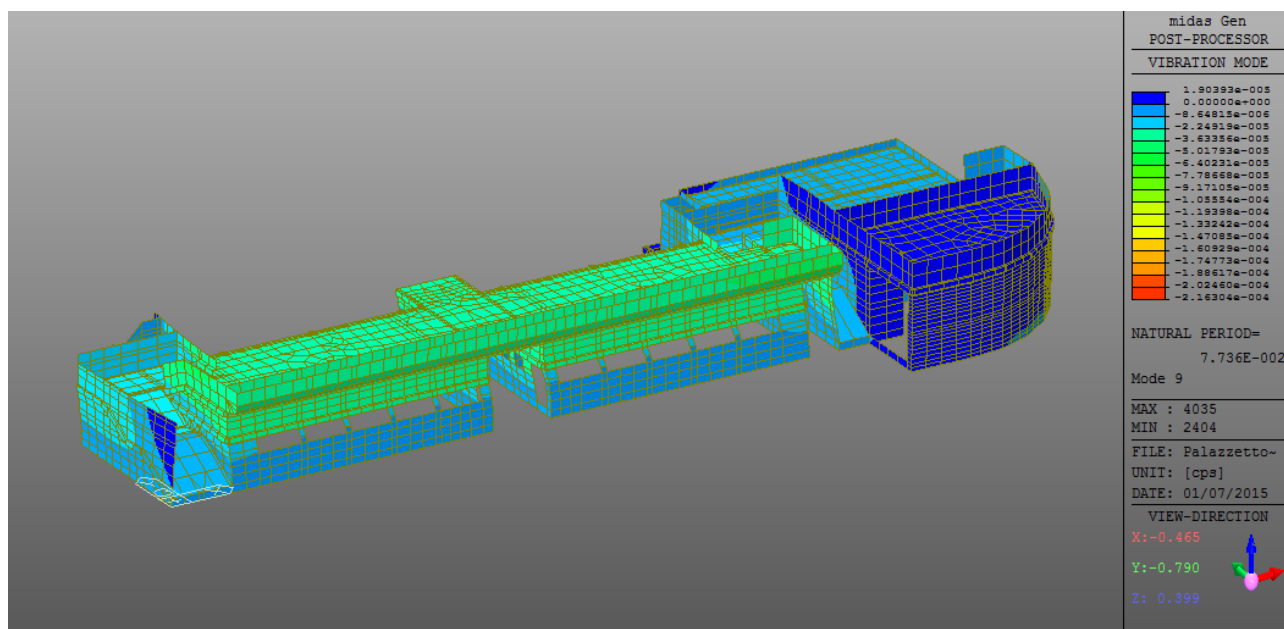


Figura 19 - modo di vibrare n° 9

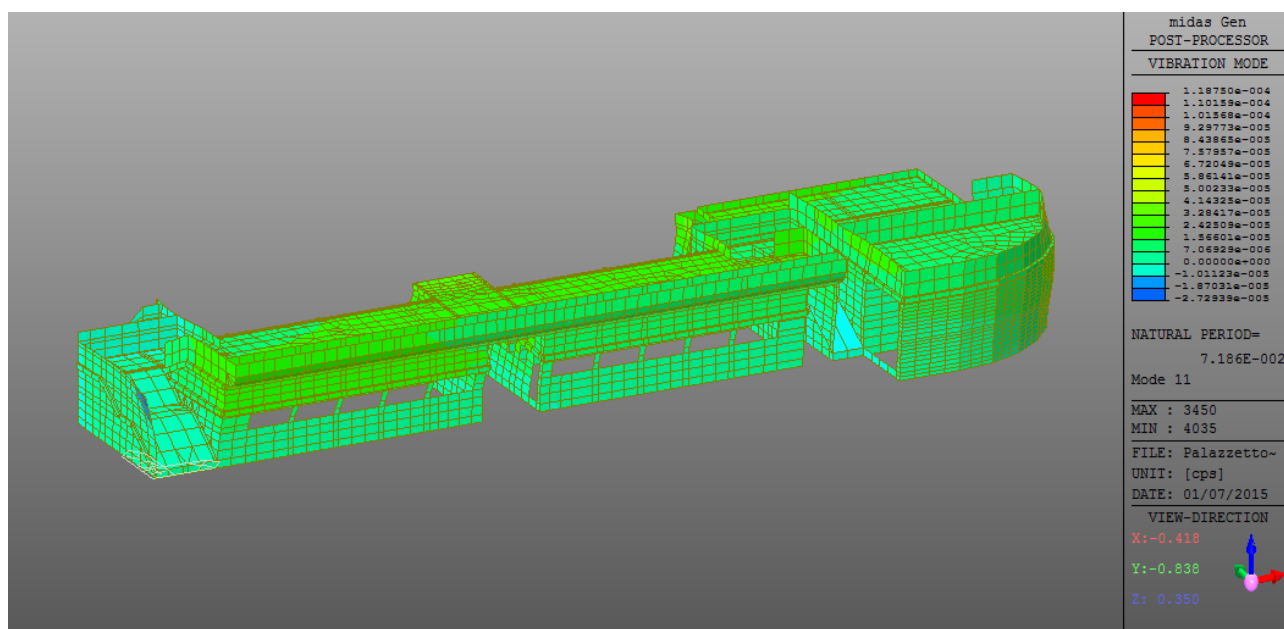


Figura 20 - modo di vibrare n° 11

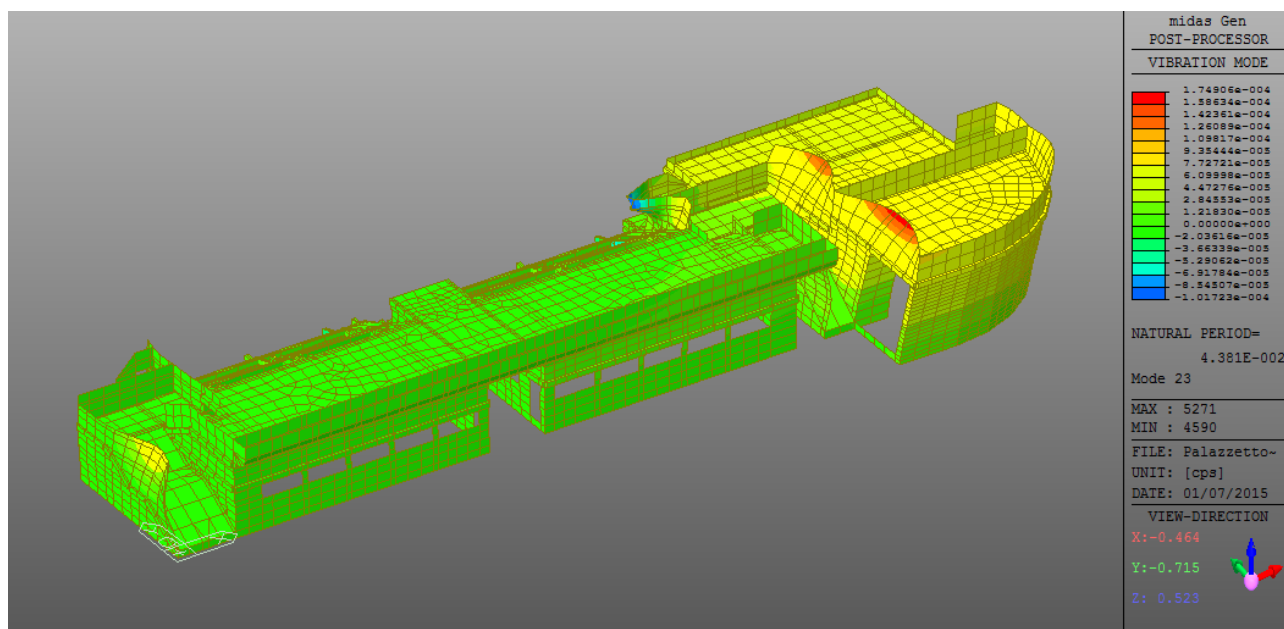


Figura 21 - modo di vibrare n° 23

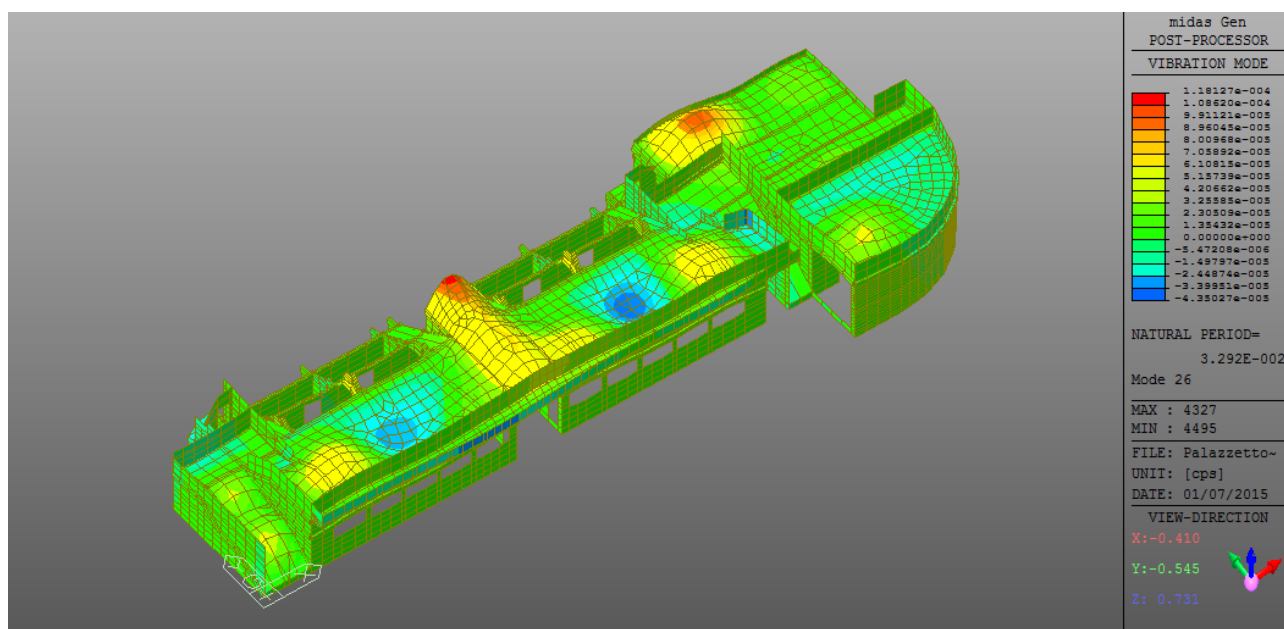


Figura 22 - modo di vibrare n° 26

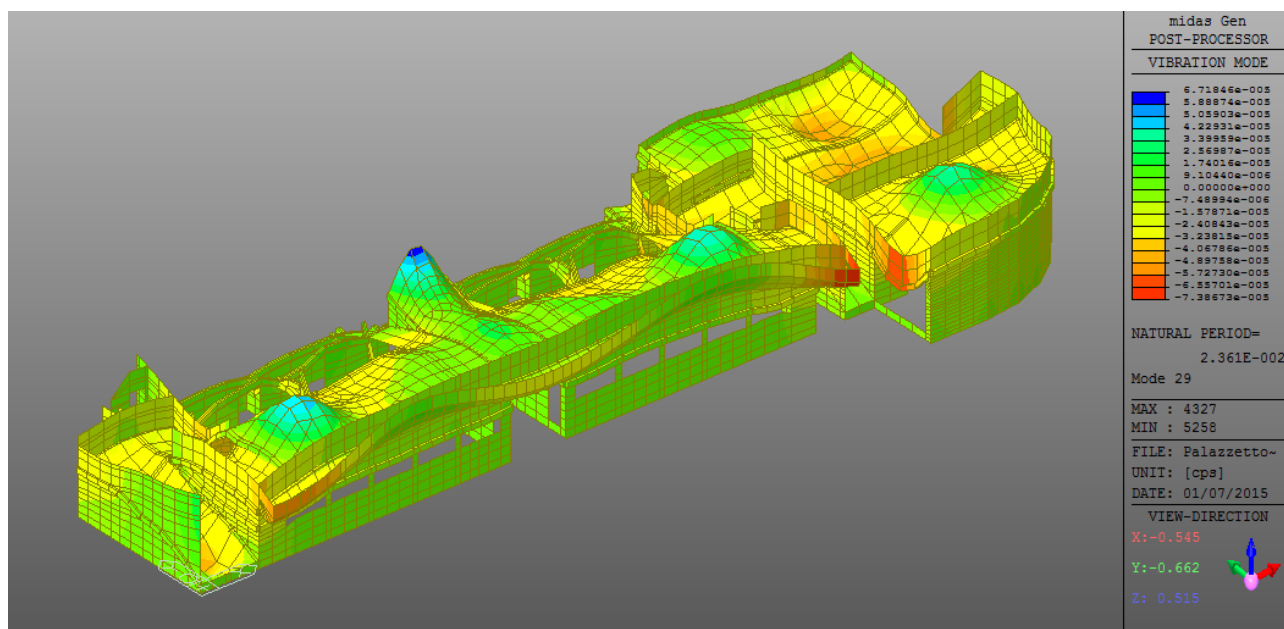


Figura 23 - modo di vibrare n° 29

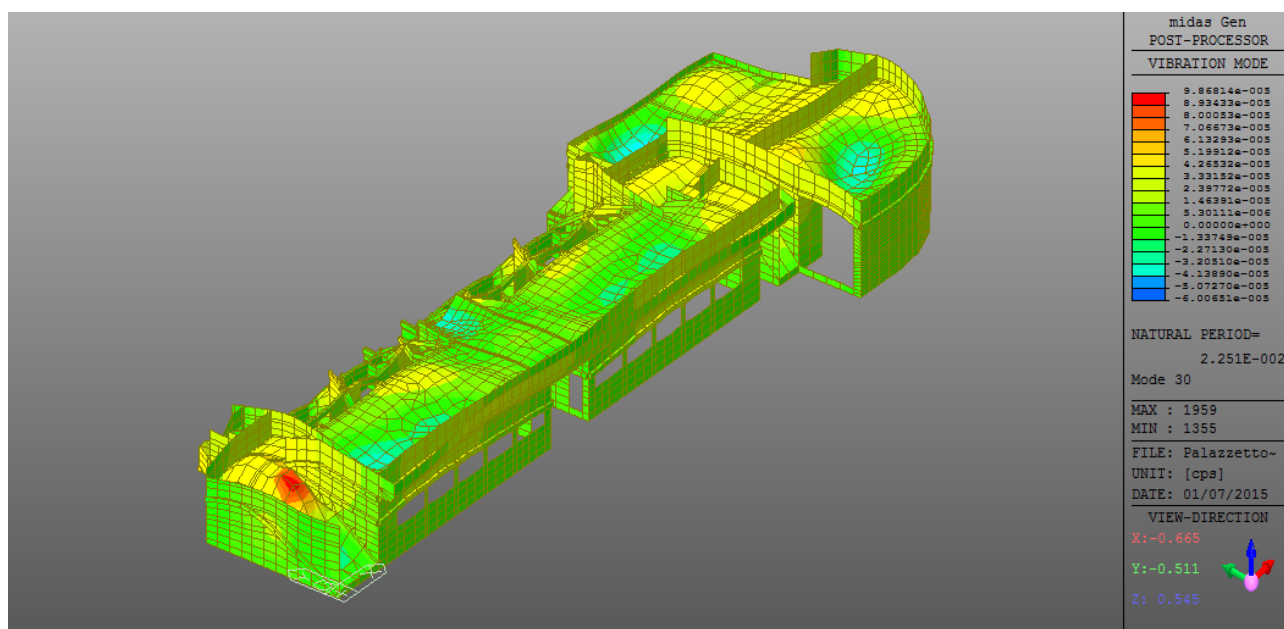


Figura 24 - modo di vibrare n° 30



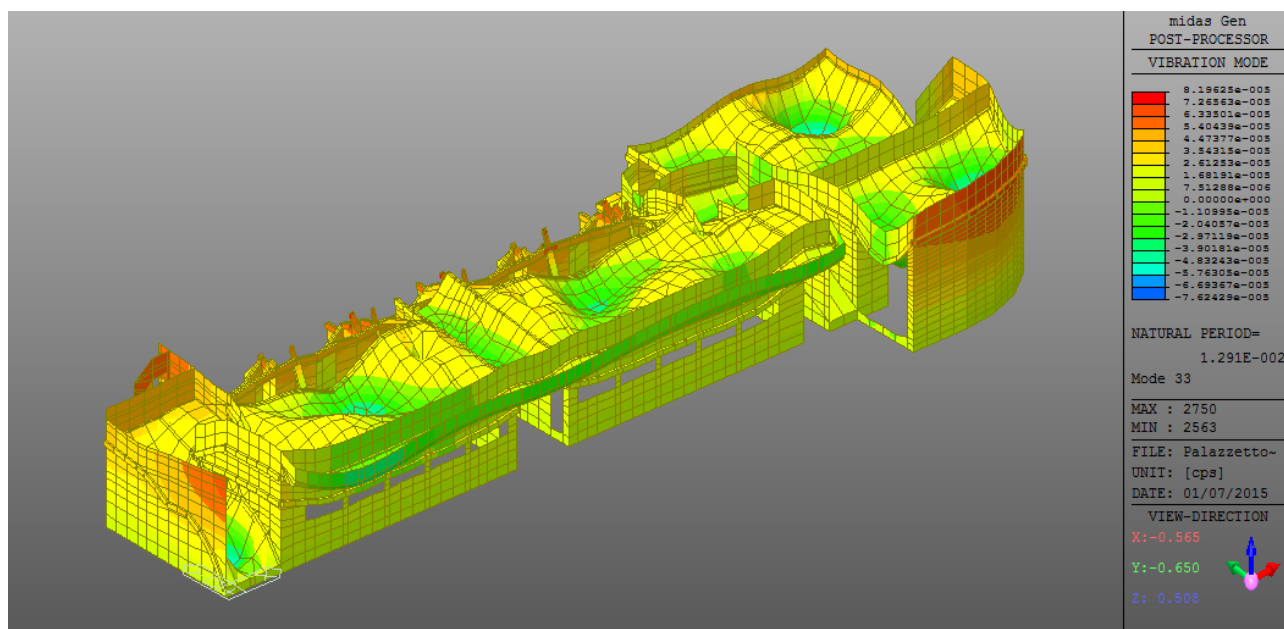


Figura 25 - modo di vibrare n° 33

### 8.3.2 DEFORMAZIONI

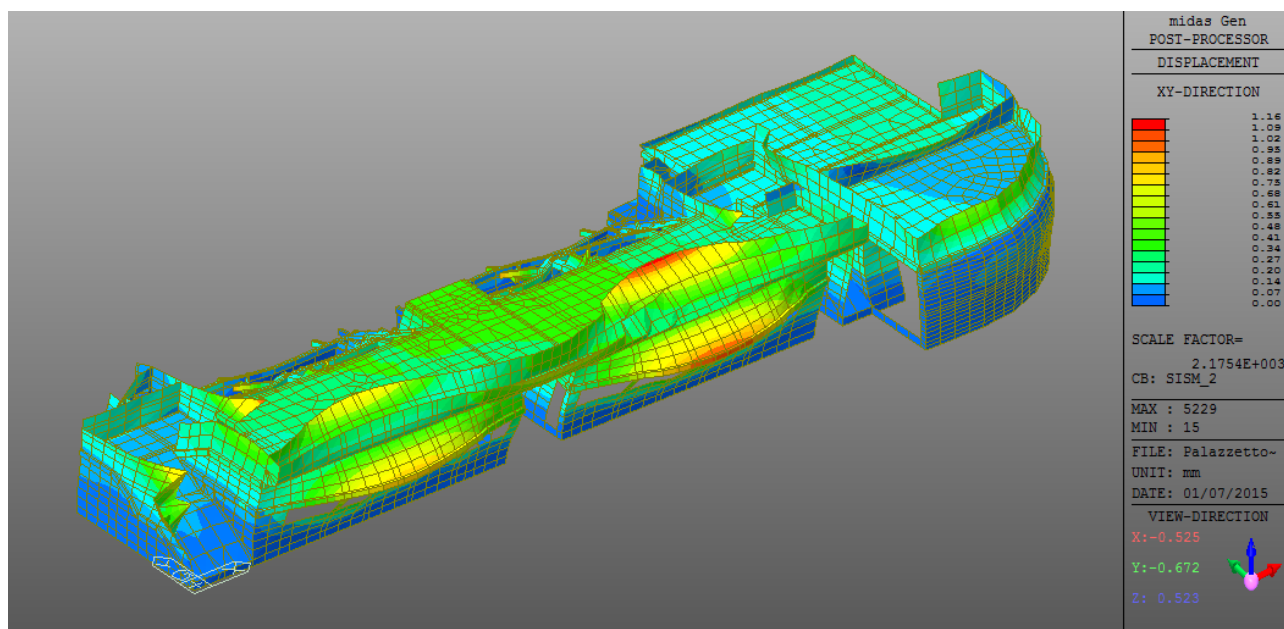


Figura 26 - Deformazioni XY - Comb. SISM\_1



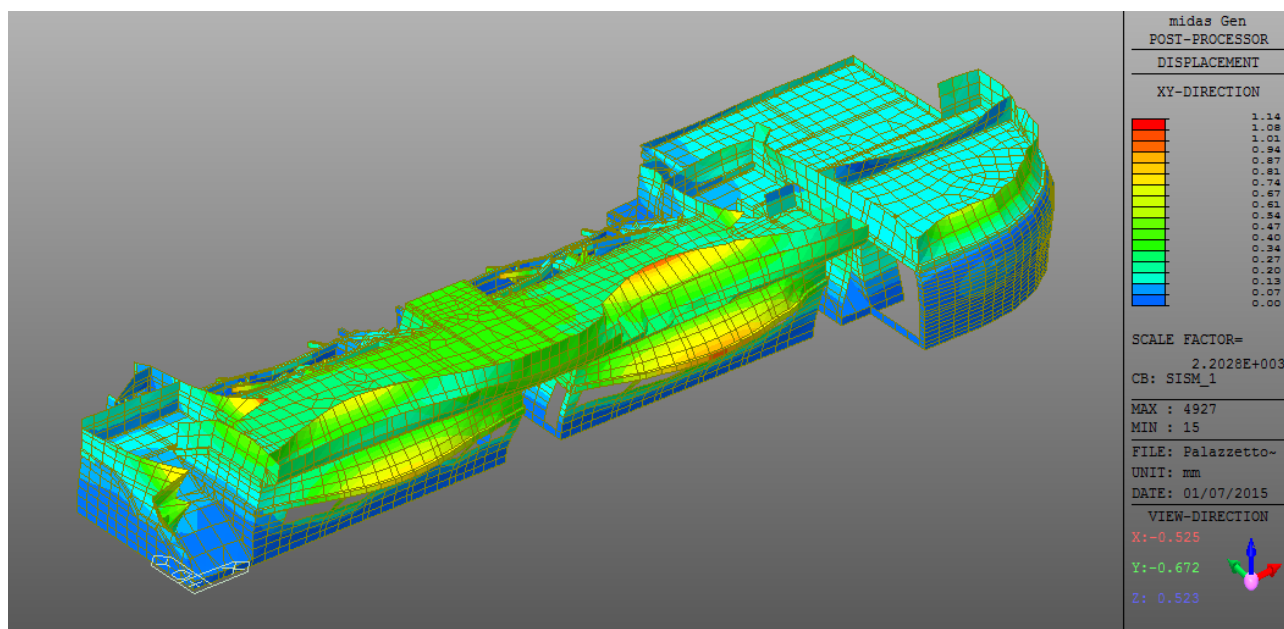


Figura 27 - Deformazioni XY - Comb. SISM\_2

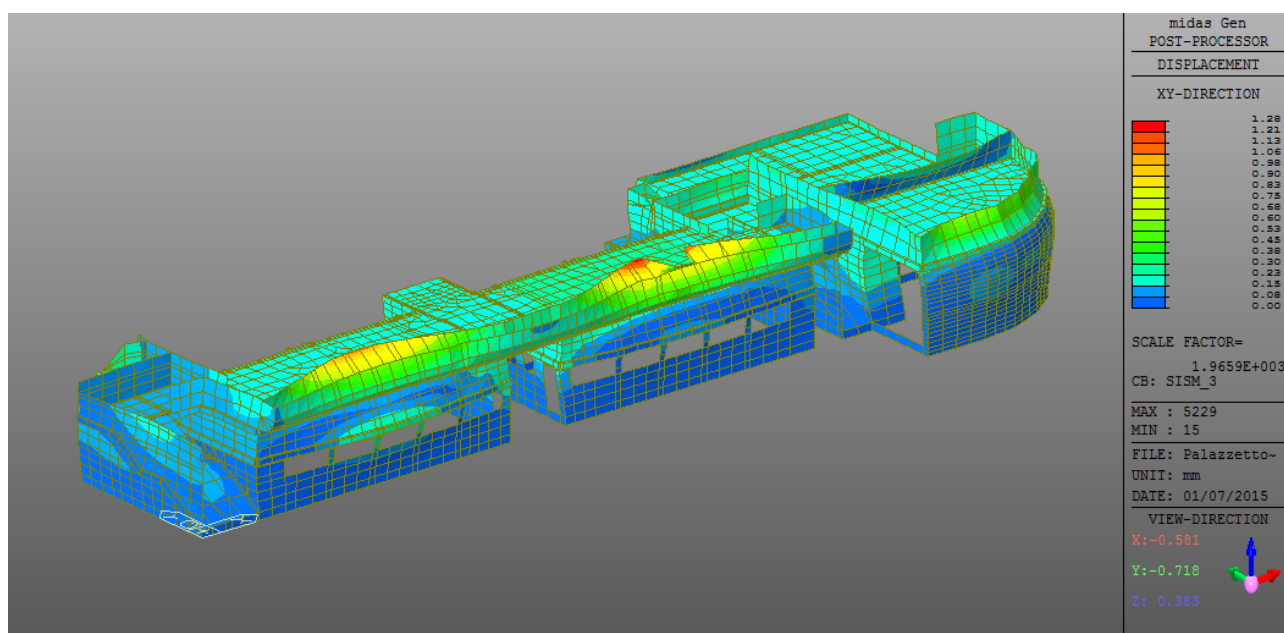


Figura 28 - Deformazioni XY - Comb. SISM\_3

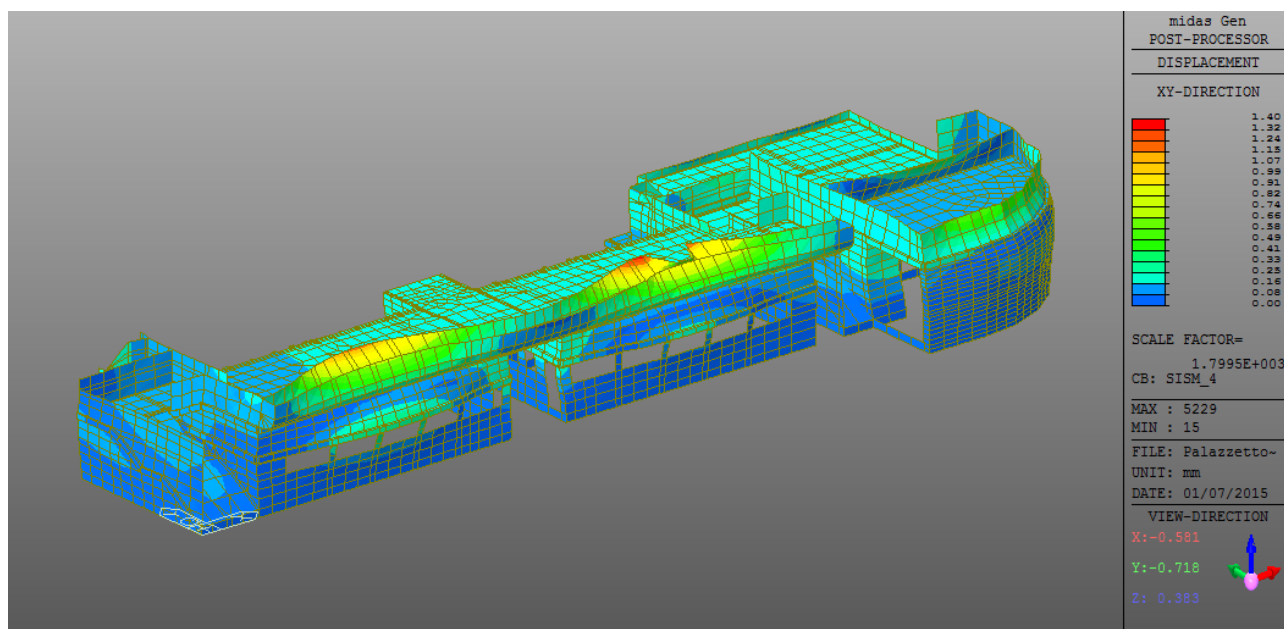


Figura 29 - Deformazioni XY - Comb. SISM\_4

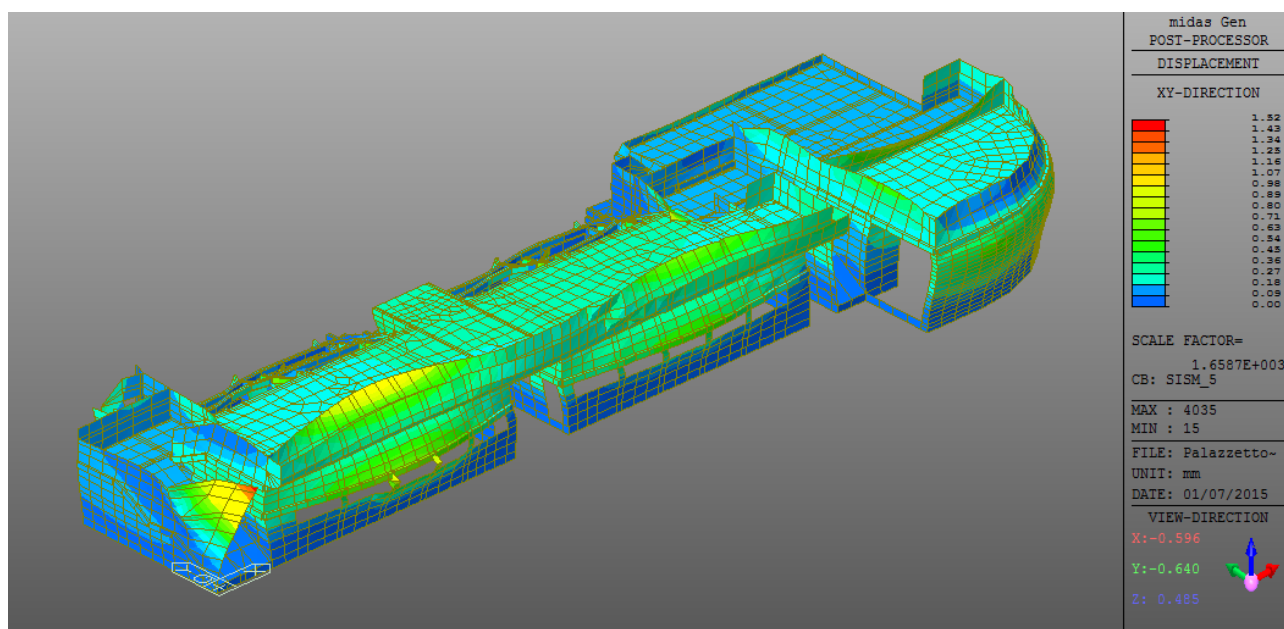


Figura 30 - Deformazioni XY - Comb. SISM\_5

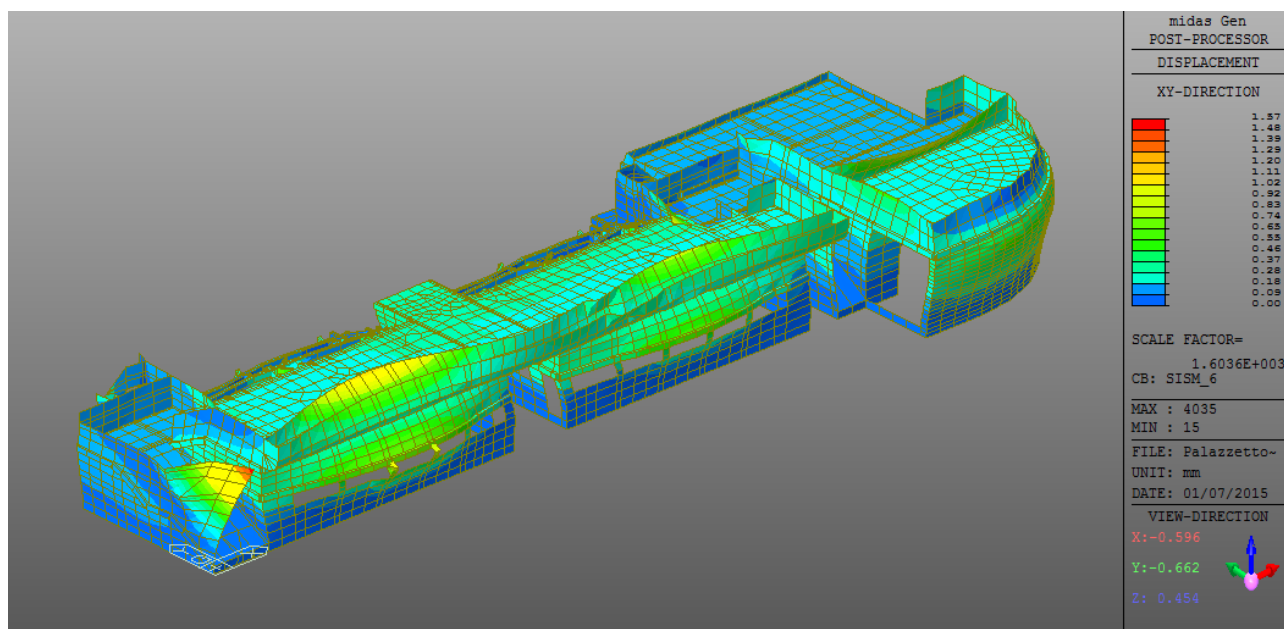


Figura 31 - Deformazioni XY - Comb. SISM\_6

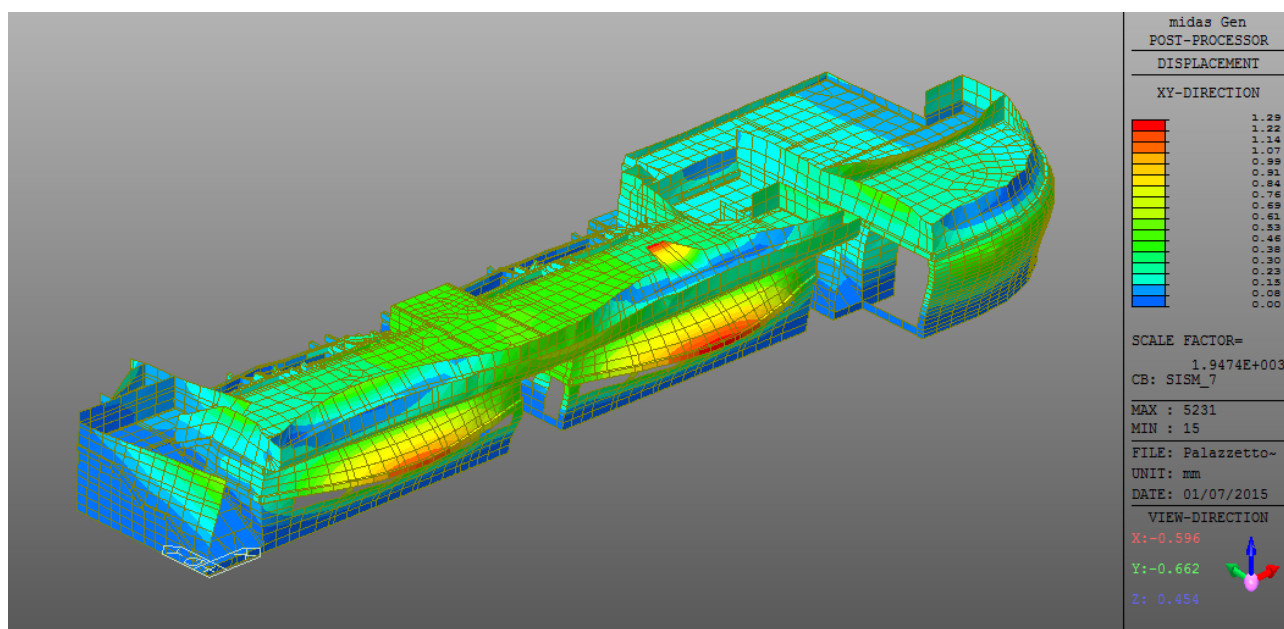


Figura 32 - Deformazioni XY - Comb. SISM\_7

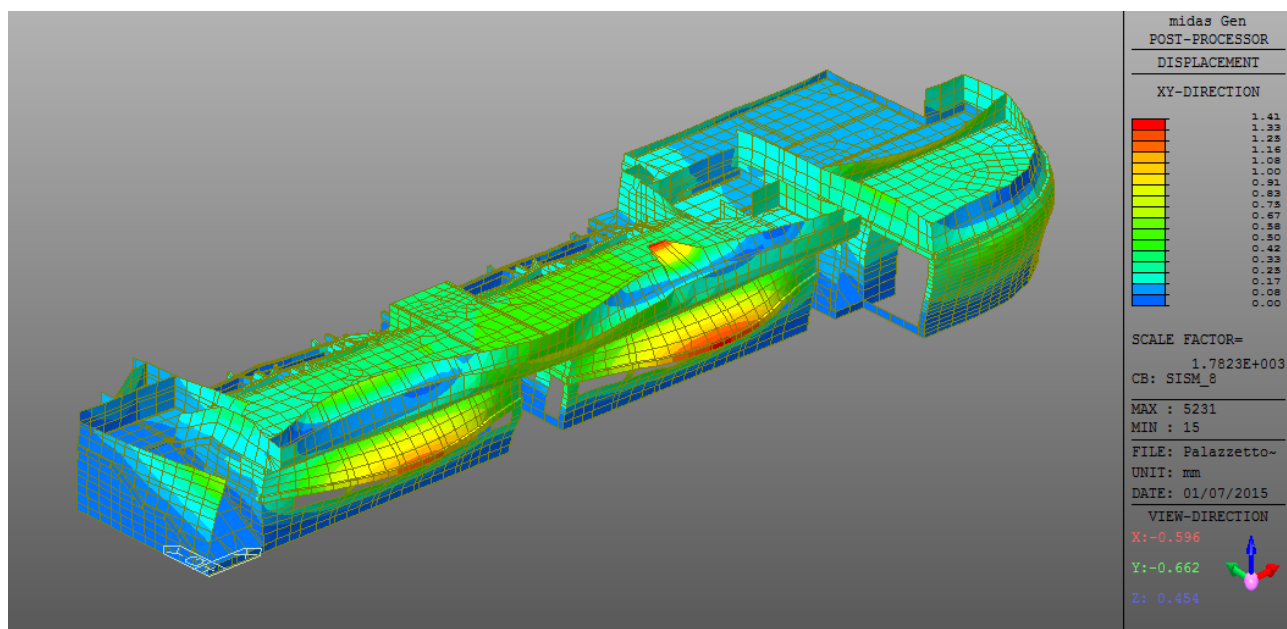


Figura 33 - Deformazioni XY - Comb. SISM\_8

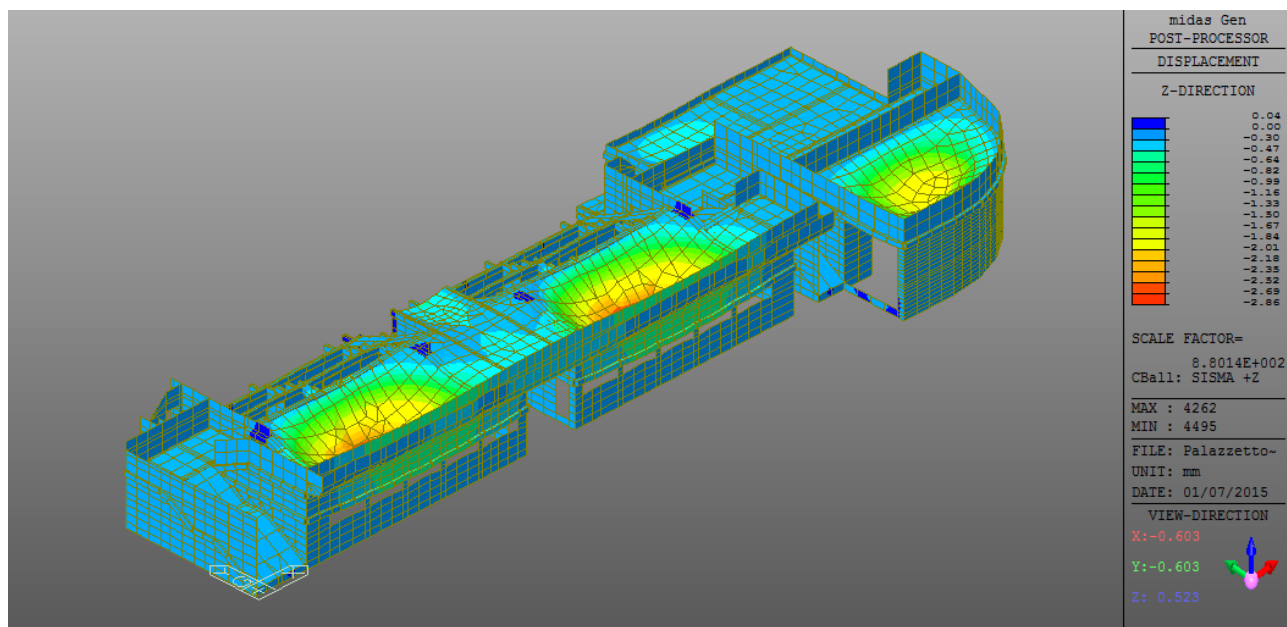
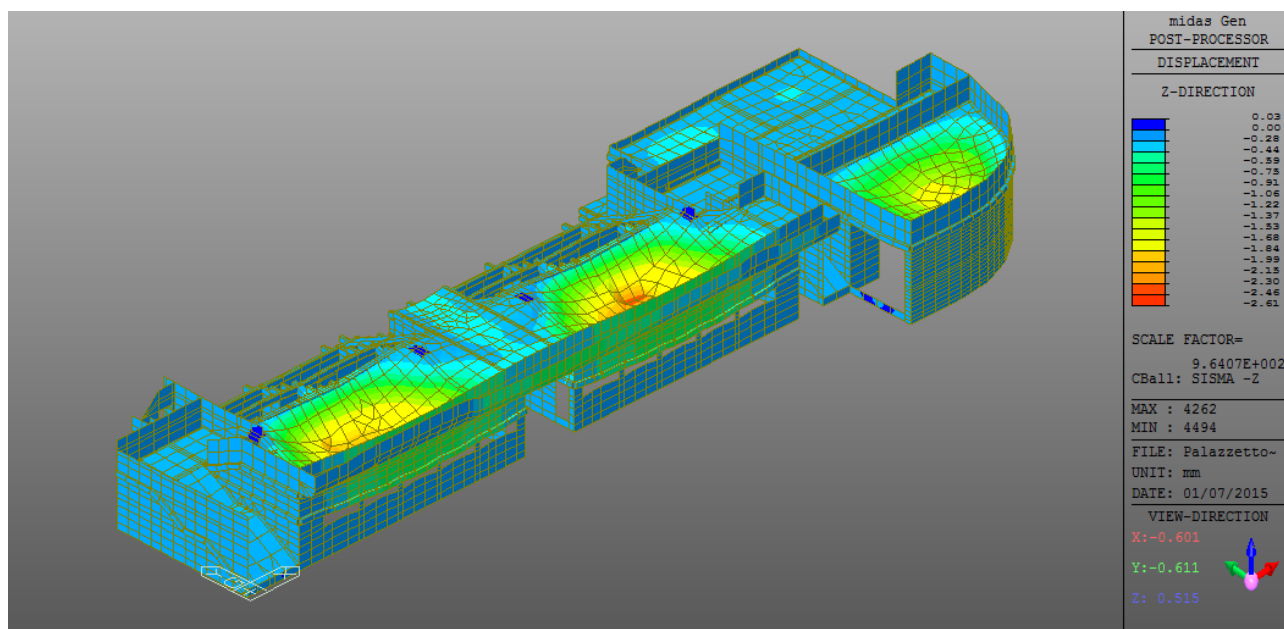


Figura 34 - Deformazioni Z - involucro combinazioni sismiche +Z



**Figura 35 - Deformazioni Z - involucro combinazioni sismiche +Z**

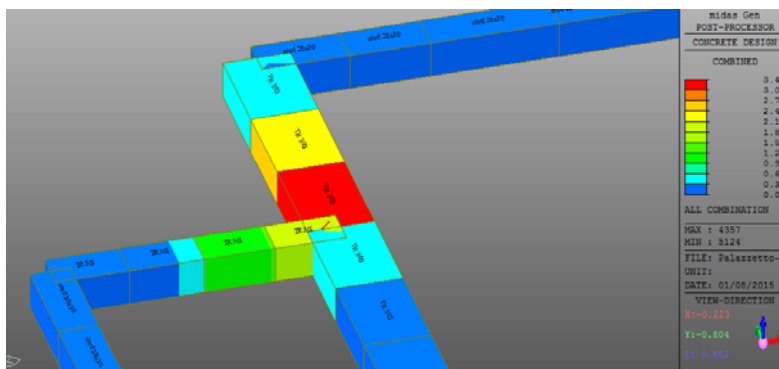
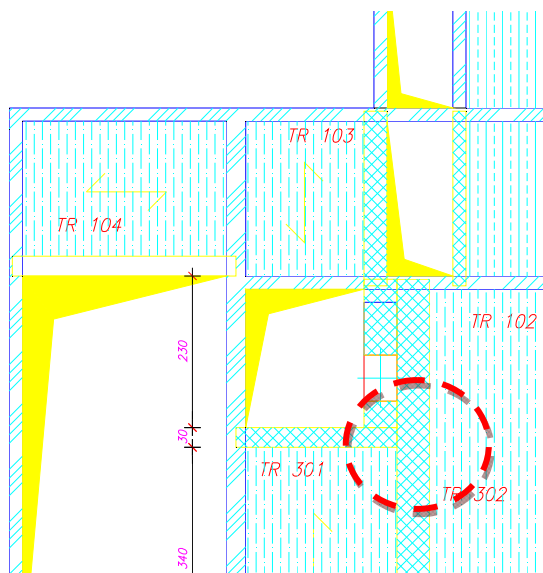
Le deformazioni massime ottenute per il modello sono le seguenti:

- dir. X: 1,37 cm
- dir. Y: 1,41 cm
- dir. Z 3,34 cm

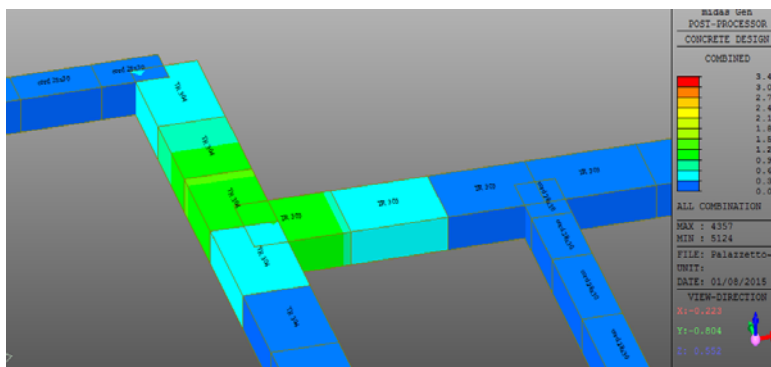
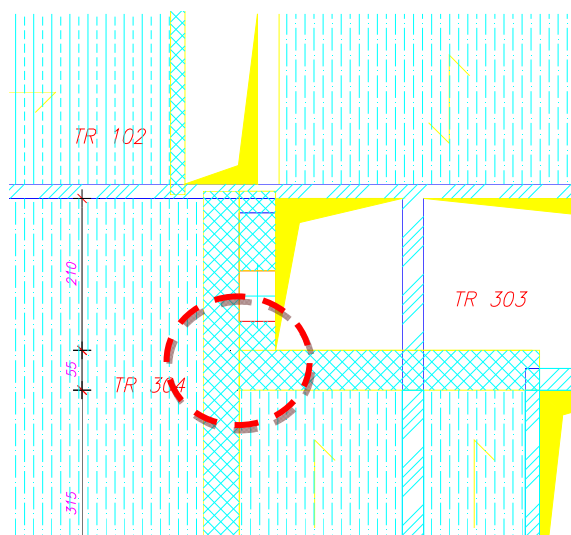
### 8.3.3 RESISTENZA STRUTTURALE - CALCESTRUZZO

Gli elementi in calcestruzzo armato risultano essere tutti verificati, a meno di due "nodi" strutturali particolari: si tratta infatti delle zone di arrivo delle rampe delle scalinate che danno accesso alla terrazza frontale del Palazzetto: come si vede dalle figure che seguono, in queste zone sono presenti due intersezioni "in falso" di travi (intersezione 301-302 e intersezione 303-304), ovvero non sostenute da alcun pilastro: il sostegno più vicino è rappresentato dai pilastri principali 70x50, che distano circa 80 cm dal nodo di intersezione.

Questa configurazione geometrica comporta un significativo aumento delle sollecitazioni flessionali e taglianti sulle travi, che di conseguenza non soddisfano le verifiche statiche di normativa.

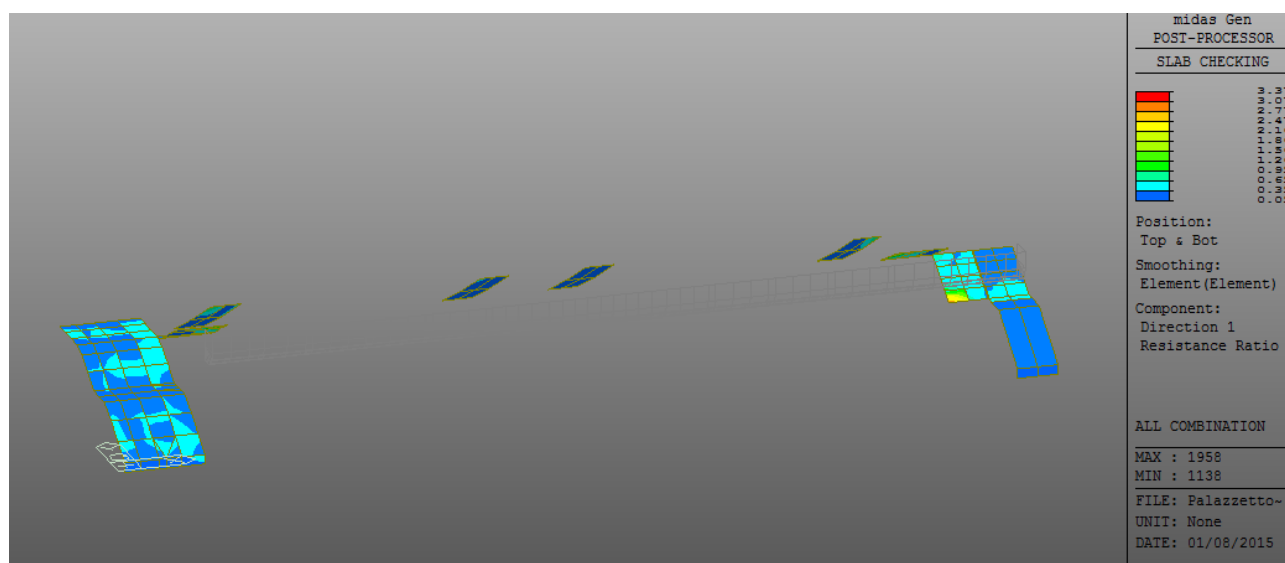






Le verifiche non soddisfatte sono da imputarsi al tipo di modellazione effettuata: in fase di progettazione esecutiva sarà necessario procedere ad una verifica dell'effettiva geometria dei nodi strutturali in questione, alla luce della quale si potrà verificare la necessità o meno di un consolidamento degli stessi.

Per quanto riguarda le scalinate (scalinate principali di accesso alla terrazza e scalinate laterali di accesso alle gradinate), anche in questo caso la verifica è stata condotta utilizzando le armature dichiarate negli elaborati di progetto esecutivo.



**Figura 36 - Verifica di resistenza elementi in calcestruzzo - scale - vista dal piazzale di accesso**

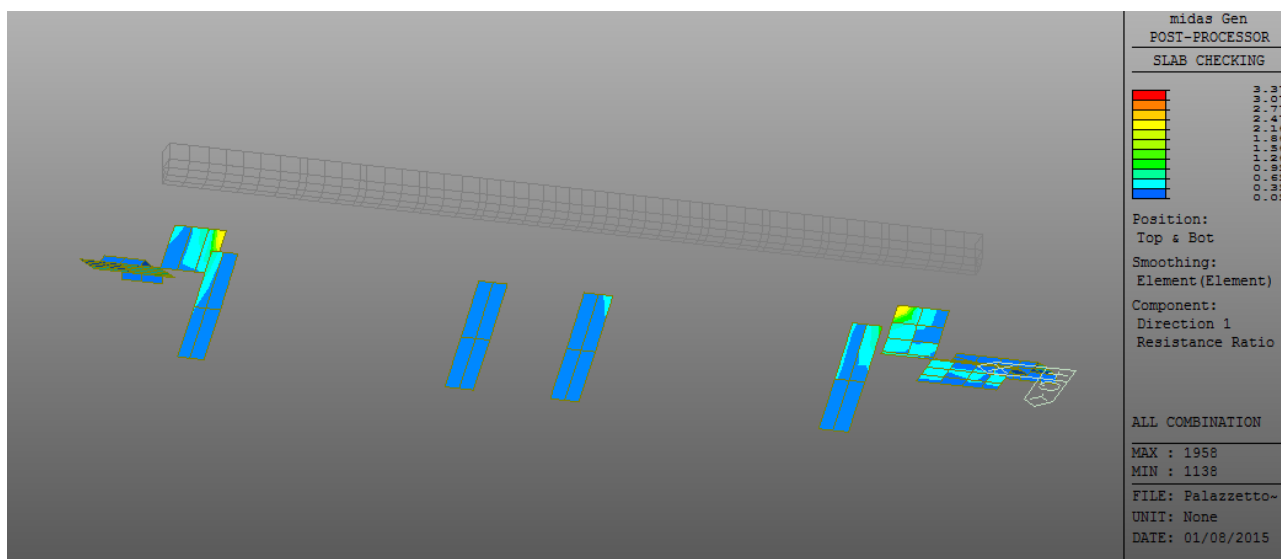


Figura 37 - Verifica di resistenza elementi in calcestruzzo - scale - vista dal campo di gioco

Le verifiche sono soddisfatte, anche in questo caso a meno del nodo di intersezione tra le travi 301-302 e quello tra le travi 303-304, per i quali vale quanto già detto in precedenza.

#### 8.3.4 RESISTENZA STRUTTURALE - MURATURE PORTANTI - MASCHI MURARI

La verifica di resistenza nei confronti degli elementi portanti in muratura è stata condotta utilizzando il seguente approccio:

- per ognuna delle pareti sismo-resistenti presenti nel modello sono stati individuati i relativi "maschi murari";
- sono state calcolate le azioni globali agenti su ciascun maschio murario (sforzo normale, taglio e momento flettente nel piano, momento flettente fuori dal piano);
- sono stati calcolati i valori di resistenza del singolo maschio facendo riferimento ai meccanismi di rottura previsti dalla normativa per gli edifici esistenti (rocking o pressoflessione nel piano, taglio-scorrimento e fessurazione diagonale, pressoflessione fuori dal piano);
- sono state condotte le verifiche confrontando i valori di sollecitazione ricavati dal modello con quelli di resistenza.

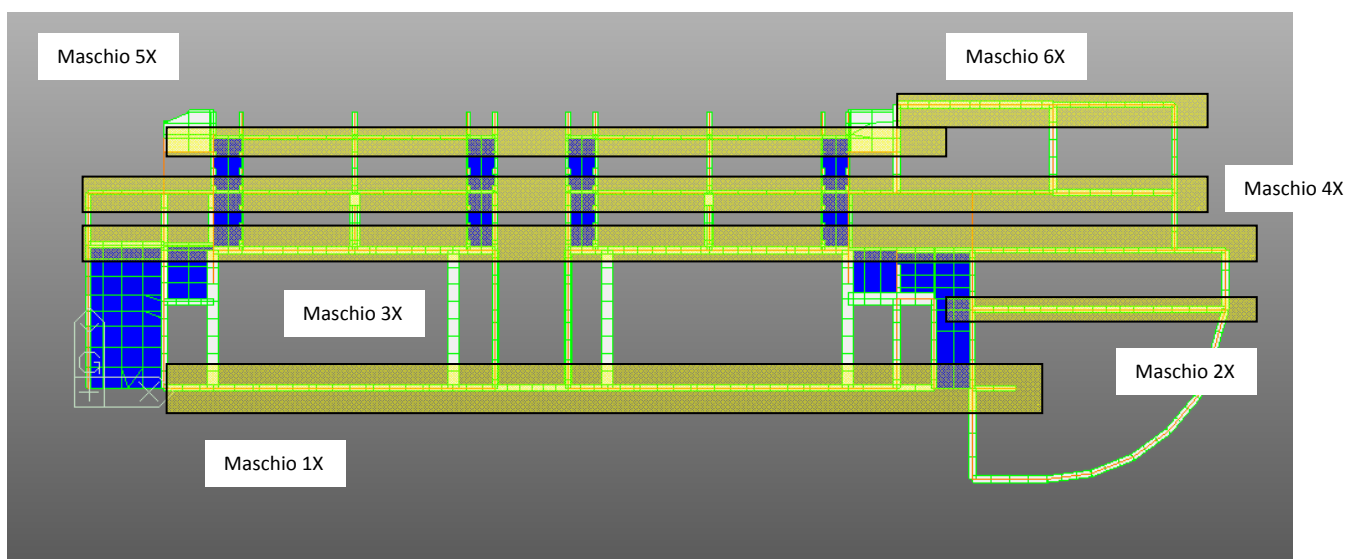
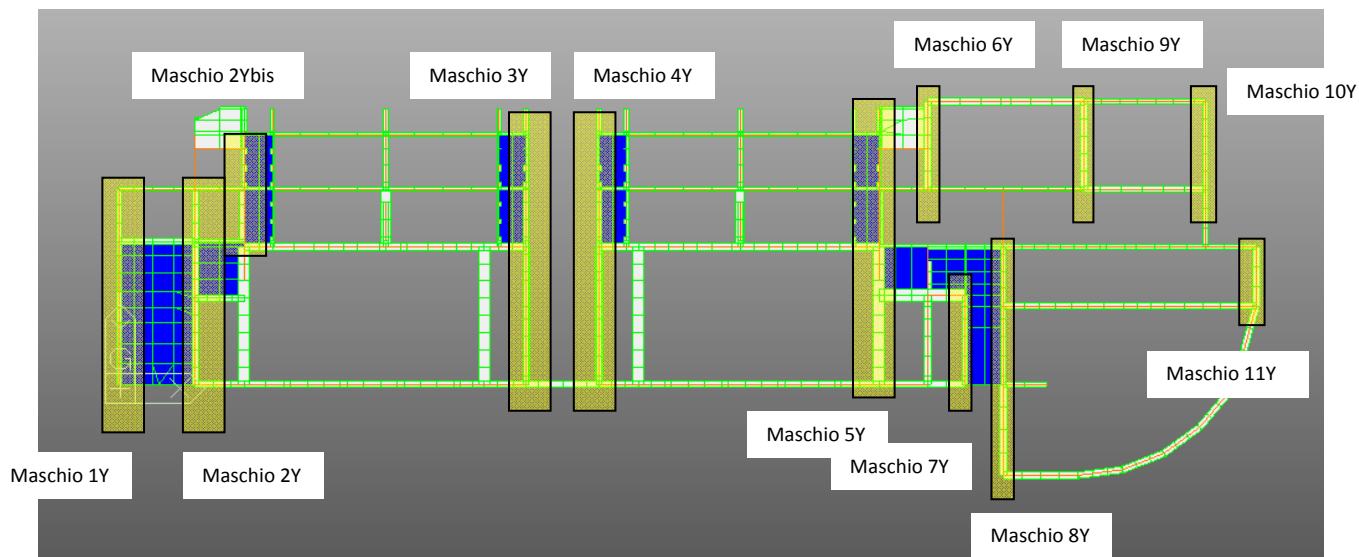


Figura 38 - Individuazione pareti sismo resistenti direzione X



**Figura 39 - Individuazione pareti sismo resistenti direzione Y**

Per ognuna delle pareti individuate si è proceduto quindi ad identificare le porzioni effettivamente sismo resistenti. Qui di seguito sono riportati i soli risultati relativi ai maschi murari che non soddisfano le verifiche di resistenza.

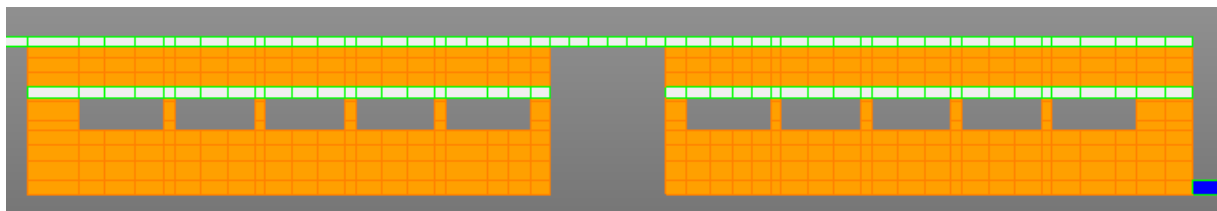


ID	Comb.	Lunghezza (mm)	Spessore (mm)	Altezza (mm)	N (N)	V (N)	M// (N*mm)	M ^ (N*mm)	Sigma 1 (N/mmq)	Sigma 2 (N/mmq)	L'eff	sigma N (N/mmq)	fvk (N/mmq)	fvd (N/mmq)	Mu (N*mm)	V1 (kN)	V2 (kN)	F <sub>s,Mu</sub>	F <sub>s,V1</sub>	F <sub>s,V2</sub>	M <sub>u,perp</sub> (N*mm)	F <sub>s,Mperp</sub>
Maschio_1X_1_1	SISM_11	1550	300	3950	-121503,53	46905,51	-7467951,88	167536,8	-0,323466088	-0,19912974	1550,00	0,26	0,45	0,19	80270546	88063,09	45413,67	0,093	0,533	1,033	88375781,71	0,002
Maschio_1X_1_1	SISM_5	1550	300	3950	-127779,56	81434,82	8600935,67	24991,73	-0,203194872	-0,346394633	1550,00	0,27	0,46	0,19	83661991	89109,09	46200,21	0,103	0,914	1,763	92626172,35	0,000
Maschio_1X_1_1	SISM_6	1550	300	3950	-131639,32	78706,97	7464458,53	-25585,95	-0,220956219	-0,345234405	1550,00	0,28	0,46	0,19	85710910	89752,39	46677,36	0,087	0,877	1,686	95224821,8	0,000
Maschio_1X_1_3	SISM_2	300	300	3950	-147364,15	-3627,09	-2137732,15	-1376928,19	-2,112431033	-1,162327856	300,00	1,64	1,00	0,42	1665853	37685,69	18774,34	1,283	0,096	0,193	13588468,5	0,101
Maschio_1X_1_4	SISM_5	300	300	3950	-146550,47	4000,09	2350252,79	-997971,41	-1,106060158	-2,150616953	300,00	1,63	1,00	0,42	1768886	37550,08	18726,12	1,329	0,107	0,214	13560201,77	0,074
Maschio_1X_1_4	SISM_6	300	300	3950	-151033,35	3782,16	2227536,83	-1098300,49	-1,183140149	-2,173156518	300,00	1,68	1,02	0,43	1185758	38297,23	18990,25	1,879	0,099	0,199	13709483,75	0,080
Maschio_1X_1_4	SISM_8	300	300	3950	-157979,38	304,64	233855,1	-769328,6	-1,703358644	-1,807294244	300,00	1,76	1,05	0,44	207510	39454,90	19392,40	1,127	0,008	0,016	13909658,17	0,055
Maschio_1X_2_6	SISM_1	1450	300	3950	-118146,68	-78589,1	-6119473,52	-201852,59	-0,329812964	-0,213390162	1450,00	0,27	0,46	0,19	72518801	199508,67	43046,61	0,084	0,394	1,826	80182367,32	0,003
Maschio_1X_2_6	SISM_2	1450	300	3950	-123242,14	-76382,15	-5026883,52	-246146,31	-0,331133419	-0,23549711	1450,00	0,28	0,46	0,19	75055375	201546,86	43677,68	0,067	0,379	1,749	83394227,94	0,003
Maschio_3X_2_9	SISM_5	600	200	3350	-2018,37	-6201,88	-1212175,26	-17676,62	-0,117834355	0,084194855	349,95	0,03	0,36	0,15	599760	25304,02	7395,80	2,021	0,245	0,839	603114,6368	0,029
Maschio_3X_2_9	SISM_6	600	200	3350	-514,45	-6900,54	-1395606,71	-20405,99	-0,120587643	0,112013476	311,06	0,01	0,35	0,15	153961	21979,88	6883,65	9,065	0,314	1,002	154179,3184	0,132
Maschio_3X_2_9	SISM_7	600	200	3350	-1734,65	-6050,83	-1161110,86	-14009,41	-0,111214655	0,082303822	344,82	0,03	0,36	0,15	516147	24831,17	7306,69	2,250	0,244	0,828	518624,9938	0,027
Maschio_3X_2_9	SISM_8	600	200	3350	-230,74	-6749,49	-1344542,31	-16738,78	-0,113968026	0,110122359	305,15	0,00	0,35	0,15	69147	21452,68	6766,74	19,445	0,315	0,997	69190,6818	0,242
Maschio_3Y_1	SISM_11	3530	200	1750	-24063,76	10649,88	-53074410,89	281592,71	-0,161862922	0,093693631	2235,81	0,05	0,37	0,15	41655034	166132,26	46911,40	1,274	0,064	0,227	42131910,2	0,007
Maschio_3Y_1	SISM_12	3530	200	1750	-20568,08	19904,87	-40585938,77	335536,13	-0,126845154	0,068578638	2291,24	0,04	0,37	0,15	35705420	168614,24	45724,98	1,137	0,118	0,435	36053810,66	0,009
Maschio_3Y_1	SISM_3	3530	200	1750	-85858,47	69278,76	51689093,88	138359,48	0,00283052	-0,246055647	3489,85	0,12	0,40	0,17	141133126	278633,18	55247,56	0,366	0,249	1,254	147203919	0,001
Maschio_3Y_1	SISM_4	3530	200	1750	-91152,16	61479,77	63088403,92	34598,08	0,022776565	-0,280997981	3265,33	0,14	0,41	0,17	149153610	265033,67	57062,70	0,423	0,232	1,077	155996082,2	0,000
Maschio_3Y_1	SISM_5	3530	200	1750	5557,5	4018,54	-16525765,84	-174854,41	-0,031914476	0,047658103	1415,79	0,02	0,36	0,15	9765384	101328,34	42189,23	1,692	0,040	0,095	9790819,379	0,018
Maschio_3Y_1	SISM_6	3530	200	1750	263,81	-3780,45	-5126455,8	-278615,81	-0,011968431	0,012715769	1711,56	0,00	0,35	0,15	465526	119914,93	39342,95	11,012	0,032	0,096	465583,7113	0,598
Maschio_3Y_1	SISM_7	3530	200	1750	6616,65	37875,92	14578907,99	78886,99	0,044471195	-0,025727144	1293,72	0,03	0,36	0,15	11616580	93206,88	43047,67	1,255	0,406	0,880	11652634,28	0,007
Maschio_3Y_1	SISM_8	3530	200	1750	1322,96	30076,93	25978218,03	-24874,42	0,06441724	-0,060669478	1712,12	0,00	0,35	0,15	2332553	120377,46	39823,75	11,137	0,250	0,755	2333994,857	0,011
Maschio_3Y_1	SISM_9	3530	200	1750	-37311,58	-4617,25	-76591879,4	486000,16	-0,237246569	0,131548042	2270,86	0,08	0,38	0,16	63889545	173884,73	50492,03	1,199	0,027	0,091	65036024,58	0,007
Maschio_3Y_5_1	SISM_3	850	200	3950	-80239,23	23598,64	8873603,95	-106083,18	-0,103541327	-0,840449614	850,00	0,47	0,54	0,22	25012260	91595,69	20639,87	0,355	0,258	1,143	30314417,44	0,003
Maschio_3Y_5_1	SISM_4	850	200	3950	-83339,66	26029,26	9697211,49	-49636,43	-0,087580914	-0,892885674	850,00	0,49	0,55	0,23	25613945	92835,86	20952,76	0,379	0,280	1,242	31333767,89	0,002
Maschio_4Y_1	SISM_1	3530	200	1750	5930,47	-44734,5	-85319886,31	275127,38	-0,197010151	0,21381035	1692,82	0,02	0,36	0,15	10417627	120869,70	41880,30	8,190	0,370	1,068	10446591,04	0,026
Maschio_4Y_1	SISM_2	3530	200	1750	-676,2	-53329,5	-73431642,83	145871,47	-0,177746729	0,175831148	1774,56	0,00	0,35	0,15	1192847	124489,84	39520,01	61,560	0,428	1,349	1193224,032	0,122
Maschio_4Y_1	SISM_3	3530	200	1750	-89442,06	73125,75	54951331,87	-354083,18	0,005608551	-0,258985492	3455,18	0,13	0,40	0,17	146571285	277639,09	55958,11	0,375	0,263	1,307	153159422,9	0,002
Maschio_4Y_1	SISM_4	3530	200	1750	-96048,73	64530,74	66839575,34	-483339,09	0,024871974	-0,296964693	3257,20	0,15	0,41	0,17	156501973	266423,27	57904,62	0,427	0,242	1,114	164099327	0,003
Maschio_4Y_1	SISM_9	3530	200	1750	-21387,92	-3324,27	-74979851,57	103395,8	-0,210810803	0,150221795	2061,20	0,05	0,37	0,15	37103877	152839,51	46657,25	2,021	0,022	0,071	37480594,61	0,003
Maschio_4Y_2_1	SISM_8	300	200	3950	-32367,15	-9534,51	-2833182,87	-18205,9	-1,48384679	0,40494179	235,68	0,69	0,62	0,26	3376062	29444,62	8494,02	0,839	0,324	1,122	4238818,148	0,004
Maschio_4Y_3_1	SISM_1	700	200	3950	-16060,44	-11450,02	-6769974,59	210886,57	-0,529205669	0,299770812	446,87	0,18	0,42	0,18	5257007	37705,01	12143,29	1,288	0,304	0,943	5469425,922	0,039
Maschio_4Y_3_1	SISM_2	700	200	3950	-13504,25	-9325,4	-5606484,87	169931,86	-0,439713104	0,246795247	448,35	0,15	0,41	0,17	4469031	36786,52	11548,84	1,255	0,254	0,807	4619214,107	0,037
Maschio_4Y_5_1	SISM_3	850	200	3950	-82795,15	24248,11	9078697,75	107511,18	-0,110060145	-0,864000443	850,00	0,49	0,54	0,23	25510240	92618,06	20898,15	0,356	0,262	1,160	31155564,12	0,003
Maschio_4Y_5_1	SISM_4	850	200	3950	-79709,68	26775	9938783,61	55075,94	-0,056197414	-0,881563527	850,00	0,47	0,54	0,22	24906779	91383,87	20585,95	0,399	0,293	1,301	30139182,77	0,002

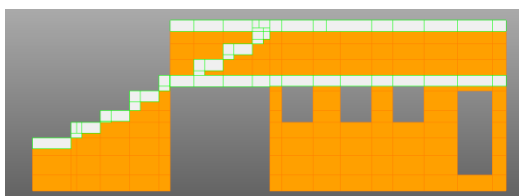
ID	Comb.	Lunghezza (mm)	Spessore (mm)	Altezza (mm)	N (N)	V (N)	M// (N*mm)	M ^ (N*mm)	Sigma 1 (N/mmq)	Sigma 2 (N/mmq)	L'eff	sigma N (N/mmq)	fvk (N/mmq)	fvd (N/mmq)	Mu (N*mm)	V1 (kN)	V2 (kN)	F <sub>s,Mu</sub>	F <sub>s,V1</sub>	F <sub>s,V2</sub>	M <sub>u,perp</sub> (N*mm)	F <sub>s,Mperp</sub>
Maschio_3X_1_1	SISM_5	4350	200	2550	-97382,65	82967,66	93350111,28	153816,53	0,036064511	-0,259932671	3819,99	0,13	0,40	0,17	198418962	306352,56	68689,74	0,470	0,271	1,208	206228804,6	0,001
Maschio_3X_1_1	SISM_6	4350	200	2550	-103967,8	86754,26	87271708,02	308818,22	0,018858586	-0,257865023	4053,55	0,13	0,40	0,17	210869772	325335,59	68795,56	0,414	0,267	1,261	219771551,2	0,001
Maschio_3X_1_2	SISM_5	2900	200	2550	-175631,52	77802,57	59285038,49	1309992,7	-0,091332448	-0,514293483	2900,00	0,30	0,47	0,20	211117802	273252,61	59611,14	0,281	0,285	1,305	236520744,7	0,006
Maschio_3X_1_2	SISM_6	2900	200	2550	-183664,16	75076,02	62448547,59	1560828,47	-0,093897015	-0,539427675	2900,00	0,32	0,48	0,20	218690646	276465,66	60568,34	0,286	0,272	1,240	246470371	0,006
Maschio_3X_1_3	SISM_1	4350	200	2550	-178730,38	-91168,85	-144846736,4	-1079931,35	-0,43507929	0,024204853	4120,75	0,22	0,44	0,18	343640390	359944,62	79931,86	0,422	0,253	1,141	369947665,5	0,003
Maschio_3X_1_3	SISM_2	4350	200	2550	-184572,54	-95804,08	-139897573,4	-813548,02	-0,433947943	0,009643253	4255,44	0,22	0,44	0,18	353350654	371709,47	79931,92	0,396	0,258	1,199	381405849,5	0,002
Maschio_3X_2_3	SISM_1	2868	200	2550	-201806,14	-69419,15	-26395909,1	652565,52	-0,448190647	-0,255579676	2867,50	0,35	0,49	0,20	231844422	281447,46	62231,86	0,114	0,247	1,115	265383248,4	0,002
Maschio_3X_2_3	SISM_2	2868	200	2550	-210484,16	-67125,55	-24821641,89	522109,12	-0,457578615	-0,276455073	2867,50	0,37	0,50	0,21	239235432	284918,66	63211,47	0,104	0,236	1,062	275720734	0,002
Maschio_3X_2_3	SISM_5	2868	200	2550	-198959,4	63315,65	42512598,86	447403,54	-0,191814125	-0,502028595	2867,50	0,35	0,49	0,20	229373556	280308,76	61907,14	0,185	0,226	1,023	261972838,1	0,002
Maschio_3X_2_3	SISM_6	2868	200	2550	-207637,42	65609,25	44086866,08	316947,14	-0,201202093	-0,522903992	2867,50	0,36	0,49	0,21	236834318	283779,97	62891,80	0,186	0,231	1,043	272339387,3	0,001

La prima tabella (righe a sfondo rosso) contiene le verifiche relative a quegli elementi murari che presentano macroscopici elementi di vulnerabilità sismica; la seconda tabella invece (righe a sfondo giallo) contiene le verifiche relative a maschi murari che non hanno caratteri di vulnerabilità sismica evidenti, ma comunque non soddisfano le verifiche di resistenza previste dalla normativa.

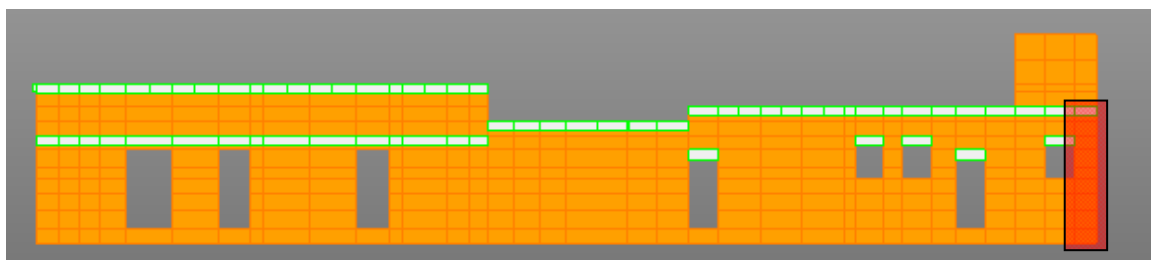
Per quanto riguarda la prima tabella, individua si riferisce essenzialmente alle pareti 1X, 3Y e 4Y (o part di esse) e al maschio 3X\_2\_9.



**Figura 40 - Parete 1X**



**Figura 41 - Parete 3Y e 4Y**



**Figura 42 - Maschio 3X\_2\_9**

È immediato osservare che si tratta di pareti caratterizzate da una consistente presenza di aperture, dovute alla presenza di finestre e/o porte; dette aperture limitano in modo consistente le porzioni di muratura che si estendono da piano di fondazione al cordolo perimetrale del solaio al livello della terrazza di accesso, azzerando di fatto la sismo resistenza del maschio murario.

Nel caso del Maschio 3X\_2\_9 la vulnerabilità è legata essenzialmente al tipo di modellazione effettuata (elemento molto snella, ubicato all'estremità dell'edificio).

Qui di seguito si riporta una verifica del rinforzo in FRP delle murature "deboli" del fabbricato.

La tecnologia scelta per il rinforzo è quella dell'applicazione di lamine in materiale composito (FRP) solidarizzate alla muratura esistente mediante resine, previa rimozione dell'intonaco.

Nelle pagine che seguono sono riportate le verifiche di resistenza ritenute maggiormente significative, condotte per le pareti in murature consolidate mediante l'applicazione di rinforzi costituiti da placcaggi in tessuto FRP.

Le verifiche condotte dimostrano che in conseguenza dell'applicazione dei rinforzi suddetti le pareti soddisfano le verifiche di resistenza prescritte dalla normativa vigente.



Muratura			Rinforzi: flessione				Rinforzi : taglio			
valore di progetto										
resistenza	f <sub>md</sub>									
compressione	(N/mm <sup>2</sup> )	2,08	Spessore rinforzo	t <sub>f</sub> (m)	0,000166		Fattore di sicurezza per il taglio	γ <sub>Rd</sub>	1,2	
	α =	0,85	Larghezza a flessione	b <sub>f</sub> (m)	0,1	lati	Spessore rinforzo	t <sub>f</sub> (m)	0,000166	lati
	β =	0,8	Area rinforzo	A <sub>f</sub> (mq)	0,0000332	rinforzo	Larghezza di rinforzo a taglio	b <sub>f,Rd</sub> (m)	0,075	2
	ψ =	0,8	Distanza dal bordo	c (m)	0,125		Passo rinforzo a taglio	p <sub>f,Rd</sub> (m)	0,3	
	λ =	0,4	Modulo elastico	E <sub>f</sub> (Gpa)	230		Tensione di distacco di estremità	f <sub>dd</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	725796	
	ε <sub>mu</sub> =	0,0035	Def. ult. caratteristica	ε <sub>fd</sub>	0,02		Tensione di distacco intermedia	f <sub>dd</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	1451592	
Resistenza										
caratteristica in										
assenza di sforzo	f <sub>vk0</sub>		Def. ult. di distacco di							
normale	(N/mm <sup>2</sup> )	0,29	estremità	ε <sub>fdd</sub>	0,0032					
			Def. ult. di distacco							
fattore di sicurezza	γ <sub>M</sub>	2	intermedio	ε <sub>fdd</sub>	0,0063					
IDENTIFICATIVO										
MURO	1X_1_1	L (m) =	1,55	H (m) =	3,95	t (m) =				
		Nsd		Vsd (kN)						
		(kN) =	131,64	=	78,71	Msd (kNm) =				

a) PRESSOFLESSIONE NEL PIANO

					Nsd	Msd											esito						esito	x (m)	x (m)	x (m)	Mrd, x	Mrd,x	Mrd,x	
	Comb.	L (m)	t (m)	d(m)	(kN)	(kNm)	Vsd (kN)	x(m)	Mrd (kNm)	verifica	a	b	c	x1 (m)	x2 (m)	Nrd (kN)	verifica	edelam1	edelam2	eult	FRP1	FRP2	FRP3							
ROTTURA LATO FRP	SISMA_8	1,55	0,30	1,425	131,64	7,47	78,71	0,309741176	85,71127		0,4	-0,775	0,017576	0,022951	1,914549	957,27		0,3664	0,4231	0,6691	129,19	140,26	175,60							
					Nsd	Msd											esito						x calc							
	Comb.	L (m)	t (m)	d(m)	(kN)	(kNm)	Vsd	x(m)	Mrd (kNm)		a	b	c	x1 (m)	x2 (m)	Nrd (kN)	verifica	a	b	c	x1	x2	(m)	Mrd,CLS						
ROTTURA LATO CLS	SISMA_8	1,55	0,30	1,425	131,64	7,47	78,71	0,309741176	85,71127		0,4	-0,775	0,017576	0,022951	1,914549	957,27		1	-1,7341	0,4414	0,3099	1,4242	1,4242	124,28						

b) TAGLIO (rinforzi orizzontali)

	Comb.	L(m)	t (m)	d (m)	Nsd (kN)	Vsd (kN)	x(m)	$f_{vd}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Vrd (kN)	esito verifica rinforzi necessari	Vrd,m (kN)	Vrd,f (kN)	Vrd,max (kN)	VRd (kN)
ROTTURA LATO FRP	SISMA_8	1,55	0,30	1,425	131,64	78,71	0,366438671	770,66	42,36		43,98	42,92	133,59	86,91

Muratura			Rinforzi: flessione					Rinforzi : taglio					
valore di progetto								Fattore di sicurezza per il					
resistenza	$f_{md}$							taglio	$\gamma_{Rd}$	1,2			
compressione	(N/mm <sup>2</sup> )	2,08	Spessore rinforzo	$t_f$ (m)	0,000166	lati rinforzo	2				lati rinforzo	2	
	$\alpha =$	0,85	Larghezza a flessione	$b_f$ (m)	0,075			Spessore rinforzo	$t_f$ (m)	0,000166			
	$\beta =$	0,8	Area rinforzo	$A_f$ (mq)	0,0000249			Larghezza di rinforzo a taglio	$b_{f,Rd}$ (m)	0,05			
	$\psi =$	0,8	Distanza dal bordo	$c$ (m)	0,05			Passo rinforzo a taglio	$p_{f,Rd}$ (m)	0,3			
	$\lambda =$	0,4	Modulo elastico	$E_f$ (Gpa)	230			Tensione di distacco di estremità	$f_{dd}$ (kN/m <sup>2</sup> )	725796			
	$\epsilon_{mu} =$	0,0035	Def. ult. caratteristica	$\epsilon_{fd}$	0,02			Tensione di distacco intermedia	$f_{dd}$ (kN/m <sup>2</sup> )	1451592			
Resistenza													
caratteristica in													
assenza di sforzo	$f_{vk0}$		Def. ult. di distacco di										
normale	(N/mm <sup>2</sup> )	0,29					$\epsilon_{fdd}$	0,0032					
			Def. ult. di distacco										
fattore di sicurezza	$\gamma_M$	2					$\epsilon_{fdd}$	0,0063					
IDENTIFICATIVO MURO	4Y_3_1	L (m)		H (m)									
		=	0,70	=	3,95	t (m) =	0,20						
		Nsd		Vsd									
		(kN) =	16,07	(kN) =	11,46	Msd (kNm) =	6,77						

a) PRESSOFLESSIONE NEL PIANO

ROTTURA LATO FRP	Comb.	L (m)	t (m)	d(m)	Nsd (kN)	Msd (kNm)	Vsd (kN)	x(m)	Mrd (kNm)	esito verifica rinforzi	a	b	c	x1 (m)	x2 (m)	Nrd (kN)	esito verifica	x (m) edelam1	x (m) edelam2	x (m) eult	Mrd, x FRP1	Mrd,x FRP2	Mrd,x FRP3	
	SISMA_8	0,70	0,20	0,65	16,07	6,77	11,46	0,056717647	5,25992	necessari	0,4	-0,35	0,023894	0,074635	0,800365	266,79		0,120502328	0,184287009	0,460976471	21,15	25,27	32,47	
ROTTURA LATO CLS	Comb.	L (m)	t (m)	d(m)	Nsd (kN)	Msd (kNm)	Vsd	x(m)	Mrd (kNm)	esito verifica rinforzi	a	b	c	x1 (m)	x2 (m)	Nrd (kN)	esito verifica	a	b	c	x1	x2	x calc (m)	Mrd,CLS
	SISMA_8	0,70	0,20	0,65	16,07	6,77	11,46	0,056717647	5,25992	necessari	0,4	-0,35	0,023894	0,074635	0,800365	266,79		1	0,706214345	0,036866471	0,056765807	0,649448537	0,649448537	16,61

b) TAGLIO (rinforzi orizzontali)

ROTTURA LATO FRP	Comb.	L(m)	t (m)	d (m)	Nsd (kN)	Vsd (kN)	x(m)	$f_{vd}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Vrd (kN)	esito verifica rinforzi	Vrd,m (kN)	Vrd,f (kN)	Vrd,max (kN)	VRd (kN)
	SISMA_8	0,70	0,20	0,65	16,07	11,46	0,120502328	558,38	6,73	necessari	5,39	20,08	40,63	25,47

### 8.3.5 RESISTENZA STRUTTURALE - MURATURE PORTANTI - TRAVI DI PIANO

Come si è visto nel paragrafo precedente, la problematica principale in termini di sismoresistenza per la porzione del fabbricato realizzata in muratura è rappresentata dalla presenza di pareti caratterizzate da molteplici aperture, ad uso porte o finestre.

Oltre a garantire la resistenza dei maschi murari mediante opportuni consolidamenti, è necessario verificare che gli stessi siano adeguatamente collegati tra loro dalle cosiddette "fasce di piano", ovvero le porzioni di muratura che si trovano al di sopra delle aperture.

Nel caso specifico tutte le fasce di piano sono caratterizzate all'intradosso dalla presenza di un cordolo in calcestruzzo armato che si trova subito al di sopra delle finestre.

Le dimensioni del cordolo variano in funzione dello spessore della parete in muratura: utilizzando cautelativamente lo spessore inferiore, ed ipotizzando per il cordolo un'armatura pressoché minimale:

- armatura longitudinale costituita da 2+2 barre  $\phi 12$  mm;
- armatura trasversale costituita da staffe a 2 braccia  $\phi 8$  passo 20 cm ;

le resistenze a flessione e taglio mobilitabili dal cordolo sono le seguenti:

$$M_{RD, \max} \cong 12 \text{ kNm}$$

$$V_{RD, \max} \cong 100 \text{ kN}$$

Andando a verificare si ha che le fasce di piano più sollecitate sono quelle relative alle pareti 1X e 2X, che costituiscono il prospetto orientale del fabbricato.

I valori massimi di sollecitazione flettente (circa 3,00-3,50 kNm) sono ampiamente compatibili con quelli del cordolo, mentre i valori massimi di sollecitazione tagliante sono superiori alla massima resistenza mobilitabile dal cordolo stesso (circa 115,00-116,00 kNm).

Occorre quindi che le fasce di piano in muratura siano in grado di assorbire il taglio eccedente rispetto a quello massimo a cui può resistere il cordolo (circa 15 kN).

Nella tabella che segue sono riportate le verifiche di resistenza condotte per le fasce di piano maggiormente sollecitate, nell'ipotesi che le stesse debbano assorbire gli esuberi di taglio di cui sopra e che vengano consolidate mediante applicazione di placcaggio in tessuto FRP.

Le verifiche risultano essere soddisfatte.



Muratura			Rinforzi					
valore di progetto resistenza compressione	$f_{md}$ (N/mm <sup>2</sup> )	2,08	Spessore rinforzo	$t_f$ (m)	0,000166	Fattore di sicurezza per il taglio	$\gamma_{Rd}$	1,2
	$\alpha =$	0,85	Larghezza a flessione	$b_f$ (m)	0,2	Spessore rinforzo	$t_f$ (m)	0,000166
	$\beta =$	0,8	Area rinforzo	$A_f$ (mq)	0,0000332	Larghezza di rinforzo a taglio	$b_{f,Rd}$ (m)	0,15
	$\psi =$	0,8	Distanza dal bordo	$c$ (m)	0,15	Passo rinforzo a taglio	$p_{f,Rd}$ (m)	0,5
	$\lambda =$	0,4	Modulo elastico	$E_f$ (Gpa)	230	Tensione di distacco di estremità	$f_{fdd}$ (kN/m <sup>2</sup> )	725796
		3	Def. ult. caratteristica	$\epsilon_{fd}$	0,02	Tensione di distacco intermedia	$f_{fdd}$ (kN/m <sup>2</sup> )	1451592
Resistenza caratteristica in assenza di sforzo normale	$f_{vk0}$ (N/mm <sup>2</sup> )	0,29	Def. ult. di distacco di estremità	$\epsilon_{fdd}$	0,0032			
fattore di sicurezza	$\gamma_M$	2	Def. ult. di distacco intermedio	$\epsilon_{fdd}$	0,0063			

IDENTIFICATIVO FASCIA	TRAVE 1X_3	$l$ (m) =	2,20	$h$ (m) =	1,40	$t$ (m) =	0,30
		$N_{sd}$ (kN) =	0,00	$V_{sd}$ (kN) =	14,30	$M_{sd}$ (kNm) =	2,00

a) PRESSOFLESSIONE NEL PIANO

	Comb.	$h$ (m)	$d$ (m)	$t$ (m)	$M_{sd}$	$x$ (m)	$M_u$ (kNm)
ROTTURA BILANCIATA	SISMA_8	1,4	1,25	0,3	2,00	0,227	27,93

b) TAGLIO

	Comb.	$h$ (m)	$d$ (m)	$t$ (m)	$V_{sd}$ (kN)	$V_{t,m}$ (kN)	$V_{t,f}$ (kN)	$V_t$ (kN)
ROTTURA LATO FRP	SISMA_8	1,40	0,30	0,3	14,30	13,125	6,51	19,63

IDENTIFICATIVO FASCIA	TRAVE 2X_3	$l$ (m) =	2,20	$h$ (m) =	1,40	$t$ (m) =	0,30
		$N_{sd}$ (kN) =	0,00	$V_{sd}$ (kN) =	16,70	$M_{sd}$ (kNm) =	5,00

a) PRESSOFLESSIONE NEL PIANO

	Comb.	$h$ (m)	$d$ (m)	$t$ (m)	$M_{sd}$	$x$ (m)	$M_u$ (kNm)
ROTTURA BILANCIATA	SISMA_8	1,4	1,25	0,3	5,00	0,227	27,93

b) TAGLIO

	Comb.	$h$ (m)	$d$ (m)	$t$ (m)	$V_{sd}$ (kN)	$V_{t,m}$ (kN)	$V_{t,f}$ (kN)	$V_t$ (kN)
ROTTURA LATO FRP	SISMA_8	1,40	0,30	0,3	6,74	13,125	6,51	19,63

## 9 GRADINATE

In sede di sopralluogo è stata rilevata la presenza di alcuni elementi prefabbricati (tegoli in cls precompresso) semplicemente appoggiati su alcuni maschi murari, elementi che costituiscono i gradoni su cui sono installate le sedute per il pubblico.

Al fine di evitare la perdita di appoggio dei tegoli stessi in fase sismica, è necessario prevedere un sistema di connessione sismoresistente dei tegoli stessi alle murature che li sostengono.

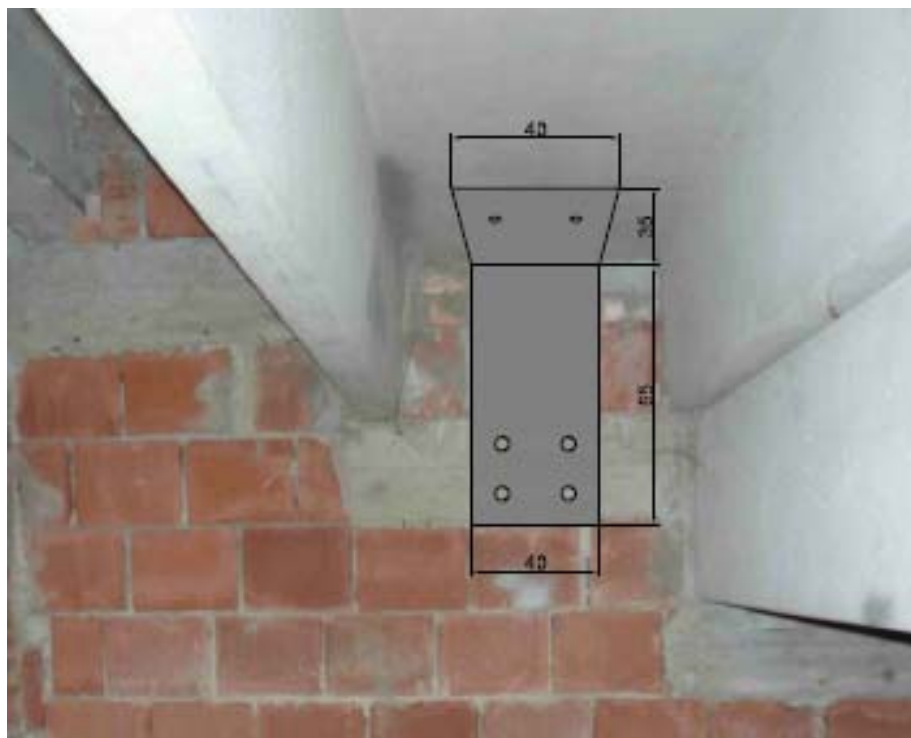


Figura 43 - Schema tipo di connessione dei tegoli ai sottostanti cordoli in cls mediante staffatura metallica e tassellatura

### Analisi dei carichi per gradinata tipo

peso proprio tegolo	0,14x5,00x25	17,50 kN
permanenti portati ( $1,50 \text{ kN/m}^2$ )	1,50x0,90x5,00	6,75 kN
accidentali ( $6,00 \text{ kN/m}^2$ )	6,00x0,90x5,00	27,00 kN

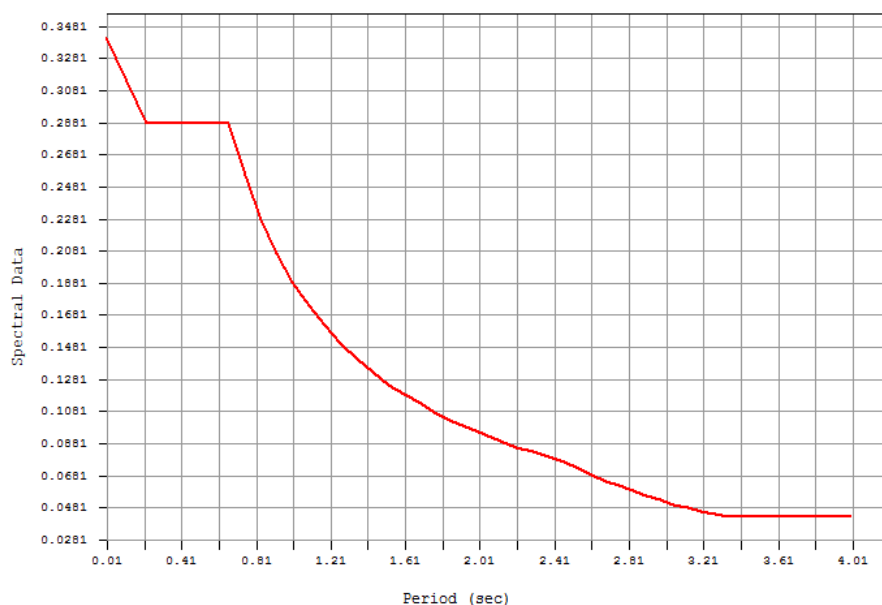
Il carico accidentale deve essere combinato secondo il fattore  $\psi_{21} = 0,60$  ( $E+G_1+G_2+\psi_{21} Q_{1k}$ ) ; il carico verticale complessivo per la valutazione dell'azione sismica risulta essere pari a  $W_{\text{tegolo}} = 40,45 \text{ kN}$ .

### Azione sismica

Stato limite di riferimento: **SLV**

Dal modello agli EF implementato si può desumere che i maschi murari presentano periodi di vibrazione molto bassi ( $< 0,10 \text{ sec}$ ): si può quindi assumere per la verifica delle connessioni:

$$S_d(T) = 0,300$$



Si applica quanto previsto dal punto 7.3.3.2 delle NTC2008:

$$F_i = F_h \times z_i \times W_i / \sum_j z_j W_j$$

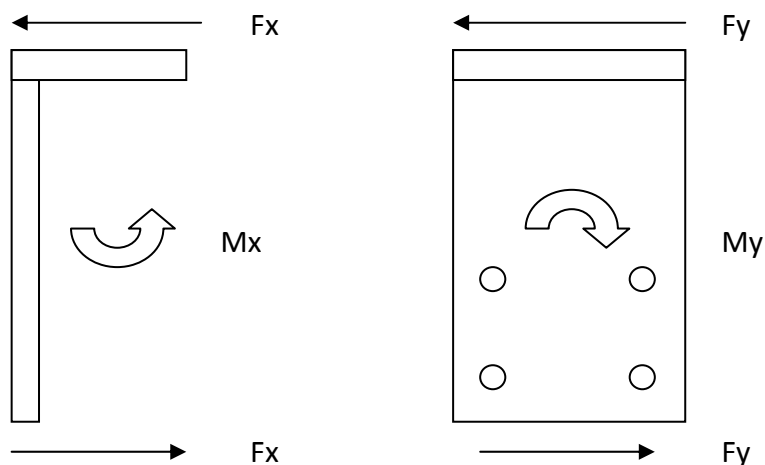
$F_h = S_d(T) \times W \times \lambda/g = 0,300 \times 40,45 \times 0,85 = 10,32 \text{ kN}$  (azione totale da dividere su 2 connessioni)  
braccio azione sismica  $\cong 0,40 \text{ m}$

### Verifica sistema di ancoraggio

Le azioni da considerare per la verifica delle connessioni sono le seguenti:

Direzione X:  $1,00 \times E_x + 0,30 \times E_y$

Direzione Y:  $1,00 \times E_y + 0,30 \times E_x$



A titolo di esempio per la verifica in direzione X:

$$F_x = 5,16 \text{ kN} \quad F_y = 1,55 \text{ kN}$$

$$M_x = 2,06 \text{ kNm} \quad M_y = 0,62 \text{ kNm}$$

Prevedendo un sistema di ancoraggio costituito da:

- n° 4 ancoraggi sismoresistenti tipo HILTI-HY-200-A con barra HIT-Z o similari per l'ancoraggio lato cordolo in cls, diametro M12, profondità di posa 100 mm;

- n° 2 ancoraggi sismoresistenti tipo HILTY-HY-200 M12 con barra HIT-Z o similari per l'ancoraggio lato tegolo prefabbricato, profondità di posa 60 mm;

la verifica dell'ancoraggio risulta essere soddisfatta (si vedano i tabulati di calcolo allegati).

Per quanto riguarda la piastra metallica, ipotizzando un acciaio tipo S355, una larghezza di 300 mm ed uno spessore di 15 mm, la verifica risulta essere soddisfatta.

$$\sigma_{MAX} = (2,06 \times 100 \times 100) / (30 \times 1,5 \times 1,5) / 6 = 3051 \text{ daN/cm}^2 < f_{yd \text{ S355}} = 3380 \text{ daN/cm}^2$$

### Analisi dei carichi per gradinata alta

peso proprio tegolo	0,097x5,00x25	12,13 kN
permanenti portati (1,50 kN/m <sup>2</sup> )	1,50x0,50x5,00	3,75 kN
accidentali (6,00 kN/m <sup>2</sup> )	6,00x0,50x5,00	15,00 kN

Il carico accidentale deve essere combinato secondo il fattore  $\psi_{21} = 0,60$  ( $E+G_1+G_2+\psi_{21} Q_{1k}$ ) ; il carico verticale complessivo per la valutazione dell'azione sismica risulta essere pari a  $W_{\text{tegolo}} = 30,88$  kN.

### Azione sismica

Stato limite di riferimento: **SLV**

Dal modello agli EF implementato si può desumere che i maschi murari presentano periodi di vibrazione molto bassi ( $< 0,10$  sec): si può quindi assumere per la verifica delle connessioni

$$S_d(T) = 0,300$$

Si applica quanto previsto dal punto 7.3.3.2 delle NTC2008:

$$F_i = F_h \times z_i \times W_i / \sum_j z_j W_j$$

$$F_h = S_d(T) \times W \times \lambda/g = 0,300 \times 30,88 \times 0,85 = 7,88 \text{ kN} \quad (\text{azione totale da dividere su 2 connessioni})$$

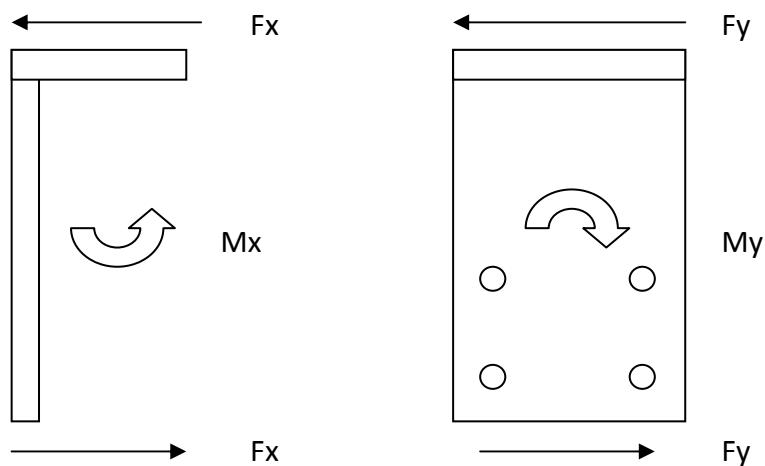
braccio azione sismica  $\cong 0,35$  m

### Verifica sistema di ancoraggio

Le azioni da considerare per la verifica delle connessioni sono le seguenti:

$$\text{Direzione X:} \quad 1,00x E_x + 0,30x E_y$$

$$\text{Direzione Y:} \quad 1,00x E_y + 0,30x E_x$$



A titolo di esempio per la verifica in direzione X:

$$F_x = 3,94 \text{ kN} \quad F_y = 1,19 \text{ kN}$$

$$M_x = 1,58 \text{ kNm} \quad M_y = 0,36 \text{ kNm}$$

Prevedendo un sistema di ancoraggio costituito da:

- n° 4 ancoraggi sismoresistenti tipo HILTI-HY-200-A con barra HIT-Z o similari per l'ancoraggio lato cordolo in cls, diametro M12, profondità di posa 100 mm;
- n° 1 ancoraggio sismoresistente tipo HILTY-HY-200 M12 con barra HIT-Z o similare per l'ancoraggio lato tegolo prefabbricato, profondità di posa 60 mm;

la verifica dell'ancoraggio risulta essere soddisfatta (si vedano i tabulati di calcolo allegati).

Per quanto riguarda la piastra metallica, ipotizzando un acciaio tipo S355, una larghezza di 130 mm ed uno spessore di 20 mm, la verifica risulta essere soddisfatta:

$$\sigma_{MAX} = (1,58 \times 100 \times 100) / (13 \times 2,0 \times 2,0) / 6 = 3039 \text{ daN/cm}^2 < f_{yd \text{ S355}} = 3380 \text{ daN/cm}^2$$

## **10 CONCLUSIONI**

La presente relazione ha sviluppato la progettazione esecutiva dell'intervento di adeguamento sismico del Palazzetto dello Sport di Galliera (BO) secondo le indicazioni contenute nella normativa vigente.

La verifica è stata preceduta da un fase di indagine conoscitiva sul fabbricato: sono stati anzitutto acquisiti gli elaborati di progetto strutturale disponibili presso gli archivi del Comune di Galliera e quelli depositati presso gli archivi della Regione Emilia Romagna; si è quindi proceduto ad effettuare una serie di sopralluoghi al fine di verificare puntualmente la rispondenza degli elaborati disponibili con quanto effettivamente eseguito, andando a rilevare geometricamente, laddove necessario, eventuali differenze.

Non è stato possibile andare a verificare l'effettiva geometria delle connessioni presenti in copertura tra gli elementi in legno lamellare, essendo connessioni a scomparsa oggi non più visibili; di dette connessioni non è stato nemmeno possibile reperire il progetto strutturale originario.

Per ciò che riguarda la tipologia e la qualità dei materiali utilizzati, si è fatto riferimento a quanto dichiarato negli elaborati di progetto disponibili: in caso di dubbi o discrepanze, è stata utilizzata la classe di resistenza minima disponibile per quel materiale all'epoca di realizzazione del fabbricato (ipotesi cautelativa).

Il progetto di adeguamento prevede essenzialmente:

- il rinforzo dei maschi murari e delle relative travi di piano mediante applicazione di elementi in FRP;
- la realizzazione di connessioni agli appoggi dei tegoli in cls prefabbricati adibiti a gradinate, mediante staffature metalliche opportunamente tassellate alle murature di sostegno.

La realizzazione degli interventi di progetto sopra citati permette di adeguare la sismoresistenza del fabbricato al 60% del sisma di progetto di riferimento per una nuova costruzione, come richiesto dalla normativa regionale vigente.

## **11 ALLEGATO 1 - calcolo tassellatura inferiore ancoraggio gradinata tipo**



**Commenti del progettista:**
**1 Dati da inserire**
**Tipo e dimensione dell'ancorante:** HIT-HY 200-A + HIT-Z M12

**Set Dinamico o qualunque soluzione idonea per il riempimento degli spazi anulari**

Profondità di posa effettiva:  $h_{ef,act} = 100 \text{ mm}$  ( $h_{ef,limit} = - \text{ mm}$ )

Materiale: DIN EN ISO 4042

Certificazione No.: ETA 12/0006

Emesso / Valido: 15/03/2013 | 10/02/2017

Prova: metodo di calcolo ETAG BOND (EOTA TR 029) + Sismico (EOTA TR 045)

Categoria di performance sismica: C1

Tipologia di verifica sismica: 5.3 a1) Progettazione per gerarchia delle resistenze

Percentuale di carico sismico  $\leq 20\%$ : no

Fissaggio distanziato:  $e_b = 0 \text{ mm}$  (Senza distanziamento);  $t = 15 \text{ mm}$ 

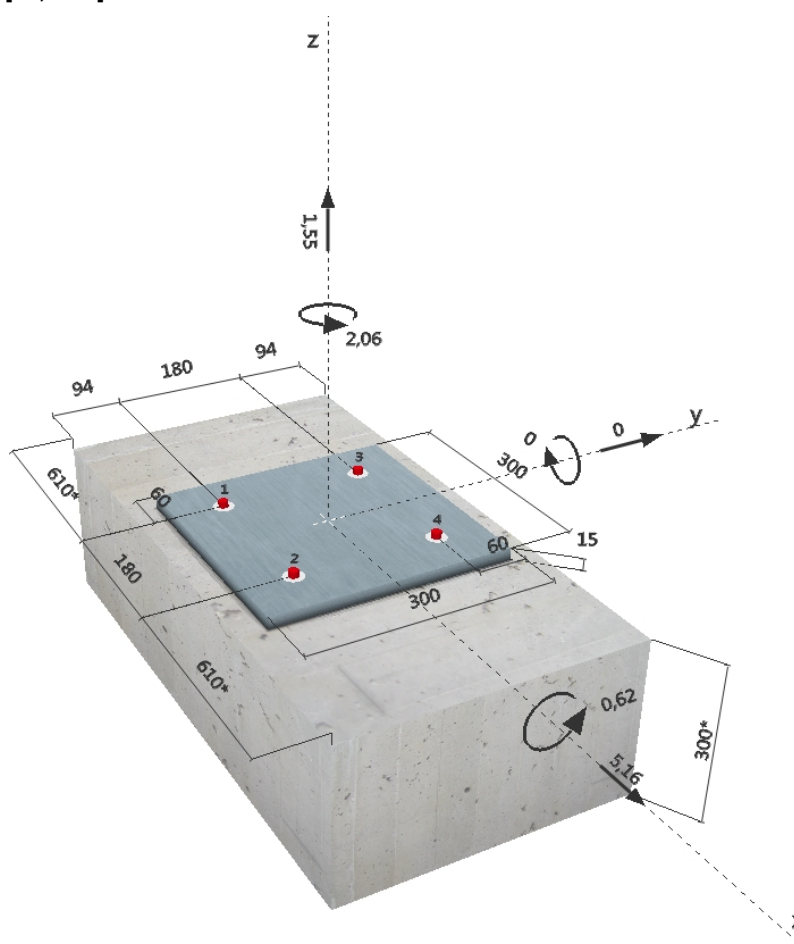
Piastra d'ancoraggio:  $l_x \times l_y \times t = 300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$ ; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)

Profilo: nessun profilo

Materiale base: non fessurato calcestruzzo, C20/25,  $f_{cc} = 25,00 \text{ N/mm}^2$ ;  $h = 300 \text{ mm}$ , Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C

Installazione: Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto

Armatura: interasse delle armature  $< 150 \text{ mm}$  (qualunque  $\emptyset$ ) o  $< 100 \text{ mm}$  ( $\emptyset \leq 10 \text{ mm}$ )  
con armatura di bordo longitudinale  $d \geq 12$ 

**SAFE-ET**
**Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]**


Impresa:  
Progettista:  
Indirizzo:  
Telefono I Fax:  
E-mail:

Pagina: 2  
Progetto:  
Contratto N°:  
Data: 23/12/2015

Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Utilizzo massimo [%]
1	Combinazione 1	N = 5,160; V <sub>x</sub> = 1,550; V <sub>y</sub> = 0,000; M <sub>x</sub> = 2,060; M <sub>y</sub> = 0,000; M <sub>z</sub> = 0,620	C1	no	67
2	Combinazione 2	N = 1,550; V <sub>x</sub> = 5,160; V <sub>y</sub> = 0,000; M <sub>x</sub> = 0,620; M <sub>y</sub> = 0,000; M <sub>z</sub> = 2,060	C1	no	88

## 2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

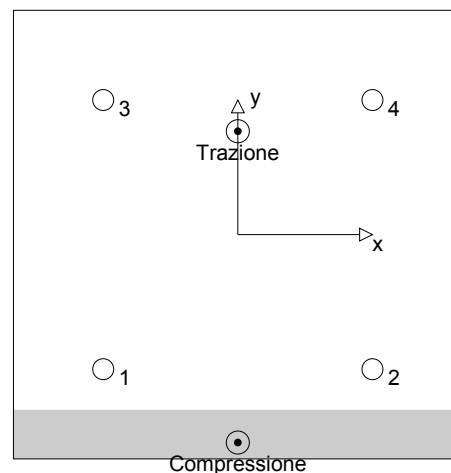
Condizione di carico: Carichi di progetto

### Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	0,233	5,042	4,151	-2,861
2	0,233	5,042	4,151	2,861
3	1,774	3,264	-1,571	-2,861
4	1,774	3,264	-1,571	2,861

Compressione max. nel calcestruzzo: 0,02 [‰]  
Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: 0,50 [N/mm<sup>2</sup>]  
risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0/69): 4,013 [kN]  
risultante delle forze di compressione (x/y)=(0/-139): 2,463 [kN]



## 3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2, EOTA TR 045, Sezione 5.6)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_N$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	1,774	36,667	5	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	4,013	48,716	9	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	4,013	30,124	14	OK
Fessurazione**	4,013	39,616	11	OK

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

### 3.1 Rottura dell'acciaio

$N_{Rk,s,seis}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$N_{Rk,s,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,s,seis}$	$N_{Rd,s,seis}$ [kN]	$N_{Sd,seis}$ [kN]
55,000	1,000	1,000	55,000	1,500	36,667	1,774

### 3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$A_{p,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{p,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$c_{min}$ [mm]	$h_{ef,Helix}$ [mm]
129600	32400	24,00	180	90	94	60
$\psi_{c,seis}$	$\tau_{Rk,seis}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	k	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$		
1,000	21,00	3,200	1,000	1,000		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$	
0	1,000	69	0,566	1,000	0,800	
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$N_{Rk,p,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,p,seis}$	$N_{Rd,p,seis}$ [kN]	$N_{Sd,seis}$ [kN]
47,501	1,000	0,850	73,074	1,500	48,716	4,013

### 3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]			
176640	90000	150	300			
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$k_1$
0	1,000	69	0,685	0,888	1,000	10,100
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$N_{Rk,c,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,c,seis}$	$N_{Rd,c,seis}$ [kN]	$N_{Sd,seis}$ [kN]
50,500	1,000	0,750	45,186	1,500	30,124	4,013

Impresa:  
 Progettista:  
 Indirizzo:  
 Telefono | Fax: |  
 E-mail:

Pagina: 3  
 Progetto:  
 Contratto N°:  
 Data: 23/12/2015

### 3.4 Fessurazione

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]	$\psi_{h,sp}$		
176640	90000	150	300	1,160		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$k_1$
0	1,000	69	0,685	0,888	1,000	10,100
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$N_{Rk,sp,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,sp,seis}$	$N_{Rd,sp,seis}$ [kN]	$N_{Sd,seis}$ [kN]
50,500	1,000	0,850	59,425	1,500	39,616	4,013

Impresa:  
Progettista:  
Indirizzo:  
Telefono / Fax:  
E-mail:

Pagina: 4  
Progetto:  
Contratto N°:  
Data: 23/12/2015

#### 4 Carico di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.3, EOTA TR 045, Sezione 5.6)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_v$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	5,042	10,880	47	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout*	5,042	29,338	18	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione x+**	10,083	13,628	74	OK

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

##### 4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$V_{Rk,s,seis}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$V_{Rk,s,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,s,seis}$	$V_{Rd,s,seis}$ [kN]	$V_{Sd,seis}$ [kN]
16,000	1,000	0,850	13,600	1,250	10,880	5,042

##### 4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k-factor	$k_1$
44160	90000	150	300	2,000	10,100
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0	1,000	0	1,000	0,888	1,000
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$V_{Rk,cp,seis}^0$ [kN]	$V_{Rk,cp,seis}$ [kN]	
52,598	1,000	0,850	20,442	1,500	13,628
$\gamma_{M,c,p,seis}$	$V_{Rd,cp,seis}$ [kN]	$V_{Sd,seis}$ [kN]			
1,500	29,338	5,042			

##### 4.3 Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione x+

$h_{ef}$ [mm]	$d_{nom}$ [mm]	$k_1$	$\alpha$	$\beta$		
100	12,0	2,400	0,071	0,057		
$c_1$ [mm]	$c_1'$ [mm]	$A_{c,V}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,V}^0$ [mm <sup>2</sup> ]			
610	200	110400	180000			
$\psi_{s,V}$	$\psi_{h,V}$	$\psi_{g,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$	$\psi_{re,V}$	
0,794	1,000	1,171	74	0,802	1,000	
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$V_{Rk,c,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,c,seis}$	$V_{Rd,c,seis}$ [kN]	$V_{Sd,seis}$ [kN]
52.598	1.000	0.850	20.442	1.500	13.628	10.083

#### 5 Carichi combinati di trazione e di taglio (EOTA TR 045, Sezione 5.6)

$\beta_N$	$\beta_v$	Utilizzo $\beta_{N,v}$ [%]	Stato
0,133	0,740	88	OK

$$\beta_N + \beta_v \leq 1$$

#### 6 Attenzione

- Fenomeni di redistribuzione dei carichi sugli ancoranti derivanti da eventuali deformazioni elastiche della piastra non sono presi in considerazione. Si assume una piastra di ancoraggio sufficientemente rigida in modo che non risulti deformabile sotto l'azione di carichi!
- Per la corretta scelta della categoria di performance sismica si controlli la normativa nazionale di riferimento.
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria in accordo all'EOTA TR 029 sezione 7!
- Il calcolo è valido solo se le dimensioni dei fori sulla piastra non superano i valori indicati nella Tabella 4.1 da EOTA TR029! Per diametri dei fori superiori vedere il capitolo 1.1 dell'EOTA TR029!
- Il metodo di calcolo ETAG (fori riempiti) presuppone che non ci sia spazio anulare libero tra ancorante e foro nella piastra. Questa condizione può essere ottenuta riempiendo tale spazio con una malta avente sufficiente resistenza a compressione (per es. utilizzando il Set Dinamico Hilti) o ricorrendo ad altre soluzioni idonee.
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- L'adesione chimica caratteristica dipende dalle temperature di breve e di lungo periodo.
- Risulta necessaria un'armatura longitudinale in corrispondenza del bordo dell'elemento!

Impresa:  
Progettista:  
Indirizzo:  
Telefono | Fax:  
E-mail:

Pagina:  
Progetto:  
Contratto N°:  
Data:

5  
  
  
23/12/2015

**L'ancoraggio risulta verificato!**

Impresa:  
Progettista:  
Indirizzo:  
Telefono / Fax:  
E-mail:

Pagina: 6  
Progetto:  
Contratto N°:  
Data: 23/12/2015

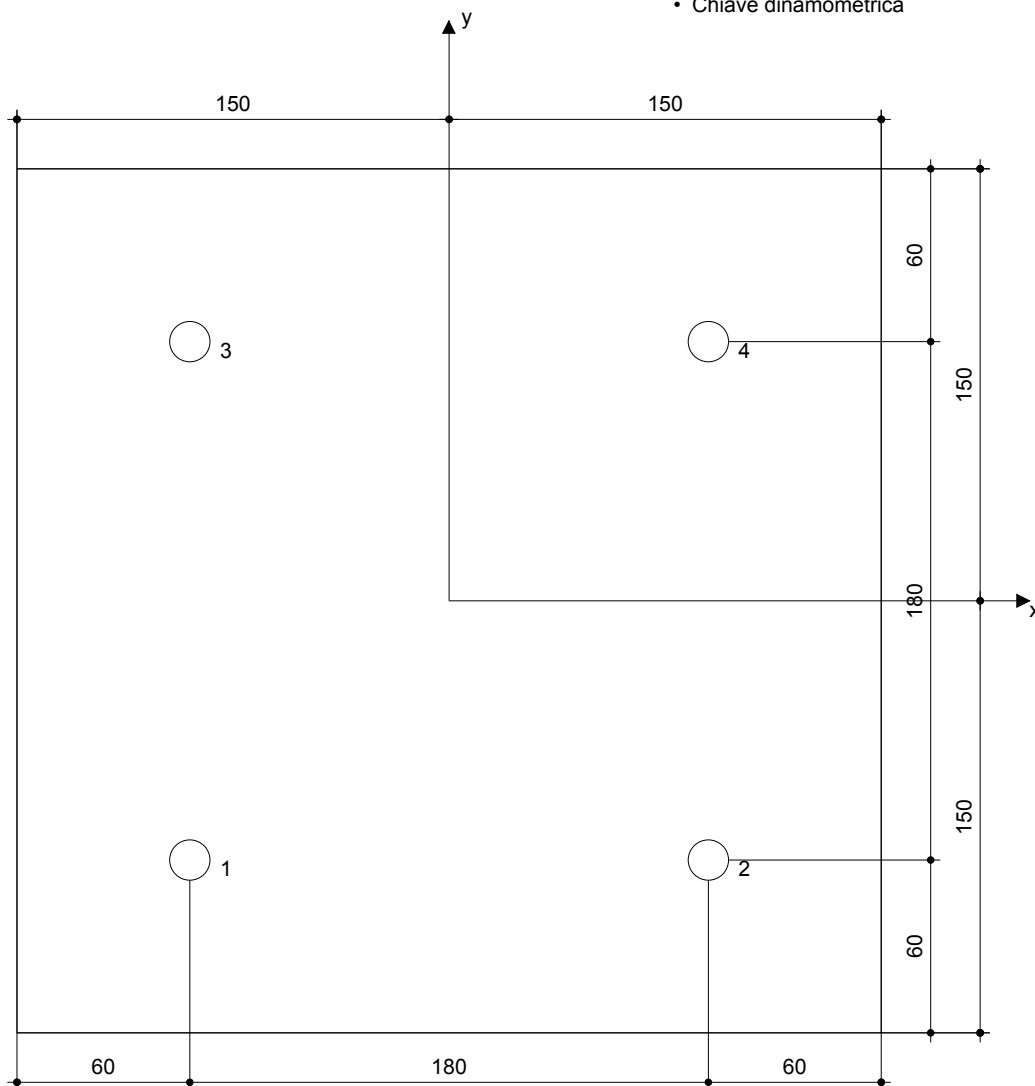
## 7 Dati relativi all'installazione

Piastra d'ancoraggio, acciaio: -  
Profilo: nessun profilo  
Diametro del foro nella piastra:  $d_f = 14$  mm  
Spessore della piastra (input): 15 mm  
Spessore della piastra raccomandato: non calcolato  
Pulizia: Non è necessaria la pulizia del foro

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-HY 200-A + HIT-Z M12  
Coppia di serraggio: 0,040 kNm  
Diametro del foro nel materiale base: 14 mm  
Profondità del foro nel materiale base: 130 mm  
Spessore minimo del materiale base: 160 mm

### 7.1 Accessori richiesti

Perforazione	Pulizia	Posa
<ul style="list-style-type: none"> <li>Idoneo per rotopercolazione</li> <li>Dimensione appropriata della punta del trapano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Non sono richiesti accessori</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il dispenser include il portacartucce e il miscelatore</li> <li>Set Dinamico</li> <li>Chiave dinamometrica</li> </ul>



### Coordinate dell'ancorante mm

Ancorante	x	y	C-x	C+y	C-y	C+y
1	-90	-90	610	790	94	274
2	90	-90	790	610	94	274
3	-90	90	610	790	274	94
4	90	90	790	610	274	94

## **12 ALLEGATO 1 - calcolo tassellatura superiore ancoraggio gradinata tipo**

**Commenti del progettista:**
**1 Dati da inserire**
**Tipo e dimensione dell'ancorante:** HIT-HY 200-A + HIT-Z M12

**Set Dinamico o qualunque soluzione idonea per il riempimento degli spazi anulari**

Profondità di posa effettiva:  $h_{ef,act} = 60 \text{ mm}$  ( $h_{ef,limit} = - \text{ mm}$ )

Materiale: DIN EN ISO 4042

Certificazione No.: ETA 12/0006

Emesso / Valido: 15/03/2013 | 10/02/2017

Prova: metodo di calcolo ETAG BOND (EOTA TR 029) + Sismico (EOTA TR 045)

Categoria di performance sismica: C1

Tipologia di verifica sismica: 5.3 a1) Progettazione per gerarchia delle resistenze

Percentuale di carico sismico  $\leq 20\%$ : no

Fissaggio distanziato:  $e_b = 0 \text{ mm}$  (Senza distanziamento);  $t = 15 \text{ mm}$ 

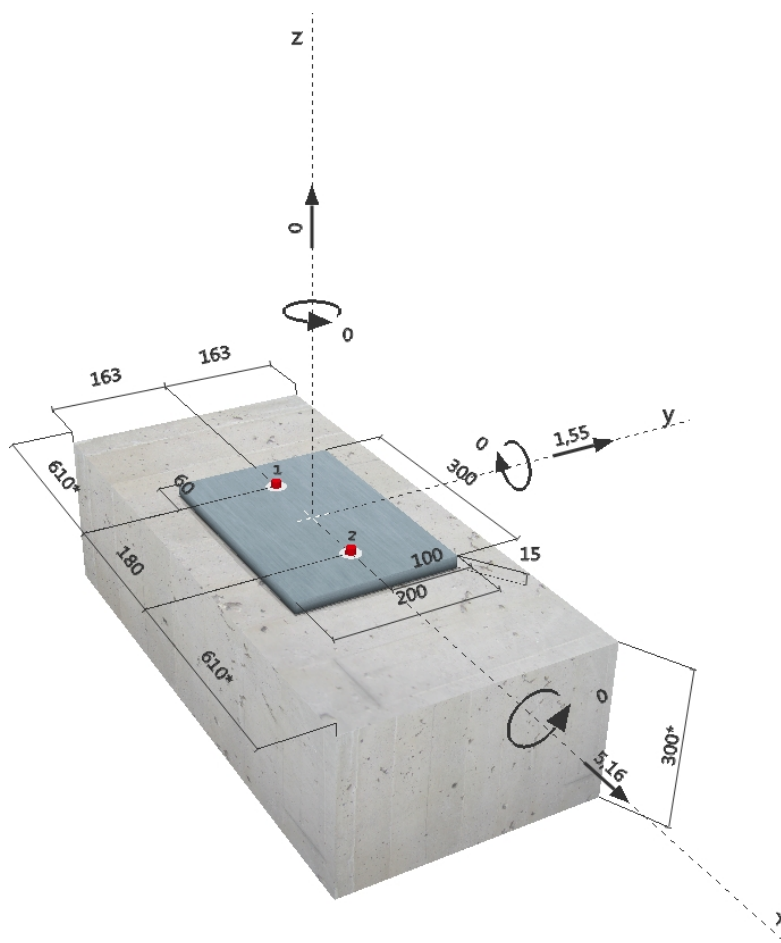
Piastra d'ancoraggio:  $l_x \times l_y \times t = 300 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$ ; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)

Profilo: nessun profilo

Materiale base: non fessurato calcestruzzo, C20/25,  $f_{cc} = 25,00 \text{ N/mm}^2$ ;  $h = 300 \text{ mm}$ , Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C

Installazione: Foro trapanato con pulizia automatica, Condizioni di installazione: saturo d'acqua

Armatura: nessuna armatura o interasse tra le armature  $\geq 150 \text{ mm}$  (qualunque  $\varnothing$ ) o  $\geq 100 \text{ mm}$  ( $\varnothing \leq 10 \text{ mm}$ ) con armatura di bordo longitudinale  $d \geq 12$ 

**SAFE-ET**
**Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]**




Impresa:	Pagina:	2
Progettista:	Progetto:	Ing. Stefano Orlandi
Indirizzo:	Contratto N°:	
Telefono / Fax:	Data:	23/12/2015
E-mail:		

Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Utilizzo massimo [%]
1	Combinazione 1	$N = 0,000; V_x = 1,550; V_y = 5,160;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000$	C1	no	25
2	Combinazione 2	$N = 0,000; V_x = 5,160; V_y = 1,550;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000$	C1	no	40

## 2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

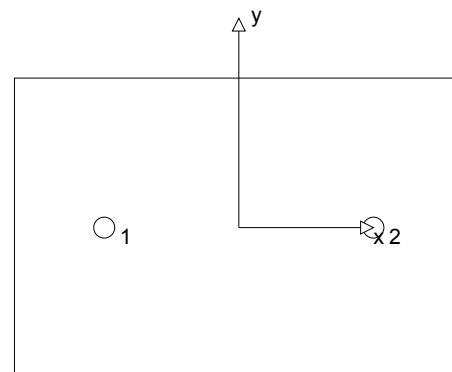
Condizione di carico: Carichi di progetto

### Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	0,000	2,694	2,580	0,775
2	0,000	2,694	2,580	0,775

Compressione max. nel calcestruzzo: - [%]  
Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: - [N/mm<sup>2</sup>]  
risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0/0): 0,000 [kN]  
risultante delle forze di compressione (x/y)=(0/0): 0,000 [kN]



## 3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2, EOTA TR 045, Sezione 5.6)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_N$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura conica del calcestruzzo**	N/A	N/A	N/A	N/A
Fessurazione**	N/A	N/A	N/A	N/A

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

Impresa:  
Progettista:  
Indirizzo:  
Telefono / Fax:  
E-mail:

Pagina: 3  
Progetto: Ing. Stefano Orlandi  
Contratto N°:  
Data: 23/12/2015

#### 4 Carico di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.3, EOTA TR 045, Sezione 5.6)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_v$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	2,694	10,880	25	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout**	5,388	46,941	12	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione x+**	5,218	13,170	40	OK

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

##### 4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$V_{Rk,s,seis}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$V_{Rk,s,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,s,seis}$	$V_{Rd,s,seis}$ [kN]	$V_{Sd,seis}$ [kN]
16,000	1,000	0,850	13,600	1,250	10,880	2,694

##### 4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k-factor	$k_1$
64800	32400	90	180	2,000	10,100
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0	1,000	0	1,000	1,000	1,000
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$V_{Rk,cp,seis}^0$ [kN]	$V_{Rk,cp,seis}$ [kN]	
23,470	1,000	0,750	93,881	70,411	
$\gamma_{M,c,p,seis}$	$V_{Rd,cp,seis}$ [kN]	$V_{Sd,seis}$ [kN]			
1,500	46,941	5,388			

##### 4.3 Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione x+

$h_{ef}$ [mm]	$d_{nom}$ [mm]	$k_1$	$\alpha$	$\beta$	
60	12,0	2,400	0,055	0,057	
$c_1$ [mm]	$c_1'$ [mm]	$A_{c,V}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,V}^0$ [mm <sup>2</sup> ]		
610	200	97800	180000		
$\psi_{s,V}$	$\psi_{h,V}$	$\psi_{a,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$	$\psi_{re,V}$
0,863	1,000	1,009	0	1,000	1,000
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$V_{Rk,c,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,c,seis}$	$V_{Rd,c,seis}$ [kN]
49.106	1.000	0.850	19.756	1.500	$V_{Sd,seis}$ [kN]
					5.218

#### 5 Attenzione

- Fenomeni di redistribuzione dei carichi sugli ancoranti derivanti da eventuali deformazioni elastiche della piastra non sono presi in considerazione. Si assume una piastra di ancoraggio sufficientemente rigida in modo che non risulti deformabile sotto l'azione di carichi!
- Per la corretta scelta della categoria di performance sismica si controlli la normativa nazionale di riferimento.
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria in accordo all'EOTA TR 029 sezione 7!
- Il calcolo è valido solo se le dimensioni dei fori sulla piastra non superano i valori indicati nella Tabella 4.1 da EOTA TR029! Per diametri dei fori superiori vedere il capitolo 1.1 dell'EOTA TR029!
- Il metodo di calcolo ETAG (fori riempiti) presuppone che non ci sia spazio anulare libero tra ancorante e foro nella piastra. Questa condizione può essere ottenuta riempiendo tale spazio con una malta avente sufficiente resistenza a compressione (per es. utilizzando il Set Dinamico Hilti) o ricorrendo ad altre soluzioni idonee.
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- L'adesione chimica caratteristica dipende dalle temperature di breve e di lungo periodo.
- L'armatura di bordo non è necessaria per evitare la modalità di rottura per fessurazione (splitting)

**L'ancoraggio risulta verificato!**

Impresa:  
Progettista:  
Indirizzo:  
Telefono / Fax:  
E-mail:

Pagina: 4  
Progetto: Ing. Stefano Orlandi  
Contratto N°:  
Data: 23/12/2015

## 6 Dati relativi all'installazione

Piastra d'ancoraggio, acciaio: -  
Profilo: nessun profilo  
Diametro del foro nella piastra:  $d_f = 14$  mm  
Spessore della piastra (input): 15 mm  
Spessore della piastra raccomandato: non calcolato  
Pulizia: Ottenuto automaticamente durante la perforazione

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-HY 200-A + HIT-Z M12  
Coppia di serraggio: 0,040 kNm  
Diametro del foro nel materiale base: 14 mm  
Profondità del foro nel materiale base: 60 mm  
Spessore minimo del materiale base: 100 mm

### 6.1 Accessori richiesti

#### Perforazione

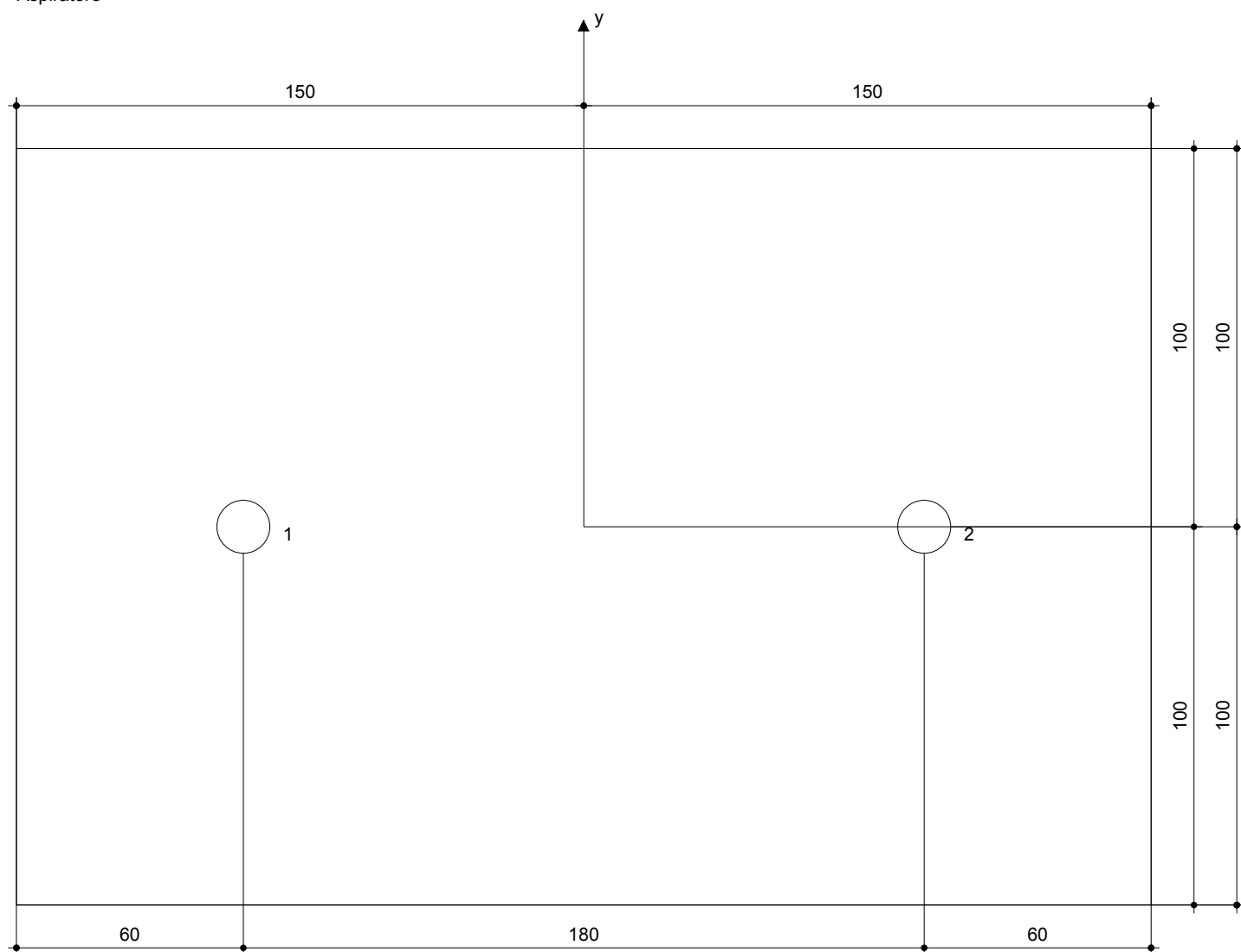
- Idoneo per rotopercussione
- Punta dimensionata correttamente per sistema di pulizia automatica SAFEset (TE-CD / TE-YD)
- Aspiratore

#### Pulizia

- Non sono richiesti accessori

#### Posa

- Il dispenser include il portacartucce e il miscelatore
- Set Dinamico
- Chiave dinamometrica



### Coordinate dell'ancorante mm

Ancorante	x	y	C <sub>-x</sub>	C <sub>+x</sub>	C <sub>-y</sub>	C <sub>+y</sub>
1	-90	0	610	790	163	163
2	90	0	790	610	163	163

### **13 ALLEGATO 1 - calcolo tassellatura inferiore ancoraggio gradinata alta**

**Commenti del progettista:**

## 1 Dati da inserire

**Tipo e dimensione dell'ancorante:** HIT-HY 200-A + HIT-Z M12

**Set Dinamico o qualunque soluzione idonea per il riempimento degli spazi anulari**

Profondità di posa effettiva:  $h_{ef,act} = 100 \text{ mm}$  ( $h_{ef,limit} = - \text{ mm}$ )

Materiale: DIN EN ISO 4042

Certificazione No.: ETA 12/0006

Emesso | Valido: 15/03/2013 | 10/02/2017

Prova: metodo di calcolo ETAG BOND (EOTA TR 029) + Sismico (EOTA TR 045)

Categoria di performance sismica: C1

Tipologia di verifica sismica: 5.3 a1) Progettazione per gerarchia delle resistenze

Percentuale di carico sismico  $\leq 20\%$ : no

Fissaggio distanziato:  $e_b = 0$  mm (Senza distanziamento);  $t = 20$  mm

Piastra d'ancoraggio:  $l_x \times l_y \times t = 130 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ ; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)

Profilo: nessun profilo

Materiale base: non fessurato calcestruzzo, C20/25,  $f_{cc} = 25.00 \text{ N/mm}^2$ ;  $h = 300 \text{ mm}$ , Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C

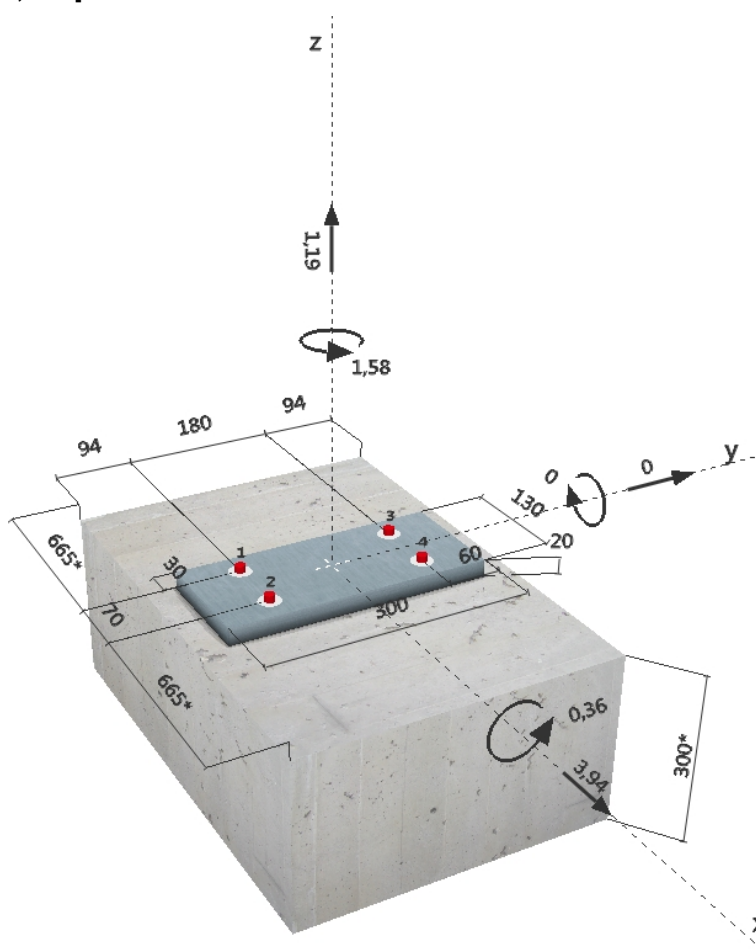
Installazione: Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto

Armatura: interasse delle armature  $< 150 \text{ mm}$  (qualunque  $\emptyset$ ) o  $< 100 \text{ mm}$  ( $\emptyset \leq 10 \text{ mm}$ )

con armatura di bordo longitudinale  $d \geq 12$

**SAFESET**

### Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



Impresa:  
Progettista:  
Indirizzo:  
Telefono I Fax:  
E-mail:

Pagina: 2  
Progetto:  
Contratto N°:  
Data: 23/12/2015

Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Utilizzo massimo [%]
1	Combinazione 1	N = 3,940; V <sub>x</sub> = 1,190; V <sub>y</sub> = 0,000; M <sub>x</sub> = 1,580; M <sub>y</sub> = 0,000; M <sub>z</sub> = 0,360	C1	no	66
2	Combinazione 2	N = 1,190; V <sub>x</sub> = 3,940; V <sub>y</sub> = 0,000; M <sub>x</sub> = 0,360; M <sub>y</sub> = 0,000; M <sub>z</sub> = 1,580	C1	no	97

## 2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

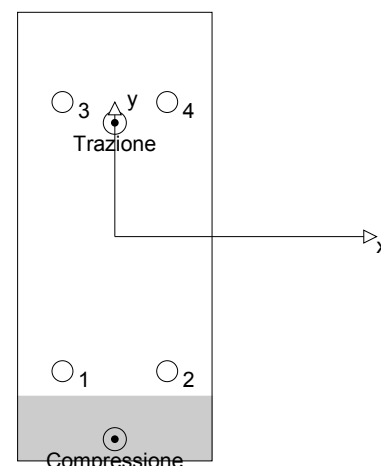
Condizione di carico: Carichi di progetto

### Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	0,095	5,021	4,797	-1,483
2	0,095	5,021	4,797	1,483
3	1,137	3,192	-2,827	-1,483
4	1,137	3,192	-2,827	1,483

Compressione max. nel calcestruzzo: 0,01 [‰]  
Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: 0,45 [N/mm<sup>2</sup>]  
risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0/76): 2,463 [kN]  
risultante delle forze di compressione (x/y)=(0/-135): 1,273 [kN]



## 3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2, EOTA TR 045, Sezione 5.6)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_N$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	1,137	36,667	4	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	2,463	32,404	8	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	2,463	22,501	11	OK
Fessurazione**	2,463	29,592	9	OK

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

### 3.1 Rottura dell'acciaio

$N_{Rk,s,seis}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$N_{Rk,s,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,s,seis}$	$N_{Rd,s,seis}$ [kN]	$N_{Sd,seis}$ [kN]
55,000	1,000	1,000	55,000	1,500	36,667	1,137

### 3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$A_{p,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{p,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$c_{min}$ [mm]	$h_{ef,Helix}$ [mm]
90000	32400	24,00	180	90	94	60
$\psi_{c,seis}$	$\tau_{Rk,seis}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	k	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$		
1,000	21,00	3,200	1,000	1,000		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$	
0	1,000	76	0,542	1,000	0,800	
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$N_{Rk,p,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,p,seis}$	$N_{Rd,p,seis}$ [kN]	$N_{Sd,seis}$ [kN]
47,501	1,000	0,850	48,606	1,500	32,404	2,463

### 3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]			
136160	90000	150	300			
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$k_1$
0	1,000	76	0,663	0,888	1,000	10,100
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$N_{Rk,c,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,c,seis}$	$N_{Rd,c,seis}$ [kN]	$N_{Sd,seis}$ [kN]
50,500	1,000	0,750	33,752	1,500	22,501	2,463

Impresa:  
 Progettista:  
 Indirizzo:  
 Telefono I Fax: |  
 E-mail:

Pagina: 3  
 Progetto:  
 Contratto N°:  
 Data: 23/12/2015

### 3.4 Fessurazione

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]	$\psi_{h,sp}$		
136160	90000	150	300	1,160		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$k_1$
0	1,000	76	0,663	0,888	1,000	10,100
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$N_{Rk,sp,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,sp,seis}$	$N_{Rd,sp,seis}$ [kN]	$N_{Sd,seis}$ [kN]
50,500	1,000	0,850	44,387	1,500	29,592	2,463

Impresa:  
Progettista:  
Indirizzo:  
Telefono I Fax:  
E-mail:

Pagina: 4  
Progetto:  
Contratto N°:  
Data: 23/12/2015

#### 4 Carico di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.3, EOTA TR 045, Sezione 5.6)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_v$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	5,021	10,880	47	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout*	5,021	22,615	23	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione x+**	10,042	11,719	86	OK

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

##### 4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$V_{Rk,s,seis}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$V_{Rk,s,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,s,seis}$	$V_{Rd,s,seis}$ [kN]	$V_{Sd,seis}$ [kN]
16,000	1,000	0,850	13,600	1,250	10,880	5,021

##### 4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k-factor	$k_1$
34040	90000	150	300	2,000	10,100
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0	1,000	0	1,000	0,888	1,000
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$V_{Rk,cp,seis}^0$ [kN]	$V_{Rk,cp,seis}$ [kN]	
50,500	0,000	0,000	$\infty$	33,922	
$\gamma_{M,c,p,seis}$	$V_{Rd,cp,seis}$ [kN]	$V_{Sd,seis}$ [kN]			
1,500	22,615	5,021			

##### 4.3 Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione x+

$h_{ef}$ [mm]	$d_{nom}$ [mm]	$k_1$	$\alpha$	$\beta$		
100	12,0	2,400	0,071	0,057		
$c_1$ [mm]	$c_1'$ [mm]	$A_{c,V}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,V}^0$ [mm <sup>2</sup> ]			
665	200	110400	180000			
$\psi_{s,V}$	$\psi_{h,V}$	$\psi_{a,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$	$\psi_{re,V}$	
0,794	1,000	1,039	86	0,777	1,000	
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$V_{Rk,c,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,c,seis}$	$V_{Rd,c,seis}$ [kN]	$V_{Sd,seis}$ [kN]
52.598	1.000	0.850	17.578	1.500	11.719	10.042

#### 5 Carichi combinati di trazione e di taglio (EOTA TR 045, Sezione 5.6)

$\beta_N$	$\beta_v$	Utilizzo $\beta_{N,v}$ [%]	Stato
0,109	0,857	97	OK

$$\beta_N + \beta_v \leq 1$$

#### 6 Attenzione

- Fenomeni di redistribuzione dei carichi sugli ancoranti derivanti da eventuali deformazioni elastiche della piastra non sono presi in considerazione. Si assume una piastra di ancoraggio sufficientemente rigida in modo che non risulti deformabile sotto l'azione di carichi!
- Per la corretta scelta della categoria di performance sismica si controlli la normativa nazionale di riferimento.
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria in accordo all'EOTA TR 029 sezione 7!
- Il calcolo è valido solo se le dimensioni dei fori sulla piastra non superano i valori indicati nella Tabella 4.1 da EOTA TR029! Per diametri dei fori superiori vedere il capitolo 1.1 dell'EOTA TR029!
- Il metodo di calcolo ETAG (fori riempiti) presuppone che non ci sia spazio anulare libero tra ancorante e foro nella piastra. Questa condizione può essere ottenuta riempiendo tale spazio con una malta avente sufficiente resistenza a compressione (per es. utilizzando il Set Dinamico Hilti) o ricorrendo ad altre soluzioni idonee.
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- L'adesione chimica caratteristica dipende dalle temperature di breve e di lungo periodo.
- Risulta necessaria un'armatura longitudinale in corrispondenza del bordo dell'elemento!



Impresa:  
Progettista:  
Indirizzo:  
Telefono | Fax: |  
E-mail:

Pagina:  
Progetto:  
Contratto N°:  
Data:

5  
  
  
23/12/2015

**L'ancoraggio risulta verificato!**

Impresa:  
Progettista:  
Indirizzo:  
Telefono / Fax:  
E-mail:

Pagina: 6  
Progetto:  
Contratto N°:  
Data: 23/12/2015

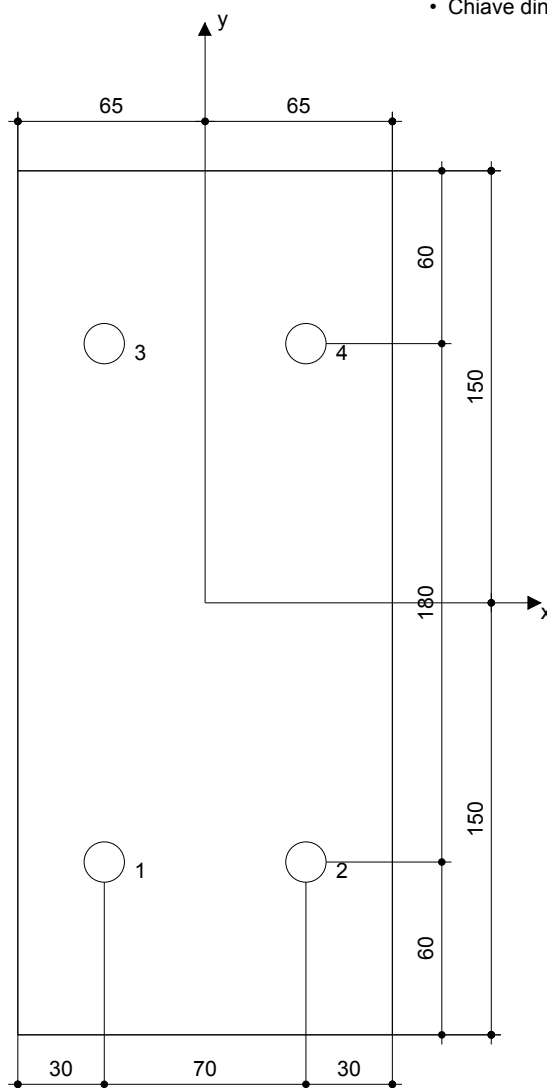
## 7 Dati relativi all'installazione

Piastra d'ancoraggio, acciaio: -  
Profilo: nessun profilo  
Diametro del foro nella piastra:  $d_f = 14$  mm  
Spessore della piastra (input): 20 mm  
Spessore della piastra raccomandato: non calcolato  
Pulizia: Non è necessaria la pulizia del foro

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-HY 200-A + HIT-Z M12  
Coppia di serraggio: 0,040 kNm  
Diametro del foro nel materiale base: 14 mm  
Profondità del foro nel materiale base: 130 mm  
Spessore minimo del materiale base: 160 mm

### 7.1 Accessori richiesti

Perforazione	Pulizia	Posa
<ul style="list-style-type: none"> <li>Idoneo per rotopercolazione</li> <li>Dimensione appropriata della punta del trapano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Non sono richiesti accessori</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il dispenser include il portacartucce e il miscelatore</li> <li>Set Dinamico</li> <li>Chiave dinamometrica</li> </ul>



### Coordinate dell'ancorante mm

Ancorante	x	y	C <sub>-x</sub>	C <sub>+x</sub>	C <sub>-y</sub>	C <sub>+y</sub>
1	-35	-90	665	735	94	274
2	35	-90	735	665	94	274
3	-35	90	665	735	274	94
4	35	90	735	665	274	94

## **14 ALLEGATO 1 - calcolo tassellatura superiore ancoraggio gradinata alta**

**Commenti del progettista:**
**1 Dati da inserire**
**Tipo e dimensione dell'ancorante:** HIT-HY 200-A + HIT-Z M10

**Set Dinamico o qualunque soluzione idonea per il riempimento degli spazi anulari**

Profondità di posa effettiva:  $h_{ef,act} = 60 \text{ mm}$  ( $h_{ef,limit} = - \text{ mm}$ )

Materiale: DIN EN ISO 4042

Certificazione No.: ETA 12/0006

Emesso / Valido: 15/03/2013 | 10/02/2017

Prova: metodo di calcolo ETAG BOND (EOTA TR 029) + Sismico (EOTA TR 045)

Categoria di performance sismica: C1

Tipologia di verifica sismica: 5.3 a1) Progettazione per gerarchia delle resistenze

Percentuale di carico sismico  $\leq 20\%$ : no

Fissaggio distanziato:  $e_b = 0 \text{ mm}$  (Senza distanziamento);  $t = 20 \text{ mm}$ 

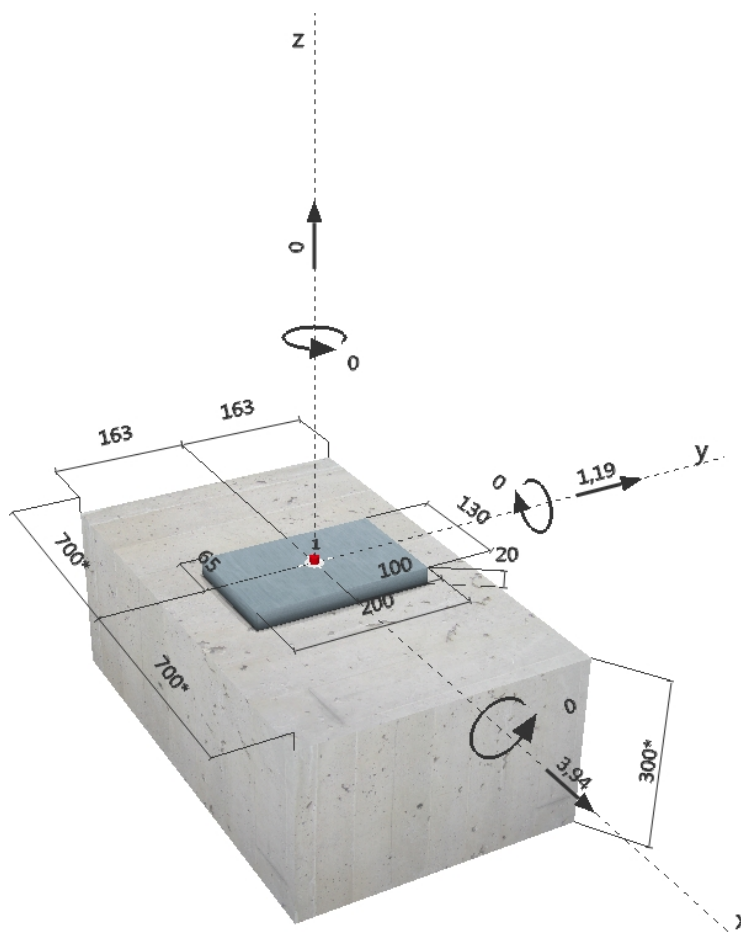
Piastra d'ancoraggio:  $l_x \times l_y \times t = 130 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ ; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)

Profilo: nessun profilo

Materiale base: fessurato calcestruzzo, C20/25,  $f_{cc} = 25,00 \text{ N/mm}^2$ ;  $h = 300 \text{ mm}$ , Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C

Installazione: Foro trapanato con pulizia automatica, Condizioni di installazione: saturo d'acqua

Armatura: nessuna armatura o interasse tra le armature  $\geq 150 \text{ mm}$  (qualunque  $\varnothing$ ) o  $\geq 100 \text{ mm}$  ( $\varnothing \leq 10 \text{ mm}$ ) con armatura di bordo longitudinale  $d \geq 12$ 

**SAFE-ET**
**Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]**


Impresa:	Pagina:	2
Progettista:	Progetto:	Ing. Stefano Orlandi
Indirizzo:	Contratto N°:	
Telefono   Fax:	Data:	23/12/2015
E-mail:		

Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Utilizzo massimo [%]
1	Combinazione 1	$N = 0,000; V_x = 1,190; V_y = 3,940;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000$	C1	no	31
2	Combinazione 2	$N = 0,000; V_x = 3,940; V_y = 1,190;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000$	C1	no	31

## 2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

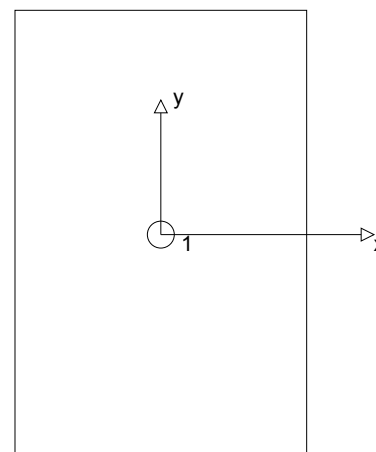
Condizione di carico: Carichi di progetto

### Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	0,000	4,116	3,940	1,190

Compressione max. nel calcestruzzo: - [%]  
Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: - [N/mm<sup>2</sup>]  
risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0/0): 0,000 [kN]  
risultante delle forze di compressione (x/y)=(0/0): 0,000 [kN]



## 3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2, EOTA TR 045, Sezione 5.6)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_N$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura conica del calcestruzzo**	N/A	N/A	N/A	N/A
Fessurazione**	N/A	N/A	N/A	N/A

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

Impresa:  
Progettista:  
Indirizzo:  
Telefono / Fax:  
E-mail:

Pagina: 3  
Progetto: Ing. Stefano Orlandi  
Contratto N°:  
Data: 23/12/2015

#### 4 Carico di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.3, EOTA TR 045, Sezione 5.6)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_v$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	4,116	13,600	31	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout**	4,116	18,962	22	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione x+**	4,116	13,286	31	OK

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

##### 4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$V_{Rk,s,seis}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$V_{Rk,s,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,s,seis}$	$V_{Rd,s,seis}$ [kN]	$V_{Sd,seis}$ [kN]
17,000	1,000	1,000	17,000	1,250	13,600	4,116

##### 4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k-factor	$k_1$
32400	32400	90	180	2,000	7,200
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0	1,000	0	1,000	1,000	1,000
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$V_{Rk,cp,seis}^0$ [kN]	$V_{Rk,cp,seis}$ [kN]	
16,731	1,000	0,850	33,463	28,443	
$\gamma_{M,c,p,seis}$	$V_{Rd,cp,seis}$ [kN]	$V_{Sd,seis}$ [kN]			
1,500	18,962	4,116			

##### 4.3 Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione x+

$h_{ef}$ [mm]	$d_{nom}$ [mm]	$k_1$	$\alpha$	$\beta$	
60	10,0	1,700	0,055	0,055	
$c_1$ [mm]	$c_1'$ [mm]	$A_{c,V}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,V}^0$ [mm <sup>2</sup> ]		
700	200	97800	180000		
$\psi_{s,V}$	$\psi_{h,V}$	$\psi_{a,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$	$\psi_{re,V}$
0,863	1,000	1,037	0	1,000	1,200
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$V_{Rk,c,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,c,seis}$	$V_{Rd,c,seis}$ [kN]
34,151	1,000	1,000	19,929	1,500	$V_{Sd,seis}$ [kN]
					4,116

#### 5 Attenzione

- Fenomeni di redistribuzione dei carichi sugli ancoranti derivanti da eventuali deformazioni elastiche della piastra non sono presi in considerazione. Si assume una piastra di ancoraggio sufficientemente rigida in modo che non risulti deformabile sotto l'azione di carichi!
- Per la corretta scelta della categoria di performance sismica si controlli la normativa nazionale di riferimento.
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria in accordo all'EOTA TR 029 sezione 7!
- Il calcolo è valido solo se le dimensioni dei fori sulla piastra non superano i valori indicati nella Tabella 4.1 da EOTA TR029! Per diametri dei fori superiori vedere il capitolo 1.1 dell'EOTA TR029!
- Il metodo di calcolo ETAG (fori riempiti) presuppone che non ci sia spazio anulare libero tra ancorante e foro nella piastra. Questa condizione può essere ottenuta riempiendo tale spazio con una malta avente sufficiente resistenza a compressione (per es. utilizzando il Set Dinamico Hilti) o ricorrendo ad altre soluzioni idonee.
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- L'adesione chimica caratteristica dipende dalle temperature di breve e di lungo periodo.
- L'armatura di bordo non è necessaria per evitare la modalità di rottura per fessurazione (splitting)

**L'ancoraggio risulta verificato!**

Impresa:  
 Progettista:  
 Indirizzo:  
 Telefono | Fax:  
 E-mail:

Pagina: 4  
 Progetto: Ing. Stefano Orlandi  
 Contratto N°:  
 Data: 23/12/2015

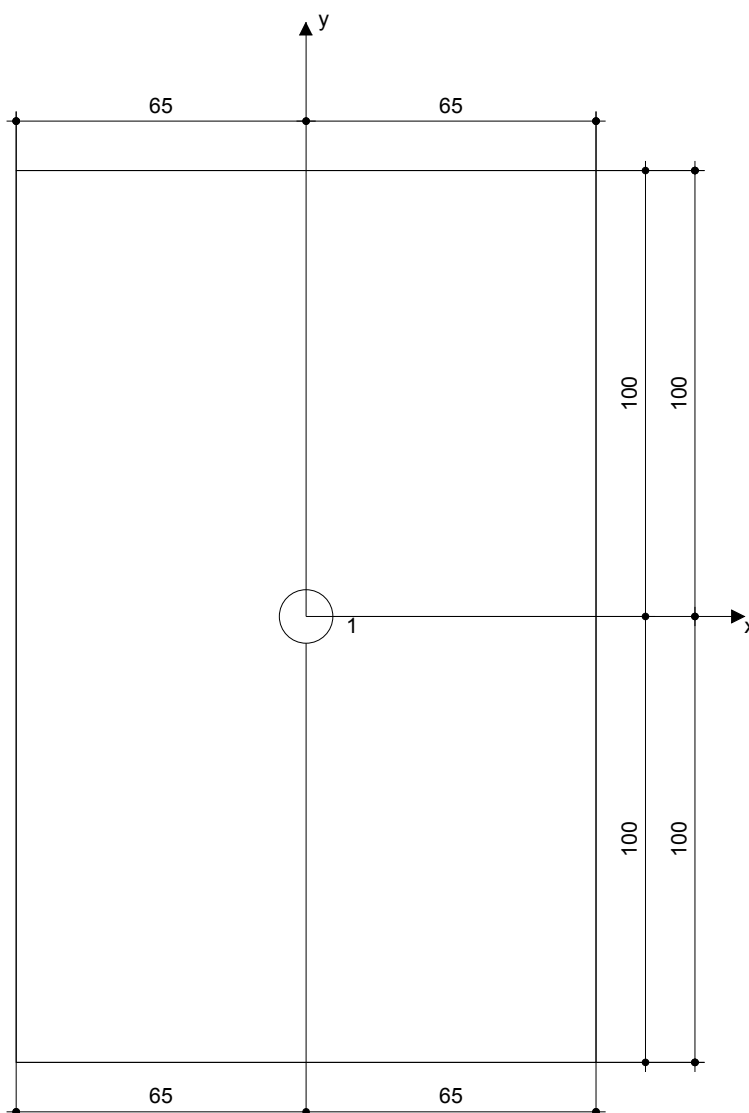
## 6 Dati relativi all'installazione

Piastra d'ancoraggio, acciaio: -  
 Profilo: nessun profilo  
 Diametro del foro nella piastra:  $d_f = 12 \text{ mm}$   
 Spessore della piastra (input): 20 mm  
 Spessore della piastra raccomandato: non calcolato  
 Pulizia: Ottenuto automaticamente durante la perforazione

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-HY 200-A + HIT-Z M10  
 Coppia di serraggio: 0,025 kNm  
 Diametro del foro nel materiale base: 12 mm  
 Profondità del foro nel materiale base: 60 mm  
 Spessore minimo del materiale base: 100 mm

### 6.1 Accessori richiesti

Perforazione	Pulizia	Posa
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idoneo per rotopercussione</li> <li>• Punta dimensionata correttamente per sistema di pulizia automatica SAFEset (TE-CD / TE-YD)</li> <li>• Aspiratore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non sono richiesti accessori</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il dispenser include il portacartucce e il miscelatore</li> <li>• Set Dinamico</li> <li>• Chiave dinamometrica</li> </ul>



### Coordinate dell'ancorante mm

Ancorante	x	y	C <sub>x</sub>	C <sub>+x</sub>	C <sub>y</sub>	C <sub>+y</sub>
1	0	0	700	700	163	163