



Regione del Veneto
Provincia di Vicenza
Comune di Monte di Malo

**RISTRUTTURAZIONE, EFFICIENTAMENTO
ENERGETICO ED AMPLIAMENTO DELLA
PALESTRA COMUNALE**

PROGETTO ESECUTIVO



Il progettista generale:
Ing. Lorenzo Righele
(firmato digitalmente)

Gruppo di lavoro:
Ing. Lorenzo Righele
Ing. Elisa Cocco
Arch. G.M. Chemello
Geom. Maurizio Canzian
Geom. Martina Dell'Otto
Geom. Christian Fontana

Il progettista strutturale:
Ing. Lorenzo Righele
(firmato digitalmente)

Il RUP:
geom. Paolo Rossato
(firmato digitalmente)

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

REVISIONE:

n° 1 del 08/03/2019

n° _____ del _____

n° _____ del _____

n° _____ del _____

DATA:

28/02/2019

ELABORATO:

ing. Lorenzo Righele

FILE:

Z:\Lorenzo Clienti\Comune di Monte di Malo\H - progetto esecutivo
palestra\STR\282-H-STR-DOC02.1.0-Relazione sulle strutture.docx

VERIFICATO:

ing. Elisa Cocco

APPROVATO:

ing. Lorenzo Righele

2019/031

282-H-STR-DOC02.1.1

RELAZIONE GENERALE

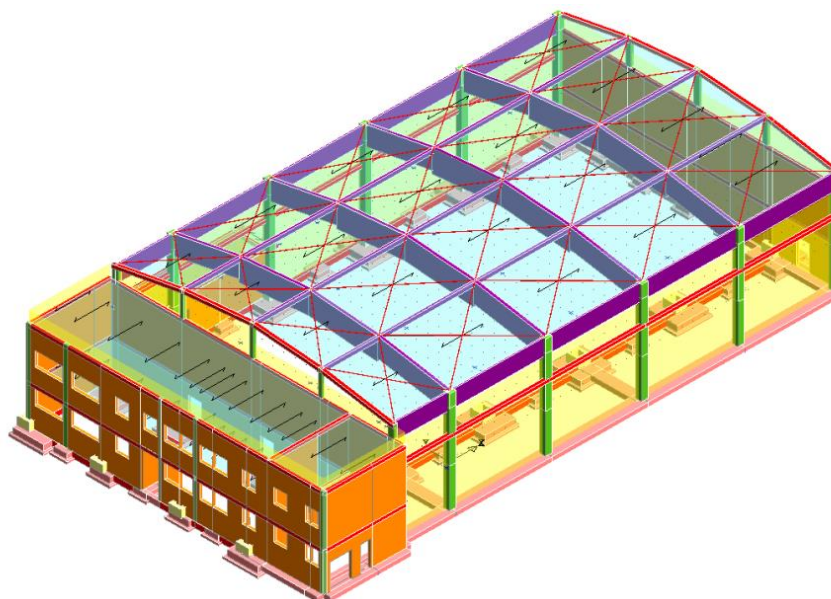
• DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

La presente relazione riguarda le strutture relative all'intervento di demolizione e ricostruzione della Palestra di Monte di Malo.

La descrizione particolareggiata dell'edificio è presente nella relazione generale; dal punto di vista strutturale l'edificio ha pianta rettangolare, con dimensioni di 48x30 m circa, ed è strutturalmente diviso in 2 blocchi: la parte degli spogliatoi e quella della palestra vera e propria. Le strutture sono così costituite:

- **FONDAZIONI:** di tipo superficiale, ma miste: per i pilastri sul lato est sono state recuperate le fondazioni esistenti, costituite da plinti di dimensioni variabili, da un minimo di 180x180 ad un massimo di 310x310 cm. I nuovi pilastri in opera risultano eccentrici rispetto alle zattere esistenti, ma i pesi sono decisamente inferiori (la copertura precedente era in tegoli di calcestruzzo, quella nuova sarà in legno) e quindi i plinti, peraltro consolidati, risultano comunque verificati. Il blocco spogliatoi, in muratura armata, è realizzato con lo stesso concetto: la trave reggipannelli viene rinforzata ed integrata, e fa da partenza per le nuove murature che poggeranno sui plinti esistenti. Fanno eccezione le fondazioni sul lato ovest, relative alla porzione in ampliamento, che verranno realizzate ex-novo con fondazioni continue con larghezza variabile da 80 a 140 cm.
- **STRUTTURE IN ELEVAZIONE:** la palestra è realizzata con pilastri e travi in calcestruzzo realizzate in opera; i lati est ed ovest si configurano come due telai, con muri di tamponatura, i lati nord e sud presentano solamente i pilastri d'angolo, ma con delle murature armate per contrastare la spinta sismica. La porzione degli spogliatoi è interamente realizzata in muratura armata.
- **SOLAI:** il solaio di piano e quello di copertura del blocco spogliatoi sono realizzati in lastre tipo predalles, con spessore 4+20+5; il solaio di copertura del piccolo blocco sul lato est sono in lastre predalles 4+12+5.
- **COPERTURE:** per quanto riguarda la palestra, la copertura è realizzata in legno armato (tipo armalam) curve ed a sezione variabile, con travi binate che misurano da 14x150 cm agli appoggi per diventare 14x200 in mezzzeria.

Tutte le strutture sono R30.



• CRITERI DI MODELLAZIONE

La struttura dell'edificio è stata modellata tridimensionalmente attraverso l'ausilio del programma di calcolo CDS della ditta STS. Le travi e i pilastri sono stati modellati come elementi monodimensionali aste, le pareti portanti come elementi shell, mentre le pareti di tamponamento come carico portato.

Poiché la copertura non può essere considerata rigida, è stata effettuata un'analisi lineare nodale, spingendosi fino a 150 modi di vibrare per attivare almeno l'85% della struttura (nello specifico la struttura risulta attivata al 95%).

la classe di duttilità della struttura è media (CD "B"); come fattore di comportamento è stato scelto il valore di 2,50; lo stesso è coerente con entrambe le tipologie costruttive (telai in calcestruzzo e muratura armata), che comporterebbero la scelta del valore di 2,50 per i primi e 2,52 per la seconda. Infatti ai sensi del punto 7.3.1 delle NTC2018 i valori del fattore q vengono determinati secondo i seguenti valori:

Tab. 7.3.II – Valori massimi del valore di base q_0 del fattore di comportamento allo SLV per diverse tecniche costruttive ed in funzione della tipologia strutturale e della classe di duttilità CD

Tipologia strutturale	q_0	
	CD "A"	CD "B"
Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	$4,5 \alpha_w / \alpha_1$	$3,0 \alpha_w / \alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	$4,0 \alpha_w / \alpha_1$	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5
Costruzioni con struttura prefabbricata (§ 7.4.5.1)		
Strutture a pannelli	$4,0 \alpha_u / \alpha_1$	3,0
Strutture monolitiche a cella	3,0	2,0

Strutture con pilastri incastrati e orizzontamenti incernierati	3,5	2,5
Costruzioni d'acciaio (§ 7.5.2.2) e composte di acciaio-calcestruzzo (§ 7.6.2.2)		
Strutture intelaiate	5,0 α_u/α_1	4,0
Strutture con controventi eccentrici		
Strutture con controventi concentrici a diagonale tesa attiva	4,0	4,0
Strutture con controventi concentrici a V	2,5	2,0
Strutture a mensola o a pendolo inverso	2,0 α_u/α_1	2,0
Strutture intelaiate con controventi concentrici	4,0 α_u/α_1	4,0
Strutture intelaiate con tamponature in murature	2,0	2,0
Costruzioni di legno (§ 7.7.3)		
Pannelli di parete a telaio leggero chiodati con diaframmi incollati, collegati mediante chiodi, viti e bulloni	3,0	2,0
Strutture reticolari iperstatiche con giunti chiodati		
Portali iperstatici con mezzi di unione a gambo cilindrico	4,0	2,5
Pannelli di parete a telaio leggero chiodati con diaframmi chiodati, collegati mediante chiodi, viti e bulloni.	5,0	3,0
Pannelli di tavole incollate a strati incrociati, collegati mediante chiodi, viti, bulloni		
Strutture reticolari con collegamenti a mezzo di chiodi, viti, bulloni o spinotti		2,5
Strutture cosiddette miste, ovvero con intelaiatura (sismo-resistente) in legno e tamponature non portanti		
Strutture isostatiche in genere, compresi portali isostatici con mezzi di unione a gambo cilindrico, e altre tipologie strutturali		1,5
Costruzioni di muratura (§ 7.8.1.3)		
Costruzioni di muratura ordinaria	1,75 α_u/α_1	
Costruzioni di muratura armata	2,5 α_u/α_1	
Costruzioni di muratura armata con progettazione in capacità	3,0 α_u/α_1	
Costruzioni di muratura confinata	2,0 α_u/α_1	
Costruzioni di muratura confinata con progettazione in capacità	3,0 α_u/α_1	
Ponti (§ 7.9.2.1)		
Pile in calcestruzzo armato		
Pile verticali inflesse	3,5 λ	1,5
Elementi di sostegno inclinati inflessi	2,1 λ	1,2
Pile in acciaio:		
Pile verticali inflesse	3,5	1,5
Elementi di sostegno inclinati inflessi	2,0	1,2
Pile con controventi concentrici	2,5	1,5
Pile con controventi eccentrici	3,5	-
Spalle		
In genere	1,5	1,5
Se si muovono col terreno	1,0	1,0

Ai sensi del capitolo 7.4.3.2 il fattore di struttura per la costruzione considerata in calcestruzzo vale quindi:

- classe di duttilità media, struttura a telaio: $q_0=3,00 \alpha_u/\alpha_1$
- telai ad un piano: $\alpha_u/\alpha_1=1,1$
- non regolarità in pianta: $\alpha_u/\alpha_1=\text{media}(1; \alpha_u/\alpha_1)=1,05$
- non regolarità in altezza: $KR=0.8$

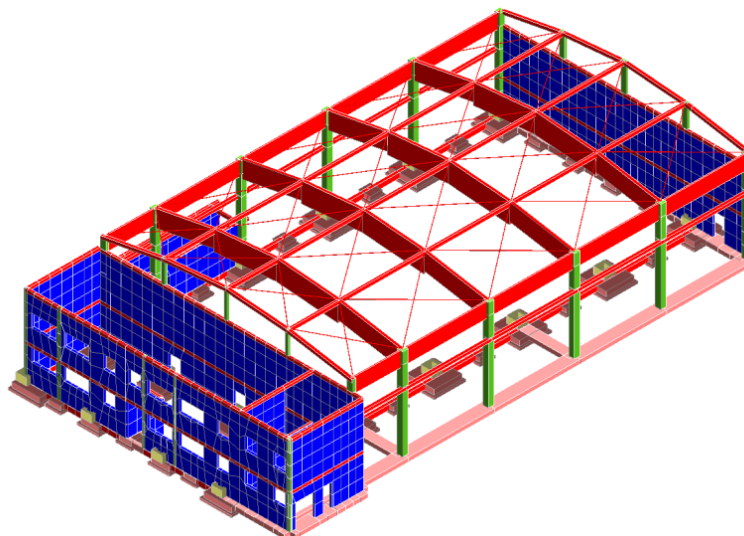
$$q = q_0 \times KR = 3,00 \times 1,05 \times 0.8 = 2,52$$

Ai sensi del capitolo 7.8.1.3 il fattore di struttura per la costruzione considerata in muratura armata vale:

- costruzioni in muratura armata: $q_0=2,50 \alpha_u/\alpha_1$
- muratura armata: $\alpha_u/\alpha_1=1,5$
- non regolarità in pianta: $\alpha_u/\alpha_1=\text{media}(1; \alpha_u/\alpha_1)=1,25$
- non regolarità in altezza: $KR=0.8$

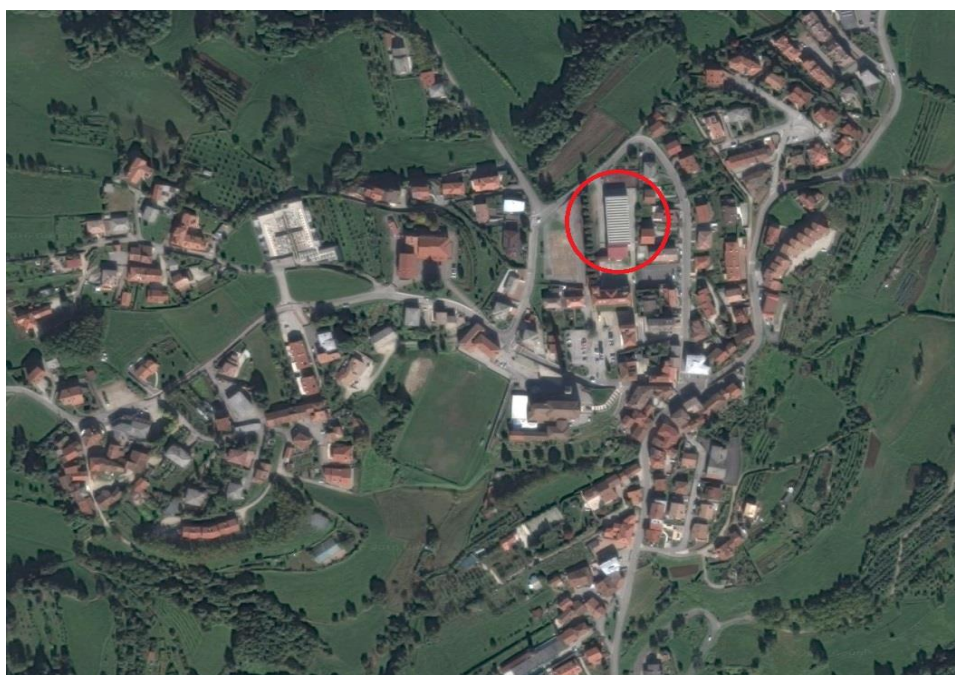
$$q = q_0 \times KR = 2,50 \times 1,25 \times 0.8 = 2,50$$

La figura seguente mostra il modello di calcolo:



• IDENTIFICAZIONE DEL SITO

L'opera oggetto di progettazione strutturale ricade nel territorio comunale di Monte di Malo (VI) in Via Milano, indicato all'interno della seguente ortofoto:



• AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Per determinare gli effetti dell'azione sismica sul fabbricato, occorre innanzitutto definire la stessa mediante alcune valutazioni fondamentali come: l'uso a cui è adibito, (con presenza o meno di affollamenti o avente una funzione pubblica, ecc.), la sua vita nominale V_n , il periodo di riferimento per l'azione sismica V_r , la pericolosità sismica di base ed altri parametri legati alla tipologia ed alla conformazione del sottosuolo.

CLASSE D'USO DELL'EDIFICIO

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.

Secondo il Decreto del Capo della Protezione Civile n° 3685 del 21.10.2003 le palestre comunali rientrano in in quanto edificio strategico in **classe IV** (EDIFICI CON FUNZIONI PUBBLICHE O STRATEGICHE IMPORTANTI). La classificazione è conforme agli allegati A e B alla D.G.R. Veneto 28 novembre 2003 n. 3645.

VITA NOMINALE DELLA STRUTTURA

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 2008 disciplina la vita nominale dei fabbricati per diversi tipi di opere.

Tipi di costruzione		Vita nominale V_n (in anni)
1	Opere provvisorie – opere provvisionali – strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Secondo il DCPC n° 3685 del 21.10.2003 il carattere strategico di un'opera o la sua rilevanza per le conseguenze di un eventuale collasso sono dipendenti dalla classe d'uso; pertanto gli edifici adibiti a palestre comunali ricadono in categoria 2, dovendo garantire una vita nominale maggiore di 50 anni.

PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'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

$$V_r = V_n \times C_u$$

La tabella 2.4.II delle NTC 2018 stabilisce i valori del coefficiente d'uso C_u al variare della classe d'uso dell'edificio.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

La tabella C.2.4.I della Circolare n.7 del 21.01.2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sotto riportata, indica gli intervalli di valori attribuiti a V_r al variare della vita nominale e della classe d'uso dell'edificio.

Vita nominale V_n	Valori di V_r			
	Classe d'uso			
	I	II	III	IV
≤ 10	35	35	35	35
≥ 50	≥ 35	≥ 50	≥ 75	≥ 100
≥ 100	≥ 70	≥ 100	≥ 150	≥ 200

Il Valore di riferimento (V_r) per la costruzione oggetto di indagine viene pertanto determinato in **100 anni**. Una volta determinata la vita nominale V_n del fabbricato e il periodo di riferimento V_r dell'azione sismica occorre definire la pericolosità sismica di base.

PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Per eseguire qualsiasi verifica sismica, la prima grandezza da determinare è il periodo di ritorno T_r dell'azione sismica. Secondo le NTC 2018, infatti, 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 sopra calcolato (100 anni) mentre la probabilità (P_{vr}) è la grandezza percentuale che indica la possibilità di superamento del valore prefissato durante il periodo di riferimento. La probabilità di superamento P_{vr} , detta anche probabilità di eccedenza, è strettamente legata alle prestazioni attese dalla costruzione, cioè dallo stato limite che si intende non debba essere superato.

Per la valutazione della sicurezza di strutture esistenti, le NTC 2018 danno la possibilità di eseguire le verifiche con riferimento ai soli Stati Limite Ultimi, dei quali si può scegliere se conseguire lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) od in alternativa lo Stato Limite di Prevenzione del Collasso (SLC).

L'opportunità di poter omettere la verifica allo Stato Limite di Danno (SLD) trova giustificazione nella precisa scelta della norma di focalizzare l'attenzione verso quegli stati limite di verifica che più si avvicinano al collasso ritenendo quindi che una costruzione esistente debba essere soprattutto preservata dall'eventuale crollo.

Tuttavia, viste le caratteristiche della struttura in esame, si ritiene di effettuare comunque la

valutazione dello Stato Limite di Danno (SLD) e dello Stato Limite di Operatività (SLO).

I valori delle probabilità di superamento (P_v), o di eccedenza, nel periodo di riferimento V_r , relativamente agli stati limite da verificare, Stato Limite di Danno (SLD) e Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), nonché gli SLE che verranno verificati, sono riportate nella Tabella 3.2.I delle NTC 2018:

Stato Limite	P _v – probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_r	
SLE	Stato Limite di Operatività (SLO)	81%
	Stato Limite di Danno (SLD)	63%
SLU	Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)	10%
	Stato Limite di Collasso (SLC)	5%

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

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

ottenendo per i vari stati limite le espressioni di T_r in funzione di V_r come disposto dalla Tabella C.3.2.I della Circolare n.7 del 21 gennaio 2019, sotto riportata.

Stato Limite	Valori in anni del periodo di ritorno T_r al variare del periodo di riferimento V_r		Periodo di ritorno T_r per l'edificio considerato
SLE	Stato Limite di Operatività (SLO)	$30 \text{ anni} \leq T_r \leq 0,60 V_r$	60 anni
	Stato Limite di Danno (SLD)	$T_r = V_r$	100 anni
SLU	Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)	$T_r = 9,50 V_r$	950 anni
	Stato Limite di Collasso (SLC)	$T_r = 19,50 V_r \leq 2475 \text{ anni}$	1950 anni

In particolare, per lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) il periodo di ritorno è stimato **in 950 anni**.

PARAMETRI DI PERICOLOSITA' SISMICA

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

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).

Per le modalità di determinazione dei parametri sismici è stato utilizzato il documento SPETTRI

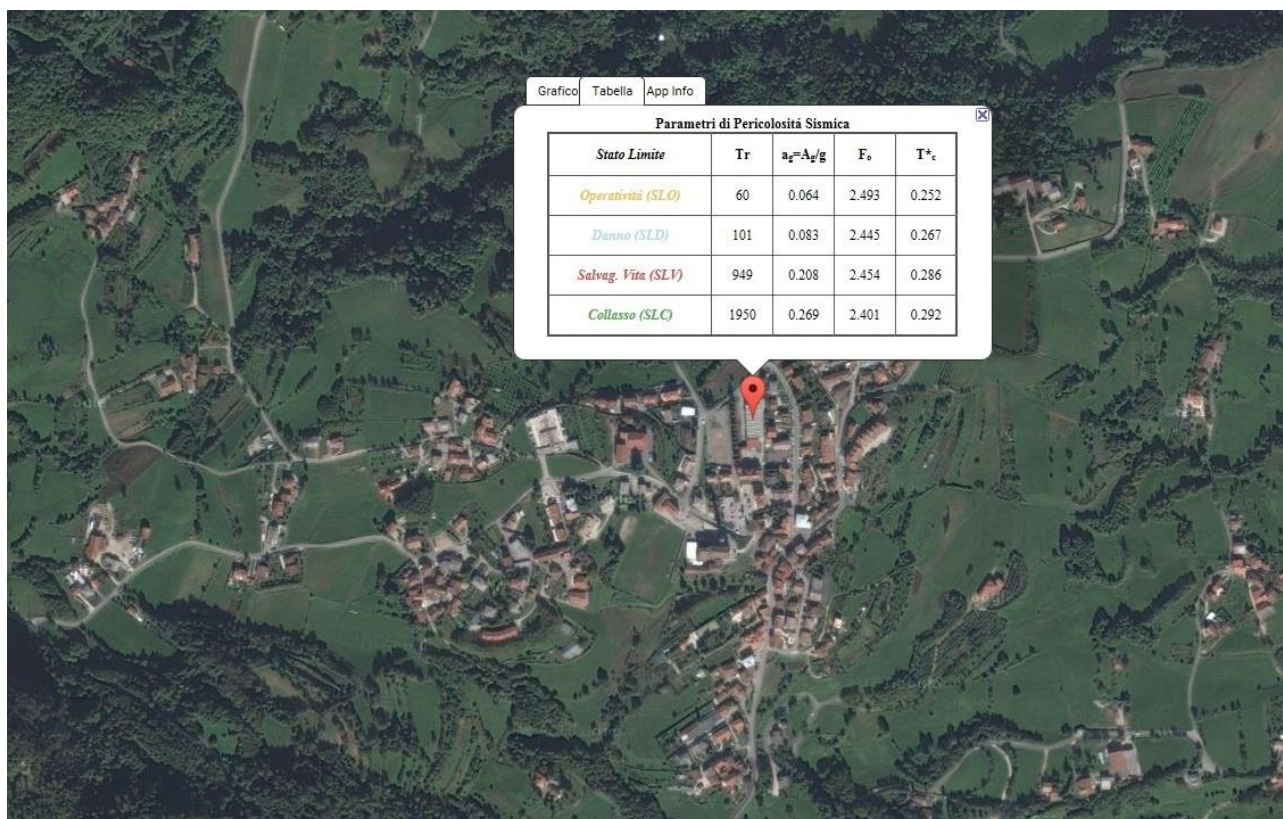
NTC, nella versione 1.0.3, messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Le coordinate geografiche del baricentro dei magazzini comunali sono le seguenti:

LATITUDINE	45,66142	45° 39 '41,13" N
LONGITUDINE	11,36252	11° 21 ' 45,06" E

Mediante interpolazione, calcolata come media pesata dai valori assunti dai 3 parametri nei quattro vertici della maglia, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto ed i rispettivi vertici, si ottengono il valore di a_g , F_o e T^*_c relativi al sito di riferimento e per i periodi di ritorno considerati:

Stato Limite	Tr	$A_g=A_g/g$	F_o	T^*_c
Operatività (SLO)	60	0.064	2.493	0.252
Danno (SLD)	100	0.083	2.445	0.267
Salv. Vita (SLV)	950	0.208	2.454	0.286
Collasso (SLC)	1950	0.269	2.401	0.292

Il programma ministeriale, come quello utilizzato per le verifiche, per arrotondamenti risulta avere un anno di diversità nei periodi di ritorno considerati; tale valore non modifica comunque i valori di a_g , F_o e T^*_c rispetto al valore tabellare. Si riporta a seguire l'individuazione e la caratterizzazione del sito.



Gli effetti del trasferimento dell'azione sismica dal sito alla struttura dipendono dal tipo di terreno su cui risulta costruito il fabbricato, o meglio, la risposta di un edificio alla vibrazione sismica del sito dipende dalla conformazione del sottosuolo.

La determinazione dello spettro di risposta elastico deve pertanto tenere in considerazione gli

aspetti legati alle caratteristiche del sottosuolo ed alle sue condizioni topografiche.

CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

In assenza di particolari analisi si può far riferimento alle categorie di sottosuolo descritte nella tabella 3.2.II delle NTC 2018.

Categoria	Caratteristiche delle categorie di sottosuolo
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un m/s graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt} < 15$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m posti su substrato di riferimento ($V_{s30} < 800$ m/s) dove Vs 30 = velocità equivalente di propagazione, $N_{spt} 30$ = resistenza penetrometrica equivalente, Cu_{30} = resistenza drenata equivalente.

Nella fattispecie, viste le indagini effettuate dal dott. Geol. Mario Capeti, e vista la risposta sismica locale, si ritiene di assimilare il sito **alla categoria C**.

Dalla stessa relazione geologica si evince che nel sottosuolo non sono presenti terreni suscettibili di liquefazione e/o con argille d'elevata sensitività per cui è esclusa la possibilità di fenomeni di collasso del terreno (vedi categorie aggiuntive di sottosuolo S1 ed S2 – Tabella 3.2.III NTC).

La frequenza di risonanza del sito risulta essere **$1,56 \pm 0,08$ Hz**.

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.III 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	Superficie pianeggiante, pendii o rilievi con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

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

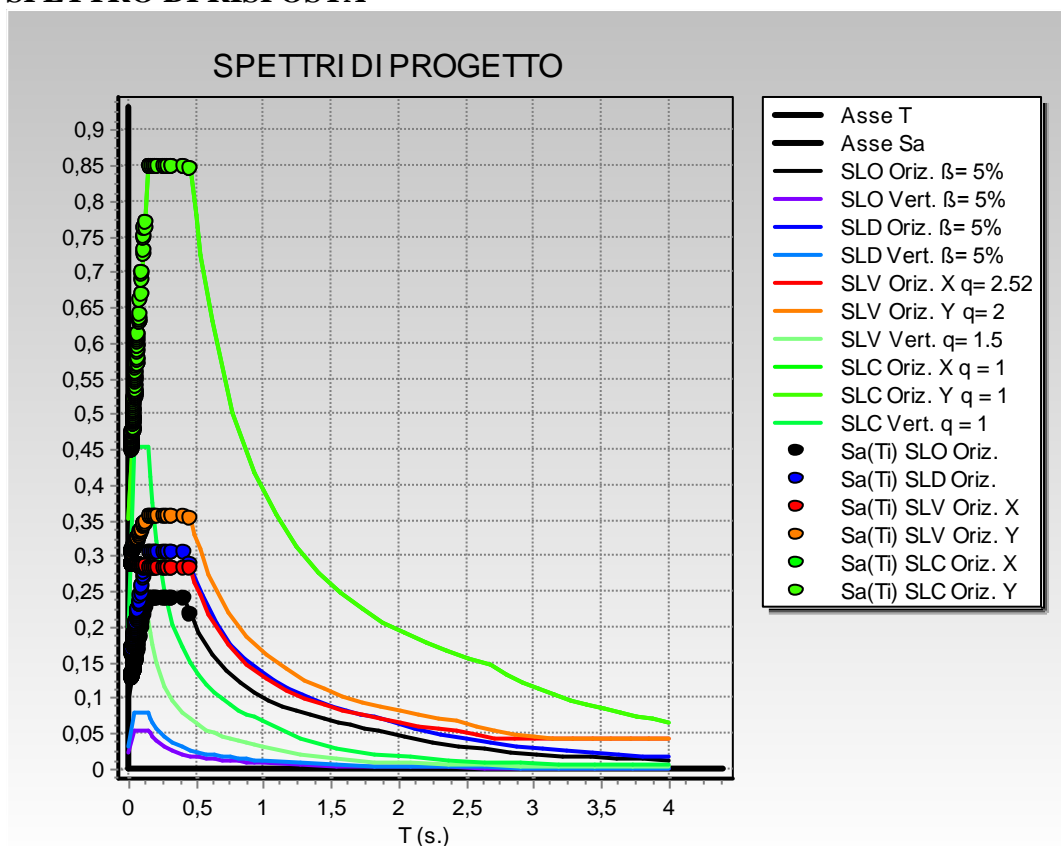
DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La determinazione dell'azione sismica del sito prestabilito si concretizza con lo sviluppo dello Spettro di Risposta Elastico in spostamento delle componenti orizzontali, ricavandolo dal corrispondente Spettro di Risposta Elastico in accelerazione. O meglio, partendo dallo Spettro di Risposta Elastico in accelerazione delle componenti orizzontali, che può essere ottenuto attraverso software di elaborazione specifici, si arriva a determinare il corrispondente Spettro di Risposta Elastico in spostamento, che verrà utilizzato per paragonare, secondo lo Stato Limite di riferimento, la “capacità di spostamento” della struttura con la “domanda di spostamento” richiesta dal sito per la struttura in esame, valutando così l'idoneità o meno dell'insieme murario.

Nella fattispecie, per ottenere lo Spettro di Risposta Elastico in accelerazione delle componenti orizzontali si è ricorsi alla routine interna al software utilizzato per la verifica, che riprende il foglio di calcolo Excel SPETTRI NTC, nella versione 1.0.3, messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Nel grafico allegato, benché nel seguito venga sviluppata una analisi non lineare, vengono riportati i primi 30 modi di vibrare della struttura (sufficienti ad eccitare più dell'80% della massa) riportati sullo spettro di progetto; la frequenza di risonanza del sito risulta abbastanza lontana da tali modi.

SPETTRO DI RISPOSTA



Nella successiva tabella vengono riportati i principali parametri sismici relativi al fabbricato oggetto a verifica:

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI

Vita Nominale	50
Classe d'Uso	4
Categoria del Suolo	C
Categoria Topografica	1
Latitudine del sito oggetto di edificazione	45.66286
Longitudine del sito oggetto di edificazione	11.36276

- INFORMAZIONI GENERALI SULL'ANALISI SVOLTA**

I calcoli e le verifiche riportate nella presente relazione sono stati condotti con riferimento al disposto delle seguenti norme:

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M 17/01/2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018;

REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 17.01.2018)

- UNI ENV 1992-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
- UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1995-1 – Costruzioni in legno
- UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni
- UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno

MISURA DELLA SICUREZZA

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è quello degli Stati Limite (SL) che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi S.L.U. e gli stati limite di esercizio S.L.E..

La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore delle corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.

Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali.

Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura.

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto al Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17/01/2018 e successive modifiche ed integrazioni.

In particolare si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (S.L.U.) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018 per i vari tipi di materiale. I valori utilizzati sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate;
- la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (S.L.E.) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nell'allegato fascicolo delle calcolazioni;
- la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (S.L.D.) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica;
- robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani;

Per quanto riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

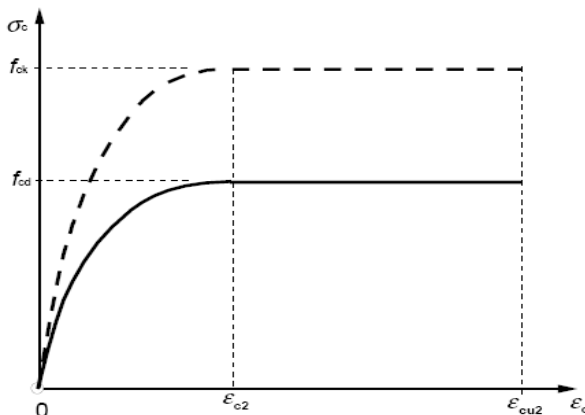
MODELLI DI CALCOLO

Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 17/01/2018.

Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli S.L.U. che allo S.L.D. si fa riferimento al D.M. 17/01/18 e alla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019, n. 7 la quale è stata utilizzata come norma di dettaglio.

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

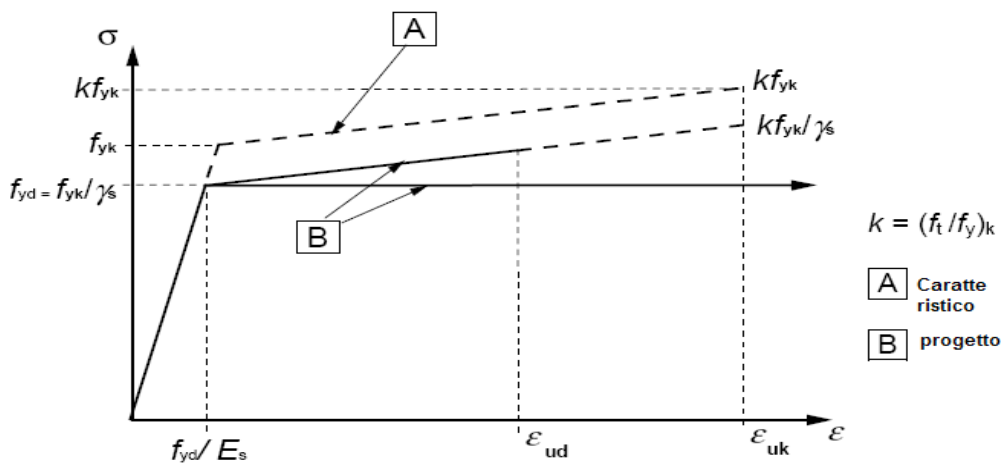
Per le verifiche sezionali i legami utilizzati sono:



Legame costitutivo di progetto parabola-rettangolo per il calcestruzzo.

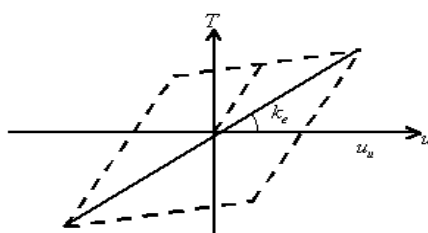
Il valore ε_{cu2} nel caso di analisi non lineari sarà valutato in funzione dell'effettivo grado di

confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.



Legame costitutivo di progetto elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata per l'acciaio.

- legame rigido plastico per le sezioni in acciaio di classe 1 e 2 e elastico lineare per quelle di classe 3 e 4;
- legame elastico lineare per le sezioni in legno;
- legame elasto-viscoso per gli isolatori.



Legame costitutivo per gli isolatori.

Il modello di calcolo utilizzato risulta rappresentativo della realtà fisica per la configurazione finale anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

- **AZIONI SULLA COSTRUZIONE**

I valori delle azioni considerati nei calcoli sono quelli previsti dal D.M. 17.01.2018; in particolare:

AZIONI AMBIENTALI E NATURALI

Si è concordato con il committente che le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche siano verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (S.L.O.)
- Stato Limite di Danno (S.L.D.)

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (S.L.V.)
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (S.L.C.)

Si è inoltre concordato che le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla neve, dal vento e dalla temperatura secondo quanto previsto dal cap. 3 del D.M. 17/01/18 e dalla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009 n. 617 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.

DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla tabella del D.M. 17/01/2018 in funzione della destinazione d'uso. I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k [kN/m²]
- carichi verticali concentrati Q_k [kN]
- carichi orizzontali lineari H_k [kN/m]

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

Categ.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale.			
	Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	Uffici.			
	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
C	Ambienti suscettibili di affollamento.			
	Cat. C1 – Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00	2,00	1,00
	Cat. C2 – Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 – Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sporte relative tribune	5,00	5,00	3,00
D	Ambienti ad uso commerciale.			
	Cat. D1 – Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 – Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie	5,00	5,00	2,00
E	Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale.			
	Cat. E1 – Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	> 6,00	6,00	1,00*
	Cat. E2 – Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	-	-	-
F – G	Rimesse e parcheggi.			
	Cat. F – Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G – Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN, da valutarsi caso per caso	-	-	-
H	Coperture e sottotetti.			
	Cat. H1 – Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione	0,50	1,20	1,00
	Cat. H2 – Coperture praticabili	Secondo categoria di appartenenza		
	Cat. H3 – Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) 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

I valori nominali e/o caratteristici q_k , Q_k ed H_k di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle N.T.C. 2018. In presenza di carichi verticali concentrati Q_k essi sono stati applicati su impronte di

carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dello orizzontamento.

In particolare si considera una forma dell'impronta di carico quadrata pari a 50 x 50 mm, salvo che per le rimesse ed i parcheggi, per i quali i carichi si sono applicano su due impronte di 200 x 200 mm, distanti assialmente di 1,80 m.

AZIONE SISMICA

Ai fini delle N.T.C. 2018 l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

L'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

In allegato alle N.T.C. 2018, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

AZIONI DOVUTE AL VENTO

Le azioni del vento sono state determinate in conformità al §3.3 del D.M. 17/01/18 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7. Si precisa che tali azioni hanno valenza significativa in caso di strutture di elevata snellezza e con determinate caratteristiche tipologiche come ad esempio le strutture in acciaio.

AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA

E' stato tenuto conto delle variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali, con un delta di temperatura di 15° C.

Nel calcolo delle azioni termiche, si è tenuto conto di più fattori, quali le condizioni climatiche del sito, l'esposizione, la massa complessiva della struttura, la eventuale presenza di elementi non strutturali isolanti, le temperature dell'aria esterne (Cfr. § 3.5.2), dell'aria interna (Cfr. § 3.5.3) e la distribuzione della temperatura negli elementi strutturali (Cfr § 3.5.4) viene assunta in conformità ai dettami delle N.T.C. 2018.

NEVE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture, ove presente, è stato valutato mediante la seguente espressione di normativa:

$$q_s = m_i \times q_{sk} \times C_E \times C_t \quad (\text{Cfr. §3.3.7})$$

in cui si ha:

q_s = carico neve sulla copertura;

μ_i = coefficiente di forma della copertura, fornito al (Cfr. § 3.4.5);

q_{sk} = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m^2], fornito al (Cfr. § 3.4.2) delle N.T.C. 2018

per un periodo di ritorno di 50 anni;

C_E = coefficiente di esposizione di cui al (Cfr. § 3.4.3);

C_t = coefficiente termico di cui al (Cfr. § 3.4.4).

AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI

Nel caso delle spinte del terrapieno sulle pareti di cantinato (ove questo fosse presente), in sede di valutazione di tali carichi, (a condizione che non ci sia grossa variabilità dei parametri geotecnici dei vari strati così come individuati nella relazione geologica), è stata adottata una sola tipologia di terreno ai soli fini della definizione dei lati di spinta e/o di eventuali sovraccarichi.

COMBINAZIONI DI CALCOLO

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 delle N.T.C. 2018. Queste sono:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.) (2.5.1);
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 (2.5.2);
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili (2.5.3);
- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4);
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5);
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 form. 2.5.6).

Nelle combinazioni per S.L.E., si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.). Nelle formule sopra riportate il simbolo + vuol dire “combinato con”.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 form. 3.2.16 delle N.T.C. 2018.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17).

I valori dei coefficienti ψ_{2j} sono riportati nella Tabella 2.5.I.

La struttura deve essere progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, purché si adotti la normale manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme.

Le misure di protezione contro l'eccessivo degrado devono essere stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali.

La protezione contro l'eccessivo degrado deve essere ottenuta attraverso un'opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l'eventuale applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l'adozione di altre misure di protezione attiva o passiva.

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle N.T.C. 2018 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Categoria/Azione variabile	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
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 ≤ 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 ≤ 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

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle N.T.C. 2018 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

• ANALISI DEI CARICHI

I valori delle azioni considerati nei calcoli sono quelli previsti dal D.M. 17.01.2018; in particolare

sono stati considerati i carichi elementari riassunti nella seguente tabella:

ARCHIVIO TIPOLOGIE DI CARICO										
Car. N.ro	Peso Strut kg/mq	Perman. NONstru kg/mq	Varia bile kg/mq	Neve kg/mq	Destinaz. d'Uso	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Anal. Car. N.ro	DESCRIZIONE SINTETICA DEL TIPO DI CARICO
1	85	20	50	140	Categ. H	0,0	0,0	0,0		copertura in legno
2	425	200	500	0	Categ. C	0,7	0,7	0,6		solaio primo impalcato predalles 4+20+6
3	300	0	0	0	Categ. C	0,7	0,7	0,6		tamponatura pannelli pref (non utilizzato)
4	80	0	0	0	Categ. C	0,7	0,7	0,6		tamponatura e rivestimento comprensivo dei vetri (non utilizzato)
5	425	200	200	140	Categ. H	0,0	0,0	0,0		solaio copertura predalles 4+20+6
6	295	150	50	140	Categ. H	0,0	0,0	0,0		predalles 4+12+5 coperta accessori
7	350	50	0	0	Categ. C	0,7	0,7	0,6		muro leccacocco 25 cm
8	0	300	500	0	Categ. C	0,7	0,7	0,6		spogliatoi piano terra
9	300	400	400	0	Categ. C	0,7	0,7	0,6		scale in calcestruzzo

• TOLLERANZE

Nelle calcolazioni si è fatto riferimento ai valori nominali delle grandezze geometriche ipotizzando che le tolleranze ammesse in fase di realizzazione siano conformi alle euronorme EN 1992-1991-EN206 - EN 1992-2005:

– Copriferro –5 mm (EC2 4.4.1.3)

Per dimensioni ≤ 150 mm ± 5 mm

Per dimensioni $= 400$ mm ± 15 mm

Per dimensioni ≥ 2500 mm ± 30 mm

Per i valori intermedi interpolare linearmente.

• DURABILITÀ

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazione opportuni stati limite di esercizio (S.L.E.) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi. Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 17/01/2018 e relative Istruzioni.

• PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente

relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17/01/2018.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle le azioni pari a quelle di esercizio.

RELAZIONE AI SENSI DEL CAP. 10.2

• TIPO DI ANALISI SVOLTA

TIPO DI ANALISI E MOTIVAZIONE

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare.

Per quanto riguarda le azioni sismiche, tenendo conto che per la tipologia strutturale in esame possono essere significativi i modi superiori, si è optato per l'analisi modale con spettro di risposta di progetto e fattore di comportamento. La scelta è stata anche dettata dal fatto che tale tipo di analisi è nelle NTC2018 indicata come l'analisi di riferimento che può essere utilizzata senza limitazione di sorta. Nelle analisi sono state considerate le eccentricità accidentali pari al 5% della dimensione della struttura nella direzione trasversale al sisma.

METODO DI RISOLUZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali. In particolare le travi ed i pilastri sono stati schematizzati con elementi asta a due nodi deformabili assialmente, a flessione e taglio, utilizzando funzioni di forma cubiche di Hermite. Tale modello finito ha la caratteristica di fornire la soluzione esatta in campo elastico lineare, per cui non necessita di ulteriori suddivisioni interne degli elementi strutturali.

Nel modello sono stati tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi. La presenza di eventuali orizzontamenti è stata tenuta in conto o con vincoli cinematici rigidi o con modellazione della soletta con elementi SHELL. I vincoli tra i vari elementi strutturali e quelli con il terreno sono stati modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale.

In particolare, il modello di calcolo ha tenuto conto dell'interazione suolo-struttura schematizzando le fondazioni superficiali (con elementi plinto, trave o piastra) come elementi su suolo elastico alla Winkler.

I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono del tipo elastico lineare.

METODO DI VERIFICA SEZIONALE

Le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU e SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 17/01/2018.

Per le verifiche sezionali degli elementi in c.a. ed acciaio sono stati utilizzati i seguenti legami:

- Legame parabola rettangolo per il cls
- Legame elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata per l'acciaio

COMBINAZIONI DI CARICO ADOTTATE

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal DM 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive. In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state considerate le combinazioni delle azioni di cui al § 2.5.3 delle NTC 2018, per i seguenti casi di carico:

SLO	SI
SLD	SI
SLV	SI
SLC	SI
Combinazione Rara	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente	SI
SLU terreno A1 – Approccio 1/ Approccio 2	SI-CON NTC18 SOLO APPROCCIO 2
SLU terreno A2 – Approccio 1	NON PREVISTA DALLE NTC18

MOTIVAZIONE DELLE COMBINAZIONI E DEI PERCORSI DI CARICO

Il sottoscritto progettista ha verificato che le combinazioni prese in considerazione per il calcolo sono sufficienti a garantire il soddisfacimento delle prestazioni sia per gli stati limite ultimi che per gli stati limite di esercizio.

Le combinazioni considerate ai fini del progetto tengono infatti in conto le azioni derivanti dai pesi propri, dai carichi permanenti, dalle azioni variabili, dalle azioni termiche e dalle azioni sismiche combinate utilizzando i coefficienti parziali previsti dalle NTC 2018 per le prestazioni di SLU ed SLE.

In particolare per le azioni sismiche si sono considerate le azioni derivanti dallo spettro di progetto ridotto del fattore q e le eccentricità accidentali pari al 5%. Inoltre le azioni sismiche sono state combinate spazialmente sommando al sisma della direzione analizzata il 30% delle azioni derivanti dal sisma ortogonale.

ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Produttore	S.T.S. srl
Titolo	CDSWin
Versione	Rel. 2018
Nro Licenza	22032

Ragione sociale completa del produttore del software:

S.T.S. s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l.

Via Tre Torri n°11 – Complesso Tre Torri

95030 Sant'Agata li Battiati (CT).

AFFIDABILITA' DEI CODICI UTILIZZATI

L'affidabilità del codice utilizzato e la sua idoneità al caso in esame, è stata attentamente verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

La S.T.S. s.r.l., a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti, fornisce direttamente on-line i test sui casi prova liberamente consultabili all'indirizzo:

<http://www.stsweb.it/area-utenti/test-validazione.html>

VALIDAZIONE DEI CODICI

L'opera in esame non è di importanza tale da necessitare un calcolo indipendente eseguito con altro software da altro calcolista

PRESENTAZIONE SINTETICA DEI RISULTATI

Una sintesi del comportamento della struttura è consegnata nelle tabelle di sintesi dei risultati, riportate in appresso, e nelle rappresentazioni grafiche allegate in coda alla presente relazione in cui sono rappresentate le principali grandezze (deformate, sollecitazioni, etc..) per le parti più sollecitate della struttura in esame.

DATI GENERALI DI STRUTTURA			
DATI GENERALI DI STRUTTURA			
Massima dimens. dir. X (m)	47,49	Altezza edificio (m)	10,83
Massima dimens. dir. Y (m)	29,40	Differenza temperatura(°C)	15
PARAMETRI SISMICI			
Vita Nominale (Anni)	50	Classe d' Uso	QUARTA
Longitudine Est (Grd)	11,36276	Latitudine Nord (Grd)	45,66286
Categoria Suolo	C	Coeff. Condiz. Topogr.	1,00000
Sistema Costruttivo Dir.1	C.A.	Sistema Costruttivo Dir.2	C.A.
Regolarità in Altezza	NO(KR=.8)	Regolarità in Pianta	NO
Direzione Sisma (Grd)	0	Sisma Verticale	ASSENTE
Effetti P/Delta	SI	Quota di Zero Sismico (m)	0,00000
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.O.			
Probabilità Pvr	0,81	Periodo di Ritorno Anni	60,00
Accelerazione Ag/g	0,06	Periodo T'c (sec.)	0,25
Fo	2,49	Fv	0,85
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,50	Periodo TB (sec.)	0,14
Periodo TC (sec.)	0,42	Periodo TD (sec.)	1,86
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D.			
Probabilità Pvr	0,63	Periodo di Ritorno Anni	101,00
Accelerazione Ag/g	0,08	Periodo T'c (sec.)	0,27
Fo	2,45	Fv	0,95
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,50	Periodo TB (sec.)	0,15
Periodo TC (sec.)	0,44	Periodo TD (sec.)	1,93
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V.			
Probabilità Pvr	0,10	Periodo di Ritorno Anni	949,00
Accelerazione Ag/g	0,21	Periodo T'c (sec.)	0,29
Fo	2,46	Fv	1,51
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,39	Periodo TB (sec.)	0,15
Periodo TC (sec.)	0,46	Periodo TD (sec.)	2,43
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.C.			
Probabilità Pvr	0,05	Periodo di Ritorno Anni	1950,00
Accelerazione Ag/g	0,27	Periodo T'c (sec.)	0,29
Fo	2,40	Fv	1,68
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,31	Periodo TB (sec.)	0,15
Periodo TC (sec.)	0,46	Periodo TD (sec.)	2,68

PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO C.A. - DIR. 1			
Classe Duttilita'	MEDIA	Sotto-Sistema Strutturale	Telaio
AlfaU/Alfa1	1,05	Fattore riduttivo KW	1,00
Fattore di comportam 'q'	2,52		
PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO C.A. - DIR. 2			
Classe Duttilita'	MEDIA	Sotto-Sistema Strutturale	Pil.Isost
AlfaU/Alfa1	1,05	Fattore riduttivo KW	1,00
Fattore di comportam 'q'	2,00		
COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI DEI MATERIALI			
Acciaio per carpenteria	1,05	Verif.Instabilita' acciaio:	1,05
Acciaio per CLS armato	1,15	Calcestruzzo CLS armato	1,50
Legno per comb. eccez.	1,00	Legno per comb. fondam.:	1,50
Livello conoscenza	NUOVA		
	COSTRUZIONE		
FRP Collasso Tipo 'A'	1,10	FRP Delaminazione Tipo 'A'	1,20
FRP Collasso Tipo 'B'	1,25	FRP Delaminazione Tipo 'B'	1,50
FRP Resist. Press/Fless	1,00	FRP Resist. Taglio/Torsione	1,20
FRP Resist. Confinamento	1,10		

Tabellina Riassuntiva delle % Massa Eccitata

Il numero dei modi di vibrare considerato (150) ha permesso di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura, per le varie direzioni:

DIREZIONE	% MASSA
X	95
Y	95
Z	NON SELEZIONATA

Tabellina Riassuntiva degli Spostamenti SLO/SLD

Stato limite	Status Verifica
SLO	VERIFICATO
SLD	VERIFICATO

Tabellina riassuntiva delle verifiche SLU

Tipo di Elemento	Non Verif/Totale	STATUS
Travi c.a. Fondazione	0 su 114	VERIFICATO
Travi c.a. Elevazione	0 su 331	VERIFICATO
Pilastrini in c.a.	0 su 81	VERIFICATO
Shell in c.a.	0 su 0	NON PRESENTI
Piastre in c.a.	0 su 0	NON PRESENTI
Aste in Acciaio	0 su 40	VERIFICATO
Aste in Legno	0 su 41	VERIFICATO
Zattera Plinti	0 su 35	VERIFICATO
Pali/Micropali (Plinti)	0 su 0	NON PRESENTI
Micropali (Travi/Piastre)	0 su 0 Tipologie	NON PRESENTI

Tabellina riassuntiva delle verifiche SLE

Tipo di Elemento	Non Verif/Totale	STATUS
Travi c.a. Fondazione	0 su 114	VERIFICATO
Travi c.a. Elevazione	0 su 331	VERIFICATO
Pilastrini in c.a.	0 su 81	VERIFICATO
Shell in c.a.	0 su 0	NON PRESENTI

Piastre in c.a.	0 su 0	NON PRESENTI
Aste in Acciaio	0 su 40	VERIFICATO
Aste in Legno	0 su 41	VERIFICATO
Zattera Plinti	0 su 35	VERIFICATO
Pali	0 su 0	NON PRESENTI

Tabellina Riassuntiva della Ridistribuzione Plastica

	Numero totale Travi a cui si e' applicata la ridistribuzione plastica	Numero Travi con coeff. di ridistribuzione plastica inferiore al limite di Norma
Ridistribuzione Plastica Travi in C.A.	NON ESEGUITA	NON ESEGUITA

Tabellina Riassuntiva delle Verifiche di Gerarchia delle Resistenze

	Non Verif/Totale	STATUS
Gerarchia Trave Colonna c.a.	0 su 16	VERIFICATO
Gerarchia Trave Colonna acc.	0 su 0	NON ESEGUITA

Tabellina Riassuntiva delle Verifiche delle Unioni Metalliche

	Non Verif/Totale	STATUS
Telai	0 su 0	NON PRESENTI
Reticolari	0 su 0	NON PRESENTI

Tabellina riassuntiva verifiche Murature

Tipo Verifica	Non Verif/Totale	Coeff. Sicur. Minimi	STATUS
Maschi – Statiche	0 su 0		NON PRESENTE
Maschi – Sisma Ortog.	0 su 0		NON PRESENTE
Maschi – Sisma Parall.	0 su 0		NON PRESENTE
Architravi	0 su 0		NON PRESENTE
Meccanismi Locali	0 su 0		NON PRESENTE

Tabellina riassuntiva verifiche Murature Armate

Tipo Verifica	Non Verif/Totale	Coeff. Sicur. Minimi	STATUS
Maschi – Statiche	0 su 273	1.17	VERIFICATO
Maschi – Sisma Ortog.	0 su 273	1.01	VERIFICATO
Maschi – Sisma Parall.	0 su 273		VERIFICATO
Architravi	0 su 37		VERIFICATO

Tabellina riassuntiva verifiche Pareti CLS Debolmente Armate

Tipo Verifica	Non Verif/Totale	Coeff. Sicur. Minimi	STATUS
Maschi – Statiche	0 su 0		NON PRESENTE
Maschi – Sisma Ortog.	0 su 0		NON PRESENTE
Maschi – Sisma Parall.	0 su 0		NON PRESENTE
Architravi	0 su 0		NON PRESENTE

Tabellina riassuntiva della portanza

	VALORE	STATUS
--	--------	--------

Sigma Terreno Massima (kg/cmq)	1.61(travi), 1.77(plinti)	
Coeff. di Sicurezza Portanza Globale	1.00 (travi), 1.07(plinti)	VERIFICATO
Coeff. di Sicurezza Scorrimento	9.26	VERIFICATO
Cedimento Elastico Massimo (cm)	.44	
Cedimento Edometrico Massimo (cm)	.44	
Cedimento Residuo Massimo (cm)	NON CALCOLATO	

Tabellina riassuntiva della Stabilita' Globale della struttura

Numero della combinazione di carico	CARICO CRITICO NON CALCOLATO
Valore del moltiplicatore dei carichi	CARICO CRITICO NON CALCOLATO

INFORMAZIONI SULL' ELABORAZIONE

Il software e' dotato di propri filtri e controlli di autodiagnostica che intervengono sia durante la fase di definizione del modello sia durante la fase di calcolo vero e proprio.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.

Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su labilita' o eventuali mal condizionamenti delle matrici, con verifica dell'indice di condizionamento.

Controlli sulle verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.

Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

Rappresentazioni grafiche di post-processo che consentono di evidenziare eventuali anomalie sfuggite all' autodiagnostica automatica.

In aggiunta ai controlli presenti nel software si sono svolti appositi calcoli su schemi semplificati, che si riportano nel seguito, che hanno consentito di riscontrare la correttezza della modellazione effettuata per la struttura in esame.

GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA'

Il software utilizzato ha permesso di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello hanno consentito di controllare sia la coerenza geometrica che la adeguatezza delle azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali: sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti e reazioni vincolari, hanno permesso un immediato controllo di tali valori con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati della struttura stessa.

Si è inoltre riscontrato che le reazioni vincolari sono in equilibrio con i carichi applicati, e che i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche sono confrontabili con gli omologhi valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Sono state inoltre individuate un numero di travi ritenute significative e, per tali elementi, e' stata effettuata una apposita verifica a flessione e taglio.

Le sollecitazioni fornite dal solutore per tali travi, per le combinazioni di carico indicate nel tabulato di verifica del CDSWin, sono state validate effettuando gli equilibri alla rotazione e traslazione delle dette travi, secondo quanto meglio descritto nel calcolo semplificato, allegato alla presente relazione.

Si sono infine eseguite le verifiche di tali travi con metodologie semplificate e, confrontandole con le analoghe verifiche prodotte in automatico dal programma, si è potuto riscontrare la congruenza di tali risultati con i valori riportati dal software.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato tutte esito positivo.

Da quanto sopra esposto si può quindi affermare che il calcolo è andato a buon fine e che il modello di calcolo utilizzato è risultato essere rappresentativo della realtà fisica, anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

Malo, 28 Febbraio 2019

Il progettista strutturale

dott. ing. Lorenzo Righele