

# COMUNE DI VENEZIA

Città Metropolitana di Venezia

COMMITTENTE

## BRICOMAN ITALIA S.R.L

Società a responsabilità limitata con unico socio (soggetta ad attività di direzione e coordinamento della "SIB – Società Italiana Bricolage S.p.A.") Sede: Rozzano, Via Guglielmo Marconi n. 24



PROGETTO

## REALIZZAZIONE DI UNA GRANDE STRUTTURA DI VENDITA TIPOLOGIA SINGOLA

**Progetto definitivo per la realizzazione di un nuovo edificio commerciale tipo BRICOMAN nella zona identificata "AEV Terraglio" in Via Cesco Baseggio Mestre**

FASE

## PROGETTO DEFINITIVO

STRUTTURA DI PROGETTAZIONE

Progetto architettonico Arch. Andrea Borin  
Arch. Massimo Furlan

Progetto strutture Ing. Valentina Corras  
Ing. Antonio Alessandri

Progetto impianti Ing. Antonio Alessandri  
Arch. Massimo Furlan

Collaboratori Arch. A.Crisan  
Arch. V.Consiglio  
P.E. F.Trevisanello  
Ing. A. Lungu  
Ing. V. Iosob

Consulenti esterni Impianti  
A&S Engineering  
Advisor Studio Associato  
Alberto Declich

Acustica  
p.i. Trivellato Antonio

Ambientale  
Dr. Fis. Giampiero Malvasi



AI PROGETTI

AI PROGETTI srl

via Peppino Impastato, 14 - 30174 Mestre - Ve tel 041 957570 fax 041 976020

info@ai-progetti.it

aiprogetti@pec.it

[www.ai-progetti.it](http://www.ai-progetti.it)

C.F.P. IVA: 03474500273

REA: 311568

TITOLO

## RELAZIONE PRELIMINARE DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE

ELABORATO

# RS

DISCIPLINA

REVISIONE	DATA:	OGGETTO:	REDATTO:	VERIFICATO:	APPROVATO:	SCALA
rev_00	13/05/2022	Prima emissione	A. Alessandri	M. Furlan	M. Furlan	
rev_01						J.N.
rev_02						2372
rev_03						NOME FILE:
rev_04						2372-D-S-RS-rev00

## CALCOLI DEFINITIVI DELLE STRUTTURE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2. DESCRIZIONE</b>	<b>4</b>
<b>3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b>	<b>5</b>
3.1 LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI	5
3.2 NORMATIVA EUROPEA ED INTERNAZIONALE	5
<b>4. MODELLAZIONE GEOTECNICA</b>	<b>6</b>
<b>5. MODELLI E CODICI DI CALCOLO</b>	<b>6</b>
<b>6. MODELLO FEM - GENERALE</b>	<b>7</b>
<b>7. CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO</b>	<b>8</b>
7.1 Pesi propri	8
7.2 Carichi permanenti	8
7.2.1 Piano Terra	8
7.2.2 Copertura	8
7.3 Azioni ambientali e antropiche	9
7.3.1 Neve	10
7.3.2 Vento	11
7.3.3 Temperatura dell'aria esterna	11
7.4 Azione sismica	12
7.4.1 Classe d'uso	12
7.4.2 Vita nominale	12
7.4.3 Periodo di riferimento dell'azione sismica	13
7.4.4 Pericolosità sismica di base	13
7.4.5 Pericolosità sismica del sito	14
7.4.6 Categoria di sottosuolo	14
7.4.7 Condizioni topografiche	15
7.4.8 Determinazione dell'azione sismica	15

7.5	Fattore di struttura	18
7.6	Combinazioni di calcolo	19
<b>8.</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b>	<b>21</b>
8.1	Acciaio per armatura	21
8.2	Acciaio da carpenteria per laminati a caldo e collegamenti	21
8.3	Bulloni	21
8.4	Calcestruzzo	22
8.4.1	Calcestruzzo per fondazioni	24
8.4.2	Classe di esposizione ambientale e copriferro	25
<b>9.</b>	<b>RISULTATI DI CALCOLO</b>	<b>27</b>
9.1	Azioni alla base dei plinti	27
<b>10.</b>	<b>VERIFICHE</b>	<b>28</b>
10.1	Verifica dei pali	28

## **I. PREMESSA**

La presente relazione ha per oggetto il progetto di fattibilità delle opere strutturali volte alla realizzazione di un **nuovo edificio di vendita per conto di Bricoman Italia srl**, sito tra Via Pionara e Via Baseggio.

## 2. DESCRIZIONE

La presente relazione accompagna lo studio di fattibilità delle strutture relativo ai lavori di realizzazione di un nuovo edificio da destinare ad area di vendita su aree denominate AEV Terraglio per conto della ditta Bricoman Italia srl.

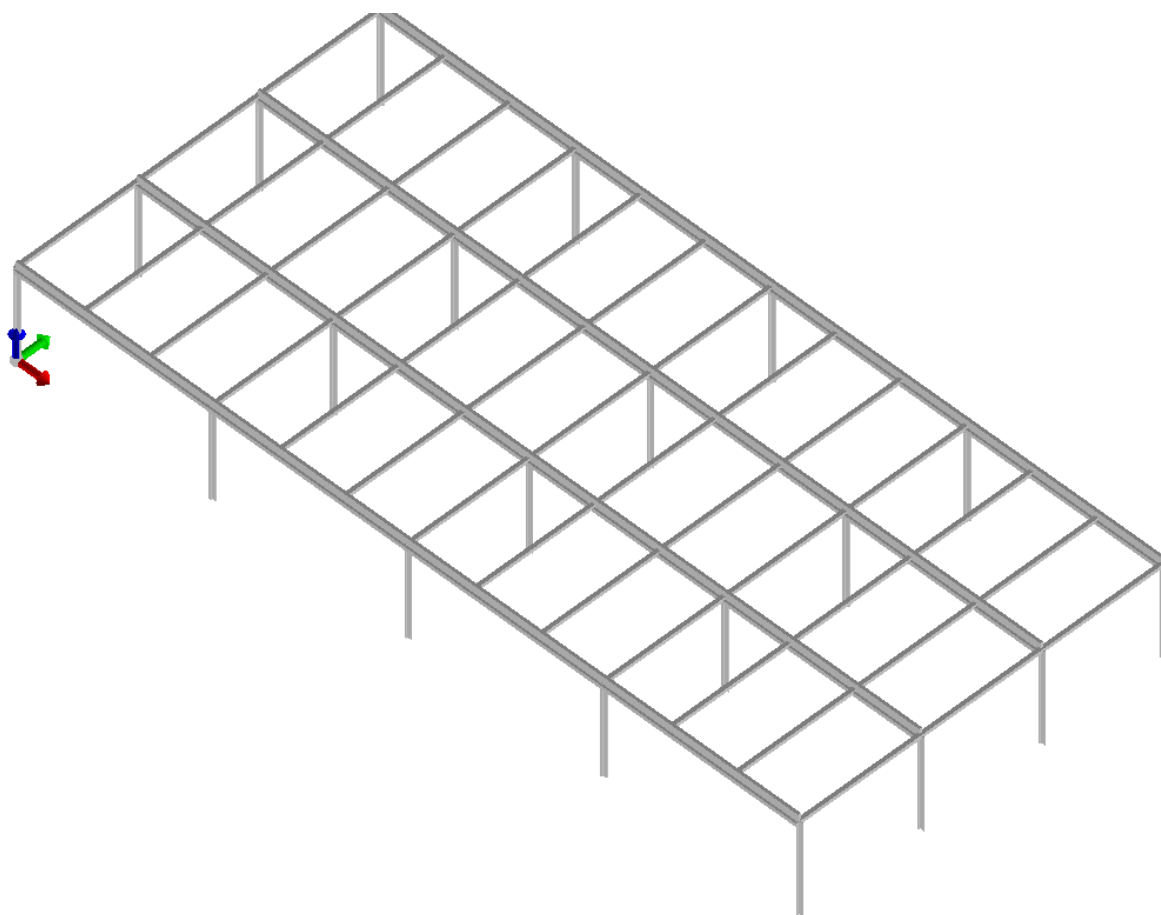
Il nuovo edificio di tipo prefabbricato è stato pensato con una soluzione leggera denominata “Bracacier”: il tetto viene realizzato mediante delle lamiere grecate tipo Hoesh di altezza 160mm poste in continuità su luci di 6.5m.

Gli arcarecci sono realizzati in travi a T su luci di 13.0m. Le travi portanti vere e proprie sono su trave a T rovescio di altezza di circa 1.2m su luce di 21m. La maglia strutturale è quindi 13.0x21.0m

L'edificio ha un'altezza utile di 10m.

La superficie coperta è di 10.592 metri quadrati

Le fondazioni sono di tipo profondo su pali. Il plinto di fondazione di spessore 1.0m ha dimensioni planimetriche di 3.0mx3.0m. I pilastri sono collegati ai plinti mediante sistema a “tubo – arco”.



*Figura 1 - Assonometria porzione di modello FEM realizzato*

### 3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

I calcoli riportati vengono eseguiti secondo gli usuali metodi della Scienza delle Costruzioni e nel pieno rispetto delle normative vigenti.

La normativa attualmente in vigore in Italia è il Decreto Ministeriale del 17/01/2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni” e la circolare esplicativa n. 7 del 21/01/2019 “Istruzioni per l’applicazione delle nuova norme tecniche per le costruzioni”. Le azioni sulle strutture sono determinate in base a quanto riportato al §3 del D.M. 17/01/2018, mentre le verifiche sulle strutture sono svolte in ottemperanza di quanto descritto al §4 del medesimo decreto.

In mancanza di specifiche indicazioni, a integrazione delle presenti norme e per quanto con esse non in contrasto, possono essere utilizzati i documenti di seguito indicati che costituiscono riferimenti di comprovata validità.

#### 3.1 LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI

- Circ. n. 7 21/01/2019: “Istruzione per l’applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 Gennaio 2018

#### 3.2 NORMATIVA EUROPEA ED INTERNAZIONALE

- UNI EN 206-1/2006 – “Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11101/2004 – “Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”.
- UNI EN 1992-1-1:2015: “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”.
- UNI EN 1993-1-1/2005: “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”.

#### **4. MODELLAZIONE GEOTECNICA**

Per i parametri geotecnici e il calcolo delle portate dei pali si veda apposita relazione geotecnica.

#### **5. MODELLI E CODICI DI CALCOLO**

Le elaborazioni mediante calcolatore sono state eseguite principalmente con l'ausilio del seguente software:

**Prosap prodotto da 2Si di Ferrara.**

I programmi vengono usati dalla scrivente in forza di regolari licenze d'uso e sono testati periodicamente mediante procedure di controllo codificate, tali da verificare l'attendibilità delle applicazioni e dei risultati ottenuti ed individuare eventuali vizi ed anomalie.

Grazie alla raffinatezza dei modelli di calcolo è possibile analizzare il comportamento di tutti gli elementi compositivi delle stesse, considerando l'effettivo contributo alla rigidezza complessiva del sistema fornito da ciascun componente elementare. I criteri di modellazione prevedono la riproduzione fedele delle strutture così come sono state progettate e si prescrive siano realizzate.

## 6. MODELLO FEM - GENERALE

Per valutare correttamente il comportamento della struttura, soggetta sia ad azioni verticali orizzontali, è stato realizzato un modello agli elementi finiti.

I modelli si compongono di elementi da elementi “beam” a simulare le travi ed i pilastri. Le azioni verticali, costituite dai pesi propri degli elementi vengono calcolate automaticamente dal programma di calcolo.

Le azioni orizzontali sono costituite dall'azione del vento e del sisma, che viene calcolata automaticamente dal programma di calcolo, previo inserimento degli spettri di progetto.

I vincoli al suolo sono di tipo rigido non consentendo sia le traslazioni che le rotazioni del nodo.

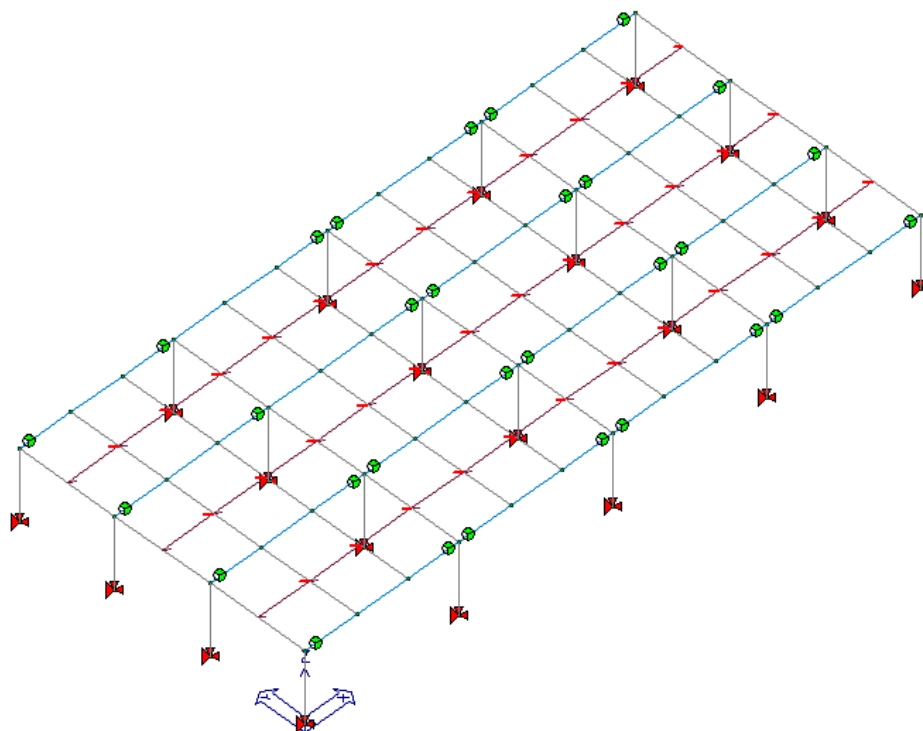


Figura 2 - Vista 3D del modello completo



## 7. CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO

Nella presente parte sono definite le azioni sulla costruzione in relazione alle prescrizioni normative ed alle reali condizioni d'uso previste e/o prescritte.

Il progetto e la verifica degli elementi strutturali seguono il Metodo Semi-Probabilistico agli Stati Limite.

Le condizioni elementari di carico vengono cumulate secondo combinazioni di carico tali da risultare le più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, determinando quindi le azioni di calcolo da utilizzare per le verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU) e Stato Limite di Esercizio (SLE).

L'azione sismica viene rappresentata mediante uno spettro di progetto, calcolato con riferimento agli Stati Limite di salvaguardia della Vita (SLV), agli Stati Limite di Collasso (SLC) per analisi non lineari e agli Stati Limite di Danno (SLD).

### 7.1 Pesi propri

Il peso proprio degli elementi strutturali inseriti nei modelli di calcolo è autodeterminato dal programma, in funzione delle dimensioni dell'elemento e dei seguenti pesi specifici del materiale:

- Peso specifico calcestruzzo  $\gamma_{cls} = 25.0 \text{ kN/m}^3$
- Peso specifico acciaio  $\gamma_{acc} = 78.5 \text{ kN/m}^3$

### 7.2 Carichi permanenti

I carichi permanenti sono riportati nel seguito e sono riferiti alle stratigrafie riportate nel progetto architettonico.

#### 7.2.1 Piano Terra

#### 7.2.2 Copertura

<b>COPERTURA - Solaio S51</b>			
<b>Strato</b>	<b>Spessore (cm)</b>	<b>Peso specifico (kg/mc)</b>	<b>Totale (kg/mq)</b>
<i>Permanenti strutturali</i>			
Lamiera hoesh h=160mm	16	7850	20.0
<b>Totale</b>			<b>20.0</b>
<i>Permanenti portati</i>			
Guaina bituminosa	0.8	1600	12.8
Styrodur	10	40	4.0
Barriera vapore	0.1	920	0.9
Lana di roccia	4	70	2.8
<b>Totale</b>			<b>21.0</b>

### 7.3 Azioni ambientali e antropiche

I valori minimi dei carichi accidentali ai piani, definiti “azioni antropiche”, sono prescritti dalla Normativa vigente e correlati alla destinazione d’uso dei locali. I valori di carichi verticali e orizzontali uniformemente distribuiti sono indicati in tabella 3.1.II del D.M. 17-01-2018, di seguito riportata:

**Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d’uso delle costruzioni**

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale</b>			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	<b>Uffici</b>			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b>			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d’accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d’uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

\* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

\*\* per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

Figura 3 - Tabella 3.1.II al par. 3.1.4 delle NTC2018

Per quanto riguarda la copertura si considera un carico accidentale pari al carico previsto per la destinazione d'uso "coperture - manutenzione" (categoria H)

- Carico verticale, categoria H  $q = 0.50 \text{ kN/m}^2$

### 7.3.I Neve

Il calcolo della pressione della neve segue la procedura indicata nel paragrafo 3.4 del DM17/01/18. Il valore del carico provocato dalla neve, per un edificio in zona II (Padova) è determinato dalla seguente espressione:

$$q_s = \mu_i q_{sk} C_E C_T = 0.80 \text{ kN/m}^2$$

Si elencano nel seguito i valori attribuiti ai parametri che entrano in gioco:

- $\mu_1 = 0.8$  coefficiente di forma per coperture a falda con inclinazione  $24^\circ$ ;
- $a_s < 200$  m s.l.m. altitudine sul livello del mare;
- $q_{sk} = 1.00$  kN/m<sup>2</sup> valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo (zona II);
- $C_E = 1.0$  coefficiente d'esposizione;
- $C_T = 1.0$  coefficiente termico.

Vengono inoltre considerati gli accumuli conformemente a quanto prescritto da normativa.

### 7.3.2 Vento

Il calcolo della pressione del vento segue la procedura indicata nel paragrafo 3.3 del DM17/01/18.

Zona vento = I

Velocità base della zona,  $V_{b.o} = 25$  m/s (Tab. 3.3.I)

Altitudine base della zona,  $A_o = 1000$  m (Tab. 3.3.I)

Altitudine del sito,  $A_s = 12$  m

Velocità di riferimento,  $V_b = 25,00$  m/s ( $V_b = V_{b.o}$  per  $A_s \leq A_o$ )

Periodo di ritorno,  $T_r = 50$  anni

$C_r = 1$  per  $T_r = 50$  anni

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto,  $V_r = V_b C_r = 25,00$  m/s

Classe di rugosità del terreno: A

[Aree urbane con almeno il 15% della superficie coperta da edifici la cui altezza media superi 15 m]

Esposizione: Cat. IV - Entroterra fino a 30 km dal mare

( $K_r = 0,22$ ;  $Z_o = 0,30$  m;  $Z_{min} = 8$  m)

Pressione cinetica di riferimento,  $q_b = 39$  daN/mq

Coefficiente di forma,  $C_p = 1,00$

Coefficiente dinamico,  $C_d = 1,00$

Coefficiente di esposizione,  $C_e = 2,22$

Coefficiente di esposizione topografica,  $C_t = 1,00$

Altezza dell'edificio,  $h = 12,00$  m

**Pressione del vento,  $p = q_b C_e C_p C_d = 85$  daN/mq**

### 7.3.3 Temperatura dell'aria esterna

Si considera una variazione termica di  $\pm 15^\circ\text{C}$ , valida per strutture interne in acciaio.

## 7.4 Azione sismica

L'azione sismica viene valutata in base al §3.2 del D.M. 17/01/18. Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione e 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  $V_R$ .

Per il calcolo della pericolosità sismica si fa riferimento al periodo di riferimento  $V_R=50$  anni, calcolato come prodotto della vita nominale dell'edificio, pari a  $V_N=50$ anni, e della classe d'uso III ( $C_U=1.5$ ), nel seguito descritte.

### 7.4.1 Classe d'uso

Il punto 2.4.2 delle NTC 2018 prevede la suddivisione in 4 classi d'uso dei fabbricati.

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli;
- Classe II: Costruzioni con normali affollamenti senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti nelle classi III o IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi conseguenze rilevanti;
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti nella classe IV. Ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso;
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente.

L'edificio oggetto della presente relazione ricade in classe d'uso III (Edifici rilevanti) in ragione che si tratta di edificio aperto al pubblico dove possono essere presenti un numero significativo di persone. Il coefficiente d'uso  $C_u$  vale perciò 1.5 (si veda tabella 2.4.II NTC2018).

### 7.4.2 Vita nominale

La vita nominale  $V_n$  è il numero di anni durante i quali la struttura, purché soggetta ad una manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La tabella 2.4.I delle NTC 2018 disciplina la vita nominale dei fabbricati per diversi tipi di opere.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Figura 4 - Tab. 2.4.1 delle NTC2018 la par. 2.4.1

L'opera ricade in categoria 2, dovendo garantire una vita nominale maggiore di 50 anni.

#### 7.4.3 Periodo di riferimento dell'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$ , ottenuto moltiplicando la vita nominale  $V_n$  per il coefficiente  $C_u$  dipendente dalla classe d'uso della costruzione secondo la formula:

$$V_r = V_n \times C_u$$

Il Valore di riferimento ( $V_r$ ) per la costruzione oggetto di indagine viene pertanto determinato in 75 anni.

#### 7.4.4 Pericolosità sismica di base

Secondo le NTC 2018 il periodo di ritorno caratterizza la pericolosità sismica di un sito, definita come la probabilità che, in un certo lasso di tempo, si verifichi nello stesso luogo un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato.

Tale lasso di tempo è il periodo di riferimento  $V_r$ , mentre la probabilità ( $P_v$ ) è la grandezza percentuale che indica la possibilità di superamento del valore prefissato durante il periodo di riferimento.

La probabilità di superamento  $P_v$  è strettamente legata alle prestazioni attese dalla costruzione, cioè dallo stato limite che si intende non debba essere superato.

Stati Limite	$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Figura 5 - Tab. 3.2.1 delle NTC2018 al par 3.2.1

Il Periodo di ritorno del sisma  $T_r$  si ricava dalla relazione:

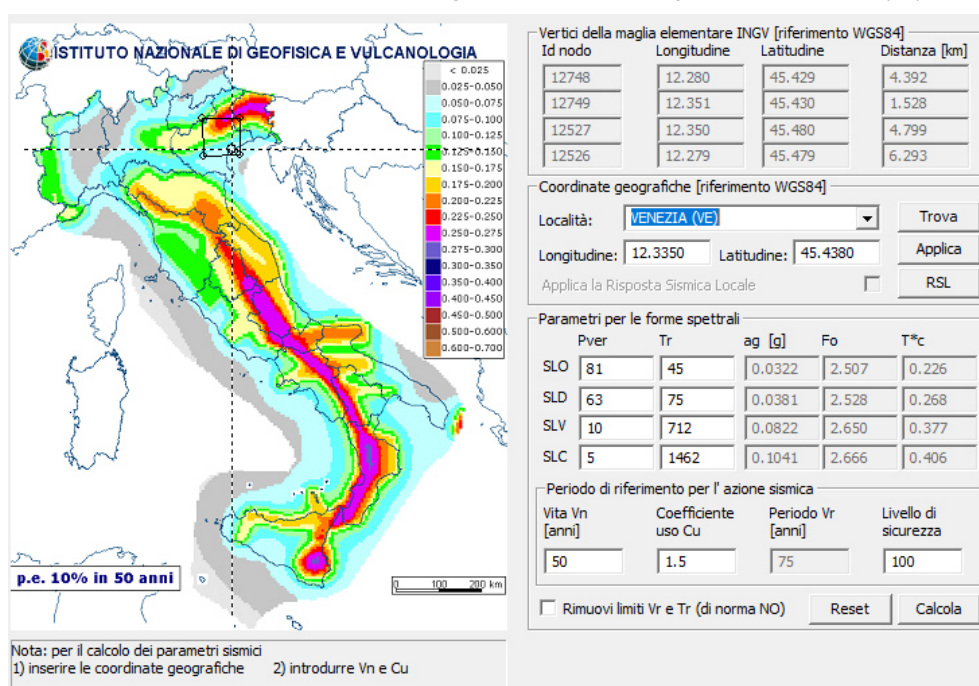
$$T_r = -V_n C_u / \ln(1 - P_v r)$$

Per lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) il periodo di ritorno è stimato in 949 anni.

#### 7.4.5 Pericolosità sismica del sito

I tre parametri caratteristici della pericolosità sismica del sito oggetto di indagine sono l'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ), il coefficiente di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale ( $F_o$ ), ed il periodo di inizio del tratto a velocità costante delle componenti orizzontali ( $T_c^*$ ).

Tali parametri vengono determinati in base alle coordinate geografiche del luogo in cui sorge la struttura oggetto di verifica, con riferimento al relativo stato limite da indagare, in funzione del periodo di ritorno ( $T_r$ ).



#### 7.4.6 Categoria di sottosuolo

In assenza di particolari analisi si può far riferimento alle categorie di sottosuolo descritte nella tabella 3.2.11 delle NTC 2018.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Figura 6 - Tab. 3.2.IV delle NTC2018 al par. 3.2.2

Dalla campagna di indagini geologiche si può desumere che il sito di riferimento sia assimilabile alla categoria C. Dalla categoria del sottosuolo dipendono il coefficiente di amplificazione stratigrafica ( $S_s = 1,50$ ).

#### 7.4.7 Condizioni topografiche

Il sottosuolo determina una diversa risposta sismica sul fabbricato non solamente per la sua natura (caratterizzata dalla categoria), ma anche per la sua specifica configurazione topografica.

La tabella 3.2.IV delle NTC 2018 disciplina 4 diverse categorie topografiche, con configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali; creste o dorsali allungate devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se maggiori di 30 m.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	<i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <math>i \leq 15^\circ</math></i>
T2	<i>Pendii con inclinazione media <math>i &gt; 15^\circ</math></i>
T3	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media <math>15^\circ \leq i \leq 30^\circ</math></i>
T4	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media <math>i &gt; 30^\circ</math></i>

Figura 1 - Tab. 3.2.III delle NTC2018 al par. 3.2.2

Vista la collocazione del compendio, il sito di riferimento rientra in categoria T1 con coefficiente di amplificazione topografica pari ad 1,00.

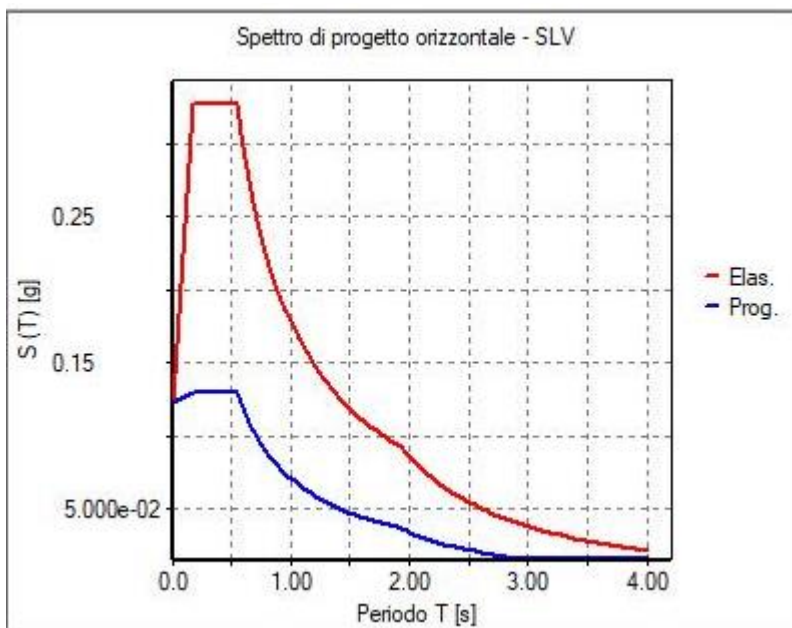
#### 7.4.8 Determinazione dell'azione sismica

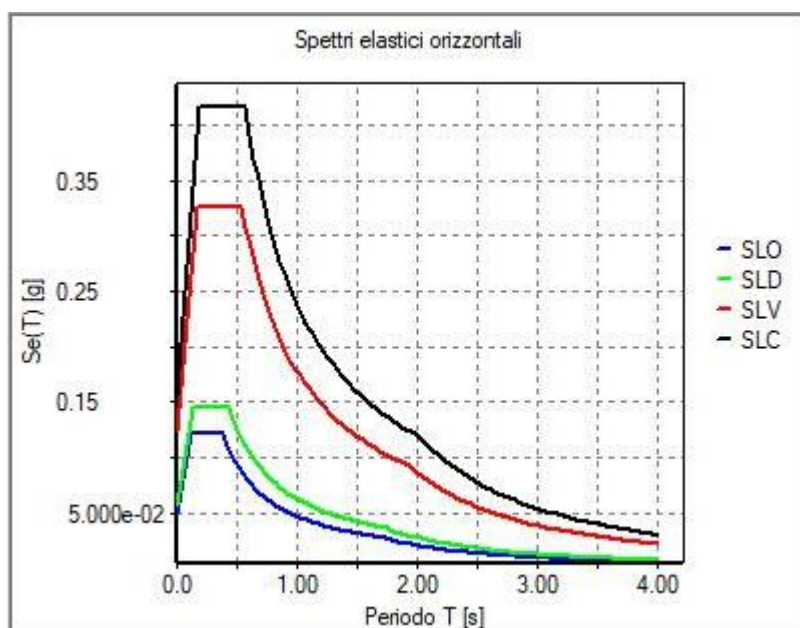
Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica, e definiti i dati riportati sopra, si valutano i parametri spettrali, dove:



- $S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente  $S = S_s \cdot S_t$  (3.2.5)
- $F_o$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale
- $F_v$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ag su sito di riferimento rigido orizzontale e vale:
- $T_b$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.
- $T_c$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.
- $T_d$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

I valori dello spettro orizzontale agli SLV valgono:





## 7.5 Fattore di struttura

Per quanto concerne il fattore di struttura adottato, esso varia in base alla tipologia delle strutture sismo-resistenti del singolo edificio.

Di seguito si riportano i valori adottati per la sovrastruttura, in accordo ai paragrafi 7.3.1 e 7.4.3 delle NTC2018:

- Costruzioni prefabbricate - Strutture con pilastri incastrati e orizzontamenti incernierati (tab 7.3.II - NTC18)  $q_0=2.5$
- Strutture regolari in altezza  $K_R=1.0$

Si assume quindi

$$q_{lim}=q_0K_R=2.5$$

Qualora nella costruzione siano presenti pareti di calcestruzzo armato, per prevenirne il collasso fragile, i valori di  $q_0$  devono essere ridotti mediante il fattore  $k_w$ , con:

$$k_w = \begin{cases} 1,00 & \text{per strutture a telaio e miste equivalenti a telai} \\ 0,5 \leq (1 + \alpha_0)/3 \leq 1 & \text{per strutture a pareti, miste equivalenti a pareti, torsionalmente deformabili} \end{cases}$$

dove  $\alpha_0$  è il valore assunto in prevalenza dal rapporto tra altezza totale (dalle fondazioni o dalla struttura scatolare rigida di base di cui al § 7.2.1, fino alla sommità) e lunghezza delle pareti; nel caso in cui gli  $\alpha_0$  delle pareti non differiscano significativamente tra di loro, il valore di  $\alpha_0$  per l'insieme delle pareti può essere calcolato assumendo, come altezza, la somma delle altezze delle singole pareti, come lunghezza, la somma delle lunghezze.

Si ricava un valore di  $k_w$  unitario e quindi

$$q_{lim}=q_0K_R=2.5$$

## 7.6 Combinazioni di calcolo

Il progetto e la verifica degli elementi strutturali seguono il Metodo Semi-Probabilistico agli Stati Limite.

Le condizioni elementari di carico vengono cumulate secondo combinazioni di carico tali da risultare le più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, determinando quindi le azioni di calcolo da utilizzare per le verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU) e Stato Limite di Esercizio (SLE).

Si adottano le combinazioni prescritte dal DM 17/01/2018 espresse al paragrafo 2.5.3:

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

$$\gamma_{G1}G1 + \gamma_{G2}G2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1}\psi_{01}Q_{k1} + \gamma_{Q2}\psi_{02}Q_{k2} + \gamma_{Q3}\psi_{03}Q_{k3} + \dots$$

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

$$G1 + G2 + P + Q_{k1} + \psi_{02}Q_{k2} + \psi_{03}Q_{k3} + \dots$$

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

$$G1 + G2 + P + \psi_{11}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \psi_{23}Q_{k3} + \dots$$

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

$$G1 + G2 + P + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \psi_{23}Q_{k3} + \dots$$

- - Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 DM17/01/18):

$$E + G1 + G2 + P + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \dots$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6 DM17/01/18):

$$G1 + G2 + P + A_d + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \dots$$

dove:

- |   |          |   |
|---|----------|---|
| - | $G_k$    | valore caratteristico delle azioni permanenti                   |
| - | $P$      | valore caratteristico della forza di precompressione            |
| - | $Q_{ik}$ | valore caratteristico dell'azione variabile i-esima             |
| - | $E$      | azione sismica con spettro di progetto allo Stato Limite Ultimo |

- $\gamma_{G1}, \gamma_{G2}, \dots, \gamma_{Qi}$  coefficienti parziali di sicurezza (tabella 2.6.I DM 17/01/18)
- $\gamma_p$  coeff. parziale della precompressione
- $\psi_{0j}, \psi_{1j}, \psi_{2j}$  coefficienti di combinazione (tabella 2.5.I DM 17/01/18)

Di seguito si riportano le tabelle 2.5.I e 2.6.I. dove sono illustrati i valori dei coefficienti di sicurezza e dei coefficienti di combinazione.

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 - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
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

Figura 2 - Tab. 2.5.I delle NTC2018 al par. 2.5.2

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili $Q$	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Figura 7 - Tab. 2.6.I delle NTC2018 al par. 2.6.1

## 8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 8.1 Acciaio per armatura

Barre ad aderenza migliorata in acciaio tipo B450C laminato a caldo, secondo D.M. 17-01-2018, classe di duttilità C secondo Eurocodice 2, appendice C.1.

Tensione caratteristica di snervamento:

$$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$$

Tensione caratteristica di rottura e rapporti tra le tensioni:

$$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$$

$$1.13 \leq (f_t / f_y)_k \leq 1.35$$

$$(f_y / f_{y,nom})_k \leq 1.25$$

Allungamento percentuale caratteristico:

$$(A_{gt})_k \geq 7.0 \%$$

### 8.2 Acciaio da carpenteria per laminati a caldo e collegamenti

Acciaio tipo S275 J0 zincato a caldo conforme alle prescrizioni di cui all'Eurocodice 3 per gli elementi strutturali in carpenteria metallica esterna:

Tensione di rottura	$f_t \geq$	430	MPa	per spessori fino a 40 mm;
Tensione di snervamento	$f_y \geq$	275	MPa	per spessori fino a 40 mm;
Modulo elastico	$E =$	210	GPa.	

Acciaio tipo S355 JR zincato a caldo conforme alle prescrizioni di cui all'Eurocodice 3 per gli elementi strutturali in carpenteria metallica interni:

Tensione di rottura	$f_t \geq$	355	MPa	per spessori fino a 40 mm;
Tensione di snervamento	$f_y \geq$	510	MPa	per spessori fino a 40 mm;
Modulo elastico	$E =$	210	GPa.	

### 8.3 Bulloni

<b>BULLONI</b>			
DADO	CLASSE 10		
VITE	CLASSE 10.9		
$f_{yb}$	=	900,00 MPa	Resistenza caratteristica a snervamento
$f_{t,nom}$	=	1000,00 MPa	Resistenza caratteristica a rottura
E	=	2,10E+05 MPa	Modulo di Elasticità longitudinale

G	=	8,08E+04 MPa	Modulo di Elasticità tangenziale
P	=	7850,00 kg/m <sup>3</sup>	Densità
COEFFICIENTI			
N	=	0,30	Coefficiente di Poisson
A	=	1,20E-06	Coefficiente di dilatazione termica
$\gamma_{M2}$	=	1,25	Coefficiente di sicurezza per la verifica di resistenza delle unioni
$\gamma_{M3-SLU}$	=	1,25	Coefficiente di sicurezza per la verifica di scorrimento delle unioni (SLU)
$\gamma_{M3-SLE}$	=	1,10	Coefficiente di sicurezza per la verifica di scorrimento delle unioni (SLE)
$\gamma_{M6-SERV}$	=	1,00	Coefficiente di sicurezza per la verifica di resistenza delle connessioni a perno allo SLE
$\gamma_{M7}$	=	1,10	Coefficiente di sicurezza per il precarico dei bulloni ad alta resistenza

#### 8.4 Calcestruzzo

Classificazione secondo norme UNI-EN 206-2016, UNI 11104:2016 e UNI EN 1992-1-1:2015.

La tabella seguente riassume le caratteristiche meccaniche per i calcestruzzi di classe compresa tra C 12/15 e C 90/105, dove il primo numero corrisponde alla resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck}$  ed il secondo alla resistenza caratteristica cubica  $f_{ck,cube}$ .

Classi di resistenza dei calcestruzzi														
$f_{ck}$ (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105
$f_{cm}$ (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98
$f_{ctm}$ (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5
$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6
$E_{cm}$ (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44
$\epsilon_{c1}$ (‰)	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8
$\epsilon_{cu1}$ (‰)	3,5									3,2	3,0	2,8	2,8	2,8
$\epsilon_{c2}$ (‰)	2,0									2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
$\epsilon_{cu2}$ (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6
$n$	2,0									1,75	1,6	1,45	1,4	1,4
$\epsilon_{c3}$ (‰)	1,75									1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
$\epsilon_{cu3}$ (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6

Le tabelle riportate nel seguito contengono le classi di esposizione stabilite dalla UNI 11104:2016 e le prescrizioni per i valori limite di composizione del calcestruzzo.

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
<b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>		
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.
<b>2 Corrosione indotta da carbonatazione</b> Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non compresa nella classe XC2.
<b>3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b>		
XD1	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (piscine).
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.
<b>4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>		
XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.
<b>5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti<sup>1)</sup></b>		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.
XF4	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.



	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico		
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3			
Massimo rapporto <i>a/c</i>	-	0,60		0,55	0,50	0,50	0,45		0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45	0,55	0,50	0,45
Minima classe di resistenza <sup>1)</sup>	C12/15	C25/30	C28/35	C32/40	C32/40	C35/45	C28/35	C32/40	C35/45	32/40	25/30	28/35	28,35	32/40	35/45			
Minimo contenuto in cemento (kg/m³)	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)											3,0 <sup>3)</sup>							
Altri requisiti										Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati <sup>3)</sup>				

<sup>1)</sup> Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.

b) Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.

Le classi di calcestruzzo previste da progetto sono di seguito elencate.

#### 8.4.1 Calcestruzzo per fondazioni

<b>CALCESTRUZZO</b>			
MATERIALE		C25/30	
$f_{ck}$	=	25,00 MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{ck,cube}$	=	30,00 MPa	Resistenza caratteristica cubica a compressione
$f_{cm}$	=	33,00 MPa	Resistenza media cilindrica a compressione
$f_{ctm}$	=	2,56 MPa	Resistenza media cilindrica a trazione
$f_{ctk}$	=	1,80 MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a trazione
$f_{cfm}$	=	3,08 MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a trazione per flessione
$E_{cm}$	=	31475,81 MPa	Modulo elastico istantaneo
$P$	=	2400,00 kg/m <sup>3</sup>	Densità
COEFFICIENTI			
$N$	=	0,20	Coefficiente di Poisson
$A$	=	1,00E-06	Coefficiente di dilatazione termica
$\gamma_c$	=	1,50	Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo
$\alpha_{cc}$	=	0,85	Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata
$H$	=	1,00	Coefficiente per la determinazione della resistenza tangenziale di calcolo
RESISTENZE DI CALCOLO			
$f_{cd}$	=	14,17 MPa	Resistenza di calcolo a compressione (valida anche per elementi piani con spessore maggiore di 50mm)
$f_{cd}$	=	11,33 MPa	Resistenza di calcolo a compressione (valida per elementi piani con spessore minore di 50mm)
$f_{ctk}$	=	1,20 MPa	Resistenza di calcolo a trazione (valida anche per elementi piani con spessore maggiore di 50mm)
$f_{ctk}$	=	0,96 MPa	Resistenza di calcolo a trazione (valida per elementi piani con spessore minore di 50mm)
$f_{bd}$	=	2,69 MPa	Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo
$f_{bd}$	=	1,80 MPa	Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo (valida per ancoraggi in zona di calcestruzzo teso o con armature molto addensate)
ALTRE CARATTERISTICHE			

Consistenza	=	S4
Classe di esposizione	=	XC2
Max A/C	=	0,60
Classe di resistenza minima	=	C25/30
Minimo contenuto di cemento	=	300,00 kg/m <sup>3</sup>
Minimo contenuto d'aria	=	-- %

#### 8.4.2 Classe di esposizione ambientale e copriferro

Con riferimento alle tipologie di elementi strutturali, sono state scelte le seguenti classi di esposizione (norma UNI 11104):

- strutture di fondazione “**classe XC2**” si riferisce a calcestruzzi armati immersi in acqua o in terreni non aggressivi e comunque in ambienti raramente secchi, costantemente a contatto con umidità molto elevate. Esempi tipici di strutture in XC2 sono: vasche di contenimento per liquidi non aggressivi, strutture idrauliche, muri contro terra, pali, diaframmi e fondazioni dirette, tutti messi in opera in terreni non aggressivi;
- strutture di elevazione “**classe XCI**” si riferisce a calcestruzzi armati con le superfici all’interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua. Include, in particolare, la realizzazione di elementi interni a edifici con umidità relativa bassa.

#### Copriferro nominale “C<sub>nom</sub>”

In funzione delle classi di esposizione, la UNI EN 1992-1-1:2005 (Eurocodice 2), definisce il copriferro nominale minimo come indicato in figura seguente.

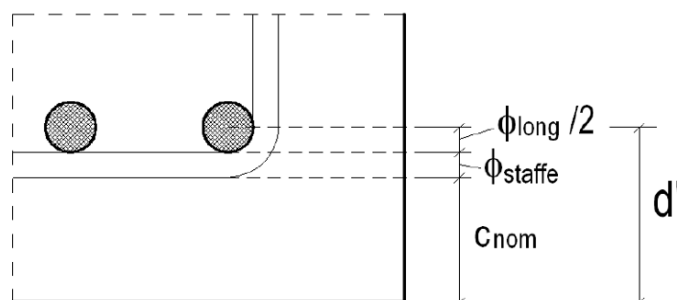


Figura 8 - Sezione schematica struttura in c.a.

Classe XCI (strutture di elevazione):

C<sub>min</sub> = 25mm

⇒ **C<sub>nom</sub> = 35mm (tenendo conto di 10mm di tolleranza di posa)**

Classe XC2 (strutture di fondazione):

C<sub>min</sub> = 20mm

⇒ **C<sub>nom</sub> = 30mm** (tenendo conto di 10mm di tolleranza di posa)

## 9. RISULTATI DI CALCOLO

### 9.1 Azioni alla base dei plinti

Nel seguito vengono riportate le sollecitazioni rilevate alla base dei pilastri agli SLU-SLV

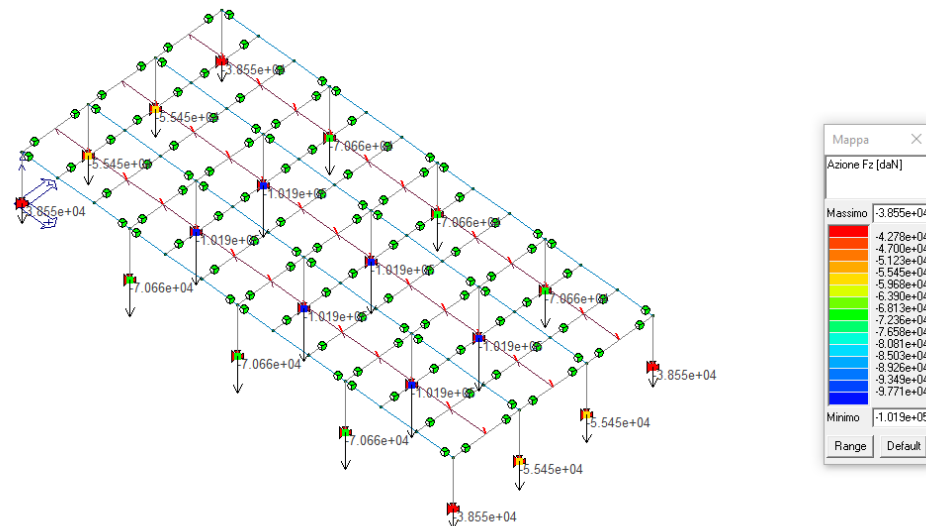


Figura 9 – Carico verticale N Pilastri (daN) agli SLU

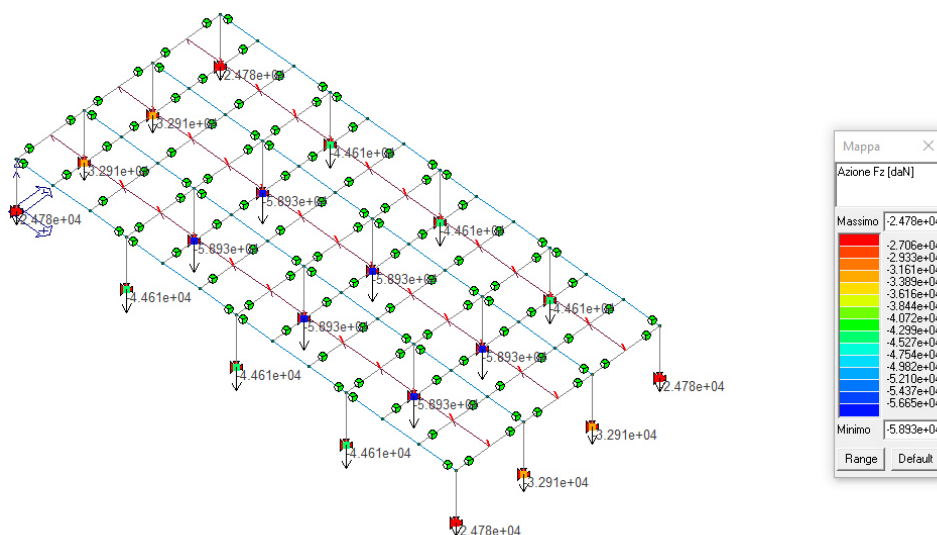


Figura 10- Carico verticale N Pilastri (daN) agli SLV

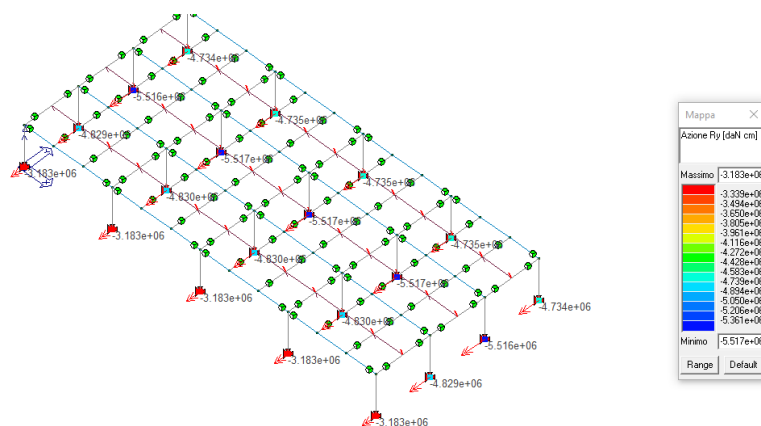


Figura 11- Momento flettente My massimo Pilastri (daNcm) agli SLV

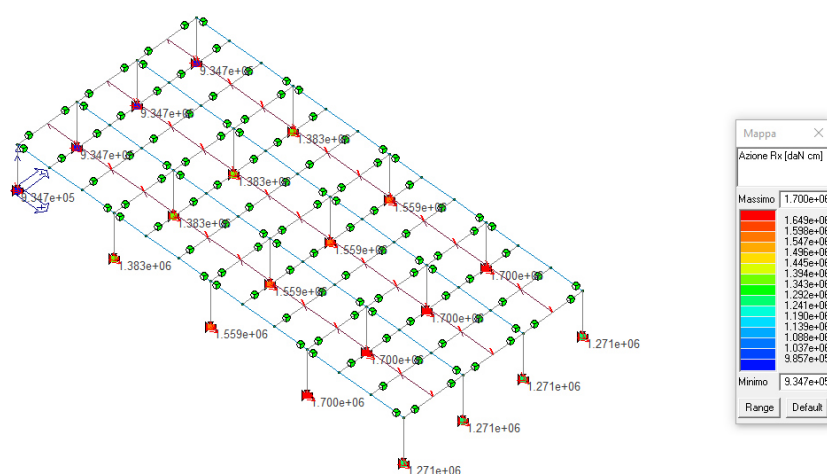


Figura 12- Momento flettente Mx Pilastri (daNcm) agli SLV

## 10. VERIFICHE

Si riportano di seguito le verifiche maggiormente rappresentative per ciascun tipo di elemento.

### 10.1 Verifica dei pali

La fondazione è costituita da quattro pali posti ad interasse di  $d=2.0\text{m}$  in entrambe le direzioni. Il plinto possiede una dimensione di  $3.0 \times 3.0 \times 1.0\text{m}$  con un peso di  $22.5\text{ton}$

Il carico massimo sul singolo palo può essere calcolato mediante la seguente espressione:

$$N_{\max}/4 + M_x/2d + M_y/2d$$

Le calcolazioni vengono eseguite nella vecchia misura in tonnellate:

$(58.9+22.5*1.3)/4+55.17/2*2+17.0/2*2=40.1\text{ton} < \text{allo sforzo di compressione massimo di progetto dei pali riportato in relazione geotecnica.}$

L'azione di taglio complessiva agli SLV si può desumere dalla seguente figura:

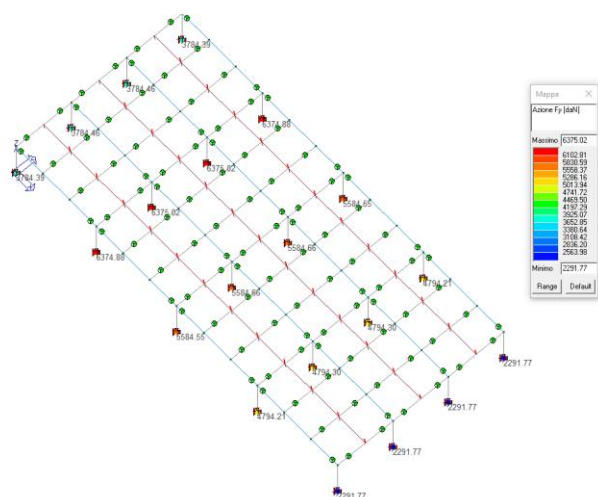


Figura I3- Sforzo tagliente  $T_y$  Pilastr (daN) agli SLV

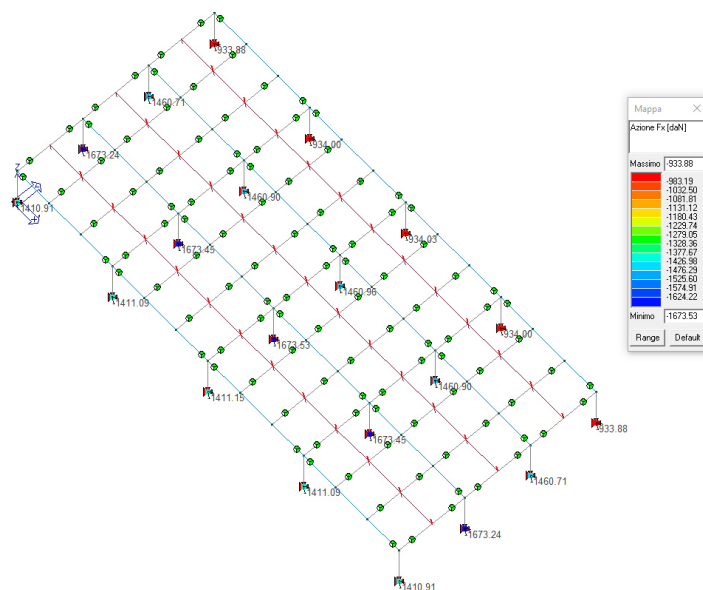


Figura I3- Sforzo tagliente  $T_x$  Pilastr (daN) agli SLV

Lo sforzo tagliente massimo si ottiene combinando i due sforzi ottenendo il valore  $T_{\max}=6590.0\text{daN}$

Su ogni palo agisce il seguente sforzo di taglio:

$T_{\text{palo}} = T_{\max}/4 = 6590.0/4 = 1648.0\text{daN} < \text{dello sforzo di taglio massimo di progetto.}$