

COMUNE DI SANTA LUCIA DI PIAVE

Comune di Santa Lucia di Piave

Provincia di Treviso

Regione Veneto



RESTAURO, MIGLIORAMENTO SISMICO ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELLA BARCHESSA DI PALAZZO ANCILOTTO

studio_di_fattibilità

progetto_architettonico

progetto_strutturale

preliminare

preliminare

definitivo

definitivo

esecutivo

esecutivo

G

Relazione di calcolo delle strutture

Relazione sui materiali

Indagini sperimentali_4EMME Service spa

aggiornamento

cod_ 1899_cartiglio_FRONTI.dwg

02.03.2020

Responsabile unico del Procedimento
dott.ssa Anna Rita Speranza

progettisti
arch. Susanna Maset

ing. Fiorenzo Carniel

c/m
associati

A_RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

B_RELAZIONE SUI MATERIALI

C_INDAGINI SPERIMENTALI ESEGUITE DA 4EMME SERVICE SPA

A_RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

INDICE

RELAZIONE DI CALCOLO	4
1 RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	4
2 CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI	10
3 NORMATIVA	11
4 ANALISI STORICO-CRITICA	12
5 FASE CONOSCITIVA E VALUTAZIONI METODOLOGICHE D'INTERVENTO	12
5.1 RILIEVO GEOMETRICO E ANALISI STORICA DI MASSIMA	12
5.2 RILIEVO COSTRUTTIVO STRUTTURALE	12
5.3 INDAGINI STRUMENTALI – PROVE IN SITO	20
6 LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA	20
7 MATERIALI: CARATTERIZZAZIONE TIPOLOGICA E MECCANICA	20
7.1 MATERIALE ESISTENTE	20
7.2 MATERIALE NUOVO	22
8 PROGRAMMI DI CALCOLO	23
9 DESCRIZIONE DEL MODELLO STRUTTURALE CORRELATO CON QUELLO GEOTECNICO ED I CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA	24
10 MODELLAZIONE STRUTTURALE_BARCHESSA_STATO DI FATTO	25
10.1 AZIONI SULLA COSTRUZIONE	26
10.1.1 ANALISI DEI CARICHI	26
10.1.2 AZIONI DINAMICHE_DATI DI PROGETTO	30
10.2 METODO DI VERIFICA	32
10.2.1 STATI LIMITE ULTIMI	33
10.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI	34
10.3.1 COMBINAZIONE PER STATO LIMITE ULTIMO	34
10.3.2 COMBINAZIONE STATO LIMITE DI ESERCIZIO	35
10.3.3 COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	35
11 ANALISI LINEARE STATICA	36
SIMBOLOGIA ADOTTATA DAL CODICE DI CALCOLO	36
11.1 MATERIALI UTILIZZATI NELLA MODELLAZIONE	40

11.2	CARICHI	40
11.3	COMBINAZIONI DI CARICO	41
11.4	SOLLECITAZIONI AL SUOLO	45
11.5	PARETI MURARIE	46
11.6	VALUTAZIONE INDICE DI RISCHIO SISMICO	54
12	INTERVENTI STRUTTURALI	55
13	MODELLAZIONE STRUTTURALE_BARCHESSA_STATO DI PROGETTO	59
13.1	AZIONI SULLA COSTRUZIONE	60
13.1.1	ANALISI DEI CARICHI	60
13.1.2	AZIONI DINAMICHE_DATI DI PROGETTO	64
13.2	METODO DI VERIFICA	65
14	ANALISI LINEARE STATICA	66
	SIMBOLOGIA ADOTTATA DAL CODICE DI CALCOLO	66
14.1	MATERIALI UTILIZZATI	66
14.2	CARICHI	66
14.3	COMBINAZIONI DI CARICO	68
14.4	SOLLECITAZIONI AL SUOLO E VERIFICA NUOVE TRAVI DI FONDAZIONE IN C.A.	72
14.5	PARETI MURARIE	76
11.6	VALUTAZIONE INDICE DI RISCHIO SISMICO_STATO DI PROGETTO	84
15	VERIFICA OPERE IN ACCIAIO_SLU	85
16	VERIFICA OPERE IN LEGNO_SLU	88
17	VALUTAZIONE RESISTENZA AL FUOCO STRUTTURE LIGNEE	109
18	NUOVE SCALE METALLICHE	113
18.1	AZIONI SULLA COSTRUZIONE	113
18.1.1	AZIONI STATICHE	113
18.1.2	ANALISI DEI CARICHI	113
18.1.3	AZIONI DINAMICHE_DATI DI PROGETTO	114
18.2	METODO DI VERIFICA	116
18.2.1	STATI LIMITE ULTIMI	117
18.3	COMBINAZIONI DELLE AZIONI	118
18.3.1	COMBINAZIONE PER STATO LIMITE ULTIMO	118
18.3.2	COMBINAZIONE STATO LIMITE DI ESERCIZIO	119
18.3.3	COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	119
18.4	MATERIALI IMPIEGATI	120
19	ANALISI SISMICA STATICA EQUIVALENTE	121
19.1	MODELLO TRIDIMENSIONALE E CONDIZIONI ADOTTATE	121
19.2	CARICHI	123

19.3	COMBINAZIONI DI CARICO	124
19.4	VERIFICHE PER LA SICUREZZA DELL'OPERA	126
19.4.1	SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE N,M,T	128
19.4.2	VERIFICA DEGLI ELEMENTI IN ACCIAIO	129
19.5	ANALISI DEI RISULTATI	132
20	ALLEGATO 1 – INFORMAZIONI AGGIUNTIVE SUL CODICE DI CALCOLO ADOTTATO	133
20.1	INFORMAZIONI INTEGRATIVE SULL'USO DEI CODICI DI CALCOLO	133
20.2	AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO	133
20.3	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	134
20.4	I METODI DI CALCOLO	134
20.5	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DELL'ANALISI STRUTTURALE	135

A.

A_RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

1 RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

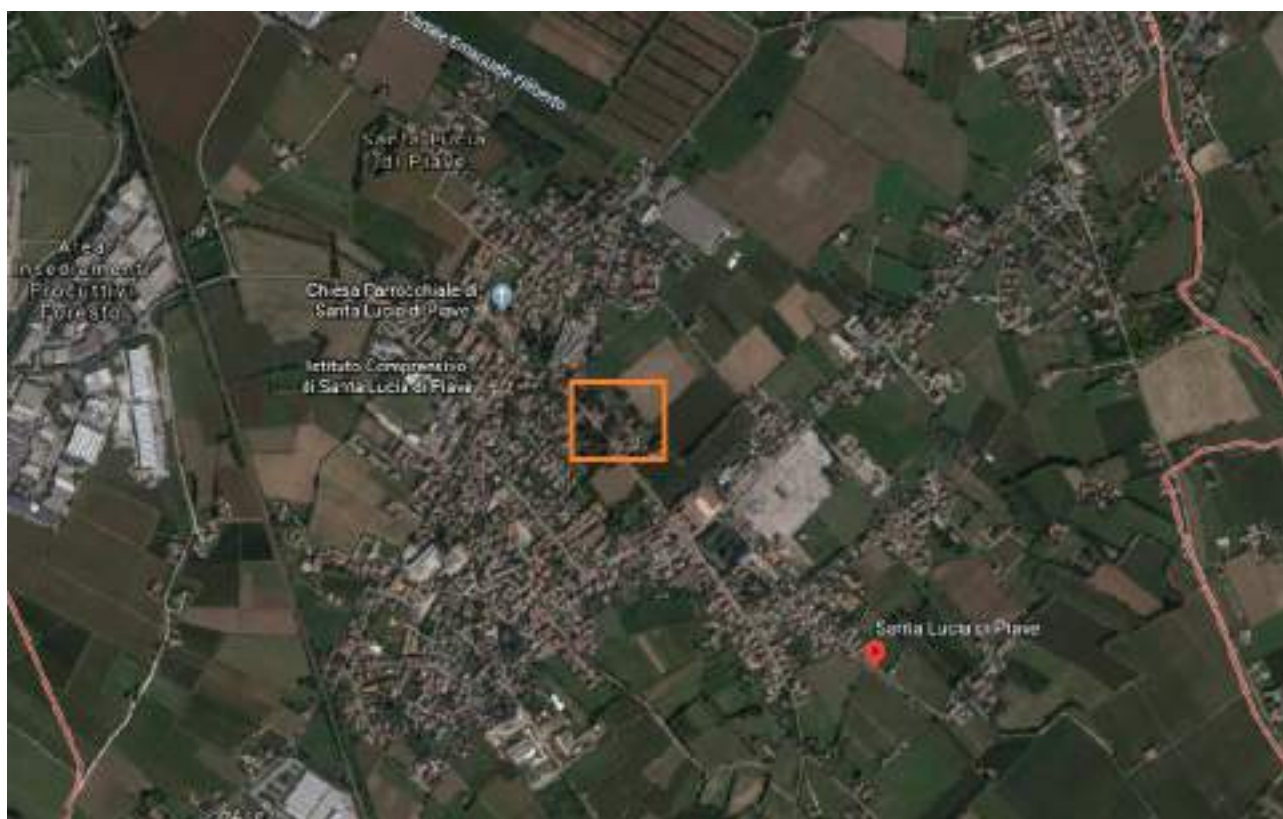
Il progetto prevede i lavori di restauro conservativo e riqualificazione della Barchessa di Palazzo Ancilotto sita nel comune di Santa Lucia di Piave, via Crespi, in provincia di Treviso.

Il complesso immobiliare è composto dalla Barchessa, da una Serra e un piccolo fabbricato ad un piano di collegamento tra i due. La Barchessa e la Serra sono censiti catastalmente al foglio n. 3 Sez . A mappali rispettivamente n. 2264 e 2417 sub 1 e 2.

La barchessa è costituita da un corpo di fabbrica a pianta rettangolare che si eleva su due livelli fuori terra, costituito da muratura portante in mattoni pieni a due teste e malta di calce. Il solaio di primo livello è di tipo ligneo come la struttura di copertura costituita da capriate e travetti su cui poggiano tavelloni in laterizio e il manto di copertura in coppi.

La serra è realizzata a pianta triangolare, la struttura è adossata al muro di recinzione e racchiusa da una struttura costituita da colonne in ghisa tra le quali sono disposte delle vetrate con telaio in acciaio.

La presente relazione va a valutare la sicurezza strutturale della barchessa allo stato di fatto e allo stato di progetto evidenziando il miglioramento della stessa a seguito degli interventi previsti.



INDIVIDUAZIONE PLANIMETRICA



INDIVIDUAZIONE PALAZZO ANCILOTTO E BARCHESSA



SCHEMA INDIVIDUAZIONE FABBRICATI

Si riporta di seguito delle immagini della barchessa oggetto di questa relazione:









FOTO BARCHESSA

La presente relazione analizza lo stato di fatto e valuta l'indice di rischio del fabbricato, individuando tipologia costruttiva, materiali, peculiarità e le eventuali carenze strutturali e sviluppa un progetto di miglioramento sismico atto ad accrescere la situazione attuale.

Lo scopo pertanto è quello di individuare interventi strutturali mirati e necessari al ripristino funzionale in sicurezza dell'opera e a conseguimento di un aumento della sicurezza della costruzione.

Gli interventi rientrano pertanto nella classificazione di "Interventi di miglioramento" ai sensi del D.M. 17/01/2018.

La scelta delle tecniche d'intervento è stata valutata dando la preferenza a quelle meno invasive e maggiormente compatibili con i criteri della conservazione, tenendo conto dei requisiti di sicurezza e durabilità.

Gli interventi sono stati scelti in modo da rispettare, per quanto possibile, la concezione e le tecniche originarie della struttura. Da questo punto di vista si è scelto, quando possibile, di riparare gli elementi strutturali danneggiati piuttosto che sostituirli.

La metodologia, l'ubicazione e la fattibilità degli interventi sono state infatti condivise con la locale Soprintendenza in base alle indicazioni dello stesso Ente in merito alle esigenze di conservazione di apparati decorativi, intonaci ed elementi di pregio.

Gli interventi in ambito statico con modifica/rinforzo delle strutture esistenti a seguito anche delle nuove esigenze di lay-out riguardano principalmente:

- strutture di fondazione.
- i solai primo livello;
- solai di copertura;
- cucì/scucì sulla muratura;

Gli interventi atti ad incrementare la sicurezza strutturale utilizzati possono essere riassunti nei seguenti punti:

- ripristino di tutte le tirantature orizzontali a livello del primo solaio e del solaio di copertura;
- realizzazioni di tirantature verticali incluse nelle pareti ;
- realizzazione di camicie in rete in GFRP e intonaco;
- irrigidimento solai lignei;
- allineamento verticali dei fori tra piano terra e piano primo;

L'intervento prevede inoltre la ricostruzione e la riabilitazione strutturale della serra scollegandola dalla muratura mediante l'inserimento di colonne metalliche e travi metalliche su cui poggerà il nuovo solaio ligneo. Si interviene anche sul fabbricato di collegamento tra serra e barchessa aumentandone la sicurezza dello stesso.

Si prevede la realizzazione di una nuova struttura metallica con colonne a profili circolari cavi su cui poggiano le travi principali metalliche, la copertura lignea e il pacchetto di isolamento e impermeabilizzazione.

2 CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI

Per gli edifici rilevanti l'indice di rischio viene definito come rapporto tra l'accelerazione di picco al suolo, che comporta il raggiungimento dello stato limite di salvaguardia della vita (SLV), e l'accelerazione che la norma indica nello specifico sito in cui si trova la costruzione e per lo stesso stato limite. L'intervento previsto incrementa la sicurezza, aumentando notevolmente l'azione sismica massima sopportabile dall'edificio. Si riportano i risultati di tale incremento:

$$\alpha_{PRE} = a_g/g(T_r=30) / a_g/g(T_r=712) = 0,055/0,254 = \mathbf{0,216}$$

$$\alpha_{POST} = a_g/g(T_r=240) / a_g/g(T_r=712) = 0,159/0,254 = \mathbf{0,626}$$

$$\Delta = \alpha_{POST} - \alpha_{PRE} = 0,626 - 0,216 = \mathbf{0,41}$$

Dal punto di vista statico, i solai, la copertura le nuova scale saranno progettati in modo da sopportare il massimo sovraccarico variabile definito dalle norme attuali.

La valutazione della resistenza al fuoco delle strutture lignee ha permesso di classificare i solai del piano primo costituiti da travi 18x18 cm. a interasse 0,50 m. REI 60, mentre il solaio di copertura costituito da travi 13,5x16,5 cm. disposti a interasse di 0,60 m. REI 30.

3 NORMATIVA

La presente relazione è stata redatta in conformità con la normativa vigente ed in particolare con:

- Legge 5 novembre 1971 n°1086

“Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.”

- Legge 2 febbraio 1974 n° 64

“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;

- D.M. LL.PP. 17 gennaio 2018

Norme tecniche per le costruzioni.

- Circolare n.7/ C.S.LL.PP. del 21 gennaio 2019

Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

- Linee guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera - Settembre 2017

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici-Servizio Tecnico Centrale

UNI EN 1995-1:2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno

UNI 11118:2004 Beni Culturali - Manufatti Lignei - Criteri per l'identificazione delle specie legnose

UNI 11119:2004 Beni Culturali - Manufatti Lignei – Strutture portanti degli edifici-Ispzione in situ per la diagnosi degli elementi in opera

Linee guida ReLUIs per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle strutture di legno-2014

Il territorio del Comune di SANTA LUCIA DI PIAVE è compreso nell'elenco dei comuni appartenenti alla zona 2, in base all' O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003.

4 ANALISI STORICO-CRITICA

Le prime informazioni relative all'area risalgono agli inizi del XIX secolo e derivano da una dichiarazione di proprietà e dalla documentazione del catasto Napoleonico, in cui vengono citate le proprietà di Agostino Ancilotto di Antonio, situati a destra dell'attuale via F. Crespi.

Tra la fine dell'ottocento e l'inizio del novecento fu realizzata la serra in stile Liberty e sempre all'inizio del 1900 fu edificato anche l'annesso rustico (Barchessa) utilizzato come stalla e fienile a cui venne immediatamente aggiunto il corpo di fabbricato dotato di merlatura a due piani con caratteri tipologici completamente differenti e il piccolo volume ad un piano che collega la barchessa alla serra.

Negli anni 50 l'annesso rustico venne adibito a garage.

5 FASE CONOSCITIVA E VALUTAZIONI METODOLOGICHE D'INTERVENTO

5.1 RILIEVO GEOMETRICO E ANALISI STORICA DI MASSIMA

E' stato eseguito un rilievo architettonico nei numerosi sopralluoghi in cui sono state effettuate delle verifiche puntuali che hanno confermato la corrispondenza con il materiale recuperato relativo al fabbricato oggetto dell'intervento.

Si è giunti ad ottenere una precisa restituzione dello stato di fatto della barchessa.

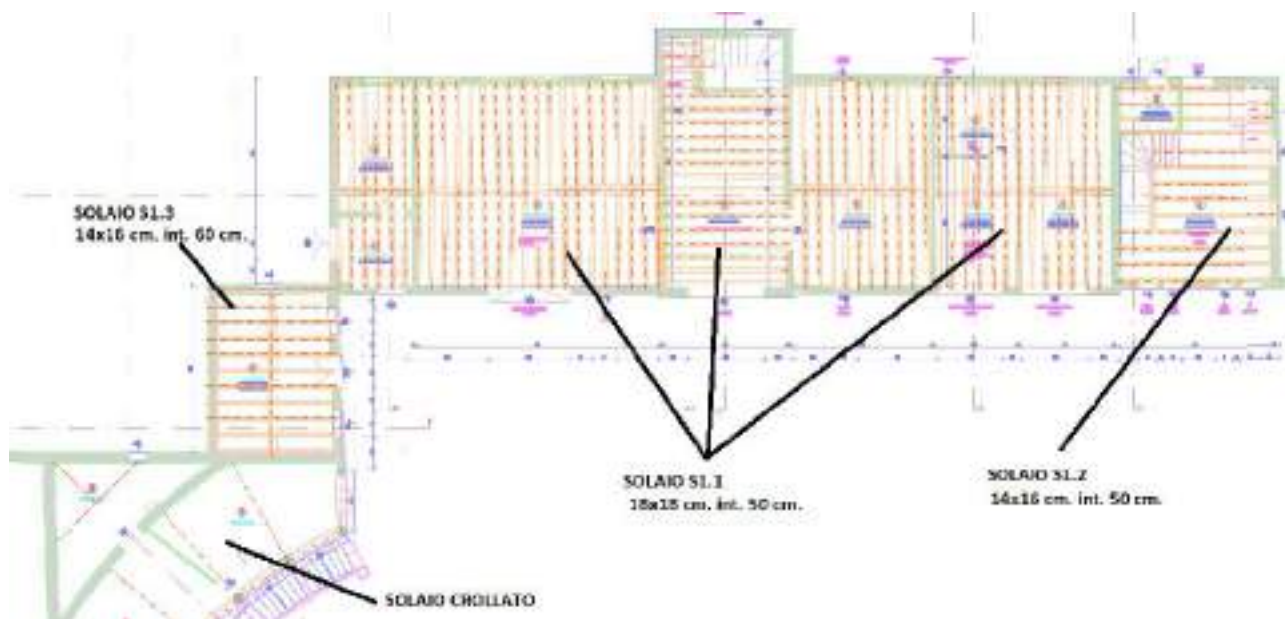
5.2 RILIEVO COSTRUTTIVO STRUTTURALE

E' stato eseguito un rilievo critico strutturale degli elementi portanti verticali e degli orizzontamenti rilevandone le dimensioni geometriche, individuando lo schema statico complessivo e le dimensioni caratteristiche degli elementi portanti costitutivi, valutando anche lo stato di conservazione e individuando le criticità presenti.

E' stato possibile approfondire la conoscenza di quasi tutti i solai grazie alla rimozione locale del tavolato superiore che ha permesso di rilevare le caratteristiche delle travi.

SOLAI PRIMO LIVELLO

E' stato possibile rilevare geometricamente quasi tutti i solai, su cui sono stati anche valutati qualitativamente gli stati di conservazione del materiale in opera e delle teste delle travi visibili. In corso d'opera verranno verificati accuratamente anche quelle non visibili mediante rimozione del controsoffitto sottostante e la sostituzione del tavolato ammalorato.



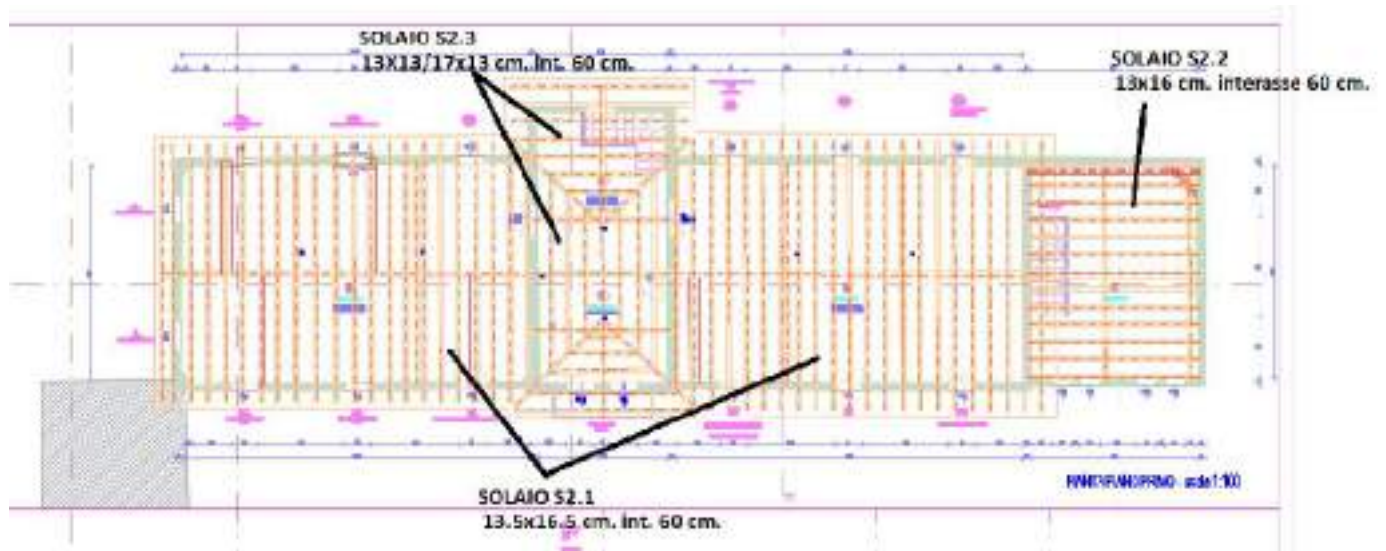
SCHEMA SOLAI PRIMO LIVELLO



FOTO INDAGINI SOLAI

SOLAI DI COPERTURA

E' stato possibile rilevare geometricamente tutti i solai di copertura, su cui sono stati anche valutati qualitativamente gli stati di conservazione del materiale in opera e delle teste delle travi. La copertura è realizzata da capriate lignee a sostegno del colmo e travetti poggianti sul colmo e sulla muratura. Sopra i travetti il pacchetto di copertura è realizzato mediante piastrelle in cotto e finitura in coppi.



SCHEMA SOLAI COPERTURA



FOTO RILIEVO SOLAIO S2.1



FOTO RILIEVO SOLAO S2.3

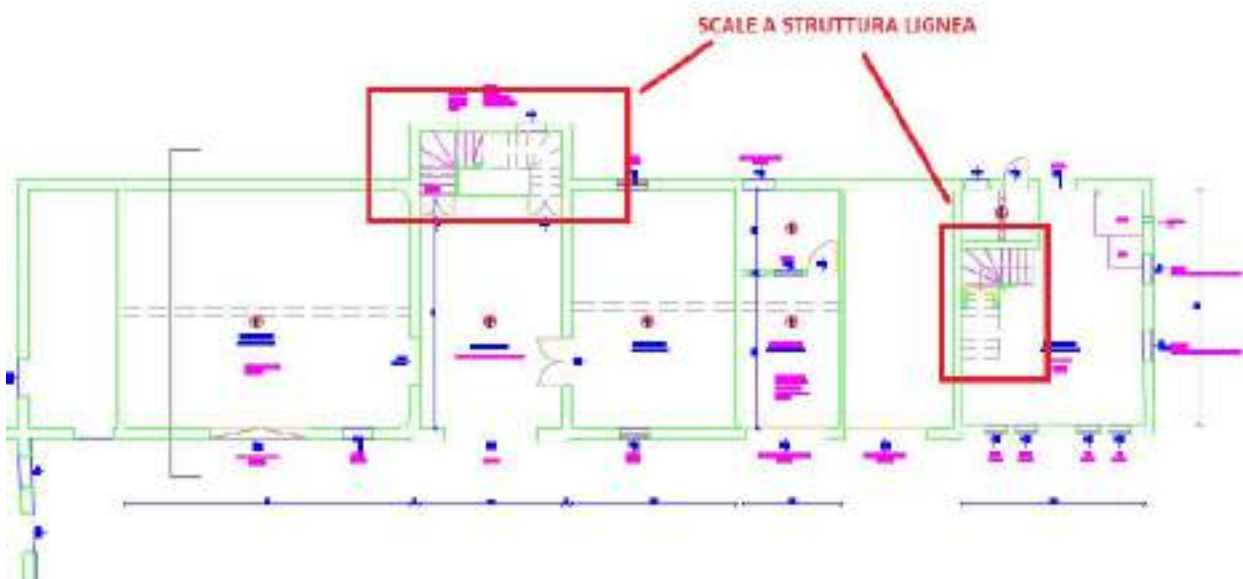


FOTO RILIEVO SOLAO S2.2

In corso d'opera verranno verificati accuratamente trave per trave e valutato l'intervento di recupero e rinforzo.

SCALE

Le due scale fortemente degradate verranno demolite e ricostruite a struttura metallica.



MURATURE

Le strutture verticali sono realizzate in mattoni pieni e malta di calce e/o cemento.

E' stato possibile verificare la matrice muraria la quale si presenta in buono stato.

Le indagini mediante saggi hanno permesso di:

- verificare la geometria (spessori) delle pareti portanti;
- verificare i materiali e la tessitura della muratura;
- verificare il grado di ammorsamento tra murature ortogonali;
- in caso di presenza di lesioni verificare le continuità, l'entità nella muratura e individuare la causa.

I quadri fessurativi presenti sono riconducibili principalmente a locali cedimenti a livello delle fondazioni.

Tuttavia il corpo di fabbrica non presenta quadri fessurativi che possano rilevare meccanismi in atto.

Sarà necessario in corso d'opera eseguire, dove necessario e ove possibile, interventi di scuci-cuci, riprese murarie e risarciture con successiva realizzazione di intonaco con rete porta intonaco al fine di prevenire future fessurazioni. Tutti tali interventi sono previsti nel Progetto.

La facciate si presentano con verticalità buone e non sono stati riscontrati fenomeni di fuori piombo tali da segnalare problemi statici per movimenti del secondo ordine.

Le aperture delle facciate si presentano in gran parte regolari e ordinate, generalmente allineate sulle verticali.

A controventare la facciata sono presenti due muri interni di spina che si presentano nel corpo centrale ben ammorsati e solidali senza alcun segno di fessurazione neanche sopra le porte che danno accesso alle sale laterali, fessurazioni che solitamente sono presenti qualora non fosse efficace tale ammorsamento e l'ancoraggio dei tiranti a livello dei solai fosse inefficiente.

Le tensioni medie sulla muratura sono indicativamente sui 0.3-0.4 MPa con valori massimi sui 0.6 MPa con tutti i carichi variabili ai vari livelli e la neve in copertura, valori normalmente riscontrabili negli edifici con struttura di questo tipo. Tali tensioni si ritengono perfettamente compatibili con la tipologia delle strutture murarie esistenti.



FOTO SAGGI AMMORSAMENTO TRA MURATURE DI FACCIATA E DI SPINA



FOTO SAGGI MURATURE

FONDAZIONI

Sono state eseguiti dei sondaggi a verifica delle quote di posa delle fondazioni che risulta essere all'incirca -1.20-1.30 cm. dal piano campagna lungo tutta la muratura portante del fabbricato. Si ritiene tale profondità compatibile con le caratteristiche geologiche e geotecniche del sito.



FOTO SAGGI FONDAZIONI

5.3 INDAGINI STRUMENTALI – PROVE IN SITO

Sulla base dei sopralluoghi e delle indagini preliminari effettuate è stato redatto un piano di indagini specialistiche per integrare i dati ove mancanti e per verificare la corrispondenza con quelli già in possesso. Le informazioni ottenute hanno permesso di determinare le caratteristiche medie dei materiali per poter sviluppare una progettazione mirata degli interventi di ripristino, rinforzo e miglioramento della sicurezza della costruzione.

Per i dettagli delle indagini si rimanda ai Rapporti Tecnici della ditta che ha eseguito le prove allegati a questa relazione.

6 LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

La circolare *n.7/ C.S.LL.PP.* del 21 gennaio 2019 di applicazione del D.M. 17 gennaio 2018 al capitolo C8 fornisce le linee guida per stabilire il Livello di Conoscenza sugli edifici esistenti, in funzione delle informazioni complessive raccolte anche mediante le prove strumentali. Viene definito così il coefficiente di sicurezza da assumere nelle verifiche denominato Fattore di Confidenza, aggiuntivo in alcuni casi al coefficiente di sicurezza sul materiale previsto dalle norme per gli edifici nuovi.

In funzione di quanto analizzato e rilevato in loco e alle indagini eseguite si può stabilire quanto segue:

Livello di Conoscenza: LC2 CONOSCENZA ADEGUATA

fi **Fattore di Confidenza assunto: FC =1.20**

7 MATERIALI: CARATTERIZZAZIONE TIPOLOGICA E MECCANICA

7.1 MATERIALE ESISTENTE

A seguito delle indagini strumentali e visive eseguite si ritiene di assumere i sottostanti valori per caratterizzare i materiali.

MURATURA

Tipologia muraria: Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Facendo riferimento alla tabella C8A.2.1 contenuta nella Circolare Ministeriale i valori consigliati da assumere per le resistenze e per i moduli elastici, in funzione del livello di conoscenza LC2 sono i valori medi (secondo le indicazioni della tabella C8A.1.1):

$f_m = 3.2$ MPa resistenza media a compressione

$\tau_0 = 0.76$ MPa resistenza media a taglio

$E = 1500$ MPa valore medio modulo di elasticità normale_non fessurato

$G = 500$ MPa valore medio modulo di elasticità tangenziale_non fessurato

$w = 18$ kN/m³ = 1800 kg/m³ peso specifico medio della muratura

I valori indicati dalla norma sono da riferirsi a condizioni di malta di scadenti caratteristiche, giunti non particolarmente sottili, assenza di ricorsi o listature e paramenti semplicemente accostati o mal collegati, tessitura a regola d'arte.

Nel nostro caso la muratura presenta caratteristiche migliori; secondo norma si può applicare un coefficiente migliorativo pari a 1,3.

LEGNO

Si assume una classe di resistenza del tipo C22.

LEGNO MASSICCIO													
CLASSI DI RESISTENZA		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	D30	D35	D40	
Resistenza [MPa]													
	flexione	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	30	35	40
	trazione parallela alla fibrazione	$f_{t,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	18	21	24
	trazione perpendicolare alla fibrazione	$f_{t90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
	compressione parallela alla fibrazione	$f_{c,0,k}$	15	17	18	19	20	21	23	23	23	25	26
	compressione perpendicolare alla fibrazione	$f_{c,90,k}$	2	2,2	2,2	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	8	8,4	8,8
	taglio	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2	2,2	2,4	2,5	2,8	3	3	3,4	3,8
Modulo elastico [GPa]													
	modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	10	10	11
	modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	$E_{0,0,5}$	4,7	5,4	6	6,4	6,7	7,4	7,7	8	8	8,7	9,4
	modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,3	0,32	0,33	0,37	0,38	0,4	0,34	0,68	0,75
	modulo di taglio medio	G_{mean}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,68	0,72	0,75	0,6	0,65	0,7
Massa volumetrica [kg/m³]													
	massa volumetrica caratteristica	ρ_k	250	310	320	330	340	350	373	380	530	560	590
	massa volumetrica media	ρ_m	350	370	380	390	410	420	450	450	640	670	700

Le cui caratteristiche verranno divise per il fattore di confidenza $FC=1.20$

7.2 MATERIALE NUOVO

ACCIAIO

Nel progetto verranno utilizzati elementi in acciaio di cui si prescrivono le caratteristiche meccaniche:

- Elementi in acciaio Acciaio S275JR
 - Resistenza caratteristica a snervamento $f_y = 275 \text{ MPa}$
 - Resistenza caratteristica a rottura $f_u = 430 \text{ MPa}$
 - Modulo di elasticità normale $E = 206000 \text{ MPa}$
 - Resistenza di calcolo $f_{yd} = f_y / (\gamma_M) = 275 / (1.05) = 261.9 \text{ MPa}$

LEGNO

I nuovi elementi lignei saranno in legno massiccio di classe C24.

LEGNO MASSICCIO												
CLASSI DI RESISTENZA		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	D30	D35	D40
Resistenza [MPa]												
flexione	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	30	35	40
trazione parallela alla fibratura	$f_{t,k}$	6	10	11	12	12	14	16	15	16	21	24
trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6
compressione parallela alla fibratura	$f_{c,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	23	25	26
compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k}$	2	2,2	2,2	2,2	2,4	2,6	2,6	2,7	3	3,4	3,6
taglio	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2	2,2	2,4	2,5	2,8	3	3	3,4	3,8
Modulo elastico [GPa]												
modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	7	8	8	9,5	10	11	11,5	12	10	10	11
modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	$E_{0,05}$	6,7	6,4	6	6,4	6,7	7,4	7,7	8	6	6,7	6,4
modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,3	0,32	0,33	0,37	0,38	0,4	0,64	0,69	0,75
modulo di taglio medio	G_{mean}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	1,3	0,85	0,7
Massa volumetrica [kg/m³]												
massa volumetrica caratteristica	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	530	560	580
massa volumetrica media	$\rho_{m,0}$	350	370	380	390	410	420	450	460	640	670	700

8 PROGRAMMI DI CALCOLO

Per l'analisi dello stato di Fatto e il dimensionamento degli elementi di progetto sono stati utilizzati i seguenti programmi di calcolo, oltre all'ausilio di fogli di calcolo in Excel:

MASTERSAP 2019 distribuito da AMV srl. E' un programma di analisi strutturale ad elementi finiti destinato in modo particolare alle applicazioni dell'ingegneria civile. Permette un' analisi lineare e non lineare delle strutture. I risultati dell'analisi strutturale vengono elaborati dai postprocessori che permettono il dimensionamento delle opere.

9 DESCRIZIONE DEL MODELLO STRUTTURALE CORRELATO CON QUELLO GEOTECNICO ED I CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA

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

Il comportamento del terreno è sostanzialmente rappresentato tramite una schematizzazione lineare alla Winkler, principalmente caratterizzabile attraverso una opportuna costante di sottofondo, che può essere anche variata nella superficie di contatto fra struttura e terreno e quindi essere in grado di descrivere anche situazioni più complesse. Nel caso dei pali il comportamento del terreno implica anche l'introduzione di vincoli per la traslazione orizzontale.

In questa analisi tenendo conto anche delle valutazioni riportate in relazione geotecnica si è presa in considerazione l'intera struttura.

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

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

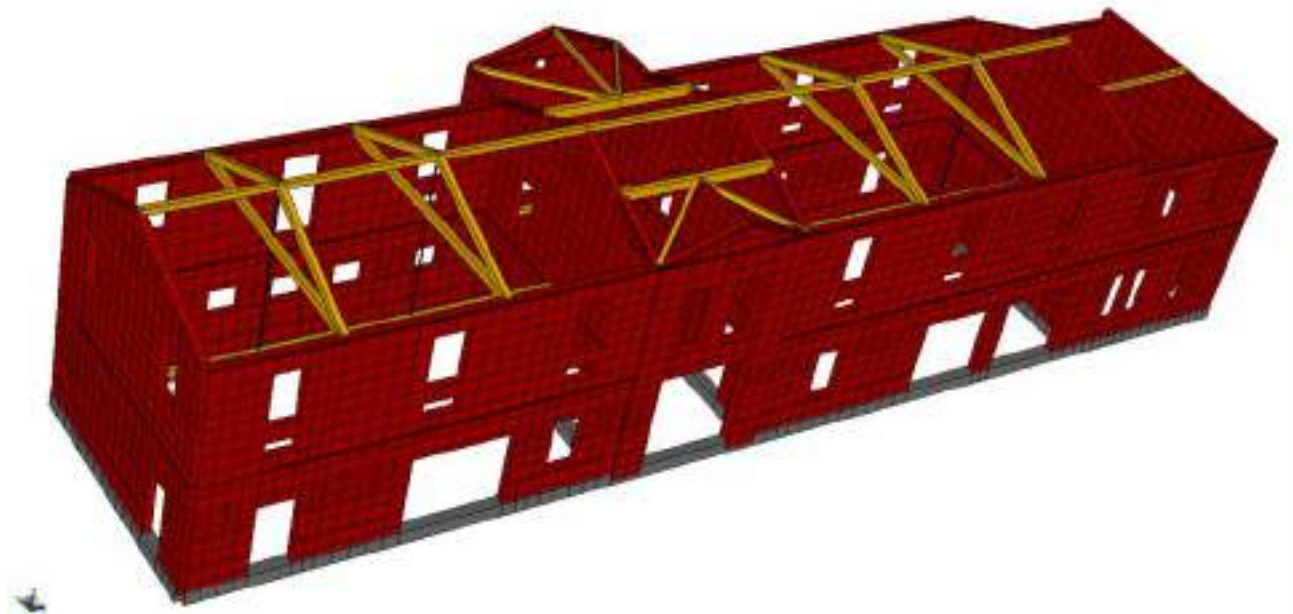
La presenza di diaframmi orizzontali, se rigidi, nel piano viene gestita attraverso l'impostazione di un'apposita relazione fra i nodi strutturali coinvolti, che ne condiziona il movimento relativo. Relazioni analoghe possono essere impostate anche fra elementi contigui.

Si ritiene che il modello utilizzato sia rappresentativo del comportamento reale della struttura. Sono stati inoltre valutati tutti i possibili effetti o le azioni anche transitorie che possano essere significative e avere implicazione per la struttura.

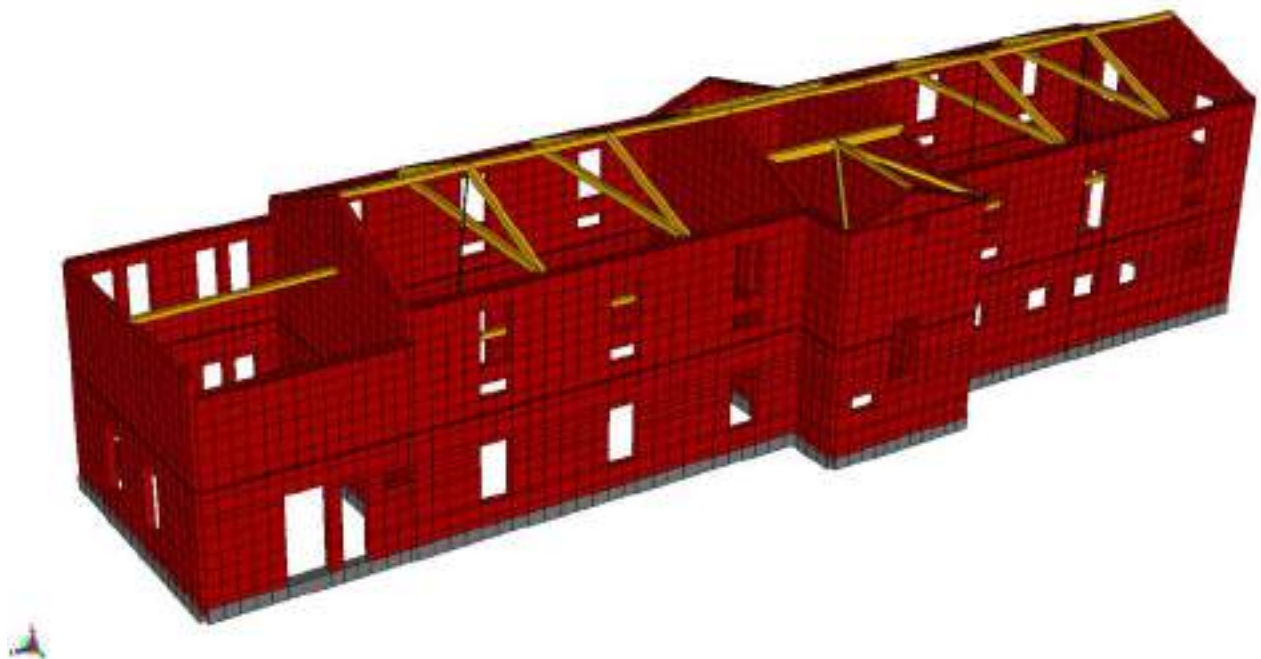
E' stata impiegata un'analisi sismica in campo lineare con adozione di spettro di risposta conforme al D.M. 17.01.2018.

Agli effetti del dimensionamento è stato quindi impiegato il metodo degli stati limite.

10 MODELLAZIONE STRUTTURALE_BARCHESSA_STATO DI FATTO



VISTA GLOBALE 1



VISTA GLOBALE 2

10.1 AZIONI SULLA COSTRUZIONE

10.1.1 ANALISI DEI CARICHI

CARICO SOLAIO COPERTURA

G1 : Peso proprio strutture lignee	60 daN/mq
G2 : Peso proprio pacchetto di copertura coibentato	140 daN/mq
Q : Neve	120 daN/mq
TOTALE	320 daN/mq

CARICO SOLAIO PRIMO LIVELLO

G1 : Peso proprio strutture lignee	90 daN/mq
G2 : Peso proprio pacchetto coibentato e pavimentazione	140 daN/mq
Q : Cat. C	500 daN/mq
TOTALE	730 daN/mq

CARICHI DA NEVE

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

Il carico provocato dalla presenza della neve agisce in direzione verticale ed è riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura. Esso è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Provincia : Santa Lucia di Piave (TV)

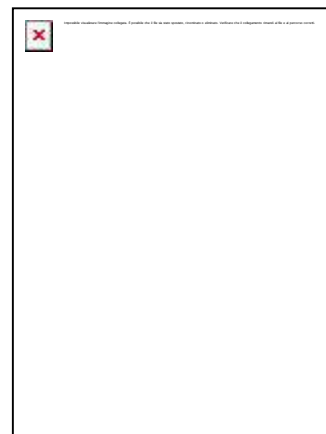
Zona : Im

Altitudine : 57 m s.l.m.

Valore caratteristico neve al suolo : $q_{sk} = 1.5 \text{ kN/m}^2$

Coefficiente di esposizione C_E : 1 (Normale)

Coefficiente termico C_t : 1



Tipo di copertura: a due falde ($\alpha_1 = 22^\circ$, $\alpha_2 = 22^\circ$)

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare.

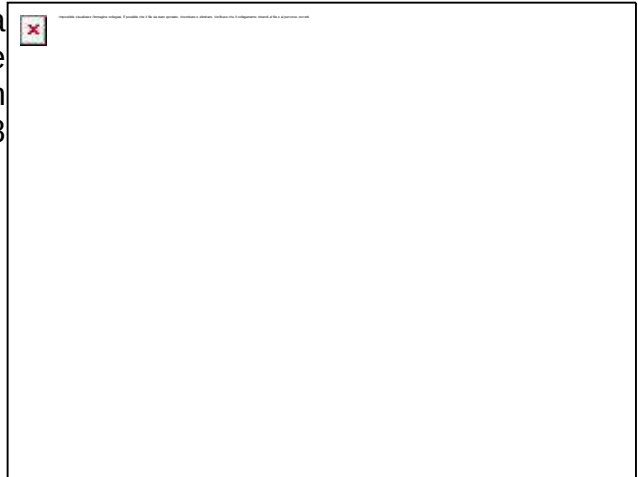
Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α .

Carico da neve :

$$q_s(\mu_1(\alpha_1)) = 1.2 \text{ kN/m}^2 [\mu_1(\alpha_1) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1(\alpha_2)) = 1.2 \text{ kN/m}^2 [\mu_1(\alpha_2) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1=0.8) = 1.2 \text{ kN/m}^2$$



Si assume un carico neve : 120 daN/ m2

CARICHI DA VENTO

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

La pressione del vento è calcolata secondo l'espressione:

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

Provincia: Treviso

Zona: 1

Altitudine: 57 m s.l.m

Tempo di ritorno T_r : 50 anni;

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

Pressione cinetica di riferimento q_r : 39.86 Kg/m²

Altezza della costruzione z : 9.5 m (z_{min} : 5m)

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

Classe di rugosità del terreno: C

Categoria di esposizione del sito: III

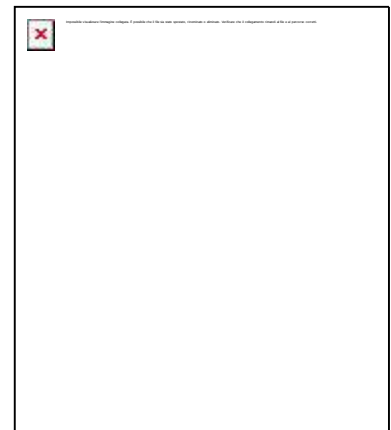
Coefficiente topografico c_t : 1

Coefficiente dinamico c_d : 1

Coefficiente di esposizione $c_e(z)$:

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

$$c_e(z = 9.5m): 2.1$$



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

Dimensioni in pianta: 35 * 7.5 m

Altezza: 9.5 m

Pareti verticali

Faccia sopravvento: $c_p = 0.8$

Faccia laterale: $c_p = -0.9$

Faccia sottovento: $c_p = -0.513$

Copertura a falda doppia

Angolo della falda sopravvento: 22°

Vento perpendicolare alla direzione del colmo

Valore negativo $c_{pe} = -0.507$

Valore positivo $c_{pe} = +0.293$

Vento parallelo alla direzione del colmo

Fascia sopravvento di profondità pari a 9.5 m: $c_{pe,A} = -0.947$

Restanti zone: $c_{pe,B} = -0.5$

Angolo della falda sottovento: 22°

Vento perpendicolare alla direzione del colmo

$c_{pe} = -0.53$

Vento parallelo alla direzione del colmo

Fascia sopravvento di profondità pari a 9.5 m: $c_{pe,A} = -0.947$

Restanti zone: $c_{pe,B} = 0.5$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = -0.95$

$p(z_{min} = 5 \text{ m}) = -64.66 \text{ Kg/m}^2$

$p(z = 9.5 \text{ m}) = -79.69 \text{ Kg/m}^2$

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

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

$p(z = 9.5 \text{ m}) = -75.5 \text{ Kg/m}^2$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = -0.53$

$p(z_{min} = 5 \text{ m}) = -36.07 \text{ Kg/m}^2$

$p(z = 9.5 \text{ m}) = -44.46 \text{ Kg/m}^2$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = -0.51$

$p(z_{min} = 5 \text{ m}) = -34.71 \text{ Kg/m}^2$

$p(z = 9.5 \text{ m}) = -42.78 \text{ Kg/m}^2$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = -0.51$

$$p(z_{\min} = 5 \text{ m}) = -34.71 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 9.5 \text{ m}) = -42.78 \text{ Kg/m}^2$$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = -0.5$

$$p(z_{\min} = 5 \text{ m}) = -34.03 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 9.5 \text{ m}) = -41.94 \text{ Kg/m}^2$$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = 0.29$

$$p(z_{\min} = 5 \text{ m}) = 19.74 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 9.5 \text{ m}) = 24.33 \text{ Kg/m}^2$$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = 0.5$

$$p(z_{\min} = 5 \text{ m}) = 34.03 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 9.5 \text{ m}) = 41.94 \text{ Kg/m}^2$$

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

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

$$p(z = 9.5 \text{ m}) = 67.11 \text{ Kg/m}^2$$

10.1.2 AZIONI DINAMICHE DATI DI PROGETTO

Considerando il tipo di opera strutturale e la sua destinazione d'uso si assumono:

Vita nominale $V_N \geq 50$ anni pari a quella di una costruzione di opere ordinarie (punto 2.4.1 NTC2018);

Classe d'uso III essendo l'edificio una costruzione in cui si prevedono affollamenti significativi (punto 2.4.2 NTC2018);

Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = 75$ anni essendo $V_R = V_N \cdot C_U$ con $C_U = 1.5$ per strutture di classe III (punto 2.4.3 NTC2018);

Fattore di comportamento

Nel caso di analisi lineare con fattore di struttura q lo spettro elastico viene ridotto con un fattore q il cui valore varia in funzione della tipologia costruttiva.

Per edifici regolari in elevazione, nel caso di muratura in pietra e/o mattoni pieni:

per struttura in muratura

$$q = 2,0 \alpha_u / \alpha_1 \quad (\text{C8.5.5.1})$$

- si assume un rapporto $\alpha_u / \alpha_1 = 1,5$ (C8.5.5.1)

$$q = 2,0 \times 1,5 = 3,0$$

Parametri progetto

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica sismica equivalente
Tipo di soluzione	Lineare
Unità di misura delle forze	daN
Unità di misura delle lunghezze	cm
Normativa	NTC-2018
Edificio esistente	

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Luogo	Santa Lucia di Piave - Via Francesco Crispi 37
Longitudine (WGS84)	12.2877
Latitudine (WGS84)	45.8476
Categoria del suolo	B
Coefficiente topografico	1

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	45	0.069	2.46	0.25	1.45	1.20	0.083
SLD	75	0.091	2.45	0.26	1.44	1.20	0.109
SLV	712	0.254	2.42	0.33	1.37	1.15	0.293
SLC	1462	0.340	2.41	0.35	1.35	1.07	0.364
TR	712	0.254	2.42	0.33	1.37	1.15	0.293

TR utilizzato nel progetto	712 anni
Comportamento strutturale	Dissipativo

DATI SPETTRO

Eccentricita' accidentale	5%
Periodo proprio T1 in direzione X	0.438
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.758
λ	1
Fattore q di struttura	qor=3
Duttilita'	Bassa Duttilita'
Sd (T1) in direzione X	0.237 g
Sd (T1) in direzione Y	0.142 g
Coeff.globale accelerazione sismica direz.X	0.237
Coeff.globale accelerazione sismica direz.Y	0.142

10.2 METODO DI VERIFICA

Il metodo di verifica adottato è il "**metodo agli Stati Limite**" secondo il testo unico delle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17/01/2018).

Secondo il metodo agli stati limite, la sicurezza nei riguardi delle condizioni ritenute pregiudizievoli (stati limite) viene garantita, per quanto possibile, su basi statistiche.

Si definisce "stato limite" uno stato raggiunto il quale, la struttura o uno dei suoi elementi costitutivi, non può più assolvere la sua funzione o non soddisfa più le condizioni per cui è stata concepita.

Gli stati limite si suddividono in due categorie:

- a) stati limite ultimi, corrispondenti al valore estremo, della capacità portante o comunque al raggiungimento di condizioni estreme;
- b) stati limite di esercizio, legati alle esigenze di impiego normale e di durata.

Nel seguito si indicherà con "**E**" un generico **effetto** indotto dalle "azioni" sulla struttura, quali le sollecitazioni interne, momento flettente, forza normale, taglio, le deformazioni, ecc.) e con "**F**" una generica **azione** (intesa come ogni causa o insieme di cause -carichi permanenti, carichi variabili, deformazioni impresse, agenti chimico-fisici - capaci di indurre stati limite in una struttura).

10.2.1 Stati limite ultimi

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: **EQU**
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: **STR**
- lo stato limite di resistenza del terreno: **GEO**

Le tabelle seguenti, forniscono i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

Per le verifiche nei confronti dello stato limite ultimo di equilibrio come corpo rigido (EQU) si utilizzano i coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni riportati nella colonna EQU.

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si possono adottare, in alternativa, due diversi approcci progettuali.

Nell'*Approccio 1* si impiegano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale del sistema (R).

Nella *Combinazione 1* dell'*Approccio 1*, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 delle Tabelle sopra citate.

Nella *Combinazione 2* dell'*Approccio 1*, si impiegano invece i coefficienti γ_F riportati nella colonna A2.

Nell'*Approccio 2* si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale (R). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1.

I coefficienti parziali γ_M per i parametri geotecnici e i coefficienti γ_R che operano direttamente sulla resistenza globale di opere e sistemi geotecnici sono definiti al Capitolo 6 delle NTC2018.

Tabella 6.2.1 Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_Q)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{Fa}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{Qa}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qb}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano congiuntamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.II Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	γ_φ	1.0	1.25
Coeficiente efficace	c'_k	γ_c	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.0

10.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

10.3.1 Combinazione per Stato Limite Ultimo

Per le combinazioni di carico (in breve indicate con "CdC") agli stati limite ultimi, si adottano le combinazioni espresse simbolicamente come segue:

$$\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_i (\psi_{fi} \gamma_{Qi} \cdot Q_{ki})$$

dove i segni + e Σ significano l'applicazione concomitante dei rispettivi addendi ed il coefficiente γ_Q va applicato a ciascun carico Q_{ik} con il valore appropriato ed essendo:

G₁ il valore caratteristico delle azioni permanenti strutturali (ivi compresi il terreno e l'acqua quando pertinenti);

G₂ il valore caratteristico delle azioni permanenti non strutturali;

P_k il valore caratteristico della forza di precompressione;

Q_{1k} il valore caratteristico dell'azione di base di ogni combinazione;

Q_{ik} i valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti;

Y_{oi} coefficiente di combinazione allo stato limite ultimo, da determinarsi sulla base di considerazioni statistiche.

I valori delle azioni in analisi dei carichi sono combinati secondo la combinazione fondamentale definita in normativa.

10.3.2 Combinazione Stato Limite di Esercizio

Per le combinazioni di carico agli stati limite di esercizio, si adottano le combinazioni espresse simbolicamente come segue:

CdC rara:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_i (\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

CdC frequenti:

$$G_1 + G_2 + P + \sum_i (\psi_{1i} \cdot Q_{ki})$$

CdC quasi permanenti:

$$G_1 + G_2 + P + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

I valori delle azioni in analisi dei carichi sono combinati secondo la combinazione definita in normativa, ovvero attraverso il coefficiente di combinazione per la neve " $\psi_{2j}=0.0$, $\psi_{1j}=0.2$, $\psi_{0j}=0.5$.

10.3.3 Combinazione dell'azione sismica

L'azione sismica deve essere combinata con le seguenti azioni come segue:

$$E + G_{k1} + G_{k2} + P_k + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

E il valore caratteristico dell'azione sismica;

I valori delle azioni in analisi dei carichi sono combinati secondo la combinazione sismica definita in normativa.

11 ANALISI LINEARE STATICA

L'analisi statica lineare è la più comune e tradizionale delle analisi strutturali possibili. L'aggettivo statica sottintende che i carichi applicati non dipendono dal tempo o più esattamente variano molto lentamente tra l'istante iniziale di applicazione t_0 e l'istante finale di osservazione t_f (carichi quasi-statici).

Ipotizzando inoltre che la forza di reazione interna dipenda linearmente dagli spostamenti, attraverso una matrice di rigidezza costante K e che le forze esterne siano costituite da carichi indipendenti dallo spostamento, si ottiene l'equazione di equilibrio classica per i problemi quasi statici lineari

$$KU = F$$

dove K è la matrice di rigidezza, U è il vettore delle deformazioni nodali, F è il vettore dei carichi.

E' bene ricordare che la linearità della risposta strutturale deriva da almeno due grandi semplificazioni: l'ipotesi di elasticità lineare del materiale (linearità materiale) e l'ipotesi di piccolezza degli spostamenti e delle deformazioni (linearità geometrica).

Nell'analisi sismica con il metodo statico equivalente, le corrispondenti forze inerziali vengono automaticamente aggiunte agli altri carichi eventualmente presenti sulla struttura.

Note le deformazioni vengono calcolate le sollecitazioni.

SIMBOLOGIA ADOTTATA DAL CODICE DI CALCOLO

Diamo una breve descrizione delle simbologie adottate da MasterSap.

• I NODI

La struttura è individuata da nodi riportati in coordinate.

Ogni nodo possiede sei gradi di libertà, associati alle sei possibili deformazioni. I gradi di libertà possono essere liberi (spostamenti generalizzati incogniti), bloccati (spostamenti generalizzati corrispondente uguale a zero), di tipo slave o linked (il parametro cinematico dipende dalla relazione con altri gradi di libertà).

Si può intervenire sui gradi di libertà bloccando uno o più gradi. I blocchi vengono applicate nella direzione della terna locale del nodo.

Le relazioni complesse creano un legame tra uno o più gradi di libertà di un nodo detto slave con quelli di un altro nodo detto master. Esistono tre tipi di relazioni complesse.

Le relazioni di tipo link prescrivono l'uguaglianza tra gradi di libertà analoghi di nodi diversi. Specificare una relazione di tipo link significa specificare il nodo slave assieme ai gradi di libertà

che partecipano al vincolo ed il nodo master. I gradi di libertà slave saranno eguagliati ai rispettivi gradi di libertà del nodo master.

La relazione di piano rigido prescrive che il nodo slave appartiene ad un piano rigido e quindi che i due spostamenti in piano e la rotazione normale al piano sono legati ai tre parametri di rototraslazione rigida di un piano.

Il Corpo rigido prescrive che il nodo slave fa parte di un corpo rigido e tutti e sei i suoi gradi di libertà sono legati ai sei gradi di libertà posseduti dal corpo rigido (i gradi di libertà del suo nodo master).

• **I MATERIALI**

I materiali sono individuati da un codice specifico e descritti dal modulo di elasticità, dal coefficiente di Poisson, dal peso specifico, dal coefficiente di dilatazione termica.

• **LE SEZIONI**

Le sezioni sono individuate in ogni caso da un codice numerico specifico, dal tipo e dai relativi parametri identificativi. La simbologia adottata dal programma è la seguente:

- Rettangolare piena (Rp);
- Rettangolare cava (Rc);
- Circolare piena (Cp);
- Circolare cava (Cc);
- T (T.);
- T rovescia (Tr);
- L (L.);
- C (C.);
- C rovescia (Cr);
- Cassone (Ca);
- Profilo singolo (Ps);
- Profilo doppio (Pd);
- Generica (Ge).

• **I CARICHI**

I carichi agenti sulla struttura possono essere suddivisi in carichi nodali e carichi elementari. I carichi nodali sono forze e coppie concentrate applicate ai nodi della discretizzazione. I carichi elementari sono forze, coppie e sollecitazioni termiche.

I carichi in luce sono individuati da un codice numerico, da una azione, una categoria, una condizione e da una descrizione. Sono previsti carichi distribuiti trapezoidali riferiti agli assi globali (f_X, f_Y, f_Z, f_V) e locali (f_x, f_y, f_z), forze concentrate riferite agli assi globali (F_X, F_Y, F_Z, F_V) o locali (F_x, F_y, F_z), momenti concentrati riferiti agli assi locali (M_x, M_y, M_z), momento torcente distribuito riferito all'asse locale x (m_x), carichi termici (t_x, t_y, t_z), descritti con i relativi parametri identificativi, aliquote inerziali comprese, rispetto al riferimento locale. I carichi in luce possono essere attribuiti solo a elementi finiti del tipo trave o trave di fondazione.

• **ELEMENTO FRAME (TRAVERE E PILASTRO, TRAVERE DI FONDAZIONE)**

L'elemento frame implementa il modello della trave nello spazio tridimensionale. E' caratterizzato da 2 nodi principali I e J posti alle sue estremità ed un nodo geometrico facoltativo K che serve solamente a fissare univocamente la posizione degli assi locali.

L'elemento frame possiede 12 gradi di libertà.

Ogni elemento viene riferito a una terna locale destra x, y, z . L'elemento frame supporta varie opzioni tra cui:

1. deformabilità da taglio (travi tozze);
2. sconnessioni totali o parziali alle estremità;
3. connessioni elastiche alle estremità;
4. offsets, ovvero tratti rigidi eventualmente fuori asse alle estremità;
5. suolo elastico alla Winkler nelle tre direzioni locali e a torsione.

L'elemento frame supporta i seguenti carichi:

1. carichi distribuiti trapezoidali in tutte le direzioni locali o globali;
2. sollecitazioni termiche uniformi e gradienti termici nelle due direzioni principali;
3. forza concentrata in tutte le direzioni locali o globali applicata in un punto arbitrario;
4. carichi generici mediante prescrizione delle reazioni di incastro perfetto.

I gruppi formati da elementi del tipo trave riportano, in ordine, i numeri dei nodi iniziale (I), finale (J) e di riferimento (K), la situazione degli svincoli ai nodi I e J (indicate in legenda eventuali situazioni diverse dall'incastro perfetto ad entrambi i nodi), i codici dei materiali e delle sezioni, eventuali offset strutturali o conci rigidi applicati. Un'ulteriore tabella riporta anche eventuali valori di offset architettonici.

Per ogni asta vengono riportati i carichi applicati: ogni carico è identificato dal suo codice e da un moltiplicatore.

I gruppi relativi all'elemento trave di fondazione riportano informazioni analoghe. È indicata la caratteristica del suolo, la larghezza di contatto con il terreno e il numero di suddivisioni interne. Per la trave di fondazione il programma abilita automaticamente solo i gradi di libertà relativi alla rotazione intorno agli assi globali X, Y e alla traslazione secondo Z, bloccando gli altri gradi di libertà. Ogni trave di fondazione è suddivisa in un numero adeguato di parti (aste). Ogni singola asta interagisce con il terreno mediante un elemento finito del tipo vincolo elastico alla traslazione verticale t_z convergente ai suoi nodi (vedi figura), il cui valore di rigidezza viene determinato dal programma moltiplicando la costante di sottofondo assegnata dall'utente per l'area di contatto con il terreno in corrispondenza del nodo.

I tipi di carichi ammessi sono solo di tipo distribuito f_z , f_v , f_y . Inoltre accade che:

$V_i = V_f$; $d_i = d_f = 0$, ovvero il carico è di tipo rettangolare esteso per tutta la lunghezza della trave.

• ELEMENTO SHELL (GUSCIO)

L'elemento shell implementa il modello del guscio piatto ortotropo nello spazio tridimensionale. È caratterizzato da 3 o 4 nodi I, J, K ed L posti nei vertici e 6 gradi di libertà per ogni nodo. Il comportamento flessionale e quello membranale sono disaccoppiati.

Gli elementi guscio/piastra si caratterizzano perché possono subire carichi nel piano ma anche ortogonali al piano ed essere quindi soggetti anche ad azioni flettenti e torcenti.

Gli elementi in esame hanno formalmente tutti i sei gradi di libertà attivi, ma non posseggono rigidezza per la rotazione ortogonale al piano dell'elemento.

Nei gruppi shell definiti "platea" viene attuato il blocco di tre gradi di libertà, u_x , u_y , r_z , per tutti i nodi del gruppo.

Ogni gruppo può contenere uno o più elementi (max 1999). Ogni elemento viene definito da questi parametri:

1. elemento numero (massimo 1999 per ogni gruppo);
2. nodi di riferimento I, J, K, L;
3. spessore;
4. materiale;
5. temperatura;
6. gradiente termico;

Per ogni guscio vengono riportati i carichi applicati: ogni carico è identificato dal suo codice e da un moltiplicatore.

• ELEMENTO BOUNDARY (VINCOLO)

L'elemento boundary è sostanzialmente un elemento molla con rigidezza assiale in una direzione specificata e rigidezza torsionale attorno alla stessa direzione. E' utile quando si vogliono determinare le reazioni vincolari oppure quando si vogliono imporre degli spostamenti o delle rotazioni di alcuni nodi (cedimenti vincolari).

I parametri relativi ad ogni singolo vincolo sono:

1. il nodo a cui è collegato il vincolo (o i vincoli, massimo sei);
2. la traslazione imposta (L) o la rotazione imposta (radianti);
3. la rigidezza (per le traslazioni in F/L, per le rotazioni in F*L/rad).

11.1 MATERIALI UTILIZZATI NELLA MODELLAZIONE

Codice	Descrizione	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Muratura	+1.50e+04	0.250	0.00180	+0.00e+00	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
2	Acciaio	+2.10e+06	0.300	0.00785	+1.20e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
3	Calcestruzzo C25/30 (Rck 300)	+3.21e+05	0.120	0.00250	+1.00e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
4	Legno	+1.00e+05	0.430	0.00050	+3.00e-06	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00

11.2 CARICHI

CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

Carico distribuito con riferimento globale Z

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist. fin. nodo I	Aliq. inerz.	Aliq. inerz. SLD
Neve Zona III	3	Condizione 3	Variabile: Neve	-0.012000	0.000	-0.012000	0.000	0.0000	0.0000

Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist. fin. nodo I	Aliq. inerz.	Aliq. inerz. SLD
Permanente Primo solaio	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.023000	0.000	-0.023000	0.000	1.0000	1.0000
Variabile	2	Condizione 2	Variabile: Aree di acquisto e congresso	-0.051000	0.000	-0.051000	0.000	0.6000	0.6000
Muratura piena	4	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.039000	0.000	-0.039000	0.000	1.0000	1.0000
Permanente Copertura	5	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.020000	0.000	-0.020000	0.000	1.0000	1.0000

CARICHI PER ELEMENTI BIDIMENSIONALI

Carico di superficie nella direzione globale X, agente sulla superficie in proiezione ortogonale

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq. inerziale	Aliq. inerz. SLD
Vento in direzione X	8	Condizione 5	Variabile: Vento	-0.008000	0.0000	0.0000

Carico di superficie nella direzione globale Y, agente sulla superficie in proiezione ortogonale

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq. inerziale	Aliq. inerz. SLD
Vento in direzione Y	9	Condizione 6	Variabile: Neve	-0.008000	0.0000	0.0000

11.3 COMBINAZIONI DI CARICO

NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Statica	Azione sismica: Sisma assente Torsione: Assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 3	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 6	1.500
			Variabile: Vento	Condizione 5	1.500
2	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve	Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
3	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve	Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
4	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve	Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
5	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve	Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
6	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve	Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
7	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve	Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
8	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve	Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
9	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria		Condizione	Moltiplicatore
10	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
11	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Oraria	Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
12	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Oraria	Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
13	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
14	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Oraria	Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
15	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Oraria	Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
16	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
17	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Oraria	Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
------	-------------	-----------	-----------------------	------------	----------------

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
18	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 3	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 6	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	1.000
19	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.700
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.200
			Variabile: Neve	Condizione 6	0.200
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.200
20	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve	Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
21	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve	Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
22	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve	Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
23	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve	Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
24	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve	Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
25	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve	Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
26	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve	Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000

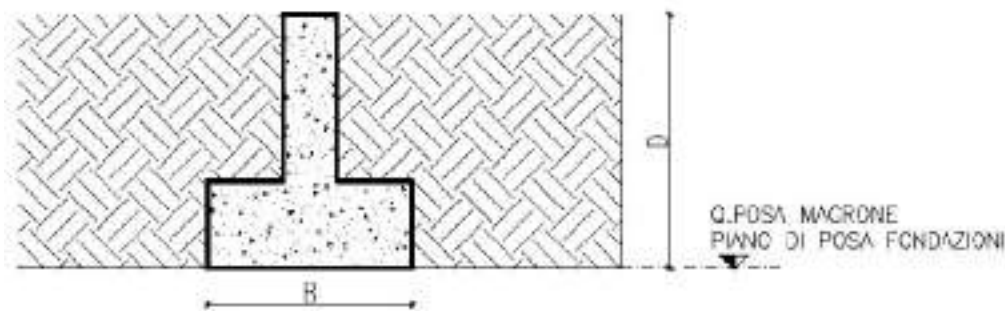
Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria		Condizione	Moltiplicatore
27	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Antioraria	Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
28	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
29	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
30	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
31	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
32	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
33	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
34	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
35	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve		Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
36	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Neve	Condizione 6	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000

11.4 SOLLECITAZIONI AL SUOLO

Da un punto di vista litologico, l'area dove è situato Palazzo Ancillotto, la Barchessa e la Serra si trova nella fascia longitudinale centrale delle tre in cui viene suddiviso il territorio nel P.A.T.I. del comune di Santa Lucia di Piave. Tale fascia occupa circa i tre quarti dell'estensione complessiva del territorio ed è caratterizzata dalla presenza nel sottosuolo di materiali granulari fluviali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa, legati alla presenza del megafan di Nervesa.

Le fondazioni allo stato di fatto raggiungono una profondità di circa 120 cm. allargandosi di circa 5 cm. per parte rispetto allo spessore della muratura. La verifica della portanza fa riferimento **all'APPROCCIO 2 (A1+M1+R3) previsto dalle NTC.**



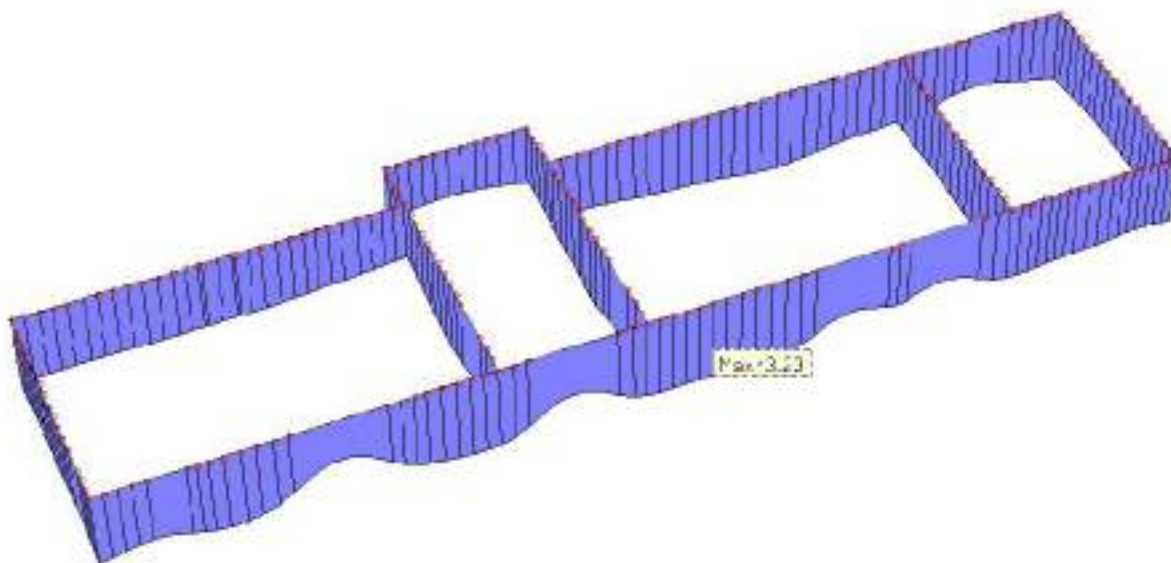
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE (Teoria del Terzaghi -1943)

$$q_t = c \times N_c + \gamma_1 \times D \times N_q + 0,5 \times \gamma_2 \times B \times N_\gamma$$

B=	35 cm	Larghezza di posa della fondazione	
D=	120 cm	Altezza del terreno sopra la quota di posa della fondazione	
γ_1 =	1900 daN/m ³	Peso specifico del terreno sopra la quota di posa	
γ_2 =	1900 daN/m ³	Peso specifico del terreno sotto la quota di posa	
Φ =	32 gradi	Angolo di attrito interno del terreno	
Φ =	0,558505 rad	Angolo di attrito interno del terreno	
c=	0 daN/cm ²	Coesione del terreno	
c_u =	0 daN/cm ²	Coesione non drenata - terreni coesivi	
	0,7		
N_c =	35,49	Fattore di capacità portante	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$
N_q =	23,18	Fattore di capacità portante	$N_q = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) \cdot e^{\gamma \tan \phi}$
N_γ =	30,21	Fattore di capacità portante	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \cdot \tan \phi$
q_t =	6,29 daN/cm ²	Capacità portante del terreno	
γ_R =	2,3	Coefficiente di sicurezza per l'approccio 2	

Q_{lim} =	2,73 daN/cm²	Carico limite
-------------	--------------------------------	----------------------

Nelle immagini che seguono si riportano le sollecitazioni al suolo in daN/cm²



Le tensioni del terreno allo S.L.U. alla luce dei nuovi carichi di progetto confrontata con il valore della portanza raggiungibile dalle caratteristiche del sottofondo in sito, si evince che le fondazioni non sono adatte a sopportare tali sollecitazioni.

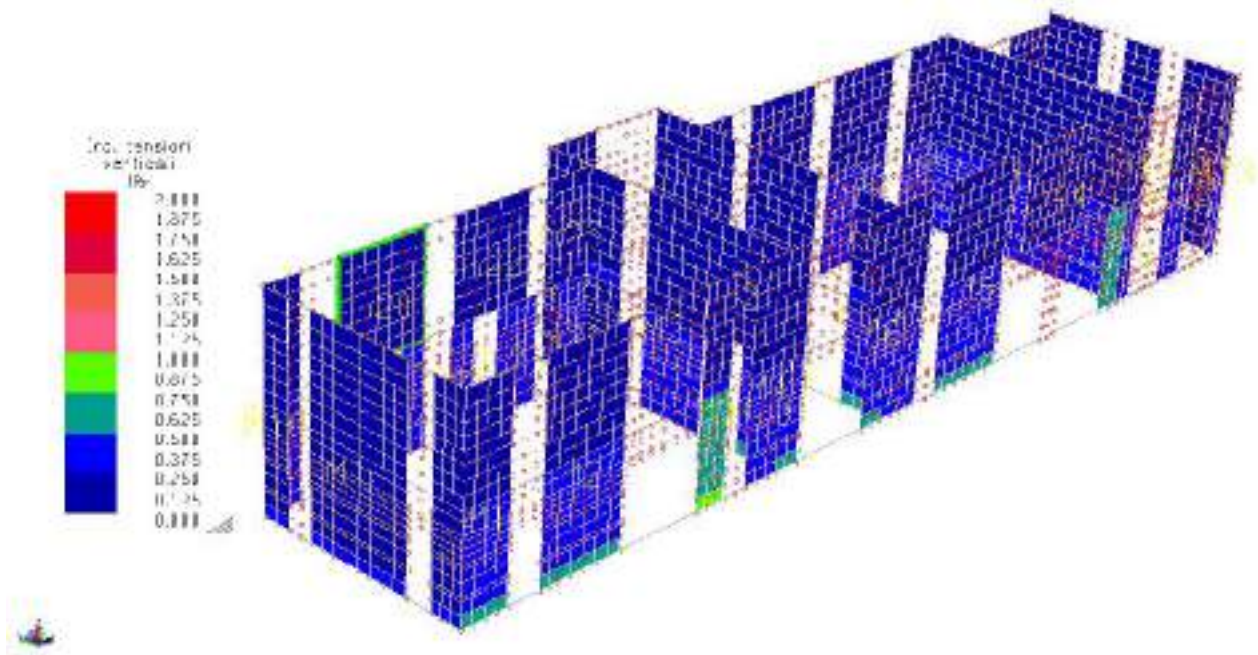
11.5 PARETI MURARIE

Nel caso di analisi elastica con il fattore q (analisi lineare statica ed analisi dinamica modale con fattore di comportamento), i valori di calcolo delle resistenze sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza e per il coefficiente parziale di sicurezza dei materiali (in accordo a quanto indicato al § C8.5); nel caso di analisi non lineare, i valori di calcolo delle resistenze sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza.
Si procede alla valutazione della sicurezza in campo statico e in campo dinamico.

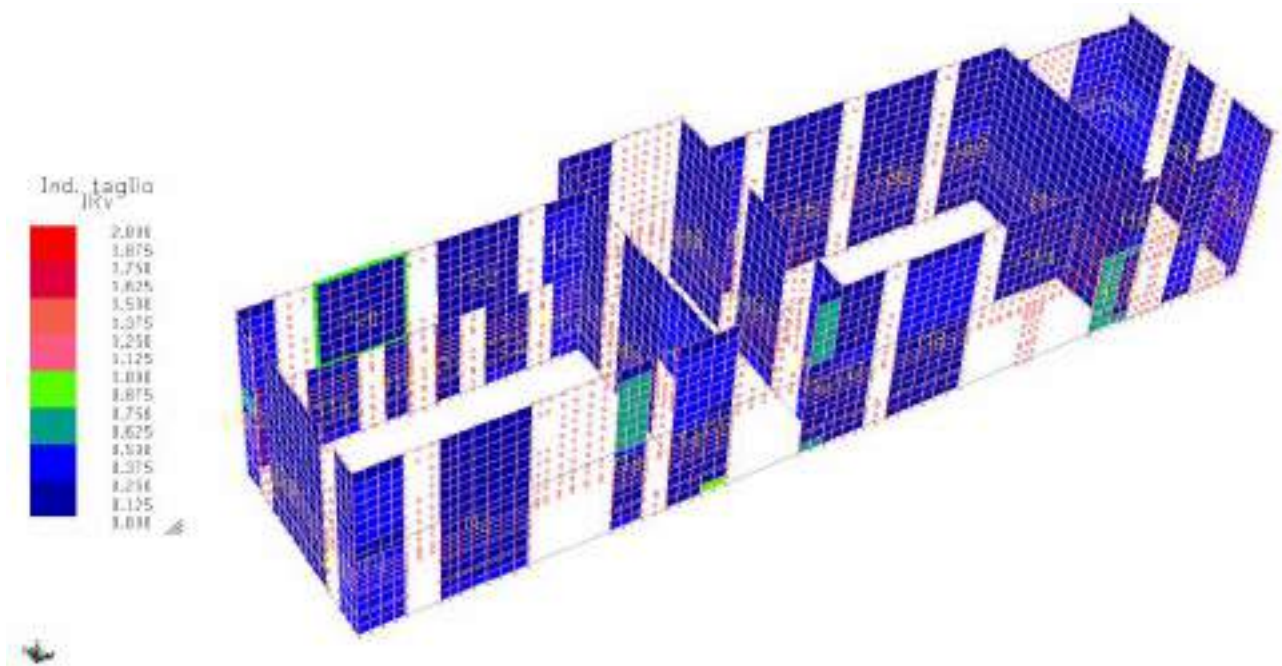
STATICA

Tipo di verifica:	NTC 2018		
Edificio Esistente	Fatt. conf.: 1.20		
fmd: 34.67 daN/cm ²	Modello σ - ϵ : Stress-Block		
τ_{0d} : 0.82 daN/cm ²	β , coeff. parz. sez.: 1.00		
d1: 0.00 cm	d2 / t: 0.1660	Effetti di d1 e d2:	concorde
ea / h: 1 / 200.00	fatt. laterale di vincolo ρ : 1.00	Altezza:	300.00 cm

MASCHI MURARI - VERIFICA TENSIONI VERTICALI



MASCHI MURARI - VERIFICA A TAGLIO-SCORRIMENTO



Le verifiche alle tensioni verticali e a taglio-scorrimento sono SODDISFATTE, gli indici di resistenza sono sempre $IR < 1$.

In campo statico l'edificio non presenta problemi conferma ulteriore alle condizioni attuali che presentano modeste fessurazioni solo puntualmente

DINAMICA - $T_r = 712$ anni

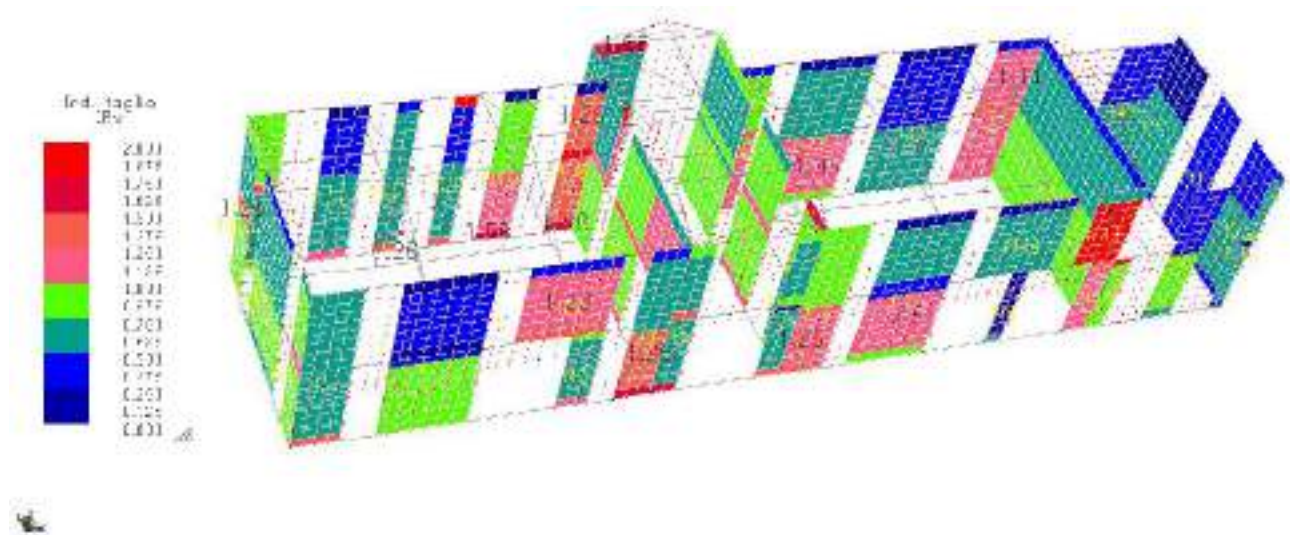
Tipo di verifica:
 Edificio **Esistente**
 f_{md} : 34.67 daN/cm²
 τ_{0d} : 0.82 daN/cm²
 d_1 : 0.00 cm

NTC 2018
 Fatt. conf.: 1.20
 Modello σ - ϵ : Stress-Block
 β , coeff. parz. sez.: 1.00
 d_2 / t : 0.1660 Effetti di d_1 e d_2 : concorde

ea / h: 1 / 200.00 fatt. laterale di vincolo ρ : 1.00 Altezza: 300.00 cm

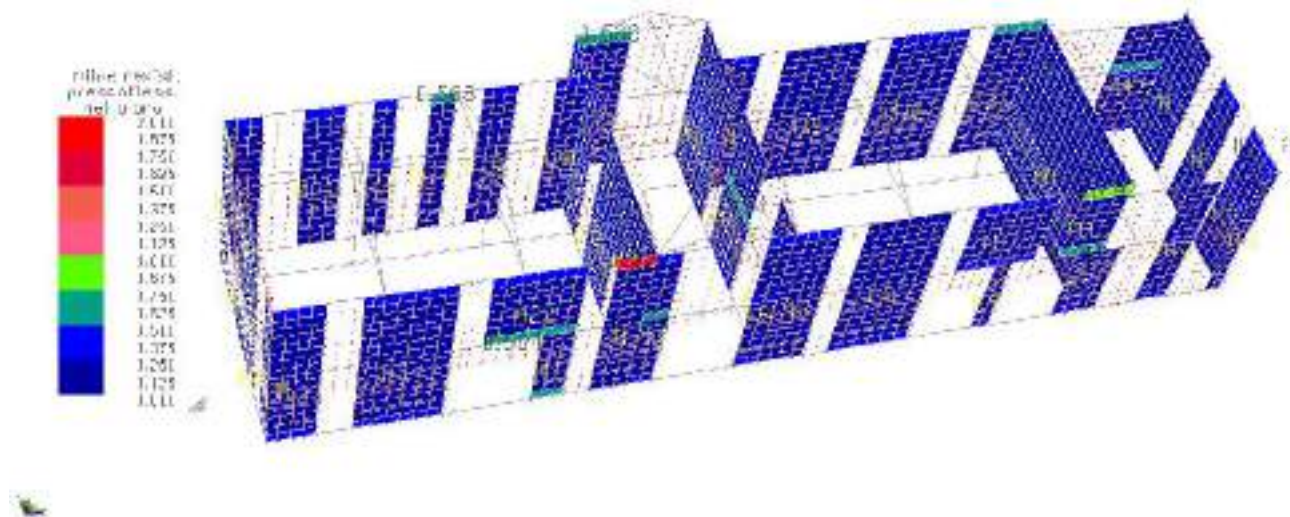
Parametri sismici: $a_g/g = 0,254$; $T_R = 712$; $F_0 = 2,421$; $T_c^* = 0,332$.

MASCHI MURARI - VERIFICA A TAGLIO-SCORRIMENTO



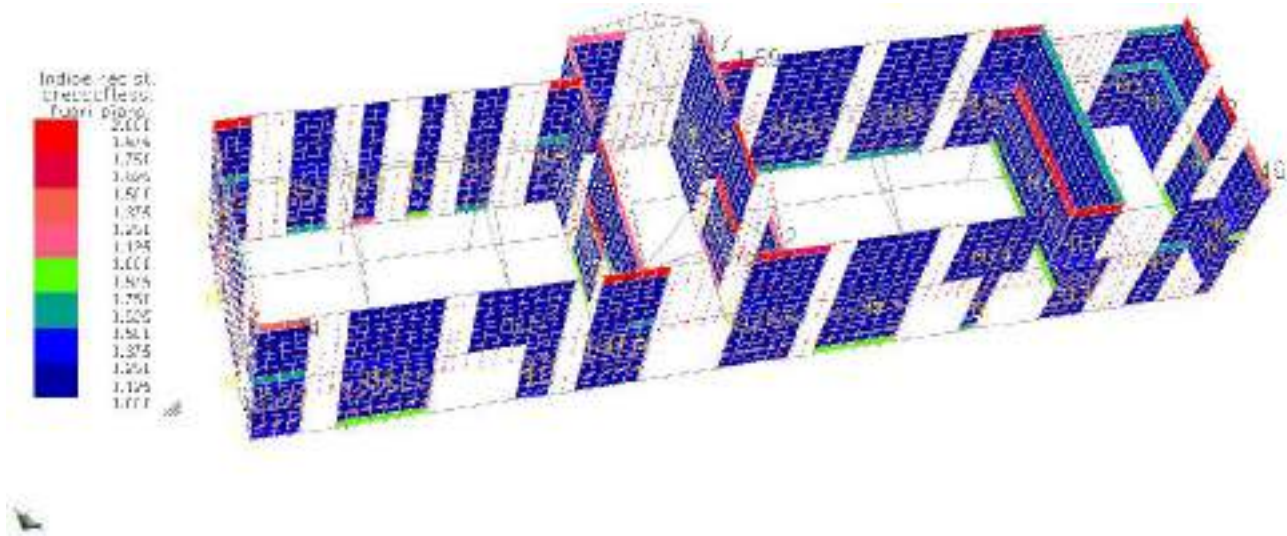
La verifica **NON** è **SODDISFATTA**, diffusamente $IR > 1$

MASCHI MURARI - VERIFICA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO



Localmente in corrispondenza delle sommità del muro la verifica **NON** è **SODDISFATTA**, $IR > 1$

MASCHI MURARI - VERIFICA A PRESSOFLESSIONE FUORI PIANO

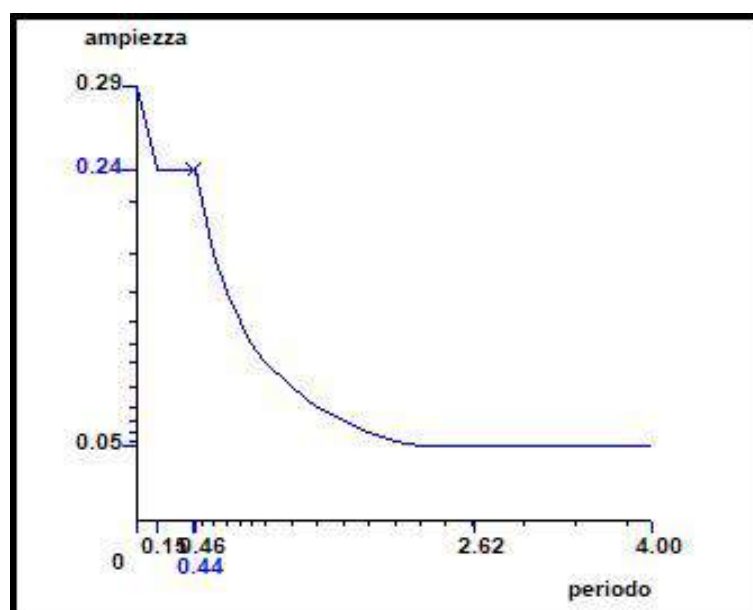


Localmente in corrispondenza del solaio del primo livello e in sommità del muro
 la verifica **NON** è **SODDISFATTA**, $IR > 1$

Dai risultati dell'analisi si è potuto riscontrare che l'accelerazione massima accettabile al suolo dal fabbricato esistente non è pari a quella prevista sul sito di costruzione dalle norme tecniche in vigore, per le condizioni del presente progetto.

Per l'edificio esistente nello stato di fatto si riscontra che l'accelerazione richiesta sul sito di costruzione dalle norme tecniche è di $a_g/g = 0,254$ corrispondente ad un tempo di ritorno $T_r = 712$ anni, lo spettro conseguente è :

Grafico spettri Norme Tecniche delle Costruzioni 2018



Accelerazione $X = 0.23655 \text{ g}$

Accelerazione Y =0.142069 g

Spettri orizzontali:

Num.	Periodo	A.slu X
1	0.000	0.2931
2	0.152	0.2366
3	0.455	0.2366
4	0.500	0.2154
5	0.600	0.1795
6	0.700	0.1539
7	0.800	0.1346
8	0.900	0.1197
9	1.000	0.1077
10	1.200	0.0898
11	1.400	0.0769
12	1.600	0.0673
13	1.800	0.0598
14	2.000	0.0539
15	2.200	0.0508
16	2.400	0.0508
17	2.600	0.0508
18	2.616	0.0508
19	3.000	0.0508
20	3.400	0.0508
21	3.800	0.0508
22	4.000	0.0508

Si procede in seguito in maniera iterativa agendo sul periodo di ritorno per determinare l'accelerazione accettabile al suolo dal fabbricato esistente.

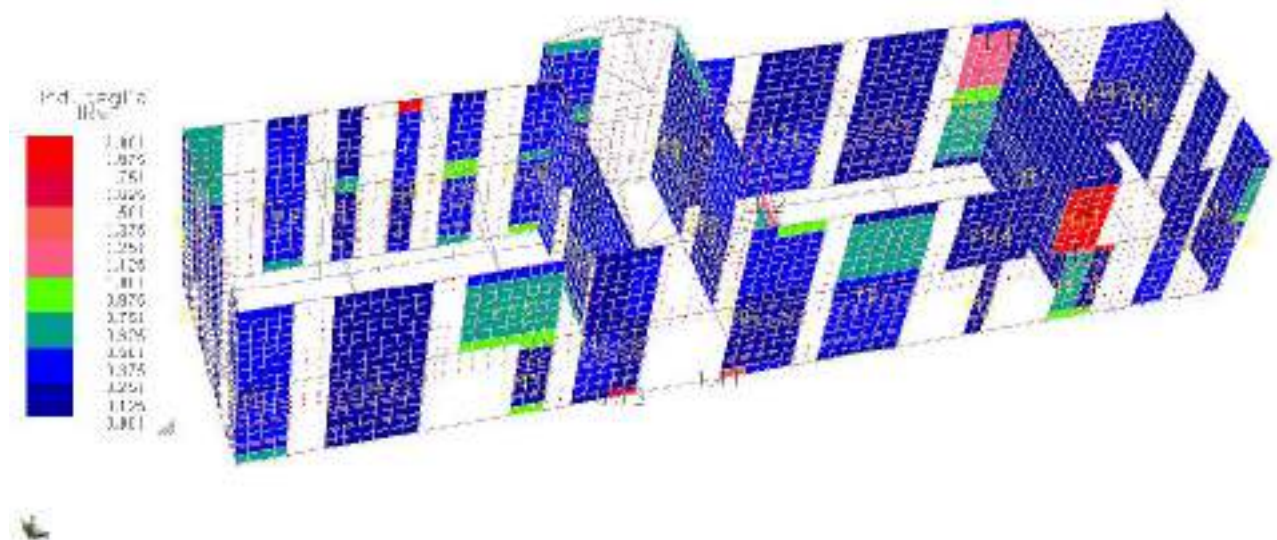
DINAMICA - $T_r = 30$ anni

Tipo di verifica: **NTC 2018**
 Edificio **Esistente**
 fmd: **34.67** daN/cm²
 τ_{0d} : **0.82** daN/cm²
 d1: **0.00** cm
 ea / h: **1 / 200.00**

Fatt. conf.: **1.20**
 Modello σ - ϵ : **Stress-Block**
 β , coeff. parz. sez.: **1.00**
 d2 / t: **0.1660** Effetti di d1 e d2: **concorde**
 fatt. laterale di vincolo ρ : **1.00** Altezza: **300.00** cm

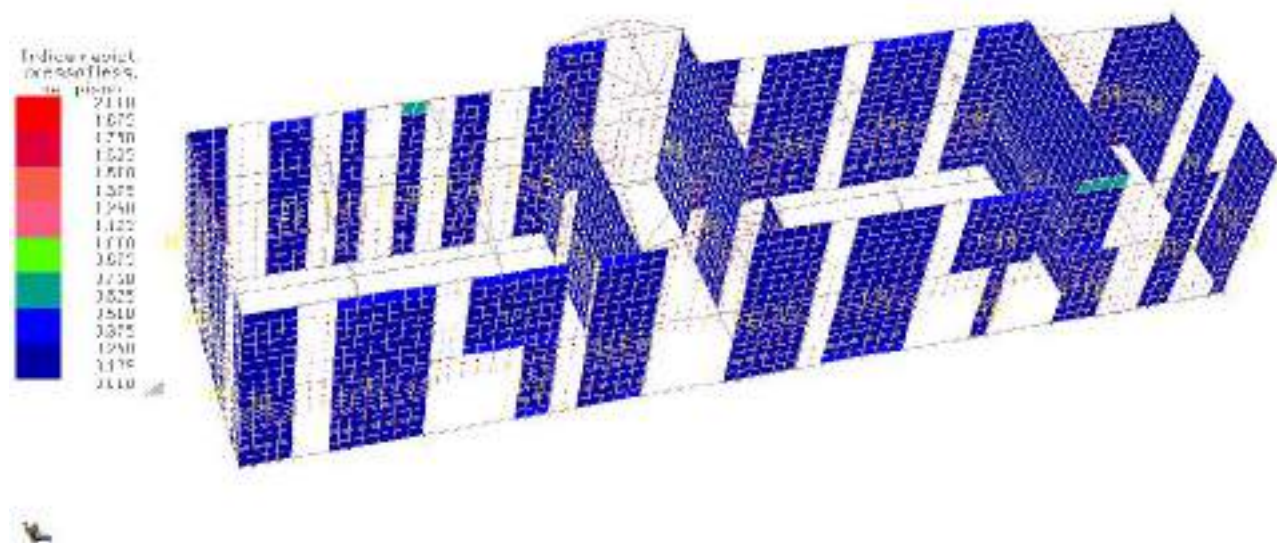
Parametri sismici: **$a_g/g = 0,055$** ; $T_R = 30$; $F_0 = 2,467$; $T_C^* = 0,24$.

MASCHI MURARI - VERIFICA A TAGLIO-SCORRIMENTO



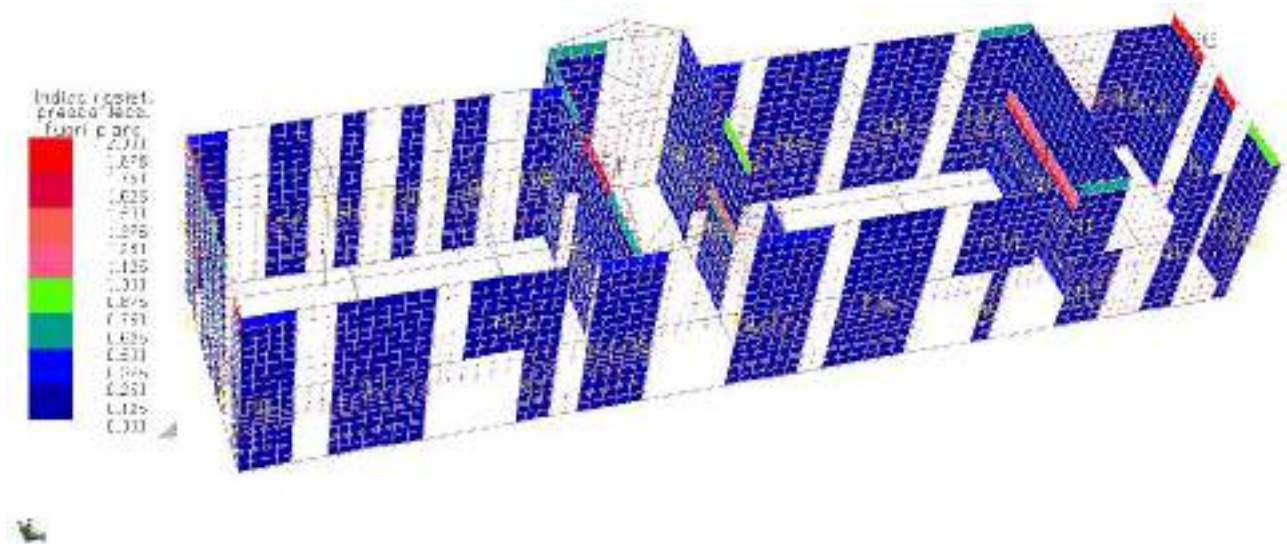
Puntualmente la verifica **NON** è **SODDISFATTA**, $IR > 1$

MASCHI MURARI - VERIFICA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO



La verifica è **SODDISFATTA**, $IR < 1$

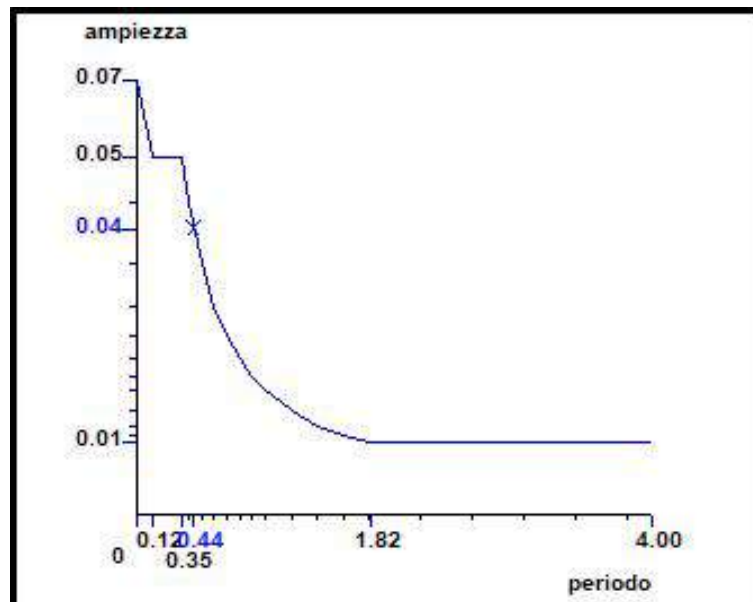
MASCHI MURARI - VERIFICA A PRESSOFLESSIONE FUORI PIANO



Puntualmente la verifica **NON** è **SODDISFATTA**, $IR > 1$

Per l'edificio esistente nello stato di fatto si riscontra che l'accelerazione massima accettabile al suolo è di $a_g/g = 0,055$ corrispondente ad un tempo di ritorno $T_r = 30$ anni, lo spettro conseguente è :

Grafico spettri Norme Tecniche delle Costruzioni 2018



Accelerazione X = 0.0435091 g

Accelerazione Y = 0.0251436 g

Spettri orizzontali:

Num.	Periodo	A.slu X
1	0.000	0.0660
2	0.117	0.0543
3	0.351	0.0543
4	0.400	0.0477
5	0.500	0.0381
6	0.600	0.0318
7	0.700	0.0272
8	0.800	0.0238
9	0.900	0.0212
10	1.000	0.0191
11	1.200	0.0159
12	1.400	0.0136
13	1.600	0.0119
14	1.800	0.0110
15	1.820	0.0110
16	2.200	0.0110
17	2.600	0.0110
18	3.000	0.0110
19	3.400	0.0110
20	3.800	0.0110
21	4.000	0.0110

11.6 VALUTAZIONE INDICE DI RISCHIO SISMICO

Per gli edifici rilevanti viene definito come rapporto tra l'accelerazione di picco al suolo, che comporta il raggiungimento dello stato limite di salvaguardia della vita (SLV), e l'accelerazione che la norma indica nello specifico sito in cui si trova la costruzione e per lo stesso stato limite

$$\alpha_{PRE} = a_g/g(T_r=30) / a_g/g(T_r=712) = 0,055/0,254 = 0,216$$

12 INTERVENTI STRUTTURALI

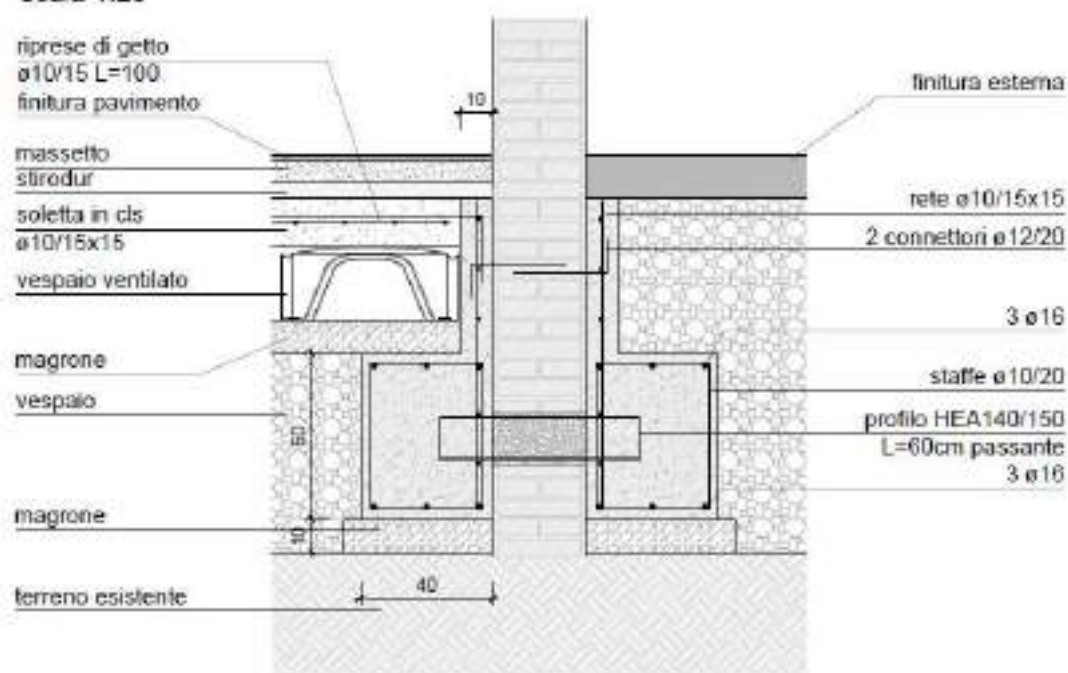
A seguito delle analisi sviluppate e individuate le carenze strutturali del fabbricato si è deciso di procedere nella progettazione di interventi di miglioramento in modo da aumentare la sicurezza strutturale preesistente.

Gli interventi atti ad incrementare la sicurezza strutturale previsti possono essere riassunti nei seguenti punti:

- rinforzo strutture di fondazione mediante cordolatura in c.a..
- cucì/scucì sulla muratura;
- ripristino di tutte le tirantature orizzontali a livello del primo solaio e del solaio di copertura;
- realizzazioni di tirantature verticali incluse nelle pareti ;
- realizzazione di camicie in rete in GFRP e intonaco;
- realizzazione di intonaco armato su faccia interna;
- irrigidimento solai lignei;
- allineamento verticali dei fori tra piano terra e piano primo;
- realizzazione di due nuove travi di fondazione di collegamento;
- le travi rompitratta del primo solaio non sono più appese alle capriate delle coperture, ma sono state previste due colonne metalliche a sostegno della nuove travi.

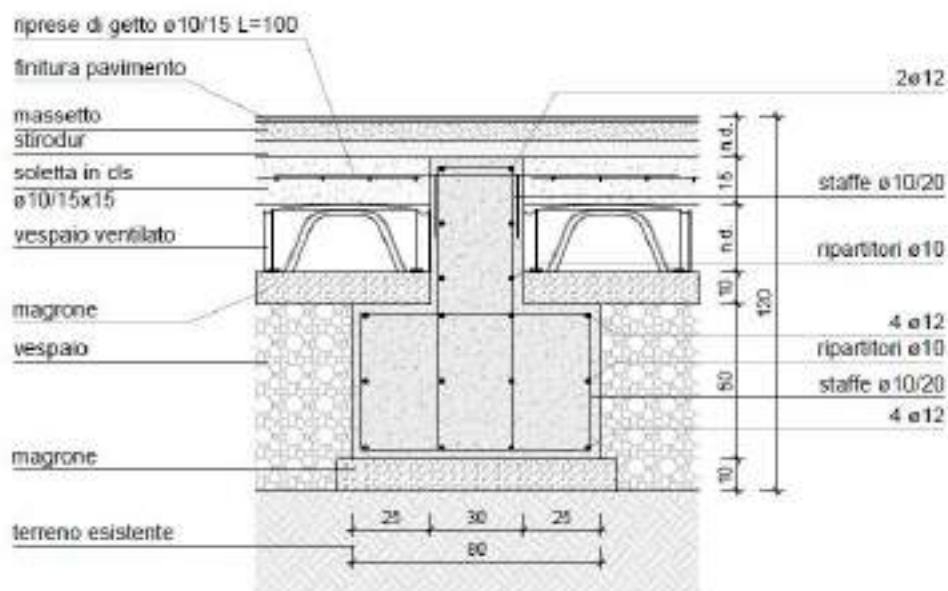
Si riportano degli estratti delle tavole strutturali che meglio spiegano gli interventi previsti:

DETTAGLIO A
RINFORZO FONDAZIONI ESISTENTI
 scala 1:20

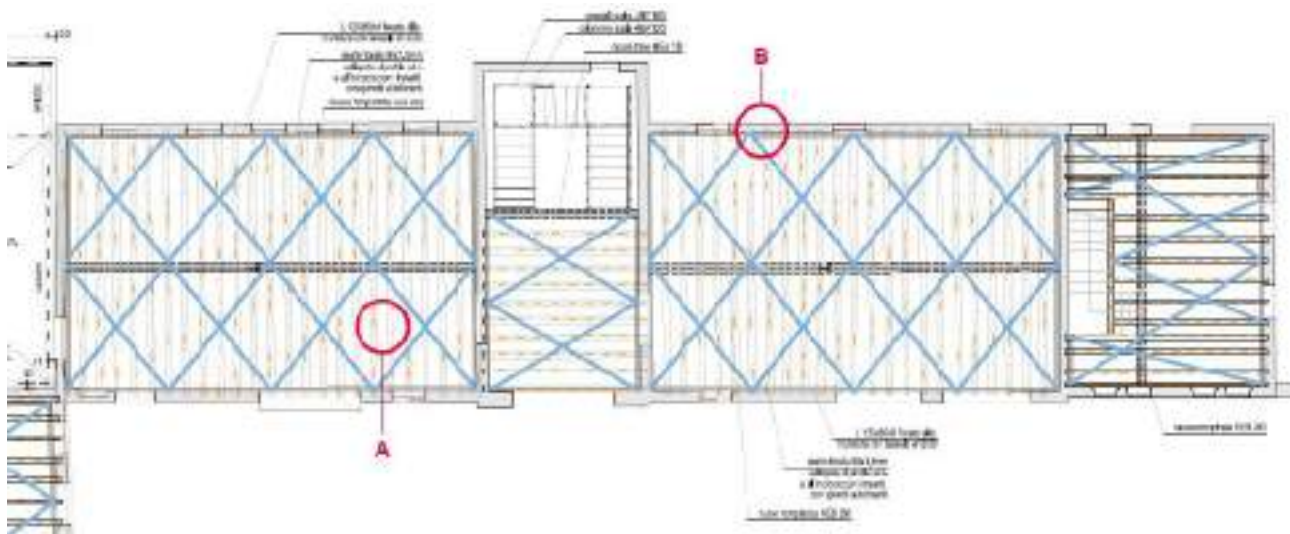


RINFORZO FONDAZIONI ESISTENTI

DETTAGLIO C
NUOVE TRAVI DI FONDAZIONE
 scala 1:20

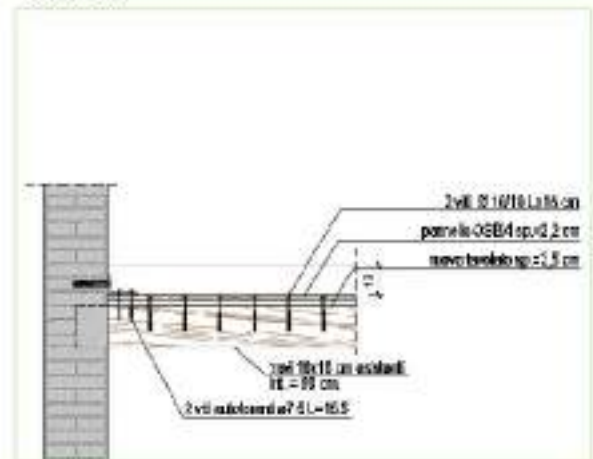
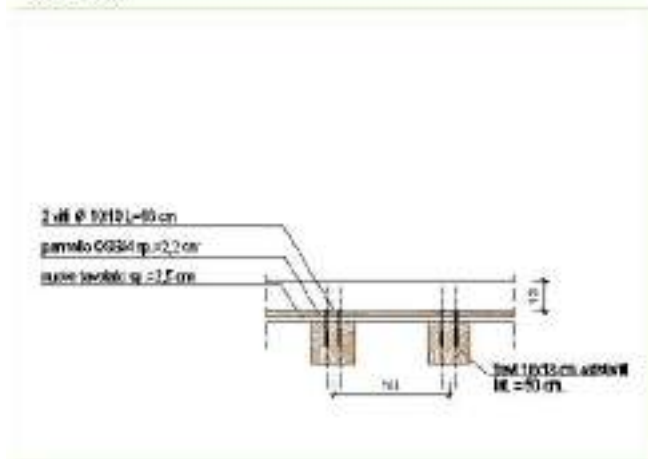


NUOVE TRAVI DI FONDAZIONI DI COLLEGAMENTO

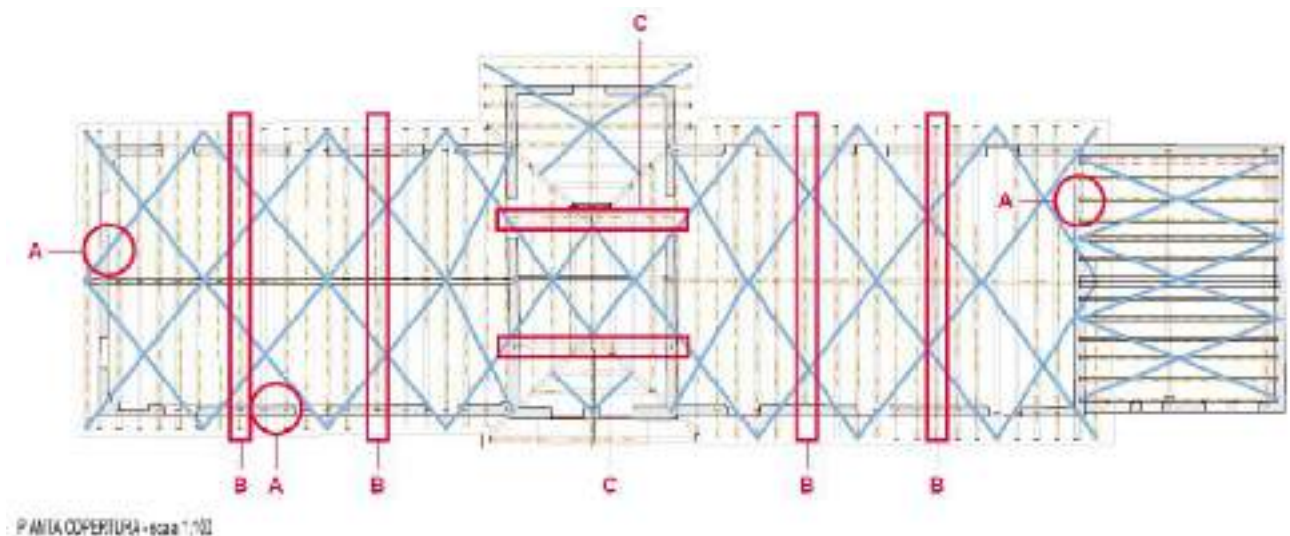


DETTAGLIO A
 NUOVO PACCHETTO PRIMO SOLAIO
 scala 1:20

DETTAGLIO B
 CORDOLO PRIMO SOLAIO - SFONTO
 scala 1:20



IRRIDIMENTO SOLAI PRIMO LIVELLO



PANTA COPERTURA - scala 1:100

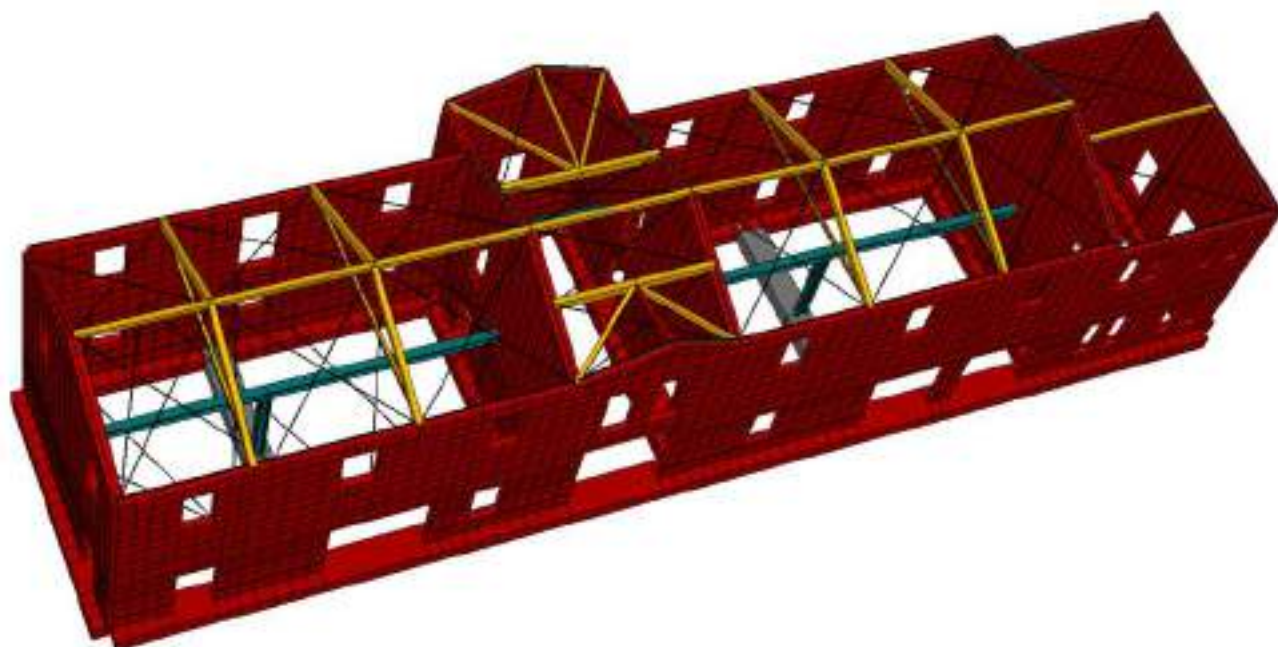
IRRIDIMENTO SOLAI COPERTURA



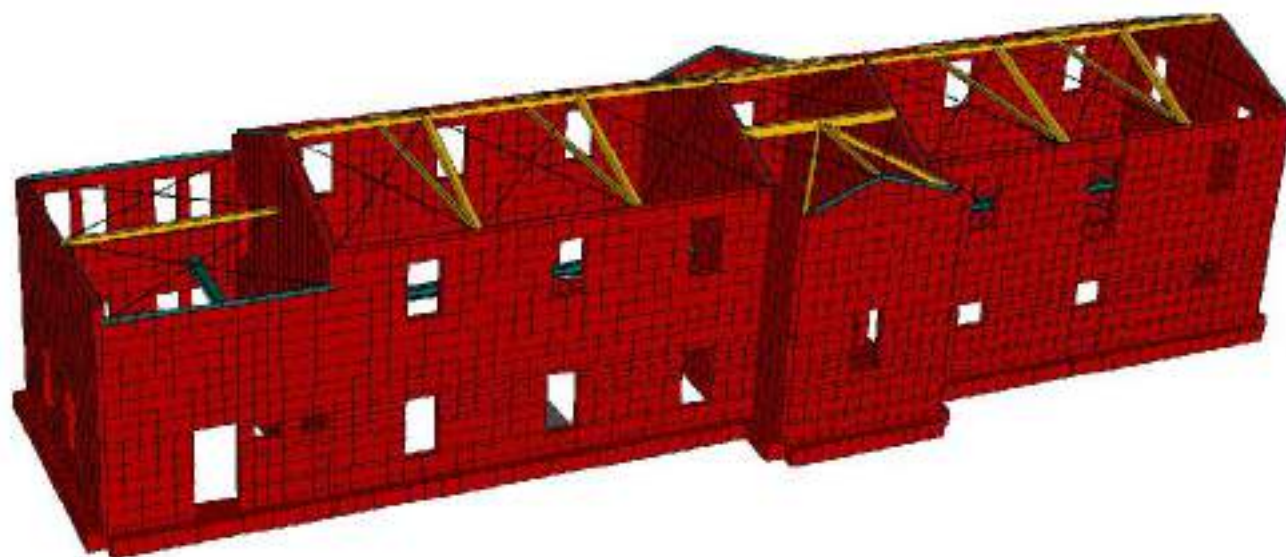
DISPOSIZIONI TIRANTI VERTICALI, INTONACO ARMATO

Per maggiori dettagli si fa riferimento alle tavole grafiche.

13 MODELLAZIONE STRUTTURALE_BARCHESSA_STATO DI PROGETTO



VISTA GLOBALE 1



VISTA GLOBALE 2

13.1 AZIONI SULLA COSTRUZIONE

13.1.1 ANALISI DEI CARICHI

CARICO SOLAIO COPERTURA

G1 : Peso proprio strutture lignee	60 daN/mq
G2 : Peso proprio pacchetto di copertura coibentato	140 daN/mq
Q : Neve	120 daN/mq
TOTALE	320 daN/mq

CARICO SOLAIO PRIMO LIVELLO

G1 : Peso proprio strutture lignee	90 daN/mq
G2 : Peso proprio pacchetto di copertura coibentato	140 daN/mq
Q : Cat. C	500 daN/mq
TOTALE	730 daN/mq

CARICHI DA NEVE

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

Il carico provocato dalla presenza della neve agisce in direzione verticale ed è riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura. Esso è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Provincia : Santa Lucia di Piave (TV)

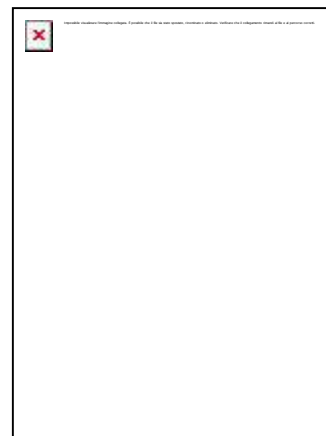
Zona : Im

Altitudine : 57 m s.l.m.

Valore caratteristico neve al suolo : $q_{sk} = 1.5 \text{ kN/m}^2$

Coefficiente di esposizione C_E : 1 (Normale)

Coefficiente termico C_t : 1



Tipo di copertura: a due falde ($\alpha_1 = 22^\circ$, $\alpha_2 = 22^\circ$)

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare.

Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α .

Carico da neve :

$$q_s(\mu_1(\alpha_1)) = 1.2 \text{ kN/m}^2 [\mu_1(\alpha_1) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1(\alpha_2)) = 1.2 \text{ kN/m}^2 [\mu_1(\alpha_2) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1=0.8) = 1.2 \text{ kN/m}^2$$

Si assume un carico neve : 120 daN/ m2

CARICHI DA VENTO

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

La pressione del vento è calcolata secondo l'espressione:

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

Provincia: Treviso

Zona: 1

Altitudine: 57 m s.l.m

Tempo di ritorno T_r : 50 anni;

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

Pressione cinetica di riferimento q_r : 39.86 Kg/m²

Altezza della costruzione z : 9.5 m ($z_{\min}$: 5m)

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

Classe di rugosità del terreno: C

Categoria di esposizione del sito: III

Coefficiente topografico c_t : 1

Coefficiente dinamico c_d : 1

Coefficiente di esposizione $c_e(z)$:

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

$$c_e(z = 9.5\text{m}): 2.1$$

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

Dimensioni in pianta: 35 * 7.5 m

Altezza: 9.5 m

Pareti verticali

Faccia sopravvento: $c_p = 0.8$

Faccia laterale: $c_p = -0.9$

Faccia sottovento: $c_p = -0.513$

Copertura a falda doppia

Angolo della falda sopravvento: 22°

Vento perpendicolare alla direzione del colmo

Valore negativo $c_{pe} = -0.507$

Valore positivo $c_{pe} = +0.293$

Vento parallelo alla direzione del colmo

Fascia sopravvento di profondità pari a 9.5 m: $c_{pe,A} = -0.947$

Restanti zone: $c_{pe,B} = -0.5$

Angolo della falda sottovento: 22°

Vento perpendicolare alla direzione del colmo

$c_{pe} = -0.53$

Vento parallelo alla direzione del colmo

Fascia sopravvento di profondità pari a 9.5 m: $c_{pe,A} = -0.947$

Restanti zone: $c_{pe,B} = 0.5$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = -0.95$

$p(z_{min} = 5 \text{ m}) = -64.66 \text{ Kg/m}^2$

$p(z = 9.5 \text{ m}) = -79.69 \text{ Kg/m}^2$

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

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

$p(z = 9.5 \text{ m}) = -75.5 \text{ Kg/m}^2$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = -0.53$

$p(z_{min} = 5 \text{ m}) = -36.07 \text{ Kg/m}^2$

$p(z = 9.5 \text{ m}) = -44.46 \text{ Kg/m}^2$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = -0.51$

$p(z_{min} = 5 \text{ m}) = -34.71 \text{ Kg/m}^2$

$$p(z = 9.5 \text{ m}) = -42.78 \text{ Kg/m}^2$$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = -0.51$

$$p(z_{\min} = 5 \text{ m}) = -34.71 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 9.5 \text{ m}) = -42.78 \text{ Kg/m}^2$$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = -0.5$

$$p(z_{\min} = 5 \text{ m}) = -34.03 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 9.5 \text{ m}) = -41.94 \text{ Kg/m}^2$$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = 0.29$

$$p(z_{\min} = 5 \text{ m}) = 19.74 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 9.5 \text{ m}) = 24.33 \text{ Kg/m}^2$$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = 0.5$

$$p(z_{\min} = 5 \text{ m}) = 34.03 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 9.5 \text{ m}) = 41.94 \text{ Kg/m}^2$$

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

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

$$p(z = 9.5 \text{ m}) = 67.11 \text{ Kg/m}^2$$

13.1.2 AZIONI DINAMICHE DATI DI PROGETTO

Considerando il tipo di opera strutturale e la sua destinazione d'uso si assumono:

Vita nominale $V_N \geq 50$ anni pari a quella di una costruzione di opere ordinarie (punto 2.4.1 NTC2018);

Classe d'uso III essendo l'edificio una costruzione in cui si prevedono affollamenti significativi (punto 2.4.2 NTC2018);

Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = 75$ anni essendo $V_R = V_N \cdot C_U$ con $C_U = 1.5$ per strutture di classe III (punto 2.4.3 NTC2018);

Fattore di comportamento

Nel caso di analisi lineare con fattore di struttura q lo spettro elastico viene ridotto con un fattore q il cui valore varia in funzione della tipologia costruttiva.

Per edifici regolari in elevazione, nel caso di muratura in pietra e/o mattoni pieni:

per struttura in muratura

$$q = 2,0 \alpha_u / \alpha_1 \quad (C8.5.5.1)$$

- si assume un rapporto $\alpha_u / \alpha_1 = 1,5$ (C8.5.5.1)

$$q = 2,0 \times 1,5 = 3,0$$

Parametri progetto

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica sismica equivalente
Tipo di soluzione	Lineare
Unità di misura delle forze	daN
Unità di misura delle lunghezze	cm

Normativa NTC-2018
 Edificio esistente

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Luogo	Santa Lucia di Piave - Via Francesco Crispi 37
Longitudine (WGS84)	12.2877
Latitudine (WGS84)	45.8476
Categoria del suolo	B
Coefficiente topografico	1

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	45	0.069	2.46	0.25	1.45	1.20	0.083
SLD	75	0.091	2.45	0.26	1.44	1.20	0.109
SLV	712	0.254	2.42	0.33	1.37	1.15	0.293
SLC	1462	0.340	2.41	0.35	1.35	1.07	0.364
TR	712	0.254	2.42	0.33	1.37	1.15	0.293

TR utilizzato nel progetto	712 anni
Comportamento strutturale	Dissipativo

DATI SPETTRO

Eccentricita' accidentale	5%
Periodo proprio T1 in direzione X	0.438
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.758
λ	1
Fattore q di struttura	qor=3
Duttilita'	Bassa Duttilita'
Sd (T1) in direzione X	0.237 g
Sd (T1) in direzione Y	0.142 g
Coeff.globale accelerazione sismica direz.X	0.237
Coeff.globale accelerazione sismica direz.Y	0.142

13.2 METODO DI VERIFICA

VEDERE PARAGRAFO 11.2

14 ANALISI LINEARE STATICA

L'analisi statica lineare è la più comune e tradizionale delle analisi strutturali possibili. L'aggettivo statica sottintende che i carichi applicati non dipendono dal tempo o più esattamente variano molto lentamente tra l'istante iniziale di applicazione t_0 e l'istante finale di osservazione t_f (carichi quasi-statici).

Ipotizzando inoltre che la forza di reazione interna dipenda linearmente dagli spostamenti, attraverso una matrice di rigidezza costante K e che le forze esterne siano costituite da carichi indipendenti dallo spostamento, si ottiene l'equazione di equilibrio classica per i problemi quasi statici lineari

$$KU = F$$

dove K è la matrice di rigidezza, U è il vettore delle deformazioni nodali, F è il vettore dei carichi.

E' bene ricordare che la linearità della risposta strutturale deriva da almeno due grandi semplificazioni: l'ipotesi di elasticità lineare del materiale (linearità materiale) e l'ipotesi di piccolezza degli spostamenti e delle deformazioni (linearità geometrica).

Nell'analisi sismica con il metodo statico equivalente, le corrispondenti forze inerziali vengono automaticamente aggiunte agli altri carichi eventualmente presenti sulla struttura.

Note le deformazioni vengono calcolate le sollecitazioni.

SIMBOLOGIA ADOTTATA DAL CODICE DI CALCOLO

Vedere paragrafo 11

14.1 MATERIALI UTILIZZATI

Codice	Descrizione	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Muratura	+1.50e+04	0.250	0.00180	+0.00e+00	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
2	Acciaio	+2.10e+06	0.300	0.00785	+1.20e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
3	Calcestruzzo C25/30 (Rck 300)	+3.21e+05	0.120	0.00250	+1.00e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
4	Legno	+1.00e+05	0.430	0.00050	+3.00e-06	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
5	Muratura con intonaco armato	+3.50e+04	0.250	0.00180	+0.00e+00	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00

14.2 CARICHI

CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

Carico distribuito con riferimento globale Z

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Neve Zona III	3	Condizione 3	Variabile: Neve	-0.012000	0.000	-0.012000	0.000	0.0000	0.0000

Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Permanente Primo solaio	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.023000	0.000	-0.023000	0.000	1.0000	1.0000
Variabile	2	Condizione 2	Variabile: Aree di acquisto e congresso	-0.051000	0.000	-0.051000	0.000	0.6000	0.6000
Muratura piena	4	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.039000	0.000	-0.039000	0.000	1.0000	1.0000
Permanente Copertura	5	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.020000	0.000	-0.020000	0.000	1.0000	1.0000

CARICHI PER ELEMENTI BIDIMENSIONALI

Carico di superficie nella direzione globale X, agente sulla superficie in proiezione ortogonale

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
Vento in direz x	6	Condizione 4	Variabile: Vento	-0.008000	0.0000	0.0000

Carico di superficie nella direzione globale Y, agente sulla superficie in proiezione ortogonale

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
Vento direz y	7	Condizione 5	Variabile: Vento	-0.008000	0.0000	0.0000

14.3 COMBINAZIONI DI CARICO

NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Statica	Azione sismica: Sisma assente Torsione: Assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 3	1.500
			Variabile: Vento	Condizione 4	1.500
			Variabile: Vento	Condizione 5	1.500
2	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
3	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
4	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
5	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
6	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
7	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
8	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
9	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria		Condizione	Moltiplicatore
10	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
11	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
12	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
13	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
14	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
15	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
16	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
17	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
			Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve		Condizione 3	0.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
------	-------------	-----------	-----------------------	------------	----------------

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
18	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 3	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	1.000
19	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.700
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.200
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.200
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.200
20	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
21	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
22	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
23	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
24	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
25	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
26	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000

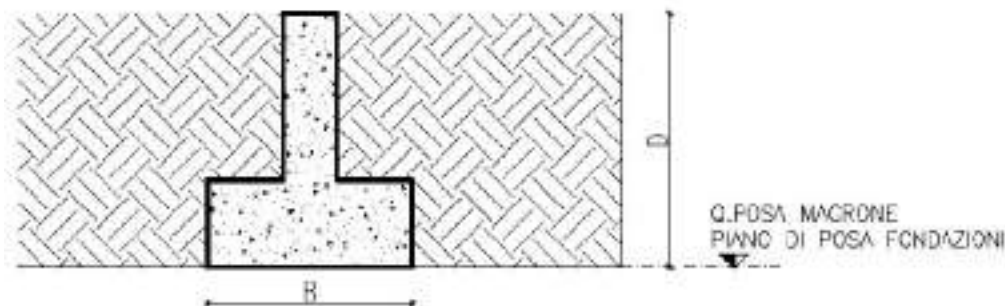
Num.	Descrizione			Parametri	Tipo azione/categoria		Condizione	Moltiplicatore
27	Sisma	30%-X	100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Antioraria	Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
					Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
					Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
					Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
					Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
28	Sisma	30%-X	100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
					Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
					Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
					Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
29	Sisma	100%+X	30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
					Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
					Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
					Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
30	Sisma	100%+X	30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
					Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
					Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
					Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
31	Sisma	100%-X	30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
					Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
					Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
					Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
32	Sisma	100%-X	30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
					Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
					Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
					Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
33	Sisma	30%+X	100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
					Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
					Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
					Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
34	Sisma	30%+X	100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
					Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
					Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
					Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 5	0.000
35	Sisma	30%-X	100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio		Condizione peso proprio	1.000
					Permanente: Permanente portato		Condizione 1	1.000
					Variabile: Aree di acquisto e congresso		Condizione 2	0.600
					Variabile: Neve		Condizione 3	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 4	0.000
					Variabile: Vento		Condizione 5	0.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
36	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000

14.4 SOLLECITAZIONI AL SUOLO E VERIFICA NUOVE TRAVI DI FONDAZIONE IN C.A.

Da un punto di vista litologico, l'area dove è situato Palazzo Ancillotto, la Barchessa e la Serra si trova nella fascia longitudinale centrale delle tre in cui viene suddiviso il territorio nel P.A.T.I. del comune di Santa Lucia di Piave. Tale fascia occupa circa i tre quarti dell'estensione complessiva del territorio ed è caratterizzata dalla presenza nel sottosuolo di materiali granulari fluviali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa, legati alla presenza del megafan di Nervesa.

Le fondazioni allo stato di progetto raggiungono una profondità di circa 120 cm. allargandosi di circa 40 cm. per parte rispetto allo spessore della muratura mediante cordolatura in c.a. Le nuove travi di fondazione hanno sono a t rovescio con larghezza al piede di 80 cm. La verifica della portanza fa riferimento **all'APPROCCIO 2 (A1+M1+R3) previsto dalle NTC.**



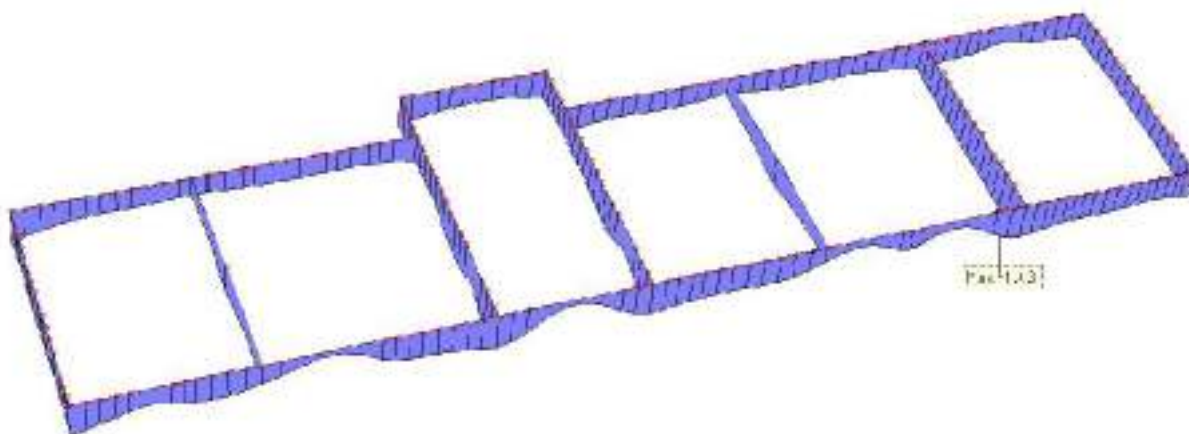
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE (Teoria del Terzaghi -1943)

$$q_t = c \times N_c + \gamma_1 \times D \times N_q + 0,5 \times \gamma_2 \times B \times N_\gamma$$

B=	80 cm	Larghezza di posa della fondazione	
D=	120 cm	Altezza del terreno sopra la quota di posa della fondazione	
γ_1 =	1900 daN/m ³	Peso specifico del terreno sopra la quota di posa	
γ_2 =	1900 daN/m ³	Peso specifico del terreno sotto la quota di posa	
Φ =	32 gradi	Angolo di attrito interno del terreno	
Φ =	0,558505 rad	Angolo di attrito interno del terreno	
c=	0 daN/cm ²	Coesione del terreno	
c_u =	0 daN/cm ²	Coesione non drenata - terreni coesivi	
	0,7		
N_c =	35,49	Fattore di capacità portante	$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$
N_q =	23,18	Fattore di capacità portante	$N_q = \tan^2(45 + \frac{\varphi}{2}) \cdot e^{\pi \tan \varphi}$
N_γ =	30,21	Fattore di capacità portante	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \cdot \tan \varphi$
q_t =	7,58 daN/cm ²	Capacità portante del terreno	
γ_R =	2,3	Coefficiente di sicurezza per l'approccio 2	

Q_{lim} =	3,30 daN/cm²	Carico limite
-------------	--------------------------------	----------------------

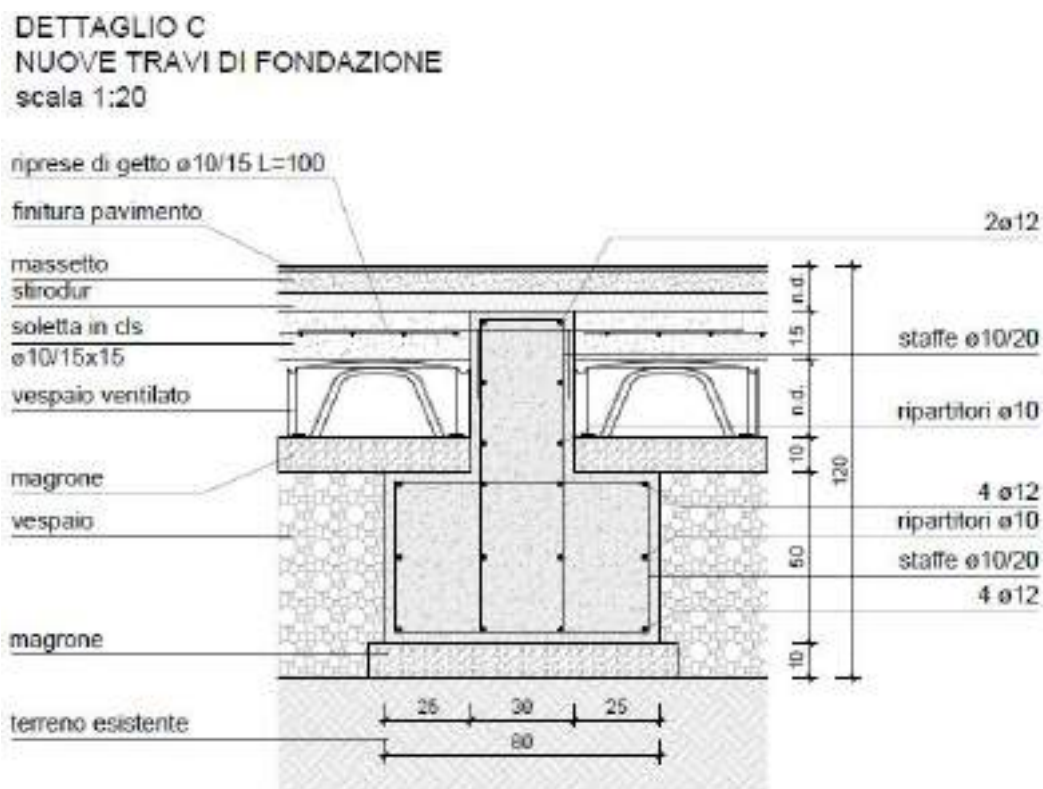
Nelle immagini che seguono si riportano le sollecitazioni al suolo in daN/cm²



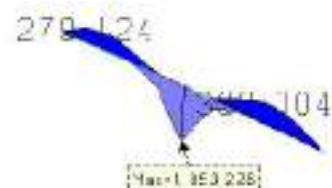
Le tensioni del terreno allo S.L.U. risultano **INFERIORI** al valore $Q_{lim} = 3,30$ daN/cm²

Le tensioni del terreno allo S.L.U. alla luce dei nuovi carichi di progetto e gli interventi sulla fondazione risultano adeguate alla tipologia di terreno presente in sito.

Le nuove travi di fondazione di collegamento su cui poggiano le due nuove colonne metalliche a sostegno della rompitratta sono realizzate come riportato nell'estratto sottostante:



Sollecitazioni Mz (momento flettente, daNxcn) elementi beam:



Titolo: Mrd_Trave di fondazione

N° figure elementari: 2 Zoom N° strati barre: 6 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	50
2	80	50

N°	As [cm²]	d [cm]
2	2,26	20
3	2,26	40
4	4,52	54
5	3,14	75
6	4,52	96

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{Ed} 102,8 kNm
 M_{yEd} 0

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipi barre
 Lato calcestruzzo - Acciaio inervato

Materiali
 B450C C25/30
 E_{cu} 67,5 % E_{c2} 2 %
 f_{yd} 391,3 N/mm² E_{cu} 3,5
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
 E_s/E_c 15 l_{co}/l_{cd} 0,0 ?
 E_{spd} 1,957 % C_{o,adm} 97,5
 C_{s,adm} 255 N/mm² T_{co} 0,6
 T_{cl} 1,829

M_{xRd} 365,7 kN m
 σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ε_c 3,5 ‰
 ε_s 18,51 ‰
 d 96 cm
 x 15,26 x/d 0,159
 ξ 0,7

Tipi Sezione
☐ Rettang. ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☒ Rettangoli ☐ Coord.

Metodo di calcolo
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☐ Metodo n

Tipi flessione
☒ Retta ☐ Deviate

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Titolo: Mrd_Trave di fondazione

N° figure elementari: 2 Zoom N° strati barre: 6 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	50
2	80	50

N°	As [cm²]	d [cm]
2	2,26	20
3	2,26	40
4	4,52	54
5	3,14	75
6	4,52	96

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{Ed} 46,05 kNm
 M_{yEd} 0

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipi barre
 Lato calcestruzzo - Acciaio inervato

Materiali
 B450C C25/30
 E_{cu} 67,5 % E_{c2} 2 %
 f_{yd} 391,3 N/mm² E_{cu} 3,5
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/l_{cd} 0,0 ?
 E_{spd} 1,957 % C_{o,adm} 97,5
 C_{s,adm} 255 N/mm² T_{co} 0,6
 T_{cl} 1,829

M_{xRd} -306,8 kN m
 σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ε_c 3,5 ‰
 ε_s 60,07 ‰
 d 96 cm
 x 5,295 x/d 0,05506
 ξ 0,7

Tipi Sezione
☐ Rettang. ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☒ Rettangoli ☐ Coord.

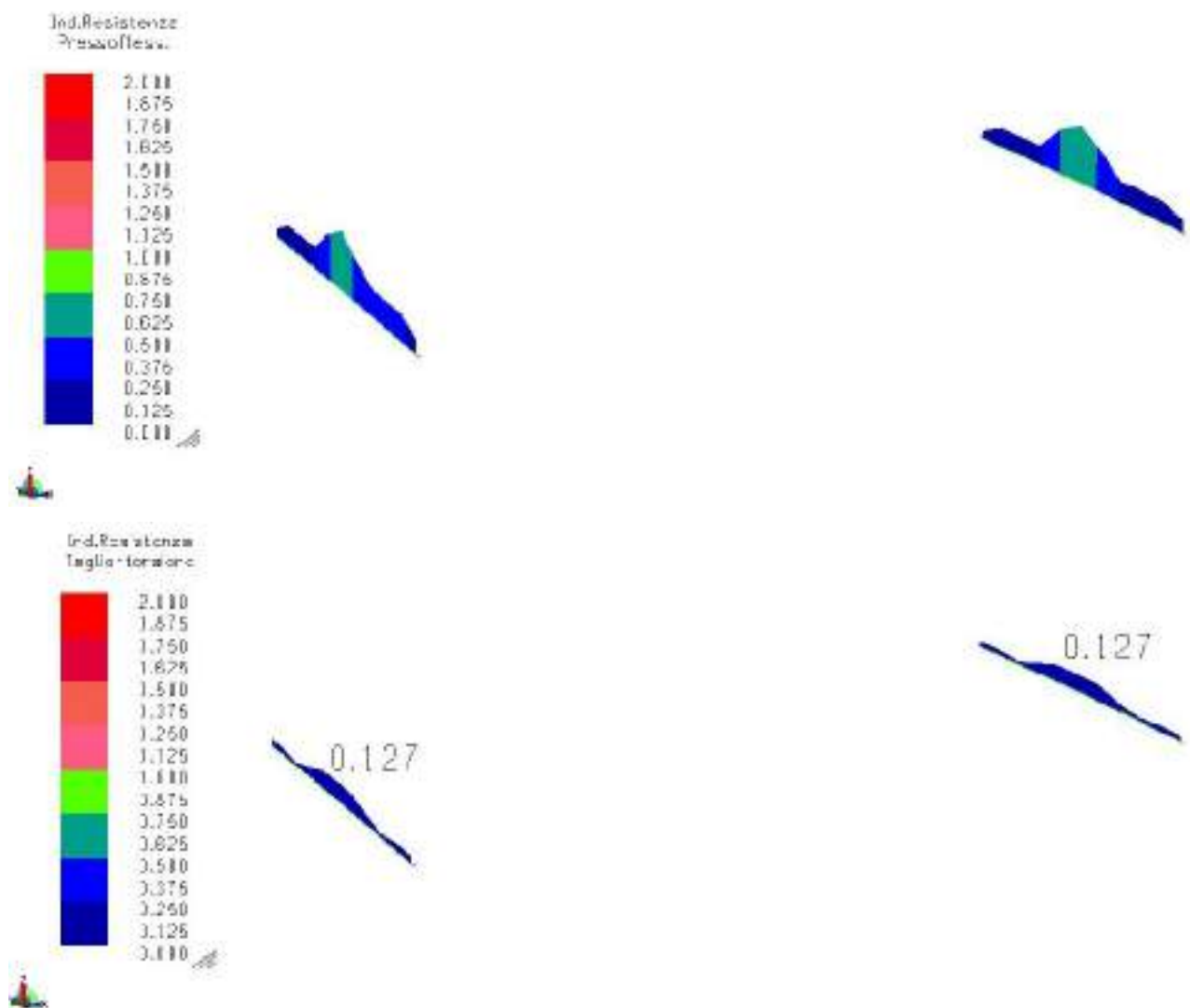
Metodo di calcolo
☐ S.L.U.+ ☒ S.L.U.-
☐ Metodo n

Tipi flessione
☒ Retta ☐ Deviate

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Verificato Mrd>>Msd



INDICI DI RESISTENZA S.L.U. $I.R \leq 1$: VERIFICATO

14.4 11.5

14.5 PARETI MURARIE

Nel caso di analisi elastica con il fattore q (analisi lineare statica ed analisi dinamica modale con fattore di comportamento), i valori di calcolo delle resistenze sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza e per il coefficiente parziale di sicurezza dei materiali (in accordo a quanto indicato al § C8.5); nel caso di analisi non lineare, i valori di calcolo delle resistenze sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza.

Si procede alla valutazione della sicurezza in campo statico e in campo dinamico.

Gli interventi previsti vanno a modificare lievemente le rigidità dei maschi murari, nonostante ciò nella modellazione se ne è tenuto conto. Di seguito vengono riportate le tipologie di muratura e i parametri utilizzati nelle verifiche.

TIPOLOGIA MURATURE_STATO DI PROGETTO

LISTA MATERIALI UTILIZZATI

Codice	Descrizione	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Muratura	+1.50e+04	0.250	0.00180	+0.00e+00	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
2	Acciaio	+2.10e+06	0.300	0.00785	+1.20e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
3	Calcestruzzo C25/30 (Rck 300)	+3.21e+05	0.120	0.00250	+1.00e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
4	Legno	+1.00e+05	0.430	0.00060	+3.00e-06	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
5	Muratura con intonaco armato	+3.50e+04	0.250	0.00180	+0.00e+00	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
6	Muratura Meno Rigida	+1.50e+04	0.250	0.00180	+0.00e+00	1.000	+5.40e-01	+5.40e-01

TABELLE PARAMETRI DI VERIFICA

Si è valutata l'incremento di resistenza al taglio generato dall'inserimento dei tiranti verticali post-tesi mediante il criterio di resistenza di Mohr-Coulomb, criterio utilizzato dalla normativa italiana e dall'Eurocodice 6 e prevede:

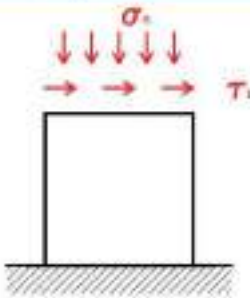
$$\begin{cases} \tau_u = \frac{T_u}{A} \\ \tau_u = \tau_0 + \mu \cdot \sigma_n \end{cases}$$

dove: τ_0 è la resistenza a taglio in assenza dello sforzo normale;

μ è un coefficiente di attrito, assunto pari a 0.4 (D.M. 20/11/1987);

I valori di τ_0 e μ vengono desunti dalle prove sperimentali su pannelli murari variando lo stato di sollecitazione sul pannello stesso.

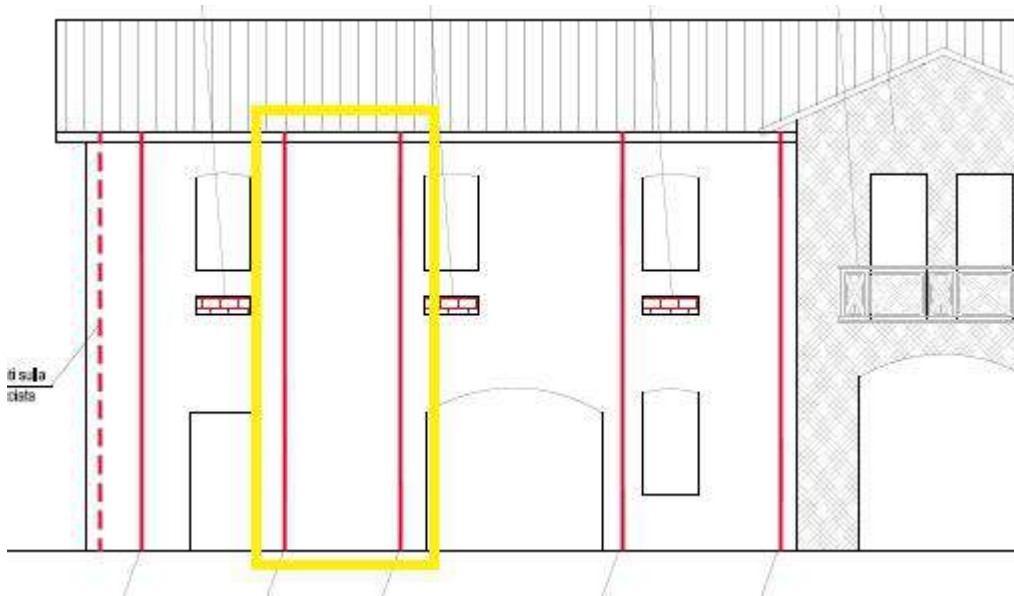
Questo criterio NON è quindi da intendersi come rappresentativo del comportamento qualitativo (modalità di collasso) e quantitativo di una determinata muratura, bensì costituisce una stima della resistenza di un determinato solido murario, opportunamente ridotta per tenere conto della dispersione dei dati sperimentali.



I tiranti verticali post tesi previsti sono costituiti da un terfole di diametro nominale pari a 15,20 mm. , sarà tesato a 5000 daN. In sommità la piastra metallica ripartirà una pressione sulla muratura in modo uniforme.

Si è considerata la perdita di tensione iniziale del tirante e quella causata dalle deformazioni differite nel tempo nella struttura sottoposta a nuove sollecitazioni in una percentuale pari al 10%.

Si è eseguito il calcolo per tutti i maschi murari interessati da questo intervento e si è ritenuta di prendere il minor incremento di resistenza al taglio, di cui si riporta il calcolo effettuato.



Il maschio murario schematizzato ha due tiranti post tesi all'interno, ha dimensioni 300x25 cm.

$$\tau_{0d} = \tau_0 + 0.4 \sigma_n = 0,988 + 0,4 \times 0,9 \times (10000 / (300 \times 25)) = 1,468 / 1,2 = 1,22 \text{ daN/cm}^2$$

utilizzato nelle verifiche.

L'incremento di pressione sulla muratura è ampiamente compatibile con le caratteristiche della muratura e dai valori raggiunti dalla indagini specialistiche eseguite.

Intestazione lavoro: **Barchessa Palazzo Ancillotto**

Tabella: **Tabella muri**

Tipo di verifica: **NTC 2018**
Edificio **Esistente** Fatt. conf.: **1.20**
fmd: **34.67** daN/cm² Modello σ - ϵ : **Stress-Block**
 τ_{0d} : **1.22** daN/cm² β , coeff. parz. sez.: **1.00**
d1: **0.00** cm d2 / t: **0.1660** Effetti di d1 e d2: **concorde**
ea / h: **1 / 200.00** fatt. laterale di vincolo ρ : **1.00** Altezza: **300.00** cm

Per l'intonaco armato sono stati presi i valori derivanti da numerose prove di compressione diagonale condotte da numerosi laboratori Universitari, compatibili ai dati forniti dai principali produttori di questi sistemi di rinforzo.

Barchessa Palazzo Ancillotto

Tabella: **Tabella muri intonaco armato faccia interna**

Tipo di verifica: **NTC 2018**
Edificio **Esistente** Fatt. conf.: **1.20**
fmd: **34.67** daN/cm² Modello σ - ϵ : **Stress-Block**
 τ_{0d} : **1.34** daN/cm² β , coeff. parz. sez.: **1.00**
d1: **0.00** cm d2 / t: **0.1660** Effetti di d1 e d2: **concorde**
ea / h: **1 / 200.00** fatt. laterale di vincolo ρ : **1.00** Altezza: **300.00** cm

Barchessa Palazzo Ancillotto

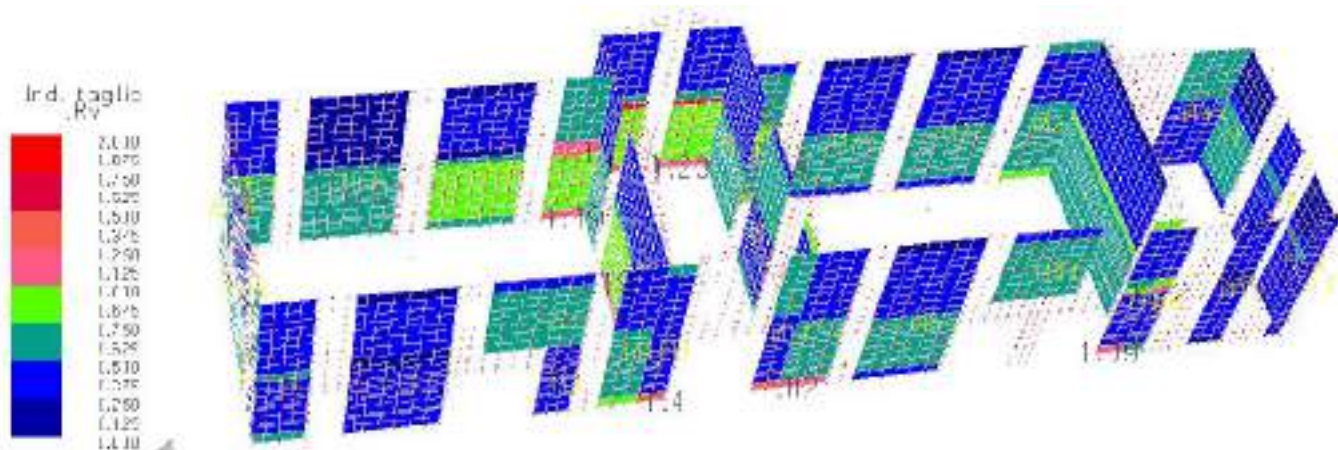
Tabella: **Tabella muri intonaco armato su entrambi i lati**

Tipo di verifica: **NTC 2018**
Edificio **Esistente** Fatt. conf.: **1.20**
fmd: **40.00** daN/cm² Modello σ - ϵ : **Stress-Block**
 τ_{0d} : **1.67** daN/cm² β , coeff. parz. sez.: **1.00**
d1: **0.00** cm d2 / t: **0.1660** Effetti di d1 e d2: **concorde**
ea / h: **1 / 200.00** fatt. laterale di vincolo ρ : **1.00** Altezza: **300.00** cm

DINAMICA - $T_r = 712$ anni

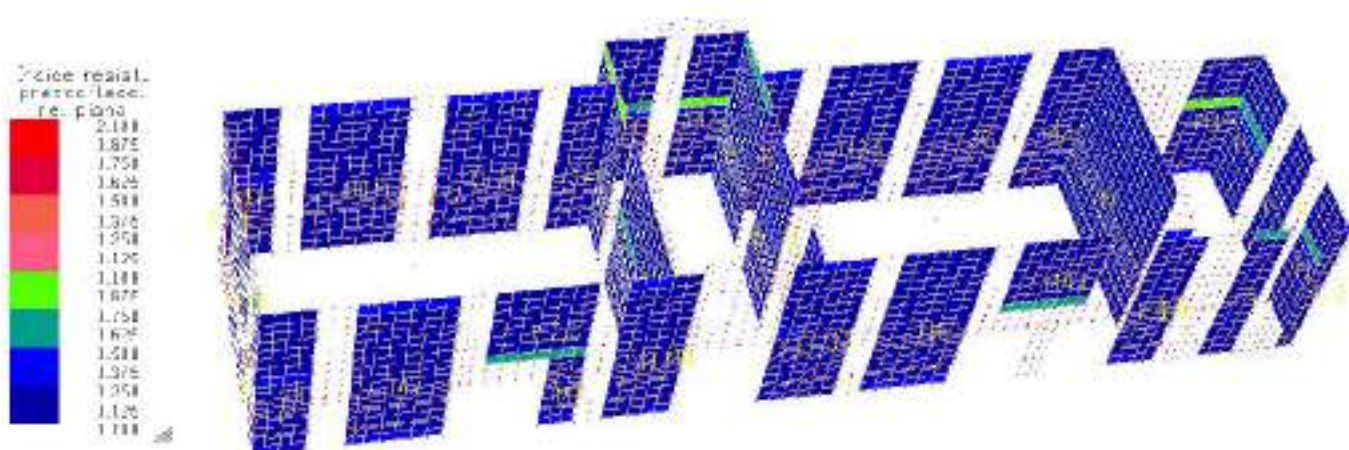
Parametri sismici: **$a_g/g = 0,254$** ; $T_R = 712$; $F_0 = 2,421$; $T_C^* = 0,332$.

MASCHI MURARI - VERIFICA A TAGLIO-SCORRIMENTO



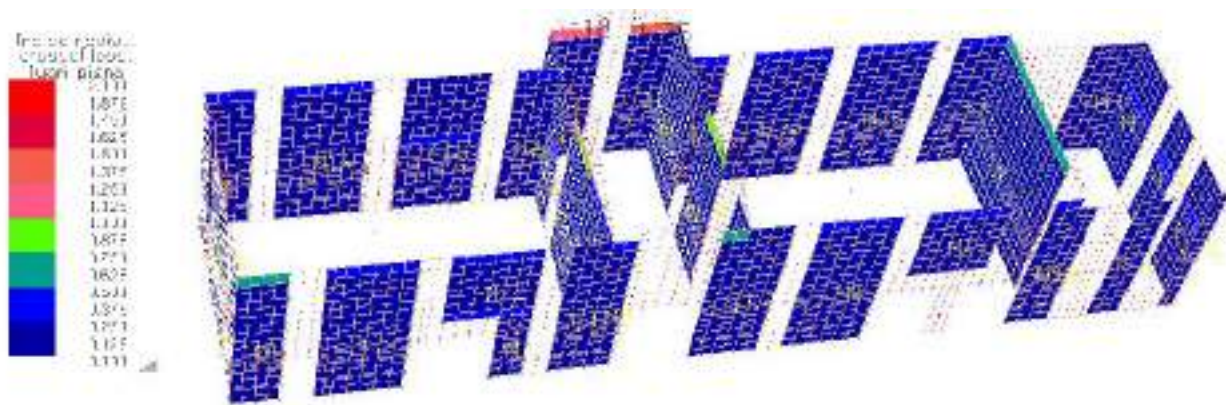
Localmente la verifica **NON** è **SODDISFATTA**, $IR > 1$

MASCHI MURARI - VERIFICA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO



La verifica è **SODDISFATTA**, $IR < 1$

MASCHI MURARI - VERIFICA A PRESSOFLESSIONE FUORI PIANO

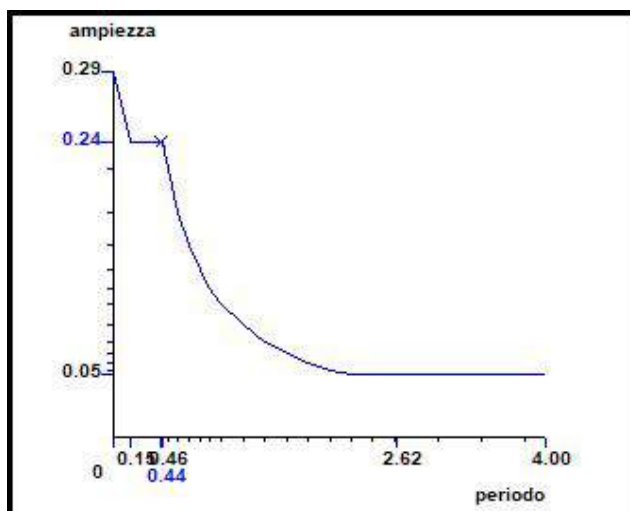


Localmente in corrispondenza del solaio del primo livello e in sommità del muro
 la verifica **NON** è **SODDISFATTA**, $IR > 1$

Dai risultati dell'analisi si è potuto riscontrare che l'accelerazione massima accettabile al suolo dal fabbricato esistente non è pari a quella prevista sul sito di costruzione dalle norme tecniche in vigore, per le condizioni del presente progetto.

Per l'edificio esistente nello stato di fatto si riscontra che l'accelerazione richiesta sul sito di costruzione dalle norme tecniche è di $a_g/g = 0,254$ corrispondente ad un tempo di ritorno $Tr = 712$ anni, lo spettro conseguente è :

Grafico spettri Norme Tecniche delle Costruzioni 2018



Accelerazione X = 0.23655 g

Accelerazione Y = 0.142069 g

Spettri orizzontali:

Num.	Periodo	A.slu X
1	0.000	0.2931
2	0.152	0.2366
3	0.455	0.2366
4	0.500	0.2154
5	0.600	0.1795
6	0.700	0.1539
7	0.800	0.1346
8	0.900	0.1197
9	1.000	0.1077
10	1.200	0.0898
11	1.400	0.0769
12	1.600	0.0673
13	1.800	0.0598
14	2.000	0.0539
15	2.200	0.0508
16	2.400	0.0508
17	2.600	0.0508
18	2.616	0.0508
19	3.000	0.0508
20	3.400	0.0508
21	3.800	0.0508
22	4.000	0.0508

Si procede in seguito in maniera iterativa agendo sul periodo di ritorno per determinare l'accelerazione accettabile al suolo dal fabbricato esistente allo stato di progetto.

DINAMICA - $T_R = 240$ anni

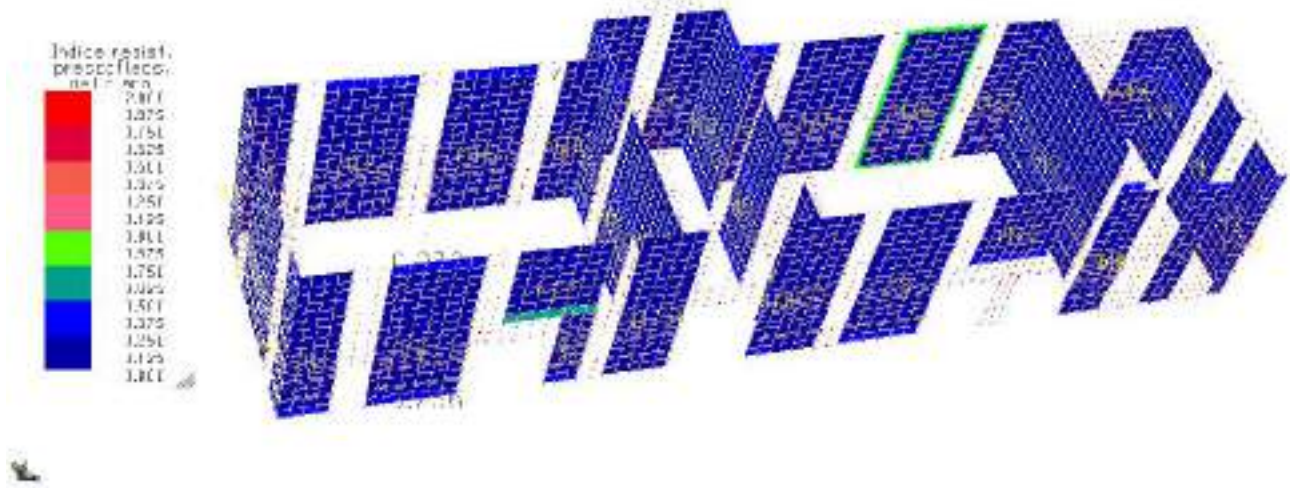
Parametri sismici: $a_g/g = 0,159$; $T_R = 240$; $F_0 = 2,41$; $T_C^* = 0,306$.

MASCHI MURARI - VERIFICA A TAGLIO-SCORRIMENTO



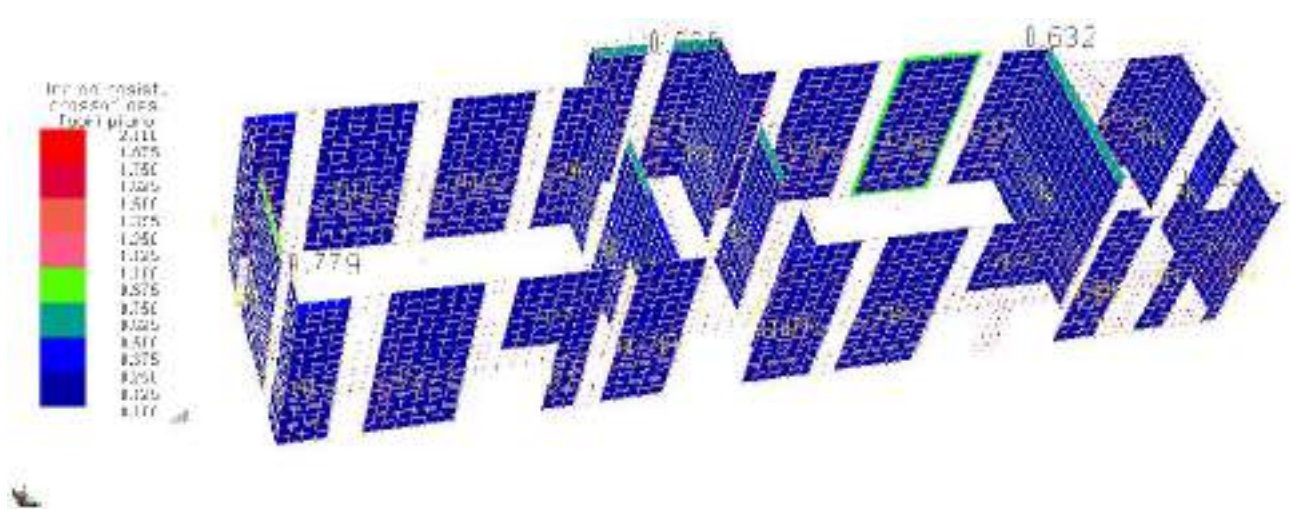
Puntualmente la verifica è **SODDISFATTA**, $IR < 1$

MASCHI MURARI - VERIFICA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO



La verifica è **SODDISFATTA**, $IR < 1$

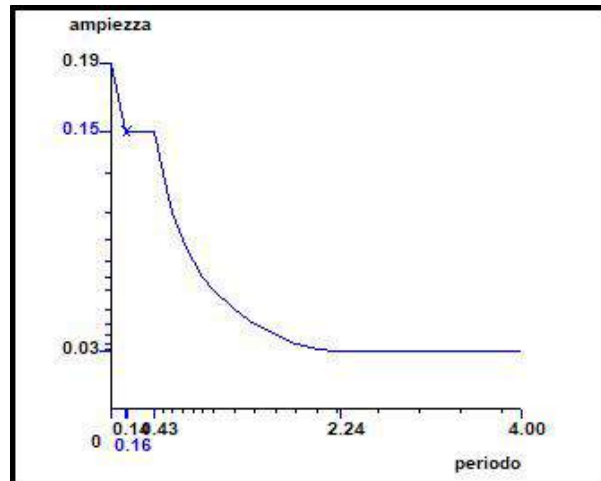
MASCHI MURARI - VERIFICA A PRESSOFLESSIONE FUORI PIANO



La verifica è **SODDISFATTA**, $IR < 1$

Per l'edificio esistente nello stato di progetto si riscontra che l'accelerazione massima accettabile al suolo è di $a_g/g = 0,159$ corrispondente ad un tempo di ritorno $T_r = 240$ anni, lo spettro conseguente è :

Grafico spettri Norme Tecniche delle Costruzioni 2018



Accelerazione X =0.153276 g

Accelerazione Y =0.153276 g

Spettri orizzontali:

Num.	Periodo	A.slu X
1	0.000	0.1908
2	0.142	0.1533
3	0.427	0.1533
4	0.500	0.1308
5	0.600	0.1090
6	0.700	0.0934
7	0.800	0.0817
8	0.900	0.0726
9	1.000	0.0654
10	1.200	0.0545
11	1.400	0.0467
12	1.600	0.0409
13	1.800	0.0363
14	2.000	0.0327
15	2.200	0.0318
16	2.236	0.0318
17	2.600	0.0318
18	3.000	0.0318
19	3.400	0.0318
20	3.800	0.0318
21	4.000	0.0318

11.6 VALUTAZIONE INDICE DI RISCHIO SISMICO_STATO DI PROGETTO

Per gli edifici rilevanti viene definito come rapporto tra l'accelerazione di picco al suolo, che comporta il raggiungimento dello stato limite di salvaguardia della vita (SLV), e l'accelerazione che la norma indica nello specifico sito in cui si trova la costruzione e per lo stesso stato limite

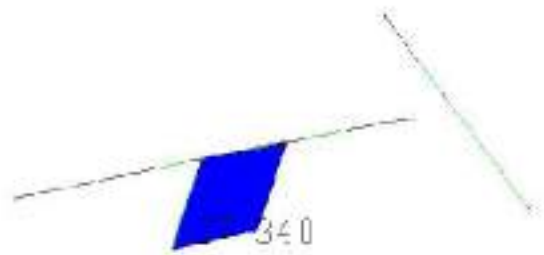
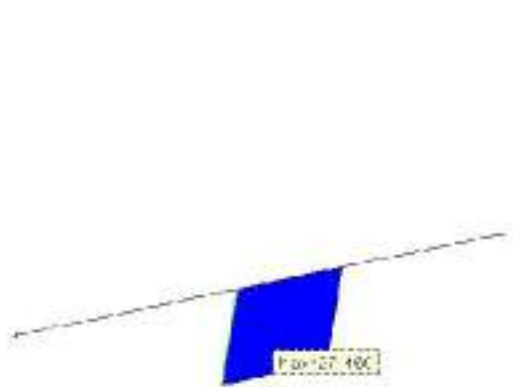
$$\alpha_{POST} = a_g/g(Tr=240) / a_g/g(Tr=712) = 0,159/0,254 = 0,626$$

15 VERIFICA OPERE IN ACCIAIO_SLU

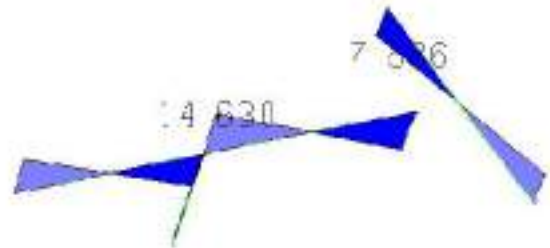
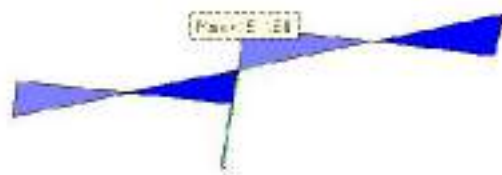
Sono previste due rompitratte metalliche a sostegno del solaio ligneo del primo solaio.



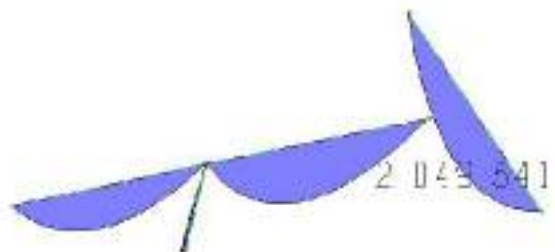
Sollecitazioni Fx (sforzo normale, daN) elementi beam:



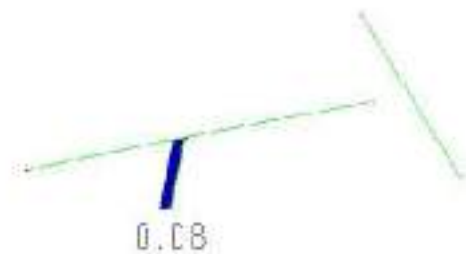
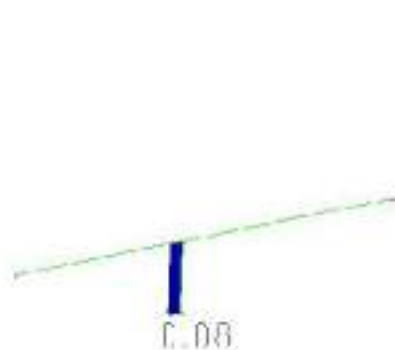
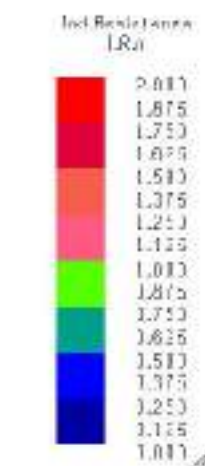
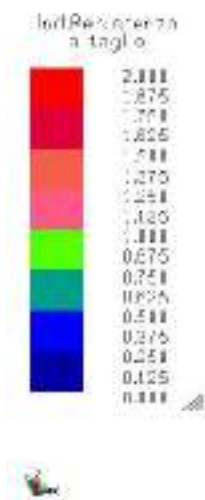
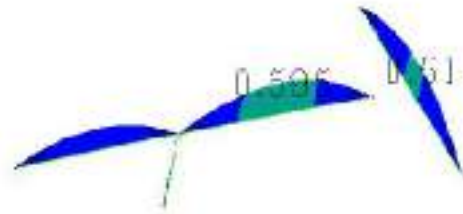
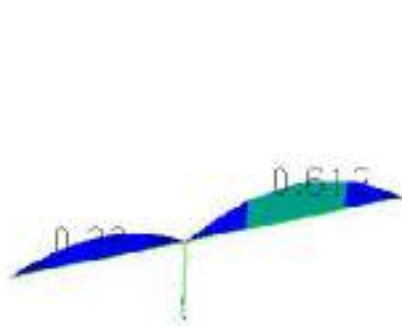
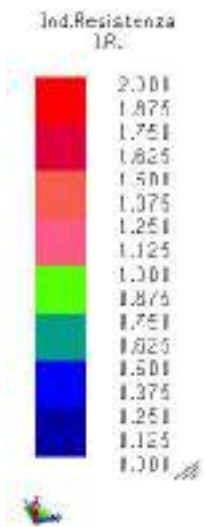
Sollecitazioni F_y (sforzo di taglio, daNxcn) elementi beam:

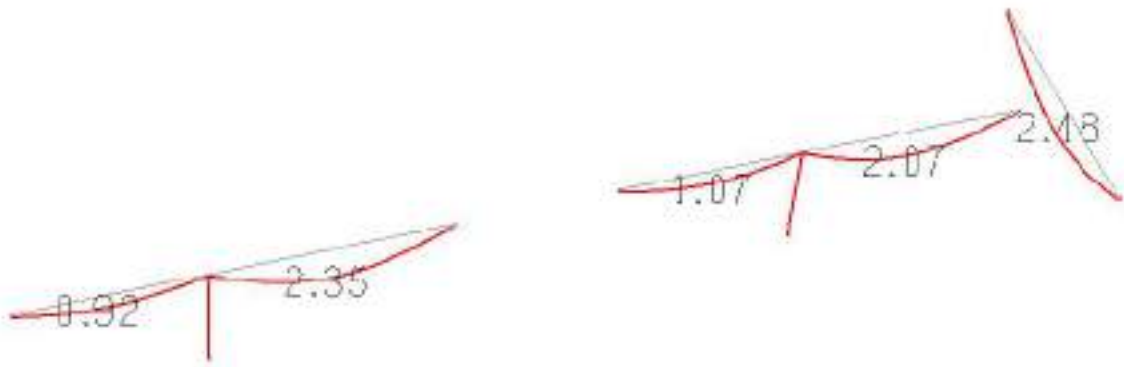


Sollecitazioni M_z (momento flettente, daNxcn) elementi beam:



Intestazione lavoro: **Barchessa Palazzo Ancillotto**
 Metodo di verifica: **Eurocodice 3 - NTC 2018**
 Tipo acciaio: **S 275**





DEFORMATA STATICA - C.C. S.L.E. RARA -

$$D_{max} = 2.48 < 735/250 = 2,94 \text{ cm.}$$

$$D_{max} = 2.35 < 690/250 = 2,76 \text{ cm.}$$

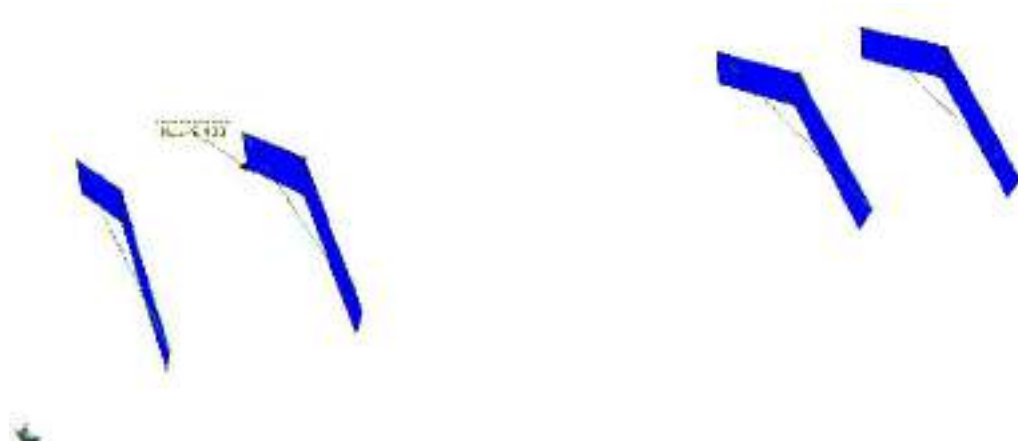
16 VERIFICA OPERE IN LEGNO_SLU

Nelle verifiche si è considerato un legno di tipo C18, cautelativo rispetto a ridurre un legno di classe C22 per il fattore di confidenza FC=1,20.

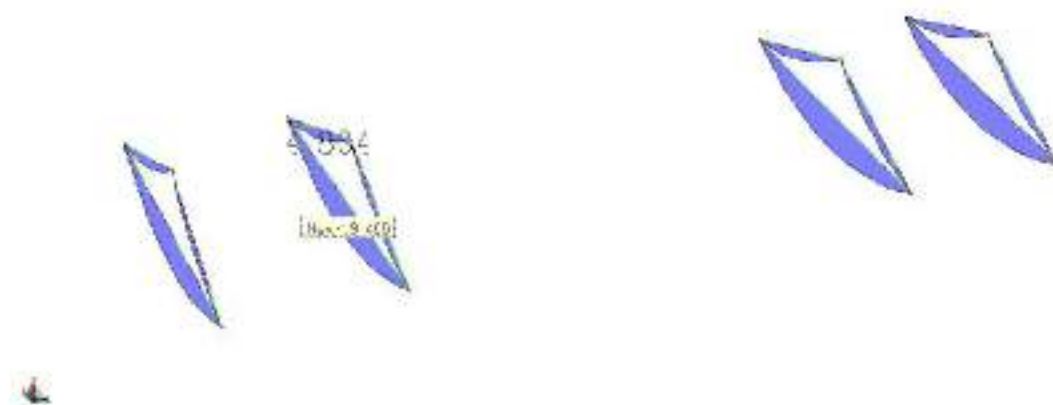
- Si esegue la verifica delle 4 capriate principali.



Sollecitazioni Fx (sforzo normale, daN) elementi beam:



Sollecitazioni Mz (momento flettente, daNxcm) elementi beam:



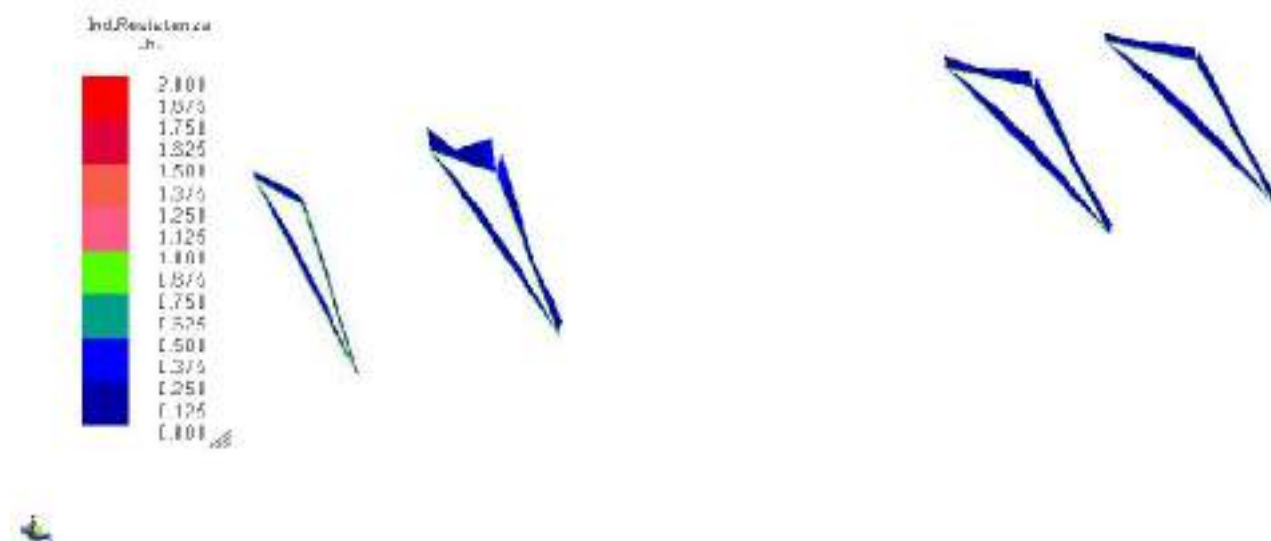
Metodo di verifica: **NTC 2018 - Eurocodice 5**

Tabella: **Tabella travi**

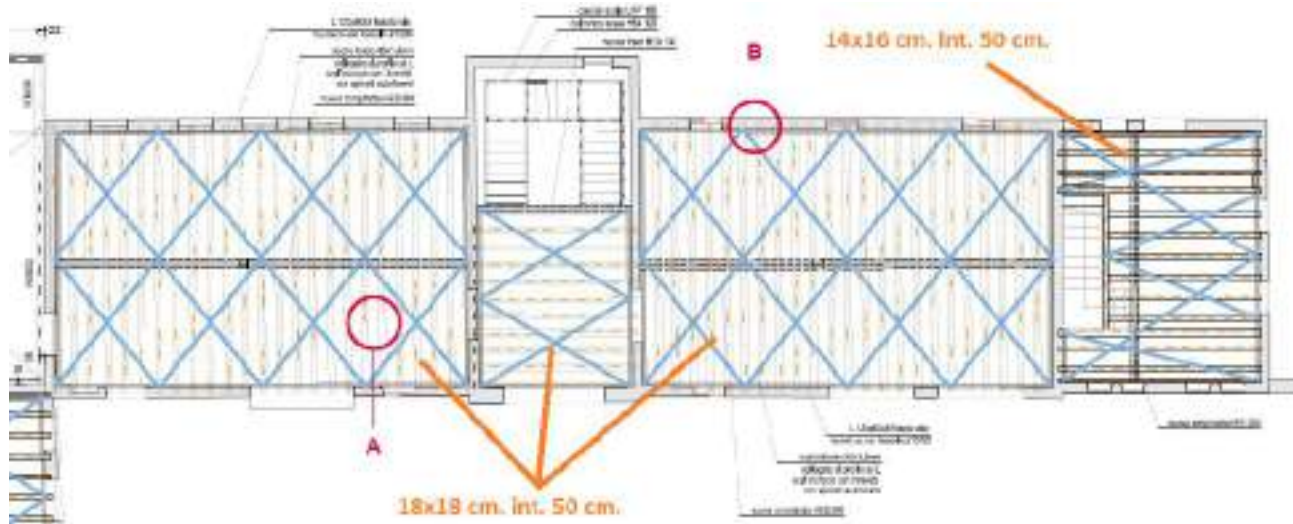
Tipo legno: **Legno massiccio C18** Beta piano 'yx': **1.000**

Beta piano 'zx': **1.000**

k mod: **0.800**



SOLAI PRIMO LIVELLO



Si è deciso di rinforzare il solaio esistente mediante un tavolato in legno massiccio e un pannello OSB collaboranti con le travi esistenti.

SOLAIO PRIMO LIVELLO

Solaio rinforzato con tavolato collaborante

Dati di progetto

Parametri geometrici	spessore OSB	sp.	2,2 cm
	tavolato	t	2,5 cm
	base trave	b	18 cm
	altezza trave	h	18 cm
	interasse travi	i	50 cm
	luce di calcolo	l	340 cm
	diametro vite	φ	20 mm
	interasse pioli appoggio	s1	10 cm
	interasse pioli mezza rìa	s2	10 cm
	interasse pioli eq.	seq	10,00 cm
	infissione piolo su pannello	lc	22 mm
	infissione piolo su legno	lw	10 mm
	lunghezza piolo	lb	160 mm

Caratteristiche dei materiali

Travi di legno

Parametri e coeff.	Tipo di legno e classe di resistenza	C18 (pioppo e conifere)			
	Nuovo/storico	Nuovo			
	Classe di servizio	1 (temperatura 20°C, u.r. ≤ 65 %)			
	Classe di durata del carico	MEDIA DURATA (1 settimana - 6 mesi)			
	Coeff. parziale di sicurezza	γM	1,5		
Resistenza	Coeff. di durata del carico	1	0,8		
	Coeff. di deformazione	kdef	0,60		
		Caratteristici	Progetto		
	Flessione	f _{m,k}	18,00	f _{m,d}	11,73 MPa
	Trazione parallela alla fibratura	f _{t,0,k}	11,00	f _{t,0,d}	6,93 MPa
	Trazione ortogonale alla fibratura	f _{t,90,k}	0,30	f _{t,90,d}	0,16 MPa
	Compressione parallela alla fibratura	f _{c,0,k}	18,00	f _{c,0,d}	9,60 MPa
	Compressione ortogonale alla fibratura	f _{c,90,k}	4,80	f _{c,90,d}	2,56 MPa
	Taglio	f _{v,k}	2,00	f _{v,d}	1,07 MPa
Rigidità e massa	Modulo elastico medio parallelo alla fibratura	E _{0,mean}	9,00	kN/mmq	
	Modulo elastico medio parallelo alla fibratura	E _{int,mean}	5,63	kN/mmq	
	Modulo elastico parallelo alla fibratura	E _{0,05}	6,00	kN/mmq	
	Modulo elastico medio perpendicolare alla fibratura (5%)	E _{90,mean}	0,30	kN/mmq	
	Modulo di taglio medio	G _{mean}	0,56	kN/mmq	
	Massa volumica	ρ _k	320,00	kg/mc	
	Massa volumica media	ρ _{mean}	380,00	kg/mc	

Tavolato collaborante		Pannello OSB/2 e /3 sp. > 18-25mm		
Parametri e coeff.	Tipo di legno e classe di resistenza	Nuovo		
	Nuovo/storico	1 (temperatura 20°C, u.f. ≤ 65 %)		
	Classe di servizio	MEDIA DURATA (1 settimana - 6 mesi)		
	Classe di durata del carico			
	Coeff. parziale di sicurezza	γ_M	1,5	
Resistenza	Coeff. di durata del carico	k_{mod}	0,7	
	Coeff. di deformazione	k_{def}	0,60	
		Caratteristiche	Progetto	
	Flessione	$f_{m,k}$	14,80	$f_{m,d}$ 14,00 MPa
	Trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	9,00	$f_{t,0,d}$ 4,20 MPa
	Trazione ortogonale alla fibratura	$f_{t,90,k}$	6,80	$f_{t,90,d}$ 3,17 MPa
	Compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	14,80	$f_{c,0,d}$ 6,91 MPa
	Compressione ortogonale alla fibratura	$f_{c,90,k}$	12,40	$f_{c,90,d}$ 5,79 MPa
	Taglio	$f_{v,k}$	6,80	$f_{v,d}$ 3,17 MPa
Rigidità e massa	Modulo elastico medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	4,93	kN/mmq
	Modulo elastico medio parallelo alla fibratura	$E_{inf,mean}$	3,08	kN/mmq
	Modulo elastico parallelo alla fibratura	$E_{0,25}$	4,19	kN/mmq
	Modulo elastico medio perpendicolare alla fibratura (5%)	$E_{90,mean}$	1,98	kN/mmq
	Modulo di taglio medio	G_{mean}	1,08	kN/mmq
	Massa volumica	ρ_k	550,00	kg/mc
	Massa volumica media	ρ_{mean}	0,00	kg/mc
Resistenza	Connettori			
	tipo di acciaio			
	Resistenza allo snervamento	f_{yk}	.	MPa
Resistenza	resistenza a rottura	f_{uk}	800	MPa
	Connessione			
	Caratteristica di rigidità SLE	K_{ser}	7471,9965	MPa
	Caratteristica di rigidità SLU t=0	K_u	4981,331	MPa
	Caratteristica di rigidità SLU t=inf	$K_{u inf}$	3113,332	
	Caratteristica di rifollamento	$fh1k$	36,1	MPa
		$fh2k$	21,0	MPa
		$B=fh2k/fh1k$	0,581818	
	Caratteristica di snervamento connettore	M_{yk}	289640,46	Nmm

Carichi e Sollecitazioni

Carichi

Permanenti	G1	0,90 kN/mq	gamma G1	1,3	fi G1	1
Permanenti non strutturali	G2	1,40 kN/mq	gamma G2	1,5	fi G2	1
Variabili	Q1	5,00 kN/mq	gamma Q1	1,5	fi Q1	0,3

PRIMA FASE

Carico sollecitante	qslu	0,59 kN/ml
Momento sollecitante	Msd	0,85 kNm
Taglio sollecitante	Vsd	0,99 kN

SECONDA FASE

Carico sollecitante	qslu	4,80 kN/ml
Momento sollecitante	Msd	6,94 kNm
Taglio sollecitante	Vsd	8,16 kN

Verifiche di resistenza

PRIMA FASE

Verifica a tempo t=0

Sollecitazioni e tensioni agenti sul legno	MOd	845325,00	Nmm
	σ_{adm}	0,87	MPa
	$\tau_{0,\text{max}}$	0,05	MPa
	$\sigma_{0m}/f_{m,d}$	7%	
	lavoro	7%	OK
	$\tau_{0\text{max}}/f_{v,d}$	4%	
	lavoro	4%	OK

SECONDA FASE

Verifica a tempo t=0

Rigidità del sistema misto legno/legno	E1J1	2,19E+09	Nmmq	gamma1	0,52
	E2J2	7,87E+11	Nmmq	gamma2	1
	E1A1	5,42E+07	mmq	a	126,00 mm
	E2A2	2,92E+08	mmq	a1	114,92 mm
	(EJ)O	7,90E+11	Nmmq	a2	11,08 mm
	(EA)O	4,57E+07	Nmmq	efficienza della connessione η 0,56 connessione efficiente	
	(EJ)inf	1,52E+12	Nmmq		
	(EJ)ef	1,20E+12	Nmmq		
Sollecitazioni e tensioni agenti sul tavolato di rinforzo	N1d	18729,88	N	2,02 MPa	
	M1d	12677,60	Nmm		
	σ_{1n}	1,70	MPa		
	σ_{1m}	0,31	MPa		
	$\sigma_{1n}/f_{1c,0,d}$	25%			
	$\sigma_{1m}/f_{1m,d}$	2%			
	lavoro	27%	OK		

Sollecitazioni estensioni agenti sull'attacco in legno	N2d	18729,88	N
	M2d	4563357,56	Nmm
	σ_{2n}	0,58	MPa
	σ_{2m}	4,69	MPa
	τ_{2max}	0,31	MPa
	$\sigma_{2n}/f_{2t,0,d}$	8%	
	$\sigma_{2m}/f_{2m,d}$	40%	
	lavoro	56% OK	
	$\tau_{2max}/f_{v,d}$	29%	
	lavoro	34% OK	
Sollecitazioni agenti sul connettore	Rk1	15875	N
	Rk2	4198	N
	Rk3	10081	N
	Rk4	13109	N
	Rk5	14118	N
	Rk6	17296	N
	Rd	2239	N
	F	2204	N
	lavoro	98% OK	
		20166,06	

Verifica di deformabilità

Deformazioni istantanee	Verifica a tempo t=0		
	Kser t=0	7472,00	MPa
	gamma1ser	0,62	
	a1	112,80	mm
	a2	13,20	mm
	(EJ)ef_ser	1,27E+12	Nmm2
	ug1 ist	1,09	mm
	ug2 ist	1,06	mm
	ug tot ist	2,15	mm
	Lmax/utot ist	1580,03	
	uq1 ist	3,78	mm
	limite L/350	350,00	OK
	Lmax/utot ist	899,91	
	utot ist	5,93	mm
	limite L/300	300,00	OK
	Lmax/utot ist	573,35	

Verifiche di resistenza

SECONDA FASE

Verifica a tempo $t = \infty$

Rigidità del sistema misto legno/cis	E1I1	1,37E+09	Nmmq	gamma1	0,52	
	E2I2	4,92E+11	Nmmq	gamma2	1	
	E1A1	3,39E+07	mmq	a	126,00	mm
	E2A2	1,82E+08	mmq	a1	114,92	mm
	(EJ)O	4,93E+11	Nmmq	a2	11,08	mm
	(EA)O	2,86E+07	Nmmq	efficienza della connessione η 0,56 <i>connessione efficiente</i>		
	(EJ)inf	9,47E+11	Nmmq			
	(EJ)ef	7,48E+11	Nmmq			
Sollecitazioni e tensioni agenti sul cis	N1d	18729,88	N			
	M1d	12677,60	Nmm			
	σ_{1n}	1,70	MPa			
	σ_{1m}	0,31	MPa			
	$\sigma_{1n}/f_{1c,0,d}$	25%				
	$\sigma_{1m}/f_{1m,d}$	2%				
	lavoro	27% OK				

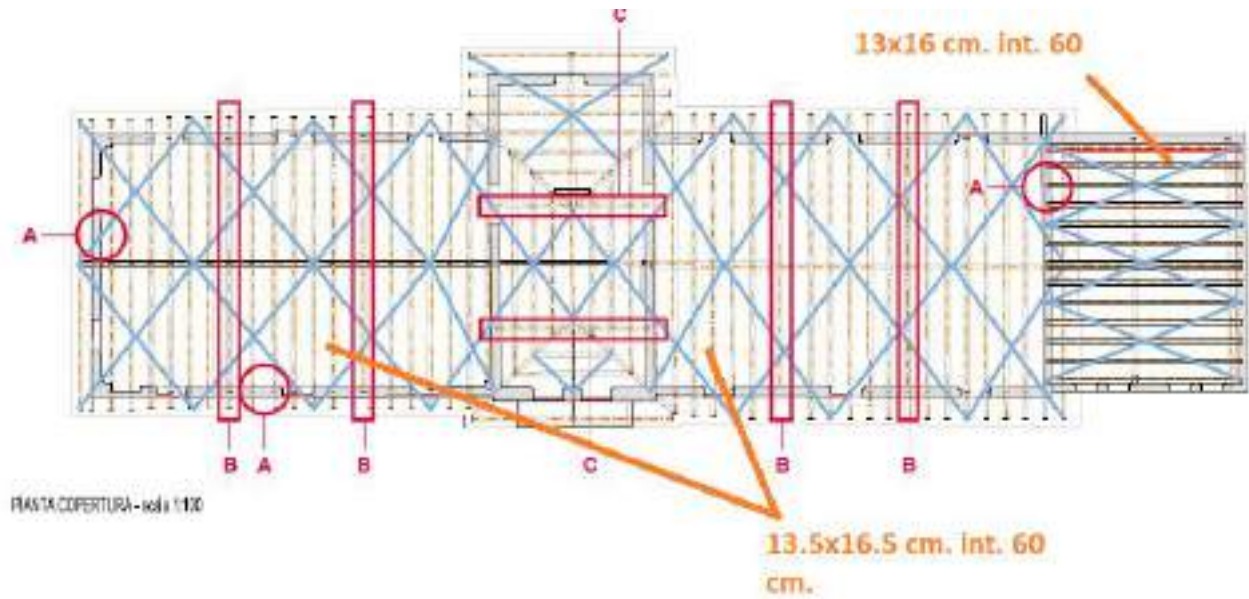
Sollecitazioni estensioni agenti sul legno	N2d	18729,88	N
	M2d	4563357,56	Nmm
	σ_{2n}	0,58	MPa
	σ_{2m}	4,69	MPa
	τ_{2max}	0,31	MPa
	$\sigma_{2n}/f_{t,0,d}$	8%	
	$\sigma_{2m}/f_{m,d}$	40%	
	lavoro	56% OK	
	$\tau_{2max}/f_{v,d}$	29%	
	lavoro	34% OK	
Sollecitazioni agenti sul connettore	Rk1	15875,20	N
	Rk2	4198,40	N
	Rk3	10080,65	N
	Rk4	13108,81	N
	Rk5	14117,66	N
	Rk6	17296,23	N
	Rd	2583,63	N
	F	2203,52	N
	lavoro	98% OK	

Verifica di deformabilità

Deformazioni a lungo termine	Verifica a tempo t=inf		
	Kser t=inf	4669,99782	MPa
	gamma1ser	0,62	
	a1	112,80	mm
	a2	13,20	mm
	(EJ)ef,ser	7,92E+11	Nmm2
	ug1 ist	1,50	mm
	ug2 ist	1,69	mm
	ug tot ist	3,19	mm
	Lmax/utot ist	1064,29	
	uq1 ist	6,05	mm
	limite L/300	300,00	OK
	Lmax/utot ist	562,44	
	utot ist	5,01	mm
	limite L/250	250,00	OK
	Lmax/utot ist	678,89	

0,41 0,68 1,09

SOLAI COPERTURA



Si è deciso di rinforzare il solaio esistente mediante un tavolato in legno massiccio e un pannello OSB collaboranti con le travi esistenti.

SOLAIO DI COPERTURA

Solaio rinforzato con tavolato collaborante

Dati di progetto

Parametri geometrici	spessore OSB	sp.	2,2 cm
	tavolato	t	2 cm
	base trave	b	13,5 cm
	altezza trave	h	16,5 cm
	interasse travi	i	60 cm
	luce di calcolo	l	410 cm
	diametro vite	φ	10 mm
	interasse pioli appoggio	s1	10 cm
	interasse pioli mezzera	s2	20 cm
	interasse pioli eq.	seq	13,33 cm
	infilazione piolo su pannello	lc	22 mm
	infilazione piolo su legno	lw	80 mm
	lunghezza piolo	lb	150 mm

Caratteristiche dei materiali

Travi di legno

Parametri coeff.	Tipo di legno e classe di resistenza	C18 (pioppo e conifere)			
	Nuovo/storico	Nuovo			
	Classe di servizio	2 (temperatura 20°C, u.r. $\geq 85\%$ per brevi periodi)			
	Classe di durata del carico	MEDIA DURATA (1 settimana - 6 mesi)			
	Coeff. parziale di sicurezza	γ_M	1,5		
Resistenza	Coeff. di durata del carico	1	0,8		
	Coeff. di deformazione	kdef	0,60		
		Caratteristici		Progetto	
	Flessione	$f_{m,k}$	18,00	$f_{m,d}$	11,73 MPa
	Trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	11,00	$f_{t,0,d}$	6,93 MPa
	Trazione ortogonale alla fibratura	$f_{t,90,k}$	0,30	$f_{t,90,d}$	0,16 MPa
	Compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	18,00	$f_{c,0,d}$	9,60 MPa
	Compressione ortogonale alla fibratura	$f_{c,90,k}$	4,80	$f_{c,90,d}$	2,56 MPa
	Taglio	$f_{v,k}$	2,00	$f_{v,d}$	1,07 MPa
Rigidità e massa	Modulo elastico medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	9,00	kN/mmq	
	Modulo elastico medio parallelo alla fibratura	$E_{0,1,mean}$	5,63	kN/mmq	
	Modulo elastico parallelo alla fibratura	$E_{0,05}$	6,00	kN/mmq	
	Modulo elastico medio perpendicolare alla fibratura (5%)	$E_{90,mean}$	0,30	kN/mmq	
	Modulo di taglio medio	G_{mean}	0,56	kN/mmq	
	Massa volumica	ρ_k	320,00	kg/mc	
	Massa volumica media	ρ_{mean}	380,00	kg/mc	

Tavolato collaborante

Parametri coeff.	Tipo di legno e classe di resistenza	Pannello massiccio sp. > 20-30 mm			
	Nuovo/storico	Nuovo			
	Classe di servizio	1 (temperatura 20°C, u.r. $\leq 65\%$)			
	Classe di durata del carico	MEDIA DURATA (1 settimana - 6 mesi)			
	Coeff. parziale di sicurezza	γ_M	1,5		
	Coeff. di durata del carico	kmod	0,7		
	Coeff. di deformazione	kdef	0,60		

		Caratteristiche		Progetto	
Resistenza	Flessione	$f_{m,k}$	30,00	$f_{m,d}$	14,00 MPa
	Trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	9,00	$f_{t,0,d}$	4,20 MPa
	Trazione ortogonale alla fibratura	$f_{t,90,k}$	6,00	$f_{t,90,d}$	2,80 MPa
	Compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	16,00	$f_{c,0,d}$	7,47 MPa
	Compressione ortogonale alla fibratura	$f_{c,90,k}$	10,00	$f_{c,90,d}$	4,67 MPa
	Taglio	$f_{v,k}$	4,00	$f_{v,d}$	1,87 MPa
Rigidezza e massa	Modulo elastico medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	8,20	kN/mmq	
	Modulo elastico medio parallelo alla fibratura	$E_{n,mean}$	5,13	kN/mmq	
	Modulo elastico parallelo alla fibratura	$E_{0,05}$	6,97	kN/mmq	
	Modulo elastico medio perpendicolare alla fibratura (5%)	$E_{90,mean}$	0,55	kN/mmq	
	Modulo di taglio medio	G_{mean}	0,47	kN/mmq	
	Massa volumica	ρ_k	410,00	kg/mc	
	Massa volumica media	ρ_{mean}	0,00	kg/mc	
Resistenza	<u>Connettori</u>				
	tipo di acciaio				
	Resistenza allo snervamento	f_{yk}			MPa
	resistenza a rottura	f_{uk}			800 MPa
Resistenza	Connessione				
	Caratteristica di rigidezza SLE	K_{ser}		2997,247 MPa	
	Caratteristica di rigidezza SLU t=0	K_u		1998,1647 MPa	
	Caratteristica di rigidezza SLU t=inf	$K_{u inf}$		1248,853	
	Caratteristica di rifollamento	$fh1k$		30,3 MPa	
		$fh2k$		23,6 MPa	
		$\beta=fh2k/fh1k$		0,780488	
	Caratteristica di snervamento connettore	Myk		47772,86 Nmm	

Carichi e Sollecitazioni

Carichi

Permanenti	G1	0,60 kN/mq	gamma G1	1,3	fi G1	1
Permanenti non strutturali	G2	1,40 kN/mq	gamma G2	1,5	fi G2	1
Variabili	Q1	1,20 kN/mq	gamma Q1	1,5	fi Q1	0,3

PRIMA FASE

Carico sollecitante	qslu	0,47 kN/m
Momento sollecitante	Msd	0,98 kNm
Taglio sollecitante	Vsd	0,96 kN

SECONDA FASE

Carico sollecitante	qslu	2,34 kN/m
Momento sollecitante	Msd	4,92 kNm
Taglio sollecitante	Vsd	4,80 kN

Verifiche di resistenza

PRIMA FASE

Verifica a tempo t=0

Sollecitazioni tensioni agenti sul legno	Mod	983385,00	Nmm
	σ_{0m}	1,61	MPa
	τ_{0max}	0,06	MPa
	$\sigma_{0m}/f_{m,d}$	14%	
	lavoro	14%	OK
	$\tau_{0max}/f_{v,d}$	6%	
	lavoro	6%	OK

SECONDA FASE

Verifica a tempo t=0

Rigidezza del sistema misto legno/legno	E1J1	4,37E+09	Nmmq	gamma1	0,19
	E2J2	4,55E+11	Nmmq	gamma2	1
	E1A1	1,08E+08	mmmq	a	113,50 mm
	E2A2	2,00E+08	mmmq	a1	102,89 mm
	(EJ)0	4,59E+11	Nmmq	a2	10,61 mm
	(EA)0	7,03E+07	Nmmq	efficienza della connessione	
	(EJ)inf	1,36E+12	Nmmq	η	0,27
	(EJ)ef	7,01E+11	Nmmq	connessione deformabile	
Sollecitazioni tensioni agenti sul tavolato di rinforzo	N1d	14926,85	N		
	M1d	30639,38	Nmm		
	σ1n	1,13	MPa		
	σ1m	0,63	MPa		1,76 MPa
	σ1n/f1c,0,d		15%		
	σ1m/f1m,d		5%		
	lavoro		20% OK		
Sollecitazioni tensioni sulla trave in legno	N2d	14926,85	N		
	M2d	3192088,53	Nmm		
	σ2n	0,67	MPa		
	σ2m	5,21	MPa		
	τ2max	0,27	MPa		
	σ2n/f2t,0,d		10%		
	σ2m/f2m,d		44%		

Sollecitazioni agenti	lavoro	68% OK
	$\tau_{2 \max}/f_{v,d}$	25%
	lavoro	31% OK
Sollecitazioni agenti sul connettore	Rk1	6657 N
	Rk2	18893 N
	Rk3	27766 N
	Rk4	3993 N
	Rk5	7521 N
	Rk6	5421 N
	Rd	2129 N
	F	1942 N
	lavoro	91% OK

5789,65

Verifica di deformabilità

Deformazioni istantanee	Verifica a tempo t=0		
	Kser t=0	2997,25	MPa
	gamma1ser	0,26	
	a1	98,97	mm
	a2	14,53	mm
	(E)ef,ser	7,79E+11	Nmm2
	ug1 ist	3,20	mm
	ug2 ist	4,37	mm
	ug tot ist	7,57	mm
	Lmax/utot ist	541,68	
	uq1 ist	3,74	mm
	limite L/350	350,00	OK
	Lmax/utot ist	1095,69	
	utot ist	11,31	mm
	limite L/300	300,00	OK
	Lmax/utot ist	362,48	

Verifiche di resistenza

SECONDA FASE

Verifica a tempo t=inf

Rigidità del sistema mixto legno/cb	E1J1	2,73E+09	Nmmq	gamma1	0,19
	E2J2	2,84E+11	Nmmq	gamma2	1
	E1A1	6,77E+07	mmq	a	113,50 mm
	E2A2	1,25E+08	mmq	a1	102,89 mm
	(EJ)0	2,87E+11	Nmmq	a2	10,61 mm
	(EA)0	4,39E+07	Nmmq	efficienza della connessione η 0,27 <i>connessione deformabile</i>	
	(EJ)inf	8,53E+11	Nmmq		
	(EJ)ef	4,38E+11	Nmmq		

Sollecitazioni e tensioni agenti sul cb	N1d	14926,85	N
	M1d	30639,38	Nmm
	σ_{1n}	1,13	MPa
	σ_{1m}	0,63	MPa
	$\sigma_{1n}/f_{1c,0,d}$	15%	
	$\sigma_{1m}/f_{1m,d}$	5%	
	lavoro	20% OK	

Sollecitazioni e tensioni agenti sul legno	N2d	14926,85	N
	M2d	3192088,53	Nmm
	σ_{2n}	0,67	MPa
	σ_{2m}	5,21	MPa
	τ_{2max}	0,27	MPa
	$\sigma_{2n}/f_{t,0,d}$	10%	
	$\sigma_{2m}/f_{m,d}$	44%	
	lavoro	68% OK	
	$\tau_{2max}/f_{v,d}$	25%	
	lavoro	31% OK	

Sollecitazioni agenti sul connettore	Rk1	6656,76	N
	Rk2	18892,80	N
	Rk3	27766,16	N
	Rk4	3992,57	N
	Rk5	7521,26	N
	Rk6	5421,02	N
	Rd	2456,97	N
	F	1941,70	N
	lavoro	91% OK	

Verifica di deformabilità

Verifica a tempo t=inf

Deformazioni a lungo termine	Kser t=inf	1873,279401	MPa
	gamma1ser	0,26	
	a1	98,97	mm
	a2	14,53	mm
	(EJ)ef,ser	4,87E+11	Nmm2
	ug1 ist	4,33	mm
	ug2 ist	6,98	mm
	ug tot ist	11,31	mm
	Lmax/utot ist	362,48	
	uq1 ist	5,99	mm
	limite L/300	300,00	OK
	Lmax/utot ist	684,80	
	utot ist	13,11	mm
	limite L/250	250,00	OK
	Lmax/utot ist	312,81	

1,12 1,87 2,99

SOLAIO DI COPERTURA

Solaio rinforzato con tavolato collaborante

Dati di progetto

Parametri geometrici	spessore OSB	sp.	2,2 cm
	tavolato	t	2 cm
	base trave	b	13 cm
	altezza trave	h	16 cm
	interasse travi	i	60 cm
	luce di calcolo	l	410 cm
	diametro vite	φ	10 mm
	interasse pioli appoggio	s1	10 cm
	interasse pioli mezzera	s2	20 cm
	interasse pioli eq.	seq	13,33 cm
	infissione piolo su pannello	lc	22 mm
	infissione piolo su legno	lw	80 mm
	lunghezza piolo	lb	150 mm

Caratteristiche dei materiali

Travi di legno

Parametri coeff.	Tipo di legno e classe di resistenza	C18 (pioppo e conifere)			
	Nuovo/storico	Nuovo			
	Classe di servizio	2 (temperatura 20°C, u.r. $\geq 85\%$ per brevi periodi)			
	Classe di durata del carico	MEDIA DURATA (1 settimana - 6 mesi)			
	Coeff. parziale di sicurezza	γ_M	1,5		
Resistenza	Coeff. di durata del carico	1	0,8		
	Coeff. di deformazione	kdef	0,60		
		Caratteristiche	Progetto		
	Flessione	$f_{m,k}$	18,00	$f_{m,d}$	11,73 MPa
	Trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	11,00	$f_{t,0,d}$	6,93 MPa
	Trazione ortogonale alla fibratura	$f_{t,90,k}$	0,30	$f_{t,90,d}$	0,16 MPa
	Compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	18,00	$f_{c,0,d}$	9,60 MPa
Rigidità e massa	Compressione ortogonale alla fibratura	$f_{c,90,k}$	4,80	$f_{c,90,d}$	2,56 MPa
	Taglio	$f_{v,k}$	2,00	$f_{v,d}$	1,07 MPa
	Modulo elastico medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	9,00		kN/mmq
	Modulo elastico medio parallelo alla fibratura	$E_{0,ref,mean}$	5,63		kN/mmq
	Modulo elastico parallelo alla fibratura	$E_{0,05}$	6,00		kN/mmq
	Modulo elastico medio perpendicolare alla fibratura (5%)	$E_{90,mean}$	0,30		kN/mmq
	Modulo di taglio medio	G_{mean}	0,56		kN/mmq
	Massa volumica	ρ_k	320,00		kg/mc
	Massa volumica media	ρ_{mean}	380,00		kg/mc

Tavolato collaborante

Parametri coeff.	Tipo di legno e classe di resistenza	Pannello massiccio sp. > 20-30 mm			
	Nuovo/storico	Nuovo			
	Classe di servizio	1 (temperatura 20°C, u.r. $\leq 65\%$)			
	Classe di durata del carico	MEDIA DURATA (1 settimana - 6 mesi)			
	Coeff. parziale di sicurezza	γ_M	1,5		
	Coeff. di durata del carico	kmod	0,7		
	Coeff. di deformazione	kdef	0,60		

		Caratteristici		Progetto		
Resistenza	Flessione	$f_{m,k}$	30,00	$f_{m,d}$	14,00	MPa
	Trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	9,00	$f_{t,0,d}$	4,20	MPa
	Trazione ortogonale alla fibratura	$f_{t,90,k}$	6,00	$f_{t,90,d}$	2,80	MPa
	Compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	16,00	$f_{c,0,d}$	7,47	MPa
	Compressione ortogonale alla fibratura	$f_{c,90,k}$	10,00	$f_{c,90,d}$	4,67	MPa
	Taglio	$f_{v,k}$	4,00	$f_{v,d}$	1,87	MPa
Rigidità e massa	Modulo elastico medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	8,20	kN/mmq		
	Modulo elastico medio parallelo alla fibratura	$E_{inf,mean}$	5,13	kN/mmq		
	Modulo elastico parallelo alla fibratura	$E_{0,05}$	6,97	kN/mmq		
	Modulo elastico medio perpendicolare alla fibratura (5%)	$E_{90,mean}$	0,55	kN/mmq		
	Modulo di taglio medio	G_{mean}	0,47	kN/mmq		
	Massa volumica	ρ_k	410,00	kg/mc		
Resistenza	Connettori					
	tipo di acciaio					
	Resistenza allo snervamento	f_{yk}			MPa	
	resistenza a rottura	f_{uk}			800 MPa	
Resistenza	Connezzione					
	Caratteristica di rigidità SLE	K_{ser}	2997,247	MPa		
	Caratteristica di rigidità SLU t=0	K_u	1998,1647	MPa		
	Caratteristica di rigidità SLU t=inf	$K_{u,inf}$	1248,853			
	Caratteristica di rifollamento	f_{h1k}	30,3	MPa		
		f_{h2k}	23,6	MPa		
		$B=f_{h2k}/f_{h1k}$	0,780488			
	Caratteristica di snervamento connettore	M_{yk}	47772,86	Nmm		

Carichi e Sollecitazioni

Carichi

Permanenti	G1	0,60 kN/mq	gamma G1	1,3	fi G1	1
Permanenti non strutturali	G2	1,40 kN/mq	gamma G2	1,5	fi G2	1
Variabili	Q1	1,20 kN/mq	gamma Q1	1,5	fi Q1	0,3

PRIMA FASE

Carico sollecitante	qslu	0,47 kN/ml
Momento sollecitante	Msd	0,98 kNm
Taglio sollecitante	Vsd	0,96 kN

SECONDA FASE

Carico sollecitante	qslu	2,34 kN/ml
Momento sollecitante	Msd	4,92 kNm
Taglio sollecitante	Vsd	4,80 kN

Verifiche di resistenza

PRIMA FASE

Verifica a tempo t=0

Sollecitazioni tensioni agenti sul legno	M _{0d}	983385,00	Nmm
	σ_{0n}	1,77	MPa
	τ_{0max}	0,07	MPa
	$\sigma_{0m}/f_{m,d}$	15%	
	lavoro	15%	OK
	$\tau_{0max}/f_{v,d}$	6%	
	lavoro	6%	OK

SECONDA FASE

Verifica a tempo t=0

Rigidità del sistema misto legno/legno	E1J1	4,37E+09	Nmmq	gamma1	0,19	
	E2J2	3,99E+11	Nmmq	gamma2	1	
	E1A1	1,08E+08	mmq	a	111,00	mm
	E2A2	1,87E+08	mmq	a1	99,96	mm
	(EJ)0	4,04E+11	Nmmq	a2	11,04	mm
	(EA)0	6,86E+07	Nmmq	efficienza della connessione η 0,27 connessione deformabile		
	(EJ)inf	1,25E+12	Nmmq			
	(EJ)ef	6,33E+11	Nmmq			

Sollecitazioni tensioni agenti sul tavolo di rinforzo	N1d	16048,26	N	
	M1d	33906,41	Nmm	
	σ_{1n}	1,22	MPa	
	σ_{1m}	0,70	MPa	1,92 MPa
	$\sigma_{1n}/f_{1c,0,d}$	16%		
	$\sigma_{1m}/f_{1m,d}$	5%		
	lavoro	21% OK		

Sollecitazioni tensioni agenti sulla trave in legno	N2d	16048,26	N
	M2d	3101662,15	Nmm
	σ_{2n}	0,77	MPa
	σ_{2m}	5,59	MPa
	τ_{2max}	0,28	MPa
	$\sigma_{2n}/f_{2t,0,d}$	11%	
	$\sigma_{2m}/f_{2m,d}$	48%	
	lavoro	74%	OK
	$\tau_{2max}/f_{v,d}$	26%	
	lavoro	33%	OK

Sollecitazioni agenti sul connettore	Rk1	6657 N	
	Rk2	18893 N	
	Rk3	27766 N	
	Rk4	3993 N	
	Rk5	7521 N	
	Rk6	5421 N	5789,65
	Rd	2129 N	
	F	2088 N	
	lavoro	98% OK	

Verifica di deformabilità

Deformazioni istantanee	Verifica a tempo t=0		
	Kser t=0	2997,25	MPa
	gamma1ser	0,26	
	a1	95,89	mm
	a2	15,11	mm
	(EJ)ef,ser	7,07E+11	Nmm ²
	ug1 ist	3,65	mm
	ug2 ist	4,81	mm
	ug tot ist	8,46	mm
	Lmax/utot ist	484,69	
	uq1 ist	4,12	mm
	limite L/350	350,00	OK
	Lmax/utot ist	994,33	
	utot ist	12,58	mm
	limite L/300	300,00	OK
	Lmax/utot ist	325,85	

Verifiche di resistenza

SECONDA FASE

Verifica a tempo t=inf

Rigidità del sistema misto legno/cb	E1J1	2,73E+09	Nmmq	gamma1	0,19
	E2J2	2,50E+11	Nmmq	gamma2	1
	E1A1	6,77E+07	mmq	a	111,00 mm
	E2A2	1,17E+08	mmq	a1	99,96 mm
	(EJ)0	2,52E+11	Nmmq	a2	11,04 mm
	(EA)0	4,29E+07	Nmmq	efficienza della connessione η 0,27 connessione deformabile	
	(EJ)inf	7,80E+11	Nmmq		
	(EJ)ef	3,96E+11	Nmmq		
Sollecitazioni tensioni agenti sul cb	N1d	16048,26	N		
	M1d	33906,41	Nmm		
	σ1n	1,22	MPa		
	σ1m	0,70	MPa		
	σ1n/f1c,0,d	16%			
	σ1m/f1m,d	5%			
	lavoro	21% OK			
Sollecitazioni tensioni agenti sul legno	N2d	16048,26	N		
	M2d	3101662,15	Nmm		
	σ2n	0,77	MPa		
	σ2m	5,59	MPa		
	τ2max	0,28	MPa		
	σ2n/ft,0,d	11%			
	σ2m/fm,d	48%			
	lavoro	74% OK			
	τ2max/fv,d	26%			
	lavoro	33% OK			

Sollecitazioni agenti sul connettore	Rk1	6656,76	N
	Rk2	18892,80	N
	Rk3	27766,16	N
	Rk4	3992,57	N
	Rk5	7521,26	N
	Rk6	5421,02	N
	Rd	2456,97	N
	F	2087,58	N
	lavoro	98%	OK

Verifica di deformabilità

Deformazioni a lungo termine	Verifica a tempot=inf		
	Kser t=inf	1873,279401	MPa
	gamma1ser	0,26	
	a1	95,89	mm
	a2	15,11	mm
	(E)ef,ser	4,42E+11	Nmm2
	ug1 ist	4,89	mm
	ug2 ist	7,70	mm
	ug tot ist	12,58	mm
	Lmax/utot ist	325,85	
	uq1 ist	6,60	mm
	limite L/300	300,00	OK
	Lmax/utot ist	621,46	
	utot ist	14,56	mm
	limite L/250	250,00	OK
	Lmax/utot ist	281,56	

1,24	2,06	3,30
------	------	------

SOLAIO COPERTURA

CARICHI		Classe di durata	Classe Servizio	k_{mod}	γ_m	k_{red}
$G_k =$	0,60 kN/m ²	Permanente	1	0,50	1,50	0,50
$G_{k1} =$	1,40 kN/m ²	Permanente		0,50		
$Q_k =$	1,20 kN/m ²	Media durata		0,80		

COMBINAZIONI

$\gamma_{G1} =$	1,3	Inclinazione copertura circa $\alpha = 0^\circ$
$\gamma_{G2} =$	1,5	
$\gamma_Q =$	1,5	
$\psi_{11} =$	0,5	
$\psi_{21} =$	0,3	

1 SLU	$S_k = 4,68 \text{ kNm}^2$ $S_{k1} = 2,88 \text{ kNm}^2$	solo permanente
2 SLE rara	$S_k = 3,20 \text{ kNm}^2$	
3 SLE frequente	$S_k = 2,60 \text{ kNm}^2$ $S_{k1} = 0,60 \text{ kNm}^2$	solo variabile
4 SLE quasi permanente	$S_k = 2,36 \text{ kNm}^2$	
5 Combinazione eccezionale	$S_k = 2,36 \text{ kNm}^2$	

SCHEMA

STATICO: Semplice Appoggio

L_n (m)	L_c (m)
3,05	3,20

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE						
b (cm)	h (cm)	l (m)	J_{s-x} (cm ⁴ /m)	J_{s-y} (cm ⁴ /m)	A (m)	I_{s-z} (cm ⁴ /m)
13	16	0,60	7396	924	347	7396

VERIFICHE

1 SLU

Sollecitazioni		Tensioni		Verifiche		
$M =$	5,89 kNm/m	$\sigma_{s,s} =$	6,5 MPa	Verifica 1	0,66	< 1
				Verifica 2	0,47	< 1
$M =$	3,62 kNm/m	$\sigma_{s,s} =$	4,0 MPa	Verifica 1	0,58	< 1
				Verifica 2	0,38	< 1
$T =$	7,49 kN/m	$\tau_s =$	0,52 MPa	Verifica	0,30	< 1
$T =$	4,61 kN/m	$\tau_s =$	0,20 MPa	Verifica	0,25	< 1

2 SLE rara

Sollecitazioni		Tensioni	
$M =$	4,10 kNm/m	$\sigma_{s,s} =$	4,4 MPa

Deformazione istantanea totale	
$u_{tot} = u_{stat,s} + u_{stat,v}$	
Deformazione istantanea dovuta ai carichi permanenti	
$u_{stat,s} =$	0,41 cm
Deformazione istantanea dovuta ai carichi variabili	
$u_{stat,v} =$	0,25 cm
	$V/1300$
$u_{tot} =$	0,66 cm
	$V/488$ min 1300

Deformazione a lungo termine (EC3)	
$u_{tot} = u_{stat,s} + u_{stat,v}$	§2.2.3 formula (2.2)
Deformazione finale dovuta ai carichi permanenti	
$u_{stat,s} =$	0,66 cm
Deformazione finale dovuta ai carichi variabili	
$u_{stat,v} =$	0,29 cm
	$V/338$
$u_{tot} =$	0,95 cm
	$V/338$

4 SLE quasi permanente

Deformazione differita (CNR-DT 206/2087)

$u_{tot} =$	0,28 cm	$V/1102$
-------------	---------	----------

Deformazione a lungo termine

$u_{tot} = u_{st} + u_{def}$	
$u_{tot} =$	0,95 cm

V 338 min 1250

17 VALUTAZIONE RESISTENZA AL FUOCO STRUTTURE LIGNEE

SOLAIO PRIMO LIVELLO REI 60

CARICHI		Classe di durata	Classe Servizio	h_{prot}	t_m	k_{ser}
$G_k =$	0,50 kN/m ²	Permanente	1	0,60	1,50	0,60
$Q_{k1} =$	1,40 kN/m ²	Permanente		0,60		
$Q_{k2} =$	5,00 kN/m ²	Media durata		0,80		

COMBINAZIONI		Inclinazione copertura circa
$\gamma_{D1} =$	1,5	$\alpha = 0^\circ$
$\gamma_{D2} =$	1,5	
$\gamma_{D3} =$	1,5	
$\gamma_{T1} =$	0,5	
$\gamma_{T2} =$	0,3	

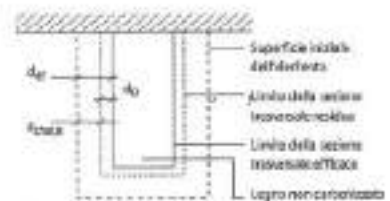
1 SILU	$S_k = 10,77 \text{ kN/m}^2$ $S_d = 3,27 \text{ kN/m}^2$	solo permanente
2 SILE raro	$S_k = 7,30 \text{ kN/m}^2$	
3 SILE frequente	$S_k = 4,30 \text{ kN/m}^2$ $S_d = 2,50 \text{ kN/m}^2$	solo variabile
4 SILE quasi permanente	$S_k = 3,80 \text{ kN/m}^2$	
5 Combinazione eccezionale	$S_k = 3,80 \text{ kN/m}^2$	

SCHEMA	L_n (m)	L_c (m)
STATICO: Semplificato Appoggiato	3,24	3,47

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE						
b (cm)	h (cm)	i (m)	J_{box} (cm ⁴ /m)	J_{scat} (cm ⁴ /m)	A (m)	J_{scat} (cm ⁴ /m)
18	18	0,50	17496	1944	648	17496

METODO DELLA SEZIONE EFFICACE

$t =$	60 min	Tempo richiesto di resistenza al fuoco
$\beta_1 =$	0,80 min/min	senza "struzzi"
$\beta_2 =$	0,65 min/min	con "struzzi"
$\beta_3 =$	1	
$d_0 =$	7 mm	valore base assunto di ottimismo da la sezione residua ed efficace
$d_{\text{eff}} = d_{\text{base}} + k_2 \times d_0 + \beta_1 \times t + k_0 \times d_0$		
$d_{\text{eff}} =$	55 mm	profondità di sezione da depurare per ottenere la sezione trasversale efficace
$u_{\text{eff}} =$	18 cm	
$r_{\text{eff}} =$	18 cm	
Sezione trasversale efficace	n° lati esposti	1,0
$b_{\text{eff}} =$	7,0 cm	
$h_{\text{eff}} =$	12,5 cm	
$W_{\text{eff}} =$	365 cm ³ /m	
$W_{\text{eff}} =$	2279 cm ³ /m	
$A_{\text{eff}} =$	175 cm ² /m	



RESISTENZE DI CALCOLO IN CONDIZIONI DI INCENDIO

$f_{k1} =$	18,0 MPa	$f_{k2} =$	2,0 MPa
$k_1 =$	1,25 legno massiccio	$k_2 =$	1,25
$k_{\text{mod}} =$	1,0	$k_{\text{mod}} =$	1,0
$\gamma_{M1} =$	1,0	$\gamma_{M2} =$	1,0
$f_{d1} =$	22,5 MPa	$f_{d2} =$	2,5 MPa

MODULI ELASTICI DI CALCOLO

$E_{d1} =$	9000 MPa
$E_{d2} =$	1,25
$E_{d3} =$	1,0
$E_{d4} =$	1,0
$E_{d5} =$	11250 MPa

Sollecitazioni	Tensioni	Verifiche
$M = 0,49 \text{ kNm/m}$	$\sigma_{\text{med}} = 10,1 \text{ MPa}$	0,67 < 1
$T = 0,46 \text{ kNm/m}$	$\tau_{\text{ed}} = 0,55 \text{ MPa}$	0,22 < 1

SOLAIO COPERTURA

CARICHI	Classe di durata	Classe Servizio	R_{red}	γ_m	k_{rel}
$G_1 =$	0,60 kN/m ²	Permanente	0,60	1,50	0,60
$G_2 =$	1,40 kN/m ²	Permanente	0,60		
$Q_1 =$	1,20 kN/m ²	Media durata	0,80		

COMBINAZIONI

$\gamma_{G1} =$	1,3	Inclinazione copertura circa $\alpha = 0^\circ$
$\gamma_{G2} =$	1,5	
$\gamma_{Q1} =$	1,5	
$\psi_{G1} =$	0,5	
$\psi_{Q1} =$	0,3	

1 SLU	$S_d = 4,68 \text{ kNm}^2$ $S_k = 2,88 \text{ kNm}^2$	solo permanente
2 SLE rara	$S_d = 3,20 \text{ kNm}^2$	
3 SLE frequente	$S_d = 2,60 \text{ kNm}^2$ $S_k = 0,60 \text{ kNm}^2$	solo variabile
4 SLE quasi permanente	$S_d = 2,36 \text{ kNm}^2$	
5 Combinazione eccezionale	$S_d = 2,36 \text{ kNm}^2$	

SCHEMA

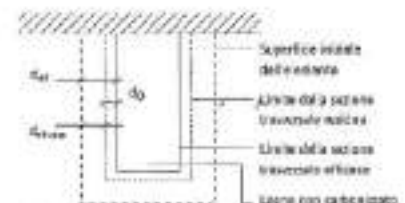
STATICO: Semplice Appoggio

L_n (m)	L_c (m)
3,90	4,10

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE						
b (cm)	h (cm)	I (m)	J_{a-x} (cm ⁴ /m)	J_{a-y} (cm ⁴ /m)	A (m)	I_{2-2} (cm ⁴ /m)
12	16	0,60	7306	924	347	7306

METODO DELLA SEZIONE EFFICACE

$t =$	39 min	Tempo richiesto di resistenza al fuoco
$R_w =$	0,80 mm/min	senza "straccia"
$R_0 =$	0,65 mm/min	con "straccia"
$k_g =$	1	
$d_0 =$	7 mm	Valore fisso massimo di differenza tra la sezione residua ed efficace
$d_{eff} = d_{max} + k_g \times d_0 + \beta_{tr} \times (1 + k) \times d_0$		
$d_{eff} =$	31 mm	portata di sezione da dedurre per ottenere la sezione efficace di calcolo
$b_{eff} =$	13 mm	
$h_{eff} =$	16 cm	
Sezione trasversale efficace	n° listi esposti:	3,0
$b_{eff} =$	6,8 cm	
$h_{eff} =$	12,9 cm	
$W_{eff} =$	314 cm ³ /m	
$J_{eff} =$	2027 cm ⁴ /m	
$A_{eff} =$	166 cm ² /m	



RESISTENZE DI CALCOLO IN CONDIZIONI DI INCENDIO

$f_{e,k} =$	18,0 MPa	$f_{e,k} =$	2,0 MPa
$\gamma_k =$	1,25 legno massiccio	$\gamma_k =$	1,25
$f_{e,d,1} =$	1,0	$f_{e,d,2} =$	1,0
$f_{e,d} =$	1,0	$f_{e,d,3} =$	1,0
$f_{e,d} =$	22,5 MPa	$f_{e,d,4} =$	2,5 MPa

MODULI ELASTICI DI CALCOLO

$E_{d,1} =$	9000 MPa
$\gamma_k =$	1,25
$E_{d,2} =$	1,0
$E_{d,3} =$	1,0
$E_{d,4} =$	11280 MPa

Sollecitazioni	Tensioni	Verifiche
M = 4,96 kNm/m	σ_{ed} = 15,8 MPa	0,70 < 1
T = 4,64 kN/m	τ_{ed} = 0,50 MPa	0,20 < 1

SOLAIO COPERTURA

CARICHI		Classe di durata	Classe Servizio	k_{mod}	γ_m	k_{def}
$G_1 =$	0,60 kN/m ²	Permanente	I	0,50	1,50	0,50
$G_2 =$	1,40 kN/m ²	Permanente		0,50		
$Q_1 =$	1,20 kN/m ²	Media durata		0,80		

COMBINAZIONI

$\gamma_{G1} =$	1,3	Inclinazione copertura circa $\alpha = 0^\circ$
$\gamma_{G2} =$	1,5	
$\gamma_Q =$	1,5	
$\psi_{11} =$	0,5	
$\psi_{21} =$	0,3	

1 SLU	$S_d = 4,68 \text{ kNm}^2$ $S_{d,1} = 2,88 \text{ kNm}^2$	solo permanente
2 SLE rara	$S_d = 3,20 \text{ kNm}^2$	
3 SLE frequente	$S_d = 2,60 \text{ kNm}^2$ $S_{d,1} = 0,60 \text{ kNm}^2$	solo variabile
4 SLE quasi permanente	$S_d = 2,36 \text{ kNm}^2$	
5 Combinazione eccezionale	$S_d = 2,36 \text{ kNm}^2$	

SCHEMA

STATICO: Semplice Appoggio

L_N (m)	L_C (m)
3,05	3,20

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE						
b (cm)	B (cm)	I (m)	J_{s-x} (cm ⁴ /m)	J_{s-y} (cm ⁴ /m)	A (m)	J_{s-z} (cm ⁴ /m)
13	16	0,40	7396	924	347	7396

VERIFICHE

1 SLU

Sollecitazioni		Tensioni		Verifiche		
$M =$	5,89 kNm/m	$\sigma_{m,1} =$	6,5 MPa	Verifica 1	0,66	< 1
				Verifica 2	0,47	< 1
$M =$	3,62 kNm/m	$\sigma_{s,1} =$	4,0 MPa	Verifica 1	0,58	< 1
				Verifica 2	0,38	< 1
$T =$	7,49 kN/m	$\tau_s =$	0,52 MPa	Verifica	0,30	< 1
$T =$	4,61 kN/m	$\tau_s =$	0,20 MPa	Verifica	0,25	< 1

MATERIALE

CARATTERISTICHE MATERIALE C18

$r =$	0% fattore di riduzione
$f_{t,k} =$	18 MPa
$f_{t,k} =$	2 MPa
$E_{t,0} =$	9000 MPa
$G_{med} =$	590 MPa

RESISTENZE DI CALCOLO

Media durata		Permanente
$f_{t,s,d} =$	9,90 MPa	$f_{t,s,d} = 7,20$
$f_{t,d} =$	1,97 MPa	$f_{t,d} = 0,80$

MODULI ELASTICI DI CALCOLO RIDOTTI

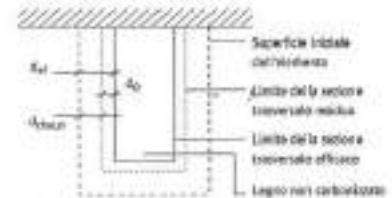
$r =$	0% fattore di riduzione
$E_{L,m} =$	9000 MPa
$E_{def,m} =$	5625 MPa
$E_{def,w} =$	320 MPa

5 Verifica Incendio

R30

METODO DELLA SEZIONE EFFICACE

$t =$	30 min	Tempo richiesto di resistenza al fuoco
$\rho_{s1} =$	0,80 mm/min	senza "smussi"
$\rho_{s2} =$	0,65 mm/min	con "smussi"
$k_0 =$	1	
$d_0 =$	7 mm	valore fisso massimo di differenza tra la sezione residua ed efficace
$d_{ef} = d_{res} + k_0 \times d_0 \times \rho_{s1} \times t + k_0 \times d_0$		
$d_{ef} =$	31 mm	profondità di sezione da depurare per ottenere la sezione trasversale efficace
$b_p =$	13 cm	
$h_p =$	16 cm	
Sezione trasversale efficace n° lati esposti: 3,0		
$b_m =$	6,5 cm	
$h_m =$	12,5 cm	
$W_m =$	314 cm ³ /m	
$J_m =$	2027 cm ⁴ /m	
$A_m =$	146 cm ² /m	



RESISTENZE DI CALCOLO IN CONDIZIONI DI INCENDIO

$f_{m,k} =$	18,0 MPa
$k_0 =$	1,25 legno massiccio
$k_{mod,t} =$	1,0
$\gamma_{m,t} =$	1,0
$f_{m,t} =$	22,5 MPa

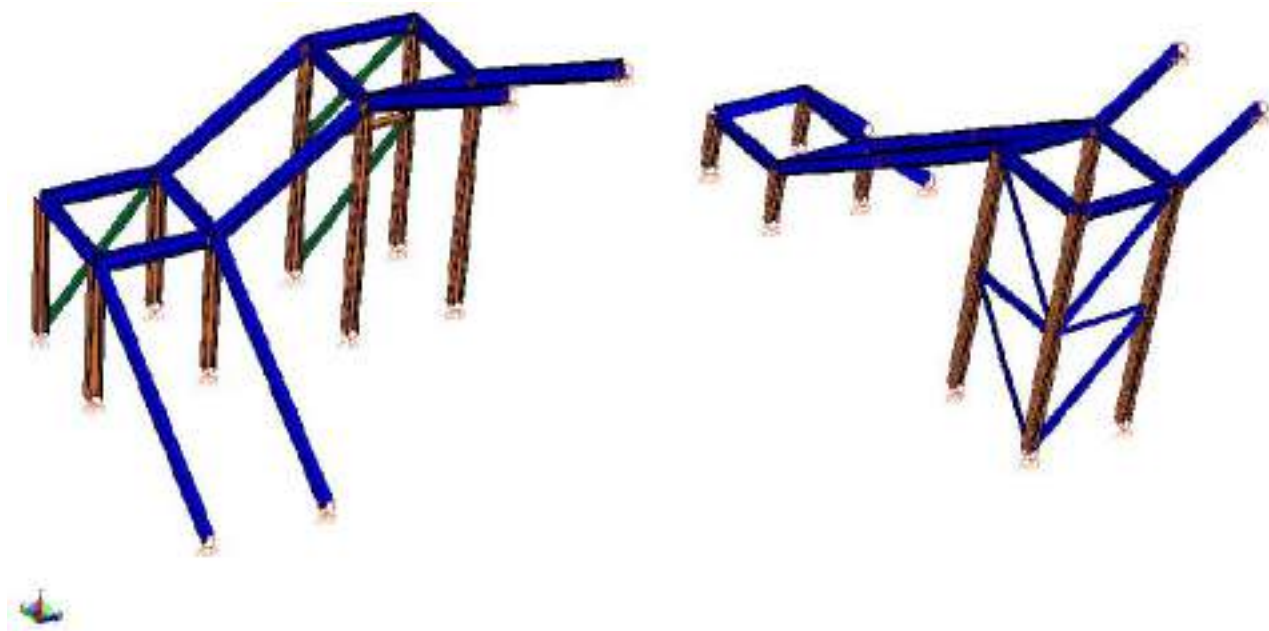
$f_{t,k} =$	2,0 MPa
$k_0 =$	1,25
$k_{mod,t} =$	1,0
$\gamma_{m,t} =$	1,0
$f_{t,t} =$	2,5 MPa

MODULI ELASTICI DI CALCOLO

$E_{0,05} =$	9000 MPa
$k_0 =$	1,25
$k_{mod,t} =$	1,0
$\gamma_{m,t} =$	1,0
$E_{0,05,t} =$	11250 MPa

Sollecitazioni	Tensioni	Verifiche
$M =$ 3,02 kNm/m	$\sigma_{m,t} =$ 9,8 MPa	9,43 < 1
$T =$ 3,78 kNm	$\tau_{t,t} =$ 0,29 MPa	0,15 < 1

18 NUOVE SCALE METALLICHE



18.1 Azioni sulla costruzione

18.1.1 Azioni statiche

Dalle informazioni acquisite dal progetto architettonico, dalla localizzazione del sito e dalla relazione geologica è stato possibile effettuare un'analisi sismica statica equivalente al calcolatore previa idonea modellazione della struttura, considerando l'analisi dei carichi e l'azione sismica, quest'ultima secondo il D.M. 17.01.2018.

18.1.2 Analisi dei carichi

G1 : Peso proprio struttura viene implementato in modo automatico dal programma di calcolo agli elementi finiti Mastersap

CARICHI

G2 : Peso Permanente	100 daN/mq
Q : Cat.C_Ambienti suscettibili ad affollamento	500 daN/mq
TOTALE	600 daN/mq

18.1.3 Azioni dinamiche_dati di progetto

Considerando il tipo di opera strutturale e la sua destinazione d'uso si assumono:

Vita nominale $V_N \geq 50$ anni pari a quella di una costruzione di opere ordinarie (punto 2.4.1 NTC2018);

Classe d'uso III essendo l'edificio una costruzione in cui si prevedono affollamenti significativi (punto 2.4.2 NTC2018);

Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = 75$ anni essendo $V_R = V_N \cdot C_U$ con $C_U = 1.5$ per strutture di classe III (punto 2.4.3 NTC2018);

Fattore di comportamento

Nel caso di analisi lineare con fattore di struttura q lo spettro elastico viene ridotto con un fattore q il cui valore varia in funzione della tipologia costruttiva.

Per edifici regolari in elevazione, nel caso di strutture in acciaio a comportamento non dissipativo:

si assume

$$q = 1,5$$

Parametri progetto

Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica sismica equivalente
Tipo di soluzione	Lineare
Unita' di misura delle forze	daN
Unita' di misura delle lunghezze	cm
Normativa	NTC-2018

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Luogo	Santa Lucia di Piave - Via Francesco Crispi
Longitudine (WGS84)	12.2876
Latitudine (WGS84)	45.8476
Categoria del suolo	B
Coefficiente topografico	1

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	45	0.069	2.46	0.25	1.45	1.20	0.083
SLD	75	0.091	2.45	0.26	1.44	1.20	0.109
SLV	712	0.254	2.42	0.33	1.37	1.15	0.293
SLC	1462	0.340	2.41	0.35	1.35	1.07	0.364

Comportamento strutturale	NON Dissipativo
---------------------------	-----------------

DATI SPETTRO

Eccentricita' accidentale	5%
Periodo proprio T1 in direzione X	0.194
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.174
λ	1
Fattore q di struttura	qor=1.5
Sd (T1) in direzione X	0.473 g
Sd (T1) in direzione Y	0.473 g
Coeff.globale accelerazione sismica direz.X	0.473
Coeff.globale accelerazione sismica direz.Y	0.473

18.2 Metodo di verifica

Il metodo di verifica adottato è il "**metodo agli Stati Limite**" secondo il testo unico delle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17/01/2018).

Secondo il metodo agli stati limite, la sicurezza nei riguardi delle condizioni ritenute pregiudizievoli (stati limite) viene garantita, per quanto possibile, su basi statistiche.

Si definisce "stato limite" uno stato raggiunto il quale, la struttura o uno dei suoi elementi costitutivi, non può più assolvere la sua funzione o non soddisfa più le condizioni per cui è stata concepita.

Gli stati limite si suddividono in due categorie:

- a) stati limite ultimi, corrispondenti al valore estremo, della capacità portante o comunque al raggiungimento di condizioni estreme;
- b) stati limite di esercizio, legati alle esigenze di impiego normale e di durata.

Nel seguito si indicherà con "**E**" un generico **effetto** indotto dalle "azioni" sulla struttura, quali le sollecitazioni interne, momento flettente, forza normale, taglio, le deformazioni, ecc.) e con "**F**" una generica **azione** (intesa come ogni causa o insieme di cause -carichi permanenti, carichi variabili, deformazioni impresse, agenti chimico-fisici - capaci di indurre stati limite in una struttura).

18.2.1 Stati limite ultimi

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: **EQU**
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: **STR**
- lo stato limite di resistenza del terreno: **GEO**

Le tabelle seguenti, forniscono i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

Per le verifiche nei confronti dello stato limite ultimo di equilibrio come corpo rigido (EQU) si utilizzano i coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni riportati nella colonna EQU.

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si possono adottare, in alternativa, due diversi approcci progettuali.

Nell'*Approccio 1* si impiegano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale del sistema (R).

Nella *Combinazione 1* dell'*Approccio 1*, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 delle Tabelle sopra citate.

Nella *Combinazione 2* dell'*Approccio 1*, si impiegano invece i coefficienti γ_F riportati nella colonna A2.

Nell'*Approccio 2* si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale (R). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1.

I coefficienti parziali γ_M per i parametri geotecnici e i coefficienti γ_R che operano direttamente sulla resistenza globale di opere e sistemi geotecnici sono definiti al Capitolo 6 delle NTC2018.

Tabella 6.2.1 Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_i (o γ_{di})	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano congiuntamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.II Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	γ_φ	1.0	1.25
Coeficiente efficace	c'_k	γ_c	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.0

18.3 Combinazioni delle azioni

18.3.1 Combinazione per Stato Limite Ultimo

Per le combinazioni di carico (in breve indicate con “CdC”) agli stati limite ultimi, si adottano le combinazioni espresse simbolicamente come segue:

$$\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_P P_k + \gamma_{Qi} Q_{k1} + \sum_i (\psi_i \cdot \gamma_{Qi} \cdot Q_{ki})$$

dove i segni + e Σ significano l'applicazione concomitante dei rispettivi addendi ed il coefficiente γ_q va applicato a ciascun carico Q_{ik} con il valore appropriato ed essendo:

G₁ il valore caratteristico delle azioni permanenti strutturali (ivi compresi il terreno e l'acqua quando pertinenti);

G₂ il valore caratteristico delle azioni permanenti non strutturali;

P_k il valore caratteristico della forza di precompressione;

Q_{1k} il valore caratteristico dell'azione di base di ogni combinazione;

Q_{ik} i valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti;

Y_{oi} coefficiente di combinazione allo stato limite ultimo, da determinarsi sulla base di considerazioni statistiche.

I valori delle azioni in analisi dei carichi sono combinati secondo la combinazione fondamentale definita in normativa.

18.3.2 Combinazione Stato Limite di Esercizio

Per le combinazioni di carico agli stati limite di esercizio, si adottano le combinazioni espresse simbolicamente come segue:

CdC rara:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_i (\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

CdC frequenti:

$$G_1 + G_2 + P + \sum_i (\psi_{1i} \cdot Q_{ki})$$

CdC quasi permanenti:

$$G_1 + G_2 + P + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

I valori delle azioni in analisi dei carichi sono combinati secondo la combinazione definita in normativa, ovvero attraverso il coefficiente di combinazione per la neve " $\psi_{2j}=0.0$, $\psi_{1j}=0.2$, $\psi_{0j}=0.5$.

18.3.3 Combinazione dell'azione sismica

L'azione sismica deve essere combinata con le seguenti azioni come segue:

$$E + G_{k1} + G_{k2} + P_k + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

E il valore caratteristico dell'azione sismica;

I valori delle azioni in analisi dei carichi sono combinati secondo la combinazione sismica definita in normativa.

18.4 Materiali impiegati

Acciaio per carpenteria:

S275JR

Si utilizzano elementi di acciaio tipo **S275JR** aventi le seguenti caratteristiche:

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

Coefficiente di Poisson: $\nu = 0.3$

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

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

Densità: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Caratteristiche minime dei materiali (tab. 4.2.I-NTC18)

Tensione di rottura $f_{tk} = 430 \text{ N/mm}^2$

Tensione di snervamento $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$

$E_{amm} = 1900 \text{ daN/cm}^2$ per S 275

La resistenza di calcolo dell'acciaio (verifiche SLU) è data da:

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_M = 275 / 1.05 = 262 \text{ N/mm}^2 = 2620 \text{ daN/cm}^2$ per acciaio S 275

Il filo di saldatura utilizzato è di tipo IT-SG3 (Saldature ad alta resistenza, fino a 600 N/mm^2), ed ha le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche meccaniche: $R = 590 \text{ N/mm}^2$; $S = 420 \text{ N/mm}^2$; $KV (20^\circ\text{C}) = 50\text{J}$

Composizione chimica media: $C = 0.08\%$; $Mn = 1.4\%$; $Si = 0.8\%$; $P = 0.02\%$; $S = 0.02\%$.

I saldatori utilizzati per la costruzione delle strutture sono certificati secondo la UNI EN 287/1.

Nelle unioni con bulloni si assumono le seguenti resistenze di calcolo tab 11.3.XII.b (NTC08):

Classe 8.8

$f_{yb} = 649 \text{ N/mm}^2$

$F_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$

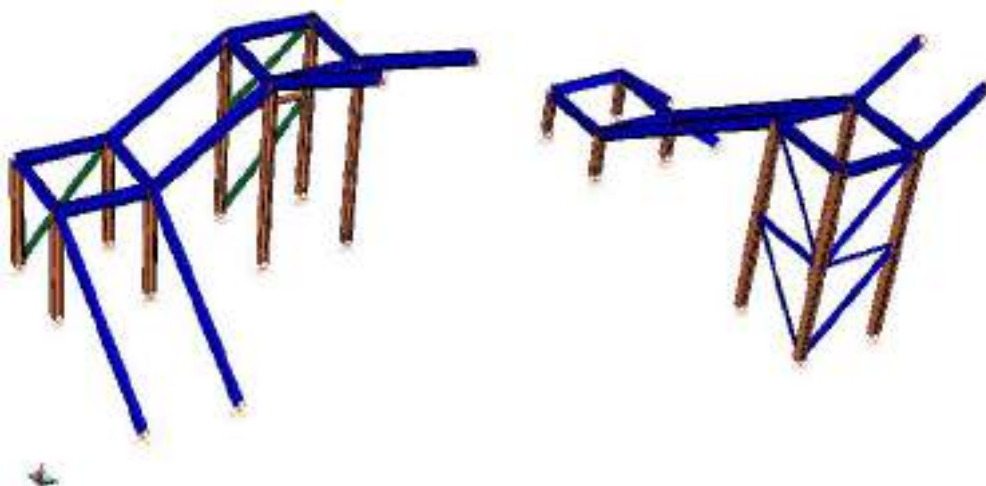
Il coefficiente di sicurezza è pari a $\gamma_{M2} = 1.25$

19 ANALISI SISMICA STATICA EQUIVALENTE

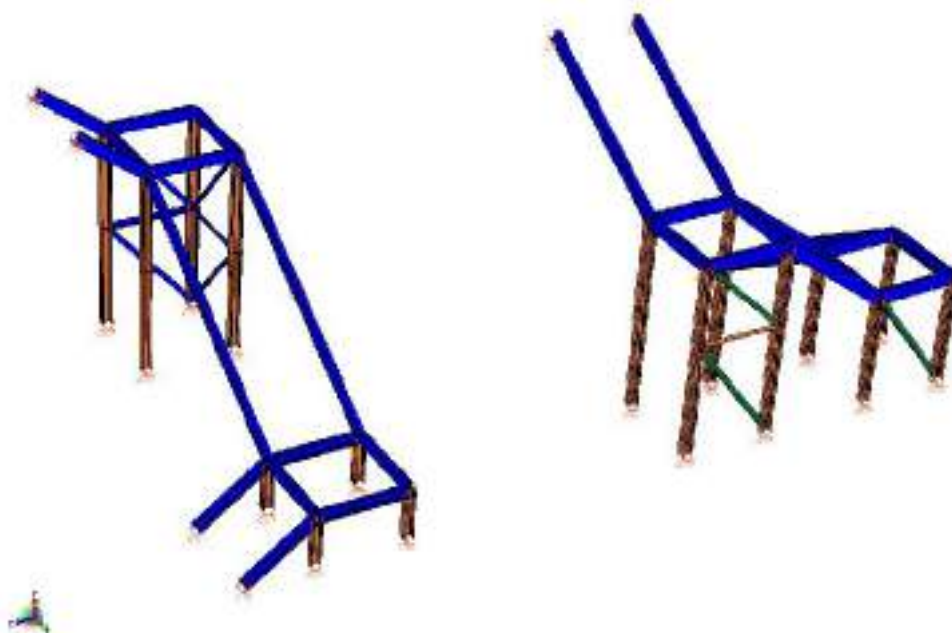
La struttura in oggetto è stata schematizzata con modelli matematici FEM . Il Software di calcolo: MasterSap (release 2019). I modelli sono tridimensionali e rappresentano in modo adeguato le effettive distribuzioni di massa e rigidezza. Il Sistema combina un codice di calcolo Life 1.2 con caratteristiche avanzate, assieme a una serie di potenzialità esplicitamente sviluppate per l'analisi e la progettazione nel campo dell'ingegneria strutturale.

19.1 Modello tridimensionale e condizioni adottate

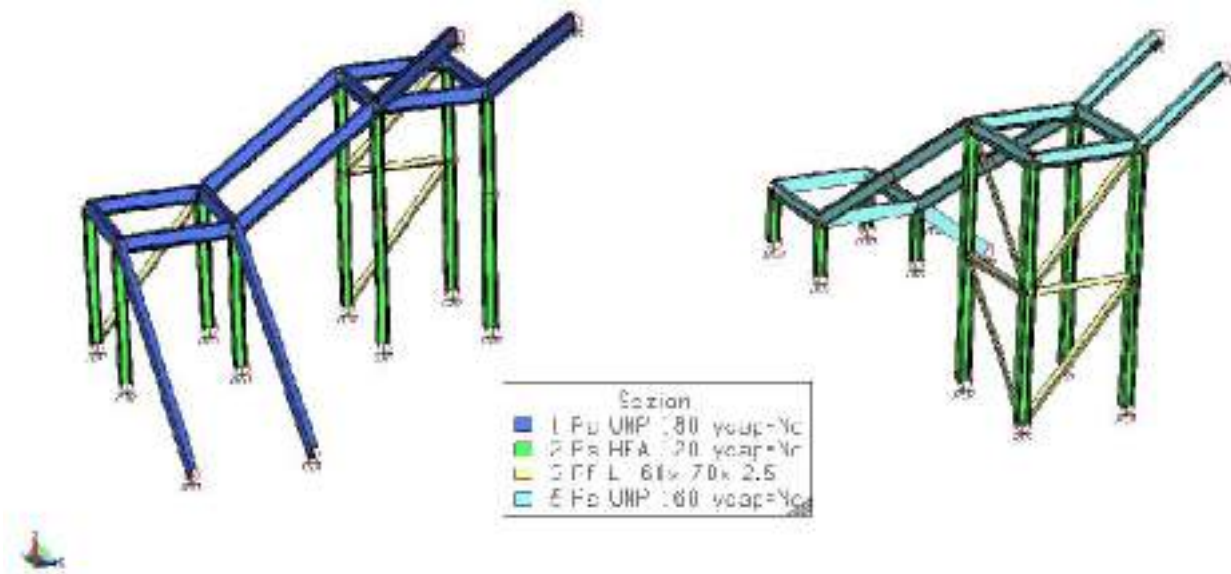
Si riportano di seguito immagini del modello tridimensionale adottato per l'analisi sismica.



Vista 1: Modello tridimensionale agli elementi finiti.



Vista 2: Modello tridimensionale agli elementi finiti.



Sezioni utilizzate nel modello.

- travi: elemento beam che riproduce in modo esatto i parametri inerziali degli elementi del progetto. Viene considerato il contributo del taglio nella determinazione della deformata dell'elemento;
- analisi: sismica statica lineare con spettro di risposta (Engine-Vectors Lanczos).

DATI DI PROGETTO

Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica sismica equivalente
Tipo di soluzione	Lineare
Unita' di misura delle forze	daN
Unita' di misura delle lunghezze	cm
Normativa	NTC-2018

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Luogo	Santa Lucia di Piave - Via Francesco Crispi
Longitudine (WGS84)	12.2876
Latitudine (WGS84)	45.8476
Categoria del suolo	B
Coefficiente topografico	1

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	45	0.069	2.46	0.25	1.45	1.20	0.083
SLD	75	0.091	2.45	0.26	1.44	1.20	0.109
SLV	712	0.254	2.42	0.33	1.37	1.15	0.293
SLC	1462	0.340	2.41	0.35	1.35	1.07	0.364

Comportamento strutturale	NON Dissipativo
---------------------------	-----------------

DATI SPETTRO

Eccentricita' accidentale	5%
Periodo proprio T1 in direzione X	0.194
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.210
λ	1
Fattore q di struttura	qor=1.5
Sd (T1) in direzione X	0.473 g
Sd (T1) in direzione Y	0.473 g
Coeff.globale accelerazione sismica direz.X	0.473
Coeff.globale accelerazione sismica direz.Y	0.473

19.2 Carichi

CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Categoria C3 - Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, al atri di stazioni ferroviarie	1	Condizione 1	Variabile: Aree di acquisto e congresso	-0.051000	0.000	-0.051000	0.000	0.6000	0.6000
P.P. Rivestimento + Parapetto	2	Condizione 2	Permanente: Permanente portato	-0.010000	0.000	-0.010000	0.000	1.0000	1.0000

19.3 Combinazioni di carico

NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Statica	Azione sismica: Sisma assente Torsione: Assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	1.500
2	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
3	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
4	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
5	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
6	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
7	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
8	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
9	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
10	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
11	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
12	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
13	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
14	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
15	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
16	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
17	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
18	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	1.000
19	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.700
20	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
21	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
22	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
23	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
24	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
25	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
26	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
27	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
28	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
29	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
30	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
31	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
32	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
33	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
34	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
35	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
36	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600

19.4 Verifiche per la sicurezza dell'opera

L'analisi statica lineare è la più comune e tradizionale delle analisi strutturali possibili. L'aggettivo statica sottintende che i carichi applicati non dipendono dal tempo o più esattamente variano molto lentamente tra l'istante iniziale di applicazione t_0 e l'istante finale di osservazione t_f (carichi quasi-statici).

Ipotizzando inoltre che la forza di reazione interna dipenda linearmente dagli spostamenti, attraverso una matrice di rigidezza costante K e che le forze esterne siano costituite da carichi indipendenti dallo spostamento, si ottiene l'equazione di equilibrio classica per i problemi quasi statici lineari

$$KU = F$$

dove K è la matrice di rigidezza, U è il vettore delle deformazioni nodali, F è il vettore dei carichi.

E' bene ricordare che la linearità della risposta strutturale deriva da almeno due grandi semplificazioni: l'ipotesi di elasticità lineare del materiale (linearità materiale) e l'ipotesi di piccolezza degli spostamenti e delle deformazioni (linearità geometrica).

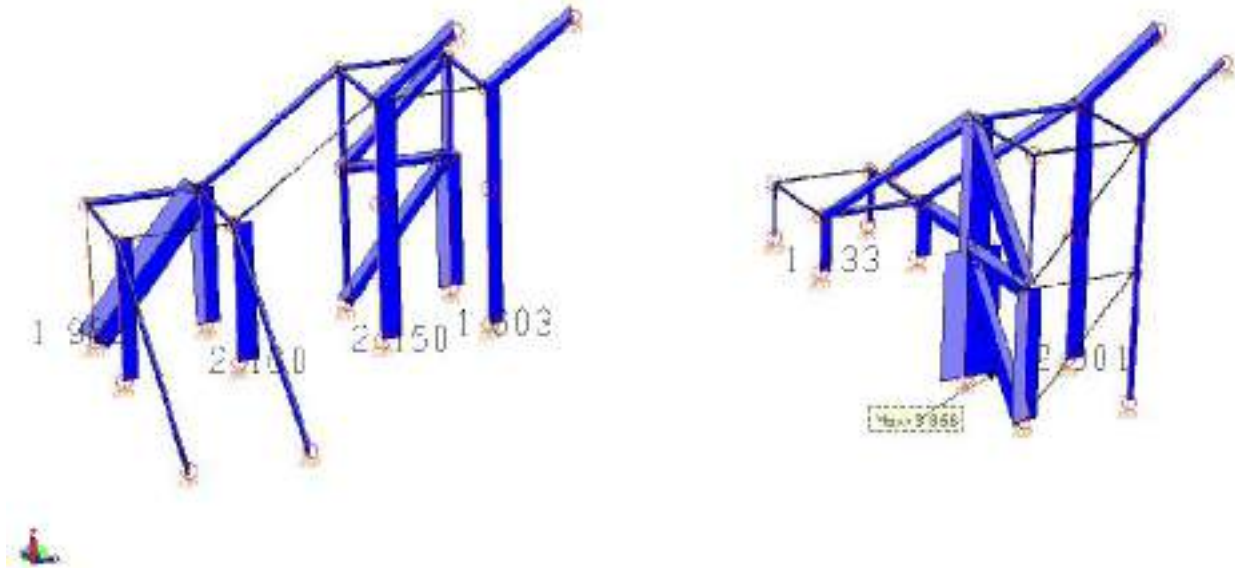
Nell'analisi sismica con il metodo statico equivalente, le corrispondenti forze inerziali vengono automaticamente aggiunte agli altri carichi eventualmente presenti sulla struttura.

Note le deformazioni vengono calcolate le sollecitazioni.

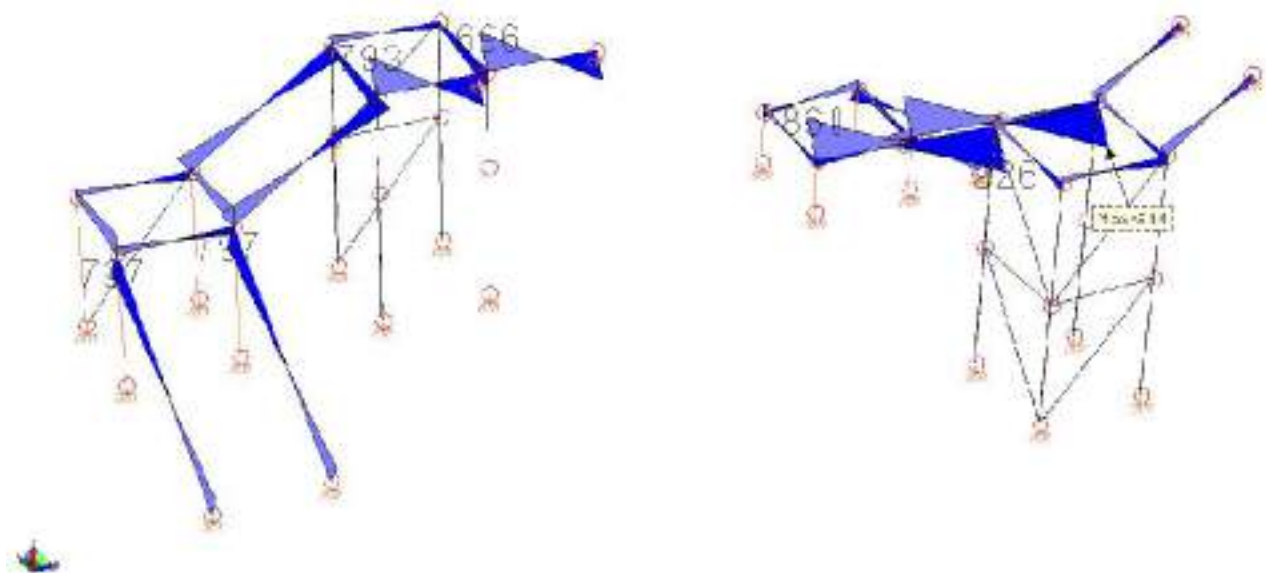
19.4.1 Sollecitazioni caratteristiche N,M,T

Nelle immagini che seguono si riportano le sollecitazioni in formato grafico indicando il valore massimo in daN e cm.

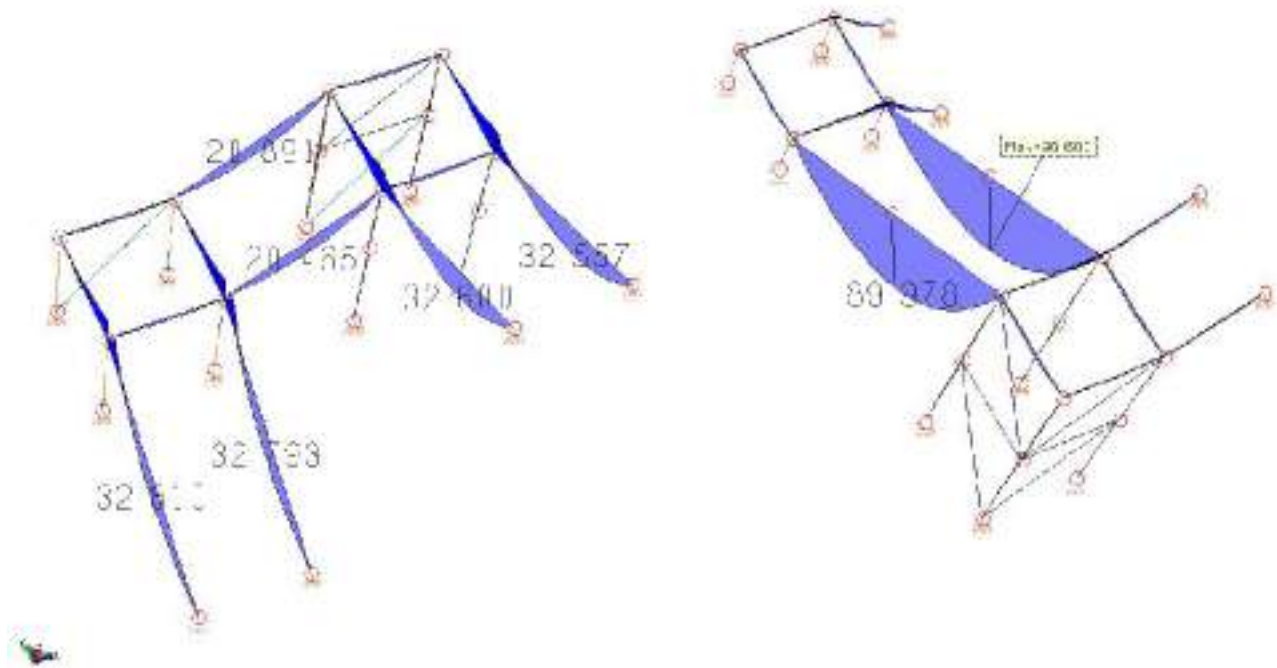
Sollecitazioni Fx (azione assiale, daN) elementi beam:



Sollecitazioni Fy (taglio, daN) elementi beam:



Sollecitazioni Mz (momento flettente, daNxm) elementi beam:



19.4.2 Verifica degli elementi in acciaio

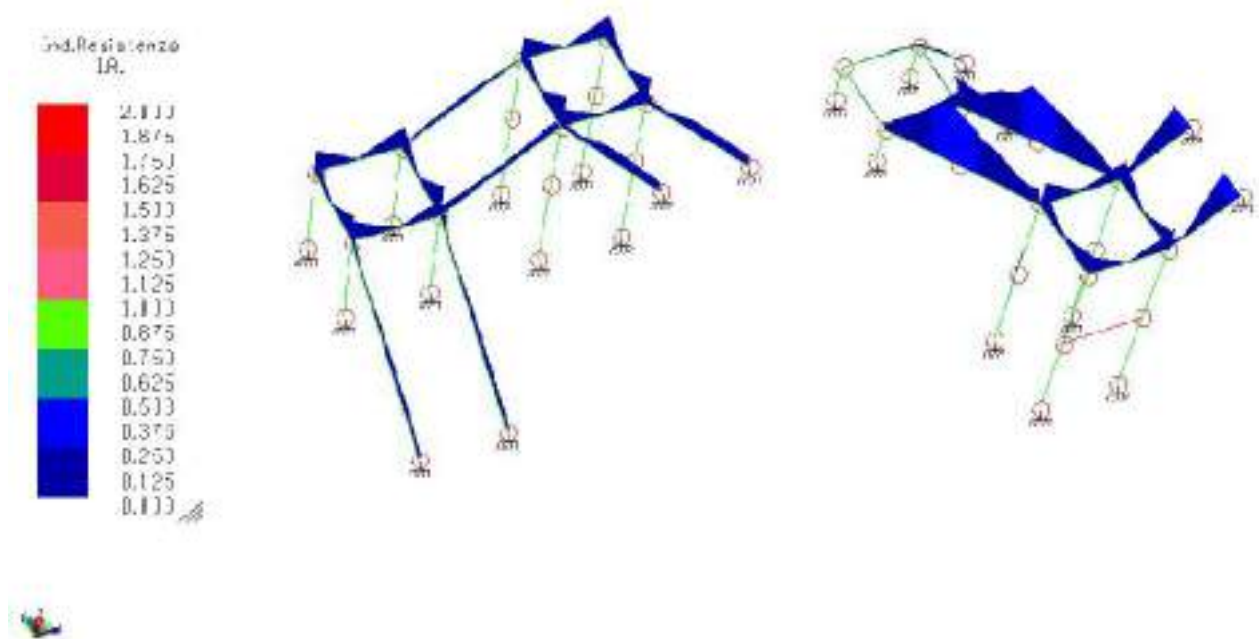
Metodo di verifica: Eurocodice 3 - NTC 2018

Tipo acciaio: S 275

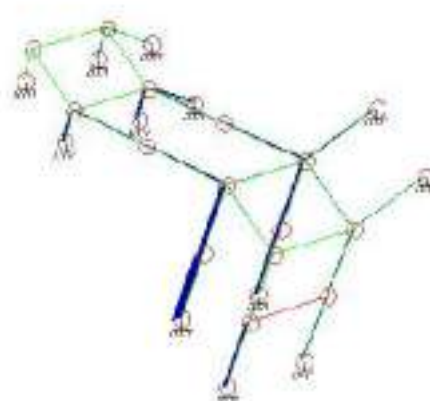
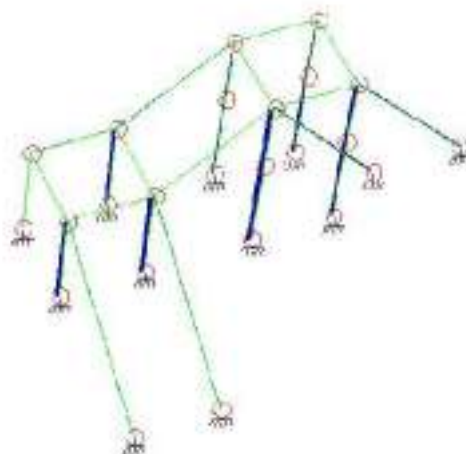
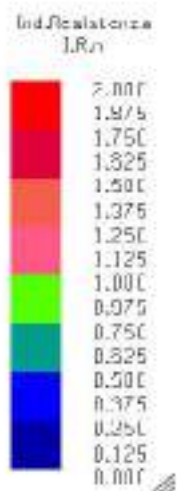
γ_{M0} : 1.050 $\gamma_{M1'}$: 1.050 γ_{M2} : 1.25

La verifica di resistenza e deformazione degli elementi è evidenziata dai diagrammi seguenti .

Indici di resistenza :

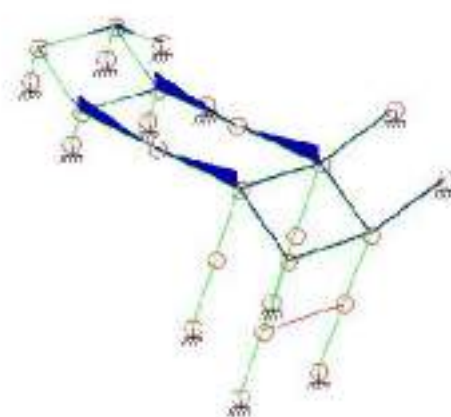
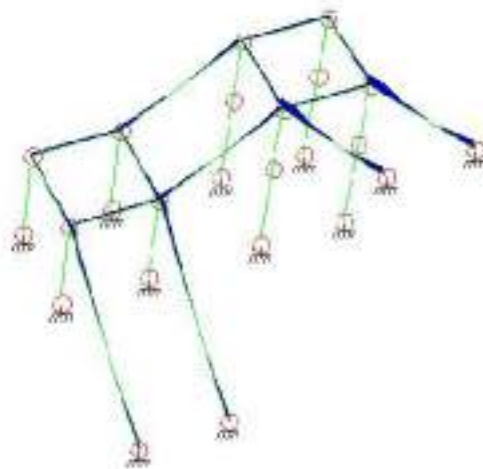
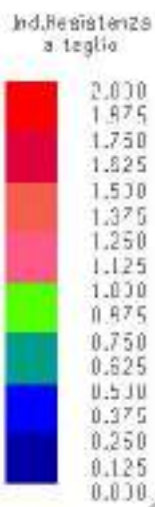


Indici di resistenza I.R.n.:



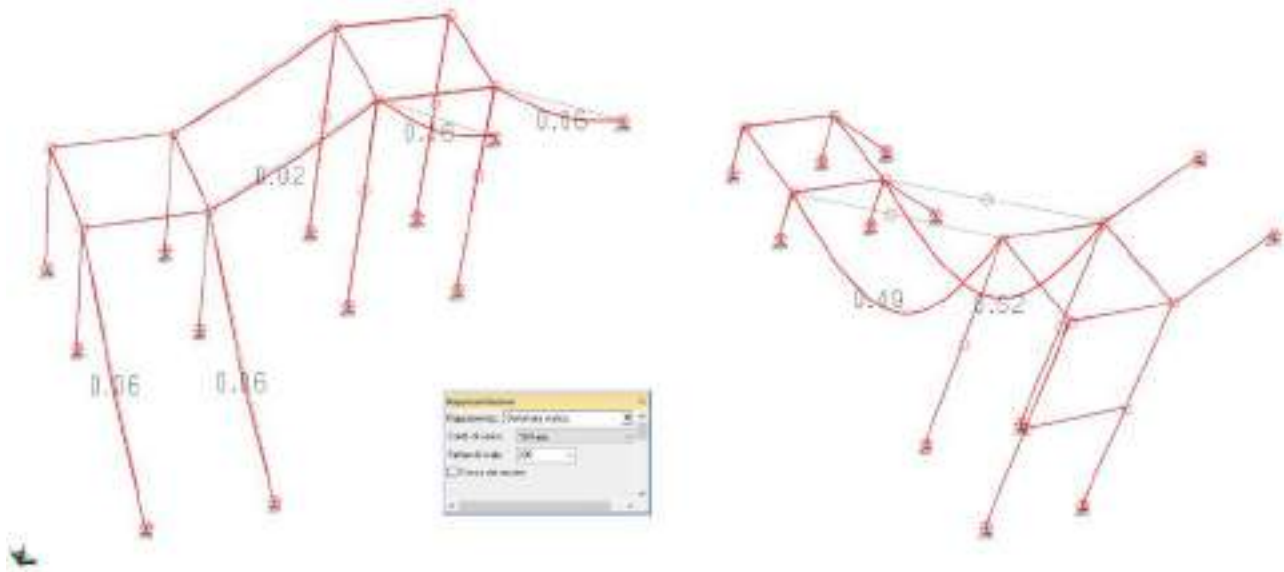
INDICI DI RESISTENZA S.L.U. $I.R. \leq 1$: VERIFICATO

Indici di resistenza I.R. a Taglio:



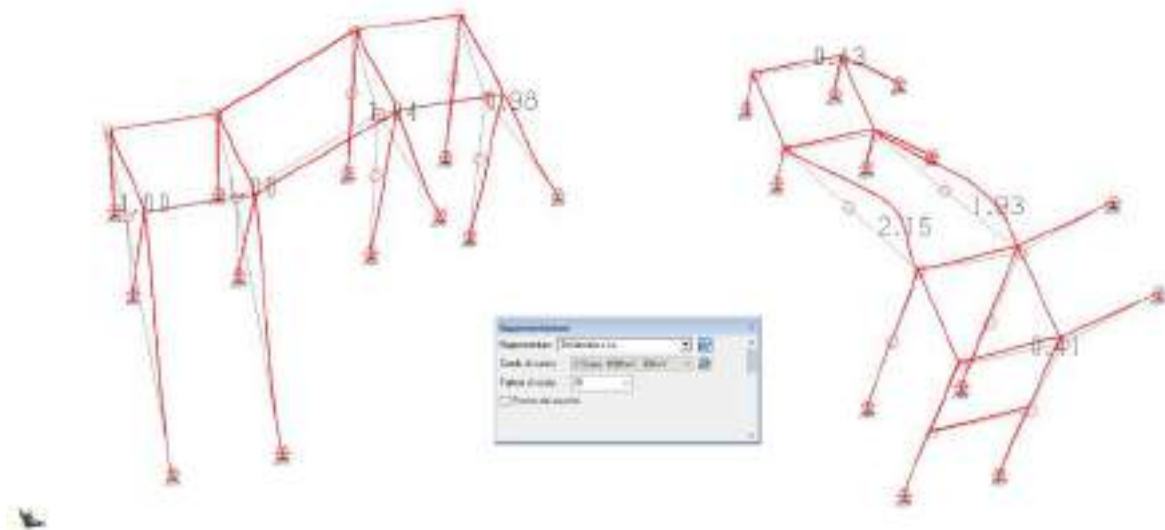
INDICI DI RESISTENZA S.L.U. $I.R. \leq 1$: VERIFICATO

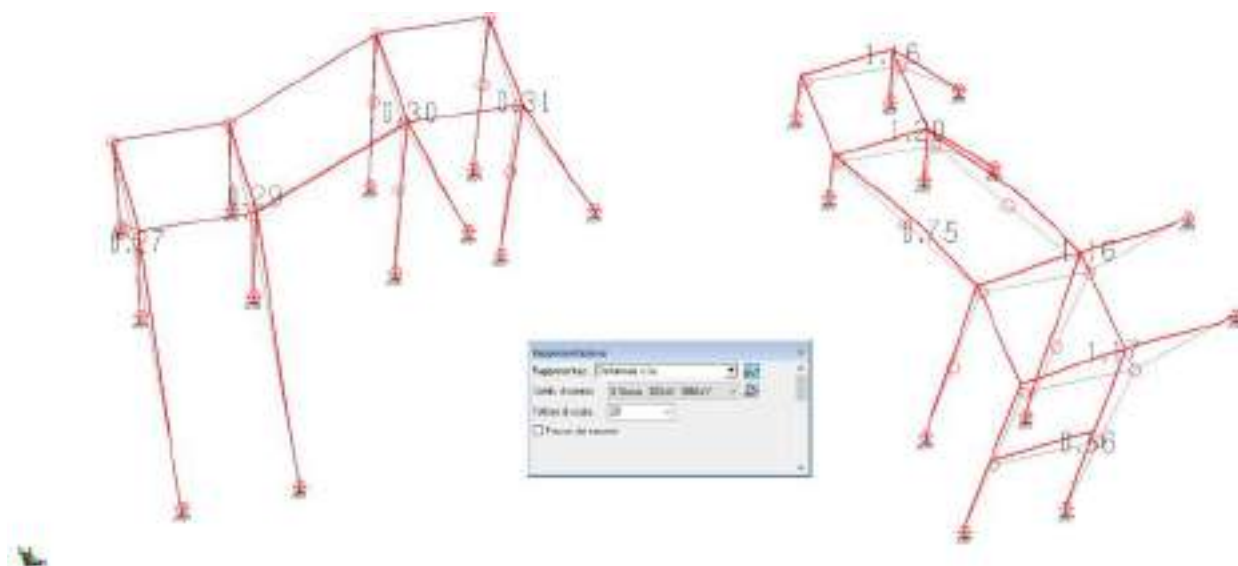
Deformata statica:



DEFORMATA STATICA – C.C. S.L.E. RARA –
 $D_{max} = 0,52 < 415/500 = 0,83 \text{ cm.}$

Deformata s.l.u.:





19.5 Analisi dei risultati

Dai dati sopra riportati si evince che le verifiche degli elementi risultano soddisfatte per le azioni di progetto.

20ALLEGATO 1 – INFORMAZIONI AGGIUNTIVE SUL CODICE DI CALCOLO ADOTTATO

20.1 Informazioni integrative sull'uso dei codici di calcolo

Titolo del codice di calcolo: MasterSap;

Autore, produttore e distributore: AMV s.r.l., via San Lorenzo 106, 34077 Ronchi dei Legionari (Go);

Versione: MasterSap 2019

20.2 Affidabilità del codice di calcolo

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 17.01.2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore Studio Software AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito (www.amv.it) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene pertanto sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

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

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di Lanczos noto come Thick Restarted Lanczos ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

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

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

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

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

E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture.

In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un ulteriore procedura di controllo

può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente.

Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per il c.a., acciaio, legno, alluminio, muratura etc.

Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

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

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

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

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

20.3 Presentazione dei risultati

Questa parte richiede di precisare una serie di proprietà che possono essere ricavate in forma grafica direttamente da MasterSap. In particolare:

- o Deformazioni (statiche e dinamiche)
- o Deformazioni relative
- o Frecce
- o Sollecitazioni
- o Pressioni sul suolo
- o Effetti II ordine
- o Masse eccitare
- o Modi propri di vibrazione

Diamo una breve descrizione delle simbologie adottate da MasterSap.

20.4 I metodi di calcolo

ANALISI STATICA LINEARE

L'analisi statica lineare è la più comune e tradizionale delle analisi strutturali possibili. L'aggettivo statica sottintende che i carichi applicati non dipendono dal tempo o più esattamente variano molto lentamente tra l'istante iniziale di applicazione t_0 e l'istante finale di osservazione t_f (carichi quasi-statici).

Ipotizzando inoltre che la forza di reazione interna dipenda linearmente dagli spostamenti, attraverso una matrice di rigidità costante K e che le forze esterne siano costituite da carichi indipendenti dallo spostamento, si ottiene l'equazione di equilibrio classica per i problemi quasi statici lineari

$$KU = F$$

dove K è la matrice di rigidità, U è il vettore delle deformazioni nodali, F è il vettore dei

carichi.

E' bene ricordare che la linearità della risposta strutturale deriva da almeno due grandi semplificazioni: l'ipotesi di elasticità lineare del materiale (linearità materiale) e l'ipotesi di piccolezza degli spostamenti e delle deformazioni (linearità geometrica).

Nell'analisi sismica con il metodo statico equivalente, le corrispondenti forze inerziali vengono automaticamente aggiunte agli altri carichi eventualmente presenti sulla struttura.

Note le deformazioni vengono calcolate le sollecitazioni.

ANALISI DINAMICA MODALE

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

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

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

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

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

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

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

20.5 Presentazione dei risultati dell'analisi strutturale

DEFORMATE

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

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

ASPETTI PARTICOLARI DELL'ANALISI DINAMICA

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

Nel calcolo della risposta spettrale vengono determinate, per ogni verso del sisma, le deformazioni relative ai vari modi di vibrare e la corrispondente media quadratica. Tali

risultati vengono successivamente combinati e danno luogo ad uno o più involuppi in relazione a quanto imposto dall'utente nella fase iniziale di intestazione del lavoro.

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

ASTE RETICOLARI

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

- tensione unitaria ($F/L2$);
- forza assiale (F).

Il segno positivo indica trazione.

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

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

TRAVI, PILASTRI E TRAVI DI FONDAZIONE

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

- F_x = forza assiale nella direzione locale x ;
- F_y = taglio nella direzione locale y ;
- F_z = taglio nella direzione locale z ;
- M_x = momento torcente attorno all'asse locale x ;
- M_y = momento flettente attorno all'asse locale y ;
- M_z = momento flettente attorno all'asse locale z ,

con le seguenti convenzioni sui segni:

- forze positive se concordi con gli assi locali (F);
- momenti positivi se antiorari rispetto gli assi locali, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo ($F*L$).

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

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

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

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

- F_y = taglio nella direzione locale y (F);
- M_x = momento torcente attorno asse locale x ($F*L$);
- M_z = momento flettente attorno asse locale z ($F*L$);
- U_z = spostamento lungo Z (L);
- r_x = rotazione intorno X (rad);
- r_y = rotazione intorno Y (rad);
- pressione sul suolo ($F/L2$).

GUSCI

Il programma propone i risultati al “centro” di ogni elemento. Per ogni elemento e per ogni combinazione di carico statica vengono evidenziate:

- S_{xx} (F/L2);
- S_{yy} (F/L2);
- S_{xy} (F/L2);
- M_{xx} (F*L/L);
- M_{yy} (F*L/L);
- M_{xy} (F*L/L);
- σ_{idsup} (F/L2);
- σ_{idinf} (F/L2).
- S_{xx} , S_{yy} , S_{xy} rappresentano le tensioni membranali (vedi figura)
- M_{xx} rappresenta il momento flettente (per unità di lunghezza) che produce tensioni in direzione locale x; analogamente per M_{yy} ;
- M_{xy} rappresenta il momento torcente (sempre per unità di lunghezza).

Le tensioni ideali σ_{idsup} (al bordo superiore, ovvero sul semiasse positivo dell'asse locale z) e σ_{idinf} sono calcolate mediante il criterio di Huber-Hencky-Mises. I momenti flettenti generano ai bordi dell'elemento delle tensioni valutate in base al modulo di resistenza dell'elemento. Le tensioni da momento flettente M_{xx} si sovrappongono alle tensioni S_{xx} , con segno positivo al bordo superiore, con segno negativo al bordo inferiore (analogamente per M_{yy} e S_{yy}). Gli effetti tensionali da momento torcente vengono sovrapposti a S_{xy} .

Le convenzioni sui segni dei momenti sono caratteristiche dei codici di calcolo automatici e sono mantenute solo nelle stampe dei risultati conseguenti all'elaborazione strutturale, nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe dei postprocessori vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione sismica e per ogni elemento, viene indicato il modo che dà luogo all'effetto massimo, la risultante per sovrapposizione modale per S_{xx} , S_{yy} , S_{xy} , M_{xx} , M_{yy} , M_{xy} .

Nel calcolo degli involucri viene effettuata la sovrapposizione. Anche in questo caso vengono calcolate le tensioni ideali.

Nell'analisi statica e negli involucri dinamici, fra i risultati, alla fine di ogni gruppo vengono riportati i massimi delle tensioni (comprese quelle ideali) e dei momenti, nonché il numero dell'elemento e la combinazione di carico relativa.

**AL COMUNE DI
SANTA LUCIA DI PIAVE (TV)**

**OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO
NORMALE E PRECOMPRESSO ED A STRUTTURA METALLICA
(LEGGE 05.11.1971 N. 1086)**

**LAVORI RESTAURO, MIGLIORAMENTO SISMICO E EFFICIENTAMENTO ENERGETICO
DELLA BARCHESSA DI PALAZZO ANCILOTTO** sito in **SANTA LUCIA DI PIAVE (TV)** via
Francesco Crespi su area censita catastalmente al foglio n. 3 Sez. A mappali 2264 e 2417.

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA SUI MATERIALI
(ai sensi dell'art. 65 del D.P. 06.06.2001 n. 1086 n.380)**

Nell'esecuzione delle opere in epigrafe è previsto l'impiego dei seguenti materiali:

1) INERTI: Sabbia lavata e ben granita (di cava o di fiume)
Ghiaietto lavato (di cava o di fiume)
Ghiaia vagliata (di cava o di fiume)

2) ACQUA: Potabile e priva di sali (solfuri o cloruri)

3) CEMENTO: Tipo Portland "325"

4) ACCIAIO PER C.A.: Tipo B450C

5) ACCIAIO DA CARPENTERIA Tipo S275JR

- | | |
|-------------------------|------------|
| - Bulloni, viti, chiodi | classe 8.8 |
| - Dado | classe 8 |
| - Saldature | classe II |

6) LEGNO MASSICCIO di classe C24

7) MURATURA IN MATTONI PIENI PER CUCI-SCUCI

Mattoni pieni $f_{bk} \geq 10$ Mpa
Malta bastarda classe M5

8) RETE GFRP

Rete per intonaco armato di dimensioni 99x99 mm. costituite con barre costituite da fibra di vetro lunghe alcalino-resistenti impregnate con resina termoidurente di tipo epossidico-vinilestere.

Resistenza a trazione media della rete 56 KN/m

Resistenza a trazione media della barra 5,6 KN/m

I conglomerati cementizi da impiegarsi nelle strutture di fondazione:

- | | |
|-------------------------------|---|
| - Sabbia lavata | mc. 0.4 per mc. di calcestruzzo; |
| - Ghiaietto e ghiaia vagliati | mc. 0.8 per mc. di calcestruzzo; |
| - Cemento "325" | almeno da N 300 per mc. di calcestruzzo; |
| - Acqua | sufficiente per dare all'impasto consistenza terrosa. |

Non sarà consentito assolutamente il misto fiume.

Resistenza caratteristica a compressione del conglomerato:
C25/30 Rck 300 daN/cm² per strutture di fondazione.

Circa le altre prescrizioni esecutive, si richiamano le disposizioni di cui alle Norme Tecniche vigenti, emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici.

San Vendemiano, lì 02.03.2020

IL PROGETTISTA DELLE STRUTTURE
dott. ing. Fiorenzo Carniel



4 EMME Service S.p.A.

Prove in Sito - Laboratorio Prove Materiali

Sede legale: Via L. Zuegg, 20 - 39100 Bolzano - ITALY

Tel. 0471/543111 - Fax 543110

4emme@legalmail.it

www.4emme.it

Sistema Qualità ISO 9001:2008 certificato RINA nr. 6441/01/S

INDAGINI SPERIMENTALI
BARCHESSA PALAZZO ANCILOTTO
VIA FRANCESCO CRISPI
SANTA LUCIA DI PIAVE (TV)

PROVA N° 4474/TV

13 febbraio 2020

Committente : **Comune di Santa Lucia di Piave**

Relatore : **ing. Thomas Pavan**



Barchessa di Palazzo Ancilotto

RIF: TV 28/20

Colle Umberto (TV), 21febbraio 2020

C.F./P.I. IT 01288130212		Cap. Soc. 500.000,00 Euro		R.E.A. - BZ 111601		CASSA CENTRALE RAIFFEISEN BZ IT49 B 03493 11600 000300027138	
Bolzano	0471-543111	Firenze	055-461000	Modena	059-395414	Roma	06-71546992
Bologna	051-6346808	Genova	010-586195	Padova	049-8020707	Torino	011-7706023
Cagliari	070-490732	Marche	0734-903279	Palermo	091-6703629	Treviso	0438-990200
Como	031-305253	Milano	02-40092545	Piacenza	0523-755849	Verona	045-8004278
				Laboratori Autorizzati			
				Bolzano		0471-543111	
				Milano		02-40092545	

INDICE

1. PREMESSA	pag. 2
2. INDAGINI SU ELEMENTI LIGNEI	pag. 3
2.1 Descrizione della strumentazione	pag. 3
2.2 Ubicazione delle indagini	pag. 5
2.3 Ispezione visiva secondo UNI 11119:2004	pag. 6
2.3.1 Risultati	pag. 7
2.3.2 Tabella riassuntiva classificazione secondo UNI 11119:2004	pag. 15
2.4 Risultati indagini resistografiche	pag. 16
2.5 Determinazione essenza lignea	pag. 18
3. INDAGINI SULLE MURATURE	pag. 20
3.1 Ubicazione delle indagini	pag. 20
3.2 Prelievo mattoni e prova di compressione	pag. 21
3.3 Analisi petrografica su campioni di malta	pag. 23

1. PREMESSA

La società **4EMME Service S.p.a.** è stata incaricata dal **Comune di Santa Lucia di Piave** di eseguire delle indagini sperimentali su alcuni elementi strutturali della **barchessa di palazzo Ancilotto** sita in via Francesco Crispi 35 in comune di **Santa Lucia di Piave (TV)**.

Sono a seguito elencate le indagini eseguite:

- Indagine resistografica/igrometrica su elementi lignei.
- Ispezione visiva secondo UNI 11119-2004.
- Determinazione essenza lignea mediante analisi istologica.
- Prelievo elementi di laterizio e prova di compressione secondo UNI EN 772-1.
- Analisi petrografica su campioni di malta.

Le modalità di prova e le superfici da indagare sono state preventivamente concordate con l'arch. **Susanna Maset**.

Le indagini sono state eseguite in data **13 febbraio 2020**.

All'esecuzione delle prove hanno assistito:

arch. Susanna Maset Tecnico Incaricato

e per la **4EMME Service S.p.a.**:

ing. Thomas Pavan
geom. Davide Lo Vetro

2. INDAGINI SU ELEMENTI LIGNEI

Le indagini sugli elementi lignei sono state eseguite allo scopo di valutare lo stato di conservazione degli elementi della copertura e dei solai e per individuare eventuali differenze di densità tra legno sano e legno ammalorato. Su alcuni elementi, oltre alle indagini resistografica ed igrometrica è stata eseguita una valutazione dello stato di degrado e della classe di resistenza secondo la norma UNI 11119:2004.

2.1 Descrizione della strumentazione

Penetrometro da legno

Per le indagini resistografiche in oggetto è stato utilizzato un penetrometro da legno RESI serie PD 400, costituito da:

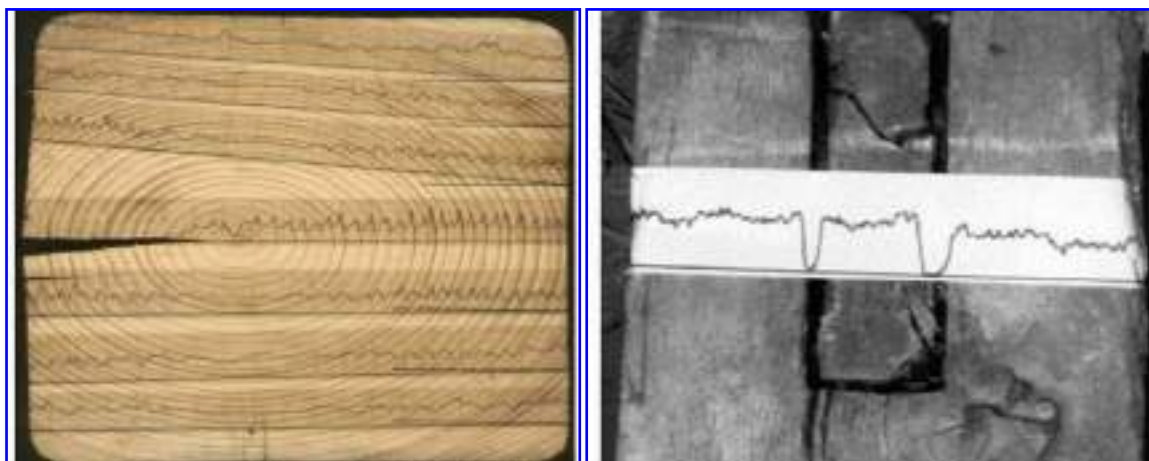
- ago del diametro di 3 mm;
- trapano a movimento rotatorio a velocità costante (0-55 cm al minuto);
- unità computerizzata per la memorizzazione dei risultati;
- software d'elaborazione.



Penetrometro RESI serie PD 400

I risultati delle perforazioni sono presentati in grafici dove in ascissa è riportata la profondità progressiva della punta all'interno della sezione, mentre in ordinata si ha un indice della resistenza riscontrata durante la fase di perforazione.

Lo schema riportato a seguito rappresenta un "profilo tipo" ottenuto con la prova di Resistograph:



Indagini resistografiche su sezioni note

Poiché la resistenza alla perforazione è legata alla densità del materiale, lo strumento consente indirettamente di misurare le variazioni di densità nella sezione dell'elemento. Queste variazioni forniscono importanti indicazioni sulle caratteristiche del legno come difetti, anomalie ed alterazioni. Spesso le zone meno accessibili delle strutture, in prossimità degli appoggi e nelle porzioni inserite nelle murature, sono quelle più

vulnerabili agli agenti degradanti. In tali situazioni la perforazione d'indagine viene effettuata con un angolo d'ingresso della punta di 45°/60° così da raggiungere la sezione della trave nelle zone più critiche.

Contestualmente alle prove resistografiche sono state eseguite:

- misura della temperatura ambiente;
- misura della temperatura del materiale.
- misura dell'umidità relativa in percentuale



Fasi di indagine

Igrometro

La misura dell'umidità è stata eseguita mediante lo strumento denominato *TRAMEX PROFESSIONAL PTM2.0* costituito da:

- indicatore LCD digitale per la lettura dei valori con precisione 0,1%;
- campo di misura da 0 a 100% di umidità;
- porta elettrodi ed elettrodi ad infissione ed a contatto.



Igrometro TRAMEX Professional PTM2.0



Fasi operative

Termometro a infrarossi

Per misurare la temperatura degli elementi indagati è stato utilizzato un termometro a infrarossi mod. 62 MAX della Fluke che rileva la temperatura superficiale dell'oggetto basandosi sulla radiazione infrarossa emessa.

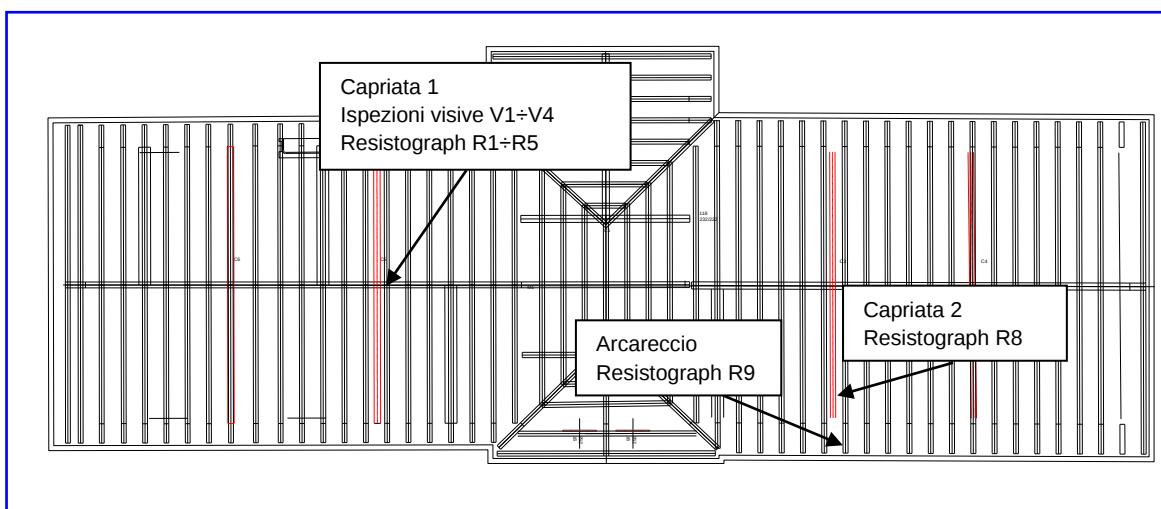
- Puntatore laser.
- Range di misura $-30^{\circ}\text{C} \div +500^{\circ}\text{C}$.
- Precisione: $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$.
- Tempo di risposta: 500ms.
- Emissività : 0,95.
- Wavelength : 8-14 μm



Termometro ad infrarossi

2.2 Ubicazione delle indagini

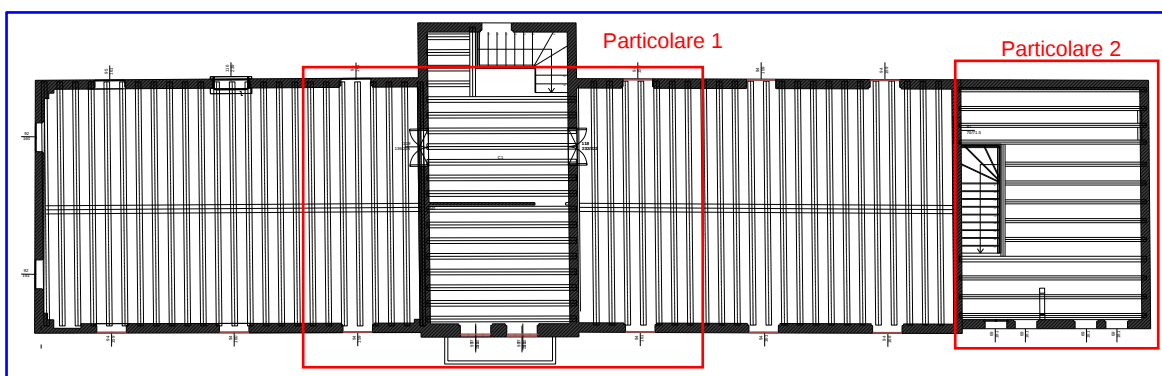
Legenda			
V	Ispezione visiva	R	Indagine resistografica
Es	Determinazione essenza lignea		



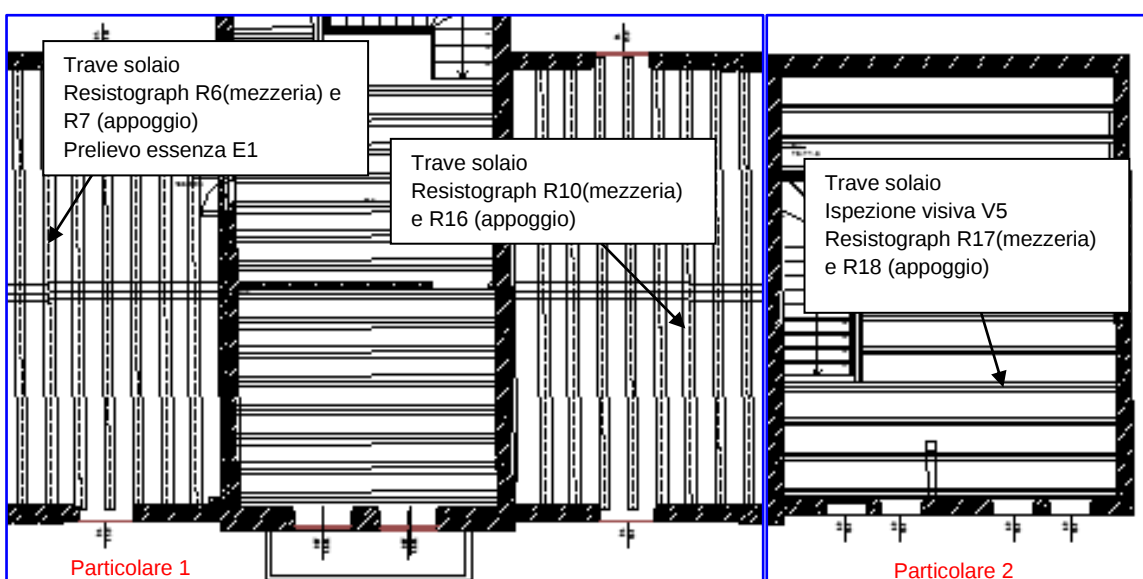
Pianta copertura



Capriata 1



Pianta primo solaio



Particolari delle zone indagate

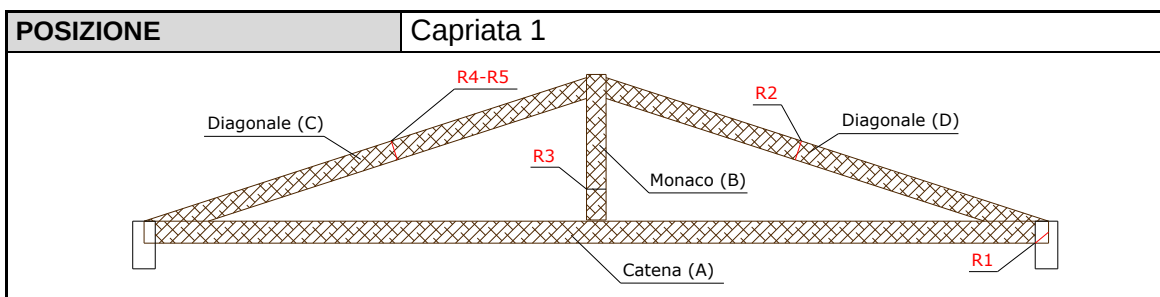
2.3 ISPEZIONE VISIVA SECONDO UNI 11119:2004

Ispezione visiva dell'elemento ligneo secondo i criteri specifici previsti dalla normativa UNI 11119-2004. Sono state indagate geometria e morfologia dell'elemento con individuazione della posizione ed estensione dei principali difetti, degradamento e danni visibili.

Su ciascun elemento indagato le indagini sono state condotte realizzando le seguenti fasi operative:

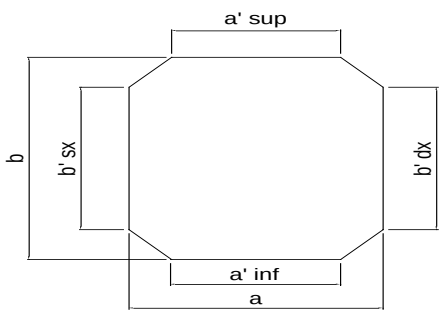
- misura della temperatura e misura della percentuale di umidità su ciascuna delle facce visibili;
- ispezione visiva per la determinazione delle condizioni ambientali e della classe di rischio biologico secondo quanto previsto dalle Norme UNI EN 335-1 e Uni EN 335-2;
- rilievo geometrico completo indicando: dimensione e forma dell'elemento, tipo posizione ed estensione dei principali difetti, forme di degradamento e/o danno, altre caratteristiche ritenute influenti sulla capacità portante dell'elemento;
- classificazione secondo resistenza come previsto al pgf. 7.5.1.3 della norma UNI EN 11119:2004;

2.3.1 Risultati

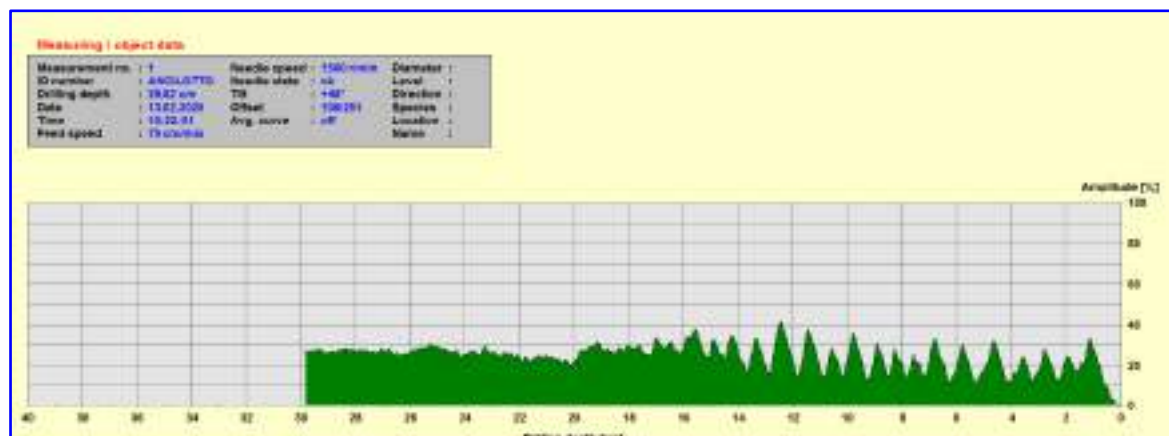


RILIEVO IGROMETRICO E TEMPERATURA			
Posizione		Temperatura [°C]:	Umidità [%]:
Catena (A)	Appoggio 1	5,4	14,6 – 14,9 – 15,1 – 15,0
	Mezzeria	5,5	14,8 – 14,9 – 15,0 – 15,5
	Appoggio 2	5,4	14,9 – 14,3 – 15,8 – 15,3

CONDIZIONI AMBIENTALI E CLASSI DI RISCHIO IN OPERA			
Situazione del legno in opera	Umidità media	Insetti	Classe di rischio biologico
Non a contatto del terreno ed al coperto	< 20 %	assenti	1

RILIEVO GEOMETRICO		
Dimensioni elemento:	a [mm] = 180	
L = 7,40 m	b [mm] = 240	
Dimensioni smussi:	a'sup [mm] = 140	
(in mezzeria)	a'inf [mm] = 150	
	b'dx [mm] = 220	
	b'sx [mm] = 230	
Spessore medio anelli	7 mm	Note: nessuna
Presenza di deformazioni:	si	Note: freccia in mezzeria
Stato degrado:	presente	Note: macchie bianche

CLASSIFICAZIONE SECONDO RESISTENZA		
Smussi:	$z \leq 1/3$	Categoria II
Lesioni:	assenti	
Nodi singoli:	$d/(a \text{ o } b) \leq 1/3$, $d \leq 70$ mm $40/140 \leq 0,33$, $40 \leq 70$	
Gruppi di nodi:	$\Sigma d/(a \text{ o } b) \leq 2/5$ Presenza di nodi isolati	
Inclinazione fibre: (risp. asse longitud.)	$\leq 1/10$ sez. tangenziale	
Fessure radiali:	presenti – non passanti	

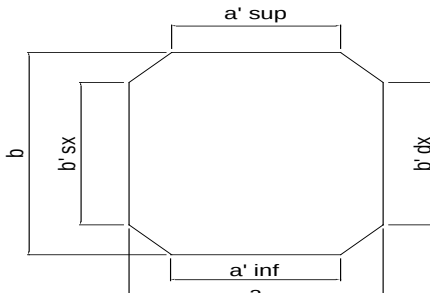


Profilo R1 – appoggio catena – perforazione a 45°

ELEMENTO	V2 – Diagonale (C)
	

RILIEVO IGROMETRICO E TEMPERATURA			
Posizione		Temperatura [°C]:	Umidità [%]:
Diagonale (C)	Appoggio 1	5,3	14,6 – 14,7 – 14,1 – 14,9
	Mezzeria	5,2	14,3 – 14,2 – 14,6 – 14,2

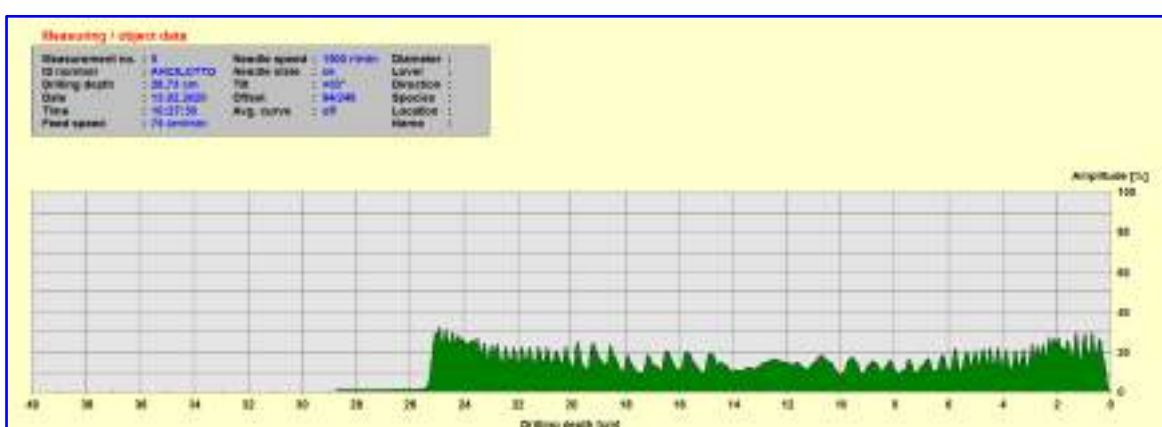
CONDIZIONI AMBIENTALI E CLASSI DI RISCHIO IN OPERA			
Situazione del legno in opera	Umidità media	Insetti	Classe di rischio biologico
Non a contatto del terreno ed al coperto	< 20 %	assenti	1

RILIEVO GEOMETRICO		
Dimensioni elemento:	a [mm] = 180	
L = 3,82 m	b [mm] = 245	
Dimensioni smussi:	a'sup [mm] = 130	
(in mezzzeria)	a'inf [mm] = 150	
	b'dx [mm] = 220	
	b'sx [mm] = 220	
Spessore medio anelli	6 mm	Note: nessuna
Presenza di deformazioni:	no	Note:nessuna
Stato degrado:	presente	Note: macchie bianche

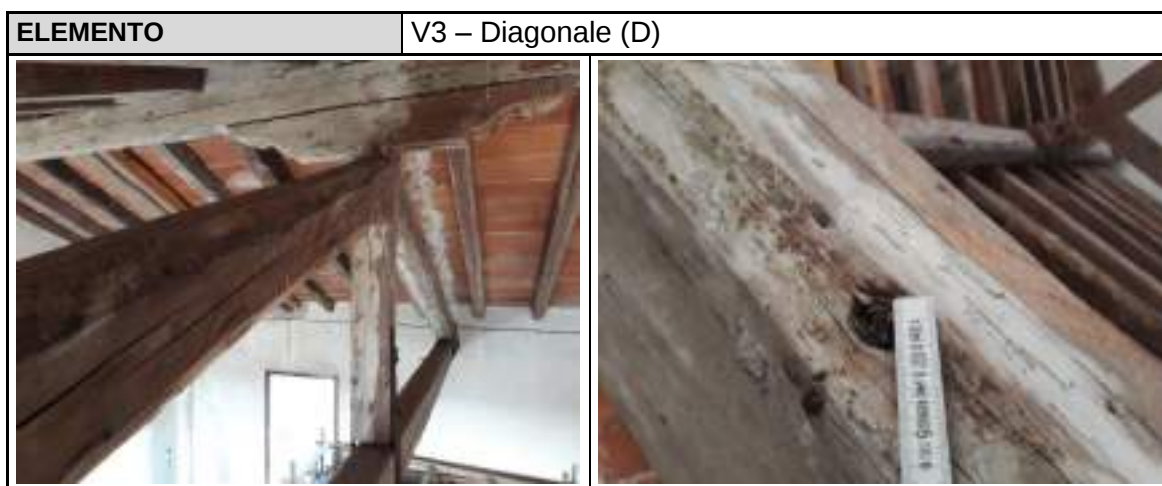
CLASSIFICAZIONE SECONDO RESISTENZA		
Smussi:	$z \leq 1/3$	Categoria I
Lesioni:	assenti	
Nodi singoli:	$d/(a \text{ o } b) \leq 1/5$, $d \leq 50$ mm $20/150 \leq 0,20$, $20 \leq 50$	
Gruppi di nodi:	$\Sigma d/(a \text{ o } b) \leq 2/5$ $29/220 \leq 0,40$	
Inclinazione fibre: (risp. asse longitud.)	$\leq 1/10$ sez. tangenziale	
Fessure radiali:	presenti – non passanti	



Profilo R4 – mezzeria elemento

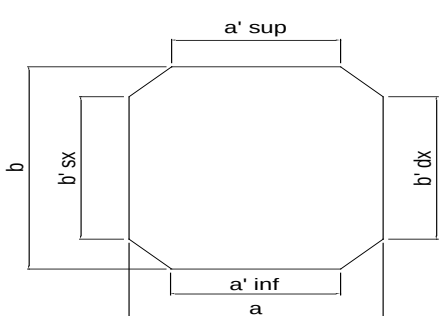


Profilo R5 – mezzeria elemento

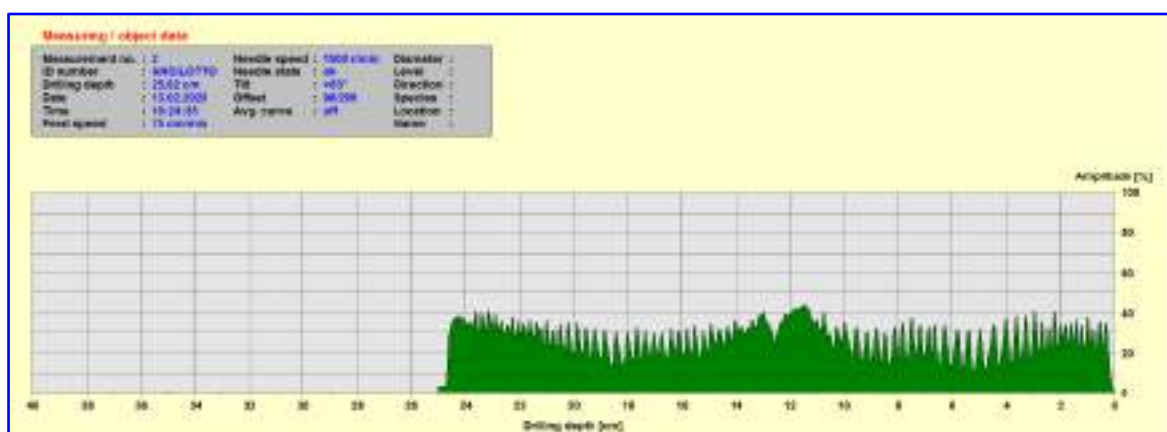


RILIEVO IGROMETRICO E TEMPERATURA			
Posizione		Temperatura [°C]:	Umidità [%]:
Diagonale (D)	Appoggio 2	5,5	14,6 – 14,5 – 14,8 – 14,3
	Mezzeria	5,6	14,0 – 14,8 – 14,9 – 14,2

CONDIZIONI AMBIENTALI E CLASSI DI RISCHIO IN OPERA			
Situazione del legno in opera	Umidità media	Insetti	Classe di rischio biologico
Non a contatto del terreno ed al coperto	< 20 %	assenti	1

RILIEVO GEOMETRICO		
Dimensioni elemento:	a [mm] = 180	
L = 3,80 m	b [mm] = 230	
Dimensioni smussi:	a'sup [mm] = 130	
(in mezzeria)	a'inf [mm] = 120	
	b'dx [mm] = 200	
	b'sx [mm] = 200	
Spessore medio anelli	6 mm	Note: nessuna
Presenza di deformazioni:	no	Note: nessuna
Stato degrado:	presente	Note: macchie bianche

CLASSIFICAZIONE SECONDO RESISTENZA		
Smussi:	$z \leq 1/3$	Categoria I
Lesioni:	assenti	
Nodi singoli:	$d/(a \text{ o } b) \leq 1/5$, $d \leq 50 \text{ mm}$ $23/200 \leq 0,20$, $23 \leq 50$	
Gruppi di nodi:	$\sum d/(a \text{ o } b) \leq 2/5$ $11/200 \leq 0,40$	
Inclinazione fibre: (risp. asse longitud.)	$\leq 1/10$ sez. tangenziale	
Fessure radiali:	presenti – non passanti	

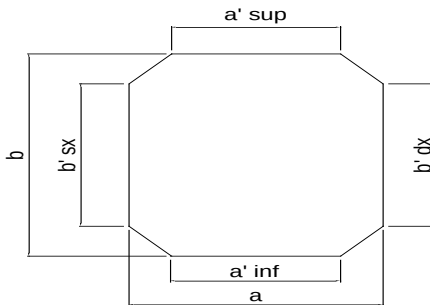


Profilo R2 – mezzeria elemento

ELEMENTO	V4 – Monaco (B)
	

RILIEVO IGROMETRICO E TEMPERATURA			
Posizione		Temperatura [°C]:	Umidità [%]:
Monaco (B)	Estremità sup.	5,4	14,2 – 14,4 – 14,9 – 14,3
	Mezzeria	5,2	14,4 – 14,5 – 14,3 – 14,8

CONDIZIONI AMBIENTALI E CLASSI DI RISCHIO IN OPERA			
Situazione del legno in opera	Umidità media	Insetti	Classe di rischio biologico
Non a contatto del terreno ed al coperto	< 20 %	assenti	1

RILIEVO GEOMETRICO		
Dimensioni elemento:	a [mm] = 210	
L = 1,25 m	b [mm] = 170	
Dimensioni smussi:	a'sup [mm] = 150	
(in mezzeria)	a'inf [mm] = 210	
	b'dx [mm] = 150	
	b'sx [mm] = 140	
Spessore medio anelli	6-7 mm	Note: nessuna
Presenza di deformazioni:	no	Note: nessuna
Stato degrado:	presente	Note: macchie bianche

CLASSIFICAZIONE SECONDO RESISTENZA		
Smussi:	$z \leq 1/3$	II
Lesioni:	assenti	
Nodi singoli:	$d/(a \text{ o } b) \leq 1/3$, $d \leq 70 \text{ mm}$ $42/150 \leq 0,33$, $42 \leq 70$	
Gruppi di nodi:	$\Sigma d/(a \text{ o } b) \leq 2/5$ $58/210 \leq 0,40$	
Inclinazione fibre: (risp. asse longitud.)	$\leq 1/10$ sez. tangenziale	
Fessure radiali:	presenti – non passanti	



Profilo R3 – mezzeria elemento

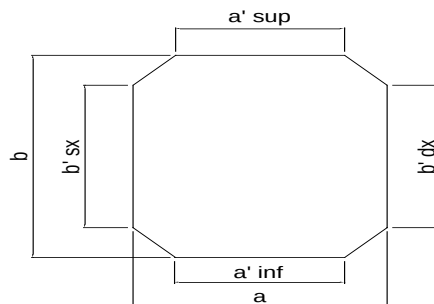


ELEMENTO	V5 – Trave solaio
-----------------	-------------------

RILIEVO IGROMETRICO E TEMPERATURA			
Posizione		Temperatura [°C]:	Umidità [%]:
Trave solaio	Appoggio 1	7,2	14,7 – 15,4 – 15,3 – 15,0
	Mezzeria	7,3	15,2 – 14,9 – 14,8 – 14,8
	Appoggio 2	7,4	14,9 – 15,0 – 14,4 – 14,9

CONDIZIONI AMBIENTALI E CLASSI DI RISCHIO IN OPERA			
Situazione del legno in opera	Umidità media	Insetti	Classe di rischio biologico
Non a contatto del terreno ed al coperto	< 20 %	assenti	1

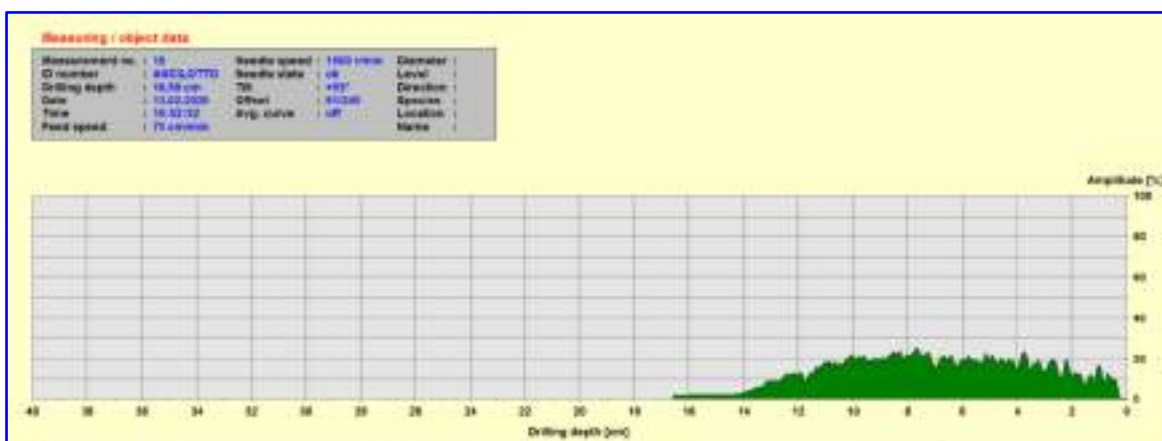
RILIEVO GEOMETRICO		
Dimensioni rilevate in mezzeria trave		
Dimensioni elemento:	a [mm] =	160
L = 5,80 m	b [mm] =	195
Dimensioni smussi:	a'sup [mm] =	120
(in mezzeria)	a'inf [mm] =	120
	b'dx [mm] =	130
	b'sx [mm] =	120
Spessore medio anelli	Non rilevabile	Note: nessuna
Presenza di deformazioni:	no	Note: sezione rastremata ad una estremità
Stato degrado:	presente	Note: macchie bianche estradosso vs solaio



CLASSIFICAZIONE SECONDO RESISTENZA		
Smussi:	$z \leq 1/5$	Categoria II
Lesioni:	assenti	
Nodi singoli:	$d/(a \text{ o } b) \leq 1/3$, $d \leq 70 \text{ mm}$ $55/195 \leq 0,33$, $55 \leq 70$	
Gruppi di nodi:	$\Sigma d/(a \text{ o } b) \leq 2/5$ $50/160 \leq 0,40$	
Inclinazione fibre: (risp. asse longitud.)	$\leq 1/10$ sez. tangenziale	
Fessure radiali:	presenti – non passanti	



Profilo R17 – mezzeria elemento



Profilo R18 – appoggio elemento – foro eseguito a 45°

2.3.2 Tabella riassuntiva classificazione secondo UNI 11119

Copertura – Capriata 1			
Indagine	Elemento	Classe rischio	Categoria in opera
V1	Catena	1	II
V2	Diagonale C	1	I
V3	Diagonale D	1	I
V4	Monaco	1	II

Primo Solaio – Trave			
Indagine	Elemento	Classe rischio	Categoria in opera
V5	Trave solaio	1	II

Tabella parametri qualitativi di confronto dei profili resistografici			
Omogeneità		Densità	
A	Profilo omogeneo	A	Buona
B	Profilo mediamente omogeneo	B	Mediocre
C	Profilo disomogeneo	C	Scarsa

Copertura – Capriata 1			
Indagine	Elemento	Omogeneità	Densità
R1	Catena	A	A
R4-R5	Diagonale C	A	A
R2	Diagonale D	A	A
R3	Monaco	A	A

Primo Solaio – Trave			
Indagine	Elemento	Omogeneità	Densità
R17	Trave solaio mezzeria	A	A
R18	Trave solaio appoggio	AB	AB

Le indagini resistografiche hanno registrato una media dell'ampiezza della curva di resistenza alla punta che si aggira all'incirca sul 25-30%. Tutti gli elementi hanno buona densità e profilo omogeneo senza evidenti situazioni di degrado ad eccezione dell'appoggio della trave del solaio (profilo R18).

Analizzando quanto emerge dalle indagini, ed ipotizzando che tutti gli elementi indagati siano realizzati con legno della stessa essenza di quello delle travi del primo solaio (dove è stato prelevato il campione E1 per la successiva analisi istologica) è possibile risalire ai valori massimi di tensione in base all'Appendice A della Normativa UNI 11119:2004.

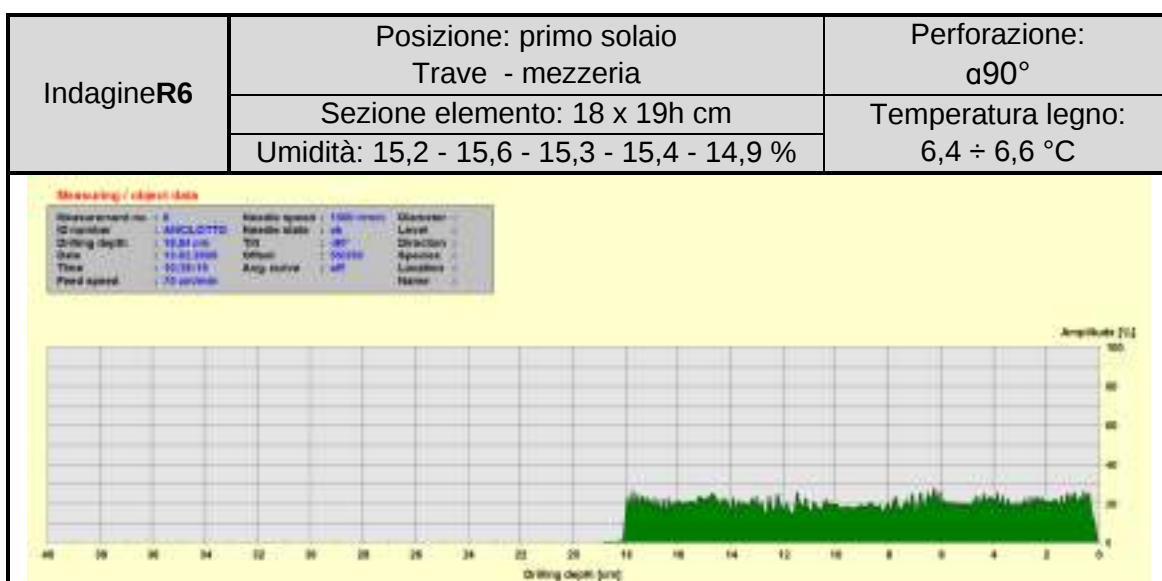
I valori sono applicabili per umidità del legno intorno al 12% (tutti gli elementi indagati hanno un'umidità compresa in un intervallo del 12±3).

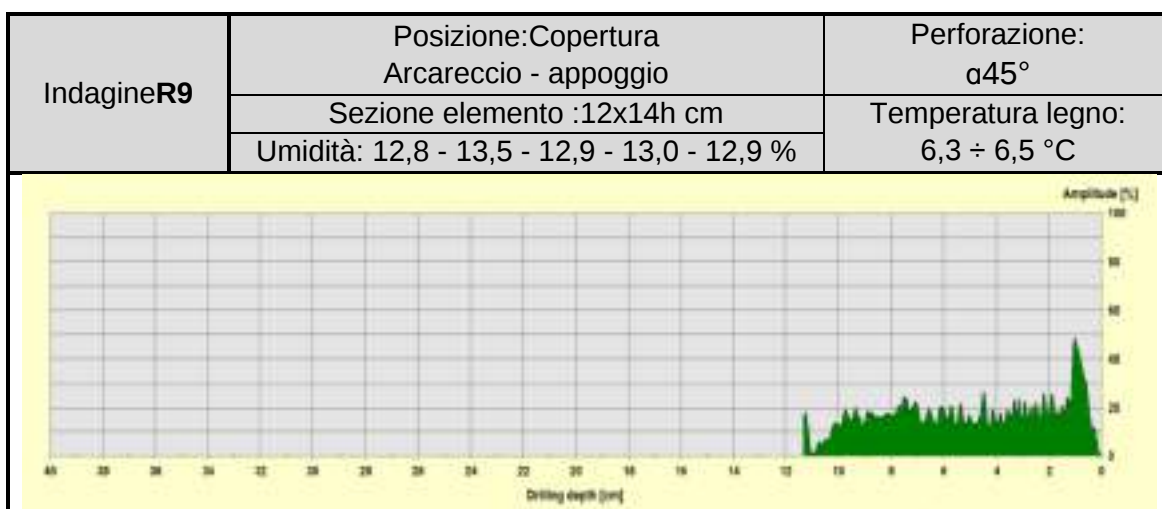
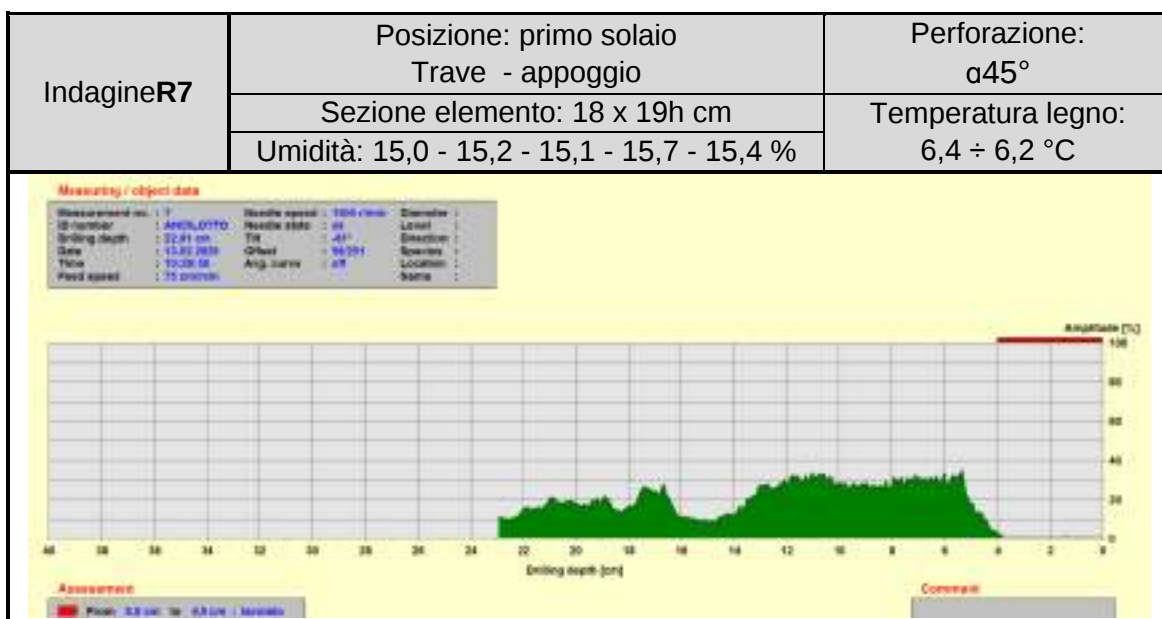
Nella seguente tabella viene fornita una stima dei parametri meccanici delle essenze presenti divise per categorie:

Specie	Categoria	Tensioni massime (N/mm ²)*					
		Compressione		Flessione statica	Trazione parallela alla fibratura	Taglio parallelo alla fibratura	Modulo di elasticità a flessione
		Parallela alla fibratura	Perpendic. alla fibratura				
ABETE ROSSO	I	10	2,0	11	11	1,0	12500
	II	8	2,0	9	9	0,9	11500
	III	6	2,0	7	6	0,8	10500

* Valori applicabili per umidità del legno intorno al 12%

2.4 Risultati indagine resistografica (elementi non analizzati secondo UNI 11119)





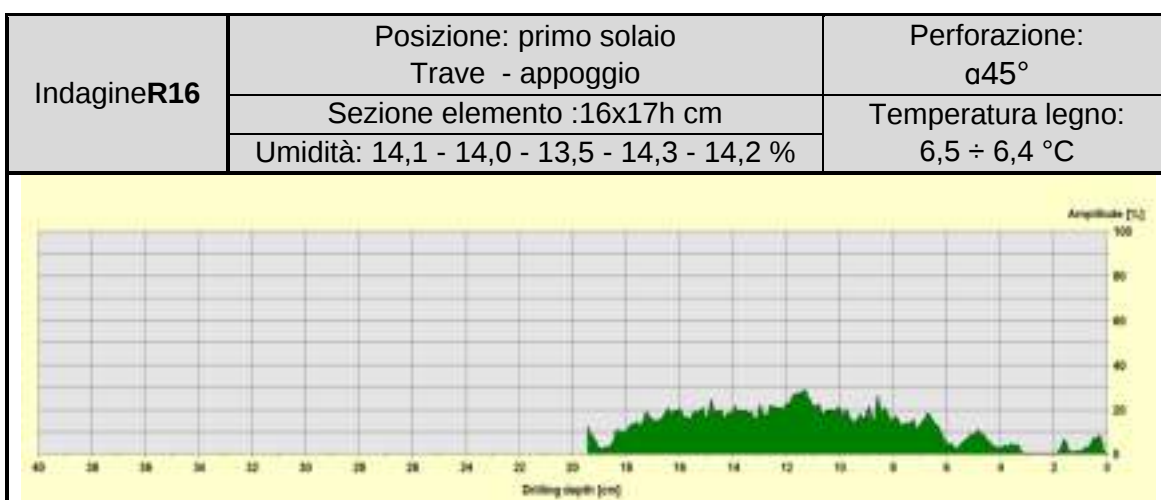
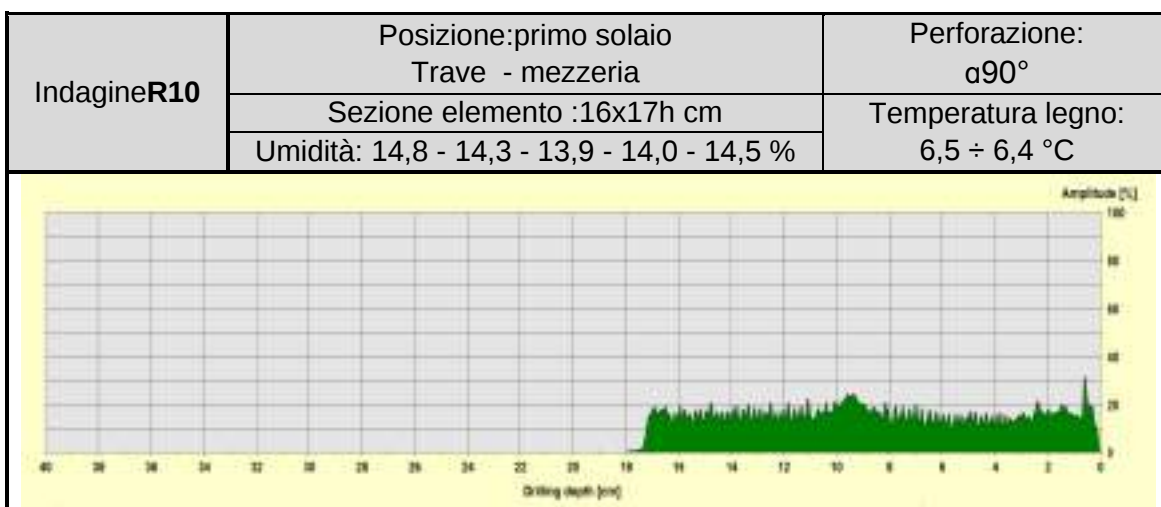


Tabella parametri qualitativi di confronto dei profili resistografici			
Omogeneità		Densità	
A	Profilo omogeneo	A	Buona
B	Profilo mediamente omogeneo	B	Mediocre
C	Profilo disomogeneo	C	Scarsa

Copertura – Capriata 1			
Indagine	Elemento	Omogeneità	Densità
R8	Catena appoggio	A	A
R9	Arcareccio appoggio	A	A

Primo Solaio – Trave			
Indagine	Elemento	Omogeneità	Densità
R6	Trave solaio mezzeria	A	A
R7	Trave solaio appoggio	AB	A
R10	Trave solaio mezzeria	A	A
R16	Trave solaio appoggio	B/C	B

2.5 Determinazione essenza lignea

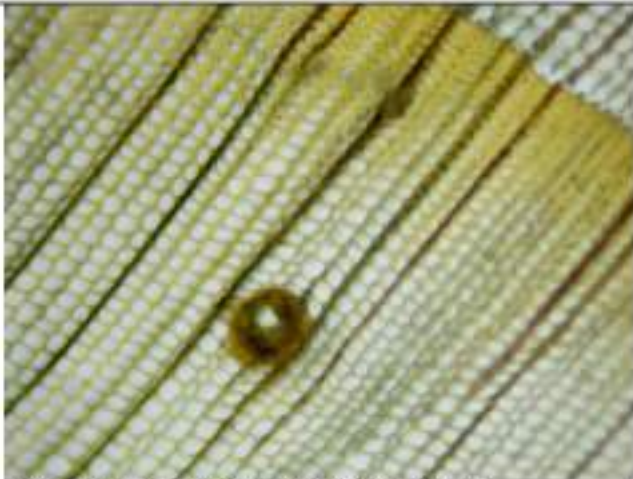
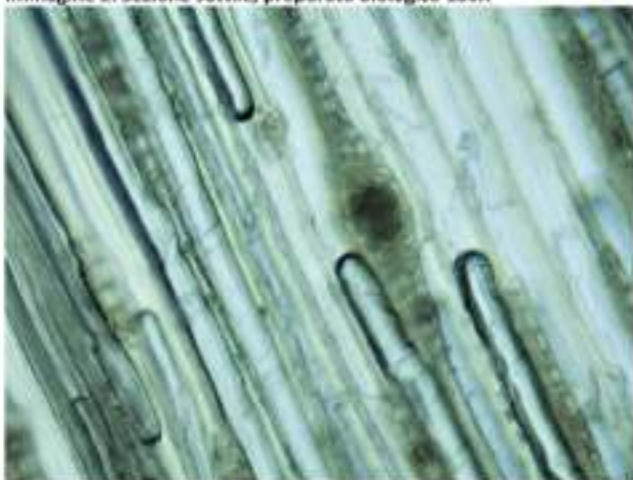
Il campione E1 prelevato dalla trave del primo solaio è stato inviato presso il laboratorio accreditato CMR – Center Materials Research con sede a Vicenza per l'esecuzione di:

- studio istologico secondo UNI 11118:2004
- valutazione dello stato di degrado e conservazione del materiale

I risultati sono documentati nel rapporto di prova n° **1615-3-20 del 20.02.2020** allegato a margine della presente relazione tecnica.



Vengono a seguito riportate le principali informazioni contenute nel rapporto integrale.

Osservazione al microscopio ottico	
Prospetto trasversale Tracheidi longitudinali disposte in lunghe file tendenzialmente regolari a sezione poligonale, maggiormente spigolosa nel legno primaverile, a lume appiattito ed a sezione lenticolare nel legno tardivo. Raggi relativamente sottili. Canali resiniferi assiali localizzati nella zona di transizione o nella porzione tardiva del legno, generalmente addossati ai raggi. Cellule epiteliali dei canali resiniferi a pareti ispessite. Graduale passaggio dal legno primaverile a quello autunnale.	 Immagine 2: Sezione sottile, preparato biologico 100X
Prospetto tangenziale Tracheidi longitudinali ad andamento regolare. Presenti punteggiature areolate in file uni seriate, abbastanza irregolari, sulle pareti tangenziali delle tracheidi. Raggi semplici uni seriat, multiseriati quelli con canali resiniferi, alti 12-20 cellule. Parenchima assiale assente.	 Immagine 3: Sezione sottile, preparato biologico 100X

Osservazione al microscopio ottico

Prospetto radiale

Pareti radiali delle tracheidi longitudinali provviste di grosse punteggiature areolate di foggia ellittica, disposte in file regolari, uniseriate.

Trabecole frequenti. Raggi eterogenei con tracheidi radiali marginali a parete esterna ondulata. Pareti sottili a volte con dentature. Campi d'incrocio occupati da 2-6 punteggiature piceoidi.

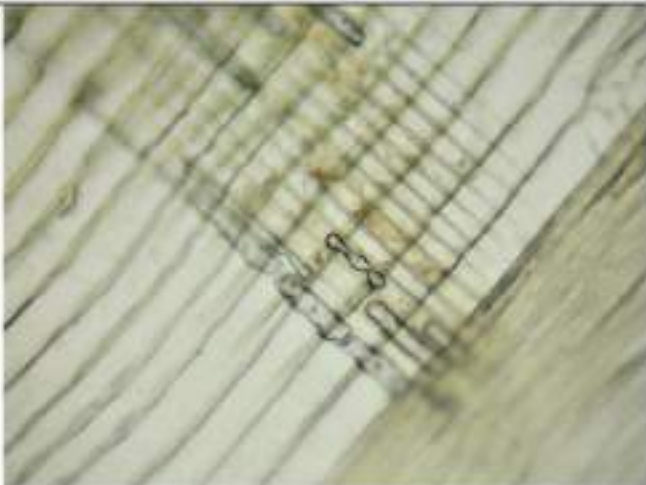


Immagine 4: Sezione sottile, preparato biologico 200X

CONCLUSIONI TASSONOMICHE

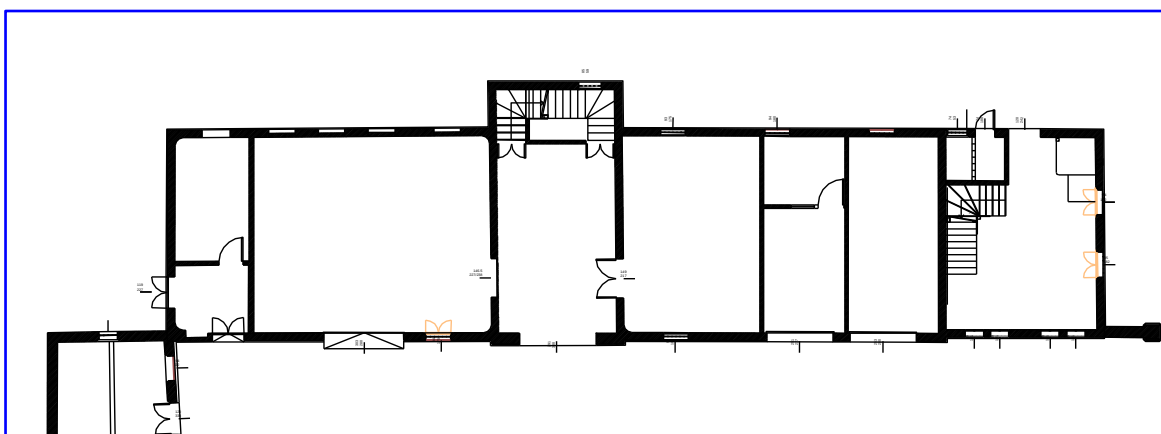
Il legno in esame appartiene alla specie: *Picea excelsa* Link (Abete rosso)

3.INDAGINI SULLE MURATURE

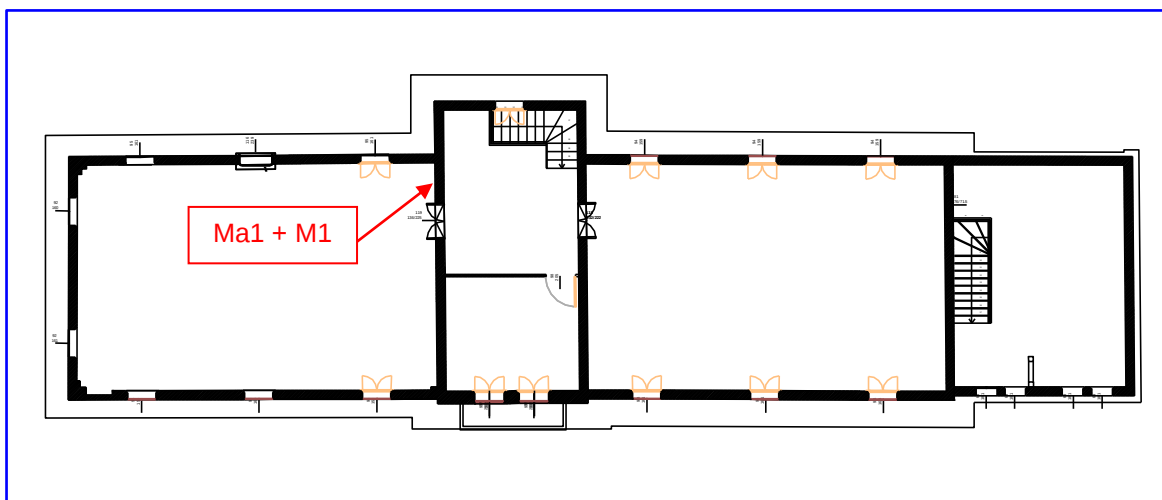
Sono stati prelevati n°2 mattoni e n°2 campioni di malta dalle murature del fabbricato. I campioni Ma1 ed M1 sono stati prelevati da una muratura interna di spina al piano primo, mentre i campioni Ma2 e M2 sono stati prelevati dalla muratura perimetrale esterna al piano terra.

3.1 Ubicazione delle indagini

Legenda			
M	Prelievo mattone e prova di compressione	Ma	Prelievo campione di malta per analisi petrografica



Pianta piano terra



Pianta piano primo

3.2 Prelievo mattoni e prova di compressione

Gli elementi di laterizio prelevati dalle murature sono stati catalogati ed inviati presso il Laboratorio Autorizzato 4 Emme sito in via L. Zuegg a Bolzano per la successiva prova di compressione secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 772-1.



Prelievo campione M1- piano primo



Prelievo campione M2 – piano terra

Descrizione campioni	
M1 – muratura interna piano primo Dimensioni: 26,5 x13 x 6h cm Tipologia: mattone semipieno M2 – muratura esterna piano terra Dimensioni: 26 x13 x 6h cm Tipologia: mattone pieno	

I risultati delle prove di laboratorio sono documentate nel certificato n° **15932** del **19.02.2020** allegato a margine della presente relazione. Vengono a seguito riportate le principali informazioni contenute nel rapporto di prova precedentemente citato.

CERTIFICATO / ZEUGNIS			NR. 15932		del / vom 19/02/2020				
Dati dichiarati / Angegebene Daten			Risultati di prova / Prüfergebnisse						
Segno Kennzeichen	Data di prelievo Entnahmedatum	Posizione in opera Bauteil	Dimensioni Probekörper-Abmessungen (mm)			Sezione resistente Druckfläche (mm ²)	Carico di rottura Bruchlast (kN)	Resistenza a compressione Druckfestigkeit (N/mm ²)	Data prova Prüfdatum
			l_0	w_0	h_0				
M1	13/02/2020	Parete interna p. primo	130	133	110	17290	335	19,4	17/02/2020
M2	13/02/2020	Parete esterna P.T.	127	133	110	16891	425	25,4	17/02/2020
Note: condizionamento per essiccazione all'aria, livellamento con rettifiche meccaniche. Nel caso che i provini rettificati risultino avere altezza minore di 40 mm o rapporto tra altezza e larghezza minore di 0,4 deve essere utilizzato un provino composto da due provini sovrapposti uno sopra l'altro senza malta o altro legante o intercalare di separazione. Se $h/l < 0,4$ sovrappone 2 provini; Se $h < 40$ mm sovrappone 2 provini.									
Attrezzatura utilizzata					Certificato di taratura				
Nr.	Tipo	Modello	Marca	Portata	Nr.	Data	Ente		
04	50-C5300P_C6232	03074381	Controlis	3000 kN	LAT 104 1554/2018	23/11/2018	Politecnico di Milano		

3.3 Analisi petrografica su campioni di malta

I campioni di malta Ma1 e Ma2 sono stati inviati presso il laboratorio accreditato CMR – Center Materials Research con sede a Vicenza per la caratterizzazione mediante analisi petrografica in sezione sottile con allestimento della sezione sottile trasversale e studi al microscopio polarizzatore in luce trasmessa.



Prelievo campione Ma1- piano primo



Prelievo campione Ma2 – piano terra

I risultati sono documentati nei rapporti di prova n° **1615-1-20** e **1615-2-20** del **25.02.2020** allegati a margine della presente relazione tecnica.

Vengono a seguito riportate le principali informazioni contenute nel rapporto integrale.



RAPPORTO DI PROVA N° 1615-1-20

Caratteristiche della porosità

Percentuale dei pori	25% primaria
Forma dei pori	Porosità irregolari di dimensioni inferiori a 3,5 mm
Riempimenti di fratture	Bordi di poro parzialmente ricoperti da calcite secondaria

Caratteristiche del legante

Struttura	A grumi
Tessitura	Micritica (< 4 µm)
Rapporti clasti/matrice (orli di reazione)	Assenti
Composizione	Carbonatica
Percentuale in volume	15%

Presenza di finiture cromatiche

Assenti

Descrizione microscopica dei prodotti di alterazione

Parziale dissoluzione della matrice legante con precipitazione di calcite lungo le pareti di poro.

Descrizione del tipo di impasto

Aggregato	Sabbia molto ben selezionata, di natura eminentemente carbonatica (elementi carbonatici per l'80%, elementi silicatici per il 20%), a granulometria < 1 mm
Legante	Calce aerea
Aggregato / Legante	4 / 1

Estratto del rapporto di prova n° 1615-1 – Campione Ma1