

**ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO – FANO**  
**Tratto Selci Lama (E45) – S. Stefano di Gaifa**  
**Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (lotto 2)**  
**e del tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3)**  
**1° stralcio**

**PROGETTO DEFINITIVO**

cod. AN58

**PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

**PROGETTISTI:**

*Ing. VINCENZO MARZI*  
*Ordine Ingegneri di Bari n. 3594*

**IL GEOLOGO**

*Geol. FRANCESCO MATALONI*  
*Ordine Geologici del Lazio n. 725*

**IL RESPONSABILE DEL S.I.A.**

*Arch. GIOVANNI MAGARO'*  
*Ordine Architetti di Roma n. 16183*

**COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

*Geom. FABIO QUONDAM*

**VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO**

*Dott. ing. ANTONIO SCALAMANDRÈ*

PROTOCOLLO

DATA:

**OPERE D'ARTE MINORI**  
**GALLERIA GUINZA - LATO UMBRIA**  
**EDIFICIO IMPIANTI - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO**

CODICE PROGETTO			NOME FILE				REVISIONE	
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00FA01STRRE01_A.dwg					
<b>L0702M</b>	<b>D</b>	<b>1801</b>	<b>T00FA01STRRE01</b>				<b>A</b>	
D								
C								
B								
A								
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO		

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....	6
2.1 STANDARDS PROGETTUALI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	9
3. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI DELLE OPERE IN C.A.....	10
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	12
4.1 CALCESTRUZZO.....	12
4.2 ACCIAIO.....	12
4.3 COPRIFERRO .....	13
5. CRITERI GENERALI E DI CALCOLO.....	14
6. PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO.....	16
7. ANALISI DEI CARICHI.....	18
7.1 CARICHI PERMANENTI.....	18
7.1.1 Carichi permanenti strutturali.....	18
7.1.2 Carichi permanenti non strutturali.....	18
7.1.3 Analisi dei carichi delle tamponature.....	19
7.2 CARICHI VARIABILI.....	19
7.2.1 Carico neve .....	19
7.2.2 Carico copertura.....	19
7.2.3 Carico Piano terra.....	19
7.3 INQUADRAMENTO SISMICO.....	20
7.3.1 Parametri sismici adottati per le opere.....	20
8. COMBINAZIONI DI CARICO.....	25

9. CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI MODELLAZIONE .....	31
9.1 DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DI CALCOLO .....	31
9.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO .....	31
9.3 PREFERENZE DI ANALISI.....	33
10. RISULTATI .....	36
10.1 RISPOSTA MODALE .....	36
10.2 SPOSTAMENTI DI INTERPIANO ESTREMI .....	36
10.3 DEFORMATE SIGNIFICATIVE DELLA STRUTTURA.....	38
11. SOLLECITAZIONI .....	40
12. VERIFICHE STRUTTURALI .....	45
12.1 FONDAZIONI .....	45
12.2 PILASTRI .....	46
12.3 TRAVI .....	46
13. VERIFICHE CONSUNTIVE.....	47
13.1 VERIFICHE CONSUNTIVE PILASTRATE C.A. ....	47
13.2 VERIFICHE CONSUNTIVE TRAVATE C.A. ....	47
13.3 VERIFICHE CONSUNTIVE PIASTRE C.A.....	47
14. VERIFICHE GEOTECNICHE .....	49
15. CONCLUSIONI .....	52
16. DICHIARAZIONE SECONDO NTC 2018 CAP 10.2.....	53

## 1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento delle strutture in c.a. relative all'edificio impianti nell'ambito del progetto definitivo "adeguamento a due corsie della Galleria della Guinza (Lotto 2°) e del Tratto Guinza – Mercatello Ovest (Lotto 3°) .

L'intervento è localizzato tra le Regioni Umbria e Marche, nei Comuni di San Giustino (PG) e Mercatello sul Metauro (PU). Più dettagliatamente, il 2° Lotto comprende la Galleria della Guinza, mentre il 3° Lotto comprende tutte le opere dall'uscita della Guinza sul lato marchigiano, fino al termine dell'intervento.

PROGETTO DEFINITIVO

EDIFICIO IMPIANTI – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

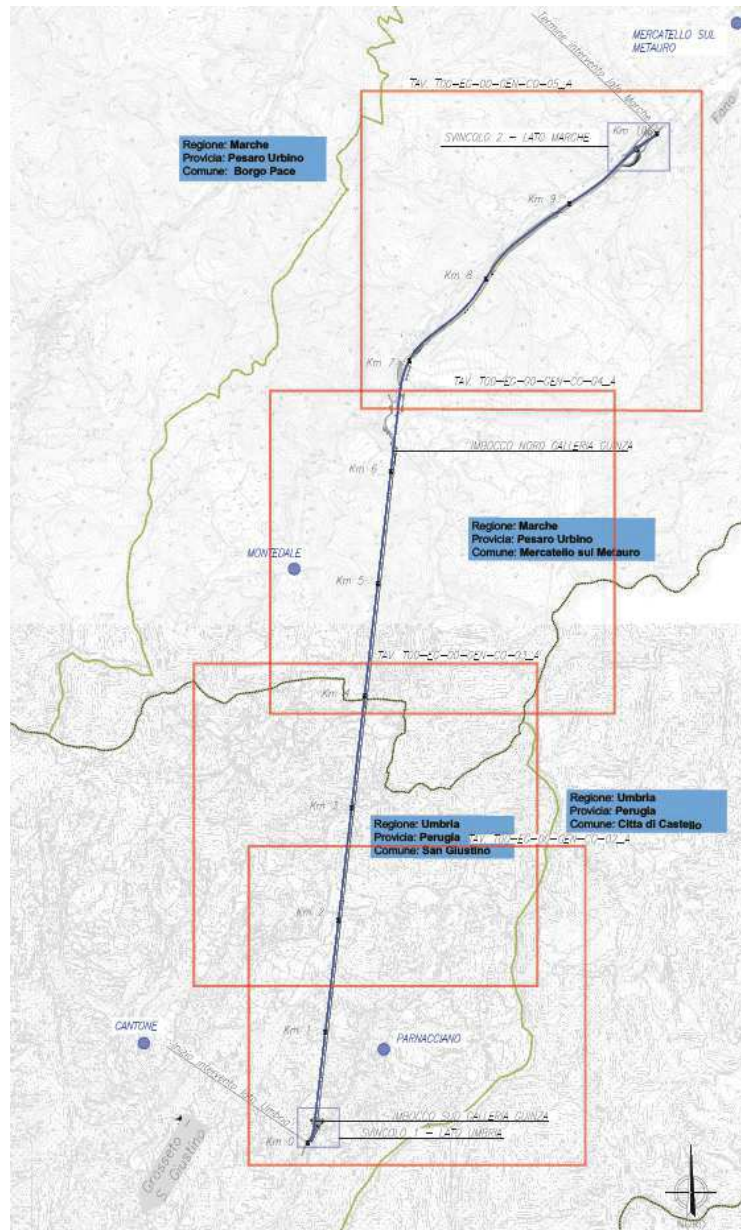


Figura 1: corografia

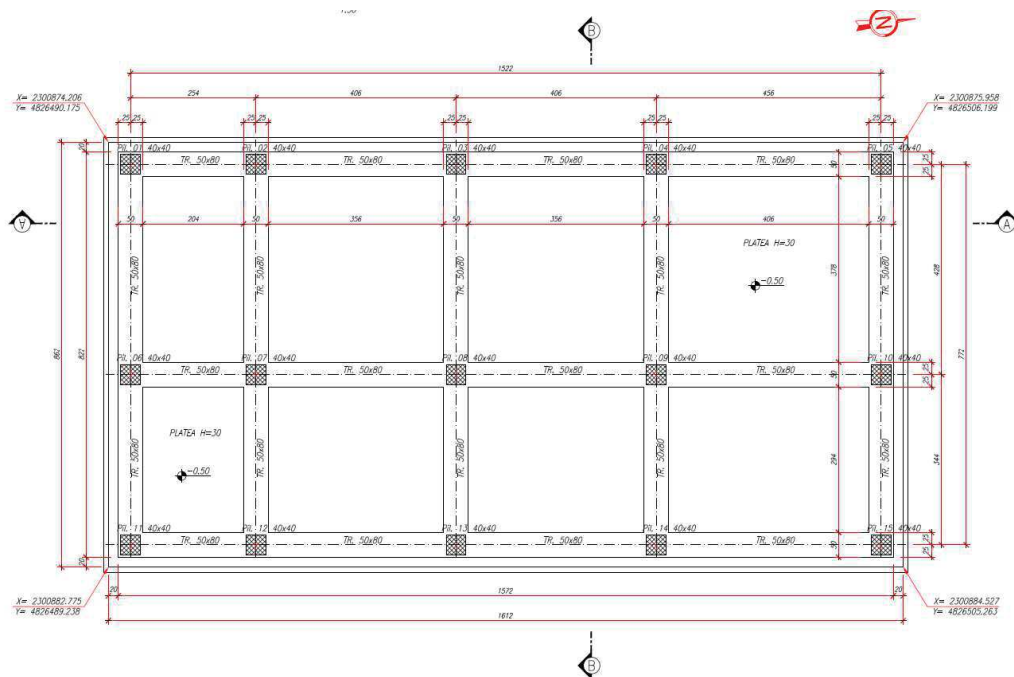
In dettaglio l'edificio è posizionato al km 0+200



1-1 Inquadramento dell'opera

## 2. Descrizione del progetto

L'edificio si sviluppa su un solo piano per un'altezza di circa 5 m fuori tutto e ha dimensioni in pianta di 8m x 16m circa, la struttura portante è realizzata con travi, pilastri. I pilastri hanno sezione quadrata 40cmx40cm, mentre le travi hanno dimensioni 40x50. Il solaio di copertura è in latero cemento con blocchi di alleggerimento in laterizio di altezza 20 cm; è stata prevista una soletta di 5 cm armata tramite una rete elettrosaldata: il solaio ha un'altezza complessiva del solaio di 25 cm. Le tamponature sono realizzate con blocchi in calcestruzzo. Le fondazioni sono costituite da un graticcio di travi rovesce connesse con una platea di spessore pari a 30cm.



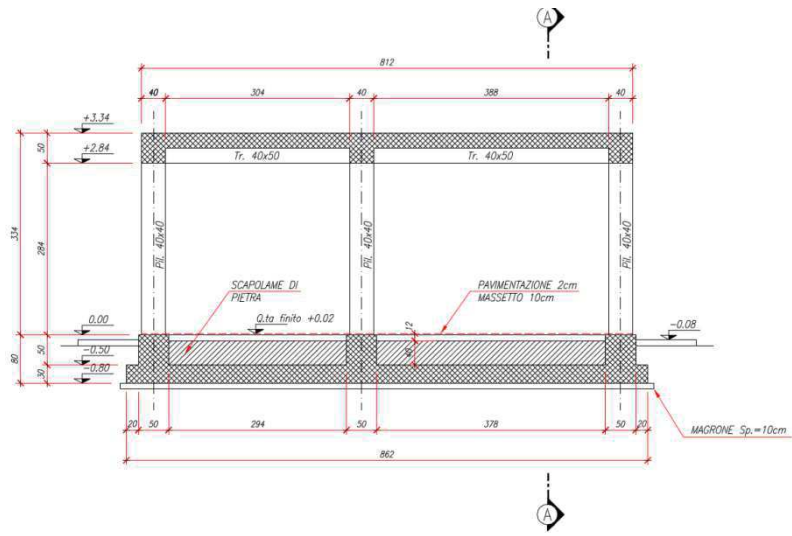
2-1 Carpentaria Fondazioni





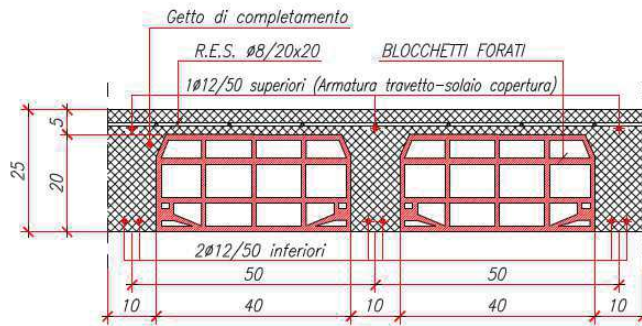
**PROGETTO DEFINITIVO**

**EDIFICIO IMPIANTI – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO**



2-4 Sezione trasversale

*SEZIONE SOLAIO Q.ta +5.35*  
 SCALA 1:10 h=5+20



2-5 Sezione solaio

## 2.1 STANDARDS PROGETTUALI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il progetto è stato redatto seguendo l'istruzione tecnica ANAS - "Capitolato d'oneri - Prescrizioni per la redazione del Progetto esecutivo".

Il progetto è stato eseguito nel rispetto della normativa:

- ◆ Legge 5/11/1981 n. 1086: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale, precompresso ed a struttura metallica".
- ◆ Legge 2 febbraio 1974 n. 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- ◆ D.M. 17 gennaio 2018 – Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni.
- ◆ CIRCOLARE 2 Febbraio 2009 n° 617 – Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14.01.2008.
- ◆ AICAP/93: Ancoraggi nei terreni e nelle rocce. Raccomandazioni.
- ◆ C.N.R. U.N.I. 10011 1988
- ◆ UNI EN 1992-2005 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo.
- ◆ UNI EN 1997-2005 - Progettazione geotecnica.
- ◆ UNI EN 1998-2005 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica.
- ◆ UNI EN 206-1-2001 - Calcestruzzo, "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".

### 3. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI DELLE OPERE IN C.A.

La durabilità di un'opera dipende dalle condizioni ambientali e dalle azioni di tipo chimico-fisiche che possono interessarne gli elementi strutturali nell'arco della vita utile della struttura. Tali azioni, non prese in conto nell'analisi strutturale, richiedono un'opportuna scelta del materiale strutturale ed adeguate disposizioni costruttive.

Il requisito di durabilità si ritiene soddisfatto quando la struttura, per il periodo di vita previsto, è in grado di assolvere le sue funzioni senza limitazioni d'uso essendo soggetta solo a manutenzione ordinaria.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

In accordo con quanto previsto nelle tabelle 4.1.III e 4.1.IV del D.M. 2018 si definiscono le condizioni ambientali ed i relativi limiti di apertura delle fessure accettabili per ciascun elemento strutturale.

Secondo le prescrizioni delle NTC 2018, Tab. 4.1.III:

**Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Per le classi XC4 ed XS1 ricadiamo in condizioni "aggressive".

Scelta degli stati limite di fessurazione secondo la Tab. 4.1.IV delle NTC 2018

**Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione**

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_k$	Stato limite	$w_k$
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Per armature poco sensibili si ha:

Limite di apertura delle fessure per Combinazione di azioni frequente  $\leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$



ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO – FANO  
Tratto Selci lama (E45) – Santo Stefano di Gaifa - Adeguamento a 2 corsie della  
Galleria della Guinza (lotto 2) e del tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3)

**PROGETTO DEFINITIVO**

---

**EDIFICIO IMPIANTI – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO**

---

Limite di apertura delle fessure per Combinazione di azioni quasi perm.  $\leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

## 4.CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 CALCESTRUZZO

Calcestruzzo fondazione:

Classe di resistenza	<b>C25/30</b>		
Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	$\geq$	30.00 MPa
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck}$	$=$	24.90 MPa
coefficiente del materiale	$\gamma_c$	$=$	1.50
Modulo elastico (istantaneo)	$E_{cm}$	$=$	31 447 MPa
Coefficiente di Poisson	$\nu$	$=$	0.10
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{ck}$	$=$	14.11 MPa
Resistenza a trazione semplice (assiale)	$f_{ctm}$	$=$	2.56 MPa
Resistenza a trazione semplice (assiale) caratteristica	$f_{ctk}$	$=$	1.79 MPa
Resistenza (media) a trazione per flessione	$f_{cfm}$	$=$	3.07 MPa
Resistenza a trazione per flessione caratteristica	$f_{cfk}$	$=$	2.15 MPa

Calcestruzzo Sovrastuttura:

Classe di resistenza	<b>C28/35</b>		
Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	$\geq$	35.00 MPa
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck}$	$=$	29.05 MPa
coefficiente del materiale	$\gamma_c$	$=$	1.50
Modulo elastico (istantaneo)	$E_{cm}$	$=$	32 588 MPa
Coefficiente di Poisson	$\nu$	$=$	0.10
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{ck}$	$=$	16.46 MPa
Resistenza a trazione semplice (assiale)	$f_{ctm}$	$=$	2.83 MPa
Resistenza a trazione semplice (assiale) caratteristica	$f_{ctk}$	$=$	1.98 MPa
Resistenza (media) a trazione per flessione	$f_{cfm}$	$=$	3.40 MPa
Resistenza a trazione per flessione caratteristica	$f_{cfk}$	$=$	2.38 MPa

### 4.2 ACCIAIO

Acciaio	<b>B450C</b>		
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	$\geq$	540.00 MPa
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	$\geq$	450.00 MPa

coefficiente del materiale	$\gamma_s$	=	<b>1.15</b>	
tensione caratteristica di snervamento di calcolo	$f_{yd}$	≥	391.30	MPa
Modulo elastico	$E_s$	=	206 000.00	MPa

### 4.3 COPRIFERRO

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale  $c_{nom}$  è somma di due contributi, il copriferro minimo  $c_{min}$  e la tolleranza di posizionamento  $h$ . Vale pertanto:  $c_{nom} = c_{min} + h$ .

#### Copriferro fondazione:

Classe di resistenza adottata	<b>C25/30</b>
Resistenza cubica a compressione (Rck)	<b>30</b>
Classe di esposizione ambiente	<b>XC2</b>
Vita nominale (Vn)	<b>Ordinarie</b>
<b>Copriferro progetto (mm)</b>	<b>50</b>
	<b>35</b>

#### Copriferro sovrastruttura:

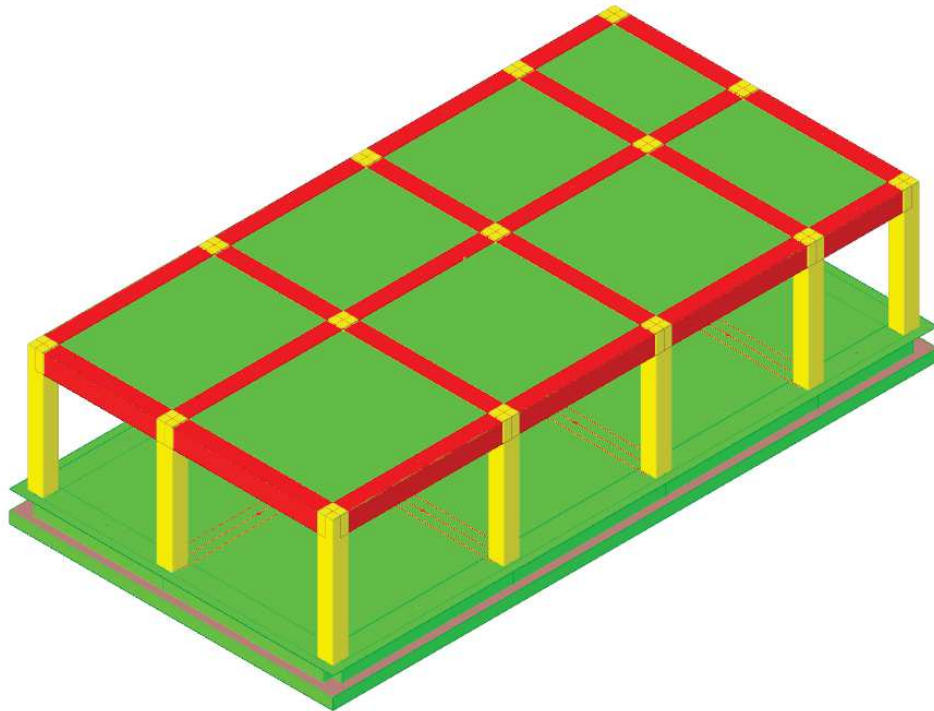
Classe di resistenza adottata	<b>C28/35</b>
Resistenza cubica a compressione (Rck)	<b>35</b>
Classe di esposizione ambiente	<b>XC1</b>
Vita nominale (Vn)	<b>Ordinarie</b>
<b>Copriferro progetto (mm)</b>	<b>50</b>
	<b>35</b>

## 5.CRITERI GENERALI E DI CALCOLO

L'edificio in c.a. in oggetto è stato schematizzato con un telaio tridimensionale composto da elementi trave ed elementi pilastro incastrato alla base sulle travi di fondazione. La platea di fondazione è stata modellata su suolo alla Winkler. Tale modello è stato pensato come un insieme di elementi resistenti piani a telaio connessi da un diaframma orizzontale.

In questo modo il numero di gradi di libertà viene ridotto osservando che il solaio, a causa della sua elevata rigidità assiale, può essere certamente considerato come elemento indeformabile nel proprio piano, mantenendo, però, la propria deformabilità flessionale. Ciò comporta che può essere considerato, nel proprio piano, come un solo elemento rigido, caratterizzato solamente da tre gradi di libertà: due traslazioni lungo gli assi X ed Y ed una rotazione attorno all'asse Z.

Quindi, per affrontare il calcolo nel suo complesso, tenendo conto di questo specifico comportamento strutturale degli edifici, il solaio è stato modellato nel software Sismicad come elemento rigido affinché i nodi appartenenti al piano di copertura si spostino rigidamente in direzione orizzontale.



5-1 Vista assonometrica estrusa del modello

Gli elementi strutturali principali, Travi e Pilastri, vengono modellati tramite gli Elementi Finiti monodimensionali di tipo "frames", le piastre di fondazione come elementi shell. Gli elementi frames utilizzano una formulazione a trave-pilastro tridimensionale di carattere generale che

include gli effetti della flessione biassiale e della torsione, nonché quelli della deformazione assiale e delle deformazioni biassiali da taglio. La disposizione di tali elementi nell'ambito del modello di calcolo tridimensionale, è accuratamente studiata in modo da risultare aderente alla reale collocazione geometrica nell'ambito architettonico. Tutti gli elementi "frames" vengono inseriti in corrispondenza della maglia tridimensionale dei fili fissi dei pilastri e delle travi dell'edificio per tener conto delle compenetrazioni tra elementi e quindi delle dimensioni finite dei nodi trave-pilastro.

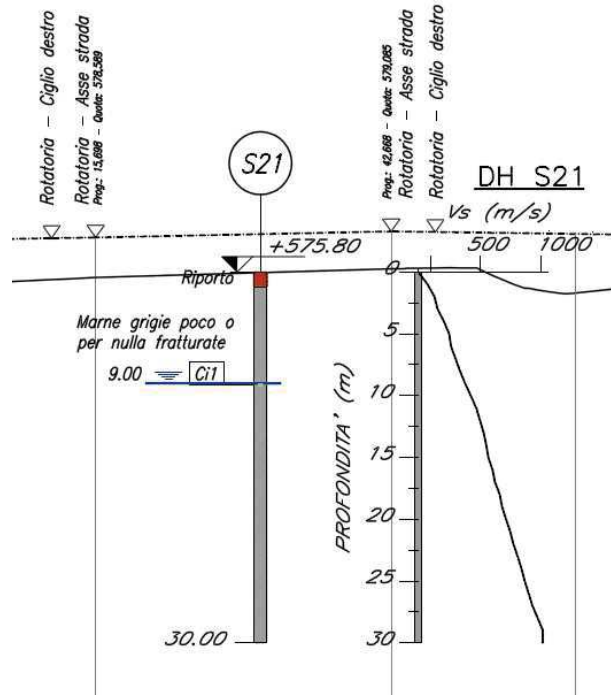
Il modello così definito viene elaborato tramite il noto "Metodo degli Elementi Finiti". Alla struttura sono applicati i carichi con distribuzione tale da creare le massime sollecitazioni nei vari elementi considerando la probabilità di contestuale presenza dei valori sollecitanti massimi.

Nell'ottica della nuova Ordinanza in materia di costruzioni in zona sismica, occorre procedere con gli stati limite. Sono definiti "Stati limite" (SL) le condizioni oltre le quali la struttura o una sua parte non soddisfa più i requisiti di comportamento per le quali è destinata e progettata. Lo SLU (alias stato limite ultimo) rappresenta il limite oltre il quale si ha una situazione di pericolo per la resistenza della struttura, che può portare al collasso o a cedimenti strutturali che possono generare pericolo per persone e cose che si trovano nell'edificio o negli spazi circostanti. Si può quindi avere la perdita di stabilità della struttura, la trasformazione della struttura in un cinematismo per l'apertura di cerniere plastiche, ecc. Gli SLE (stati limite di esercizio) rappresentano invece il limite oltre il quale si crea una condizione non ottimale per l'utilizzo della struttura, che al massimo può impedirne il funzionamento; l'integrità strutturale non viene quindi intaccata, ma non può comunque garantire la funzione per la quale è stata costruita. L'analisi viene quindi spinta secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite che associa a grandezze statistiche a coefficienti parziali di sicurezza deterministiche. Per l'edificio si farà riferimento ad un'analisi elastico lineare con un tipo di struttura considerata non dissipativa, pertanto sarà utilizzato un  $q=1.5$  per l'SLV e SLD.



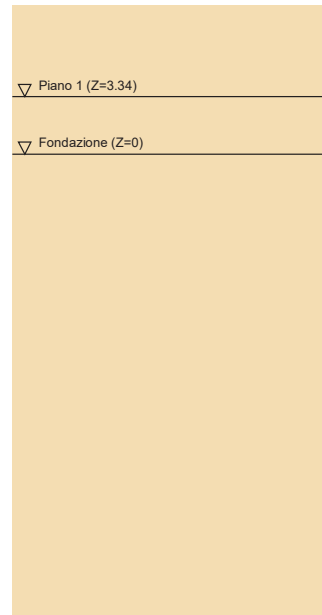
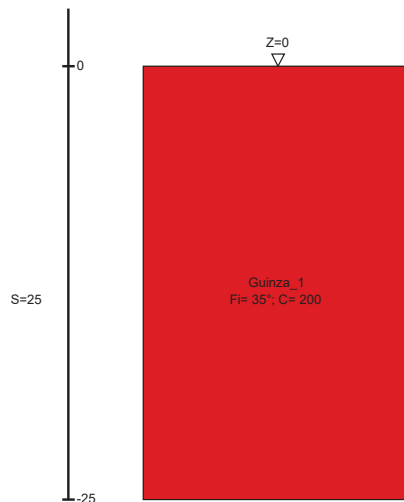
## 6. Parametri geotecnici di calcolo

Il profilo stratigrafico, lungo l'asse principale dove sono ubicate le opere, può ritenersi omogeneo e caratterizzato dalla presenza di marne poco o per nulla fratturate come mostrato nella stratigrafia proveniente dal sondaggio S21 mostrato in figura.



Si riporta di seguito la stratigrafia di progetto.

I valori sono espressi in m



### Stratigrafie

**Terreno:** terreno mediamente uniforme presente nello strato.

**Sp.:** spessore dello strato. [m]

**Liqf:** indica se considerare lo strato come liquefacibile nelle combinazioni sismiche.

**Kor,i:** coefficiente K orizzontale al livello inferiore dello strato per modellazione palo. [kN/m<sup>3</sup>]

**Kor,s:** coefficiente K orizzontale al livello superiore dello strato per modellazione palo. [kN/m<sup>3</sup>]

**Kve,i:** coefficiente K verticale al livello inferiore dello strato per modellazione palo. [kN/m<sup>3</sup>]

**Kve,s:** coefficiente K verticale al livello superiore dello strato per modellazione palo. [kN/m<sup>3</sup>]

**Eel,i:** modulo elastico al livello inferiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [kN/m<sup>2</sup>]

**Eed,s:** modulo edometrico al livello superiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [kN/m<sup>2</sup>]

**Eed,i:** modulo edometrico al livello inferiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [kN/m<sup>2</sup>]

**CC,s:** coefficiente di compressione vergine CC al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

**CC,i:** coefficiente di compressione vergine CC al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

**CR,s:** coefficiente di ricomprensione CR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

**CR,i:** coefficiente di ricomprensione CR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

**E0,s:** indice dei vuoti E0 al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.

**E0,i:** indice dei vuoti E0 al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.

**OCR,s:** indice di sovraconsolidazione OCR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.

**OCR,i:** indice di sovraconsolidazione OCR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.

Terreno	Sp.	Liqf	Kor,i	Kor,s	Kve,i	Kve,s	Eel,s	Eel,i	Eed,s	Eed,i	CC,s	CC,i	CR,s	CR,i	E0,s	E0,i	OCR,s	OCR,i
Guinza_1	25	No	15000	10000	10000	10000	1.0E6	1.0E6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Descrizione	Coesione	Coesione non drenata	Attrito interno	δ	Coeff. di Adesione	Coeff. di spinta K0	γ naturale	γ saturo	E	v	Rqd	Permeabilità Kh	Permeabilità Kv
Guinza_1	200	0	35	25	1	0.43	19.5	21.5	1000000	0.3	0	0.001	0.0001

## 7.ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 CARICHI PERMANENTI

#### 7.1.1 Carichi permanenti strutturali

Peso proprio dei singoli elementi strutturali, calcolato direttamente dal programma di calcolo, considerando i seguenti pesi specifici:

Peso specifico cls armato	$\gamma_{cls}$	=	25,00	kN/m <sup>3</sup>
---------------------------	----------------	---	-------	-------------------

#### 7.1.2 Carichi permanenti non strutturali

Sono i carichi dovuti al solaio e alle tamponature perimetrali:

*Analisi dei carichi del solaio*

Geometria del solaio

Larghezza totale travetti	$i$	=	10	cm
Larghezza del blocco in laterizio	$b_p$	=	40	cm
Altezza del blocco in laterizio	$h$	=	20	cm
Spessore soletta collaborante	$s$	=	5	cm
Altezza solaio	$H$	=	25	cm

Spessore massetto	$S_m$	=	5	cm
-------------------	-------	---	---	----

Pesi specifici

Peso specifico cls armato	$\gamma_{cls}$	=	25,00	kN/m <sup>3</sup>
---------------------------	----------------	---	-------	-------------------

Peso specifico massetto	$\gamma_m$	=	21,00	kN/m <sup>3</sup>
-------------------------	------------	---	-------	-------------------

Analisi dei carichi solaio

Carichi permanenti

Solaio+laterizi	$g_k$	=	3.25	kN/m <sup>2</sup>
-----------------	-------	---	------	-------------------

Carichi permanenti non strutturali

Massetto	$g_{k,massetto}$	=	1,25	kN/m <sup>2</sup>
----------	------------------	---	------	-------------------

Guaina di impermeabilizzazione	$g_{k,guaina}$	=	1.75	kN/m <sup>2</sup>
--------------------------------	----------------	---	------	-------------------

$$\text{Totale} \quad g_{k2} \quad = \quad 3 \quad \text{kN/m}^2$$

### 7.1.3 Analisi dei carichi delle tamponature

Le tamponature perimetrali dell'edificio sono *tamponature monostrato*. Si utilizzano blocchi in cemento forati (percentuale foratura del 61%) con dimensioni modulari di 50x20x25 cm.



Si considera un peso specifico della tamponatura pari a:

$$\gamma_{tamp.} = 11 \frac{kN}{m^3}$$

Considerando uno spessore di 0,25 m si ottiene un carico pari a:

$$P_1 = 11 \cdot 0,25 = 2,75 \frac{kN}{m^2}$$

## 7.2 CARICHI VARIABILI

### 7.2.1 Carico neve

Il carico dovuto all'azione della neve è stato assunto pari a 2 kN/m<sup>2</sup>.

### 7.2.2 Carico copertura

Il carico sulla copertura, considerata accessibile viene preso pari a 0.5 kN/m<sup>2</sup>.

### 7.2.3 Carico Piano terra

Con riferimento alla tabella Tab. 3.1.II del D.M. 2018 il carico a piano terra viene assunto pari a 6 kN/m<sup>2</sup> per tener conto della presenza degli impianti.

### 7.3 Inquadramento sismico

La normativa precedente sulle costruzioni in zona sismica (D.M. LLPP 16 gennaio 1996) suddivideva il territorio nazionale, dal punto di vista sismico, in “zone non classificate” e in “zone classificate”, quest’ultime erano suddivise in tre categorie sismiche.

La nuova legislazione antisismica viene sancita dal D.M. 17 gennaio 2018 “norme tecniche per le costruzioni”

#### CRITERIO DI VALUTAZIONE DELL’AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_vR$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ ,

Ai fine della Normativa vigente le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_vR$  a partire dai valori dei seguenti parametri sul sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

#### 7.3.1 Parametri sismici adottati per le opere

Saranno fornite le caratteristiche spettrali per tutti gli stati limite di verifica e cioè

**SLO – Stato limite di operatività**

**SLD – Stato limite di danno**

**SLV – Stato limite di salvaguardia della vita**

**SLC – Stato limite di collasso**

Nelle verifiche delle opere fuori terra sono stati assunti i seguenti parametri sismici:

**Vita nominale dell’opera 50 anni**

**Classe d’uso dell’opera III**

**Categoria del suolo B**

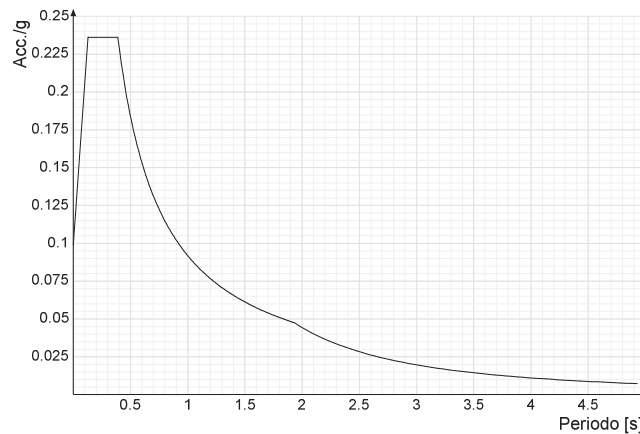
Per gli stati limite di esercizio e ultimo lo spettro di progetto da utilizzare, sia per le componenti orizzontali sia per quelle verticali è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di

superamento nel periodo di riferimento considerata, con le ordinate ridotte sostituendo il coefficiente  $\eta$  con  $1/q$  dove  $q$  è il fattore di struttura definito opportunamente secondo quanto riportato al capitolo 7 del DM 18-1-2018.

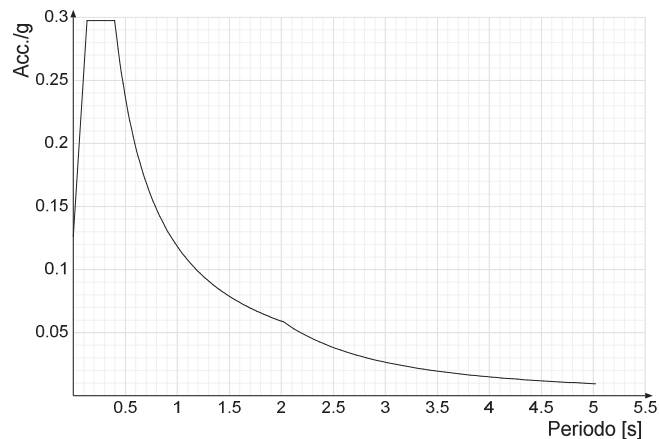
Si otterrà per un fattore di struttura 1.5.

Stato limite	Pvr(%)	Tr(anni)	Ag/g	Fo	Tc*(sec)
SLO	Default (81)	45	0.0825	2.387	0.273
SLD	Default (63)	75	0.105	2.36	0.28
SLV	Default (10)	712	0.2532	2.393	0.311
SLC	Default (5)	1462	0.3195	2.417	0.323

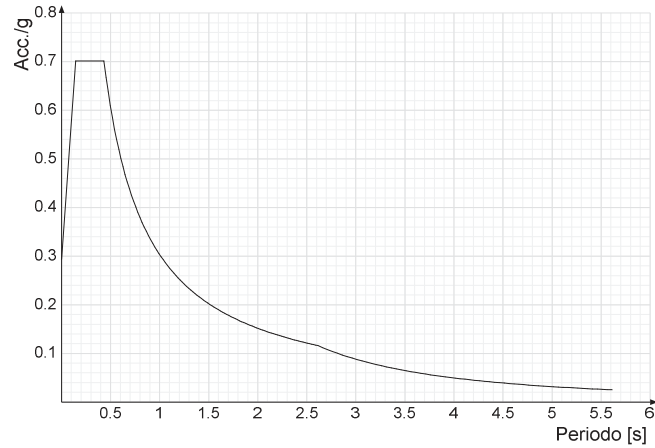
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLO § 3.2.3.2.1 [3.2.2]



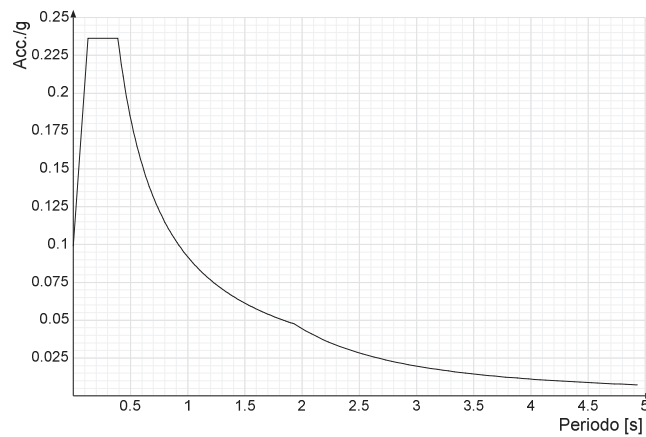
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLD § 3.2.3.2.1 [3.2.2]



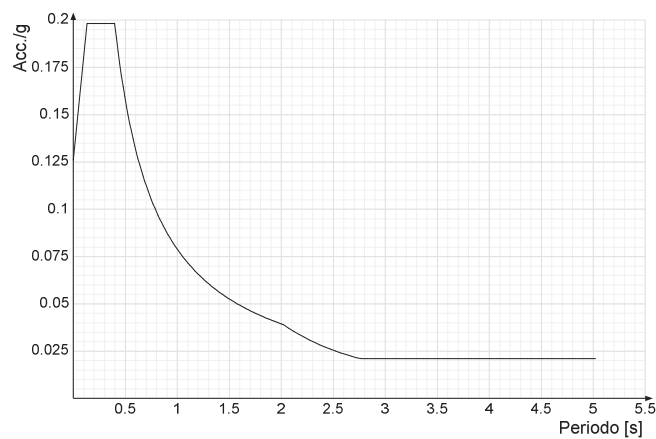
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLV § 3.2.3.2.1 [3.2.2]



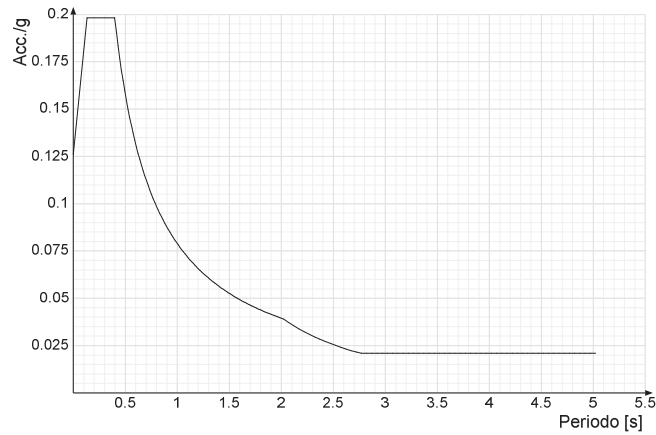
Spettro di risposta di progetto in accelerazione delle componenti orizzontali SLO § 3.2.3.4



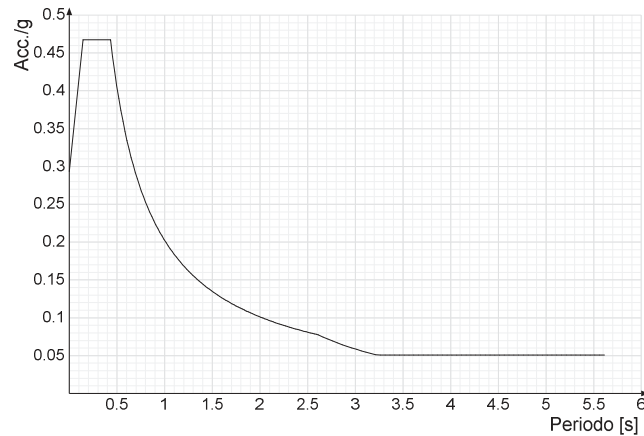
Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLD § 3.2.3.5



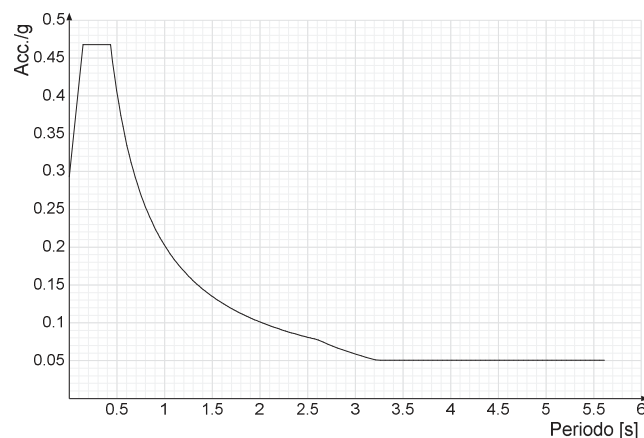
Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente Y SLD § 3.2.3.5



Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLV § 3.2.3.5



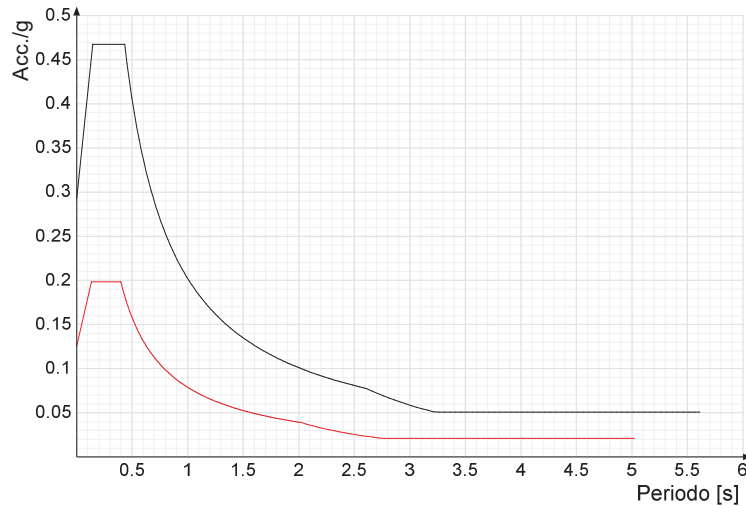
Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente Y SLV § 3.2.3.5



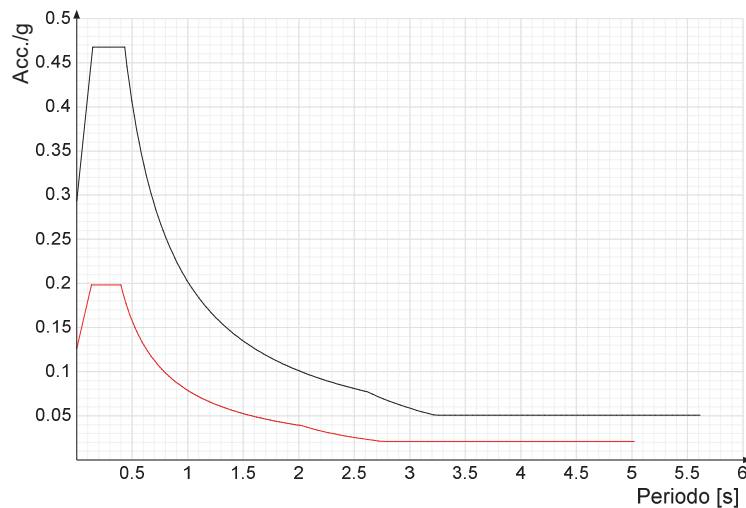


### Confronti spettri SLV-SLD

Vengono confrontati lo spettro Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLD § 3.2.3.5 (di colore rosso) e Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLV § 3.2.3.5 (di colore nero).



Vengono confrontati lo spettro Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente Y SLD § 3.2.3.5 (di colore rosso) e Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente Y SLV § 3.2.3.5 (di colore nero).



## 8. Combinazioni di carico

Il progetto e la verifica di tutti gli elementi strutturali verrà eseguito mediante il Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite. Per quanto concerne le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) e quelle agli stati limite d'esercizio (SLE), le condizioni elementari di carico vengono tra loro combinate in modo da determinare le sollecitazioni più sfavorevoli.

Le combinazioni di carico che verranno considerate nel calcolo delle sollecitazioni rispettano le prescrizioni fornite dalle NTC 2018,

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni (NTC2018).

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (quasi permanente), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (SLE):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Dove:

- a) Azioni Permanenti (G);
- b) Azioni Variabili (Q);
- c) Azioni di Precompressione (P);
- d) Azioni Eccezionali (A);
- e) Azioni Sismiche (E);

I valori dei coefficienti che tengono conto della non contemporaneità dei massimi valori delle azioni sono dati dalla Tab. 2.5.1:

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

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qi}$  sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.1:

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup>Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Di seguito si riportano le combinazioni di carico utilizzate:

**Nome:** E' il nome esteso che contraddistingue la condizione elementare di carico.

**Nome breve:** E' il nome compatto della condizione elementare di carico, che viene utilizzato altrove nella relazione.

**Pesi:** Pesi strutturali

**Port.:** Permanenti portati

**Variabile 2:** Variabile 2

**Neve:** Neve

**Variabile E 1:** Variabile E 1

**$\Delta T$ :**  $\Delta T$

**X SLO:** Sisma X SLO

**Y SLO:** Sisma Y SLO

**Z SLO:** Sisma Z SLO

**EY SLO:** Eccentricità Y per sisma X SLO

**EX SLO:** Eccentricità X per sisma Y SLO

**Tr x SLO:** Terreno sisma X SLO

**Tr y SLO:** Terreno sisma Y SLO

**Tr z SLO:** Terreno sisma Z SLO

**X SLD:** Sisma X SLD

**Y SLD:** Sisma Y SLD

**Z SLD:** Sisma Z SLD

**EY SLD:** Eccentricità Y per sisma X SLD

**EX SLD:** Eccentricità X per sisma Y SLD

**Tr x SLD:** Terreno sisma X SLD

**Tr y SLD:** Terreno sisma Y SLD

**Tr z SLD:** Terreno sisma Z SLD

**X SLV:** Sisma X SLV

**Y SLV:** Sisma Y SLV

**Z SLV:** Sisma Z SLV

**EY SLV:** Eccentricità Y per sisma X SLV

**EX SLV:** Eccentricità X per sisma Y SLV

**Tr x SLV:** Terreno sisma X SLV

**Tr y SLV:** Terreno sisma Y SLV

**Tr z SLV:** Terreno sisma Z SLV

**R Ux:** Rig. Ux

**R Uy:** Rig. Uy

**R Rz:** Rig. Rz

Tutte le combinazioni di carico vengono raggruppate per famiglia di appartenenza. Le celle di una riga contengono i coefficienti moltiplicatori della i-esima combinazione, dove il valore della prima cella è da intendersi come moltiplicatore associato alla prima condizione elementare, la seconda cella si riferisce alla seconda condizione elementare e così via.

### Famiglia SLU

Il nome compatto della famiglia è SLU.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile 2	Neve	Variabile E 1	$\Delta T$
1	SLU 1	1	0.8	0	0	0	0
2	SLU 2	1	0.8	0	0	1.5	0
3	SLU 3	1	0.8	0	0.75	1.5	0
4	SLU 4	1	0.8	0	1.5	0	0
5	SLU 5	1	0.8	0	1.5	1.5	0
6	SLU 6	1	0.8	1.05	0	1.5	0
7	SLU 7	1	0.8	1.05	0.75	1.5	0
8	SLU 8	1	0.8	1.05	1.5	0	0
9	SLU 9	1	0.8	1.05	1.5	1.5	0
10	SLU 10	1	0.8	1.5	0	0	0
11	SLU 11	1	0.8	1.5	0	1.5	0
12	SLU 12	1	0.8	1.5	0.75	0	0
13	SLU 13	1	0.8	1.5	0.75	1.5	0
14	SLU 14	1	1.5	0	0	0	0
15	SLU 15	1	1.5	0	0	1.5	0
16	SLU 16	1	1.5	0	0.75	1.5	0
17	SLU 17	1	1.5	0	1.5	0	0
18	SLU 18	1	1.5	0	1.5	1.5	0

PROGETTO DEFINITIVO

EDIFICIO IMPIANTI – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile 2	Neve	Variabile E 1	ΔT
19	SLU 19	1	1.5	1.05	0	1.5	0
20	SLU 20	1	1.5	1.05	0.75	1.5	0
21	SLU 21	1	1.5	1.05	1.5	0	0
22	SLU 22	1	1.5	1.05	1.5	1.5	0
23	SLU 23	1	1.5	1.5	0	0	0
24	SLU 24	1	1.5	1.5	0	1.5	0
25	SLU 25	1	1.5	1.5	0.75	0	0
26	SLU 26	1	1.5	1.5	0.75	1.5	0
27	SLU 27	1.3	0.8	0	0	0	0
28	SLU 28	1.3	0.8	0	0	1.5	0
29	SLU 29	1.3	0.8	0	0.75	1.5	0
30	SLU 30	1.3	0.8	0	1.5	0	0
31	SLU 31	1.3	0.8	0	1.5	1.5	0
32	SLU 32	1.3	0.8	1.05	0	1.5	0
33	SLU 33	1.3	0.8	1.05	0.75	1.5	0
34	SLU 34	1.3	0.8	1.05	1.5	0	0
35	SLU 35	1.3	0.8	1.05	1.5	1.5	0
36	SLU 36	1.3	0.8	1.5	0	0	0
37	SLU 37	1.3	0.8	1.5	0	1.5	0
38	SLU 38	1.3	0.8	1.5	0.75	0	0
39	SLU 39	1.3	0.8	1.5	0.75	1.5	0
40	SLU 40	1.3	1.5	0	0	0	0
41	SLU 41	1.3	1.5	0	0	1.5	0
42	SLU 42	1.3	1.5	0	0.75	1.5	0
43	SLU 43	1.3	1.5	0	1.5	0	0
44	SLU 44	1.3	1.5	0	1.5	1.5	0
45	SLU 45	1.3	1.5	1.05	0	1.5	0
46	SLU 46	1.3	1.5	1.05	0.75	1.5	0
47	SLU 47	1.3	1.5	1.05	1.5	0	0
48	SLU 48	1.3	1.5	1.05	1.5	1.5	0
49	SLU 49	1.3	1.5	1.5	0	0	0
50	SLU 50	1.3	1.5	1.5	0	1.5	0
51	SLU 51	1.3	1.5	1.5	0.75	0	0
52	SLU 52	1.3	1.5	1.5	0.75	1.5	0

Famiglia SLE rara

Il nome compatto della famiglia è SLE RA.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile 2	Neve	Variabile E 1	ΔT
1	SLE RA 1	1	1	0	0	0	0
2	SLE RA 2	1	1	0	0	1	0
3	SLE RA 3	1	1	0	0.5	1	0
4	SLE RA 4	1	1	0	1	0	0
5	SLE RA 5	1	1	0	1	1	0
6	SLE RA 6	1	1	0.7	0	1	0
7	SLE RA 7	1	1	0.7	0.5	1	0
8	SLE RA 8	1	1	0.7	1	0	0
9	SLE RA 9	1	1	0.7	1	1	0
10	SLE RA 10	1	1	1	0	0	0
11	SLE RA 11	1	1	1	0	1	0
12	SLE RA 12	1	1	1	0.5	0	0
13	SLE RA 13	1	1	1	0.5	1	0

Famiglia SLE frequente

Il nome compatto della famiglia è SLE FR.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile 2	Neve	Variabile E 1	ΔT
1	SLE FR 1	1	1	0	0	0	0
2	SLE FR 2	1	1	0	0	0.9	0
3	SLE FR 3	1	1	0	0.2	0	0
4	SLE FR 4	1	1	0	0.2	0.8	0
5	SLE FR 5	1	1	0.3	0	0.9	0
6	SLE FR 6	1	1	0.3	0.2	0	0
7	SLE FR 7	1	1	0.3	0.2	0.8	0
8	SLE FR 8	1	1	0.5	0	0	0
9	SLE FR 9	1	1	0.5	0	0.8	0

Famiglia SLE quasi permanente

Il nome compatto della famiglia è SLE QP.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile 2	Neve	Variabile E 1	ΔT
1	SLE QP 1	1	1	0	0	0	0
2	SLE QP 2	1	1	0	0	0.8	0
3	SLE QP 3	1	1	0.3	0	0	0
4	SLE QP 4	1	1	0.3	0	0.8	0

Famiglia SLO

Il nome compatto della famiglia è SLO.

PROGETTO DEFINITIVO

EDIFICIO IMPIANTI – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Poiché il numero di condizioni elementari previste per le combinazioni di questa famiglia è cospicuo, la tabella verrà spezzata in più parti.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile 2	Neve	Variabile E 1	ΔT	X SLO
1	SLO 1	1	1	0.3	0	0.8	0	-1
2	SLO 2	1	1	0.3	0	0.8	0	-1
3	SLO 3	1	1	0.3	0	0.8	0	-1
4	SLO 4	1	1	0.3	0	0.8	0	-1
5	SLO 5	1	1	0.3	0	0.8	0	-0.3
6	SLO 6	1	1	0.3	0	0.8	0	-0.3
7	SLO 7	1	1	0.3	0	0.8	0	-0.3
8	SLO 8	1	1	0.3	0	0.8	0	-0.3
9	SLO 9	1	1	0.3	0	0.8	0	0.3
10	SLO 10	1	1	0.3	0	0.8	0	0.3
11	SLO 11	1	1	0.3	0	0.8	0	0.3
12	SLO 12	1	1	0.3	0	0.8	0	0.3
13	SLO 13	1	1	0.3	0	0.8	0	1
14	SLO 14	1	1	0.3	0	0.8	0	1
15	SLO 15	1	1	0.3	0	0.8	0	1
16	SLO 16	1	1	0.3	0	0.8	0	1

Nome	Nome breve	Y SLO	Z SLO	EY SLO	EX SLO	Tr x SLO	Tr y SLO	Tr z SLO
1	SLO 1	-0.3	0	-1	0.3	-1	-0.3	0
2	SLO 2	-0.3	0	1	-0.3	-1	-0.3	0
3	SLO 3	0.3	0	-1	0.3	-1	0.3	0
4	SLO 4	0.3	0	1	-0.3	-1	0.3	0
5	SLO 5	-1	0	-0.3	1	-0.3	-1	0
6	SLO 6	-1	0	0.3	-1	-0.3	-1	0
7	SLO 7	1	0	-0.3	1	-0.3	1	0
8	SLO 8	1	0	0.3	-1	-0.3	1	0
9	SLO 9	-1	0	-0.3	1	0.3	-1	0
10	SLO 10	-1	0	0.3	-1	0.3	-1	0
11	SLO 11	1	0	-0.3	1	0.3	1	0
12	SLO 12	1	0	0.3	-1	0.3	1	0
13	SLO 13	-0.3	0	-1	0.3	1	-0.3	0
14	SLO 14	-0.3	0	1	-0.3	1	-0.3	0
15	SLO 15	0.3	0	-1	0.3	1	0.3	0
16	SLO 16	0.3	0	1	-0.3	1	0.3	0

Famiglia SLD

Il nome compatto della famiglia è SLD.

Poiché il numero di condizioni elementari previste per le combinazioni di questa famiglia è cospicuo, la tabella verrà spezzata in più parti.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile 2	Neve	Variabile E 1	ΔT	X SLD
1	SLD 1	1	1	0.3	0	0.8	0	-1
2	SLD 2	1	1	0.3	0	0.8	0	-1
3	SLD 3	1	1	0.3	0	0.8	0	-1
4	SLD 4	1	1	0.3	0	0.8	0	-1
5	SLD 5	1	1	0.3	0	0.8	0	-0.3
6	SLD 6	1	1	0.3	0	0.8	0	-0.3
7	SLD 7	1	1	0.3	0	0.8	0	-0.3
8	SLD 8	1	1	0.3	0	0.8	0	-0.3
9	SLD 9	1	1	0.3	0	0.8	0	0.3
10	SLD 10	1	1	0.3	0	0.8	0	0.3
11	SLD 11	1	1	0.3	0	0.8	0	0.3
12	SLD 12	1	1	0.3	0	0.8	0	0.3
13	SLD 13	1	1	0.3	0	0.8	0	1
14	SLD 14	1	1	0.3	0	0.8	0	1
15	SLD 15	1	1	0.3	0	0.8	0	1
16	SLD 16	1	1	0.3	0	0.8	0	1

Nome	Nome breve	Y SLD	Z SLD	EY SLD	EX SLD	Tr x SLD	Tr y SLD	Tr z SLD
1	SLD 1	-0.3	0	-1	0.3	-1	-0.3	0
2	SLD 2	-0.3	0	1	-0.3	-1	-0.3	0
3	SLD 3	0.3	0	-1	0.3	-1	0.3	0
4	SLD 4	0.3	0	1	-0.3	-1	0.3	0
5	SLD 5	-1	0	-0.3	1	-0.3	-1	0
6	SLD 6	-1	0	0.3	-1	-0.3	-1	0
7	SLD 7	1	0	-0.3	1	-0.3	1	0
8	SLD 8	1	0	0.3	-1	-0.3	1	0
9	SLD 9	-1	0	-0.3	1	0.3	-1	0
10	SLD 10	-1	0	0.3	-1	0.3	-1	0
11	SLD 11	1	0	-0.3	1	0.3	1	0
12	SLD 12	1	0	0.3	-1	0.3	1	0
13	SLD 13	-0.3	0	-1	0.3	1	-0.3	0
14	SLD 14	-0.3	0	1	-0.3	1	-0.3	0

PROGETTO DEFINITIVO

EDIFICIO IMPIANTI – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Nome	Nome breve	Y SLD	Z SLD	EY SLD	EX SLD	Tr x SLD	Tr y SLD	Tr z SLD
15	SLD 15	0.3	0	-1	0.3	1	0.3	0
16	SLD 16	0.3	0	1	-0.3	1	0.3	0

Famiglia SLV

Il nome compatto della famiglia è SLV.

Poiché il numero di condizioni elementari previste per le combinazioni di questa famiglia è cospicuo, la tabella verrà spezzata in più parti.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile 2	Neve	Variabile E 1	ΔT	X SLV
1	SLV 1	1	1	0.3	0	0.8	0	-1
2	SLV 2	1	1	0.3	0	0.8	0	-1
3	SLV 3	1	1	0.3	0	0.8	0	-1
4	SLV 4	1	1	0.3	0	0.8	0	-1
5	SLV 5	1	1	0.3	0	0.8	0	-0.3
6	SLV 6	1	1	0.3	0	0.8	0	-0.3
7	SLV 7	1	1	0.3	0	0.8	0	-0.3
8	SLV 8	1	1	0.3	0	0.8	0	-0.3
9	SLV 9	1	1	0.3	0	0.8	0	0.3
10	SLV 10	1	1	0.3	0	0.8	0	0.3
11	SLV 11	1	1	0.3	0	0.8	0	0.3
12	SLV 12	1	1	0.3	0	0.8	0	0.3
13	SLV 13	1	1	0.3	0	0.8	0	1
14	SLV 14	1	1	0.3	0	0.8	0	1
15	SLV 15	1	1	0.3	0	0.8	0	1
16	SLV 16	1	1	0.3	0	0.8	0	1

Nome	Nome breve	Y SLV	Z SLV	EY SLV	EX SLV	Tr x SLV	Tr y SLV	Tr z SLV
1	SLV 1	-0.3	0	-1	0.3	-1	-0.3	0
2	SLV 2	-0.3	0	1	-0.3	-1	-0.3	0
3	SLV 3	0.3	0	-1	0.3	-1	0.3	0
4	SLV 4	0.3	0	1	-0.3	-1	0.3	0
5	SLV 5	-1	0	-0.3	1	-0.3	-1	0
6	SLV 6	-1	0	0.3	-1	-0.3	-1	0
7	SLV 7	1	0	-0.3	1	-0.3	1	0
8	SLV 8	1	0	0.3	-1	-0.3	1	0
9	SLV 9	-1	0	-0.3	1	0.3	-1	0
10	SLV 10	-1	0	0.3	-1	0.3	-1	0
11	SLV 11	1	0	-0.3	1	0.3	1	0
12	SLV 12	1	0	0.3	-1	0.3	1	0
13	SLV 13	-0.3	0	-1	0.3	1	-0.3	0
14	SLV 14	-0.3	0	1	-0.3	1	-0.3	0
15	SLV 15	0.3	0	-1	0.3	1	0.3	0
16	SLV 16	0.3	0	1	-0.3	1	0.3	0

Famiglia Calcolo rigidezza torsionale/flessionale di piano

Il nome compatto della famiglia è CRTFP.

Nome	Nome breve	R Ux	R Uy	R Rz
Rig. Ux+	CRTFP Ux+	1	0	0
Rig. Ux-	CRTFP Ux-	-1	0	0
Rig. Uy+	CRTFP Uy+	0	1	0
Rig. Uy-	CRTFP Uy-	0	-1	0
Rig. Rz+	CRTFP Rz+	0	0	1
Rig. Rz-	CRTFP Rz-	0	0	-1

## 9. CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI MODELLAZIONE

Il metodo agli stati limite è stato utilizzato per il progetto e la verifica degli elementi strutturali; le sollecitazioni agenti sulla struttura sono state valutate mediante la scelta di analisi agli elementi finiti utilizzando il programma di calcolo *Sismicad della Concrete s.r.l.*, la cui affidabilità è certificata dalla stessa casa produttrice.

### 9.1 DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DI CALCOLO

Si tratta di un programma di calcolo strutturale che nella versione più estesa è dedicato al progetto e verifica degli elementi in cemento armato, acciaio, muratura e legno di opere civili. Il programma utilizza come analizzatore e solutore del modello strutturale un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale fornito col pacchetto. Il programma è sostanzialmente diviso in tre moduli: un pre-processore che consente l'introduzione della geometria e dei carichi e crea il file dati di input al solutore; il solutore agli elementi finiti; un post processore che a soluzione avvenuta elabora i risultati eseguendo il progetto e la verifica delle membrature e producendo i grafici ed i tabulati di output.

Sismicad della Concrete s.r.l, licenza 8542838 Versione 12.12

### 9.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Il modello di calcolo adottato prevede per la struttura l'implementazione di un modello di calcolo generale, che schematizza il comportamento globale della struttura, la cui risoluzione è stata effettuata con l'ausilio di elaboratore elettronico.

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti :

- 1) per i carichi statici: metodo delle deformazioni;
- 2) per i carichi sismici metodo dell'analisi dinamica con spettro di risposta.

Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che, in corrispondenza dei piani sismici, i solai siano infinitamente rigidi nel loro piano e che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote.

Il sistema costruttivo che caratterizza l'edificio è formato da un insieme coordinato di travi, pilastri, solai collegati tra loro e resi monolitici essenzialmente dalle proprietà coesive del conglomerato cementizio, incrementate dall'efficacia dei legami realizzati tramite la disposizione delle armature all'interno dei getti.



Il metodo utilizzato per la determinazione delle caratteristiche di sollecitazione e delle deformazioni per i vari elementi strutturali prevede un approccio preliminare basato sulla modellazione della struttura attraverso un processo di discretizzazione agli elementi finiti con riferimento ad un modello elastico.

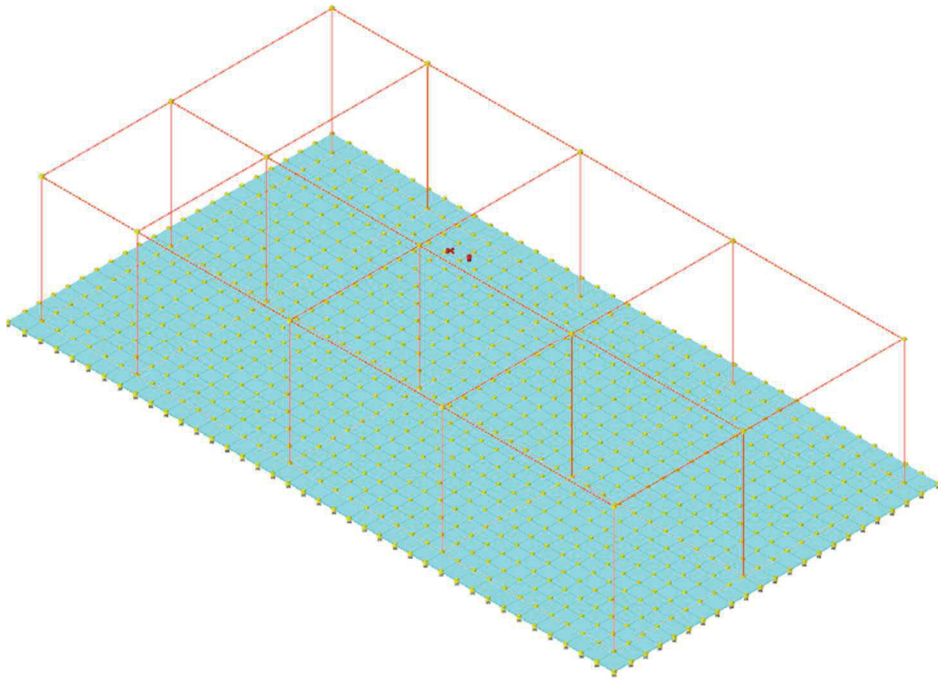
Il modello utilizzato nell'analisi strutturale è di tipo spaziale, elaborato mediante il software SISMICAD in grado di implementare una struttura tridimensionale.

Gli elementi strutturali sono stati schematizzati mediante l'utilizzo di elementi monodimensionali tipo "frame" per riprodurre il comportamento delle membrature aventi una dimensione predominante rispetto alle altre (Travi, Pilastri), e mediante l'utilizzo di elementi di tipo "shell" per riprodurre il comportamento delle membrature aventi due dimensioni predominanti rispetto all'altra (Piastrine, Solette); tutte le altre membrature sono state schematizzate in maniera semplificata, i solai sono stati modellati come carichi superficiali che hanno la proprietà di scaricare il carico di rispettiva competenza sulle travi principali e di simulare la capacità degli orizzontamenti di comportarsi come diaframma, ossia elemento bidimensionale indeformabile nel proprio piano.

Tutte le entità modellate presentano caratteristiche meccaniche in accordo con le proprietà dei materiali e delle sezioni che li rappresentano. Ciascuna asta è stata posizionata in corrispondenza dell'asse baricentrico degli elementi strutturali,.

Il calcolo della portanza (verticale e laterale) è stato redatto mediante l'inserimento di apposita stratigrafia di progetto.

Si riportano nel seguito alcune immagini illustrative del modello di calcolo dell'edificio:



9-1 Vista assonometrica modello agli elementi finiti

### 9.3 PREFERENZE DI ANALISI

**Metodo di analisi** D.M. 17-01-18 (N.T.C.)

**Tipo di costruzione** 2 - Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari

**Vn** 50

**Classe d'uso** III

**Vr** 75

**Tipo di analisi** Lineare dinamica

**Località** Pesaro E Urbino, Mercatello Sul Metauro, Montedale; Latitudine ED50 43.61° (43° 36' 36"); Longitudine ED50 12.29° (12° 17' 24"); Altitudine s.l.m. 676 m.

**Categoria del suolo** B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati

**Categoria topografica** T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

**Ss orizzontale SLO**

1.2

**Tb orizzontale SLO**

0.13

[s]

PROGETTO DEFINITIVO

EDIFICIO IMPIANTI – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Tc orizzontale SLO	0.389	[s]
Td orizzontale SLO	1.93	[s]
Ss orizzontale SLD	1.2	
Tb orizzontale SLD	0.133	[s]
Tc orizzontale SLD	0.398	[s]
Td orizzontale SLD	2.02	[s]
Ss orizzontale SLV	1.16	
Tb orizzontale SLV	0.144	[s]
Tc orizzontale SLV	0.433	[s]
Td orizzontale SLV	2.613	[s]
Ss verticale	1	
Tb verticale	0.05	[s]
Tc verticale	0.15	[s]
Td verticale	1	[s]
St	1	
PVr SLO (%)	81	
Tr SLO	45.16	
Ag/g SLO	0.0825	
Fo SLO	2.387	
Tc* SLO	0.273	
PVr SLD (%)	63	
Tr SLD	75.43	
Ag/g SLD	0.105	
Fo SLD	2.36	
Tc* SLD	0.28	
PVr SLV (%)	10	
Tr SLV	711.84	
Ag/g SLV	0.2532	
Fo SLV	2.393	
Tc* SLV	0.311	
Smorzamento viscoso (%)	5	
Classe di duttilità	Non dissipativa	
Rotazione del sisma	0	[deg]
Quota dello '0' sismico	0	[m]
Regolarità in pianta	Si	
Regolarità in elevazione	No	
Edificio C.A.	Si	
Edificio esistente	No	
T1,x	0.1816	[s]
T1,y	0.19101	[s]
λ SLO,x	1	
λ SLO,y	1	
λ SLD,x	1	
λ SLD,y	1	
λ SLV,x	1	
λ SLV,y	1	

<b>Numero modi</b>	15
<b>Metodo di Ritz</b>	applicato
<b>Limite spostamenti interpiano</b>	0.0033
<b>Fattore di comportamento per sisma SLD X</b>	1.5
<b>Fattore di comportamento per sisma SLD Y</b>	1.5
<b>Fattore di comportamento per sisma SLV X</b>	1.5
<b>Fattore di comportamento per sisma SLV Y</b>	1.5
<b>Coefficiente di sicurezza per carico limite (fondazioni superficiali)</b>	2.3
<b>Coefficiente di sicurezza per scorrimento (fondazioni superficiali)</b>	1.1

Normativa di verifica C.A.

Coefficiente di omogeneizzazione	15
$\gamma_s$ (fattore di sicurezza parziale per l'acciaio)	1.15
$\gamma_c$ (fattore di sicurezza parziale per il calcestruzzo)	1.5
Limite $\sigma_c/f_{ck}$ in combinazione rara	0.6
Limite $\sigma_c/f_{ck}$ in combinazione quasi permanente	0.45
Limite $\sigma_f/f_{yk}$ in combinazione rara	0.8
Coefficiente di riduzione della $\tau$ per cattiva aderenza	0.7
Dimensione limite fessure $w_1$ §4.1.2.2.4	0.02 [cm]
Dimensione limite fessure $w_2$ §4.1.2.2.4	0.03 [cm]
Dimensione limite fessure $w_3$ §4.1.2.2.4	0.04 [cm]
Fattori parziali di sicurezza unitari per meccanismi duttili di strutture esistenti con fattore $q$	No
Copriferro secondo EC2	No

## 10. RISULTATI

### 10.1 RISPOSTA MODALE

**Modo:** identificativo del modo di vibrare.

**Periodo:** periodo. [s]

**Massa X:** massa partecipante in direzione globale X. Il valore è adimensionale.

**Massa Y:** massa partecipante in direzione globale Y. Il valore è adimensionale.

**Massa Z:** massa partecipante in direzione globale Z. Il valore è adimensionale.

**Massa rot. X:** massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale X. Il valore è adimensionale.

**Massa rot. Y:** massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Y. Il valore è adimensionale.

**Massa rot. Z:** massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Z. Il valore è adimensionale.

**Massa sX:** massa partecipante in direzione Sisma X. Il valore è adimensionale.

**Massa sY:** massa partecipante in direzione Sisma Y. Il valore è adimensionale.

Totale masse partecipanti:

Traslazione X: 1

Traslazione Y: 1

Traslazione Z: 0

Rotazione X: 1

Rotazione Y: 1

Rotazione Z: 0.999998

Modo	Periodo	Massa X	Massa Y	Massa Z	Massa rot. X	Massa rot. Y	Massa rot. Z	Massa sX	Massa sY
1	0.191007821	0.000857163	0.636595082	0	0.950223558	0.001290283	0.467225903	0.000857163	0.636595082
2	0.181598606	0.668754957	0.001799263	0	0.002595188	0.976339211	0.096064606	0.668754957	0.001799263
3	0.16414888	0.005065532	0.025916657	0	0.034054387	0.006809766	0.104935666	0.005065532	0.025916657
4	0.060016815	0.000018574	0.000893287	0	0.000455827	0.000035882	0.083192145	0.000018574	0.000893287
5	0.054001788	0.000182482	0.33450013	0	0.012664316	0.00000965	0.196193964	0.000182482	0.33450013
6	0.053588652	0.325111502	0.000175599	0	0.000006394	0.015514923	0.05231406	0.325111502	0.000175599
7	0.015648213	0	0.000127782	0	0.000000173	0	0.000065435	0	0.000127782
8	0.010594205	0.000000099	0.000000212	0	0.000000011	0.000000037	0.000003903	0.000000099	0.000000212
9	0.01056052	0.000000351	0.000000022	0	0.000000002	0.000000093	0.000000585	0.000000351	0.000000022
10	0.007114991	0.000005827	0.000000001	0	0	0.000000019	0.000000702	0.000005827	0.000000001
11	0.007038185	0.000000003	0.000000891	0	0.000000002	0	0.000000367	0.000000003	0.000000891
12	0.004939511	0.000001749	0	0	0	0.000000036	0.000000429	0.000001749	0
13	0.00367516	0	0.000000899	0	0	0	0.000000566	0	0.000000899
14	0.003485873	0.000001671	0	0	0	0.000000004	0.000000119	0.000001671	0
15	0.000551743	0	0.000000007	0	0	0	0.000000003	0	0.000000007

### 10.2 SPOSTAMENTI DI INTERPIANO ESTREMI

**Nodo inferiore:** nodo inferiore.

**I.:** numero dell'elemento nell'insieme che lo contiene.

**Pos.:** coordinate del nodo.

**X:** coordinata X. [m]

**Y:** coordinata Y. [m]

**Z:** coordinata Z. [m]

**Nodo superiore:** nodo superiore.

**I.:** numero dell'elemento nell'insieme che lo contiene.

**Pos.:** coordinate del nodo.

**Z:** coordinata Z. [m]

**Spost. rel.:** spostamento relativo. Il valore è adimensionale.

**Comb.:** combinazione.

**N.b.:** nome breve o compatto della combinazione di carico.

**Spostamento inferiore:** spostamento in pianta del nodo inferiore.

**X:** coordinata X. [m]

**Y:** coordinata Y. [m]

**Spostamento superiore:** spostamento in pianta del nodo superiore.

**X:** coordinata X. [m]

**Y:** coordinata Y. [m]

**S.V.:** si intende non verificato qualora lo spostamento relativo sia superiore al valore limite espresso nelle preferenze di analisi.

Questo capitolo mostra gli spostamenti estremi per ogni interpiano in ognuna delle combinazioni di carico.

PROGETTO DEFINITIVO

EDIFICIO IMPIANTI – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Per spostamenti estremi si intendono i primi 5 spostamenti massimi tra tutti gli interpiani che condividono la stessa quota iniziale e la stessa quota finale.

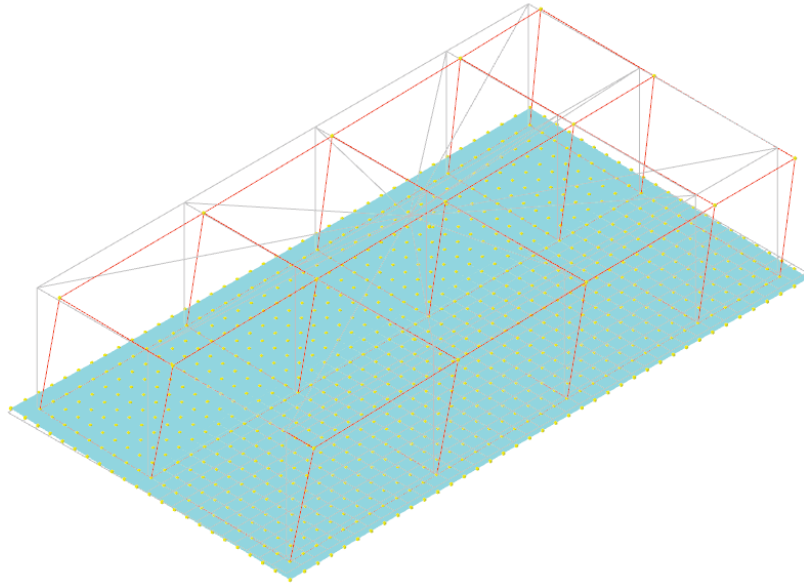
limite = 0.003333; spostamenti calcolati applicando il fattore di duttilità in spostamento  $\mu_d = 1$  secondo D.M. 17-01-18 §7.3.3.3

I.	Nodo inferiore			Nodo superiore			Spost. rel.	Comb.	Spostamento inferiore		Spostamento superiore		S.V.	
	X	Pos.		L.	Pos.	Z			N.b.	X	Y	X		Y
		Y	Z											
404	0	3.44	0	929	3.34	0.000631	SLO 1	-0.0003	-0.00008	-0.00217	-0.00106	si		
845	0	7.72	0	934	3.34	0.00063	SLO 1	-0.00036	-0.00017	-0.00227	-0.00106	si		
851	2.54	7.72	0	935	3.34	0.000627	SLO 1	-0.00036	-0.00008	-0.00227	-0.00094	si		
410	2.54	3.44	0	930	3.34	0.000615	SLO 1	-0.0003	-0.00008	-0.00217	-0.00094	si		
44	0	0	0	924	3.34	0.000615	SLO 1	-0.00027	-0.00008	-0.00207	-0.00106	si		
60	6.6	0	0	926	3.34	0.000631	SLO 2	-0.00031	-0.00007	-0.00231	-0.00074	si		
50	2.54	0	0	925	3.34	0.000627	SLO 2	-0.00031	-0.00002	-0.00231	-0.00065	si		
81	15.22	0	0	928	3.34	0.000626	SLO 2	-0.00034	-0.00019	-0.00231	-0.00089	si		
44	0	0	0	924	3.34	0.000625	SLO 2	-0.00031	0	-0.00231	-0.00061	si		
70	10.66	0	0	927	3.34	0.000621	SLO 2	-0.00034	-0.00012	-0.00231	-0.00078	si		
882	15.22	7.72	0	938	3.34	0.000709	SLO 3	-0.00036	0.00019	-0.00246	0.00127	si		
871	10.66	7.72	0	937	3.34	0.000676	SLO 3	-0.00036	0.0001	-0.00246	0.00091	si		
861	6.6	7.72	0	936	3.34	0.000654	SLO 3	-0.00033	0.00009	-0.00246	0.00055	si		
441	15.22	3.44	0	933	3.34	0.000647	SLO 3	-0.0003	0.00012	-0.00213	0.00127	si		
851	2.54	7.72	0	935	3.34	0.000641	SLO 3	-0.00033	0.00009	-0.00246	0.00026	si		
882	15.22	7.72	0	938	3.34	0.0006	SLO 4	-0.00031	0.0001	-0.00221	0.00075	si		
871	10.66	7.72	0	937	3.34	0.000598	SLO 4	-0.00031	0.00006	-0.00221	0.00069	si		
861	6.6	7.72	0	936	3.34	0.000595	SLO 4	-0.00028	0.0001	-0.00221	0.00059	si		
441	15.22	3.44	0	933	3.34	0.000593	SLO 4	-0.00031	0.00003	-0.00215	0.00075	si		
845	0	7.72	0	934	3.34	0.000591	SLO 4	-0.00028	0.00008	-0.00221	0.00052	si		
60	6.6	0	0	926	3.34	0.00064	SLO 5	-0.00001	-0.00029	-0.00081	-0.00227	si		
81	15.22	0	0	928	3.34	0.00064	SLO 5	-0.00012	-0.00032	-0.00081	-0.00233	si		
44	0	0	0	924	3.34	0.000637	SLO 5	-0.00001	-0.00033	-0.00081	-0.0023	si		
50	2.54	0	0	925	3.34	0.000636	SLO 5	-0.00001	-0.00031	-0.00081	-0.00228	si		
441	15.22	3.44	0	933	3.34	0.000634	SLO 5	-0.0001	-0.00031	-0.00074	-0.00233	si		
81	15.22	0	0	928	3.34	0.000837	SLO 6	-0.00018	-0.00043	-0.00115	-0.00306	si		
441	15.22	3.44	0	933	3.34	0.000809	SLO 6	-0.00011	-0.00043	-0.00076	-0.00306	si		
882	15.22	7.72	0	938	3.34	0.000793	SLO 6	-0.00001	-0.00041	-0.0002	-0.00306	si		
70	10.66	0	0	927	3.34	0.000735	SLO 6	-0.00018	-0.00034	-0.00115	-0.0026	si		
430	10.66	3.44	0	932	3.34	0.000705	SLO 6	-0.00009	-0.00034	-0.00076	-0.0026	si		
882	15.22	7.72	0	938	3.34	0.00087	SLO 7	-0.00018	0.00043	-0.00122	0.00315	si		
441	15.22	3.44	0	933	3.34	0.000834	SLO 7	-0.00008	0.00041	-0.00061	0.00315	si		
81	15.22	0	0	928	3.34	0.00082	SLO 7	0	0.00042	-0.00019	0.00315	si		
871	10.66	7.72	0	937	3.34	0.00075	SLO 7	-0.00018	0.00034	-0.00122	0.00262	si		
430	10.66	3.44	0	932	3.34	0.000699	SLO 7	-0.0001	0.00034	-0.00061	0.00262	si		
882	15.22	7.72	0	938	3.34	0.00067	SLO 8	-0.00012	0.00031	-0.00086	0.00243	si		
441	15.22	3.44	0	933	3.34	0.00066	SLO 8	-0.00008	0.00029	-0.00063	0.00243	si		
81	15.22	0	0	928	3.34	0.000653	SLO 8	-0.00006	0.0003	-0.00052	0.00243	si		
871	10.66	7.72	0	937	3.34	0.000642	SLO 8	-0.00012	0.00029	-0.00086	0.0023	si		
430	10.66	3.44	0	932	3.34	0.000623	SLO 8	-0.00011	0.00029	-0.00063	0.0023	si		
882	15.22	7.72	0	938	3.34	0.000667	SLO 9	0.00012	-0.00032	0.00075	-0.00246	si		
441	15.22	3.44	0	933	3.34	0.000661	SLO 9	0.00009	-0.00029	0.00052	-0.00246	si		
81	15.22	0	0	928	3.34	0.000656	SLO 9	0.00007	-0.00029	0.00041	-0.00246	si		
871	10.66	7.72	0	937	3.34	0.00064	SLO 9	0.00012	-0.00029	0.00075	-0.00233	si		
430	10.66	3.44	0	932	3.34	0.000625	SLO 9	0.00011	-0.00029	0.00052	-0.00233	si		
882	15.22	7.72	0	938	3.34	0.000866	SLO 10	0.00018	-0.00044	0.0011	-0.00318	si		
441	15.22	3.44	0	933	3.34	0.000837	SLO 10	0.00008	-0.00041	0.0005	-0.00318	si		
81	15.22	0	0	928	3.34	0.000828	SLO 10	0	-0.00041	0.00008	-0.00318	si		
871	10.66	7.72	0	937	3.34	0.000745	SLO 10	0.00018	-0.00034	0.0011	-0.00265	si		
430	10.66	3.44	0	932	3.34	0.000702	SLO 10	0.0001	-0.00034	0.0005	-0.00265	si		
81	15.22	0	0	928	3.34	0.000817	SLO 11	0.00018	0.00044	0.00104	0.00303	si		
441	15.22	3.44	0	933	3.34	0.000794	SLO 11	0.00011	0.00043	0.00066	0.00303	si		
882	15.22	7.72	0	938	3.34	0.000783	SLO 11	0.00001	0.00041	0.00009	0.00303	si		
70	10.66	0	0	927	3.34	0.000713	SLO 11	0.00018	0.00035	0.00104	0.00257	si		
430	10.66	3.44	0	932	3.34	0.000687	SLO 11	0.00008	0.00034	0.00066	0.00257	si		
81	15.22	0	0	928	3.34	0.000621	SLO 12	0.00012	0.00032	0.00071	0.00231	si		
60	6.6	0	0	926	3.34	0.000619	SLO 12	0.00001	0.0003	0.00071	0.00224	si		
441	15.22	3.44	0	933	3.34	0.000617	SLO 12	0.00001	0.00031	0.00063	0.00231	si		
44	0	0	0	924	3.34	0.000615	SLO 12	0.00001	0.00033	0.00071	0.00226	si		
50	2.54	0	0	925	3.34	0.000614	SLO 12	0.00001	0.00031	0.00071	0.00224	si		
882	15.22	7.72	0	938	3.34	0.000571	SLO 13	0.00031	-0.0001	0.0021	-0.00078	si		
871	10.66	7.72	0	937	3.34	0.000569	SLO 13	0.00031	-0.00007	0.0021	-0.00072	si		
441	15.22	3.44	0	933	3.34	0.000565	SLO 13	0.00031	-0.00003	0.00204	-0.00078	si		
861	6.6	7.72	0	936	3.34	0.000565	SLO 13	0.00028	-0.00011	0.0021	-0.00062	si		
845	0	7.72	0	934	3.34	0.000562	SLO 13	0.00028	-0.00008	0.0021	-0.00056	si		
882	15.22	7.72	0	938	3.34	0.000682	SLO 14	0.00036	-0.00019	0.00235	-0.0013	si		
871	10.66	7.72	0	937	3.34	0.000649	SLO 14	0.00036	-0.0001	0.00235	-0.00095	si		
861	6.6	7.72	0	936	3.34	0.000624	SLO 14	0.00033	-0.00009	0.00235	-0.00059	si		
441	15.22	3.44	0	933	3.34	0.000624	SLO 14	0.0003	-0.00012	0.00202	-0.0013	si		
851	2.54	7.72	0	935	3.34	0.000609	SLO 14	0.00033	-0.00009	0.00235	-0.00029	si		
60	6.6	0	0	926	3.34	0.000598	SLO 15	0.00031	0.00007	0.0022	0.0007	si		
50	2.54	0	0	925	3.34	0.000593	SLO 15	0.00031	0.00003	0.0022	0.00061	si		
81	15.22	0	0	928	3.34	0.000592	SLO 15	0.00034	0.00019	0.0022	0.00086	si		
44	0	0	0	924	3.34	0.000592	SLO 15	0.00031	0	0.0022	0.00057	si		
70	10.66	0	0	927	3.34	0.000588	SLO 15	0.00034	0.00013	0.0022	0.00075	si		
404	0	3.44	0	929	3.34	0.000597	SLO 16	0.0003	0.00008	0.00206	0.00102	si		
845	0	7.72	0	934	3.34	0.000595	SLO 16	0.00036	0.00017	0.00215	0.00102	si		

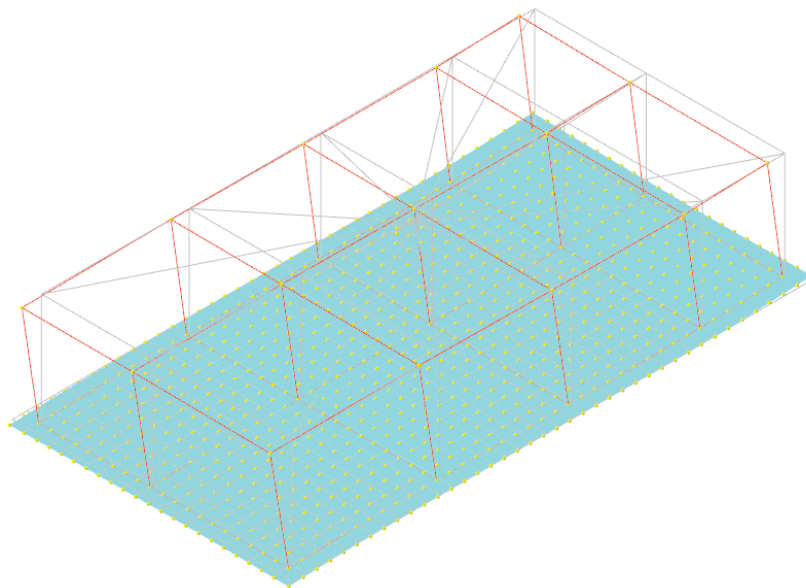
Nodo inferiore				Nodo superiore		Spost. rel.	Comb.	Spostamento inferiore		Spostamento superiore		S.V.
L.	Pos.			L.	Pos.			X	Y	X	Y	
	X	Y	Z		Z							
851	2.54	7.72	0	935	3.34	0.000592	SLO 16	0.00036	0.00008	0.00215	0.00091	si
44	0	0	0	924	3.34	0.000581	SLO 16	0.00027	0.00008	0.00197	0.00102	si
410	2.54	3.44	0	930	3.34	0.000581	SLO 16	0.0003	0.00008	0.00206	0.00091	si

### 10.3 DEFORMATE SIGNIFICATIVE DELLA STRUTTURA

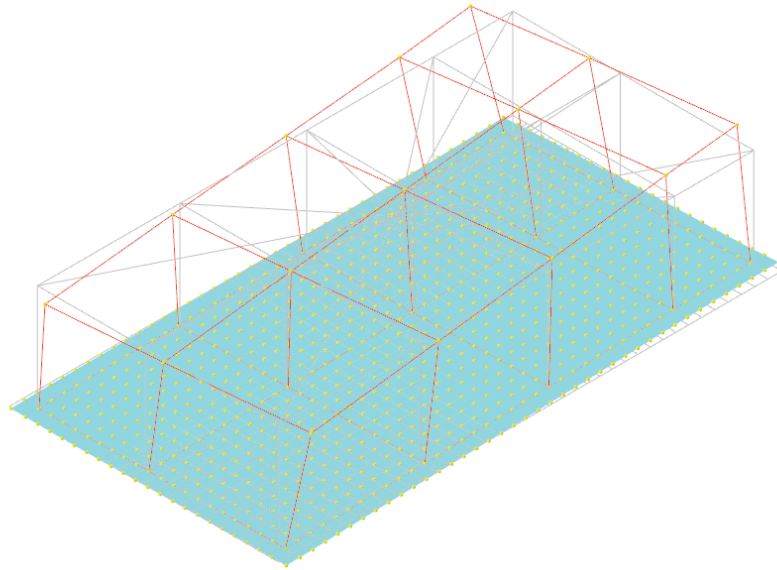
Nelle figure seguenti sono riportate le deformate modali per i modi di vibrazione più significativi:



10-1 Deformata I° Modo di vibrazione



10-2 Deformata II° Modo di vibrazione

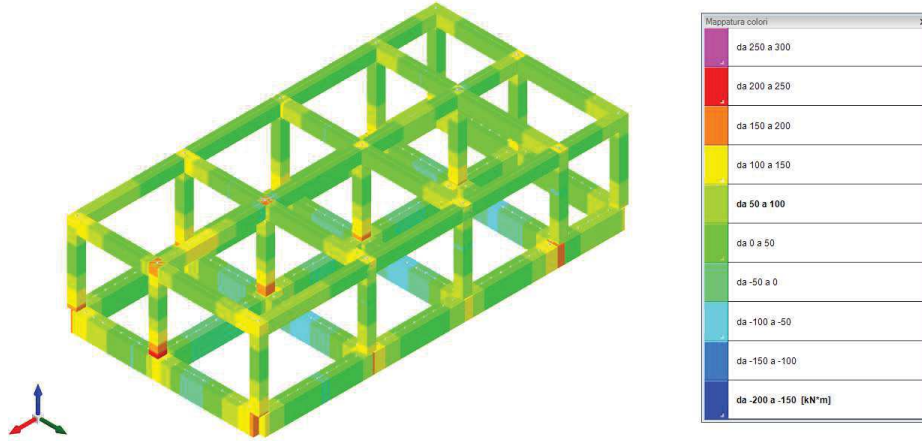


10-3 Deformata III° Modo di vibrazione

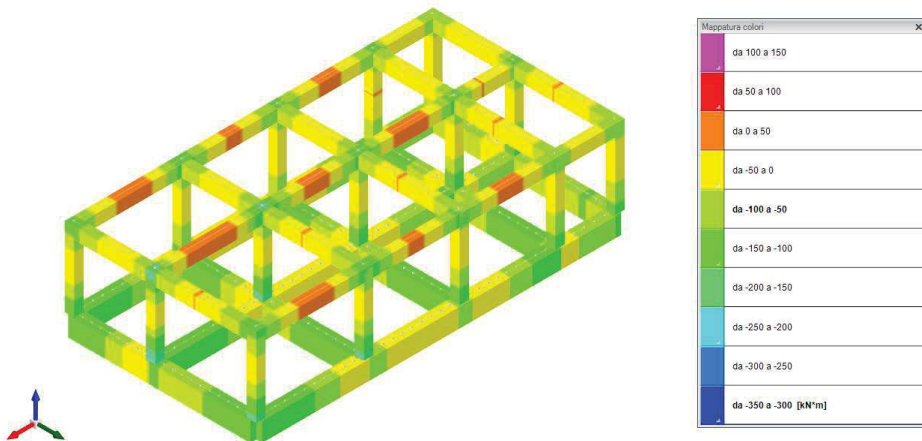


## 11. SOLLECITAZIONI

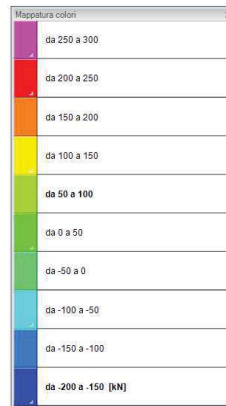
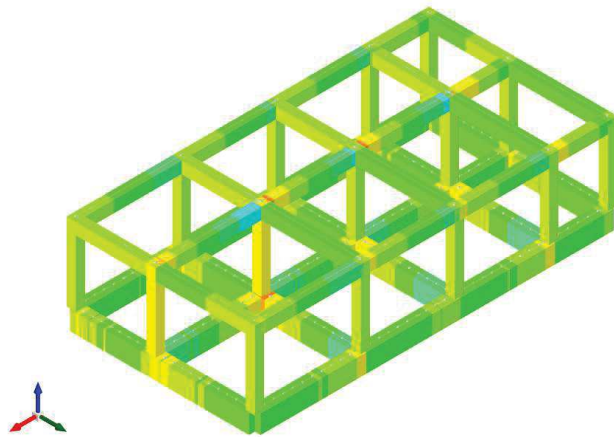
Enve SLU-SLV – M3 ( valori massimi ) – kNm



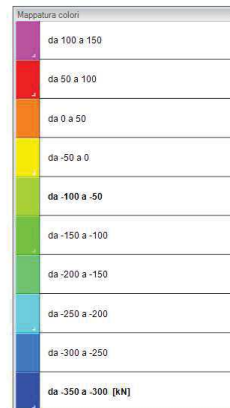
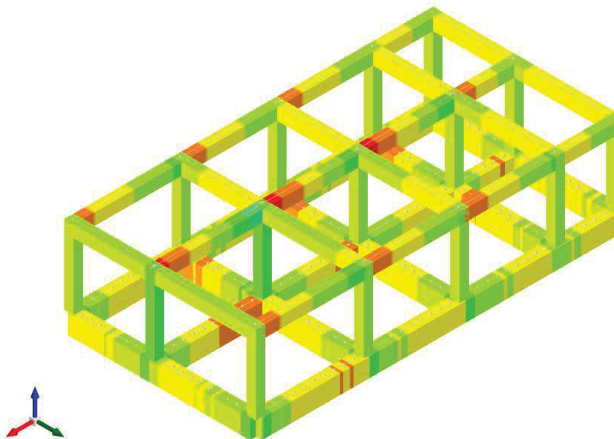
Enve SLU-SLV – M3 ( valori minimi ) – kNm



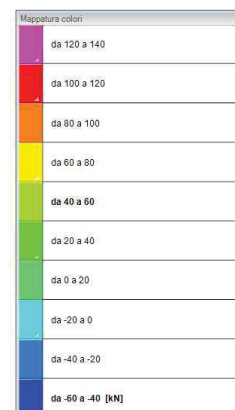
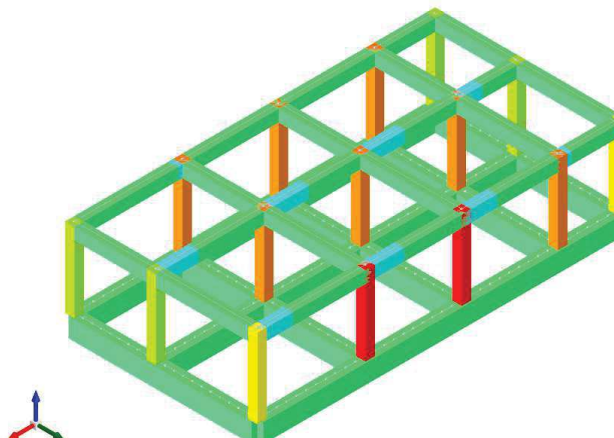
Enve SLU-SLV –F2 max – kN



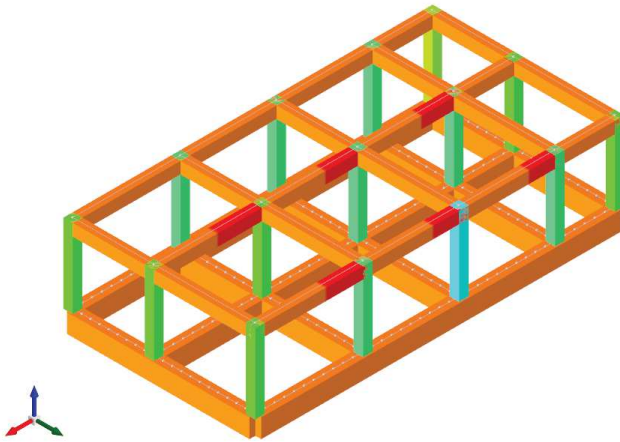
Enve SLU-SLV – F2 min - kN



Enve SLU-SLV –F3 max – kN

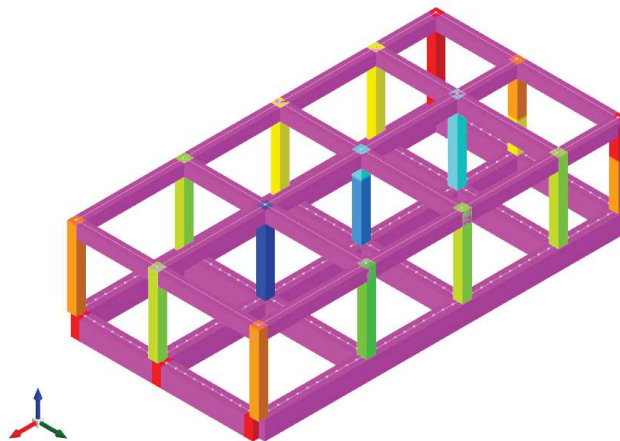


Enve SLU-SLV –F3 min - kN



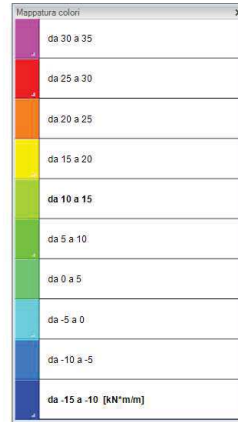
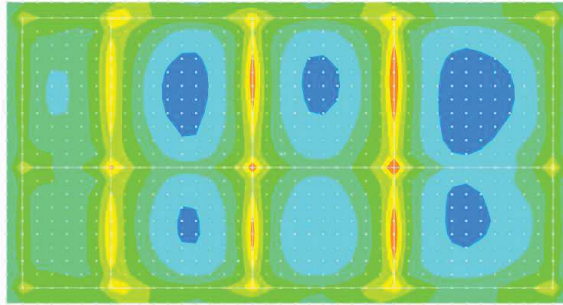
Mappatura colori	
da 20 a 40	
da 0 a 20	
da -20 a 0	
da -40 a -20	
da -60 a -40	
da -80 a -60	
da -100 a -80	
da -120 a -100	
da -140 a -120	
da -160 a -140 [kN]	

Enve SLU-SLV – F(N) min – kN

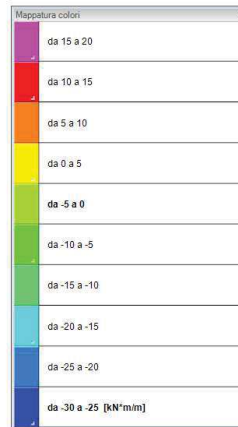
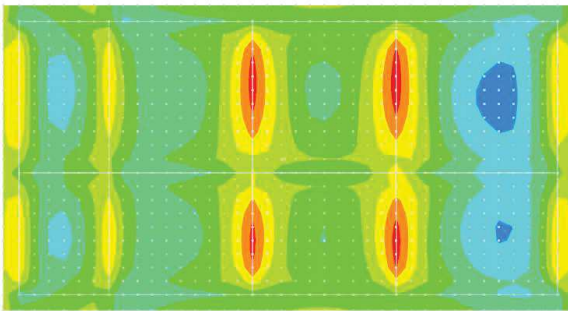


Mappatura colori	
da -50 a 0	
da -100 a -50	
da -150 a -100	
da -200 a -150	
da -250 a -200	
da -300 a -250	
da -350 a -300	
da -400 a -350	
da -450 a -400	
da -500 a -450 [kN]	

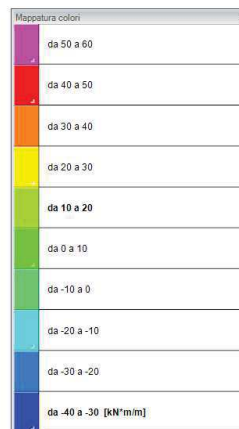
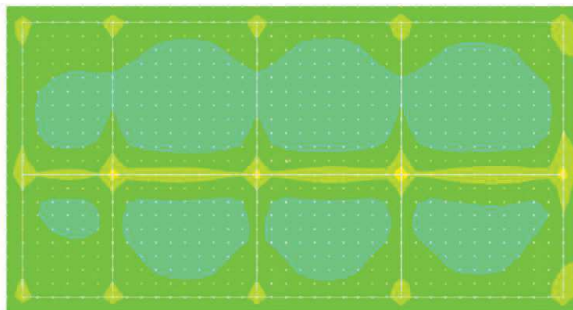
Enve SLU-SLV - Mxx max – kNm/m



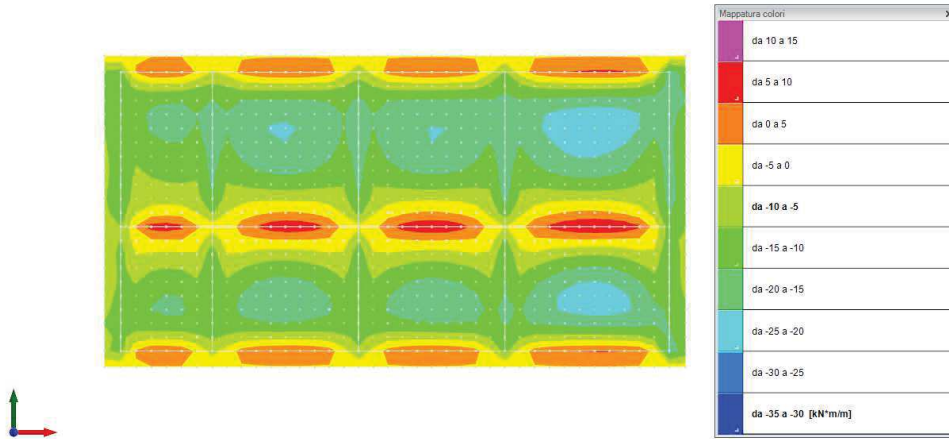
Enve SLU-SLV - Mxx min – kNm/m



Enve SLU-SLV Myy max - - kNm/m



Enve SLU-SLV Myy min -- kNm/m



## 12. VERIFICHE STRUTTURALI

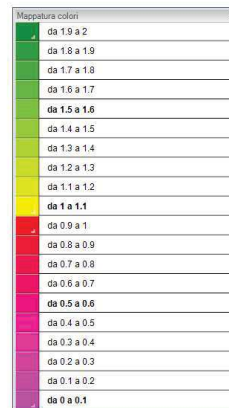
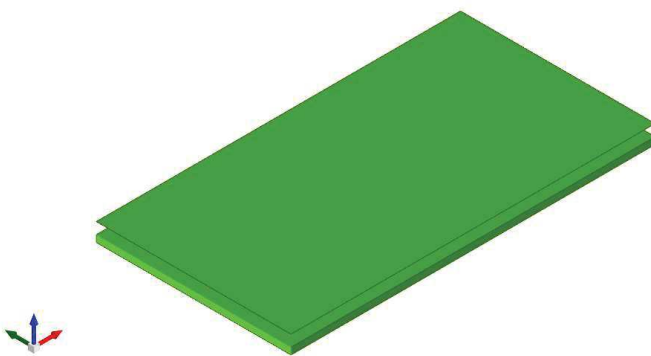
Le analisi e le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU ed SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 14.01.2018 come in dettaglio specificato negli allegati tabulati di calcolo. L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata in campo elastico lineare, per l'analisi sismica si è effettuata una analisi dinamica modale.

I tabulati di calcolo completi relativi alle verifiche degli elementi strutturali e dei collegamenti nelle diverse combinazioni di carico sono riportati integralmente in allegato.

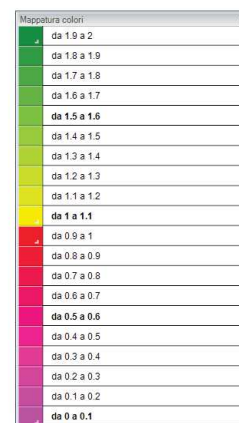
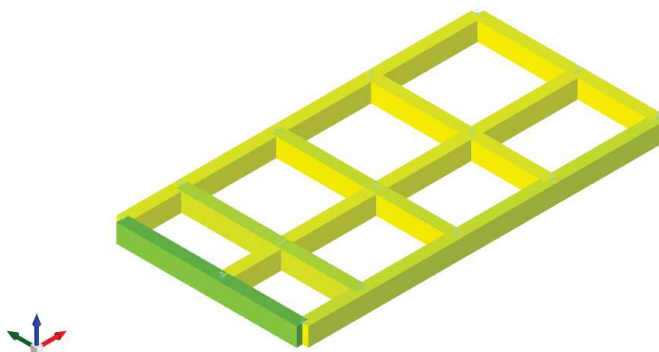
### 12.1 FONDAZIONI

Si riporta la mappa dei coefficienti di sicurezza minimi.

Piastra

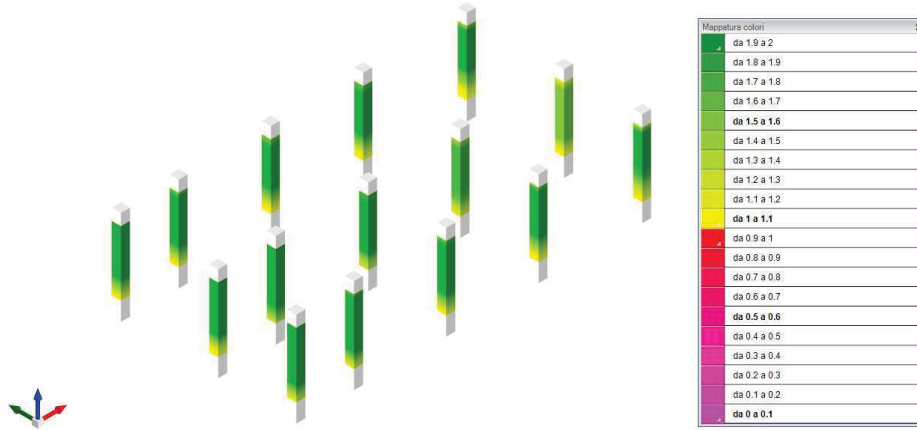


Travi



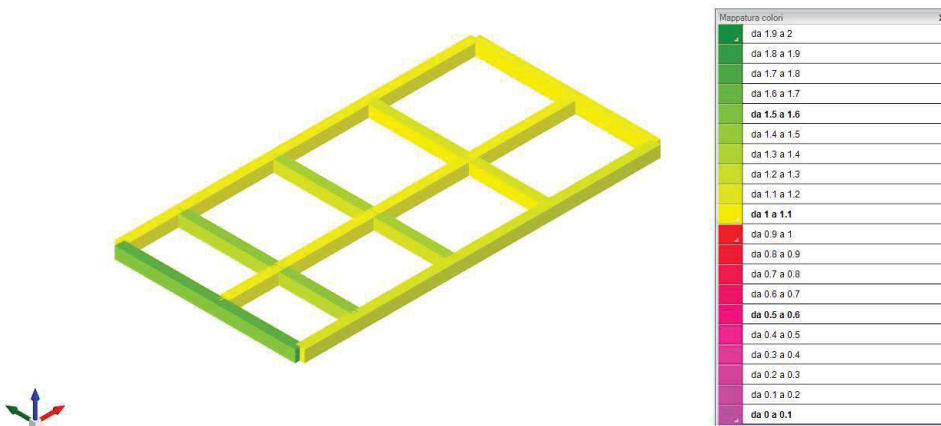
## 12.2 PILASTRI

Si riporta la mappa dei coefficienti di sicurezza minimi.



## 12.3 TRAVI

Si riporta la mappa dei coefficienti di sicurezza minimi.



## 13. VERIFICHE CONSUNTIVE

### 13.1 VERIFICHE CONSUNTIVE PILASTRATE C.A.

**Verifica:** Descrizione della verifica relativa che ne consente l'individuazione all'interno della struttura.

**Sicurezza minima:** Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza relativamente alle verifiche visualizzabili per tale elemento. Il valore è adimensionale.

**Verifica a flessione:** Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza a flessione tra tutte le verifiche a flessione condotte per tale elemento. Il valore è adimensionale.

**Verifica a taglio:** Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza a taglio tra tutte le verifiche a taglio condotte per tale elemento. Il valore è adimensionale.

**Nodo pilastri:** Visualizza il coefficiente di sicurezza per la verifica dei nodi. Il valore è adimensionale.

Verifica	Sicurezza minima	Verifica a flessione	Verifica a taglio	Nodo pilastri
P1	1.145	1.145	3.083	
Pilastrata 11	1.271	1.271	3.287	
Pilastrata 6	1.134	1.134	2.476	
Pilastrata 3	1.085	1.085	1.976	
Pilastrata 2	1.165	1.165	2.203	
Pilastrata 7	1.362	1.362	2.297	
Pilastrata 12	1.289	1.289	2.428	
Pilastrata 8	1.303	1.303	2.167	
Pilastrata 13	1.152	1.152	2.125	
Pilastrata 4	1.116	1.116	1.903	
Pilastrata 9	1.209	1.209	1.855	
Pilastrata 14	1.166	1.166	2.068	
Pilastrata 5	1.064	1.064	2.104	
Pilastrata 10	1.145	1.145	1.658	
Pilastrata 15	1.122	1.122	2.194	

### 13.2 VERIFICHE CONSUNTIVE TRAVATE C.A.

**Verifica:** Descrizione della verifica relativa che ne consente l'individuazione all'interno della struttura.

**Sicurezza minima:** Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza relativamente alle verifiche visualizzabili per tale elemento. Il valore è adimensionale.

**Verifica a flessione:** Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza a flessione tra tutte le verifiche a flessione condotte per tale elemento. Il valore è adimensionale.

**Verifica a taglio:** Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza a taglio tra tutte le verifiche a taglio condotte per tale elemento. Il valore è adimensionale.

**Verifica di portanza:** Visualizza per ciascun elemento di verifica di fondazione il valore minimo del coefficiente di sicurezza per portanza. Il valore è adimensionale.

**Verifica di scorrimento:** Visualizza per ciascun elemento di verifica di fondazione il valore minimo del coefficiente di sicurezza per scorrimento. Il valore è adimensionale.

Verifica	Sicurezza minima	Verifica a flessione	Verifica a taglio	Verifica di portanza	Verifica di scorrimento
Trave a "Piano 1" 11-15	1.189	1.189	2.139		
Trave a "Piano 1" 11-1	1.614	1.614	4.23		
Trave a "Piano 1" 6-10	1.098	1.098	1.147		
Trave a "Piano 1" 1-5	1.055	1.055	1.811		
Trave a "Piano 1" 12-2	1.467	1.467	3.758		
Trave a "Piano 1" 13-3	1.349	1.349	3.465		
Trave a "Piano 1" 14-4	1.176	1.176	3.097		
Trave a "Piano 1" 15-5	1.1	1.1	3.029		
Trave a "Fondazione" 11-1	1.607	1.607	4.989		
Trave a "Fondazione" 12-2	1.308	1.308	3.607		
Trave a "Fondazione" 13-3	1.275	1.275	3.694		
Trave a "Fondazione" 14-4	1.172	1.172	3.288		
Trave a "Fondazione" 15-5	1.108	1.108	3.631		
Trave a "Fondazione" 11-15	1.259	1.259	4.288		
Trave a "Fondazione" 6-10	1.155	1.155	3.615		
Trave a "Fondazione" 1-5	1.179	1.179	3.924		

### 13.3 VERIFICHE CONSUNTIVE PIASTRE C.A.

**Verifica:** Descrizione della verifica relativa che ne consente l'individuazione all'interno della struttura.

**Sicurezza minima:** Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza relativamente alle



PROGETTO DEFINITIVO

EDIFICIO IMPIANTI – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

verifiche visualizzabili per tale elemento. Il valore è adimensionale.

**Verifica di portanza:** Visualizza per ciascun elemento di verifica di fondazione il valore minimo del coefficiente di sicurezza per portanza. Il valore è adimensionale.

**Verifica di scorrimento:** Visualizza per ciascun elemento di verifica di fondazione il valore minimo del coefficiente di sicurezza per scorrimento. Il valore è adimensionale.

**Flessione piastre/platee:** Visualizza per le piastre/platee il valore minimo del coefficiente di sicurezza per flessione. Il valore è adimensionale.

**Taglio piastre/platee:** Visualizza per le piastre/platee il valore minimo del coefficiente di sicurezza per taglio. Il valore è adimensionale.

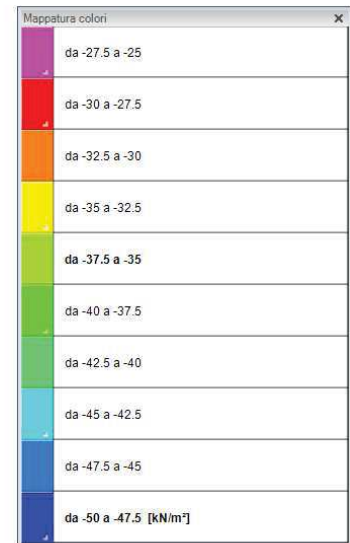
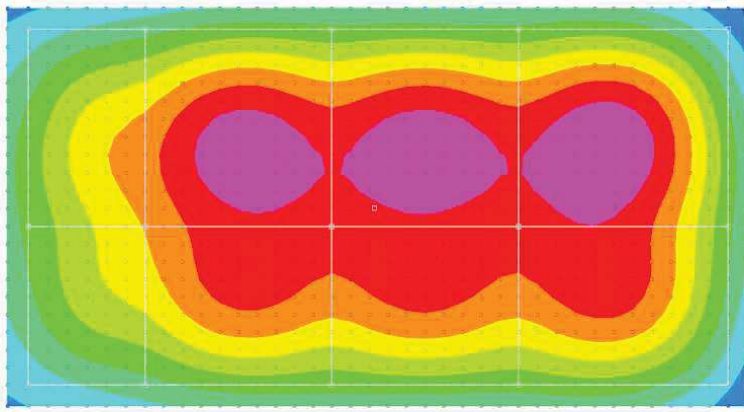
**Punzonamento piastre/platee:** Visualizza per le piastre/platee il valore minimo del coefficiente di sicurezza per punzonamento. Il valore è adimensionale.

Verifica	Sicurezza minima	Verifica di portanza	Verifica di scorrimento	Flessione piastre/platee	Taglio piastre/platee	Punzonamento piastre/platee
Platea a "Fondazione"	1.782	24.25	1.782	5.747		

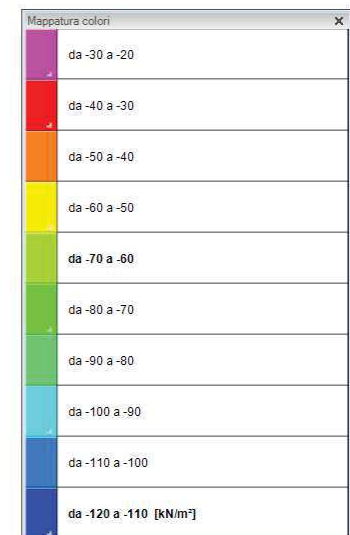
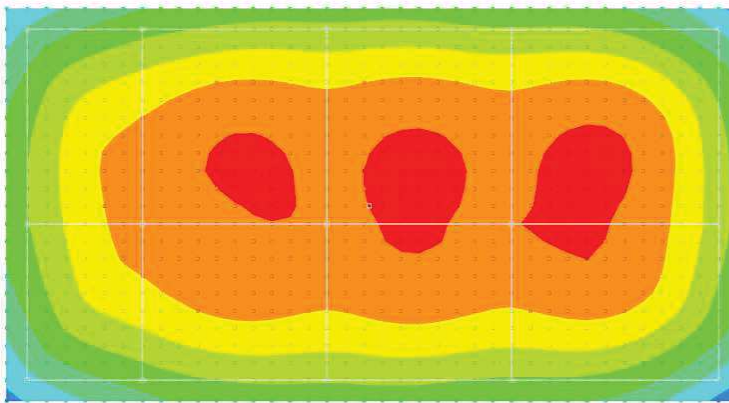
## 14.VERIFICHE GEOTECNICHE

Si riporta di seguito la mappa delle pressioni sul terreno. A seguire viene esplicitata la verifica geotecnica della piastra di fondazione per le combinazioni di calcolo più severe.

SLU:



SLV



Le verifiche nei confronti degli Stati Limite ultimi SLU strutturali (STR) e geotecnici (GEO) sono state effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'approccio 2:

DA1.2 - Approccio 2:

- Combinazione 1:(A1+M1+R3)

Le verifiche strutturali delle fondazioni in combinazioni sismiche sono state condotte in campo sostanzialmente elastico.

Dati geometrici dell'impronta di calcolo

Forma dell'impronta di calcolo: rettangolare di area equivalente

Centro impronta, nel sistema globale: 7.6; 3.9; -0.8

Lato minore B dell'impronta: 8.6

Lato maggiore L dell'impronta: 16.1

Area dell'impronta rettangolare di calcolo: 139

**Verifica di scorrimento sul piano di posa**

**Coefficiente di sicurezza minimo per scorrimento 1.78**

Comb.	Fh	Fv	Cnd	Ad	Phi	RPI	yR	Rd	Ed	Rd/Ed	Verifica
SLU 27	0	-5717.39	LT	0	23	0	1.1	2206.26	0	5855162119857.78	Si
SLV 4	1355.27	-6259.63	LT	0	23	0	1.1	2415.5	1355.27	1.78	Si

**Verifica di capacità portante sul piano di posa**

Coefficiente di sicurezza minimo per portanza 24.25

ID	Comb.	Fx	Fy	Fz	Mx	My	ex	ey	B'	L'	Cnd	C	Phi	ys	Qs	Amax	yR	Rd	Ed	Rd/Ed	Verifica	
1	SLU 41	0	0	-	161.1892	-614.0312	-	0.02	8.59	15.99	LT	0	40	19.5	0	0	2.3	429095.98	-	46.75	Si	
2	SLV 5	-	-	-	4713.7331	1878.2845	-0.3	0.75	7.11	15.52	LF	0	40	19.5	0	0.09	2.3	151823.15	-	24.25	Si	
3	SLD 5	-	-	-	2072.0175	-	-	0.33	7.96	15.78	LT	0	40	19.5	0	0.04	2.3	283586.13	-	45.29	Si	
		386.93	1272.97	6260.88															6260.88			
		164.56	-541.54	6261.05		1069.0261	0.17												6261.05			

**Verifiche geotecniche di capacità portante - fattori utilizzati nel calcolo di Rd**

ID	N			S			D			I			B			G			P			E			
	Nq	Nc	Ng	Sq	Sc	Sg	Dq	Dc	Dg	Iq	Ic	Ig	Bq	Bc	Bg	Gq	Gc	Gg	Pq	Pc	Pg	Eq	Ec	Eg	
1	64	75	109	1.45	1.46	0.79	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	64	75	109	1.38	1.39	0.82	1	1	1	0.67	0.67	0.53	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.96	0.97	0.96
3	64	75	109	1.42	1.43	0.8	1	1	1	0.86	0.85	0.78	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.98	0.99	0.98

Significato dei simboli utilizzati:

**Nodo:** indice del nodo di verifica

**Dir.:** direzione della sezione di verifica

**B:** base della sezione rettangolare di verifica [m]

**H:** altezza della sezione rettangolare di verifica [m]

**A. sup.:** area barre armatura superiori [m<sup>2</sup>]

**C. sup.:** distanza media delle barre superiori dal bordo superiore della sezione [m]

**A. inf.:** area barre armatura inferiori [m<sup>2</sup>]

**C. inf.:** distanza media delle barre inferiori dal bordo inferiore della sezione [m]

**Comb.:** combinazione di verifica

**M:** momento flettente [kN\*m]

**N:** sforzo normale [kN]

**Mu:** momento flettente ultimo [kN\*m]

**Nu:** sforzo normale ultimo [kN]

**c.s.:** coefficiente di sicurezza

**Verifica:** stato di verifica

**σc:** tensione nel calcestruzzo [kN/m<sup>2</sup>]

**σlim:** tensione limite [kN/m<sup>2</sup>]

**Es/Ec:** coefficiente di omogenizzazione

**σf:** tensione nell'acciaio d'armatura [kN/m<sup>2</sup>]

**Comb.:** combinazione

**Fh:** componente orizzontale del carico [kN]

**Fv:** componente verticale del carico [kN]

**Cnd:** resistenza valutata a breve o lungo termine (BT - LT)

**Ad:** adesione di progetto [kN/m<sup>2</sup>]

**Phi:** angolo di attrito di progetto [deg]

**RPI:** resistenza passiva laterale unitaria di progetto [kN/m<sup>2</sup>]

**yR:** coefficiente parziale sulla resistenza di progetto  
**Rd:** resistenza alla traslazione di progetto [kN]  
**Ed:** azione di progetto [kN]  
**Rd/Ed:** coefficiente di sicurezza allo scorrimento  
**ID:** indice della verifica di capacità portante  
**Fx:** componente lungo x del carico [kN]  
**Fy:** componente lungo y del carico [kN]  
**Fz:** componente verticale del carico [kN]  
**Mx:** componente lungo x del momento [kN\*m]  
**My:** componente lungo y del momento [kN\*m]  
**ex:** eccentricità del carico in x [m]  
**ey:** eccentricità del carico in y [m]  
**B':** larghezza efficace [m]  
**L':** lunghezza efficace [m]  
**C:** coesione di progetto [kN/m<sup>2</sup>]  
**ys:** peso specifico del terreno di progetto [kN/m<sup>3</sup>]  
**Qs:** sovraccarico laterale da piano di posa [kN/m<sup>2</sup>]  
**Amax:** accelerazione normalizzata massima attesa al suolo  
**Rd:** resistenza alla rottura del complesso di progetto [kN]  
**Ed:** azione di progetto (sforzo normale al piano di posa) [kN]  
**Rd/Ed:** coefficiente di sicurezza alla capacità portante  
**N:**  
**Nq:** fattore di capacità portante per il termine di sovraccarico  
**Nc:** fattore di capacità portante per il termine coesivo  
**Ng:** fattore di capacità portante per il termine attritivo  
**S:**  
**Sq:** fattore correttivo di capacità portante per forma (shape), per il termine di sovraccarico  
**Sc:** fattore correttivo di capacità portante per forma (shape), per il termine coesivo  
**Sg:** fattore correttivo di capacità portante per forma (shape), per il termine attritivo  
**D:**  
**Dq:** fattore correttivo di capacità portante per approfondimento (deep), per il termine di sovraccarico  
**Dc:** fattore correttivo di capacità portante per approfondimento (deep), per il termine coesivo  
**Dg:** fattore correttivo di capacità portante per approfondimento (deep), per il termine attritivo  
**I:**  
**Iq:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del carico, per il termine di sovraccarico  
**Ic:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del carico, per il termine coesivo  
**Ig:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del carico, per il termine attritivo  
**B:**  
**Bq:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione della base, per il termine di sovraccarico  
**Bc:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione della base, per il termine coesivo  
**Bg:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione della base, per il termine attritivo  
**G:**  
**Gq:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del pendio, per il termine di sovraccarico  
**Gc:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del pendio, per il termine coesivo  
**Gg:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del pendio, per il termine attritivo  
**P:**  
**Pq:** fattore correttivo di capacità portante per punzonamento, per il termine di sovraccarico  
**Pc:** fattore correttivo di capacità portante per punzonamento, per il termine coesivo  
**Pg:** fattore correttivo di capacità portante per punzonamento, per il termine attritivo  
**E:**  
**Eq:** fattore correttivo di capacità portante per sisma (earthquake), per il termine di sovraccarico  
**Ec:** fattore correttivo di capacità portante per sisma (earthquake), per il termine coesivo  
**Eg:** fattore correttivo di capacità portante per sisma (earthquake), per il termine attritivo

## 15. CONCLUSIONI

I calcoli sono stati redatti in conformità alla norme vigenti. L'esito delle verifiche strutturali e geotecniche è positivo.

## 16.DICHIARAZIONE SECONDO NTC 2018 CAP 10.2

I calcoli sono stati redatti con il codice di calcolo FEM Sismicad della Concrete s.r.l, Via della Pieve, 19 - 35121 Padova, che certifica l'affidabilità dei risultati. ( Si riporta in appendice un estratto del Manuale di validazione del software).

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi dinamica con spettro di risposta secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	Sismicad
Versione	12.7
Produttore	Concrete s.r.l

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice ha verificato l'affidabilità del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### **Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, lo scrivente progettista ritiene l'elaborazione corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.