

CITTÀ



DI LODI

COMUNE di LODI

Direzione Organizzativa 3 - Piazzale Forni, 1 26900 Lodi

RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA SCUOLA PRIMARIA "DE AMICIS" NEL COMUNE DI LODI

(via della Calca 60, Lodi)

Progetto di Fattibilità Tecnico Economica Strutturale

RIF. TAVOLA	COMMESSA	LIVELLO	AMBITO	DOC	PROGR	REV
	2502	P F T E	S	R C S	0 1	0 0

ELABORATO

34

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE INTERVENTO LOCALE



Comune di Lodi

Provincia di Lodi

**Interventi di messa in sicurezza, adeguamento statico
mediante intervento locale presso istituto comprensivo De
Amicis, Lodi**

Progetto di Fattibilità Tecnico- Economica

Relazione di calcolo delle strutture

Fascicolo dei calcoli delle strutture

Aprile 2025

Prof. Ing. Giovanni Plizzari



INDICE

1	PREMESSA	5
2	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO.....	5
3	LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA.....	11
4	MATERIALI.....	12
4.1	Acciaio	12
4.2	Muratura	13
4.3	Calcestruzzo	15
5	STATO DI FATTO	16
5.1	Analisi dei carichi.....	16
5.2	Verifiche.....	21
6	RINFORZO DEI SOLAI	22
6.1	Solaio copertura piano terra zona primo ampliamento	23
6.2	Solaio copertura piano terra aule e corridoio	23
6.3	Solaio copertura piano primo aule e corridoio	24
6.4	Solaio copertura piano zona primo ampliamento.....	24
6.5	Copertura.....	24
6.6	Analisi dei carichi.....	26
7	MODELLAZIONE	28

7.1	Analisi statica	31
7.2	Verifica aumento dei carichi	34
NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO		37
APPENDICE 1: Identificazione fili fissi ed elementi strutturali		39
APPENDICE 2: Verifiche elementi strutturali		41
Trave filo 2 copertura piano terra-stato di fatto		41
Travetto latero C.A. copertura piano terra zona primo ampliamento-stato di fatto		45
Travetto in acciaio copertura piano terra zona aule-stato di fatto		50
Travetto in acciaio copertura piano terra zona corridoio-stato di fatto		53
Trave filo 5 copertura piano primo – stato di fatto		57
Travi filo D copertura piano primo – stato di fatto		60
Trave filo C copertura piano primo – stato di fatto		63
Travetto ligneo copertura piano primo – stato di fatto		66
Elementi lignei copertura – stato di fatto		70
Verifica delle volte al piano interrato		80
Recap interventi		83
Graticcio di travi copertura piano terra zona del primo ampliamento		83
Solaio copertura piano terra zona aule e corridoio – stato di progetto		87
Solaio copertura primo piano zona aule – sostituzione travetti esistenti		98

Elementi lignei copertura – stato di progetto	105
Dimensionamento elementi lignei – copertura primo ampliamento	113
Statica muratura portante – stato di progetto	132
Rinforzo piano interrato	137

1 PREMESSA

Il presente progetto riguarda gli interventi di messa in sicurezza, di adeguamento statico mediante intervento locale dell'istituto comprensivo De Amici via della Calca, Lodi (LO) di proprietà del comune di Lodi.

2 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Lo stato di fatto in cui si presenta l'edificio è figlio di un'edificazione avvenuta in 3 diverse fasi.

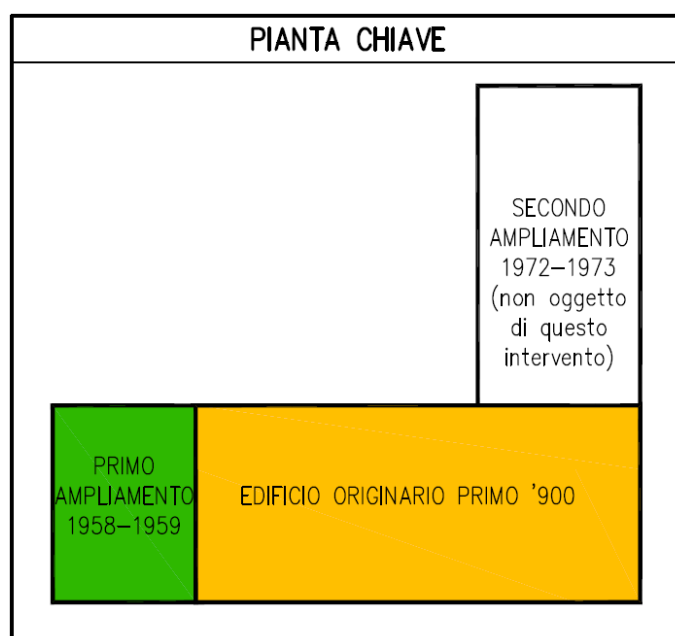


Figura 1: Pianta chiave con identificazione periodo di costruzione

Il corpo centrale (evidenziato in giallo) è il corpo di più antica costruzione. Presenta uno sviluppo planimetrico a pianta rettangolare con strutture portanti di elevazione in muratura e un solaio di copertura del piano terra realizzato con profili in acciaio e tavelle in laterizio, riempito in fine con materiale incoerente che costituisce anche il sottofondo del pavimento originario (piastrelle in graniglia di cemento nel corridoio e tavelle in laterizio nelle aule), al quale è

stato sovrapposto successivamente uno strato di linoleum. La copertura del primo piano (corrispondente al pavimento del sottotetto) è costituita da un solaio ligneo con travetti con sezione media 5 (base) x 12 cm (altezza) con interasse di 50 cm e assito ligneo. La copertura a padiglione è retta da travi (per colmo e terzere) in legno massiccio a sezione circolare con diametro variabile che appoggiano alternativamente su porzioni di muratura portante o capriate anch'esse lignee. Il pacchetto di copertura è organizzato con travetti lignei di sezione media 8x8 cm ad interasse di 50 cm su cui appoggia un tavolato in OBS e il manto di copertura in tegole di laterizio.

Sotto il piano terra è presente un piano seminterrato (arieggiato da aperture basse e larghe poste in proiezioni di quelle sovrastanti) con volte a botte in muratura.

In continuità con il corpo originario è stato realizzato un primo ampliamento nel 1958-1959 lungo il prospetto sud. Questa nuova porzione è retta da un sistema misto con pareti portanti in muratura e un pilastro centrale in calcestruzzo armato (c.a.). Gli orizzontamenti sono costituiti da solai in latero-cemento con spessore di 16+5 cm che appoggiano su una trave di spina ribassata nel solaio di copertura del piano terra e rialzata nel solaio di copertura del piano primo (corrispondente al sottotetto). Il solaio di copertura del piano terra ha una cappa in calcestruzzo con spessore di 5 cm mentre il solaio di copertura del primo piano è senza cappa collaborante. Lungo il perimetro degli impalcati sono presenti cordoli in calcestruzzo armato sopra la muratura portante. La copertura è sempre lignea ed è stata realizzata in continuità con la copertura già esistente (al momento dell'ampliamento).

Negli anni 1972-1973 è stato realizzato un secondo ampliamento con travi e pilastri in c.a.

La presente relazione riguarda la riabilitazione strutturale del corpo originario e del primo ampliamento in quanto il secondo ampliamento non è oggetto del presente incarico.

La struttura è caratterizzata da murature in mattoni pieni e malta di calce con i seguenti spessori strutturali medi (al netto dell'intonaco), come riportato in *Figura 2-6*:

- Piano Terra 55 cm le murature ortogonali ai solai e 50 cm le altre
- Piano Primo: 45 cm le murature perimetrali e 50 cm le murature di spina
- Piano Sottotetto: 45 cm

Complessivamente l'edificio presenta un volume di 4610 m^3 circa, dato dalla superficie lorda di sedime (circa 408 m^2) moltiplicata per l'altezza media (circa 11.30 m valutando l'altezza media della falda di copertura),



Figura 2-2: Interrato, volte



Figura 2-3: Solaio interpiano tra piano terra e piano primo



Figura 2-4: Capriata nel sottotetto



Figura 2-5: Solaio di sottotetto zona del primo ampliamento

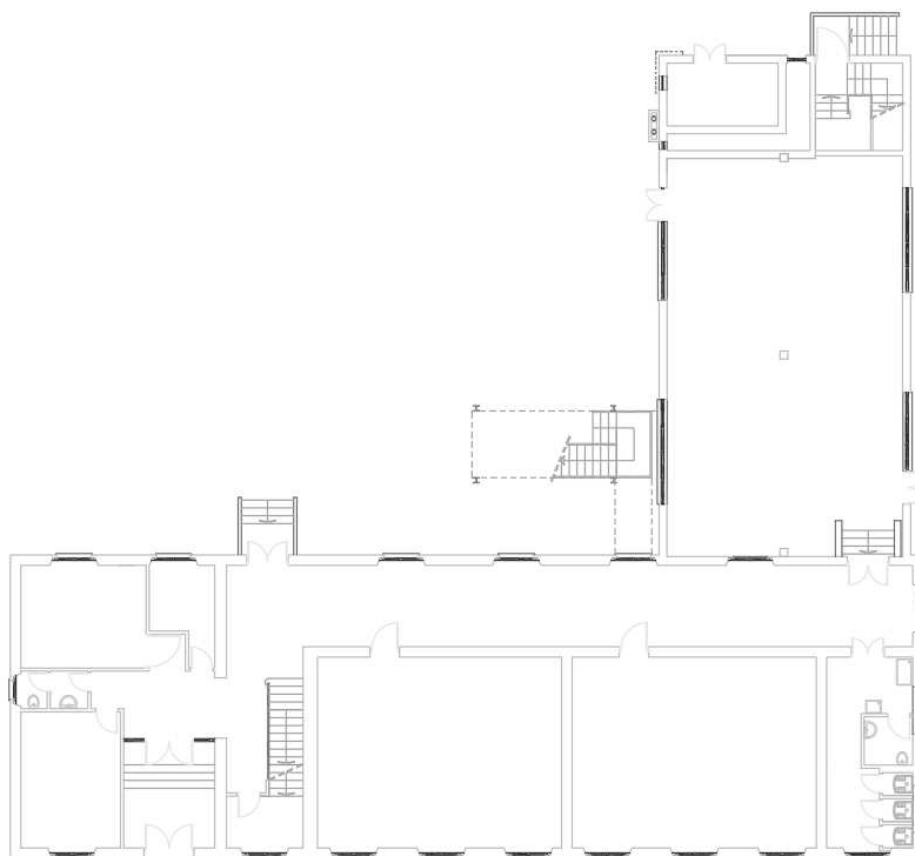
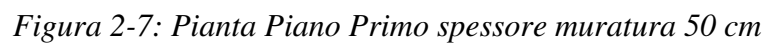


Figura 2-6: Pianta Piano Terra spessore muratura 55 cm



3 LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Per la determinazione dei fattori di confidenza è necessario valutare il livello di conoscenza della struttura (in accordo con il Paragrafo C8.5.4.1 della Circolare 21 gennaio 2019, n. 7) riguardo ai seguenti aspetti:

- Analisi storico-critica: sono stati rilevati fenomeni di degrado locale (distacco intonaco); non si hanno notizie di trasformazioni operate dall'uomo che possono aver prodotto cambiamenti nell'assetto statico originario e di interventi di consolidamento pregressi.
- Geometria: nota grazie ad un rilievo di dettaglio degli elementi portanti.
- Dettagli costruttivi: non sono disponibili disegni di progetto dell'edificio; sono stati verificati, per quanto possibile, i dettagli strutturali e le zone di appoggio degli elementi strutturali.
- Proprietà dei materiali: sono stati effettuati esami visivi delle strutture e sono stati estratti dei campioni in situ dalle travi in acciaio dei solai per l'esecuzione di prove a trazione fino a rottura con determinazione della tensione di snervamento e della resistenza a rottura.

Sulla base delle informazioni ottenute si può affermare che il livello di conoscenza ottenuto per l'acciaio è adeguato (LC2), a cui corrisponde un fattore di confidenza pari a 1,2.

4 MATERIALI

Si riportano di seguito le caratteristiche dei materiali presenti all'interno del fabbricato che compongono gli elementi strutturali e dei nuovi materiali che verranno impiegati con gli interventi di rinforzo.

Le indagini dei materiali esistenti all'interno dell'edificio sono state commissionate dal Comune di Lodi all'azienda 4emme.

4.1 Acciaio

La caratterizzazione dell'acciaio presente in sito è avvenuta mediante prove con durometro di Vickers, tali indagini sono avvenute sui travetti del solaio di copertura del piano primo, sulle barre lisce d'armatura e sulle barre ad elica presenti nei solai ottenendo i valori di resistenza a rottura riportati nel seguito.

Punto	Elemento	Indice di durezza Vickers (HV)			Durezza brinell (HB)	Tensione di rottura a trazione (f_t) Mpa
		Min	Max	Medio		
V1	Putrella	162	208	183	174	587
V2	Putrella	169	210	178	169	569
V3	Putrella	173	216	187	178	601
V4	Putrella	170	222	186	177	598
V5	Barra ad elica Ø12	183	230	205	195	660
V6	Barra liscia Ø8	185	196	189	180	607
V7	Barra liscia Ø8	181	201	192	182	616
V8	Barra liscia Ø8	175	196	186	177	598
V9	Barra liscia Ø16	172	202	187	178	601
V10	Barra liscia Ø18	174	211	195	185	625
V11	Barra ad elica Ø12	190	224	206	196	663
V12	Barra liscia Ø8	171	206	189	180	607
V13	Barra liscia Ø8	177	206	190	181	610
V14	Barra liscia Ø18	173	220	195	185	625

Figura 8: Risultati delle prove sugli acciai con durometro di Vickers

Sulla base dei risultati delle prove effettuate, a favore di sicurezza, si può assumere che:

- l'acciaio da carpenteria presente ha una resistenza media a rottura pari a circa 580 MPa; operando a favore di sicurezza, si assume che corrisponda all'acciaio S235 previsto dalla normativa vigente;
- l'acciaio per le barre di armatura presente è simile all'acciaio FeB32k previsto dal D.M. 30/15/1974; si considera come tensione ultima per le barre di armatura pari a 450 MPa.

Per le nuove strutture in acciaio è previsto l'uso di acciaio da carpenteria tipo S275, caratterizzato da una resistenza di progetto pari a 260 MPa; per le strutture in calcestruzzo armato è previsto invece un acciaio B450C, caratterizzato da una resistenza di progetto pari a 391 MPa.

Al fine di rendere collaboranti le travi in acciaio esistenti (nel solaio di copertura del piano terra) con una cappa collaborante in c.a. di nuova realizzazione, verranno impiegati connettori tipo Tecnar CTF12/40 e CTF12/80.

4.2 Muratura

Le indagini diagnostiche sulla muratura, sempre realizzate dalla 4emme, hanno riguardato prove con martinetti piatti di tipo semicircolare.

Le prove sono state condotte in 4 punti diversi del fabbricato, nello specifico MP1-2 sono stati compiuti sulla porzione edificata durante il primo ampliamento e MP3-4 sul corpo originario.

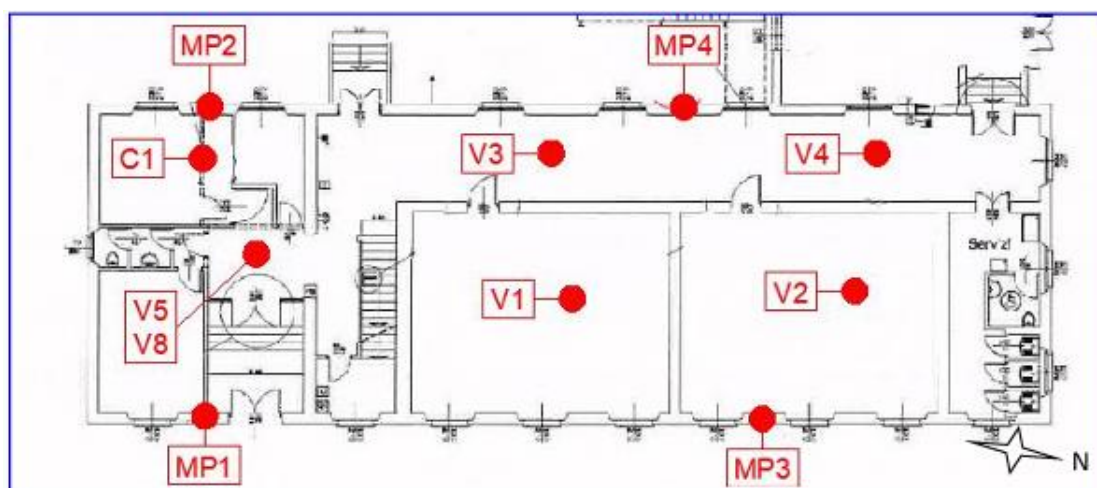


Figura 9: Localizzazione in piante delle indagini eseguite al piano terra.

ed hanno fornito i seguenti risultati.

Riepilogo dei risultati			
Martinetto piatto	Carico di Esercizio σ_n	Carico di Rottura f	Modulo elastico E
n.	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
MP1	0.19	2.28	1390.03
MP2	0.19	2.59	1582.97
MP3	0.19	1.22	1217.47
MP4	0.18	1.07	1213.33

Figura 10: Riepilogo risultati delle indagini sulla muratura esistente

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza non misurabili sperimentalmente in situ si fa riferimento a quanto riportato nella Normativa Tecnica per le Costruzioni (NTC 2018) al Paragrafo 11.10.3.2.2. Nel seguito si riportano quindi i valori delle caratteristiche meccaniche presi in considerazione per l'analisi strutturale dell'edificio in muratura, già presenti nel software 3Muri inserendo nell'apposito campo i risultati delle prove sperimentali e i dati ottenuti con sopra indicato.

$$f_d = f_m / FC \cdot \gamma_m$$

con il fattore di confidenza (FC) pari a 1.2

$\gamma_m=3$ per verifiche statiche e $\gamma_m=2$ per verifiche sismiche

Muratura zona primo ampliamento

E [N/mm ²]	1,492.29
Eh [N/mm ²]	1,492.29
G [N/mm ²]	562.67
w [dN/m ³]	18
f _m [N/cm ²]	294.25
f _{hm} [N/cm ²]	220.69
f _k [N/cm ²]	205.98
τ [N/cm ²]	11.67
FC	1.20
γ m	3.00
Maschio drift taglio	0.0050
Maschio drift flessione	0.0100
Fascia drift taglio	0.0150
Fascia drift flessione	0.0150
Fascia accoppiata drift	0.0200
Stato	Esistente
Descrizione	Muratura ampliamento
Libreria	

Muratura zona corpo originario

E [N/mm ²]	1,337.37
Eh [N/mm ²]	1,337.37
G [N/mm ²]	490.33
w [dN/m ³]	18
f _m [N/cm ²]	229.75
f _{hm} [N/cm ²]	172.31
f _k [N/cm ²]	160.83
τ [N/cm ²]	7.96
FC	1.20
γ m	3.00
Maschio drift taglio	0.0050
Maschio drift flessione	0.0100
Fascia drift taglio	0.0150
Fascia drift flessione	0.0150
Fascia accoppiata drift	0.0200
Stato	Esistente
Descrizione	Muratura antica
Libreria	

4.3 Calcestruzzo

Le analisi diagnostiche hanno riguardato anche il prelievo di carote sulle travi in c.a. presenti nei locali del primo ampliamento. I risultati sperimentali delle prove in situ, considerando anche il danneggiamento provocato ai provini durante l'estrazione delle carote, i risultati di tali prove sono stati inseriti all'interno del software 3Muri per la verifica sismica.

Per quanto riguarda le verifiche statiche, ponendosi a favore di sicurezza, si ritiene il calcestruzzo del primo ampliamento in classe C16/20, con una resistenza caratteristica a compressione di 20 MPa.

Dati dichiarati			Risultati di prova								
Sigla	Data estrazione	Posizione in opera	Dimensioni [mm]		h/d	Massa volumica [kg/m ³]	Resistenza a compressione f _c [N/mm ²]	Tipo rottura	Max inerte ϕ [mm]	Armatura rilevata [mm]	Data prova
			ϕ	h							
C1	25/02/2025	Trave piano terra	99	99	1	2.300	20,7	S	20	—	06/03/2025
C2	25/02/2025	Trave piano terra	99	99	1	2.248	24,8	S	30	—	06/03/2025

Figura 11: Risultati prove di compressione su provini di calcestruzzo.

Per quanto concerne il livello di carbonatazione rilevato nelle indagini, riportato nella relazione allegata, si specifica che gli elementi in questione sono localizzati all'interno dell'edificio;

per tanto le barre di armatura non risultano esposte all'azione dell'acqua. Inoltre, si prescrive l'applicazione di vernice impermeabilizzante che vada a costituire uno strato protettivo.

5 STATO DI FATTO

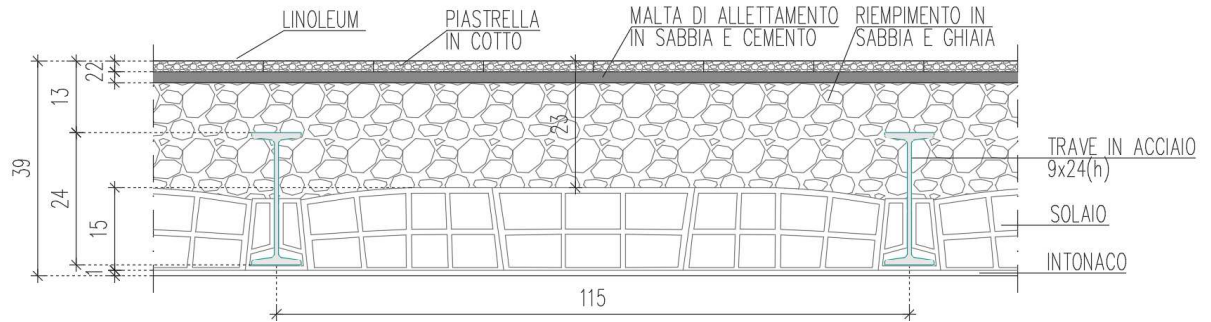
Nel seguito vengono riportate le verifiche statiche condotte sui solai del fabbricato al fine di determinare la sicurezza dell'edificio esistente e valutare la necessità di eventuali interventi di rinforzo.

5.1 Analisi dei carichi

Vengono riportate nel seguito le stratigrafie dei vari solai con le relative analisi dei carichi ed il calcolo delle azioni sollecitanti. I solai sono stati classificati come riportato nel seguito:

- Solaio tipo A: aule copertura piano terra;
- Solaio tipo B: corridoio copertura piano terra;
- Solaio tipo C: primo ampliamento copertura piano terra;
- Solaio tipo D: copertura piano primo zona corridoio e aule;
- Solaio tipo E: copertura piano primo zona primo ampliamento;
- Solaio tipo F: copertura.

SOLAIO TIPO A: Solaio aule copertura piano terra

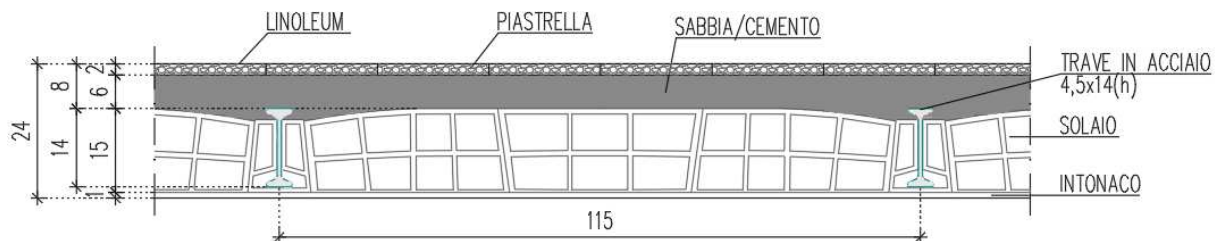


Solaio Aule Copertura Piano Terra - Zona con travi in acciaio

	Tipologia	Materiali	Carichi parziali [kN/m ²]	Carichi totali [kN/m ²]
Solaio Aule con travi in acciaio	Carichi permanenti strutturali (G ₁)	Trave NP 240	0.31	2.98
		Volterrane (sp.medio 15cm, $\gamma=7\text{kN/m}^3$)	1.05	
		Riempimento in ghiaia tra le travi (sp.9cm, $\gamma=18\text{kN/m}^3$)	1.62	
	Carichi permanenti non strutturali (G ₂)	Riempimento in ghiaia sopra le travi (sp.9cm, $\gamma=18\text{kN/m}^3$)	1.80	2.88
		Sottofondo sabbia e cemento (sp.2cm, $\gamma=20\text{kN/m}^3$)	0.40	
		Pavimento (sp. 2 cm, $\gamma=24\text{kN/m}^3$)	0.48	
		Intonaco intradosso (sp. 1 cm, $\gamma=20\text{kN/m}^3$)	0.20	
	Carichi variabili (Q)	Cat.C1	3.00	3.00
			8.86	

Figura 12: Analisi dei carichi solaio aule copertura piano terra.

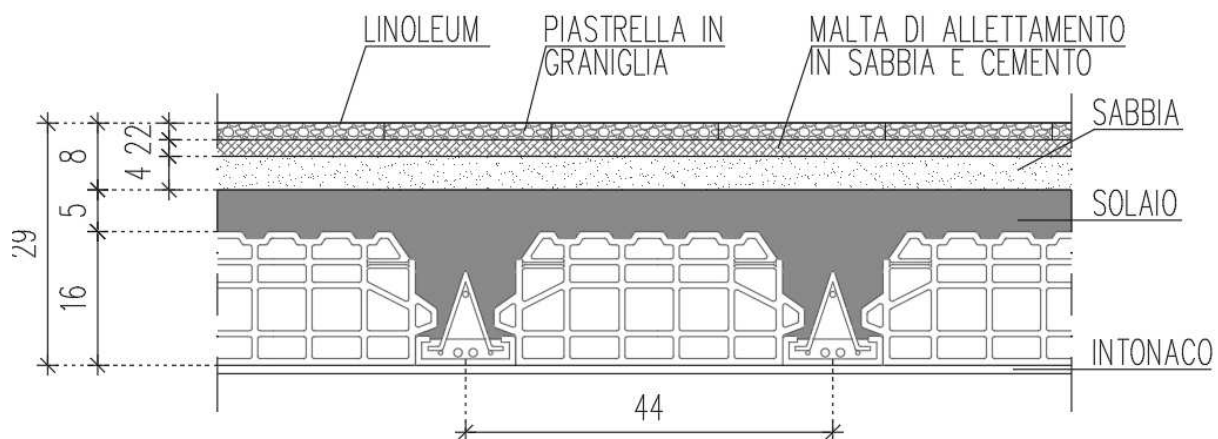
SOLAIO TIPO B: Solaio corridoio copertura piano terra



Solaio Corridoio Copertura Piano Terra - Zona con travi in acciaio

	Tipologia	Materiali	Carichi parziali [kN/m ²]	Carichi totali [kN/m ²]
Solaio Aule con travi in acciaio	Carichi permanenti strutturali (G ₁)	Trave NP 140	0.12	1.17
		Volterrane (sp.medio 15cm, $\gamma=7\text{kN/m}^3$)	1.05	
	Carichi permanenti non strutturali (G ₂)	Sottofondo sabbia e cemento (sp.6cm, $\gamma=20\text{kN/m}^3$)	1.20	2.08
		Pavimento (sp. 2 cm, $\gamma=24\text{kN/m}^3$)	0.48	
		Intonaco intradosso (sp. 1 cm, $\gamma=20\text{kN/m}^3$)	0.20	
		Controsoffitto	0.20	
	Carichi variabili (Q)	Cat.C1	3.00	3.00
			6.25	

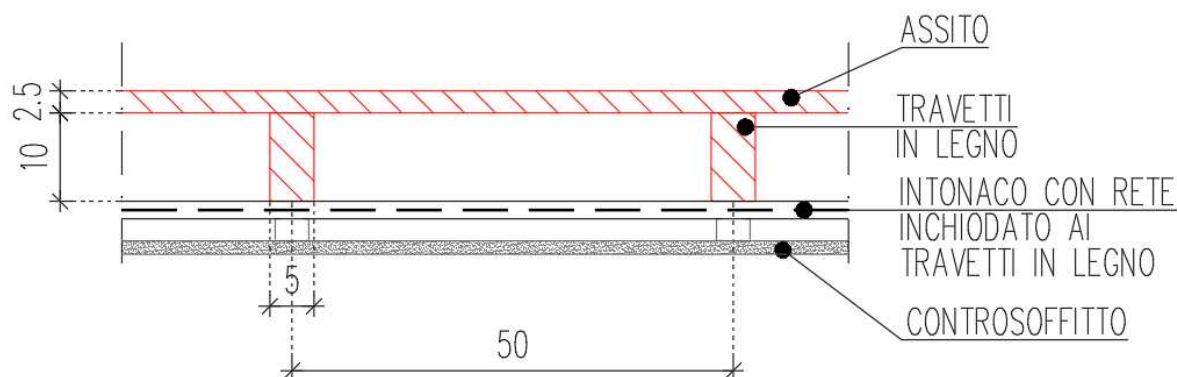
Figura 5-13: Analisi dei carichi solaio corridoio copertura piano terra

SOLAIO TIPO C: Solaio primo ampliamento copertura piano terra

Solaio Copertura Piano Terra 1° Ampliamento

Solaio Copertura Piano Terra	Tipologia	Materiali	Carichi parziali [kN/m²]	Carichi totali [kN/m²]
	Carichi permanenti strutturali (G ₁)	Solaio in laterocemento (16+5)	3.00	3.00
	Carichi permanenti non strutturali (G ₂)	Massetto impianti in sabbia (sp. 2cm, γ=16kN/m³)	0.32	2.92
		Incidenza tavolati	2.00	
		Sottofondo sabbia e cemento (sp. 2cm, γ=20kN/m³)	0.40	
		Pavimento		
		Intonaco intradosso (sp. 1 cm, γ=20kN/m³)	0.20	
Carichi variabili (Q)	Cat.C1	3.00	3.00	
TOTALE			8.92	

Figura 14: Analisi dei carichi solaio primo ampliamento.

SOLAIO TIPO D: Solaio di copertura piano primo zona corridoio e aule

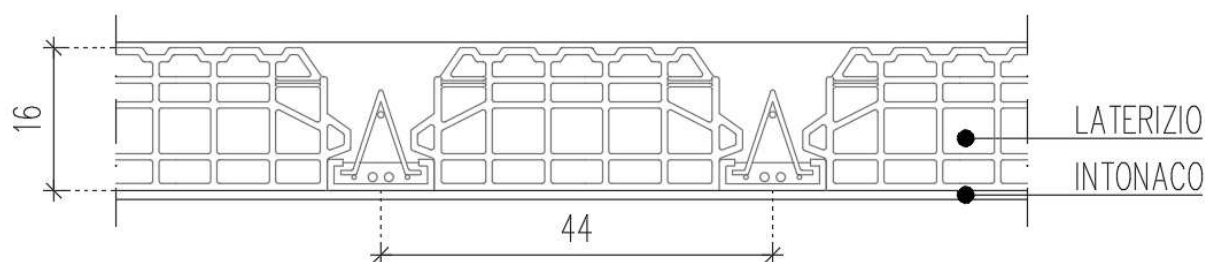


Solaio Copertura Piano Primo (pavimento sottotetto)

Solaio Copertura Piano Primo	Tipologia	Materiali	Carichi parziali [kN/m ²]	Carichi totali [kN/m ²]
	Carichi permanenti strutturali (G ₁)	Travetti lignei 5x12 + assito sp 3 cm	0.30	0.30
	Carichi permanenti non strutturali (G ₂)			0.00
	Carichi variabili (Q)	Cat.H (Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione)	0.50	0.50
TOTALE				0.80

Figura 15: Analisi dei carichi solaio di copertura piano primo.

SOLAIO TIPO E: Solaio copertura piano primo zona primo ampliamento



Solaio Copertura Piano Primo (pavimento sottotetto) primo ampliamento

Solaio Copertura Piano Primo	Tipologia	Materiali	Carichi parziali [kN/m ²]	Carichi totali [kN/m ²]
	Carichi permanenti strutturali (G ₁)	Solaio in laterocemento (20+5)	3.25	3.25
	Carichi permanenti non strutturali (G ₂)			0.00
	Carichi variabili (Q)	Cat.H (Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione)	0.50	0.50
TOTALE				3.75

Figura 16: Analisi dei carichi solaio copertura piano primo zona del primo ampliamento.

SOLAIO TIPO F: Copertura



SOLAIO COPERTURA esistenti recenti

Solaio di Copertura A- esistente	Tipologia	Materiali	Carichi parziali [kN/m ²]	Carichi totali [kN/m ²]
	Carichi permanenti strutturali (G ₁)	Travetti (8 x 8 cm i= 50 cm, $\gamma=6\text{kN/m}^3$)	0.08	0.08
	Carichi permanenti non strutturali (G ₂)	Assito (sp. 3 cm, $\gamma=6\text{kN/m}^3$)	0.18	0.58
		Coppi	0.40	
	Carichi variabili (Q)	Neve	1.20	1.20

Figura 17: Analisi dei carichi copertura.

5.2 Verifiche

I solai sono in acciaio e sono stati calcolati mediante il programma BeamCad 21. I dati di input da inserire sono: la geometria delle campate specificando la luce e la sezione, le caratteristiche dei materiali, le azioni caratteristiche applicate facendo la distinzione tra pesi propri strutturali, i carichi permanenti e i variabili.

Col medesimo software, in ausilio a VCA-SLU V.7.8 (software open source sviluppato dal prof. Piero Gelfi dell'università degli studi di Brescia) , si sono verificate le travi in C.A. e i solai in latero-cemento.

Per ultimo la verifica degli elementi lignei in copertura è avvenuta in parte mediante software BeamCad21 per quanto concerne le travi e il software Midas per la verifica delle capriate.

In Appendice si riportano i dati di output del software contenenti le verifiche. Tutti i dettagli esecutivi sono riportati negli elaborati grafici di progetto.

Di seguito si riportano i principali risultati ottenuti per le verifiche statiche:

ELEMENTO	STATO
Travetto solaio copertura piano terra – zona primo ampliamento	Non verificato
Trave C.A. copertura piano terra – zona primo ampliamento	Non verificato
Solaio copertura piano terra – zona aule	Non verificato
Solaio copertura piano terra – zona corridoio	Verificato
Trave C.A. copertura primo piano – zona primo ampliamento	Verificato
Solaio copertura piano primo – zona primo ampliamento	Verificato
Solaio copertura piano primo – zona aule e	Verificato

corridoio	
Travi acciaio copertura piano primo – zona aule	Verificato
Elementi lignei copertura	Non verificato
Muratura	Non verificato

La problematica principale del solaio di copertura del piano terra in acciaio esistente risiede nell'eccessiva deformabilità che potrebbe comportare il distacco dell'intradosso degli elementi di alleggerimento, già avvenuto nel 2023 nella zona dei servizi igienici, creando così un grosso pericolo alle persone presenti nelle aule.

Sono presenti problemi anche nelle verifiche statiche dei solai in latero-cemento del primo ampliamento in quanto le armature rilevate negli orizzontamenti in latero-cemento poste superiormente non sono sufficienti a garantire un momento resistente superiore al momento sollecitante in corrispondenza della continuità del solaio. Allo stesso modo, la disposizione delle armature nella trave di spina non garantisce un momento resistente al lembo negativo tale da ricoprire in toto le azioni sollecitanti a stato limite ultimo.

Gli elementi lignei della copertura hanno rivelato sezioni resistenti insufficienti a reggere l'azione dei carichi in copertura in presenza del carico di neve.

6 RINFORZO DEI SOLAI

Dopo lo studio del comportamento strutturale dell'edificio si procede con la proposta di un intervento di riabilitazione strutturale per il consolidamento dei solai al fine di garantire la necessaria sicurezza e conservare questo esempio di architettura di primo '900.

Tutti gli interventi di seguito esposti per il rinforzo statico dei solai contribuiscono, inoltre, alla formazione di diaframmi di piano.

6.1 Solaio copertura piano terra zona primo ampliamento

Come precedentemente evidenziato, il solaio di copertura del piano terra nella zona del primo ampliamento è realizzato in latero-cemento. Nella condizione esistente (stato di fatto) il diametro e la disposizione delle armature sia del solaio che della trave di spina sono tali da non garantire la resistenza al momento sollecitante allo stato limite ultimo, in corrispondenza della continuità sull'appoggio centrale; ciò costringe la verifica delle due travi assunte come separate e in semplice appoggio, condizione per la quale le armature presenti al lembo positivo non sarebbero adeguate. Per questo motivo si intende rinforzare l'orizzontamento tramite l'installazione di un traliccio di travi in acciaio di rinforzo all'intradosso del solaio (secondo lo schema riportato nelle tavole grafiche) in modo tale da ridurre le luci dei solai e alleggerire il carico sulla trave di spina.

6.2 Solaio copertura piano terra aule e corridoio

Il solaio in acciaio non evidenzia criticità per quanto riguarda le azioni statiche ma risulta troppo deformabile, comportando così il pericolo di distacco del fondo dei blocchi di laterizio presenti tra due travi adiacenti (volterrane). Per risolvere la criticità si prevede di intervenire sui due solai tramite la formazione di un massetto in c.a. con spessore di 6 cm, reso collaborante tramite inserimento di connettori tipo "Tecnaria ctf 12/40" o equivalenti. Inoltre, si prescrive la sostituzione del riempimento incoerente con calcestruzzo alleggerito in modo da non alterare la quota di calpestio per limitare l'aumento dei carichi agenti.

I solai in acciaio-calcestruzzo sono stati calcolati mediante il programma Tecnaria 5.0.1. I dati di input da inserire sono: la geometria delle campate specificando la luce e la sezione, le caratteristiche dei materiali, le azioni caratteristiche applicate facendo la distinzione tra pesi propri strutturali, carichi permanenti e variabili.

In appendice si riportano i dati di output del software contenuti le verifiche (si faccia riferimento alla verifica svolta per il solaio A con $L=750$ cm e il solaio B con $L=350$ cm)

Tutti i dettagli esecutivi sono riportati negli elaborati grafici di progetto.

6.3 Solaio copertura piano primo aule e corridoio

L'attuale impalcato è realizzato mediante assi di legno disposte in costa, questo comporta un'eccessiva deformabilità del solaio e l'incertezza circa le sezioni resistenti degli elementi su cui non si è indagato in sito. Per questi motivi si prevede la sostituzione dell'impalcato con uno nuovo in travetti di legno massello e assito in OSB, L'appoggio dei nuovi travetti verrà realizzato mediante profili in acciaio connessi alle pareti perimetrali, in modo da non intaccare l'integrità della muratura realizzando nuove nicchie. Il nuovo orizzontamento permetterà la disposizione dell'isolante all'estradosso e del controsoffitto all'intradosso.

6.4 Solaio copertura piano zona primo ampliamento

Si prevede la realizzazione di una cappa armata collaborante sul solaio esistente attualmente assente in modo da limitare la deformabilità (evitando così lo sfondellamento delle pignatte) ed evitare il camminamento diretto sugli elementi in laterizio durante l'accesso al sottotetto per la manutenzione.

6.5 Copertura

La porzione a sud della copertura (al disopra dell'ampliamento) presenta un'organizzazione per i carichi statici che comporta la presenza di un carico concentrato sulla trave di spina.



Figura 18: Pilastro in falso copertura lato sud

Sebbene la trave presenti una geometria importante (25x90 cm) che le permette di resistere al carico, si prevede la riorganizzazione della copertura uniformandola alla restante porzione.

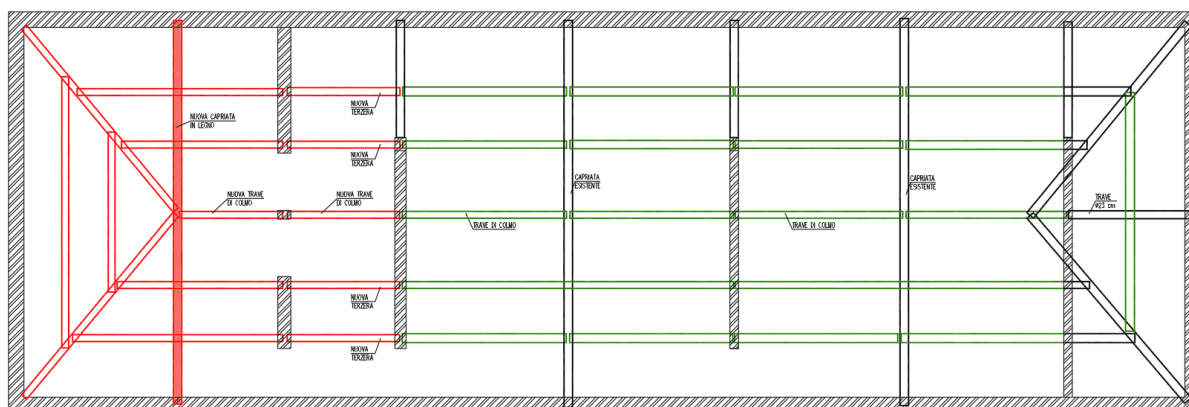


Figura 19: Inquadratura zona di copertura soggetta a sostituzione (in rosso)

La zona di copertura dell'ampliamento sarà pertanto soggetta alla rimozione del manto di copertura e alla sostituzione degli elementi lignei con inserimento di una nuova capriata (geometricamente uguale alle capriate già presenti) con il compito di garantire un appoggio alla trave di colmo in sostituzione dell'appoggio puntuale.

La rimozione del manto di copertura e dei travetti risulta funzionale anche per avere un comodo accesso al piano di sottotetto, anch'esso soggetto ad intervento.

6.6 Analisi dei carichi

Vengono riportate di seguito le stratigrafie dei vari solai post intervento con le relative analisi dei carichi che permettono di valutare i pesi che gravano sulla struttura e calcolare, di conseguenza, le azioni sollecitanti i solai. I solai sono stati classificati come di seguito:

- Solaio tipo A : aule copertura piano terra con luce pari a 7.50 m;
- Solaio tipo B: corridoio copertura piano terra con luce pari a 3.50 m;
- Solaio tipo C: primo ampliamento copertura piano terra con luce pari a 3.85 m (per campata);

SOLAIO TIPO A

Solaio Aule Copertura Piano Terra - Zona con travi in acciaio

	Tipologia	Materiali	Carichi parziali [kN/m ²]	Carichi totali [kN/m ²]
Solaio Aule con travi in acciaio	Carichi permanenti strutturali (G ₁)	Trave NP 240	0.31	3.31
		Volterrane (sp.medio 15cm, $\gamma=7\text{kN/m}^3$)	1.05	
		Riempimnto con CLS alleggerito (sp.9cm, $\gamma=5\text{kN/m}^3$)	0.45	
		Nuova cappa in cls (sp.6cm, $\gamma=25\text{kN/m}^3$)	1.50	
	Carichi permanenti non strutturali (G ₂)	Sottofondo sabbia e cemento (sp.8cm, $\gamma=20\text{kN/m}^3$)	1.60	2.10
		Pavimento (sp. 2 cm, $\gamma=24\text{kN/m}^3$)	0.10	
		Intonaco intradosso (sp. 1 cm, $\gamma=20\text{kN/m}^3$)	0.20	
		Controsoffitto	0.20	
	Carichi variabili (Q)	Cat.C1	3.00	3.00

Figura 20: Analisi dei carichi del solaio tipo A

SOLAIO TIPO B

Solaio Corridoio Copertura Piano Terra - Zona con travi in acciaio

	Tipologia	Materiali	Carichi parziali [kN/m ²]	Carichi totali [kN/m ²]
Solaio Aule con travi in acciaio	Carichi permanenti strutturali (G ₁)	Trave NP 140	0.12	2.67
		Volterrane (sp.medio 15cm, $\gamma=7\text{kN/m}^3$)	1.05	
		Nuova cappa in cls (sp.6cm, $\gamma=25\text{kN/m}^3$)	1.50	
	Carichi permanenti non strutturali (G ₂)	Sottofondo calcestruzzo alleggerito (sp.6cm, $\gamma=5\text{kN/m}^3$)	0.30	1.18
		Pavimento (sp. 2 cm, $\gamma=24\text{kN/m}^3$)	0.48	
		Intonaco intradosso (sp. 1 cm, $\gamma=20\text{kN/m}^3$)	0.20	
		Controsoffitto	0.20	
	Carichi variabili (Q)	Cat.C1	3.00	3.00

Figura 21: Analisi dei carichi del solaio tipo B

SOLAIO TIPO C

Solaio Copertura Piano Terra 1° Ampliamento

	Tipologia	Materiali	Carichi parziali [kN/m ²]	Carichi totali [kN/m ²]
Solaio Copertura Piano Terra	Carichi permanenti strutturali (G ₁)	Solaio in laterocemento (16+5)	3.00	3.00
	Carichi permanenti non strutturali (G ₂)	Massetto impianti in sabbia (sp. 2cm, $\gamma=16\text{kN/m}^3$)	0.32	2.92
		Incidenza tavolati	2.00	
		Sottofondo sabbia e cemento (sp. 2cm, $\gamma=20\text{kN/m}^3$)	0.40	
		Pavimento		
		Intonaco intradosso (sp. 1 cm, $\gamma=20\text{kN/m}^3$)	0.20	
	Carichi variabili (Q)	Cat.C1	3.00	3.00
TOTALE				8.92

Figura 22: Analisi dei carichi del solaio tipo C.

7 MODELLAZIONE

Lo studio del comportamento strutturale dell'edificio a seguito degli interventi di rinforzo è stato eseguito mediante l'ausilio del software **3Muri**.

Al fine di ottenere un modello strutturale adeguato all'analisi globale è importante una corretta scelta nella distribuzione di masse e rigidezze. A tal fine, soprattutto nel caso di edifici esistenti in muratura, dove il sistema strutturale resistente non sempre è di immediata individuazione, è di fondamentale rilevanza una fase preliminare di analisi che, oltre a fornire informazioni sulle caratteristiche dei materiali, possa chiarire quali siano gli elementi resistenti. Nello specifico degli edifici in muratura, la parete potrà essere adeguatamente schematizzata come telaio, in cui vengono assemblati gli elementi resistenti (maschi e fasce) ed i nodi rigidi.

In particolare, divisa la parete in tratti verticali corrispondenti ai vari piani e nota l'ubicazione delle aperture, vengono determinate le porzioni di muratura, maschi murari e fasce di piano, in cui si concentrano deformabilità e danneggiamento e che vengono modellate con i macroelementi finiti bidimensionali, rappresentativi di pannelli murari, a due nodi con tre gradi di libertà per nodo (u_x , u_z , rot_y) e due gradi di libertà aggiuntivi interni. Le restanti porzioni di parete vengono dunque considerate come nodi rigidi bidimensionali di dimensioni finite, a cui sono connessi i macroelementi; questi ultimi trasmettono, ad ognuno dei nodi incidenti, le azioni lungo i tre gradi di libertà del piano. Grazie a questa suddivisione in nodi ed elementi, il modello della parete diviene quindi del tutto assimilabile a quello di un telaio piano. I nodi del modello sono nodi tridimensionali a 5 gradi di libertà (le tre componenti di spostamento nel sistema di riferimento globale e le rotazioni intorno agli assi X e Y) o nodi bidimensionali a 3 gradi di libertà (due traslazioni e la rotazione nel piano della parete). Quelli tridimensionali vengono usati per permettere il trasferimento delle azioni, da un primo muro a un secondo disposto trasversalmente rispetto al primo. I nodi di tipo bidimensionale hanno gradi di libertà nel solo piano della parete permettendo il trasferimento degli stati di sollecitazione tra i vari punti della parete. Gli orizzontamenti sono modellati con elementi solaio connessi ai nodi tridimensionali e sono caricabili perpendicolarmente al loro piano dai carichi permanenti e accidentali.

In particolare, si è deciso di semplificare la procedura di analisi, trasformando la geometria della copertura lignea inglobando il solaio di sottotetto posto ad una quota di interpiano superiore, pari alla media tra la quota del colmo della copertura e del pavimento del sottotetto. In questo modo si pone un carico equivalente ai due solai come se fosse concentrato all'altezza del baricentro dell'ultimo orizzontamento, ponendosi a favore di sicurezza.

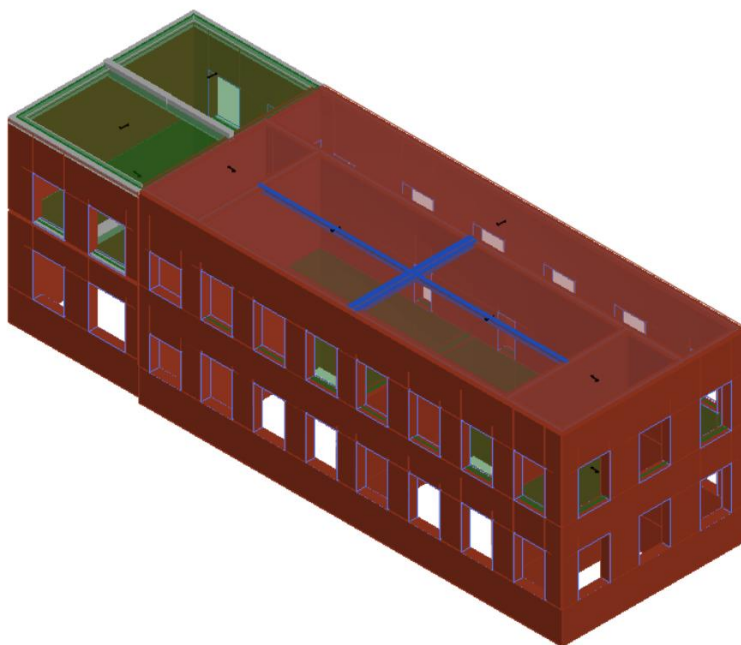


Figura 23: Modello 3D dell'edificio (3Muri)

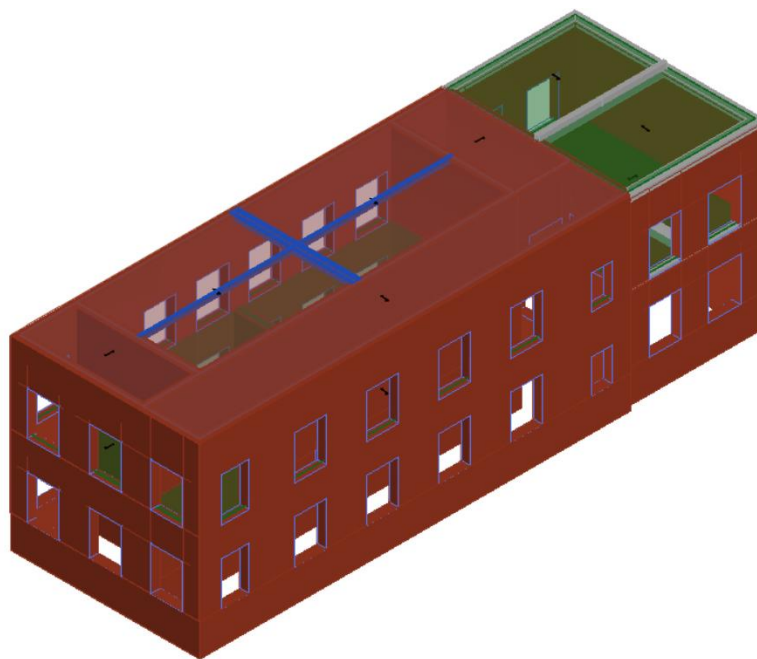


Figura 24: Modello 3D dell'edificio (3Muri)

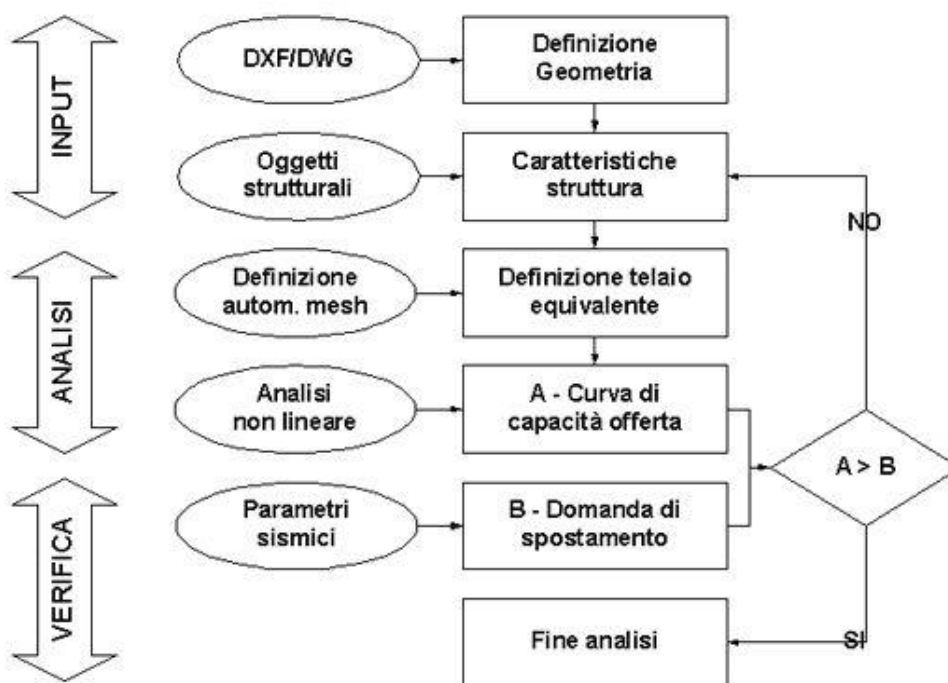


Figura 25: TreMuri, schema generale programma

7.1 Analisi statica

Le verifiche richieste si concretizzano nel confronto fra il valore del carico verticale agente ed il carico verticale resistente. Questa valutazione viene effettuata prendendo in esame i valori di snellezza ed eccentricità [Norme Tecniche 2018 §4.5.6].

La verifica di **snellezza** è eseguita in accordo con quanto riportato al punto 4.5.4. delle NTC 2018.

Si definisce snellezza di una muratura il rapporto h_0/t in cui:

h_0 : lunghezza libera di inflessione del muro pari a $\rho * h$:

t : spessore del muro.

h : l'altezza interna di piano;

ρ : il fattore laterale di vincolo.

La verifica di snellezza risulta soddisfatta se risulta verificata la seguente:

$$h_0/t < 20$$

La verifica di **eccentricità dei carichi** è eseguita in accordo con quanto riportato al punto 4.5.6.2. delle NTC 2018.

Tale verifica risulta soddisfatta qualora risultino verificate le seguenti condizioni:

$$e_1/t \leq 0.33$$

$$e_2/t \leq 0.33$$

in cui:

t : spessore del muro

$$e_1 = |e_s| + |e_a| \quad ; \quad e_2 = \frac{e_1}{2} + |e_v|$$

e_s : eccentricità totale dei carichi verticali

e_a : $h/200$

e_v : eccentricità dovuta al vento $e_v = M_v / N$

La verifica di a **carichi verticali** è eseguita in accordo con quanto riportato al punto 4.5.6.2. delle NTC 2018.

Tale verifica risulta soddisfatta qualora risulti verificata la seguente:

$$N_d \leq N_r$$

in cui:

N_d : carico verticale agente

N_r : carico verticale resistente; $N_r = f f_d A$

A : area della sezione orizzontale del muro al netto delle aperture;

f_d : resistenza di calcolo della muratura;

f : coefficiente di riduzione della resistenza del muro

Queste verifiche sono state eseguite in ogni maschio murario della struttura, nelle tre sezioni principali (inferiore, centrale, superiore).

I valori dello sforzo normale resistente saranno calcolabili solamente se le verifiche di snellezza ed eccentricità dei carichi risultano soddisfatte. Vengono ora riportati i risultati ottenuti dall'analisi riassunti nella rappresentazione grafica del software in Figura 26, Figura 27 e Figura 28.

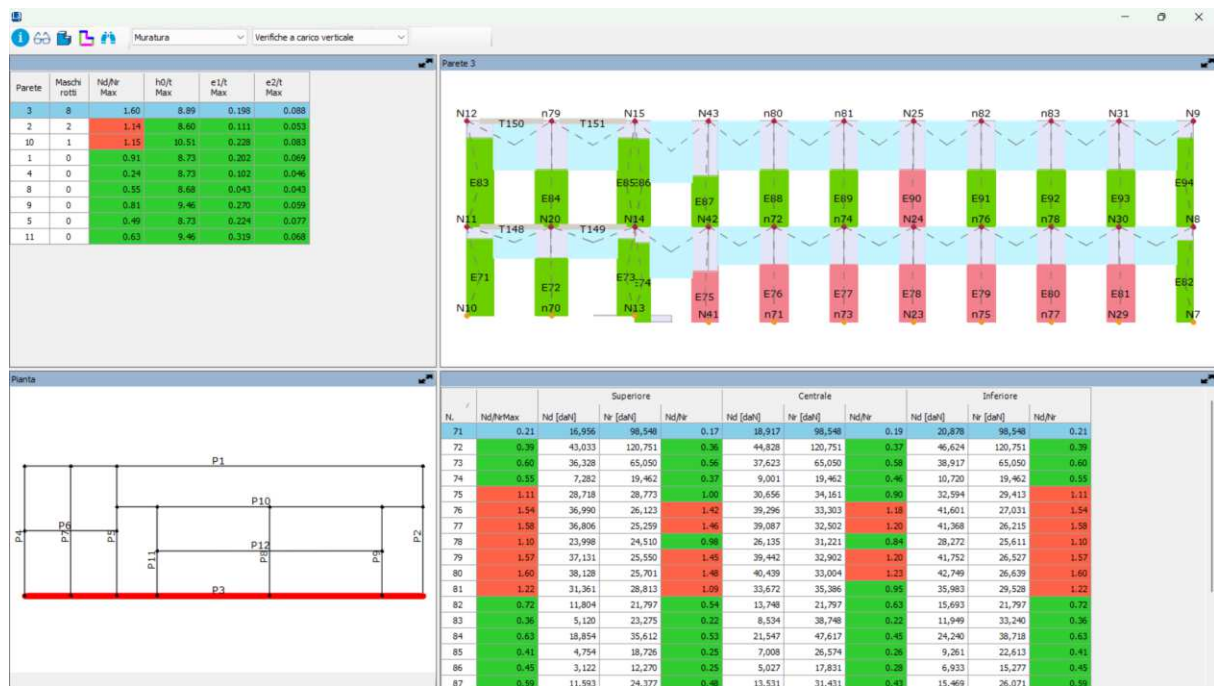


Figura 26: Risultati verifiche statiche parete 3 stato di fatto

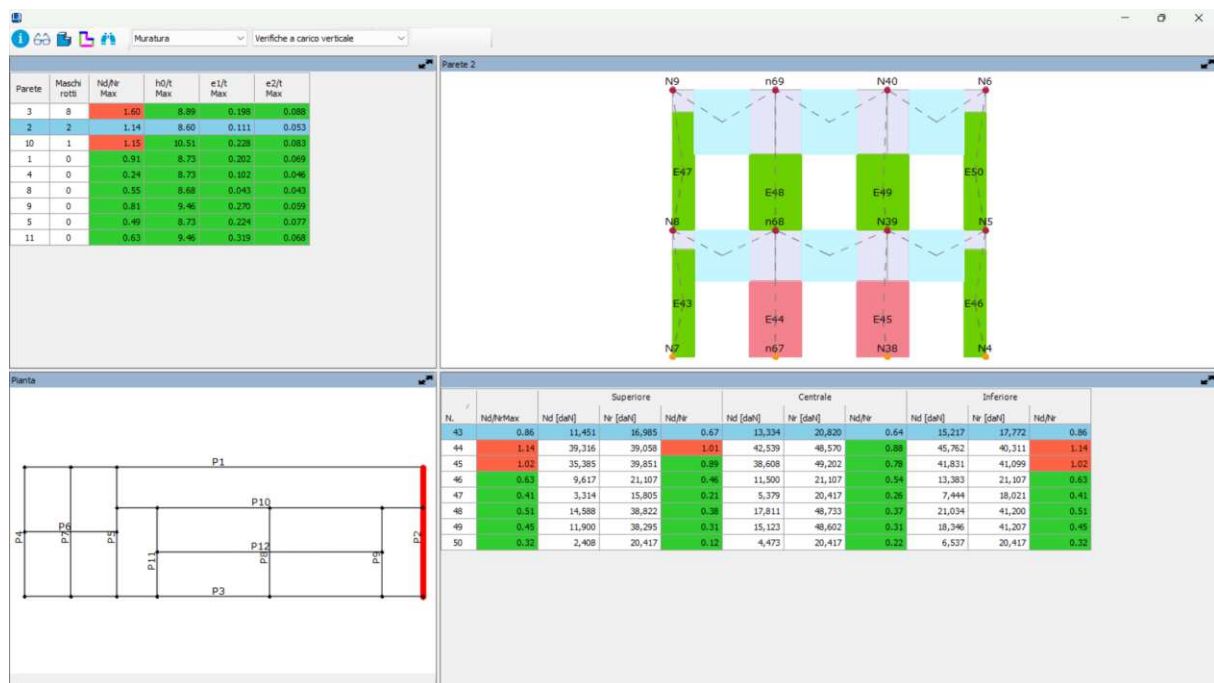


Figura 27: Risultati verifiche statiche parete 2 stato di fatto

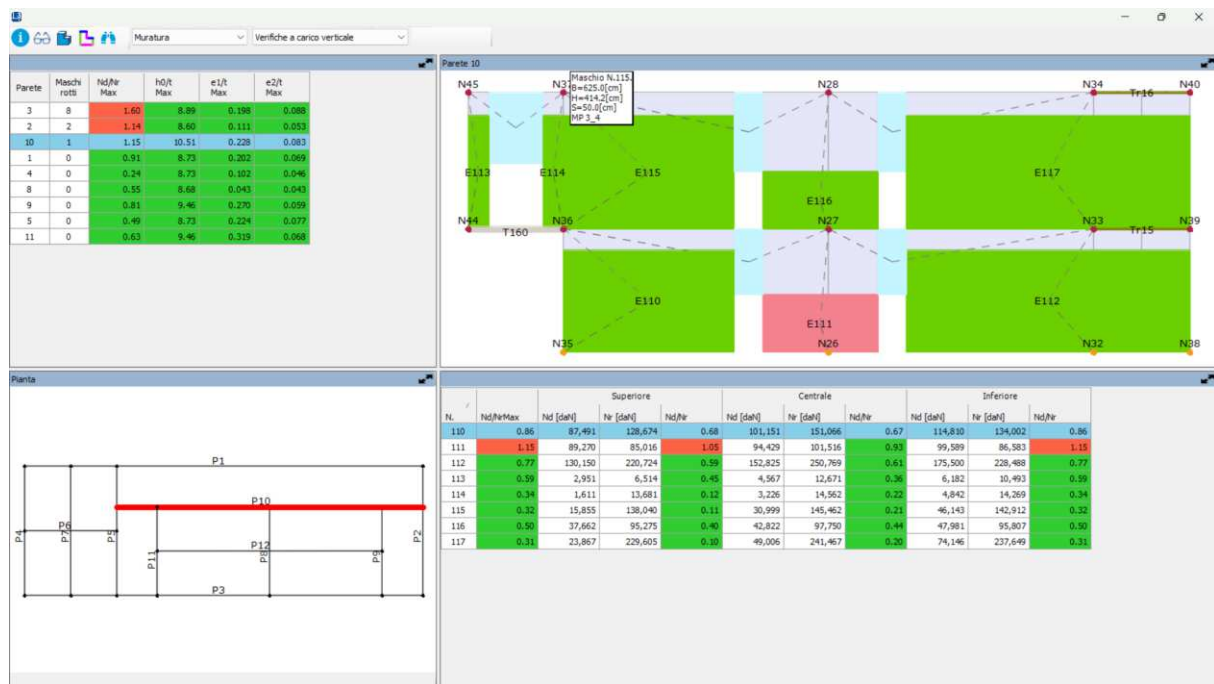


Figura 28: Risultati verifiche statiche parete 10 stato di fatto

7.2 Verifica aumento dei carichi

Intervento locale (NTC 2018 8.4.1)

Gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura. Essi non debbono cambiare significativamente il comportamento globale della costruzione e sono volti a conseguire una o più delle seguenti finalità:

- ripristinare, rispetto alla configurazione precedente al danno, le caratteristiche iniziali di elementi o parti danneggiate;
- migliorare le caratteristiche di resistenza e/o di duttilità di elementi o parti, anche non danneggiati;
- impedire meccanismi di collasso locale;
- modificare un elemento o una porzione limitata della struttura. Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati, documentando le carenze strutturali riscontrate e dimostrando che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non vengano prodotte sostanziali modifiche al compor-

tamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi non comportino una riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti. La relazione di cui al § 8.3 che, in questi casi, potrà essere limitata alle sole parti interessate dall'intervento e a quelle con esse interagenti, dovrà documentare le carenze strutturali riscontrate, risolte e/o persistenti, ed indicare le eventuali conseguenti limitazioni all'uso della costruzione. Nel caso di interventi di rafforzamento locale, volti a migliorare le caratteristiche meccaniche di elementi strutturali o a limitare la possibilità di meccanismi di collasso locale, è necessario valutare l'incremento del livello di sicurezza locale.

Di seguito verrà verificato che l'amento dei carichi dovuto agli interventi sopra esposti non comporti una variazione >10 % delle azioni statiche agenti sulle strutture verticali.

La verifica risulta soddisfatta qualora:

$$R = \frac{\text{Carihi stato di progetto}}{\text{Carichi stato di fatto}} < 1.10$$

La verifica sulla sollecitazione della muratura viene condotta su un metro lineare di muratura portante posizionata tra le aule e il corridoio: questa sarà quella maggiormente soggetta alla variazione dei carichi dovuta all'intervento sui solai.

$$\text{Luce di calcolo zona aule} = \frac{7.10}{2} = 3.55 \text{ m}$$

$$\text{Luce di calcolo corridoio} = \frac{2.95}{2} = 1.48 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Carico solaio cop. PT zona aule:} \quad & \text{stato di fatto} = 2.98 + 2.88 + 3 = 8.86 \text{ kN/m}^2 \\ & \text{stato di progetto} = 3.31 + 2.10 + 3 = 8.41 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Carico solaio cop. PT corridoio:} \quad & \text{stato di fatto} = 1.17 + 2.08 + 3 = 6.25 \text{ kN/m}^2 \\ & \text{stato di progetto} = 2.67 + 1.18 + 3 = 6.85 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Carico solaio cop. P1:} \quad & \text{stato di fatto} = 0.30 + 0.50 = 0.80 \text{ kN/m}^2 \\ & \text{stato di progetto} = 0.50 + 0.50 + 0.50 = 1.50 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Muratura: $s = 0.50 \text{ m}$
 $H \cong 10.00 \text{ m}$
 $W_M = 18.00 \text{ kN/m}^3$

Sollecitazione alla base N_{ED} :

$$N_{ED} = (s * H * W_M) + \sum (L_{influenza_i} * Q_i)$$

Stato di fatto:

$$N_{ED} = (0.50 * 10 * 18) + (3.55 * 8.86) + (1.48 * 6.25) + [(3.55 + 1.48) * 0.80] = 134.73 \text{ kN}$$

Stato di progetto:

$$N_{ED} = (0.50 * 10 * 18) + (3.55 * 8.41) + (1.48 * 6.85) + [(3.55 + 1.48) * 1.50] = 137.54 \text{ kN}$$

$$R = \frac{Carichi \text{ stato di progetto}}{Carichi \text{ stato di fatto}} = \frac{137.54}{134.73} = 1.02 < 1.10$$

La verifica risulta quindi soddisfatta.

NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Decreto Ministeriale 17.01.2018, “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”
Ministero delle Infrastrutture e Trasporti”.

Circolare 21.01.2019, n°7, “Istruzioni per l’applicazione dell’ “Aggiornamento delle Norme
tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17.01.2018”.

UNI EN 206, “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, 2016.

UNI 11104, “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità. Specifica-
zioni complementari per l’applicazione della EN 206”, 2016.

UNI EN 1992-1-1, “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1:
Regole generali e regole per gli edifici “, 2015

SOFTWARE UTILIZZATI:

3MURI 15.0.0.3

Licenza 15058

Intestatario: ENCO ENGINEERING CONSULTING

BEAMCAD 21.8

ENCO ENGINEERING CONSULTING SRL VIA CARLO URBINO, 52 CREMA

Numero di chiave: BW-8879295.

Prodotto: BeamCAD 21.8 (plus).

MDIASGEN

licenza Midas Gen Plus & ASWD U001-21317 rilasciata a Enco Engineering Consulting s.r.l.

ARCH ASSESMENT

Assessment of masonry arches and vaults – Versione 1.2-7th april 2208

by Ing. Pietro Gelfi, University of Brscia (Italy)

PROFILI_V6

Versione 7.7 – 21 aprile 2009

by Ing. Pietro Gelfi, University of Brscia (Italy)

VCA SLU

Versione 7.8-novembre 2021

by Ing. Pietro Gelfi, University of Brscia (Italy)

TECNARIA APP 6.3.0

Data rilascio: Gennaio 2025

Il software da:

Ing. Ioannis Christovasilis di Aether Engineering s.a.s., e

Ing. Enrico Nespolo di Tecnaria S.p.A.

APPENDICE 1: Identificazione fili fissi ed elementi strutturali

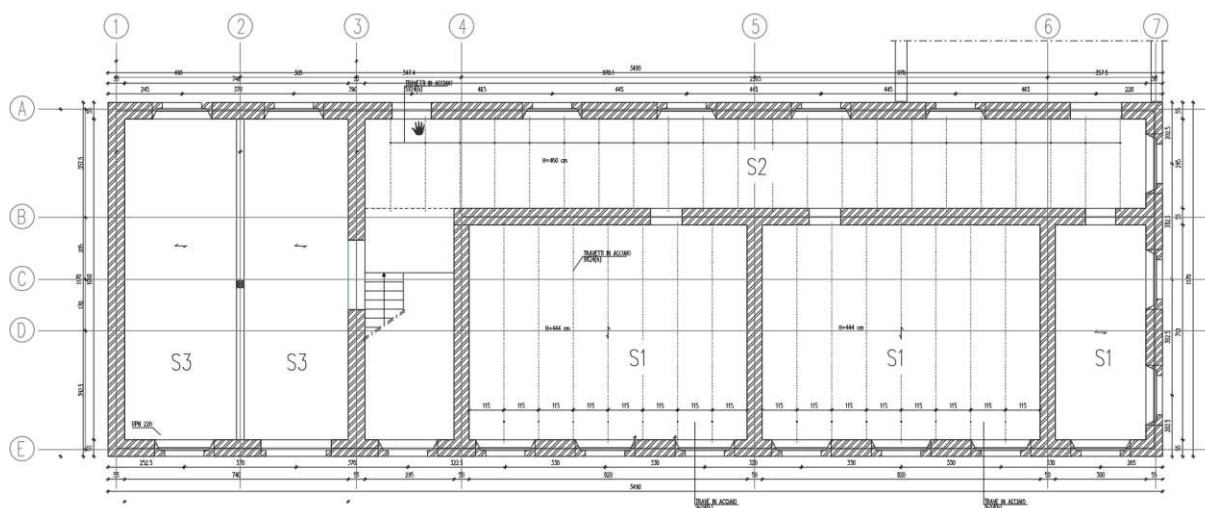


Figura 29: Orizzontamento copertura piano terra-stato di fatto

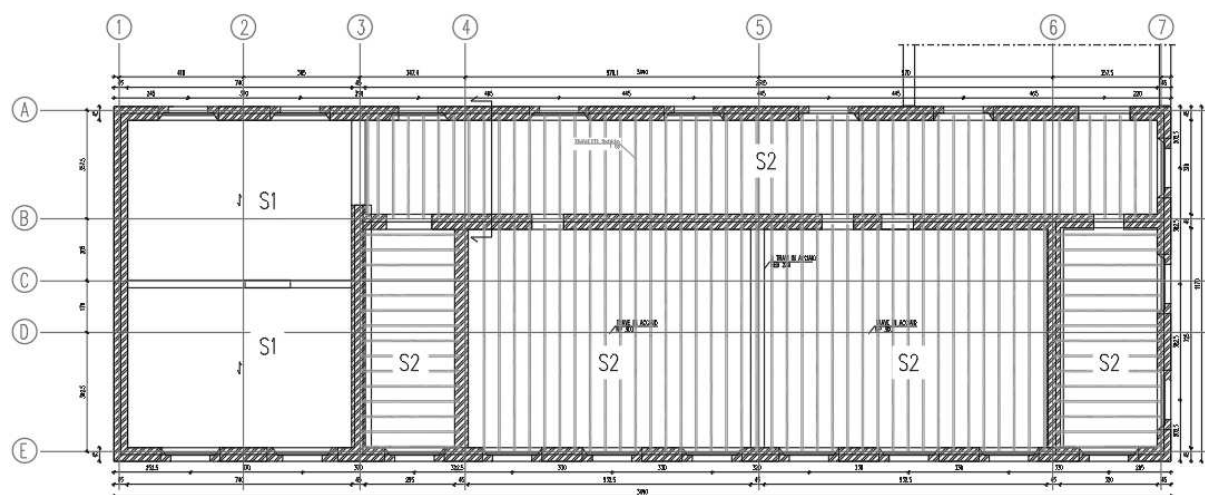


Figura 30: Orizzontamento copertura piano primo-stato di fatto

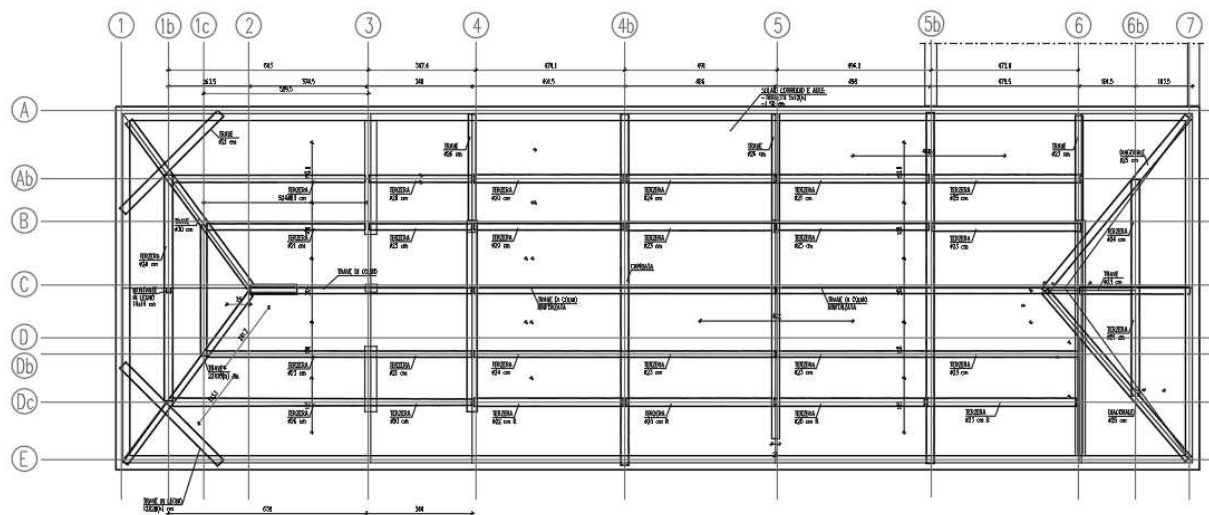


Figura 31: Orizzontamento copertura sottotetto-stato di fatto

Geometria campate

Luce: 5.25;

sezione n° 1 - R 30x70

Luce: 5.55;

sezione n° 1 - R 30x70

ELENCO APPOGGI

N°	Descrizione	Fittizio	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio
1	Muro	No	0.25	0.25	0	
2	Pil	No	0.25	0	0	
3	Muro	No	0.25	0.25	0	

Elenco dei carichi

Peso proprio valutato automaticamente e riportato nei carichi in elenco.

Campata 1

Peso proprio: 5.25

Carico uniforme: permanente 12; permanente portato 11.68; variabile 12

Campata 2

Peso proprio: 5.25

Carico uniforme: permanente 12; permanente portato 11.68; variabile 12

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

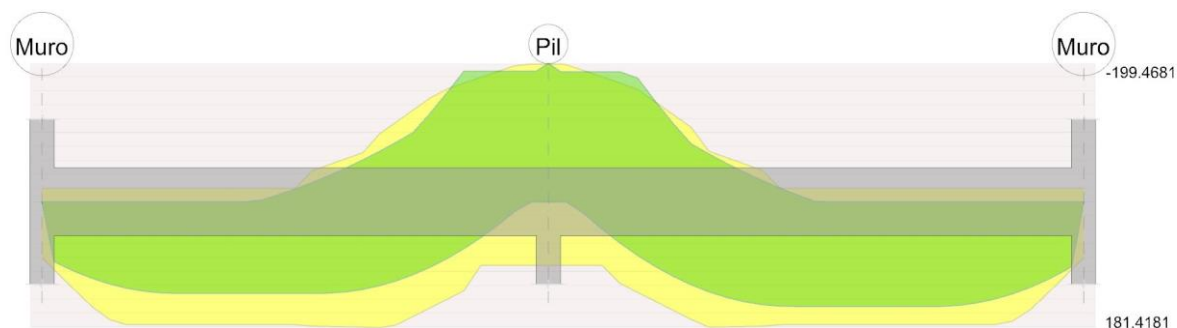


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

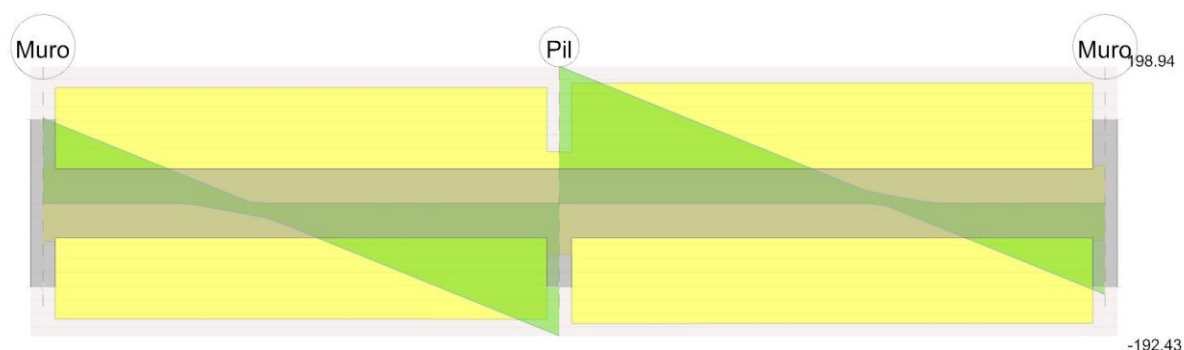
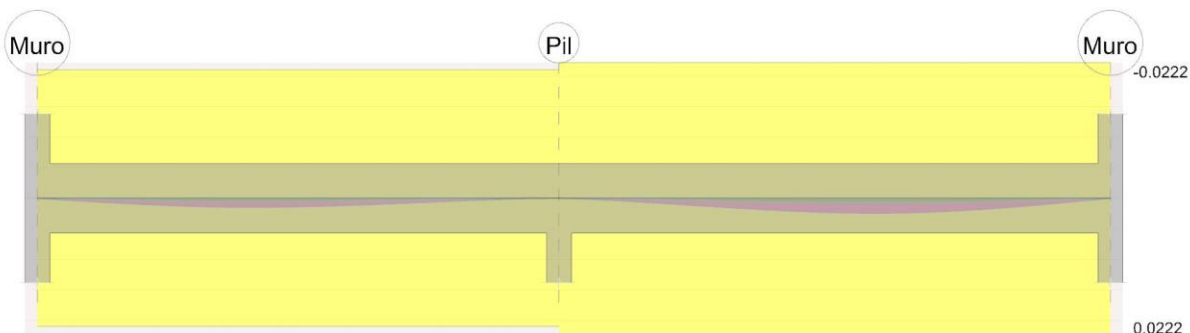


Diagramma verifica stato limite esercizio quasi permanente freccia



Output campate

Campata 1

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.000101	0.027	0.000446	0.032	0	0	80.4176	0.064	+∞	0	0	-19.2516	0.042	+∞	Si
0.13	0.000101	0.027	0.000545	0.032	14.997	86.144	97.8176	0.082	1.14						Si
2.63	0.000101	0.027	0.001018	0.032	124.8055	131.7866	176.8984	0.169	1.34	12.0288	-18.4101	-19.2891	0.045	1.05	Si
4.38	0.000958	0.031	0.000714	0.032	-13.8116	67.3653	127.9266	0.056	1.9	-81.7571	-188.0975	-171.0672	0.07	0.91	No
5.13	0.001118	0.032	0.000509	0.032						-188.0975	-188.0975	-198.3998	0.112	1.05	Si
5.25	0.001118	0.032	0.000509	0.032						-211.6984	-199.4681	-198.3998	0.112	0.99	No

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Vdes	Vrd	Vrcl	Vrsd	Vult	cotgθ	coeff	Verifica
0	0	0.000101	0	123.6	123.6	55	292.51	0	55	2.5	0.44	Si
0.13	0.000004	0.000545	0	116.35	116.35	61.49	292.51	168.18	168.18	2.5	1.45	Si
2.63	0.000004	0.001018	0	-40.32	-40.32	-75.73	-292.51	-168.18	-168.18	2.5	4.17	Si
5.13	0.000004	0.000958	0	-185.19	-185.19	-74.23	-292.71	-168.29	-168.29	2.5	0.91	No
5.25	0	0.001007	0	-192.43	-192.43	-75.47	-292.71	0	-75.47	2.5	0.39	Si

Verifica delle tensioni in esercizio

x	Rara						Quasi permanente						Verifica
	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.	
0	0	0	0	9960	0	256000	0	0	0	7470			Si
0	0	0	0	9960	0	256000	0	0	0	7470			Si

x	Rara						Quasi permanente						Verifica
	Mela	Mdes	σ_c	σ_{clim}	σ_f	σ_{flim}	Mela	Mdes	σ_c	σ_{clim}	σ_{FRP}	σ_{FRPlim}	
0.13	10.1154	57.493	3658	9960	171470	256000	7.7597	43.73	2782	7470			Si
2.63	78.1208	85.0593	4300	9960	139437	256000	56.2144	63.141	3192	7470			Si
5.13	-132.8644	-132.8644	5853	9960	198002	256000	-105.5969	-105.5969	4652	7470			Si
5.25	-149.5352	-140.8962	6207	9960	209972	256000	-118.8463	-111.9803	4933	7470			Si

Verifica di apertura delle fessure

x	Bordo	Rara			Frequente			Quasi permanente			Verifica
		Dmax	Esm	Wd	Dmax	Esm	Wd	Dmax	Esm	Wd	
0.13	inferiore	0.348	0.0005	0.000174	0.348	0.00047	0.000162	0.348	0.00041	0.000142	Si
2.63	inferiore	0.223	0.00046	0.000102	0.223	0.00041	0.00009	0.223	0.00036	0.000079	Si
4.38	superiore	0.214	0.00088	0.000189	0.214	0.0008	0.00017	0.214	0.00073	0.000156	Si
5.13	superiore	0.195	0.00076	0.000147	0.195	0.00068	0.000133	0.195	0.00063	0.000122	Si
5.25	superiore	0.195	0.00081	0.000158	0.195	0.00073	0.000143	0.195	0.00067	0.000131	Si

Verifica di deformabilità

x	Rara				Frequente				Quasi permanente					Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. visco-sa+	Fess. visco-sa-	l/f	
0.13	0.00007	0.00003	0.00008	0.00003	0.00006	0.00004	0.00005	0.00003	0.00005	0.00004	0.00013	0.00009	9999	Si
2.1	0.00077	0.00029	0.00098	0.00025	0.00061	0.00037	0.00061	0.00033	0.00054	0.0004	0.00147	0.00092	3565	Si
2.63	0.00076	0.00025	0.00095	0.00021	0.00059	0.00034	0.00059	0.0003	0.00052	0.00037	0.00139	0.00086	3766	Si
5.13	0.00002	-0.00002	0.00002	-0.00004	0.00001	-0.00001	0	-0.00002	0	-0.00001	0	-0.00004	9999	Si

Verifiche minimi armatura longitudinale

x	Area presente	Area efficace	Area minima	Verifica
2.28	0.000101	0.000101	0.000321	No

Verifiche minimi armatura trasversale

x	Area presente	Area minima	Verifica
0.13	0.0004	0.00045	No

Campata 2

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.00118	0.032	0.000509	0.032						-211.6984	-199.4681	-198.3998	0.112	0.99	No
0.13	0.00118	0.032	0.000509	0.032						-187.2835	-187.2835	-198.3998	0.112	1.06	Si
0.93	0.000906	0.031	0.000727	0.032	-8.7117	77.0817	130.2254	0.057	1.69	-67.8357	-178.2841	-161.8854	0.067	0.91	No
2.78	0.000101	0.027	0.001018	0.032	143.5105	150.5054	176.8984	0.169	1.18	27.5621	-0.2949	-19.2891	0.045	65.42	Si
5.43	0.000101	0.027	0.000544	0.032	16.0616	93.4425	97.7491	0.082	1.05						Si
5.55	0.000101	0.027	0.000445	0.032						0	0	-19.2521	0.042	+∞	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Vdes	Vrd	Vrzd	Vrsd	Vult	cotgθ	coeff	Verifica
0	0	0.000959	0	198.94	198.94	74.27	292.71	0	74.27	2.5	0.37	Si
0.13	0.0000042	0.000959	0	191.7	191.7	74.27	292.71	174.64	174.64	2.5	0.91	No
2.78	0.0000042	0.001018	0	38.14	38.14	75.73	292.51	174.53	174.53	2.5	4.58	Si
5.43	0.0000042	0.000544	0	-124.87	-124.87	-61.47	-292.51	-174.53	-174.53	2.5	1.4	Si
5.55	0	0.000101	0	-132.11	-132.11	-55	-292.51	0	-55	2.5	0.42	Si

Verifica delle tensioni in esercizio

x	Rara	Quasi permanente	Verifica
---	------	------------------	----------

	Mela	Mdes	σ_c	$\sigma_{c \text{ lim.}}$	σ_f	$\sigma_{f \text{ lim.}}$	Mela	Mdes	σ_c	$\sigma_{c \text{ lim.}}$	σ_{FRP}	$\sigma_{FRP \text{ lim.}}$	
0	-149.5352	-140.8962	6207	9960	209972	256000	-118.8463	-111.9803	4933	7470			Si
0.13	-132.2895	-132.2895	5828	9960	197145	256000	-105.1399	-105.1399	4632	7470			Si
2.78	92.8745	99.5145	5031	9960	163133	256000	68.8422	75.1138	3797	7470			Si
5.43	10.9626	63.3172	4029	9960	188973	256000	8.4888	48.7503	3102	7470			Si
5.55	0	0	0	9960	0	256000	0	0	0	7470			Si

Verifica di apertura delle fessure

x	Bordo	Rara			Frequente			Quasi permanente			Verifica
		Dmax	Esm	Wd	Dmax	Esm	Wd	Dmax	Esm	Wd	
0	superiore	0.195	0.00081	0.000158	0.195	0.00073	0.000143	0.195	0.00067	0.000131	Si
0.13	superiore	0.195	0.00075	0.000146	0.195	0.00068	0.000132	0.195	0.00062	0.000121	Si
2.78	inferiore	0.223	0.00057	0.000127	0.223	0.00051	0.000113	0.223	0.00045	0.0001	Si
5.43	inferiore	0.348	0.00058	0.000202	0.348	0.00054	0.000189	0.348	0.00048	0.000168	Si

Verifica di deformabilità

x	Rara				Frequente				Quasi permanente					Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. visco-sa+	Fess. visco-sa-	l/f	
0.13	0.00003	-0.00001	0.00004	-0.00002	0.00002	0	0.00002	-0.00001	0.00002	0	0.00005	0	9999	Si
2.78	0.00104	0.00046	0.00155	0.00041	0.00083	0.00054	0.001	0.00049	0.00075	0.00057	0.00235	0.00151	2357	Si
3.15	0.00105	0.00049	0.00159	0.00044	0.00085	0.00057	0.00103	0.00051	0.00077	0.0006	0.00244	0.00159	2277	Si
5.43	0.00009	0.00005	0.00012	0.00004	0.00007	0.00005	0.00008	0.00005	0.00006	0.00005	0.0002	0.00013	9999	Si

Verifiche minimi armatura longitudinale

x	Area presente	Area efficace	Area minima	Verifica
2.41	0.000101	0.000101	0.000321	No

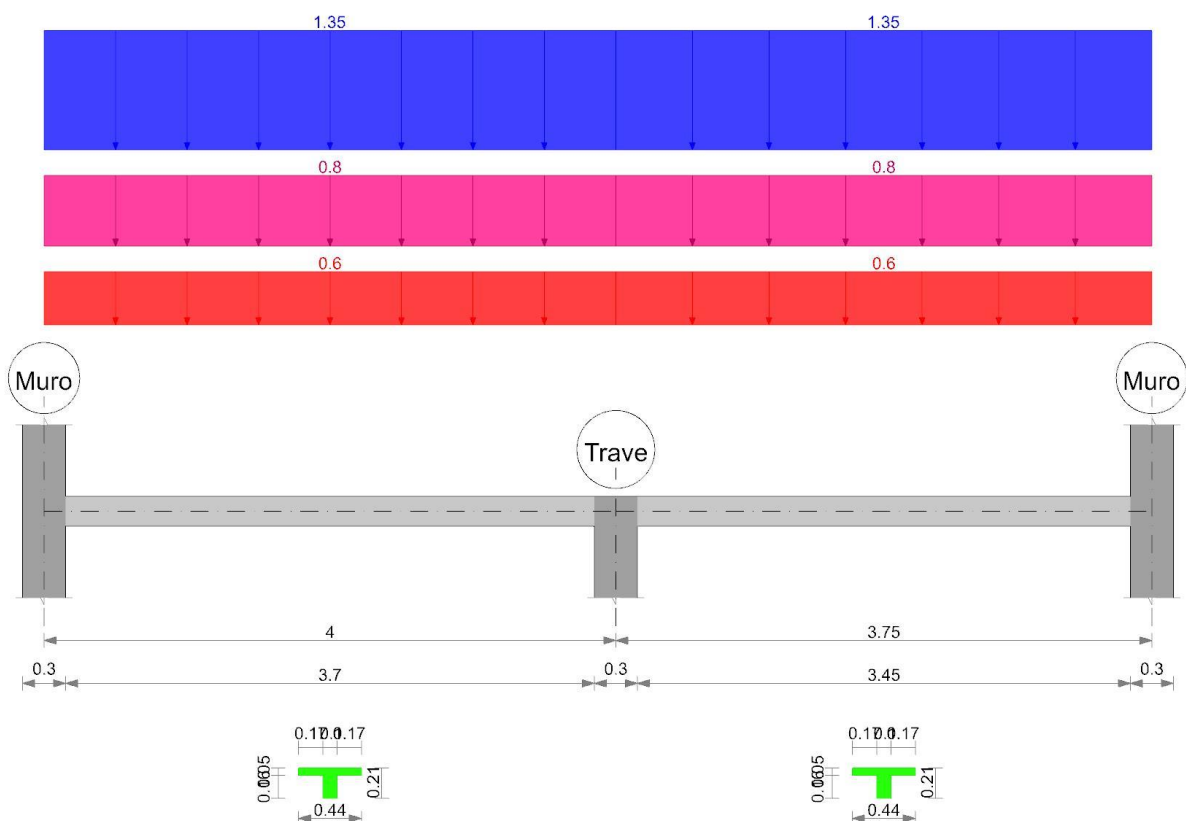
Verifiche minimi armatura trasversale

x	Area presente	Area minima	Verifica
0.13	0.00042	0.00045	No

Travetto latero C.A. copertura piano terra zona primo ampliamento-stato di fatto

Verifica di solaio condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le proprietà del calcestruzzo

$\gamma_C = 1.5$; $\gamma_S = 1.15$

Fattori di sicurezza parziali per le azioni

$\gamma_{G1 \text{ inf}} = 1$; $\gamma_{G1 \text{ sup}} = 1.3$; $\gamma_{G2 \text{ inf}} = 0.8$; $\gamma_{G2 \text{ sup}} = 1.5$; $\gamma_Q = 1.5$

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

$\psi_1 = 0.5$; $\psi_2 = 0.3$

Caratteristiche dei materiali

Acciaio: FeB32k Fyk 320000

Calcestruzzo: C16/20 Rck 20000

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Int.	B anima	Altezza	H cappa	H lastra	C. sup.	C. inf.	C. inf. agg.	Peso
1	Ner 10x(16+5)/44	Nervatura	0.44	0.1	0.21	0.05		0.01	0.01	0.016	3

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi Muro - Trave

Luce: 4;

sezione n° 1 - Ner 10x(16+5)/44

Ampiezza senza alleggerimento sx: 0.15

Ampiezza senza alleggerimento dx: 0.15

Campata 2 tra gli appoggi Trave - Muro

Luce: 3.75;

sezione n° 1 - Ner 10x(16+5)/44

Ampiezza senza alleggerimento sx: 0.15

Ampiezza senza alleggerimento dx: 0.15

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Fittizio	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidità appoggio
1	Muro	No	0.3	0.3	0	
2	Trave	No	0.3	0	0	
3	Muro	No	0.3	0.3	0	

Elenco dei carichi

Campata 1

Carico uniforme: permanente 0.6; permanente portato 0.8; variabile 1.35

Campata 2

Carico uniforme: permanente 0.6; permanente portato 0.8; variabile 1.35

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

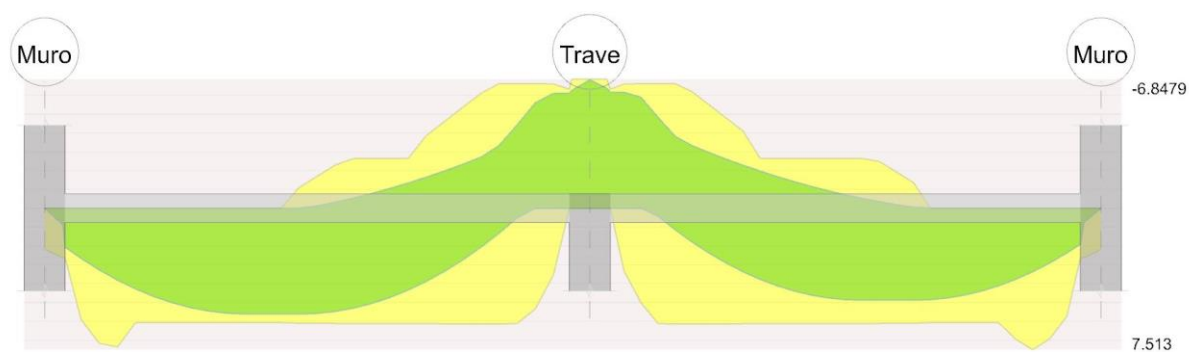


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

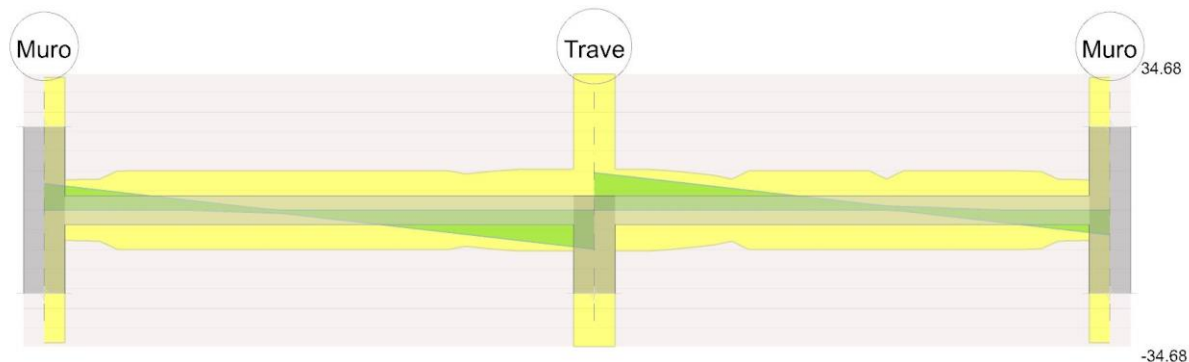
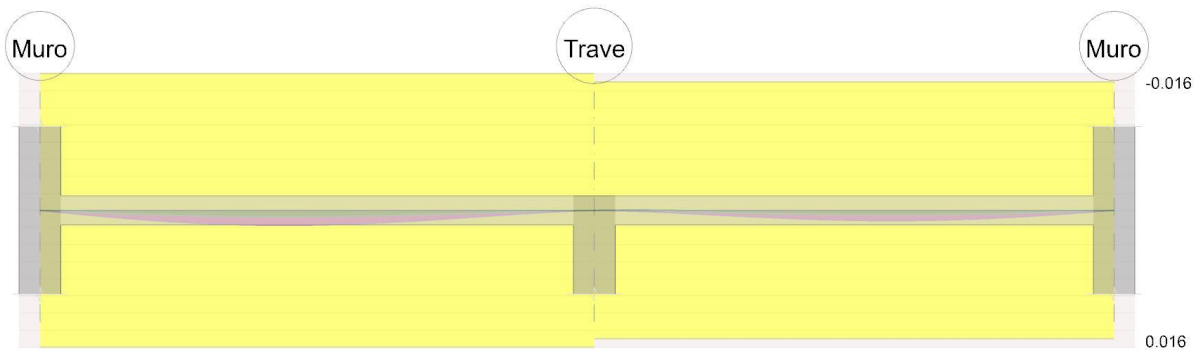


Diagramma verifica stato limite esercizio quasi permanente freccia



Output campate

Campata 1

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0	0	0.000042	0.02	0	0	2.1861	0.02	$+\infty$						Si
0.15	0	0	0.00005	0.02	0.9619	2.0636	2.6328	0.023	1.28						Si
2	0.000032	0.014	0.000113	0.013	5.4156	5.583	6.1112	0.057	1.09	0.1368	-0.1166	-1.6951	0.066	14.54	Si
3.85	0.000129	0.015	0	0						-6.1014	-6.1014	-6.3203	0.244	1.04	Si
4	0.000129	0.015	0	0						-7.5407	-6.8126	-6.8479	0.055	1.01	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	Asl	Vela	Vdes	Vrd	Verifica
0	0	6.71	6.71	33.72	Si
0.15	0.00005	6.11	6.11	7.66	Si
2	0.000113	-1.89	-1.89	-10.02	Si
3.85	0.000129	-9.29	-9.29	-10.41	Si
4	0.000129	-9.9	-9.9	-34.68	Si

Verifica delle tensioni in esercizio

x	Rara						Quasi permanente						Verifica
	Mela	Mdes	σ_c	σ_{clim}	σ_f	σ_{flim}	Mela	Mdes	σ_c	σ_{clim}	σ_{FRP}	σ_{FRP} lim.	
0	0	0	0	9960	0	256000	0	0	0	7470			Si
0.15	0.643	1.3768	650	9960	18855	256000	0.4067	0.8685	410	7470			Si
2	3.4853	3.6229	2466	9960	172839	256000	2.083	2.1932	1493	7470			Si
3.85	-4.1895	-4.1895	6983	9960	189844	256000	-2.7498	-2.7498	4584	7470			Si
4	-5.1777	-4.6778	1408	9960	20386	256000	-3.3985	-3.0703	924	7470			Si

Verifica di apertura delle fessure in fase finale a soletta gettata

x	Bordo	Rara			Frequente			Quasi permanente			Verifica
		Dmax	Esm	Wd	Dmax	Esm	Wd	Dmax	Esm	Wd	
2	inferiore	0.113	0.00059	0.000067	0.113	0.00044	0.000049	0.113	0.00034	0.000039	Si
3.85	superiore	0.261	0.00055	0.000144	0.261	0.00042	0.000109	0.261	0.00036	0.000095	Si

Verifica di deformabilità in fase finale a soletta gettata

x	Rara				Frequente				Quasi permanente					Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. visco- sa+	Fess. visco- sa-	l/f	
0.15	0.00017	0.00004	0.00023	0.00004	0.00012	0.00006	0.00012	0.00005	0.0001	0.00006	0.00024	0.00015	9999	Si
1.73	0.00128	0.00025	0.00186	0.00023	0.0009	0.00038	0.00087	0.00035	0.00074	0.00044	0.00175	0.00103	2288	Si
2	0.00126	0.00022	0.00182	0.0002	0.00088	0.00036	0.00085	0.00033	0.00073	0.00041	0.00171	0.00098	2337	Si
3.85	0.00008	-0.00004	0.00013	-0.00003	0.00005	-0.00001	0.00005	-0.00001	0.00004	0	0.00008	0	9999	Si

Verifiche minimi armatura longitudinale

x	Area presente	Area efficace	Area minima	Verifica
2	0.00005	0.000032	0.000064	No

Campata 2

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.000129	0.015	0	0						-7.5407	-6.8126	-6.8479	0.055	1.01	Si
0.15	0.000129	0.015	0	0						-6.1577	-6.1577	-6.3203	0.244	1.03	Si
1.88	0.00005	0.014	0.000113	0.013	4.6968	4.8561	6.1201	0.059	1.26	-0.4148	-0.7089	-2.637	0.07	3.72	Si
3.6	0	0	0.00005	0.02	0.8939	1.9105	2.6328	0.023	1.38						Si
3.75	0	0	0.000042	0.02						0	0	0	0	$+\infty$	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	Asl	Vela	Vdes	Vrd	Verifica
0	0.000129	9.52	9.52	34.68	Si
0.15	0.000129	8.92	8.92	10.41	Si
1.88	0.000113	2.01	2.01	10.02	Si
3.6	0.00005	-5.66	-5.66	-7.66	Si

x	Asl	Vela	Vdes	Vrd	Verifica
3.75	0	-6.26	-6.26	-33.72	Si

Verifica delle tensioni in esercizio

x	Rara						Quasi permanente						Verifica
	Mela	Mdes	σ_c	σ_{clim}	σ_f	σ_{flim}	Mela	Mdes	σ_c	σ_{clim}	σ_{FRP}	σ_{FRP} lim.	
0	-5.1777	-4.6778	1408	9960	20386	256000	-3.3985	-3.0703	924	7470			Si
0.15	-4.2281	-4.2281	7048	9960	191593	256000	-2.7752	-2.7752	4626	7470			Si
1.88	2.9419	3.0806	2073	9960	146925	256000	1.6826	1.7994	1211	7470			Si
3.6	0.5911	1.2599	595	9960	17254	256000	0.3681	0.7814	369	7470			Si
3.75	0	0	0	9960	0	256000	0	0	0	7470			Si

Verifica di apertura delle fessure in fase finale a soletta gettata

x	Bordo	Rara			Frequente			Quasi permanente			Verifica
		Dmax	Esm	Wd	Dmax	Esm	Wd	Dmax	Esm	Wd	
0.15	superiore	0.261	0.00056	0.000146	0.261	0.00042	0.00011	0.261	0.00037	0.000096	Si
1.88	inferiore	0.113	0.00046	0.000053	0.113	0.00034	0.000038	0.113	0.00025	0.000028	Si

Verifica di deformabilità in fase finale a soletta gettata

x	Rara				Frequente				Quasi permanente				Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. visco- sa+	Fess. visco- sa-	l/f
0.15	0.00006	-0.00006	0.00007	-0.00005	0.00003	-0.00003	0.00003	-0.00003	0.00002	-0.00002	0.00004	-0.00004	9999
1.88	0.00092	0.00001	0.00107	0.00001	0.00062	0.00017	0.00057	0.00015	0.0005	0.00023	0.00116	0.00053	3221
2.13	0.00094	0.00005	0.0011	0.00005	0.00063	0.00019	0.00058	0.00017	0.00051	0.00025	0.0012	0.00058	3123
3.6	0.00013	0.00002	0.00015	0.00002	0.00009	0.00004	0.00009	0.00003	0.00008	0.00004	0.00018	0.0001	9999
3.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9999

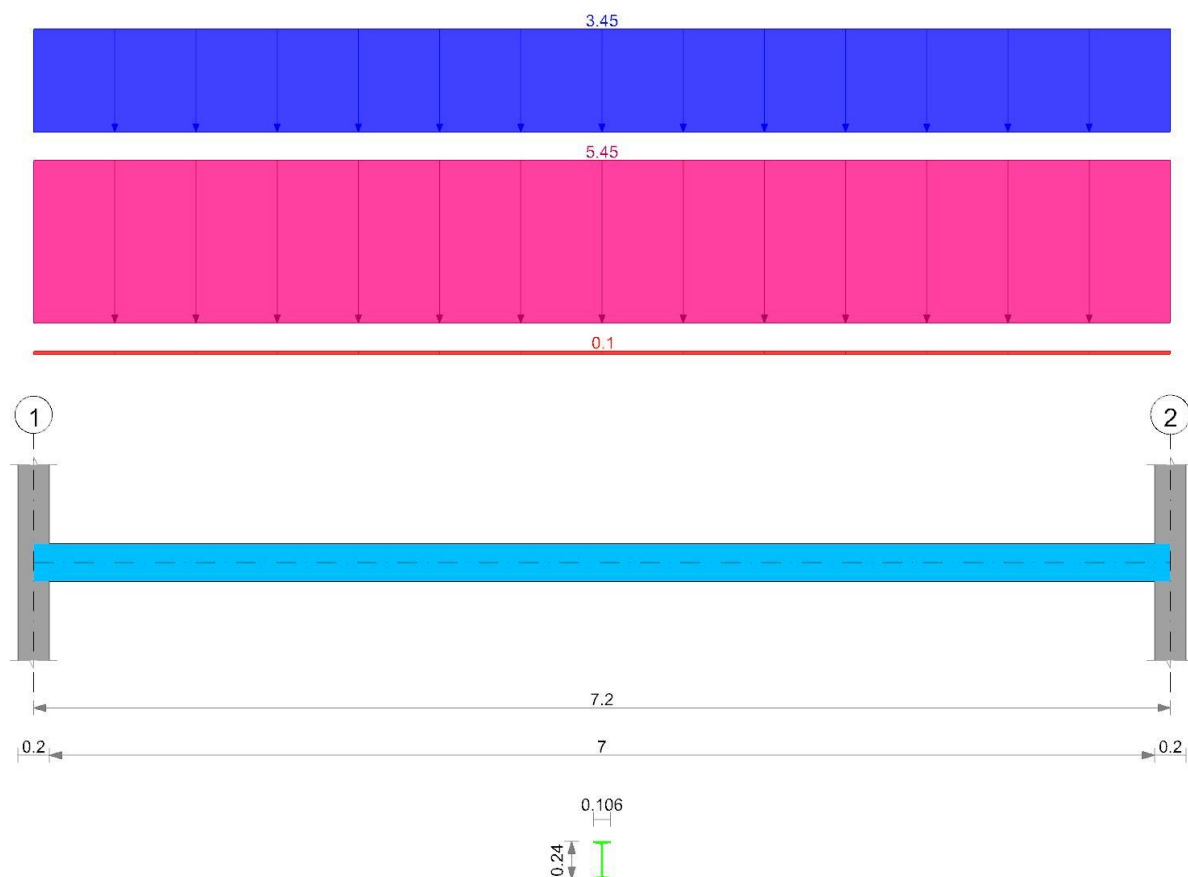
Verifiche minimi armatura longitudinale

x	Area presente	Area efficace	Area minima	Verifica
1.25	0.00005	0.00005	0.000064	No

Travetto in acciaio copertura piano terra zona aule-stato di fatto

Verifica di trave condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le azioni

$\gamma_{G1 \text{ inf}} = 1$; $\gamma_{G1 \text{ sup}} = 1.3$; $\gamma_{G2 \text{ inf}} = 0.8$; $\gamma_{G2 \text{ sup}} = 1.5$; $\gamma_Q = 1.5$

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

$\psi_1 = 0.5$; $\psi_2 = 0.3$

Fattori di sicurezza parziali per le proprietà dell'acciaio

$\gamma_{m0} = 1.05$; $\gamma_{m1} = 1.05$; $\gamma_{m2} = 1.25$

Caratteristiche dei materiali

Acciaio S275_1, $f_{yk} = 275000$

Elenco delle sezioni

N°	Sezione	Area	Jx	Jy	ix	iy	Wx	Wy	Wplx	Wply
1	INP240	0.004609	0.0000423987	0.0000021992	0.0959	0.0218	0.00035332	0.00004149	0.00041076	0.00006997

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 7.2;

sezione n° 1 - INP240

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Fittizio	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Ritegno torsionale
1	1	No	0.2	0.2	0		
2	2	No	0.2	0.2	0		

Elenco dei carichi

Peso proprio valutato automaticamente e riportato nei carichi in elenco.

Campata 1

Peso proprio: 0.36

Carico uniforme: permanente 0.1; permanente portato 5.45; variabile 3.45

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

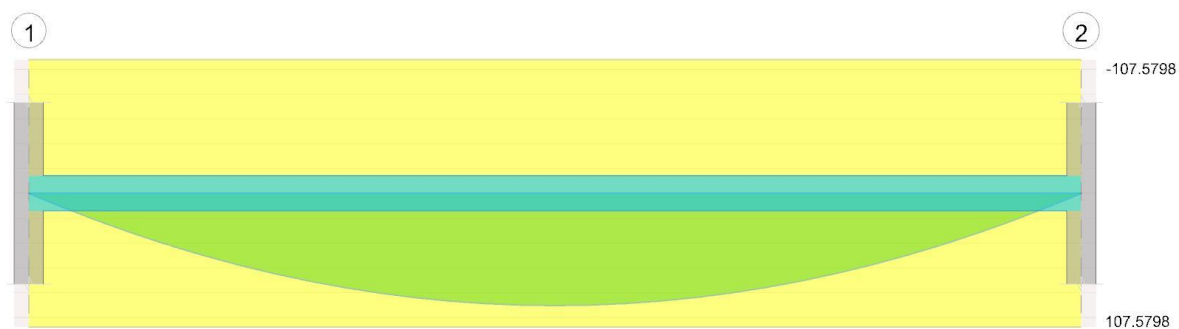


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

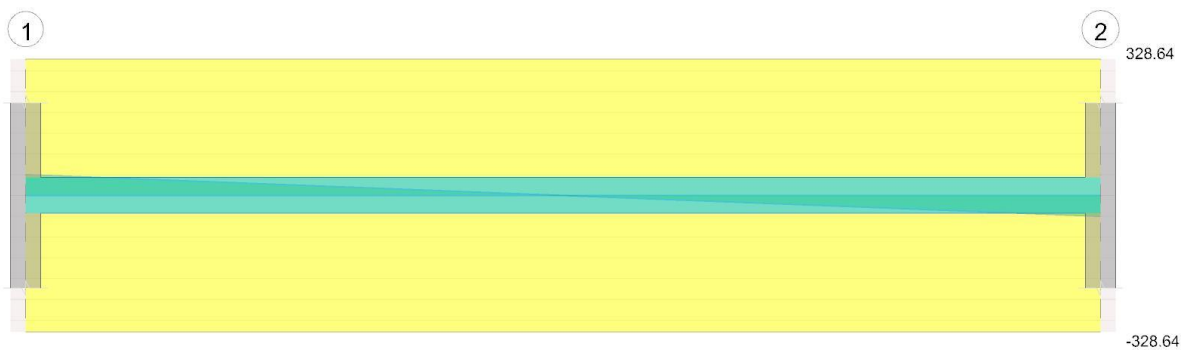


Diagramma verifica freccia rara

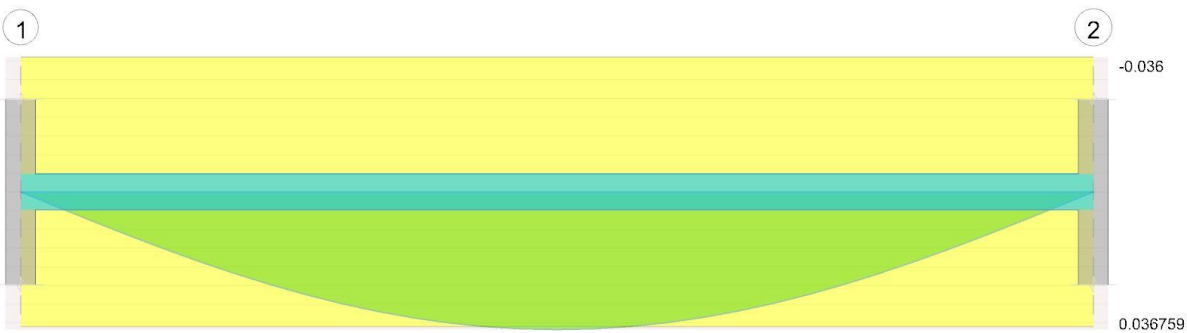
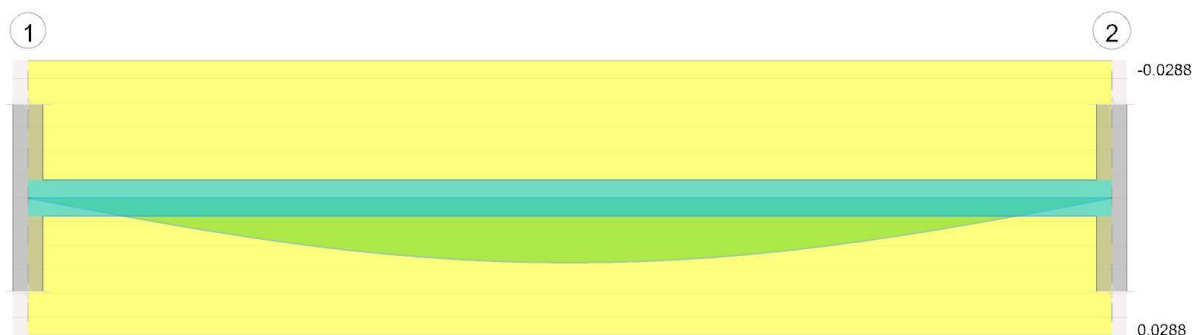


Diagramma verifica freccia variabile



Output campate

Campata 1

Verifiche a flessione §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

x	Momento positivo		Momento negativo		Classe	px	Sfruttamento	Verifica
	Mx,Ed	Mx,Rd	Mx,Ed	Mx,Rd				
0	0	107.57985			1	0	0	Si
0.1	4.95236	107.57985			1	0	0.046	Si
3.6	90.39806	107.57985			1	0	0.84	Si
7.1	4.95236	107.57985			1	0	0.046	Si
7.2	0	107.57985			1	0	0	Si

Verifiche a taglio §4.2.4.1.2.4 NTC18

x	Taglio positivo		Taglio negativo		Av	Sfruttamento	Verifica
	VEd	Vc,Rd	VEd	Vc,Rd			
0	50.221	328.642			0.002173	0.153	Si
0.1	48.826	328.642			0.002173	0.149	Si
3.6	0	328.642			0.002173	0	Si
7.1			-48.826	-328.642	0.002173	0.149	Si
7.2			-50.221	-328.642	0.002173	0.153	Si

Verifica di stabilità a taglio anima §4.2.4.1.2.4 [4.2.27] NTC18

η	hw	tw	hw/tw max	Verifica
1.2	0.208	0.009	55.46	Si

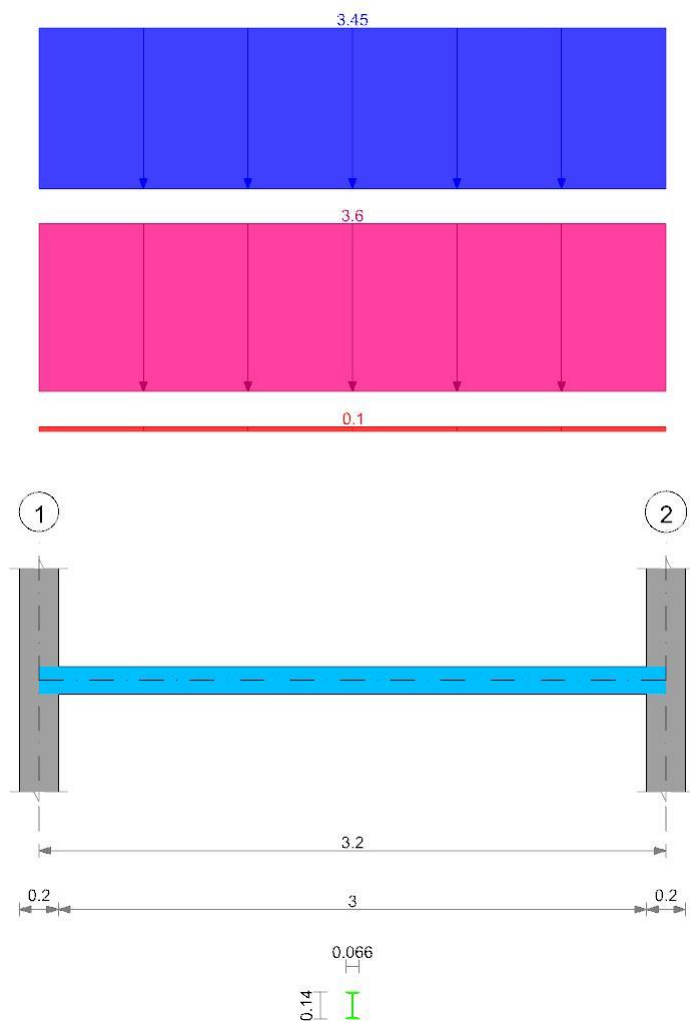
Verifica di deformabilità §4.2.4.2.1 NTC18

x	Totale			Variabili			Verifica
	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	
0	0	0		0	0		Si
0.1	0.00163	0.00103	4418	0.0006	0		Si
3.6	0.03676	0.02321	196	0.01355	0	531	No
7.1	0.00163	0.00103	4418	0.0006	0		Si
7.2	0	0		0	0		Si

Travetto in acciaio copertura piano terra zona corridoio-stato di fatto

Verifica di trave condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le azioni

$\gamma_{G1 \text{ inf}} = 1$; $\gamma_{G1 \text{ sup}} = 1.3$; $\gamma_{G2 \text{ inf}} = 0.8$; $\gamma_{G2 \text{ sup}} = 1.5$; $\gamma_Q = 1.5$

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

$\psi_1 = 0.5$; $\psi_2 = 0.3$

Fattori di sicurezza parziali per le proprietà dell'acciaio

$\gamma_{m0} = 1.05$; $\gamma_{m1} = 1.05$; $\gamma_{m2} = 1.25$

Caratteristiche dei materiali

Acciaio S275_1, $f_{yk} = 275000$

Elenco delle sezioni

N°	Sezione	Area	Jx	Jy	ix	iy	Wx	Wy	Wplx	Wply
----	---------	------	----	----	----	----	----	----	------	------

N°	Sezione	Area	Jx	Jy	ix	iy	Wx	Wy	Wplx	Wply
1	INP140	0.001824	0.0000057248	0.0000003513	0.056	0.0139	0.00008178	0.00001064	0.00009523	0.00001786

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 3.2;

sezione n° 1 - INP140

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Fittizio	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Ritegno torsionale
1	1	No	0.2	0.2	0		
2	2	No	0.2	0.2	0		

Elenco dei carichi

Peso proprio valutato automaticamente e riportato nei carichi in elenco.

Campata 1

Peso proprio: 0.14

Carico uniforme: permanente 0.1; permanente portato 3.6; variabile 3.45

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

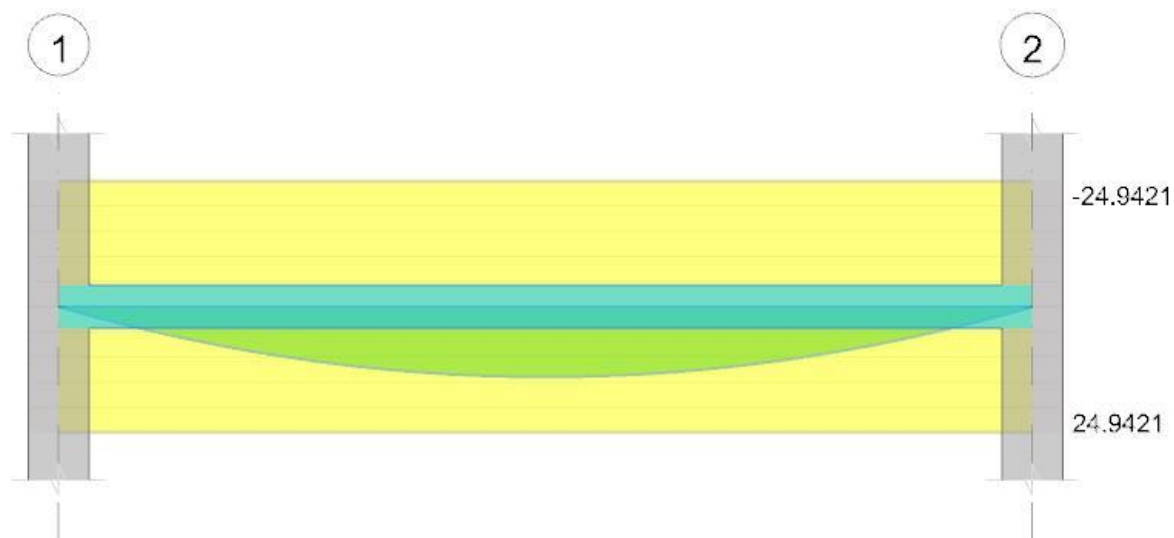


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

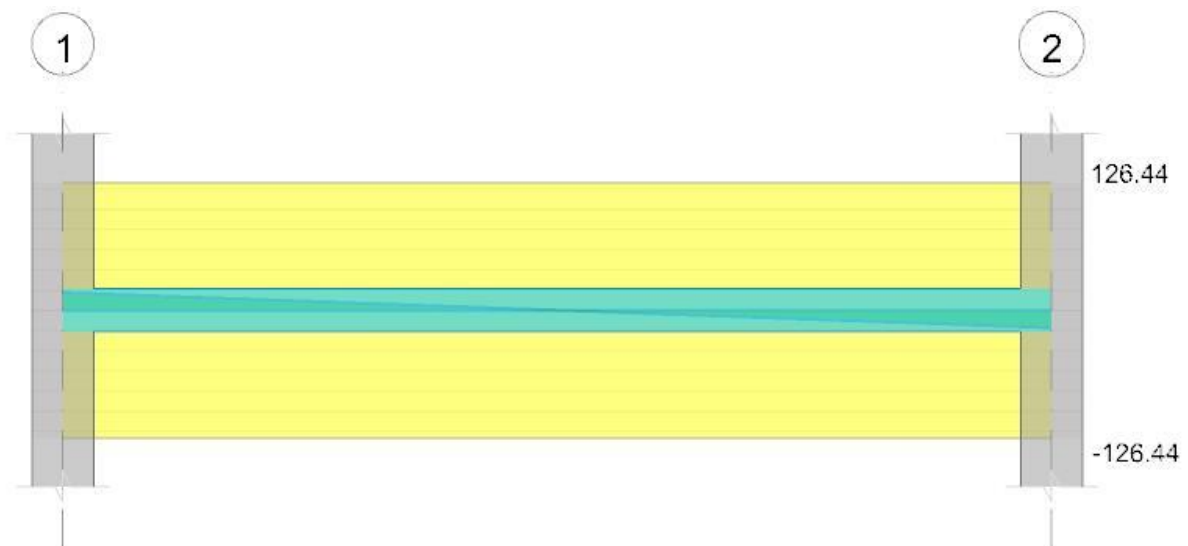


Diagramma verifica freccia rara

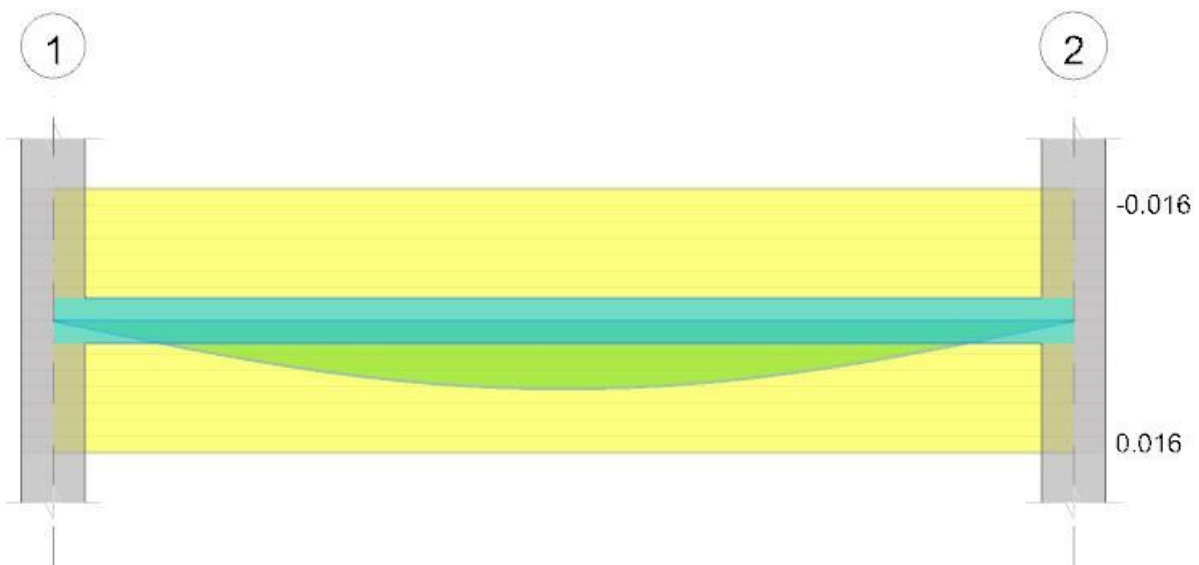
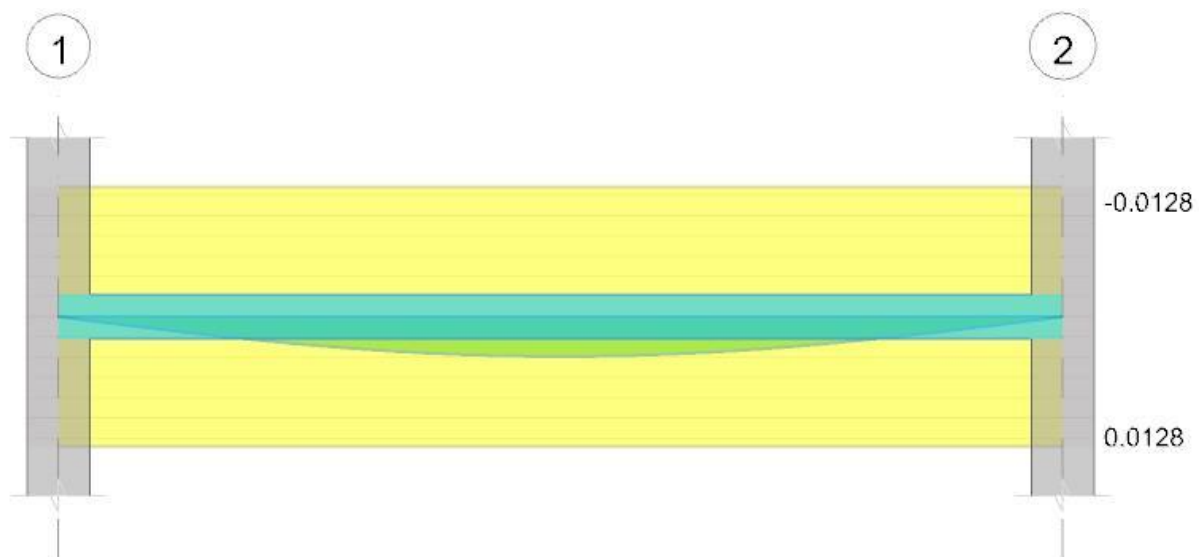


Diagramma verifica freccia variabile



Output campate

Campata 1

Verifiche a flessione §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

x	Momento positivo		Momento negativo		Classe	px	Sfruttamento	Verifica
	Mx,Ed	Mx,Rd	Mx,Ed	Mx,Rd				
0	0	24.94207			1	0	0	Si
0.1	1.68813	24.94207			1	0	0.068	Si
1.6	13.9407	24.94207			1	0	0.559	Si
3.1	1.68813	24.94207			1	0	0.068	Si
3.2	0	24.94207			1	0	0	Si

Verifiche a taglio §4.2.4.1.2.4 NTC18

x	Taglio positivo		Taglio negativo		Av	Sfruttamento	Verifica
	VEd	Vc,Rd	VEd	Vc,Rd			
0	17.426	126.437			0.000836	0.138	Si
0.1	16.337	126.437			0.000836	0.129	Si
1.6			0	-126.437	0.000836	0	Si
3.1			-16.337	-126.437	0.000836	0.129	Si
3.2			-17.426	-126.437	0.000836	0.138	Si

Verifica di stabilità a taglio anima §4.2.4.1.2.4 [4.2.27] NTC18

η	hw	tw	hw/tw max	Verifica
1.2	0.119	0.006	55.46	Si

Verifica di deformabilità §4.2.4.2.1 NTC18

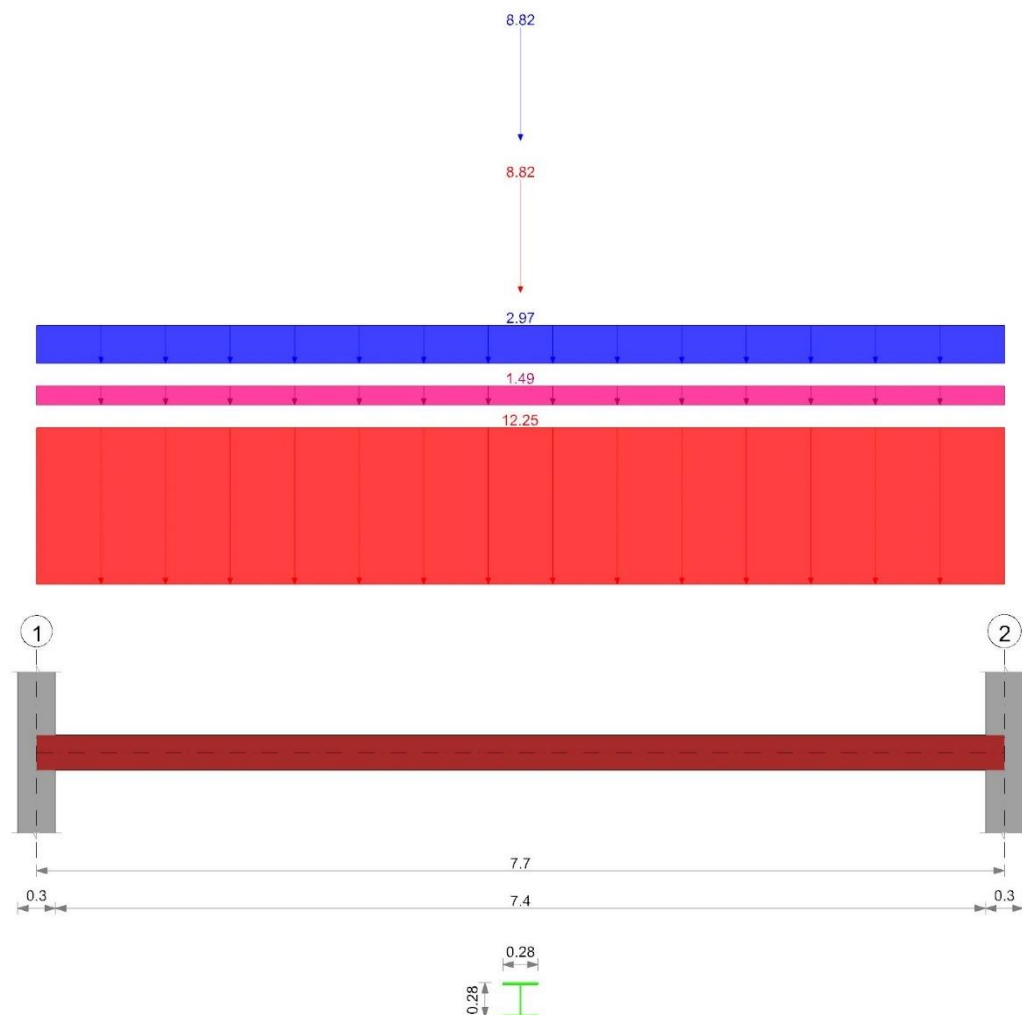
x	Totale			Variabili			Verifica
	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	
0	0	0		0	0		Si
0.1	0.00083	0.00044	3876	0.00039	0	8194	Si
1.6	0.000828	0.00436	387	0.00391	0	817	Si
3.1	0.00083	0.00044	3876	0.00039	0	8194	Si
3.2	0	0		0	0		Si

Trave filo 5 copertura piano primo – stato di fatto

L'elemento orizzontale in questione è formato da due profili tipo HEB280 fra loro connessi, a favore di sicurezza in sede di verifica si è scelto di ignorare tale connessione e caricare un profilo singolo con il 50% del carico agente.

Verifica di trave condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le azioni

$\gamma_{G1 \text{ inf}} = 1$; $\gamma_{G1 \text{ sup}} = 1.3$; $\gamma_{G2 \text{ inf}} = 0.8$; $\gamma_{G2 \text{ sup}} = 1.5$; $\gamma_Q = 1.5$

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

$\psi_1 = 0.5$; $\psi_2 = 0.3$

Fattori di sicurezza parziali per le proprietà dell'acciaio

$\gamma_{m0} = 1.05$; $\gamma_{m1} = 1.05$; $\gamma_{m2} = 1.25$

Caratteristiche dei materiali

Acciaio S235 LC2, $f_y/FC = 195833$, $f_u/FC = 300000$, Livello di conoscenza = LC2, Fattore di confidenza $FC = 1.2$

Irrigidimenti agli appoggi sagomati a freddo: No

Elenco delle sezioni

N°	Sezione	Area	Jx	Jy	ix	iy	Wx	Wy	Wplx	Wply
1	HEB280	0.01284	0.0001887481	0.000065896	0.1212	0.0716	0.0013482	0.00047069	0.00150021	0.00071403

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 7.7;

sezione n° 1 - HEB280

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Fittizio	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Ritegno torsionale
1	1	No	0.3	0.3	0		
2	2	No	0.3	0.3	0		

Elenco dei carichi

Peso proprio valutato automaticamente e riportato nei carichi in elenco.

Campata 1

Peso proprio: 1.01

Carico uniforme: permanente 12.25; permanente portato 1.49; variabile 2.97

Carico concentrato: permanente 8.82; permanente portato 0; variabile 8.82; dist. 3.85; ampiezza 0.1

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

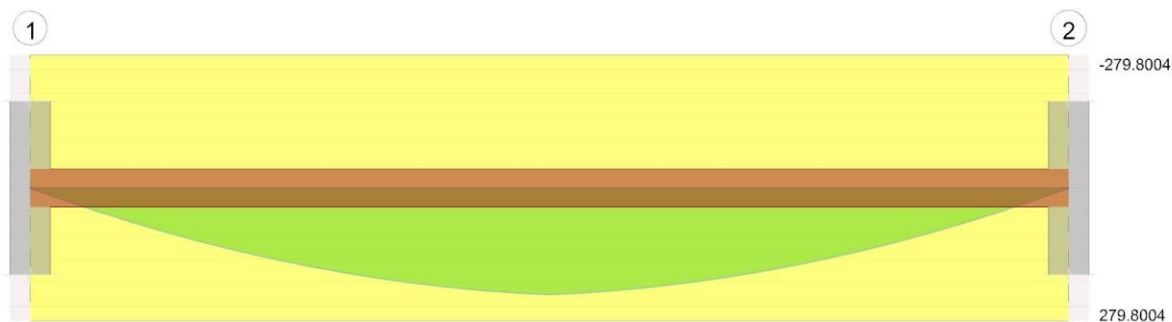


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

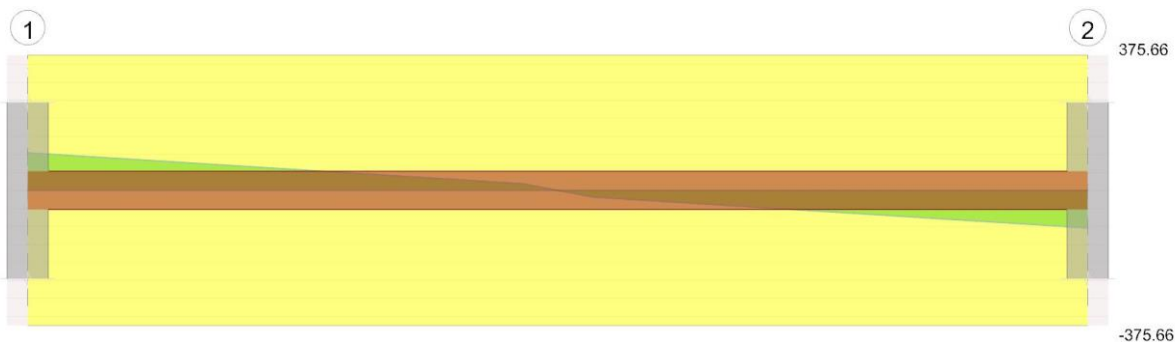


Diagramma verifica freccia rara

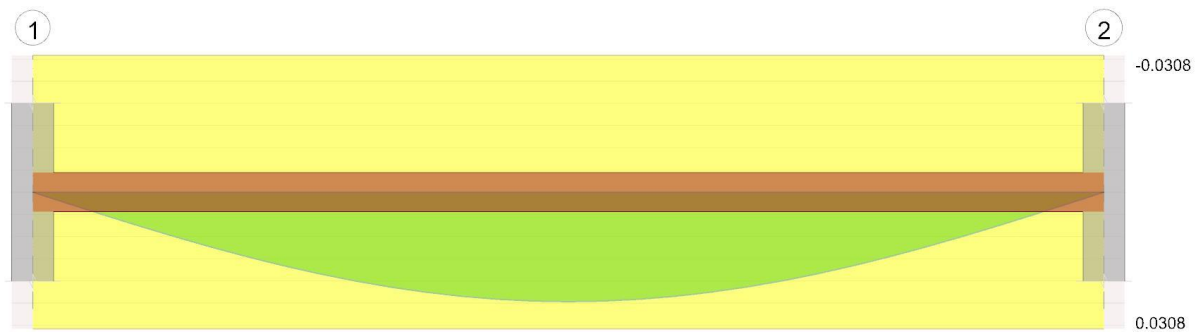
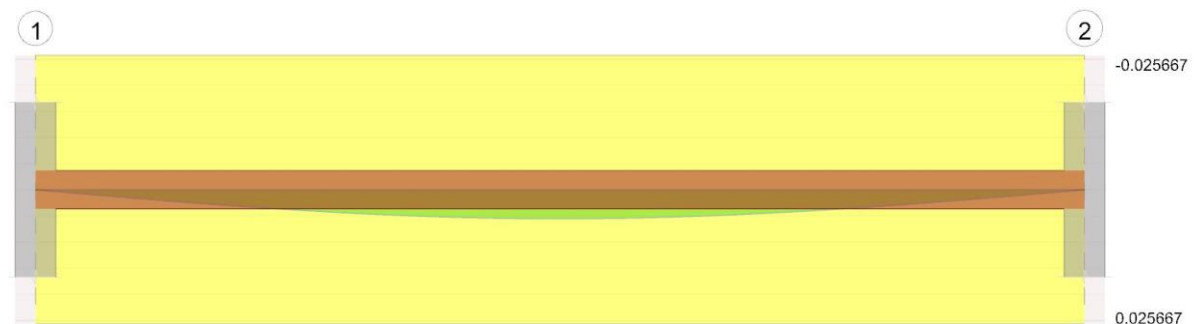


Diagramma verifica freccia variabile



Output camcate

Campata 1

Verifiche a flessione §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

x	Momento positivo		Momento negativo		Classe	px	Sfruttamento	Verifica
	Mx,Ed	Mx,Rd	Mx,Ed	Mx,Rd				
0	0	279.80036			1	0	0	Si
0.15	15.39989	279.80036			1	0	0.055	Si
3.85	224.54739	279.80036			1	0	0.803	Si
7.55	15.39989	279.80036			1	0	0.055	Si
7.7	0	279.80036			1	0	0	Si

Verifiche a taglio §4.2.4.1.2.4 NTC18

x	Taglio positivo		Taglio negativo		Av	Sfruttamento	Verifica
	VEd	Vc,Rd	VEd	Vc,Rd			
0	104.46	375.662			0.003489	0.278	Si
0.15	100.872	375.662			0.003489	0.269	Si
3.85			0	-375.662	0.003489	0	Si
7.55			-100.872	-375.662	0.003489	0.269	Si
7.7			-104.46	-375.662	0.003489	0.278	Si

Verifica di stabilità a taglio anima §4.2.4.1.2.4 [4.2.27] NTC18

η	hw	tw	hw/tw max	Verifica
1.2	0.244	0.011	65.73	Si

Verifica di deformabilità §4.2.4.2.1 NTC18

x	Totale			Variabili			Verifica
	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	
0	0	0		0	0		Si
0.15	0.00152	0.00118	5072	0.00034	0		Si
3.85	0.02467	0.01913	312	0.00554	0	1389	Si
7.55	0.00152	0.00118	5072	0.00034	0		Si
7.7	0	0		0	0		Si

N°	Descrizione	Fittizio	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Ritegno torsionale
1	1	No	0.3	0.3	0		
2	2	No	0.3	0.3	0		

Elenco dei carichi

Peso proprio valutato automaticamente e riportato nei carichi in elenco.

Campata 1

Peso proprio: 0.42

Carico uniforme: permanente 1.8; permanente portato 0; variabile 1.8

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

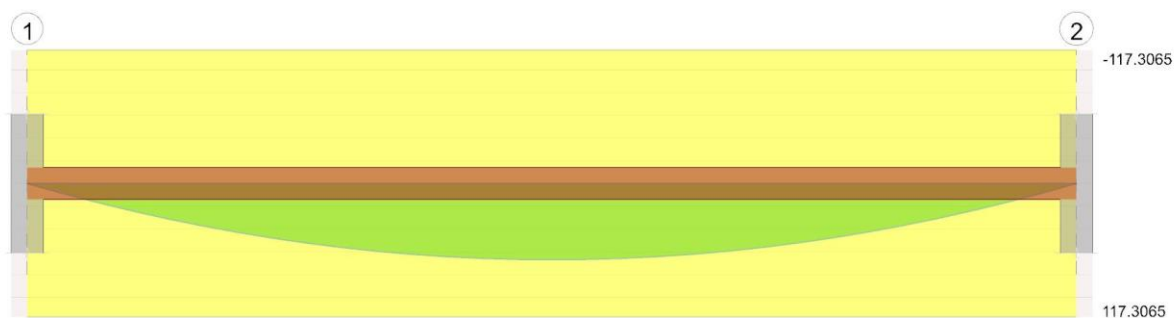


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

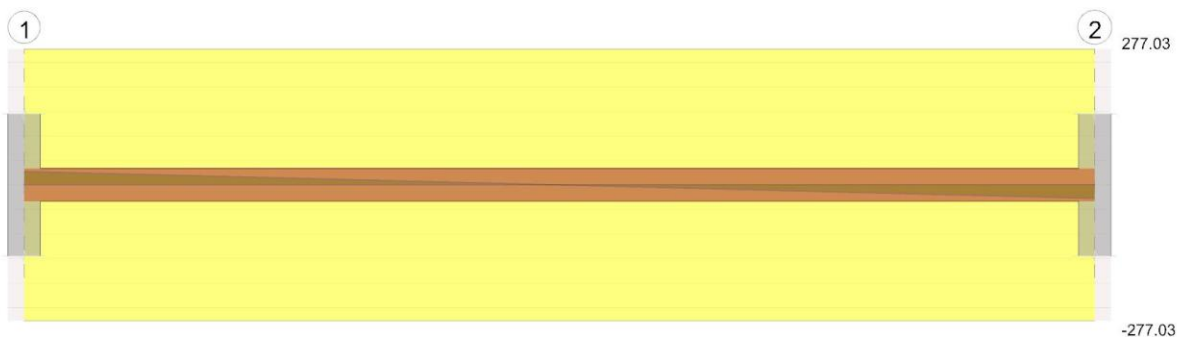


Diagramma verifica freccia rara

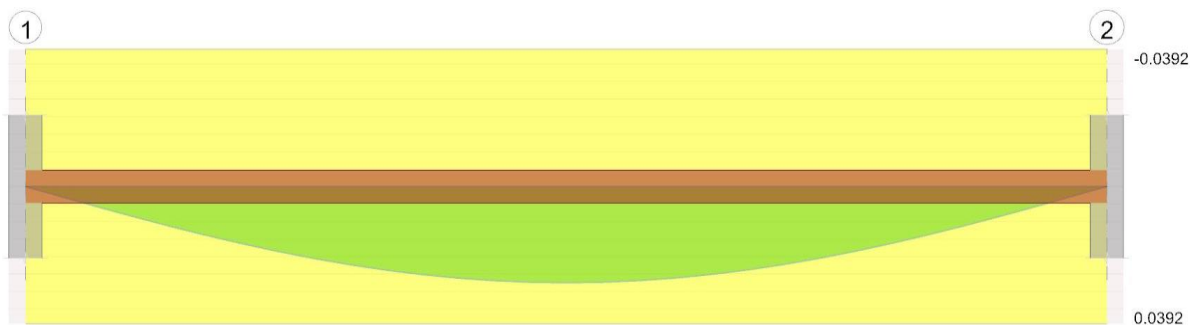
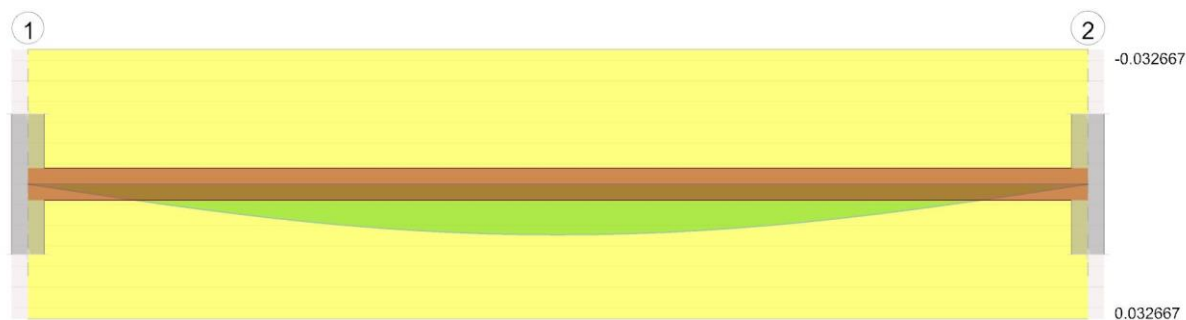


Diagramma verifica freccia variabile



Output campate

Campata 1

Verifiche a flessione §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

x	Momento positivo		Momento negativo		Classe	px	Sfruttamento	Verifica
	Mx,Ed	Mx,Rd	Mx,Ed	Mx,Rd				
0	0	117.3065			1	0	0	Si
0.15	4.04548	117.3065			1	0	0.034	Si
4.9	67.10332	117.3065			1	0	0.572	Si
9.65	4.04548	117.3065			1	0	0.034	Si
9.8	0	117.3065			1	0	0	Si

Verifiche a taglio §4.2.4.1.2.4 NTC18

x	Taglio positivo		Taglio negativo		Av	Sfruttamento	Verifica
	VEd	Vc,Rd	VEd	Vc,Rd			
0	27.389	277.03			0.002573	0.099	Si
0.15	26.551	277.03			0.002573	0.096	Si
4.9			0	-277.03	0.002573	0	Si
9.65			-26.551	-277.03	0.002573	0.096	Si
9.8			-27.389	-277.03	0.002573	0.099	Si

Verifica di stabilità a taglio anima §4.2.4.1.2.4 [4.2.27] NTC18

η	hw	tw	hw/tw max	Verifica
1.2	0.279	0.007	65.73	Si

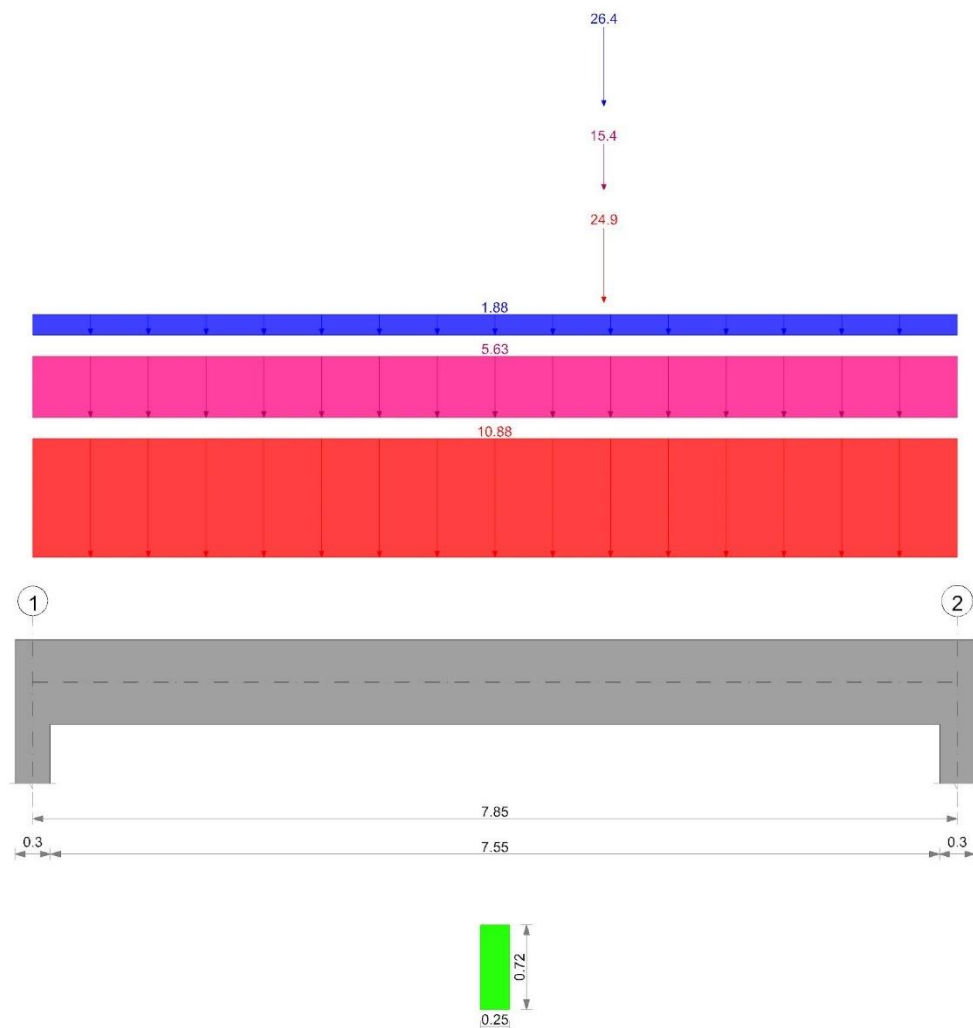
Verifica di deformabilità §4.2.4.2.1 NTC18

x	Totale			Variabili			Verifica
	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	
0	0	0		0	0		Si
0.15	0.00134	0.00074	7298	0.0006	0		Si
4.9	0.02748	0.01518	357	0.0123	0	797	Si
9.65	0.00134	0.00074	7298	0.0006	0		Si
9.8	0	0		0	0		Si

Trave filo C copertura piano primo – stato di fatto

Verifica di trave in elevazione condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le proprietà del calcestruzzo

$$\gamma_C = 1.5; \gamma_S = 1.15$$

Fattori di sicurezza parziali per le azioni

$$\gamma_{G1 \text{ inf}} = 1; \gamma_{G1 \text{ sup}} = 1.3; \gamma_{G2 \text{ inf}} = 0.8; \gamma_{G2 \text{ sup}} = 1.5; \gamma_Q = 1.5$$

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

$$\psi_1 = 0.5; \psi_2 = 0.3$$

Caratteristiche dei materiali

Acciaio: B450C Fyk 450000

Calcestruzzo: C25/30 Rck 30000

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Base	Altezza	Copriferro sup.	Copriferro inf.	Copriferro lat.
1	R 25x72	Rettangolare	0.25	0.72	0.03	0.03	0.03

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 7.85;

sezione n° 1 - R 25x72

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Fittizio	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio
1	1	No	0.3	0	0	
2	2	No	0.3	0	0	

Elenco dei carichi

Peso proprio valutato automaticamente e riportato nei carichi in elenco.

Campata 1

Peso proprio: 4.5

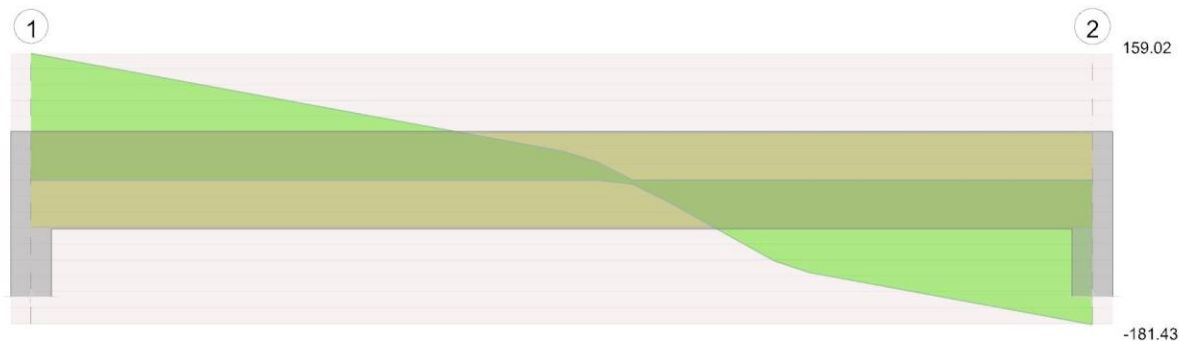
Carico uniforme: permanente 10.88; permanente portato 5.63; variabile 1.88

Carico concentrato: permanente 24.9; permanente portato 15.4; variabile 26.4; dist. 4.85; ampiezza 1.5

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione



Diagramma verifica stato limite ultimo taglio



Titolo : _____

N° figure elementari **Zoom** **N° strati barre** **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	25	90

N°	As [cm²]	d [cm]
1	18.85	87
2	1.01	3

Sollecitazioni
S.L.U. **Metodo n**

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd}

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
B450C **C16/20**
 ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co}
 τ_{cl}

M_{xRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
d cm
x x/d
 δ

Tipo Sezione
☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.
☐ DXF

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

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

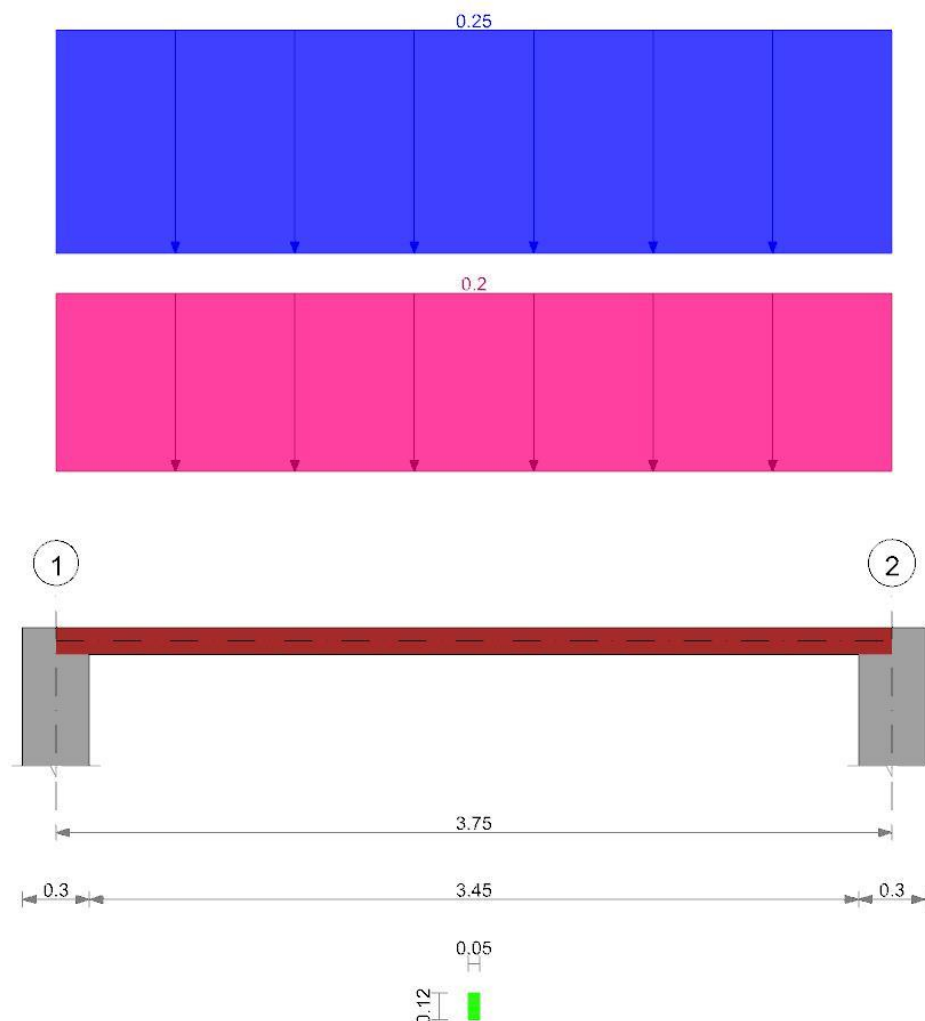
N° rett.
Calcola MRd **Dominio M-N**
L₀ cm **Col. modello**
M-curvatura
☐ Precompresso

Figura 32: Calcolo momento resistente trave filo C – VCA SLU

Travetto ligneo copertura piano primo – stato di fatto

Verifica di trave condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le azioni

$\gamma_{G1 \text{ inf}} = 1$; $\gamma_{G1 \text{ sup}} = 1.3$; $\gamma_{G2 \text{ inf}} = 0.8$; $\gamma_{G2 \text{ sup}} = 1.5$; $\gamma_Q = 1.5$

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

$\psi_1 = 0.5$; $\psi_2 = 0.3$

Caratteristiche dei materiali

Legno massiccio C24 LC2, $f_m = 24000$, $f_v = 2500$, $f_{c90} = 2500$, $f_{t90} = 500$, Livello di conoscenza = LC2, Fattore di confidenza $FC = 1.2$, $\rho_k = 0.35$

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Base	Altezza	Area	Jx	Jy	Wx	Wy
1	R 5x12	Rettangolare	0.05	0.12	0.006	0.0000072	0.00000125	0.00012	0.00005

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 3.75;

sezione n° 1 - R 5x12; Classe di servizio: Due

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Fittizio	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Ritegno torsionale
1	1	No	0.3	0	0		Sì
2	2	No	0.3	0	0		Sì

Elenco dei carichi

Peso proprio valutato automaticamente e riportato nei carichi in elenco.

Classe di durata del carico accidentale: Media

Campata 1

Peso proprio: 0.02

Carico uniforme: permanente 0; permanente portato 0.2; variabile 0.25

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

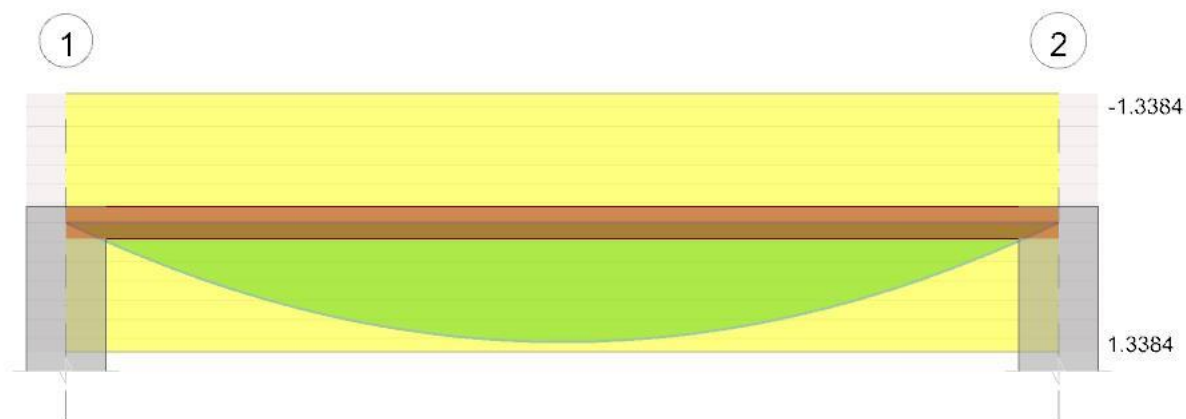


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) flessione

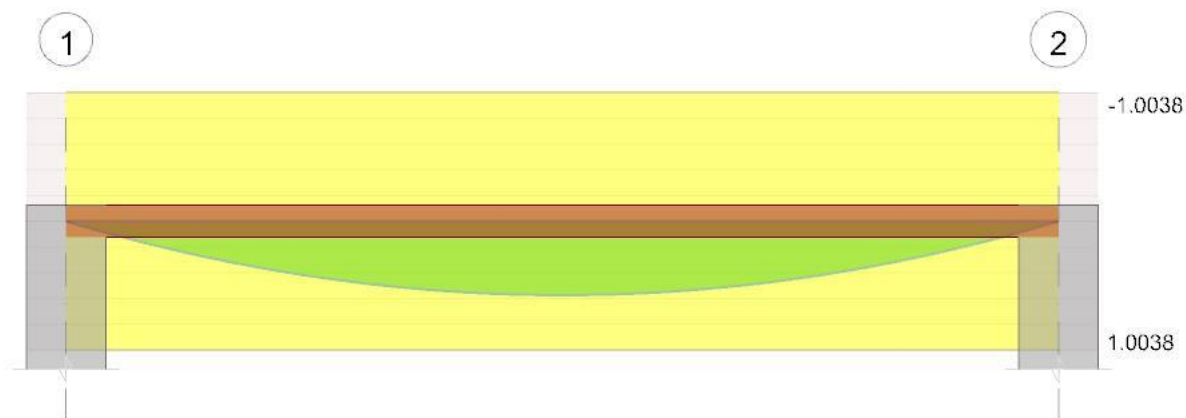


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

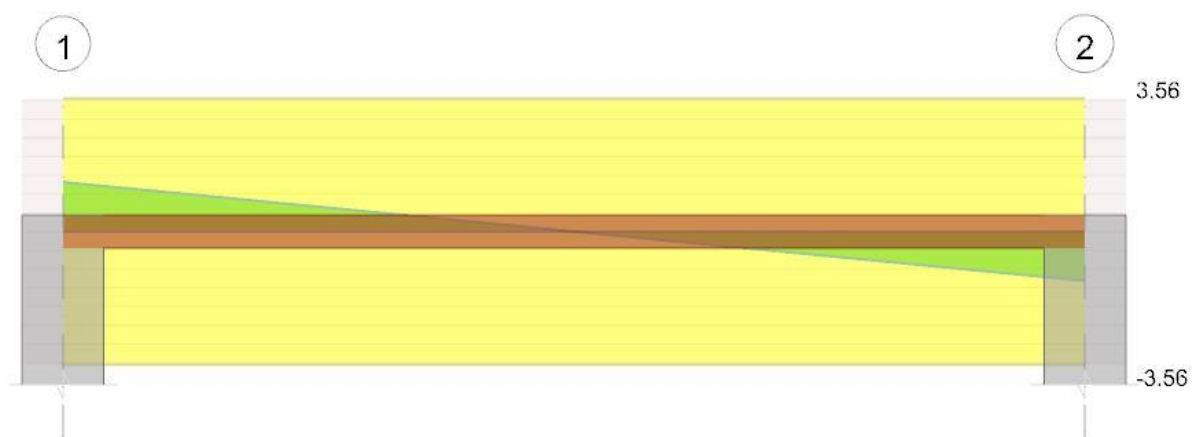


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) taglio

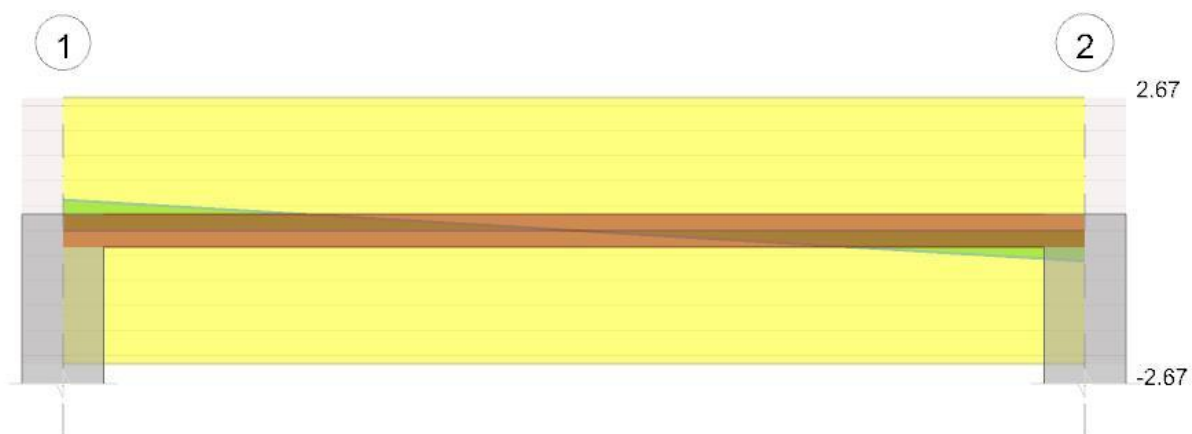


Diagramma verifica freccia istantanea totale

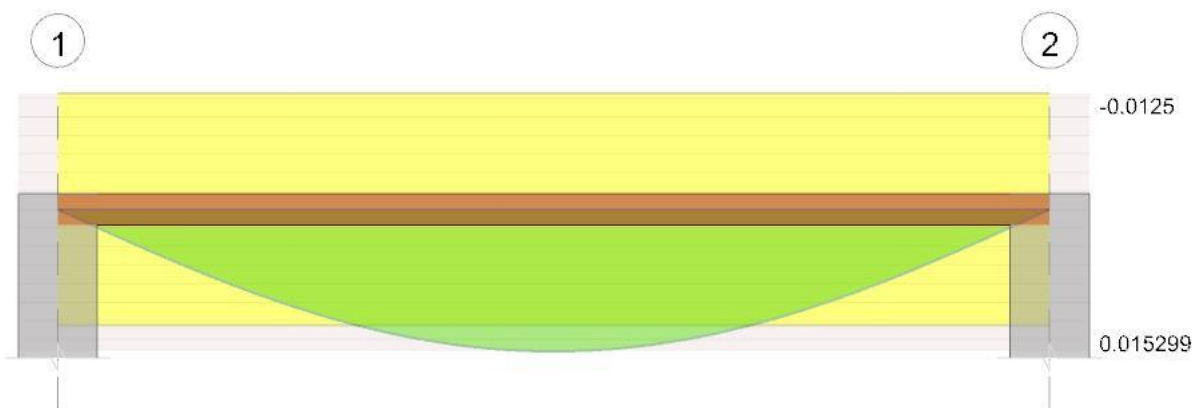


Diagramma verifica freccia istantanea variabile

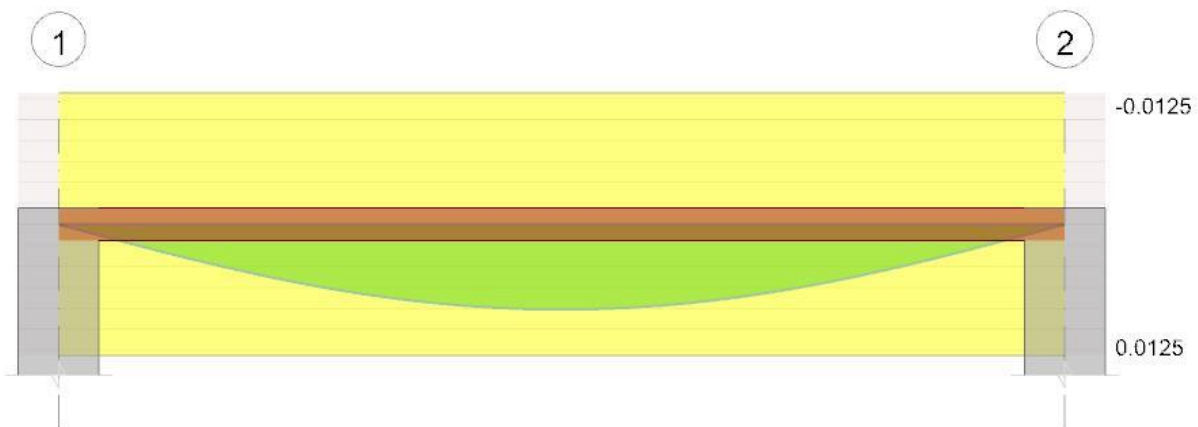
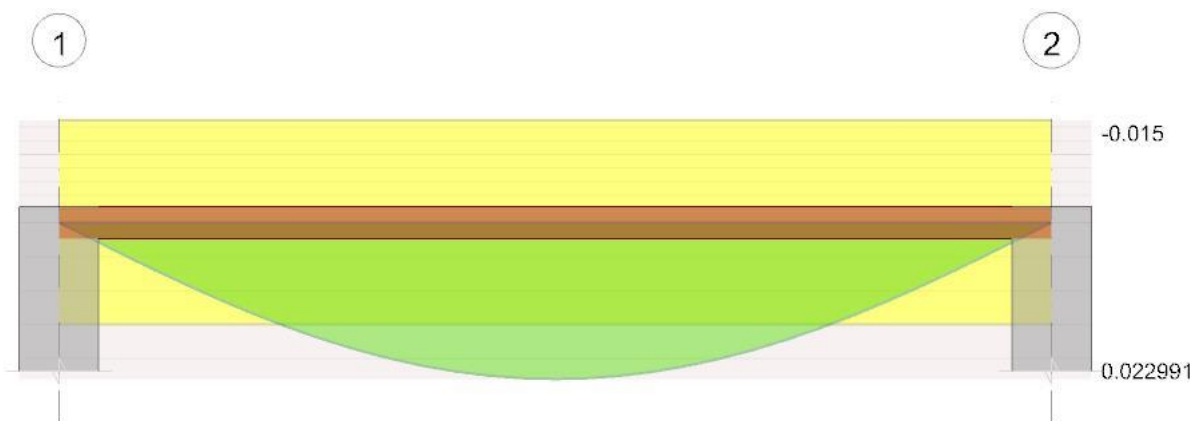


Diagramma verifica freccia finale



Output campate

Campata 1

 $k_{def} = 0.8$; $k_{mod} = 0.8$; k_{mod} solo permanenti = 0.6; γ_m SLU = 1.5; $k_h = 1.05$

Verifiche a flessione NTC18 §4.4.8.1.6

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	M+	σ_{ed+}	M-	σ_{ed-}	f _{m,d} Perm	M+	σ_{ed+}	M-	σ_{ed-}	f _{m,d}	
0			0	0	8365			0	0	11153	Si
0.15	0.0884	736			8365	0.1896	1580			11153	Si
1.88	0.5753	4794			8365	1.2345	10288			11153	Si
3.6	0.0884	736			8365	0.1896	1580			11153	Si
3.75			0	0	8365			0	0	11153	Si

Verifiche a taglio NTC18 §4.4.8.1.9

 $k_{cr} = 0.8$

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	V+	τ_{ed+}	V-	τ_{ed-}	f _{v,d} Perm	V+	τ_{ed+}	V-	τ_{ed-}	f _{v,d}	
0	0.61	192			833	1.32	412			1111	Si
0.15	0.56	176			833	1.21	379			1111	Si
1.88	0	0			833	0	0			1111	Si
3.6			-0.56	176	833			-1.21	379	1111	Si
3.75			-0.61	192	833			-1.32	412	1111	Si

Verifica di deformabilità Circolare 7 21-01-19 §C4.4.7

x	Istantanea totale	Istantanea variabile	Lungo termine totale	Verifica
---	-------------------	----------------------	----------------------	----------

	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	
0	0	0		0	0		0	0		Si
0.15	0.00195	0.00091	1924	0.00103	0	3624	0.00293	0.00165	1280	Si
1.88	0.0153	0.00718	245	0.00812	0	462	0.02299	0.01292	163	Si
3.6	0.00195	0.00091	1924	0.00103	0	3624	0.00293	0.00165	1280	Si
3.75	0	0		0	0		0	0		Si

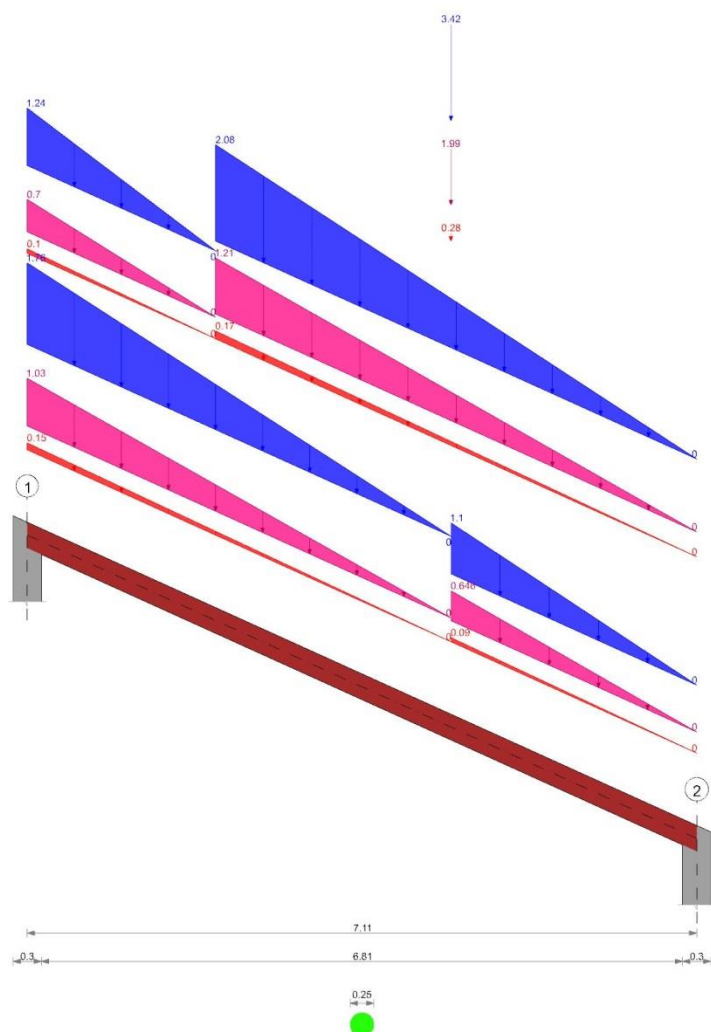
Elementi lignei copertura – stato di fatto

Per gli elementi di copertura si riportano le verifiche condotte sugli elementi in condizioni più favorevoli, avendo queste dato esito negativo riportare le verifiche su elementi più critici risulterebbe ridondante.

TRAVE DI DISPLUVIO

Verifica di trave condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le azioni

$$\gamma_{G1} \text{ inf} = 1; \gamma_{G1} \text{ sup} = 1.3; \gamma_{G2} \text{ inf} = 0.8; \gamma_{G2} \text{ sup} = 1.5; \gamma_Q = 1.5$$

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

$\psi_1 = 0.5$; $\psi_2 = 0.3$

Caratteristiche dei materiali

Legno massiccio C24 LC2, $f_m = 24000$, $f_v = 2500$, $f_{c90} = 2500$, $f_{t90} = 500$, Livello di conoscenza = LC2, Fattore di confidenza FC = 1.2, $p_k = 0.35$

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Diametro	Area	Jx	Jy	Wx	Wy
1	D 25	Circolare	0.25	0.049087	0.0001892976	0.0001892976	0.00151438	0.00151438

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 7.11;

sezione n° 1 - D 25; Classe di servizio: Due

Estradosso iniziale: 3.22; estradosso finale: 0;

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Fittizio	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidità appoggio	Ritegno torsionale
1	1	No	0.3	0	0		Sì
2	2	No	0.3	0	0		Sì

Elenco dei carichi

Peso proprio valutato automaticamente e riportato nei carichi in elenco.

Classe di durata del carico accidentale: Media

Campata 1

Peso proprio: 0.17

Carico trapezoidale di ampiezza 4.5

Permanente sx 0.15; permanente portato sx 1.03; variabile sx 1.76

Permanente dx 0; permanente portato dx 0; variabile dx 0

Carico trapezoidale di ampiezza 2.61

Permanente sx 0.09; permanente portato sx 0.65; variabile sx 1.1

Permanente dx 0; permanente portato dx 0; variabile dx 0

Carico concentrato: permanente 0.28; permanente portato 1.99; variabile 3.42; dist. 4.5; ampiezza 0.1

Carico trapezoidale di ampiezza 2

Permanente sx 0.1; permanente portato sx 0.7; variabile sx 1.24

Permanente dx 0; permanente portato dx 0; variabile dx 0

Carico trapezoidale di ampiezza 5.11

Permanente sx 0.17; permanente portato sx 1.21; variabile sx 2.08

Permanente dx 0; permanente portato dx 0; variabile dx 0

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

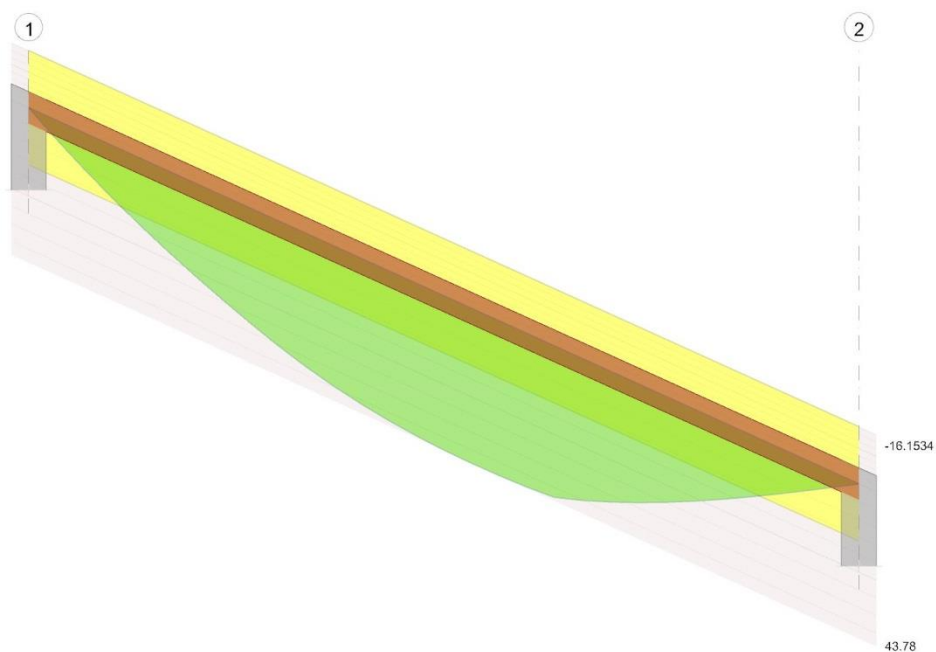


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) flessione

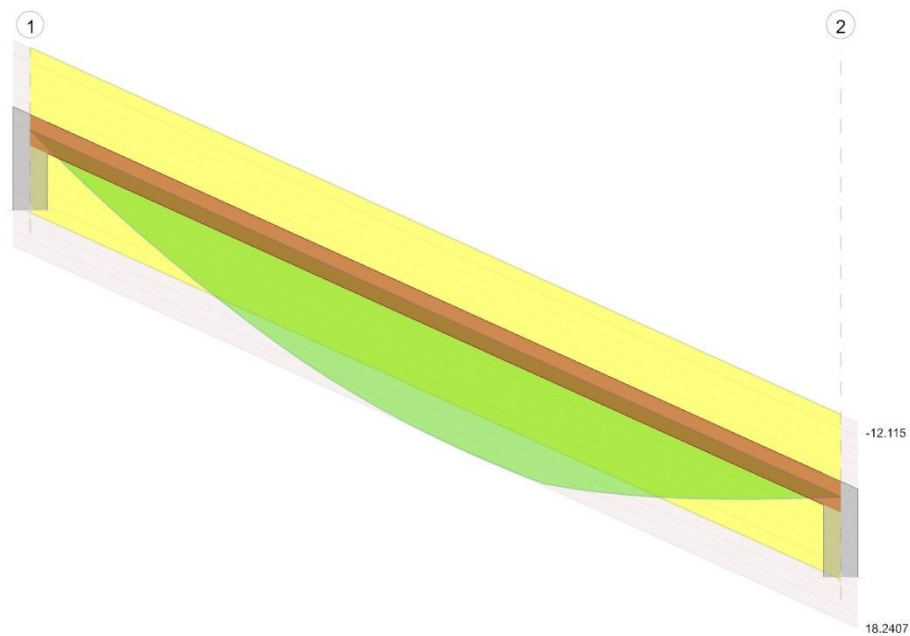


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

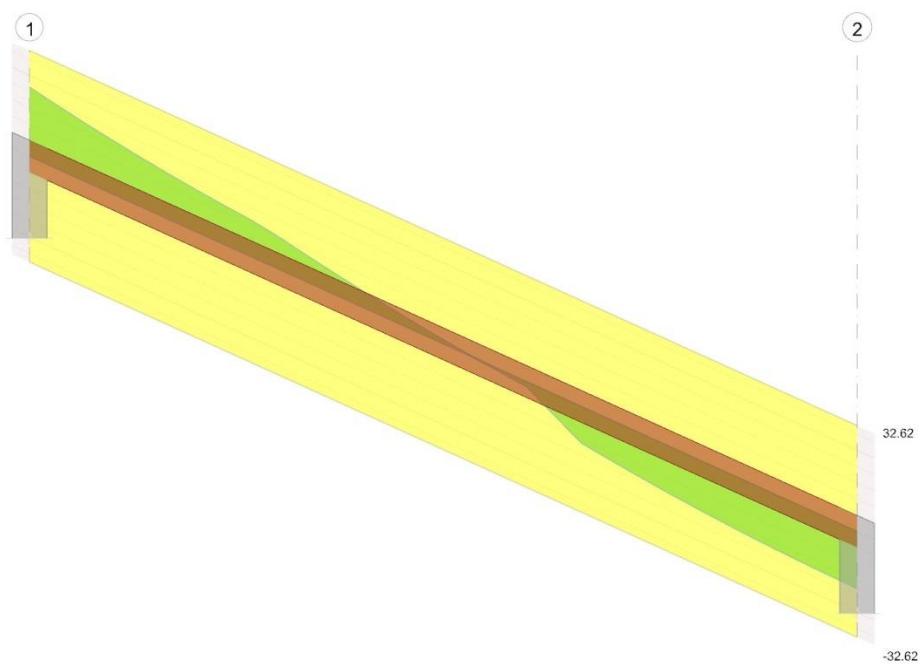


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) taglio

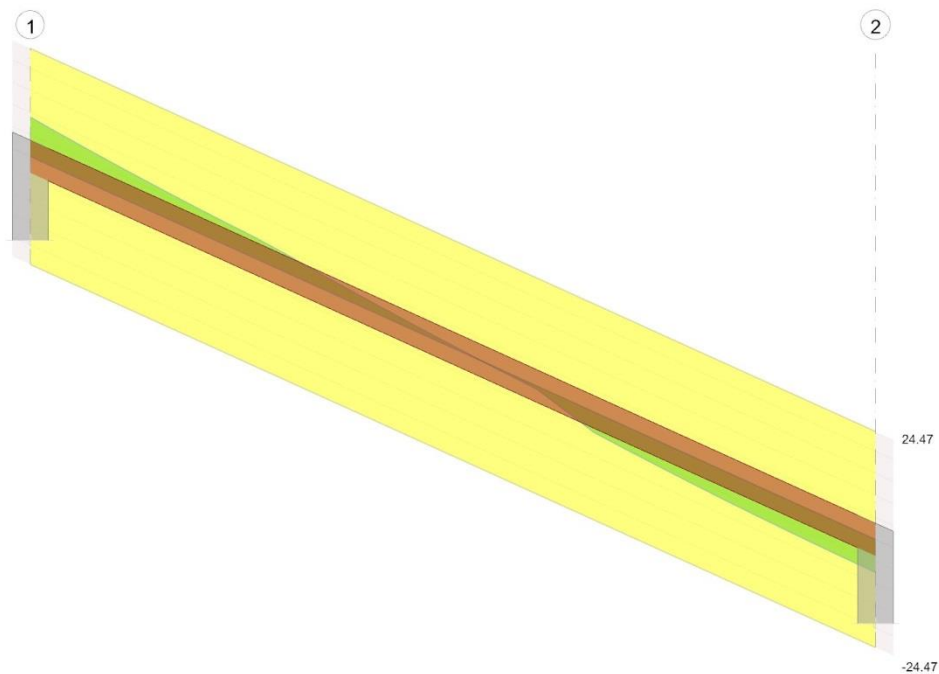


Diagramma verifica freccia istantanea totale

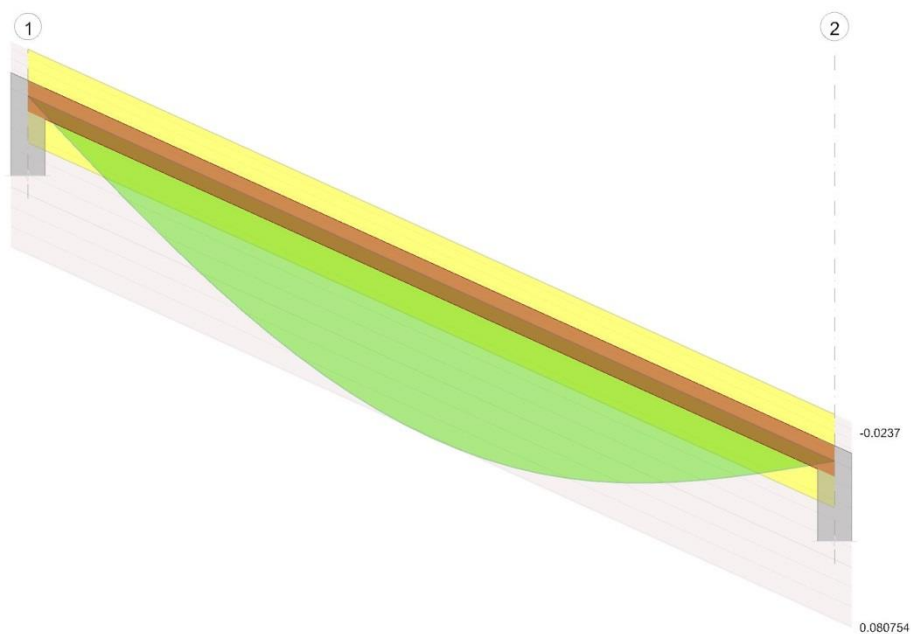


Diagramma verifica freccia istantanea variabile

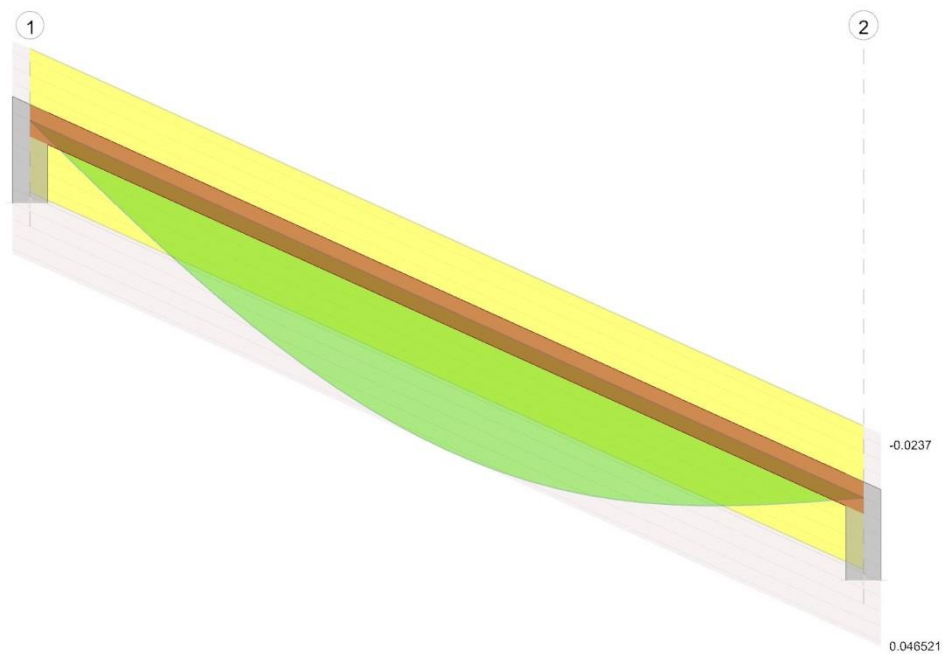
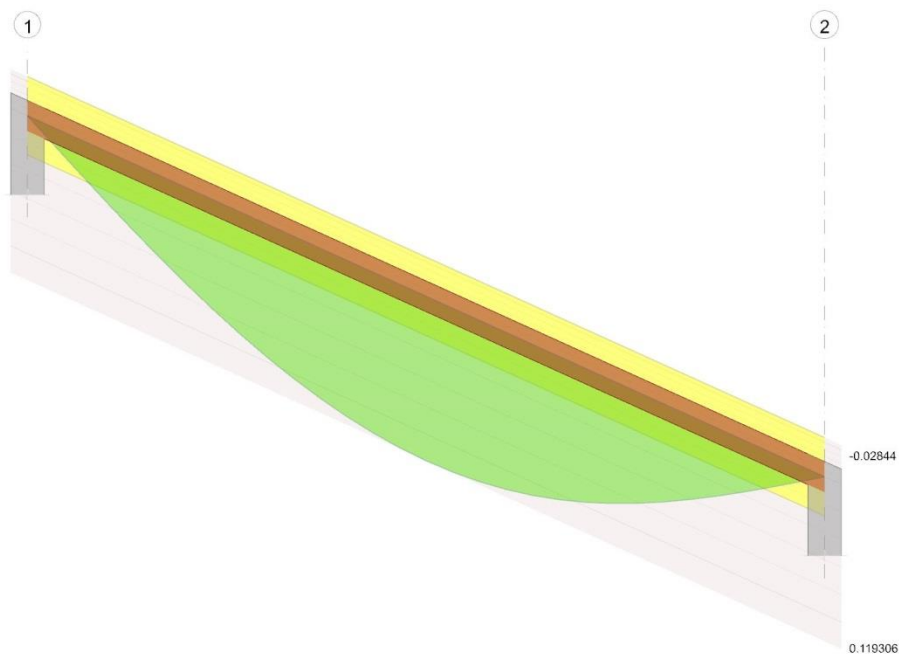


Diagramma verifica freccia finale



Output campate

Campata 1

$k_{def} = 0.8$; $k_{mod} = 0.8$; k_{mod} solo permanenti = 0.6; γ_m SLU = 1.5; $k_h = 1$

Verifiche a flessione NTC18 §4.4.8.1.6

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	M+	σ_{ed+}	M-	σ_{ed-}	$f_{m,d}$ Perm	M+	σ_{ed+}	M-	σ_{ed-}	$f_{m,d}$	
0			0	0	8000	0	0	0	0	10667	Si
0.15	1.4292	944			8000	3.4221	2260			10667	Si
3.56	18.1676	11997			8000	43.5844	28780			10667	No
3.79	18.2407	12045			8000	43.78	28909			10667	No
6.96	1.2221	807			8000	2.8949	1912			10667	Si
7.11	0	0			8000	0	0			10667	Si

Verifiche a taglio NTC18 §4.4.8.1.9

$k_{cr} = 0.8$

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	V+	τ_{ed+}	V-	τ_{ed-}	$f_{v,d}$ Perm	V+	τ_{ed+}	V-	τ_{ed-}	$f_{v,d}$	
0	8.91	304			833	21.35	727			1111	Si
0.15	8.45	288			833	20.23	689			1111	Si
3.56	0.51	17			833	1.29	44			1111	Si
6.96			-7.4	252	833			-17.55	598	1111	Si
7.11			-7.44	253	833			-17.6	600	1111	Si

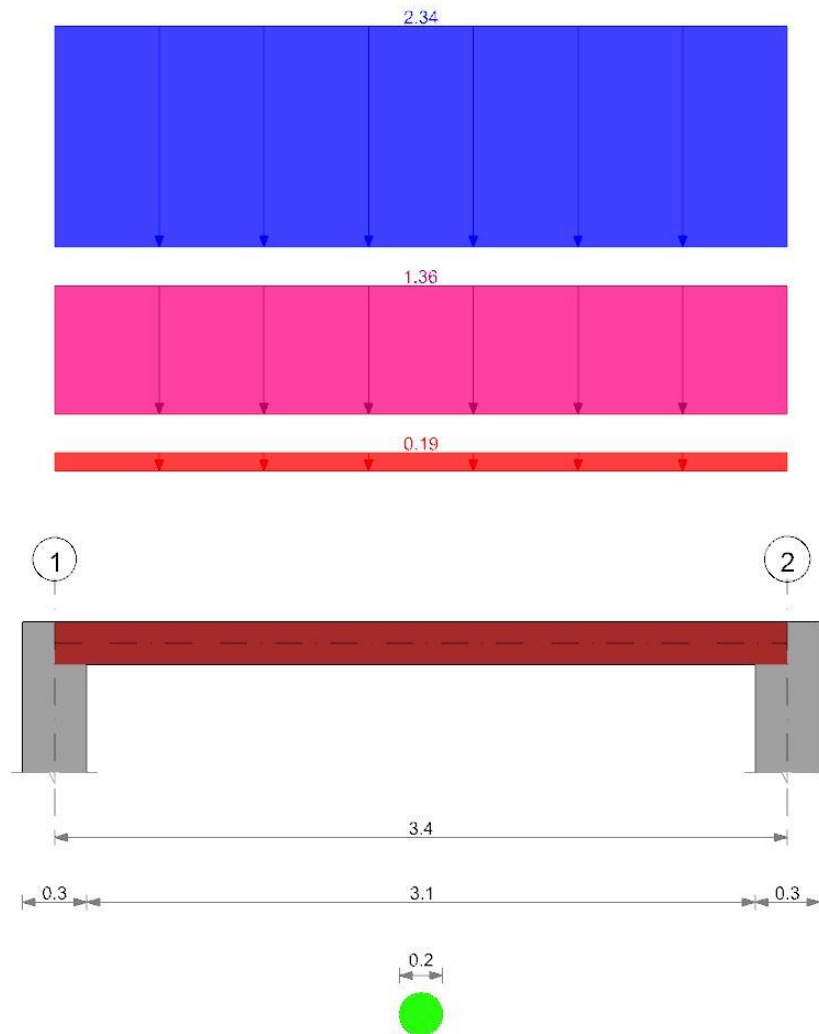
Verifica di deformabilità Circolare 7 21-01-19 §C4.4.7

x	Istantanea totale			Istantanea variabile			Lungo termine totale			Verifica
	f_+	f_-	L/f	f_+	f_-	L/f	f_+	f_-	L/f	
0	0	0		0	0		0	0		Si
0.15	0.00536	0.00227	1326	0.00309	0	2303	0.00792	0.00409	897	Si
3.56	0.08075	0.03423	88	0.04652	0	153	0.11931	0.06162	60	Si
6.96	0.00537	0.00228	1325	0.00309	0	2301	0.00793	0.0041	897	Si
7.11	0	0		0	0		0	0		Si

TRAVE RI COLMO/TERZERA

Verifica di trave condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le azioni

$\gamma_{G1 \text{ inf}} = 1$; $\gamma_{G1 \text{ sup}} = 1.3$; $\gamma_{G2 \text{ inf}} = 0.8$; $\gamma_{G2 \text{ sup}} = 1.5$; $\gamma_Q = 1.5$

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

$\psi_1 = 0.5$; $\psi_2 = 0.3$

Caratteristiche dei materiali

Legno massiccio C24 LC2, $f_m = 24000$, $f_v = 2500$, $f_{c90} = 2500$, $f_{t90} = 500$, Livello di conoscenza = LC2, Fattore di confidenza FC = 1.2, $\rho_k = 0.35$

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Diametro	Area	Jx	Jy	Wx	Wy
1	D 20	Circolare	0.2	0.031416	0.0000775363	0.0000775363	0.00077536	0.00077536

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 3.4;

sezione n° 1 - D 20; Classe di servizio: Due

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Fittizio	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Ritegno torsionale
1	1	No	0.3	0	0		Sì
2	2	No	0.3	0	0		Sì

Elenco dei carichi

Peso proprio valutato automaticamente e riportato nei carichi in elenco.

Classe di durata del carico accidentale: Media

Campata 1

Peso proprio: 0.11

Carico uniforme: permanente 0.19; permanente portato 1.36; variabile 2.34

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

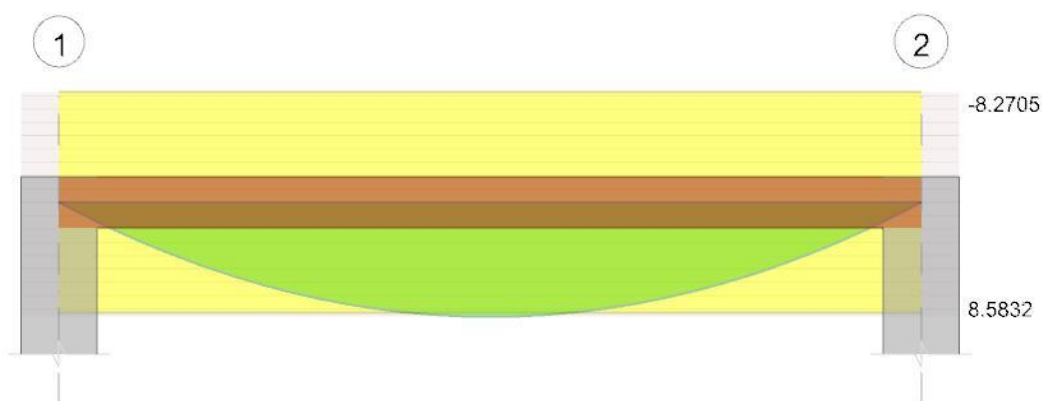


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) flessione

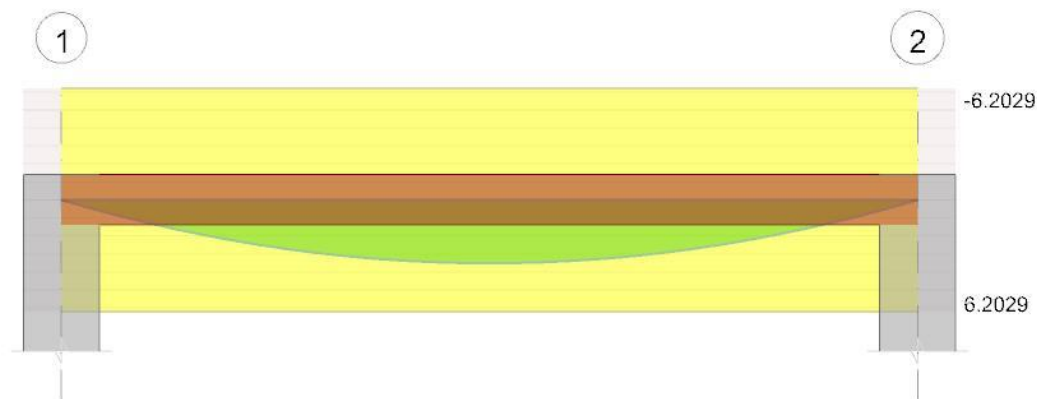


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

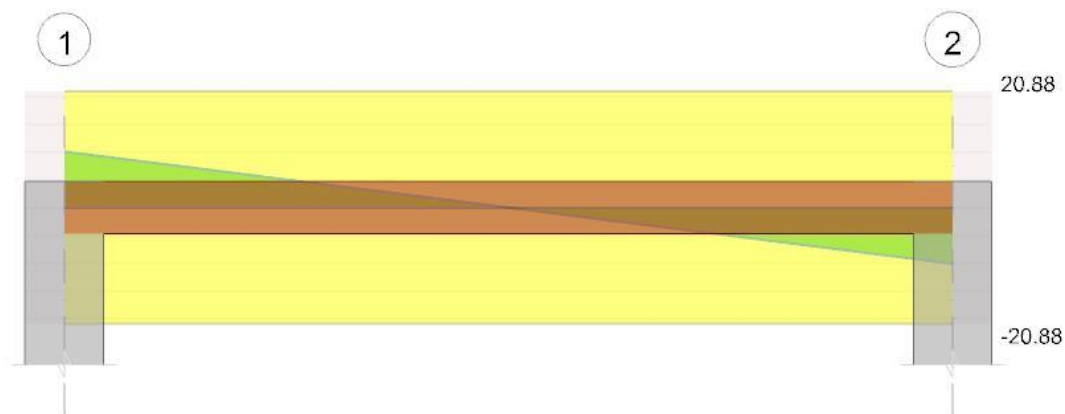


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) taglio

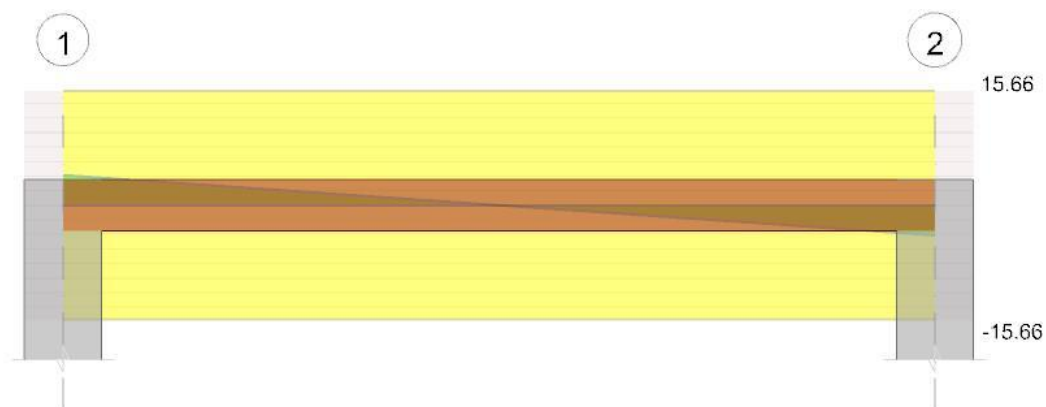


Diagramma verifica freccia istantanea totale

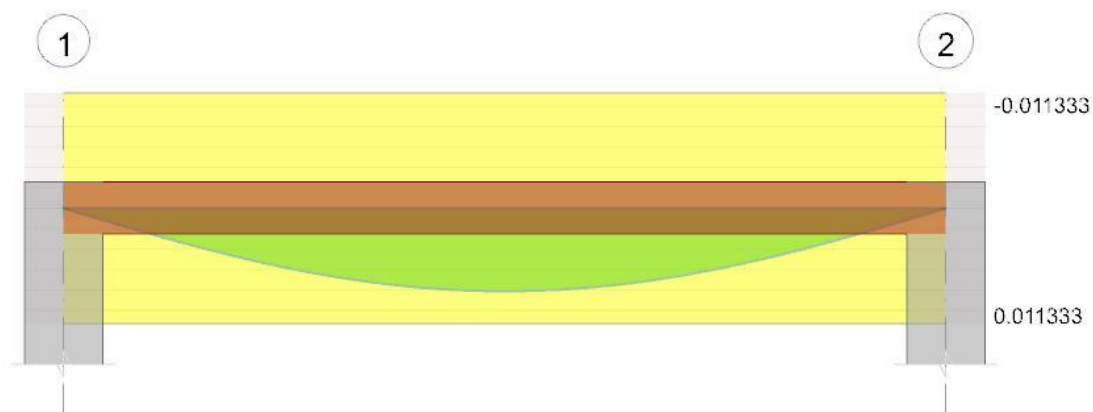
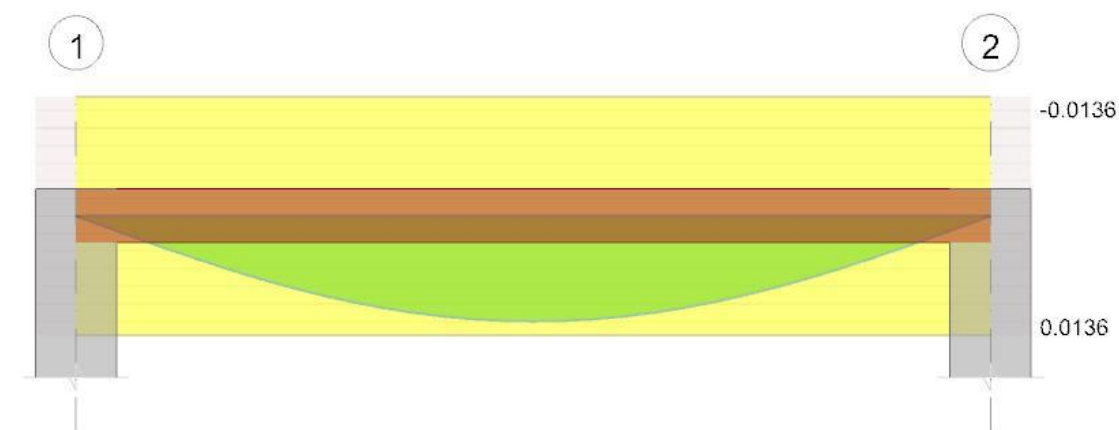
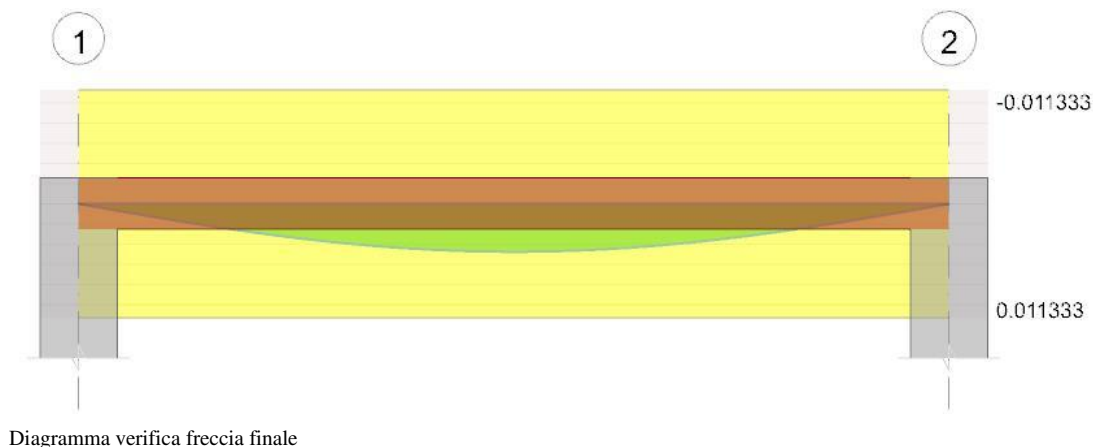


Diagramma verifica freccia istantanea variabile



Output campate

Campata 1

$k_{def} = 0.8$; $k_{mod} = 0.8$; k_{mod} solo permanenti = 0.6; γ_m SLU = 1.5; $k_h = 1$

Verifiche a flessione NTC18 §4.4.8.1.6

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	M+	σ_{ed+}	M-	σ_{ed-}	f _{m,d} Perm	M+	σ_{ed+}	M-	σ_{ed-}	f _{m,d}	
0	0	0			8000	0	0			10667	Si
0.15	0.5923	764			8000	1.4479	1867			10667	Si
1.7	3.5113	4529			8000	8.5832	11070			10667	No
3.25	0.5923	764			8000	1.4479	1867			10667	Si
3.4	0	0			8000	0	0			10667	Si

Verifiche a taglio NTC18 §4.4.8.1.9

$k_{cr} = 0.8$

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	V+	τ_{ed+}	V-	τ_{ed-}	f _{v,d} Perm	V+	τ_{ed+}	V-	τ_{ed-}	f _{v,d}	
0	4.13	220			833	10.1	537			1111	Si
0.15	3.77	200			833	9.21	490			1111	Si
1.7			0	0	833			0	0	1111	Si
3.25			-3.77	200	833			-9.21	490	1111	Si
3.4			-4.13	220	833			-10.1	537	1111	Si

Verifica di deformabilità Circolare 7 21-01-19 §C4.4.7

x	Istantanea totale			Istantanea variabile			Lungo termine totale			Verifica
	f ₊	f ₋	L/f	f ₊	f ₋	L/f	f ₊	f ₋	L/f	
0	0	0		0	0		0	0		Si
0.15	0.00114	0.00048	2970	0.00067	0	5077	0.00169	0.00086	2017	Si

x	Istantanea totale			Istantanea variabile			Lungo termine totale			Verifica
	f ₊	f ₋	L/f	f ₊	f ₋	L/f	f ₊	f ₋	L/f	
1.7	0.00815	0.00338	417	0.00477	0	713	0.012	0.00609	283	Si
3.25	0.00114	0.00048	2970	0.00067	0	5077	0.00169	0.00086	2017	Si
3.4	0	0		0	0		0	0		Si

Verifica delle volte al piano interrato

La zona originaria, come identificata alla Figura 1, presenta al piano interrato delle volte in muratura che reggono il pavimento del piano terra. Queste variano tra la zona del corridoio dove si ha la presenza di un'unica volta a botte e la zona delle aule retta da una successione di volte a botte di luce inferiore.

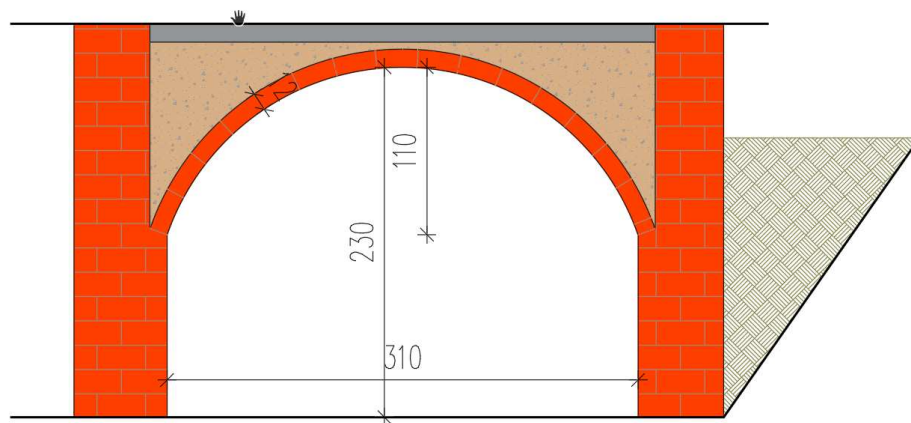


Figura 33: Sezione volta sotto corridoio.

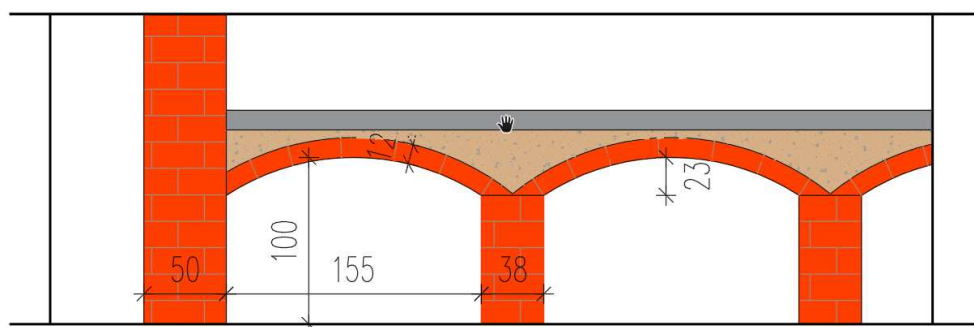


Figura 34: Sezione volte sotto aule.

A favore di sicurezza il riempimento viene considerato di materiale incoerente, e nella verifica a stabilità della volta al disotto del corridoio viene trascurato il contributo stabilizzante del terreno.

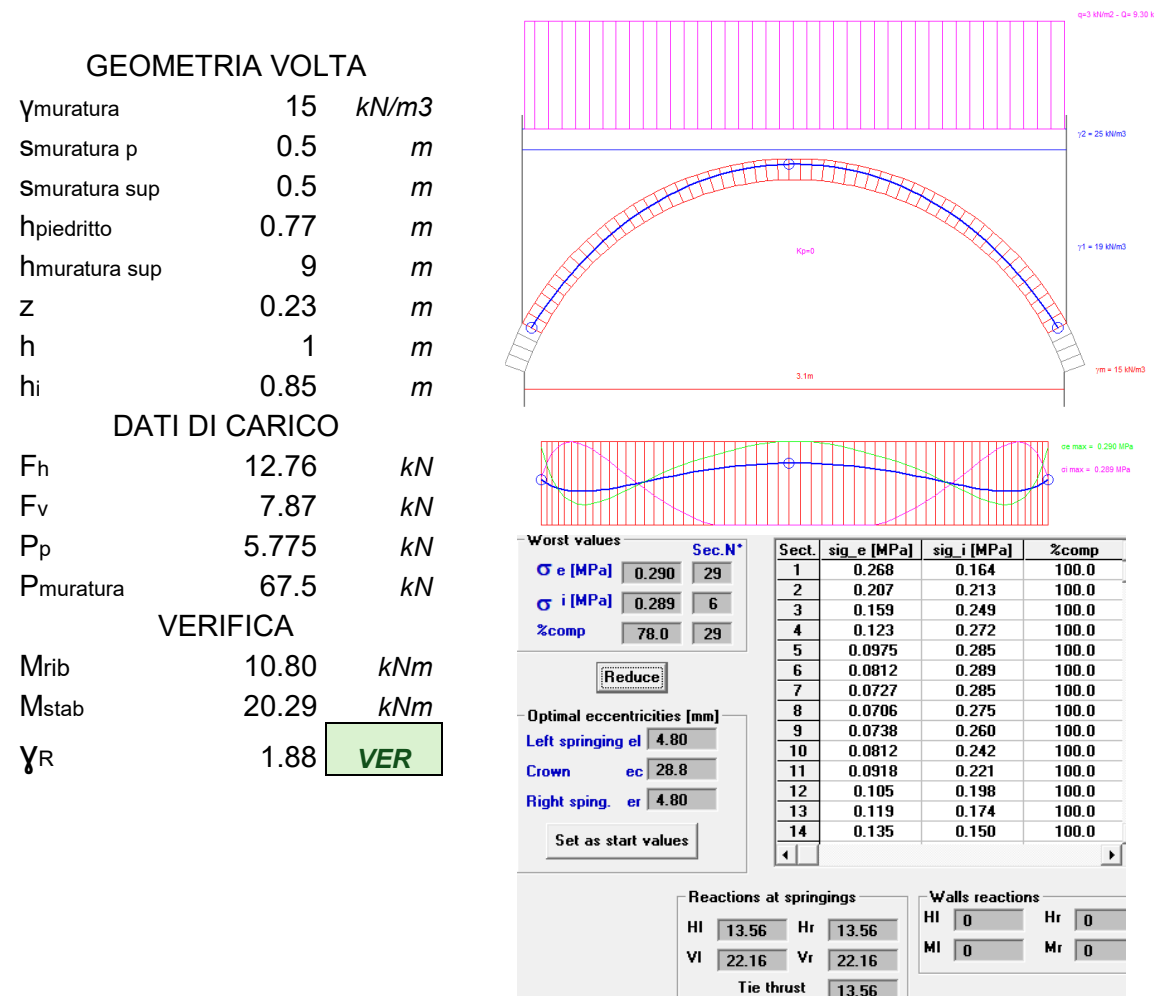


Figura 35: Verifica volta sotto corridoio

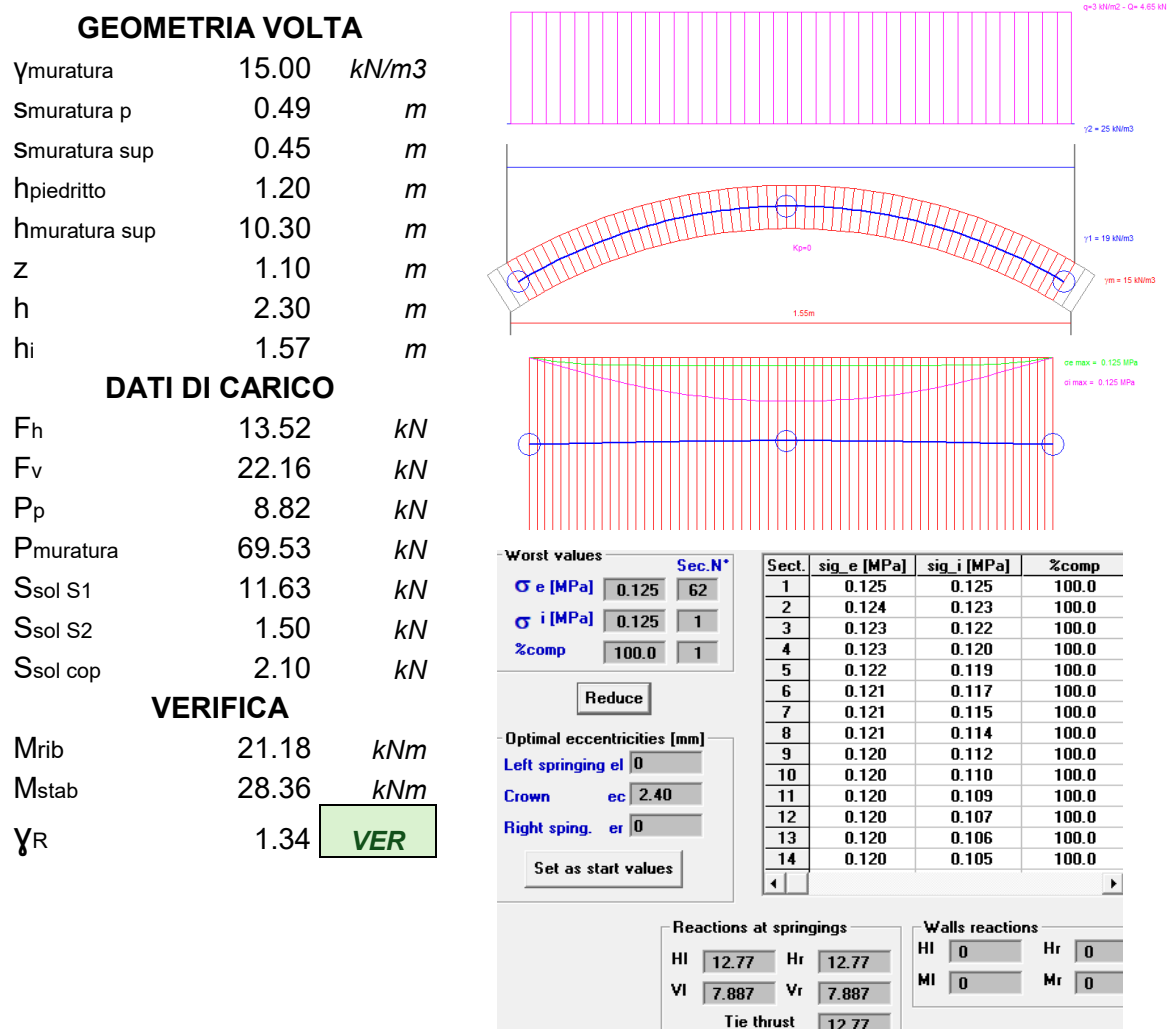


Figura 36: Verifica volte sotto le aule

Recap interventi

- Inserimento graticcio di travi in acciaio a supporto del solaio di copertura del piano terra nella zona del primo ampliamento
- Getto di massetto collaborante con connettori metallici a gambi cilindrico che uniscono la nuova soletta con i profili in acciaio esistenti. Solaio di copertura del piano terra nella zona del corridoio e delle aule
- Rinforzo delle travi lignee mediante traliccio metallico applicato all'intradosso
- Rinforzo delle murature più antiche mediante diverse combinazioni di intonaco armato e connessione trasversali a mezzo di diatoni.
- Formazione di diaframmi di piano rigido come sopra esposto
- Sostituzione di porzione della copertura e inserimento di nuova capriata lignea

Graticcio di travi copertura piano terra zona del primo ampliamento

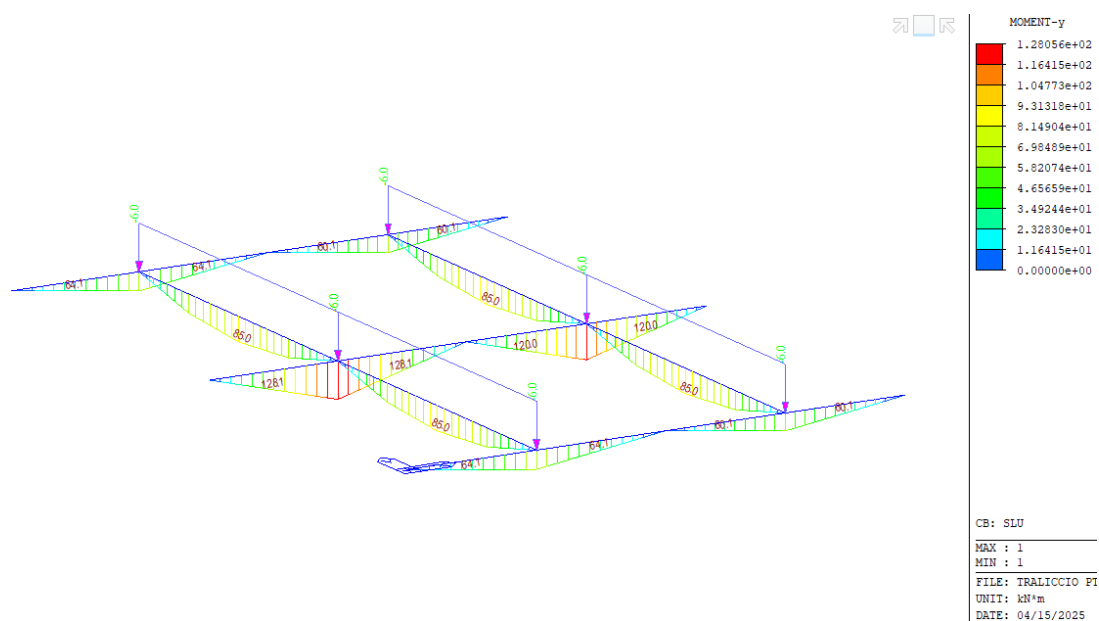


Figura 37: Andamento momenti SLU -Midas Gen

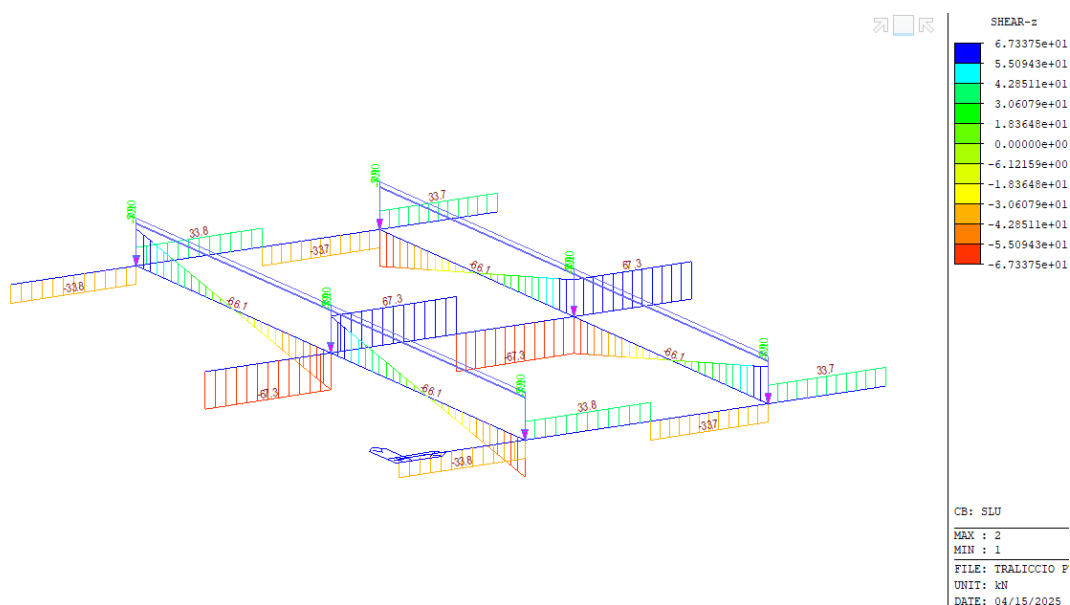


Figura 38: Andamento tagli SLU -Midas Gen

Le azioni ottenute derivano dalla considerazione, a favore di sicurezza, che il solaio sia un carico morto gravante sui restanti elementi strutturali.

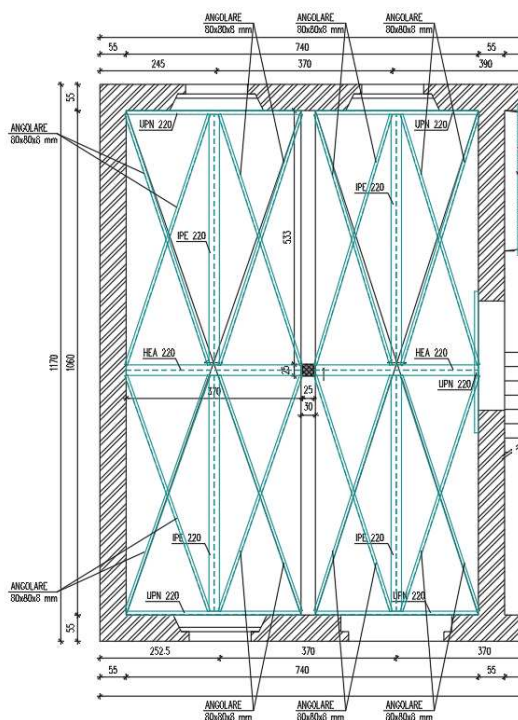


Figura 39: Carpenteria graticcio di travi copertura piano terra

☐ IPE ☐ IPN ☐ HEAA ☐ HL
☒ HEA ☐ IPEA ☐ HEX ☐ UB
☐ HEB ☐ IPEO ☐ HD ☐ UC
☐ HEM ☐ IPEX ☐ HP ☐ W

Ordina per: Wy ☒ ly ☐ g

Acciaio: S275 (Fe430) f_y (N/mm²): 275 f_u : 430

Lunghezze di libera inflessione [m]: l_{0y} 0 l_{0z} 0

N_{sd} [kN]: 0

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 140 A	24.7	133	140	5.50	8.50	12.00
HE 160 A	30.4	152	160	6.00	9.00	15.00
HE 180 A	36.0	171	180	6.00	9.50	15.00
HE 200 A	42.3	190	200	6.50	10.00	18.00
HE 220 A	50.5	210	220	7.00	11.00	18.00
HE 240 A	60.3	230	240	7.50	12.00	21.00

HE 220 A

$N_{by,Rd}$ [kN]: 1,685
 $N_{bz,Rd}$ [kN]: 1,685
 $V_{ply,Rd}$ [kN]: 312.6
 $M_{cy,Rd}$ [kNm]: 148.9
 $M_{oz,Rd}$ [kNm]: 70.87
 $V_{plz,Rd}$ [kN]: 731.9

g (Kg/m): 50.5
 h (mm): 210
 b (mm): 220
 tw (mm): 7
 tf (mm): 11
 r1 (mm): 18

r2 (mm): 0
 A (cm²): 64.34
 I_y (cm⁴): 5,410
 I_z (cm⁴): 1,955
 I_T (cm⁴): 28.46
 W_y (cm³): 515.2
 W_z (cm³): 177.7
 $W_{pl,y}$ (cm³): 568.5
 $W_{pl,z}$ (cm³): 270.6

i_y (cm): 9.17
 i_z (cm): 5.51
 l_w (cm⁶): 193,300

Classe Sezione: Compressione 2, Flessione My 2, Flessione Mz 2, Presso-Flessione 2

Verifiche: Presso Flessione, Svergolamento

Plotta

Figura 40: Caratteristiche profilo HEA220

☒ IPE ☐ IPN ☐ HEAA ☐ HL
☐ HEA ☐ IPEA ☐ HEX ☐ UB
☐ HEB ☐ IPEO ☐ HD ☐ UC
☐ HEM ☐ IPEX ☐ HP ☐ W

Ordina per: Wy ☒ ly ☐ g

Acciaio: S275 (Fe430) f_y (N/mm²): 275 f_u : 430

Lunghezze di libera inflessione [m]: l_{0y} 0 l_{0z} 0

N_{sd} [kN]: 0

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
IPE 120	10.4	120	64	4.40	6.30	7.00
IPE 140	12.9	140	73	4.70	6.90	7.00
IPE 160	15.8	160	82	5.00	7.40	9.00
IPE 180	18.8	180	91	5.30	8.00	9.00
IPE 200	22.4	200	100	5.60	8.50	12.00
IPE 220	26.2	220	110	5.90	9.20	12.00

IPE 220

$N_{by,Rd}$ [kN]: 874.0
 $N_{bz,Rd}$ [kN]: 874.0
 $V_{ply,Rd}$ [kN]: 240.1
 $M_{cy,Rd}$ [kNm]: 74.75
 $M_{oz,Rd}$ [kNm]: 15.22
 $V_{plz,Rd}$ [kN]: 306.1

g (Kg/m): 26.2
 h (mm): 220
 b (mm): 110
 tw (mm): 5.9
 tf (mm): 9.2
 r1 (mm): 12

r2 (mm): 0
 A (cm²): 33.37
 I_y (cm⁴): 2,772
 I_z (cm⁴): 204.9
 I_T (cm⁴): 9.07
 W_y (cm³): 252
 W_z (cm³): 37.25
 $W_{pl,y}$ (cm³): 285.4
 $W_{pl,z}$ (cm³): 58.11

i_y (cm): 9.11
 i_z (cm): 2.48
 l_w (cm⁶): 22,670

Classe Sezione: Compressione 1, Flessione My 1, Flessione Mz 1, Presso-Flessione 1

Verifiche: Presso Flessione, Svergolamento

Plotta

Figura 41: Caratteristiche profilo IPE220

☒ UPN ☐ Doppio Ordina per: ☒ Wy ☐ ly ☐ g Acciaio: S275 (Fe430) fy (N/mm2): 275 fu: 430

Lunghezze di libera inflessione [m]: I_{0y} 0 I_{0z} 0

designation	g (kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
UPN 120	13.4	120	55	7.00	9.00	9.00
UPN 140	16.0	140	60	7.00	10.00	10.00
UPN 160	18.8	160	65	7.50	10.50	10.50
UPN 180	22.0	180	70	8.00	11.00	11.00
UPN 200	25.3	200	75	8.50	11.50	11.50
UPN 220	29.4	220	80	9.00	12.00	12.00
UPN 240	33.3	240	85	9.50	12.50	12.50

UPN 220 $N_{by,Rd}$ [kN] 979.5 $M_{cy,Rd}$ [kNm] 76.48 $N_{bz,Rd}$ [kN] 979.5 $M_{cz,Rd}$ [kNm] 16.79 $V_{ply,Rd}$ [kN] 303.7 $V_{plz,Rd}$ [kN] 302.4

Classe Sezione:
 Compressione 1
 Flessione My 1
 Flessione Mz 1

g (Kg/m): 29.4 h (mm): 220 r2 (cm): 6.5 A (cm2): 37.4 iy (cm): 8.48 iz (cm): 2.3
 b (mm): 80 ly (cm4): 2,690 lz (cm4): 197 IT (cm4): 16
 tw (mm): 9 Wy (cm3): 245 Wz (cm3): 33.6 lw (cm6): 14,600
 tf (mm): 12.5 Wpl,y (cm3): 292 Wpl,z (cm3): 64.1

Figura 42: Caratteristiche profilo UPN220

Solaio copertura piano terra zona aule e corridoio – stato di progetto

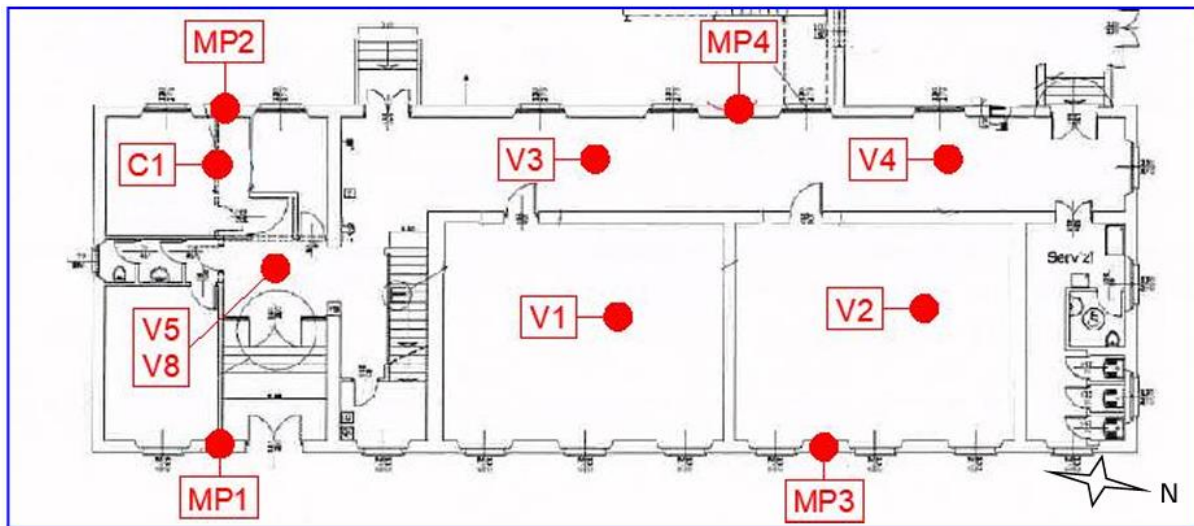


Figura 43: Localizzazione indagini condotte da 4emme

Punto	Elemento	Indice di durezza Vickers (HV)			Durezza brinell (HB)	Tensione di rottura a trazione (f_t) Mpa
		Min	Max	Medio		
V1	Putrella	162	208	183	174	587
V2	Putrella	169	210	178	169	569
V3	Putrella	173	216	187	178	601

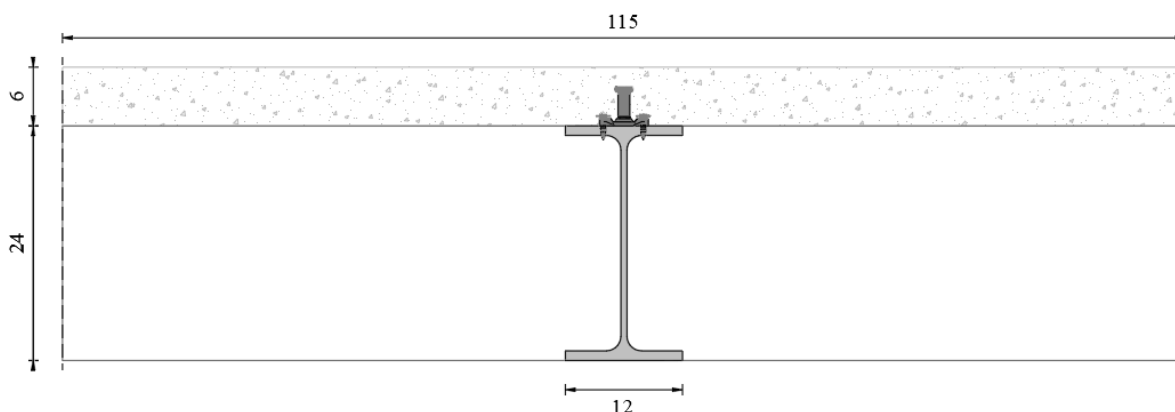
Figura 44: Risultati delle indagini condotte sui profili costituenti il solaio di copertura del piano terra

Assumendo come tensione di rottura la minore delle 3 rilevate e applicandovi un FC di 1,2 si ottiene un valore di progetto pari a:

$$f_{sd} = \frac{569}{1,15 \times 1,2} = 412 \text{ MPa} < 275 \text{ Mp}$$

Inferiore al valore assunto nelle verifiche di seguito riportate.

Solaio copertura piano terra zona aule – stato di progetto



Verifiche agli stati limite in accordo a:

- Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018
- Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio EN 1993-1-1
- Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo EN 1994-1-1
- Valutazione Tecnica Europea ETA 18/0355
- Valutazione Tecnica Europea ETA 18/0447

La presente relazione descrive le verifiche per la trave principale mista acciaio e calcestruzzo di un solaio di singola orditura. I risultati di seguito descritti si ottengono esclusivamente con l'utilizzo dei connettori Tecnaria; ogni altro utilizzo del presente calcolo è da ritenersi del tutto inattendibile.

CARATTERISTICHE STRUTTURALI E GEOMETRICHE

Nuova soletta in c.a.

Spessore	6.0 cm	Classe di resistenza	C28/35
		Tipo di cls	Normale
Tipo di armatura	B450	f_{ck}	28.0 N/mm ²
f_{tk}	450.0 N/mm ²	f_{ctk}	1.94 N/mm ²
		E_{cm}	32308.2 N/mm ²
		d_c	25.0 kN/m ³
		Deformazione per ritiro	$325.0 \cdot 10^{-6}$

Trave in acciaio

Lunghezza di calcolo	730.0 cm	Classe di resistenza	S275
Interasse	115.0 cm	$f_{y,k}$	275.0 N/mm ²
		E_m	210000.0 N/mm ²
Profilo	IPE 240	d_m	78.0 kN/m ³

Larghezza ala	12.0 cm		
Altezza	24.0 cm	Peso riempimento	0.0 kN/m ³
Spessore anima	0.62 cm		
Spessore ala	0.98 cm	Raggio di raccordo	1.5 cm
A	39.12 cm ²	I _y	3892.0 cm ⁴
W _{el,y}	324.3 cm ²	W _{pl,y}	366.6 cm ⁴

Tipologia connettori

Tipo di connettore	CTF	Copriferro minimo	2.0 cm
Disposizione	Perpendicolare		

Carichi

Permanenti portati G1	2.62 kN/m ²		
Permanenti portati G2	2.1 kN/m ²		
Variabile Q1	3.0 kN/m ²	Categoria C1: Scuole, caffè, ristoranti	

Limiti di Freccia

(P) Freccia variabile + L/350
ritiro cls

(P) Freccia totale L/250

(P) Controfreccia 0.0 cm

Configurazione di progetto

(P) Trave puntellata durante la maturazione

(P) Metodo di calcolo Elastico

Proprietà di progetto della soletta:

Coefficiente parziale per il calcestruzzo - γ_M	1.5
Coefficiente parziale per connettore - lato soletta - γ_V	1.25
Coefficiente parziale per armatura - $\gamma_{M,R}$	1.15

Proprietà di progetto della trave:

Coefficiente parziale per acciaio - γ_M	1.05
Coefficiente parziale per connettore - lato trave - γ_V	1.25

Proprietà di progetto dei carichi:

Coefficiente parziale per carichi strutturali G1 - γ_{G1}	1.3
Coefficiente parziale per carichi non-strutturali G2 - γ_{G2}	1.3
Coefficiente parziale per carichi variabili Q1 - γ_{Q1}	1.5
Coefficiente per valore caratteristico del carico Q1 - $\psi_{0,Q1}$	0.7

Coefficiente per valore frequente del carico $Q_1 - \psi_{1,Q1}$ 0.7

Coefficiente per valore quasi-permanente del carico $Q_1 - \psi_{2,Q1}$ 0.6

Analisi dei carichi

Carichi distribuiti e lineari

Componenti G_1	(kN/m ²)	(kN/m)
Carico utente	2.62	
Carico soletta	1.5	
Carico trave	0.27	
Carico riempimento	0.0	
Carico G_1	4.39	5.04
Carico G_2	2.1	2.42
Carico $Q_{1/2}$	3.0	3.45

Stato Limite e carichi lineari di progetto

Stato Limite - q_d	(kN/m)
SLU - Tempo infinito	14.87
SLE - Freccia carichi variabili	3.45
SLE - Freccia totale	7.46
SLE - Controllo delle vibrazioni	9.87

RISULTATI

Trave mista verificata con metodo di calcolo elastico con connettore **CTF 040** ✓

Trave **puntellata** durante la maturazione del cls

Distribuzione spaziatura: **42 connettori** per trave (5.0/m²)

Disposizione: perpendicolare

Spaziatura nei quarti esterni **13.6 cm**

Spaziatura nella metà centrale **26.4 cm**

Distanza primo connettore - appoggio 3.0 cm

Soletta: armatura longitudinale inferiore non richiesta

Soletta: armatura trasversale 1.93 cm²/m

Riepilogo verifiche SLU

Trave mista - Momento:	100%	✓
Trave mista - Taglio:	26%	✓
Connettore - Taglio:	100%	✓

Riepilogo verifiche SLE

Freccia carichi variabili + ritiro cls:	70%	✓
Freccia totale:	93%	✓

Risultati verifiche SLU**Risultati a tempo infinito**

Trave mista - Momento (kNm):	$M_{Ed} / M_{Rd} = 99.06 / 99.06 = 1.0$
Soletta - Lato superiore (MPa):	$\sigma_{cd} / f_{cd} = 7.83 / 18.67 = 0.42$
Soletta - Lato inferiore (MPa):	$\sigma_{cd} / f_{cd} = 2.81 / 18.67 = 0.16$
Trave - Tensoflessione (MPa):	$\sigma_{yd} / f_{yd} = 224.18 / 261.9 = 0.86$

Trave mista - Taglio (kN):	$V_{Ed} / V_{Rd} = 54.28 / 214.76 = 0.26$
Soletta - Puntone in cls (MPa):	$v_{vd} / f_{vd} = 1.26 / 4.97 = 0.26$
Trave - Taglio (MPa):	$\tau_{vd} / f_{vd} = 35.08 / 151.21 = 0.24$

Connettore - Taglio (kN):	$P_{Ed} / P_{Rd} = 27.35 / 27.36 = 1.0$
---------------------------	---

Risultati verifiche SLE

Freccia carichi variabili + ritiro cls (mm):	$\delta_d / \delta_{lim} = 14.57 / 20.86 = 0.7$
Freccia totale (mm):	$\delta_d / \delta_{lim} = 26.9 / 29.2 = 0.93$

Componenti di freccia

Carichi permanenti:	$\delta_1 = 12.34 \text{ mm}$
Carichi variabili:	$\delta_{2-a} = 6.66 \text{ mm}$
Parte viscosa dei carichi permanenti:	$\delta_{2-b} = 2.06 \text{ mm}$
Dovuto al ritiro del calcestruzzo:	$\delta_{2-c} = 5.84 \text{ mm}$

Riepilogo dati SLU e SLE**Riepilogo delle dimensioni**

Larghezza collaborante:	115.0 cm
Altezza totale:	30.0 cm

Riepilogo dati SLU

- Asse neutro della sezione composta dall'estradosso: $y_{NA} = 9.4 \text{ cm}$
- Compressione nella soletta in calcestruzzo: $N_c = 367.12 \text{ kN}$
- Compressione per limite elastico: $N_{c,elastic} = 428.75 \text{ kN}$

- Resistenza a taglio del connettore: $P_{rd} = 27.36 \text{ kN}$

Riepilogo dati SLE**A tempo 0**

- Asse neutro della sezione composta dall'estradosso: $y_{NA,0} = 7.0 \text{ cm}$
- Rapporto di moduli elastici fra acciaio e cls: $\eta_0 = 6.5$
- Momento di inerzia: $J_{omog,0} = 10642.3 \text{ cm}^4$

A tempo infinito

- Asse neutro della sezione composta dall'estradosso: $y_{NA,inf} = 9.4 \text{ cm}$
- Rapporto di moduli elastici fra acciaio e cls: $\eta_{inf} = 13.0$
- Momento di inerzia: $J_{omog,inf} = 9118.5 \text{ cm}^4$

- Frequenza fondamentale di vibrazione: $F_{freq} = 4.6 \text{ Hz}$

Resistenza a taglio per CTF 040

$$P_{Rd} = 27.36 \text{ kN}$$

- Comportamento Rigido
- Resistenza nominale: $P_{Rd,nom} = 27.36 \text{ kN}$

Analisi lato acciaio:

$$a_t = N/A \mid a_s = N/A$$

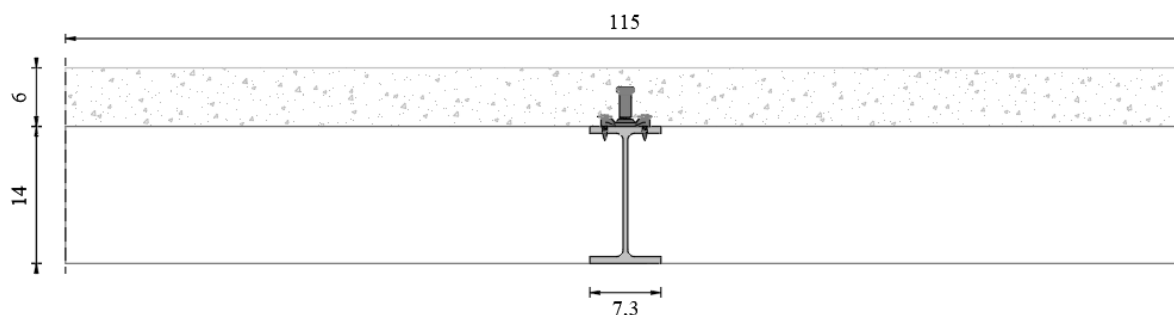
$$P_{Rd} = 27.36 \text{ kN}$$

Analisi lato nuova soletta:

$$k_l = N/A \mid k_t = N/A$$

$$P_{Rd} = 27.36 \text{ kN}$$

Solaio copertura piano terra zona corridoio – stato di progetto



Verifiche agli stati limite in accordo a:

- Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018
- Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio EN 1993-1-1
- Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo EN 1994-1-1
- Valutazione Tecnica Europea ETA 18/0355
- Valutazione Tecnica Europea ETA 18/0447

La presente relazione descrive le verifiche per la trave principale mista acciaio e calcestruzzo di un solaio di singola orditura. I risultati di seguito descritti si ottengono esclusivamente con l'utilizzo dei connettori Tecnaria; ogni altro utilizzo del presente calcolo è da ritenersi del tutto inattendibile.

Caratteristiche strutturali e geometriche

Nuova soletta in c.a.

Spessore	6.0 cm	Classe di resistenza	C28/35
		Tipo di cls	Normale
Tipo di armatura	B450	f_{ck}	28.0 N/mm ²
f_{tk}	450.0 N/mm ²	f_{ctk}	1.94 N/mm ²
		E_{cm}	32308.2 N/mm ²
		d_c	25.0 kN/m ³
		Deformazione per ritiro	$325.0 \cdot 10^{-6}$

Trave in acciaio

Lunghezza di calcolo	320.0 cm	Classe di resistenza	S275
Interasse	115.0 cm	$f_{y,k}$	275.0 N/mm ²
		E_m	210000.0 N/mm ²
Profilo	IPE 140	d_m	78.0 kN/m ³
Larghezza ala	7.3 cm		
Altezza	14.0 cm	Peso riempimento	0.0 kN/m ³

Spessore anima	0.47 cm		
Spessore ala	0.69 cm	Raggio di raccordo	0.7 cm
A	16.43 cm ²	I _y	541.2 cm ⁴
W _{el,y}	77.32 cm ²	W _{pl,y}	88.34 cm ⁴
Tipologia connettori			
Tipo di connettore	CTF	Copriferro minimo	2.0 cm
Disposizione	Perpendicolare		
Carichi			
Permanenti portati G1	1.06 kN/m ²		
Permanenti portati G2	2.1 kN/m ²		
Variabile Q1	3.0 kN/m ²	Categoria C1: Scuole, caffè, ristoranti	
Limiti di Freccia			
(P) Freccia variabile + L/350			
ritiro cls			
(P) Freccia totale L/250			
(P) Controfreccia 0.0 cm			
Configurazione di progetto			
(P) Trave puntellata durante la maturazione			
(P) Metodo di calcolo	Elastico		

Proprietà di progetto della soletta:

Coefficiente parziale per il calcestruzzo - γ_M	1.5
Coefficiente parziale per connettore - lato soletta - γ_V	1.25
Coefficiente parziale per armatura - $\gamma_{M,R}$	1.15

Proprietà di progetto della trave:

Coefficiente parziale per acciaio - γ_M	1.05
Coefficiente parziale per connettore - lato trave - γ_V	1.25

Proprietà di progetto dei carichi:

Coefficiente parziale per carichi strutturali G1 - γ_{G1}	1.3
Coefficiente parziale per carichi non-strutturali G2 - γ_{G2}	1.3
Coefficiente parziale per carichi variabili Q1 - γ_{Q1}	1.5
Coefficiente per valore caratteristico del carico Q1 - $\psi_{0,Q1}$	0.7
Coefficiente per valore frequente del carico Q1 - $\psi_{1,Q1}$	0.7
Coefficiente per valore quasi-permanente del carico Q1 - $\psi_{2,Q1}$	0.6

Analisi dei carichi

Carichi distribuiti e lineari

Componenti G_1	(kN/m ²)	(kN/m)
Carico utente	1.06	
Carico soletta	1.5	
Carico trave	0.11	
Carico riempimento	0.0	
Carico G_1	2.67	3.07
Carico G_2	2.1	2.42
Carico Q_{12}	3.0	3.45

Stato Limite e carichi lineari di progetto

Stato Limite - q_d	(kN/m)
SLU - Tempo infinito	12.31
SLE - Freccia carichi variabili	3.45
SLE - Freccia totale	5.49
SLE - Controllo delle vibrazioni	7.9

Risultati

Trave mista verificata con metodo di calcolo elastico con connettore **CTF 040** ✓

Trave **puntellata** durante la maturazione del cls

Distribuzione spaziatura: **15 connettori** per trave (**4.1/m²**)

Disposizione: perpendicolare

Spaziatura nei quarti esterni	18.8 cm
Spaziatura nella metà centrale	31.5 cm
Distanza primo connettore - appoggio	3.0 cm
Soletta: armatura longitudinale inferiore	non richiesta
Soletta: armatura trasversale	1.4 cm ² /m

Riepilogo verifiche SLU

Trave mista - Momento:	100%	✓
Trave mista - Taglio:	20%	✓
Connettore - Taglio:	100%	✓

Riepilogo verifiche SLE

Freccia carichi variabili + ritiro cls:	17%	✓
Freccia totale:	26%	✓

Risultati verifiche SLU

Risultati a tempo infinitoTrave mista - Momento (kNm): $M_{Ed} / M_{Rd} = 15.76 / 15.78 = 1.0$ Soletta - Lato superiore (MPa): $\sigma_{cd} / f_{cd} = 4.12 / 18.67 = 0.23$ Soletta - Lato inferiore (MPa): $\sigma_{cd} / f_{cd} = 0.05 / 18.67 = 0.01$ Trave - Tensoflessione (MPa): $\sigma_{yd} / f_{yd} = 122.63 / 261.9 = 0.47$ Trave mista - Taglio (kN): $V_{Ed} / V_{Rd} = 19.7 / 103.47 = 0.2$ Soletta - Puntone in cls (MPa): $v_{vd} / f_{vd} = 0.78 / 4.97 = 0.16$ Trave - Taglio (MPa): $\tau_{vd} / f_{vd} = 28.79 / 151.21 = 0.2$ Connettore - Taglio (kN): $P_{Ed} / P_{Rd} = 23.54 / 23.58 = 1.0$

Risultati verifiche SLE

Freccia carichi variabili + ritiro cls (mm): $\delta_d / \delta_{lim} = 1.55 / 9.14 = 0.17$ Freccia totale (mm): $\delta_d / \delta_{lim} = 3.25 / 12.8 = 0.26$

Componenti di freccia

Carichi permanenti: $\delta_1 = 1.7 \text{ mm}$ Carichi variabili: $\delta_{2-a} = 1.25 \text{ mm}$ Parte viscosa dei carichi permanenti: $\delta_{2-b} = 0.29 \text{ mm}$

Riepilogo dati SLU e SLE

Riepilogo delle dimensioni

Larghezza collaborante: 80.0 cm

Altezza totale: 20.0 cm

Riepilogo dati SLU

- Asse neutro della sezione composta dall'estradosso: $y_{NA} = 6.1 \text{ cm}$ - Compressione nella soletta in calcestruzzo: $N_c = 100.33 \text{ kN}$ - Compressione per limite elastico: $N_{c,elastic} = 213.92 \text{ kN}$ - Resistenza a taglio del connettore: $P_{rd} = 23.58 \text{ kN}$

Riepilogo dati SLE

A tempo 0- Asse neutro della sezione composta dall'estradosso: $y_{NA,0} = 4.7 \text{ cm}$ - Rapporto di moduli elastici fra acciaio e cls: $\eta_0 = 6.5$ - Momento di inerzia: $J_{omog,0} = 2099.0 \text{ cm}^4$

A tempo infinito

- Asse neutro della sezione composta dall'estradosso: $y_{NA,inf} = 6.1 \text{ cm}$
- Rapporto di moduli elastici fra acciaio e cls: $\eta_{inf} = 13.0$
- Momento di inerzia: $J_{omog,inf} = 1789.0 \text{ cm}^4$

- Frequenza fondamentale di vibrazione: $F_{freq} = 11.9 \text{ Hz}$

Resistenza a taglio per CTF 040

$$P_{Rd} = 23.58 \text{ kN}$$

- Comportamento Rigido
- Resistenza nominale: $P_{Rd,nom} = 27.36 \text{ kN}$

Analisi lato acciaio:

$$a_t = 0.862 \mid a_s = N/A$$

$$P_{Rd} = 23.58 \text{ kN}$$

Analisi lato nuova soletta:

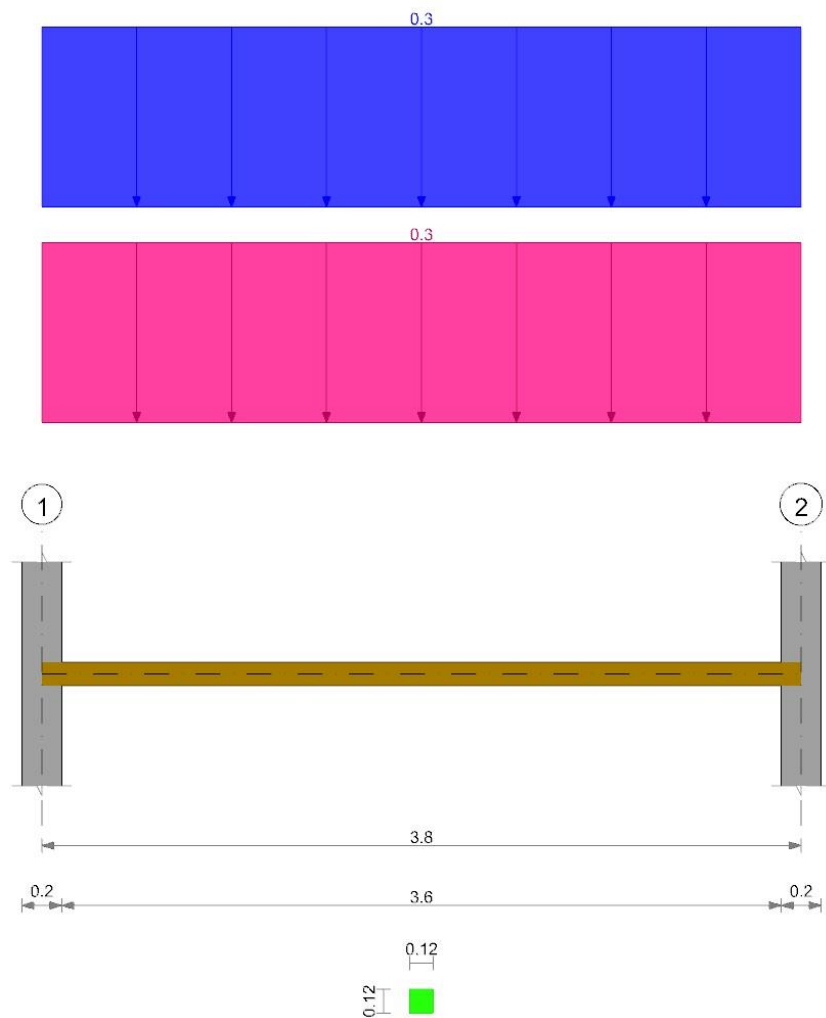
$$k_t = N/A \mid k_t = N/A$$

$$P_{Rd} = 27.36 \text{ kN}$$

Solaio copertura primo piano zona aule – sostituzione travetti esistenti

Verifica di trave condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le azioni

$\gamma_{G1} \text{ inf} = 1$; $\gamma_{G1} \text{ sup} = 1.3$; $\gamma_{G2} \text{ inf} = 0.8$; $\gamma_{G2} \text{ sup} = 1.5$; $\gamma_Q = 1.5$

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

$\psi_1 = 0.5$; $\psi_2 = 0.3$

Caratteristiche dei materiali

Legno lamellare Gl24h, $f_m,k = 24000$, $f_v,k = 3500$, $f_{c90,k} = 2500$, $f_{t90,k} = 500$, $p_k = 385$

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Base	Altezza	Area	Jx	Jy	Wx	Wy
1	R 12x12	Rettangolare	0.12	0.12	0.0144	0.00001728	0.00001728	0.000288	0.000288

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 3.8;

sezione n° 1 - R 12x12; Classe di servizio: Due

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Fittizio	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Ritegno torsionale
1	1	No	0.2	0.2	0		Si
2	2	No	0.2	0.2	0		Si

Elenco dei carichi

Peso proprio valutato automaticamente e riportato nei carichi in elenco.

Classe di durata del carico accidentale: Media

Campata 1

Peso proprio: 0.05

Carico uniforme: permanente 0; permanente portato 0.3; variabile 0.3

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

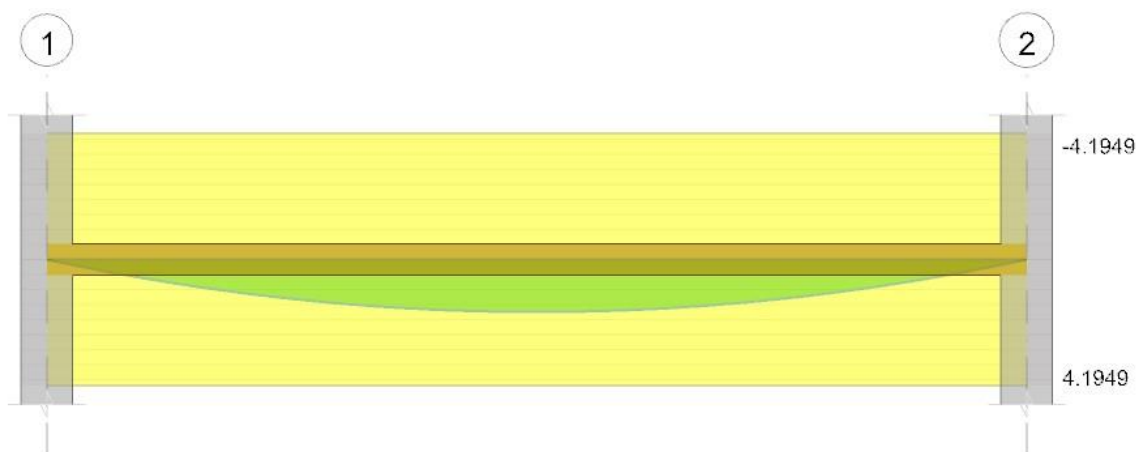


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) flessione

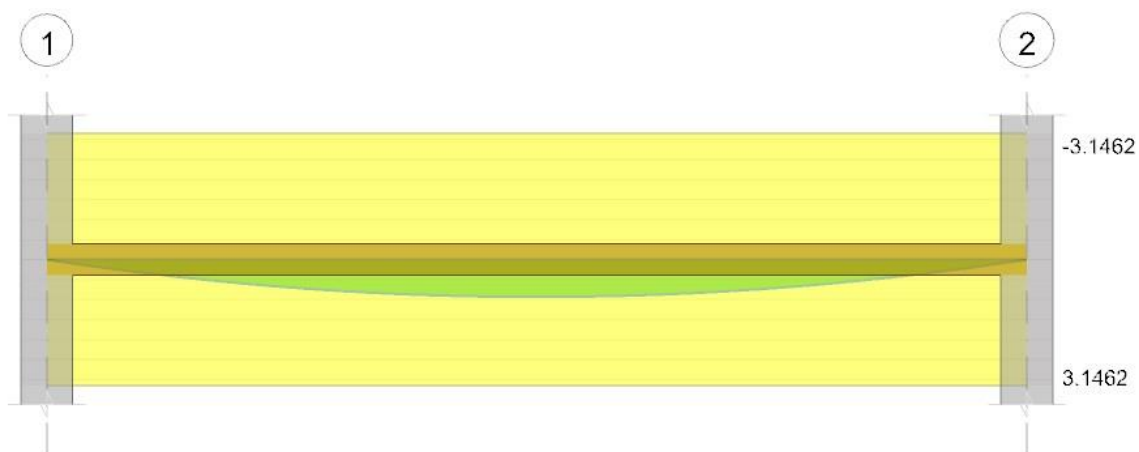


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) taglio

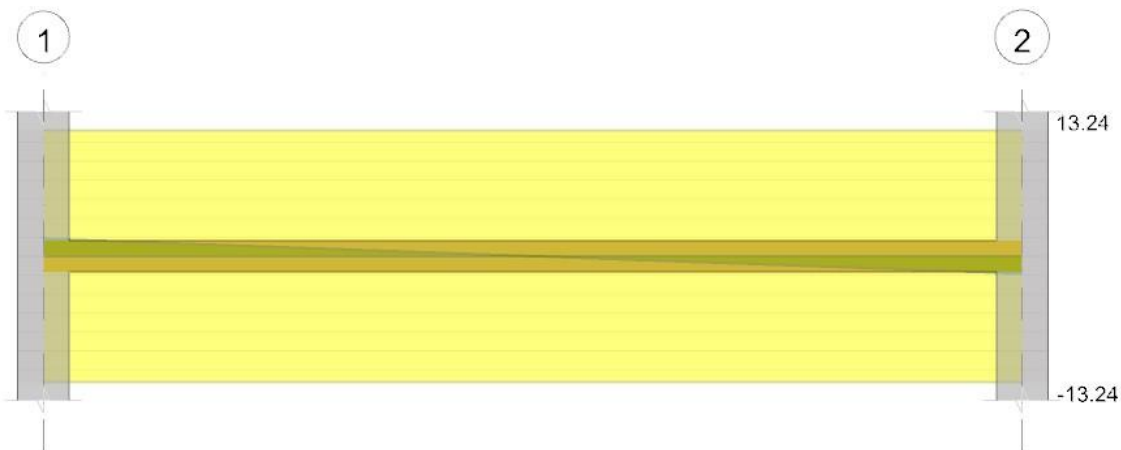


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) momento

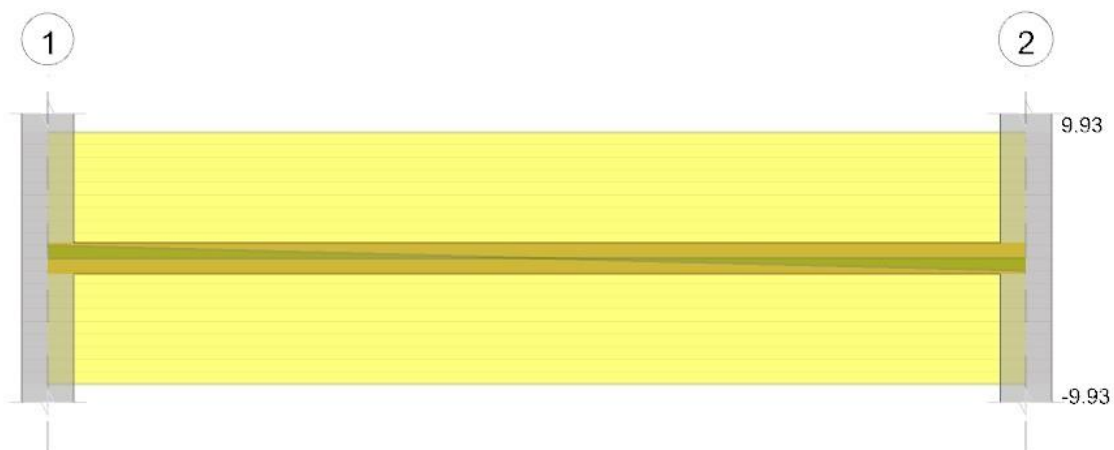


Diagramma verifica freccia istantanea totale

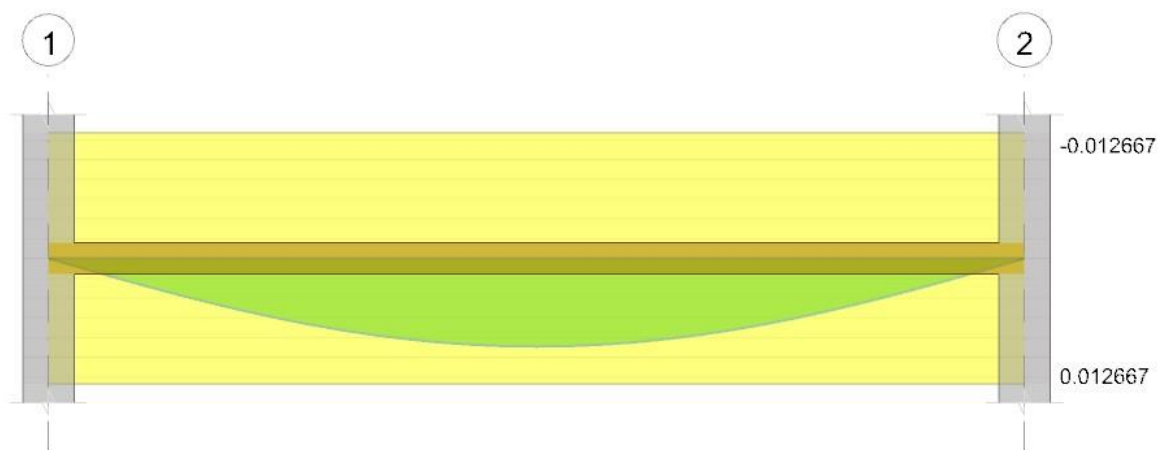


Diagramma verifica freccia istantanea variabile

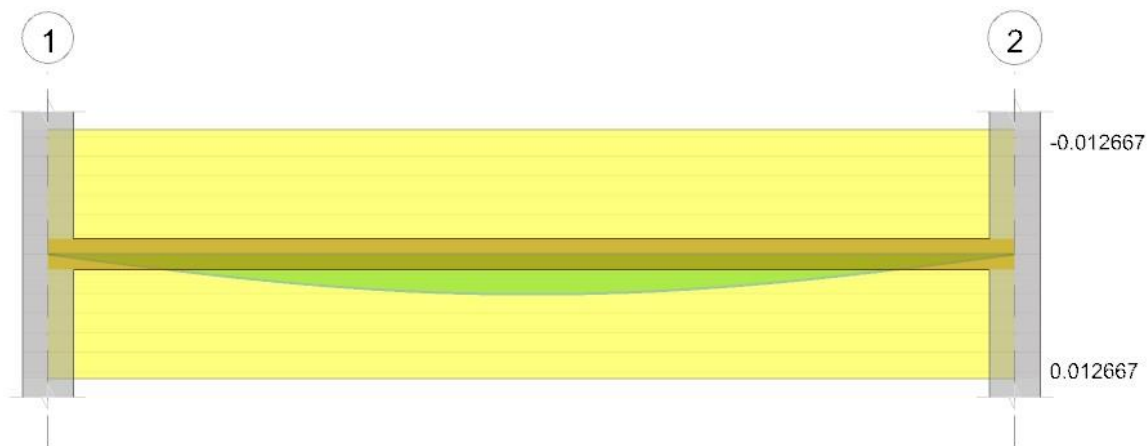
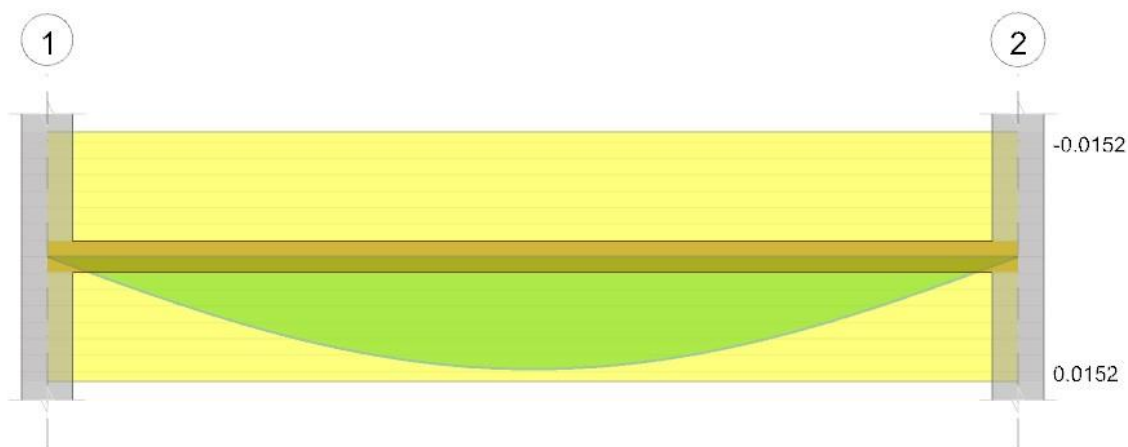


Diagramma verifica freccia finale



Output campate

Campata 1

$k_{def} = 0.8$; $k_{mod} = 0.8$; k_{mod} solo permanenti = 0.6; γ_m SLU = 1.45; $k_h = 1.1$

Verifiche a flessione NTC18 §4.4.8.1.6

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	M+	σ_{ed+}	M-	σ_{ed-}	f _{m,d} Perm	M+	σ_{ed+}	M-	σ_{ed-}	f _{m,d}	
0	0	0			10924	0	0			14566	Si
0.1	0.0957	332			10924	0.179	621			14566	Si
1.9	0.9339	3243			10924	1.7461	6063			14566	Si
3.7	0.0957	332			10924	0.179	621			14566	Si
3.8	0	0			10924	0	0			14566	Si

Verifiche a taglio NTC18 §4.4.8.1.9

$k_{cr} = 0.71$

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	V+	τ_{ed+}	V-	τ_{ed-}	f _{v,d} Perm	V+	τ_{ed+}	V-	τ_{ed-}	f _{v,d}	
0	0.98	143			1448	1.84	268			1931	Si
0.1	0.93	136			1448	1.74	254			1931	Si
1.9	0	0			1448	0	0			1931	Si

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	V+	ted+	V-	ted-	fv,d Perm	V+	ted+	V-	ted-	fv,d	
3.7			-0.93	136	1448			-1.74	254	1931	Si
3.8			-0.98	143	1448			-1.84	268	1931	Si

Verifica di deformabilità Circolare 7 21-01-19 §C4.4.7

x	Istantanea totale			Istantanea variabile			Lungo termine totale			Verifica
	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	
0	0	0		0	0		0	0		Si
0.1	0.00075	0.0004	5083	0.00034	0		0.00115	0.00073	3296	Si
1.9	0.0089	0.0048	427	0.0041	0	928	0.01372	0.00864	277	Si
3.7	0.00075	0.0004	5083	0.00034	0		0.00115	0.00073	3296	Si
3.8	0	0		0	0		0	0		Si

Reazioni vincolari

Verifica di compressione ortogonale agli appoggi NTC18 §4.4.8.1.4; § 6.1.5 EN 1995-1-1:2004 +AC:2006 + A1:2008 + A2:2014

Appoggio	Descriz.	kc90	L. app.	Prof.	SLU Perm.				SLU				Rara		Trazione	Verifica
					R max	R min	σc,90,d	fc,90,d Perm	R max	R min	σc,90,d	fc,90,d	R max	R min		
1	1	1.75	0.23	0.12	0.983	0.554	36	1034	1.838	0.554	67	1379	1.238	0.668	No	Si
2	2	1.75	0.23	0.12	0.983	0.554	36	1034	1.838	0.554	67	1379	1.238	0.668	No	Si

L1	0.10	m
L2	0.10	m
N	2.63	kN
e	0.07	m
Mrib	0.18	kNm
H	0.05	m
L	0.20	m
Ø	0.12	m
σ _{mur}	1.50	Mpa
	1500.00	kN/m ²
M _{res}	0.56	kNm
Verifica	VERIFICATO	

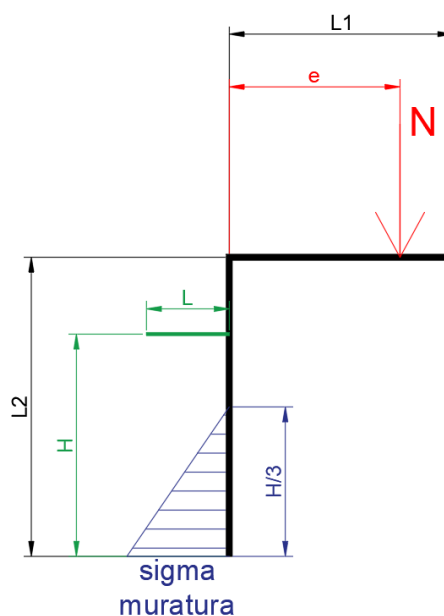


Figura 45: Verifica nuovo appoggio per travetti lignei

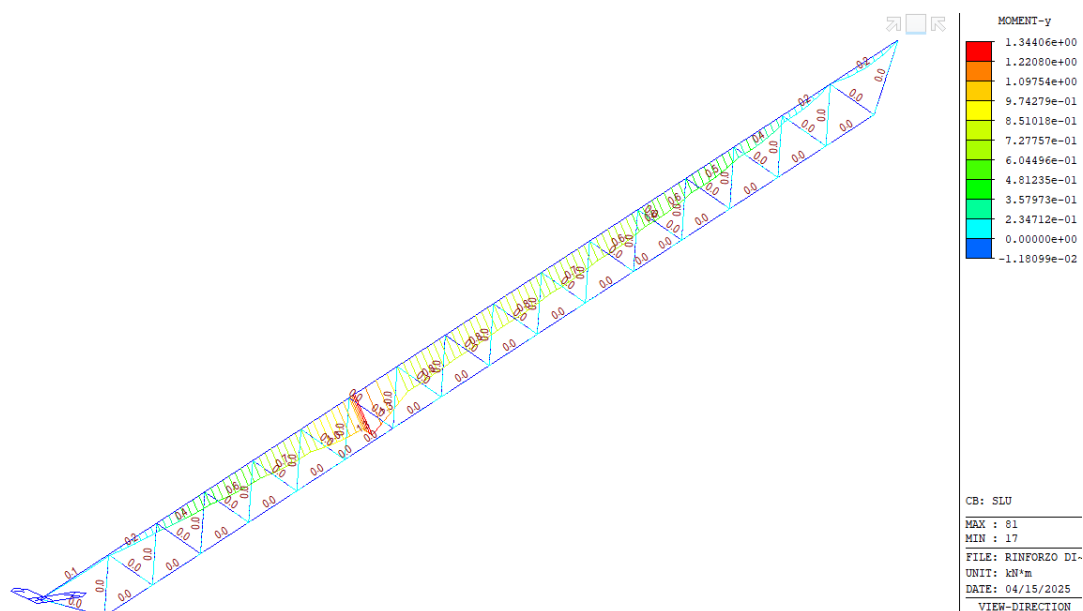


Figura 48: Andamento momenti SLU – trave di displuvio rinforzata-Midas Gen

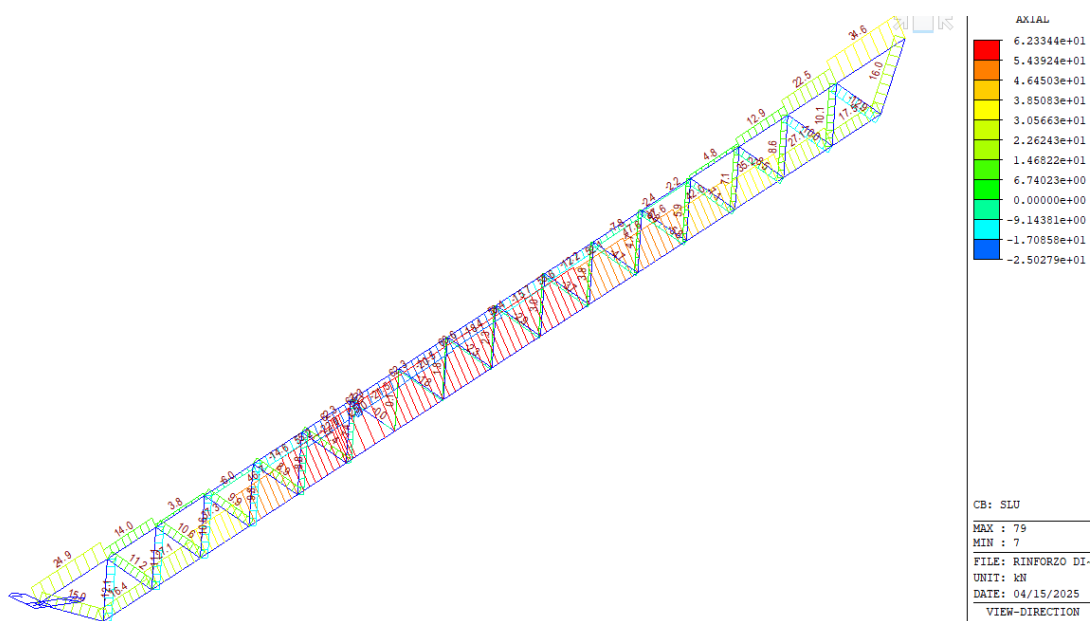


Figura 49: Andamento forze assiali SLU – trave di displuvio rinforzata-Midas Gen

I tralicci, sia per le travi terzere, che di colmo, che di displuvio hanno le dimensioni riportate nel seguito.

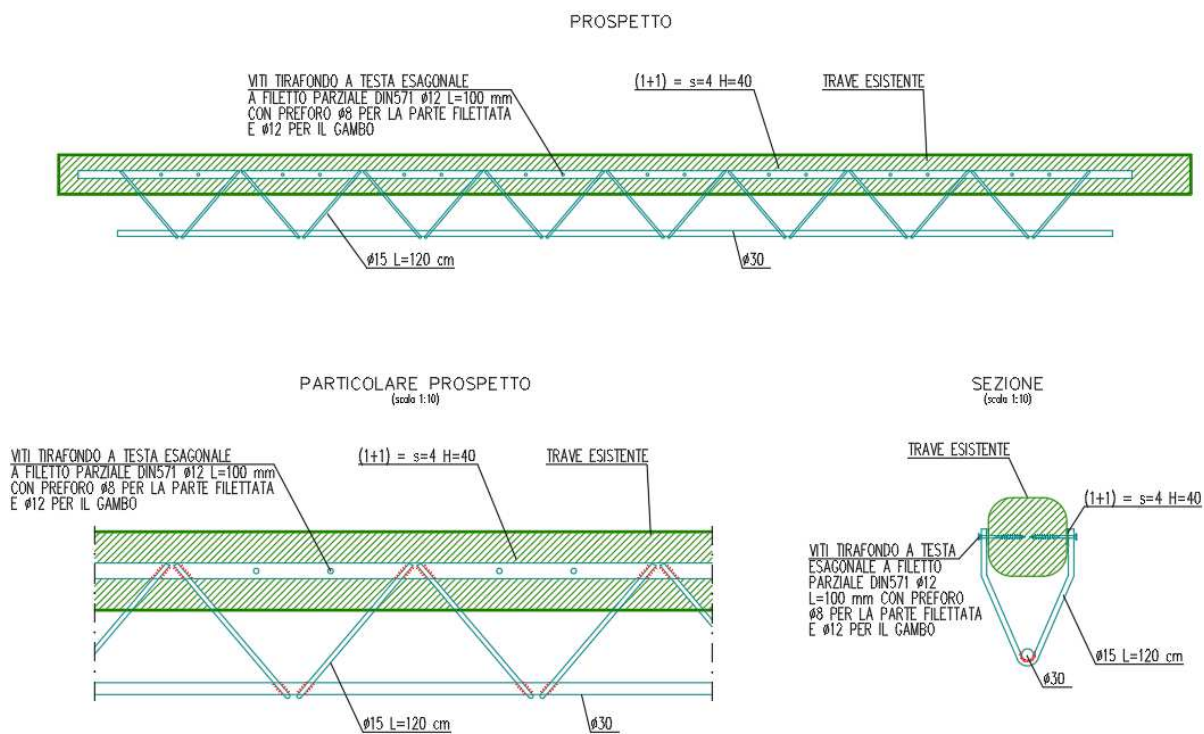


Figura 50: Carpenteria tralicci di rinforzo

Si riportano di seguito le verifiche effettuate sui vari elementi dei tralicci eseguite con dei fogli di calcolo in Excel.

CARATTERISTICHE STRUTTURA

Trave in legno esistente	b	0.17	m
	h	0.17	m
	A	0.03	m ²
	W _{EL}	0.00082	m ³
Altezza traliccio	b	0.35	m
Passo diagonali	i	0.8	m
Catena S275	f	30	mm
Diagonali S275	f	14	mm
Luce trave	l	5	m
Luce diagonale inclinata	ld	0.53	m

SOLLECITAZIONI A SLU

Compressione trave [kN]	13.90	kN
Tiro catena totale [kN]	47.00	kN
Tiro diagonali [kN]	9.25	kN
Compressione diagonali [kN]	9.25	kN
Momento trave [kNm]	0.90	kNm

VERIFICHE GLOBALI

Pressoflessione trave

$\sigma_N/f_{c,0,d} + \sigma_M/f_{m,d}$	0.13	<1	VERIFICATO
---	------	----	------------

Tensione catena

σ_s	66.49	MPa	<261.9 MPa	VERIFICATO
------------	-------	-----	------------	------------

Tensione digonali tesi

σ_s	60.09	MPa	<261.9 MPa	VERIFICATO
------------	-------	-----	------------	------------

Verifica Istabilità digonali compressi

$N_{b,rd}/N_{ed}$	0.99	<1	VERIFICATO
-------------------	------	----	------------

Figura 51; Verifica rinforzo travi terzere e di colmo.

CARATTERISTICHE STRUTTURA

Trave in legno esistente	b	0.23	m
	h	0.23	m
	A	0.05	m ²
	W _{EL}	0.00203	m ³
Altezza traliccio	b	0.35	m
Passo diagonali	i	0.8	m
Catena S275	f	30	mm
Diagonali S275	f	14	mm
Luce trave	l	7.1	m
Luce diagonale inclinata	ld	0.53	m

SOLLECITAZIONI A SLU

Compressione trave [kN]	25.00	kN
Tiro catena totale [kN]	62.30	kN
Tiro diagonali [kN]	7.50	kN
Compressione diagonali [kN]	6.05	kN
Momento trave [kNm]	1.30	kNm

VERIFICHE GLOBALI

<u>Pressoflessione trave</u>			
$\sigma_N/f_{c,0,d} + \sigma_M/f_{m,d}$	0.09	<1	VERIFICATO
<u>Tensione catena</u>			
σ_s	88.14	MPa	<261.9 MPa VERIFICATO
<u>Tensione digonali tesi</u>			
σ_s	48.72	MPa	<261.9 MPa VERIFICATO
<u>Verifica Istabilità digonali compressi</u>			
$N_{b,rd}/N_{ed}$	0.65	<1	VERIFICATO

Figura 52: Verifica rinforzo travi di displuvio

Per quanto riguarda la capriata si riportano le verifiche effettuate con i carichi allo stato di progetto, l'unico intervento che si rivela necessario è l'inserimento di connessioni trasversali lungo la catena lignea in modo da evitarne l'instabilità.

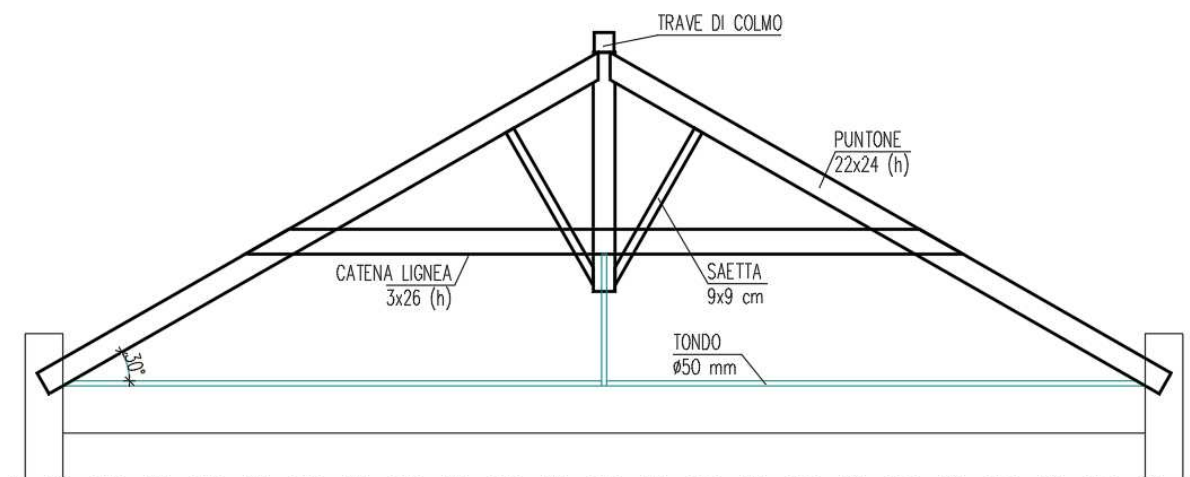


Figura 53: Prospetto della capriata lignea

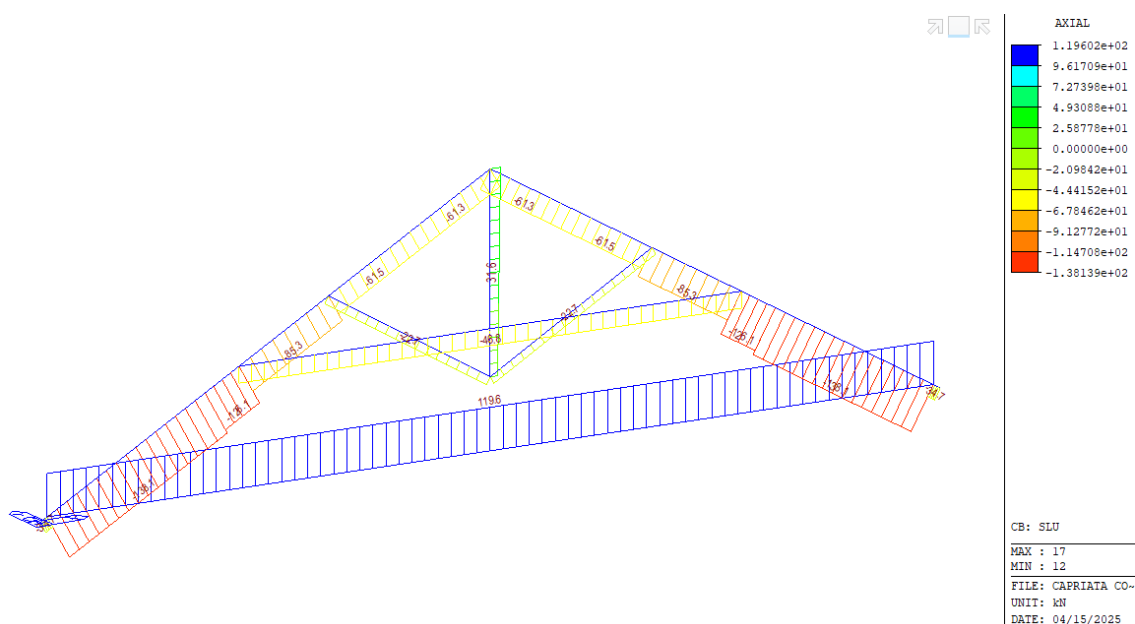


Figura 54: Andamento forze assiali SLU negli elementi lignei della capriata -Midas Gen

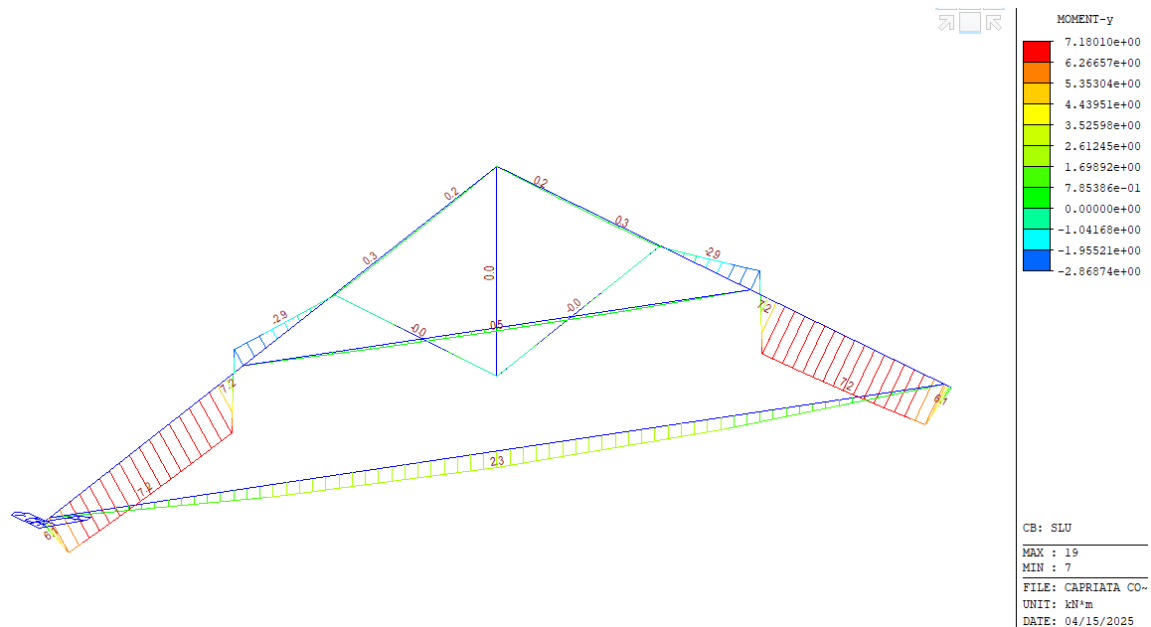


Figura 55: Andamento momenti SLU negli elementi lignei della capriata -Midas Gen

Le verifiche sono state condotte considerando un legno C24 con in LC2.

Tabella 18-1-Classi di resistenza secondo EN 338, per legno di conifere e di pioppo

Valori di resistenza modulo elastico e massa volumica		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Resistenze [MPa]													
flessione	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k}$	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k}$	2.0	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2
taglio	$f_{v,k}$	1.7	1.8	2.0	2.2	2.4	2.5	2.8	3.0	3.4	3.8	3.8	3.8
Modulo elastico [GPa]													
modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	7	8	9	9.5	10	11	11.5	12	13	14	15	16
modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	$E_{0,05}$	4.7	5.4	6.0	6.4	6.7	7.4	7.7	8.0	8.7	9.4	10.0	10.7
modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	$E_{90,mean}$	0.23	0.27	0.30	0.32	0.33	0.37	0.38	0.40	0.43	0.47	0.50	0.53
modulo di taglio medio	G_{mean}	0.44	0.50	0.56	0.59	0.63	0.69	0.72	0.75	0.81	0.88	0.94	1.00
Massa volumica [kg/m ³]													
massa volumica caratteristica	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
massa volumica media	ρ_m	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550

Figura 56: Caratteristiche meccaniche legname

$$X_d = \frac{K_{\text{mod}} \cdot X_k \cdot kh}{\gamma_M}$$

Materiale	Riferimento	Classe di servizio	Classe di durata del carico				
			Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea
Legno massiccio	EN 14081-1	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
Legno lamellare incollato	EN 14080	2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
		3	0.50	0.55	0.65	0.65	0.90

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} + \frac{M}{W}$$

$$W = \frac{bh^2}{6}$$

$$W = \frac{\emptyset^3 \pi}{32}$$

$$\sigma_{\max PUNTONE} = 6,03 \text{ MPa} < 9,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max SAETTA} = 0,28 \text{ MPa} < 9,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max CATENA ACCIAIO} = 248,33 \text{ MPa} < 275 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max CATENA LEGNO} = 3,74 \text{ MPa} < 9,33 \text{ MPa}$$

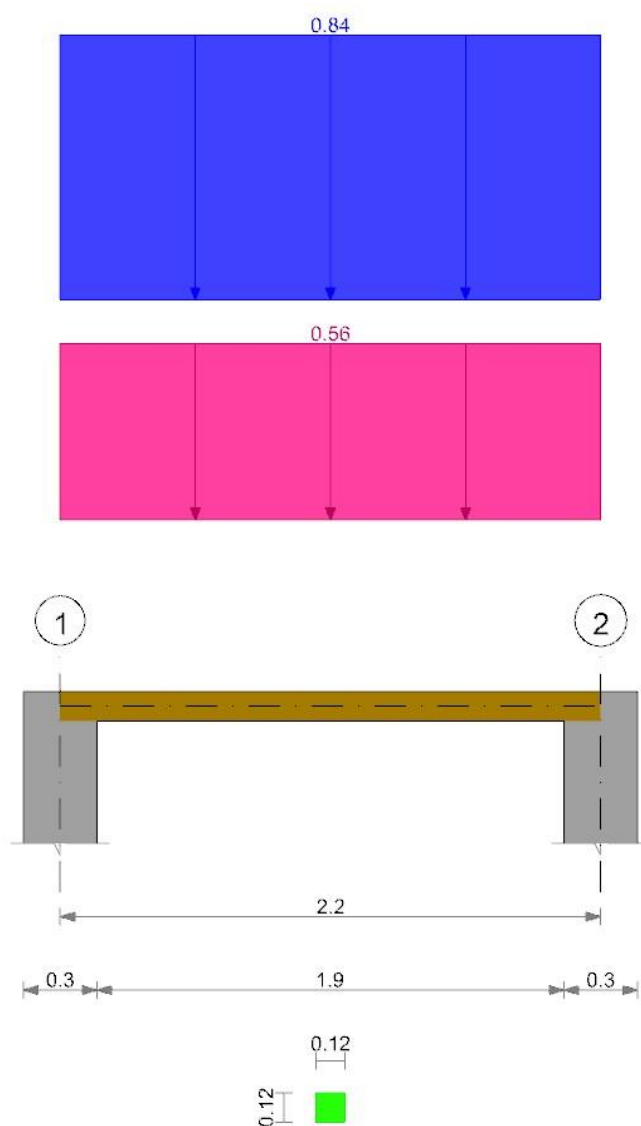
Dimensionamento elementi lignei – copertura primo ampliamento

La copertura verrà realizzata utilizzando legno massiccio C24 per i travetti e legno lamellare GL24h per gli elementi principali (terzere, displuvi e travi di colmo). La disposizione di questi elementi manterrà l'orditura attuale come riportato in Figura 19.

TRAVETTI

Verifica di trave condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le azioni

$\gamma_{G1 \text{ inf}} = 1$; $\gamma_{G1 \text{ sup}} = 1.3$; $\gamma_{G2 \text{ inf}} = 0.8$; $\gamma_{G2 \text{ sup}} = 1.5$; $\gamma_Q = 1.5$

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

$\psi_1 = 0.5$; $\psi_2 = 0.3$

Caratteristiche dei materiali

Legno massiccio C24, $f_{m,k} = 24000$, $f_{v,k} = 2500$, $f_{c90,k} = 2500$, $f_{t90,k} = 500$, $\rho_k = 0.35$

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Base	Altezza	Area	Jx	Jy	Wx	Wy
1	R 12x12	Rettangolare	0.12	0.12	0.0144	0.00001728	0.00001728	0.000288	0.000288

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 2.2;

sezione n° 1 - R 12x12; Classe di servizio: Due

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Fittizio	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Ritegno torsionale
1	1	No	0.3	0	0		Sì
2	2	No	0.3	0	0		Sì

Elenco dei carichi

Peso proprio valutato automaticamente e riportato nei carichi in elenco.

Classe di durata del carico accidentale: Media

Campata 1

Peso proprio: 0.05

Carico uniforme: permanente 0; permanente portato 0.56; variabile 0.84

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

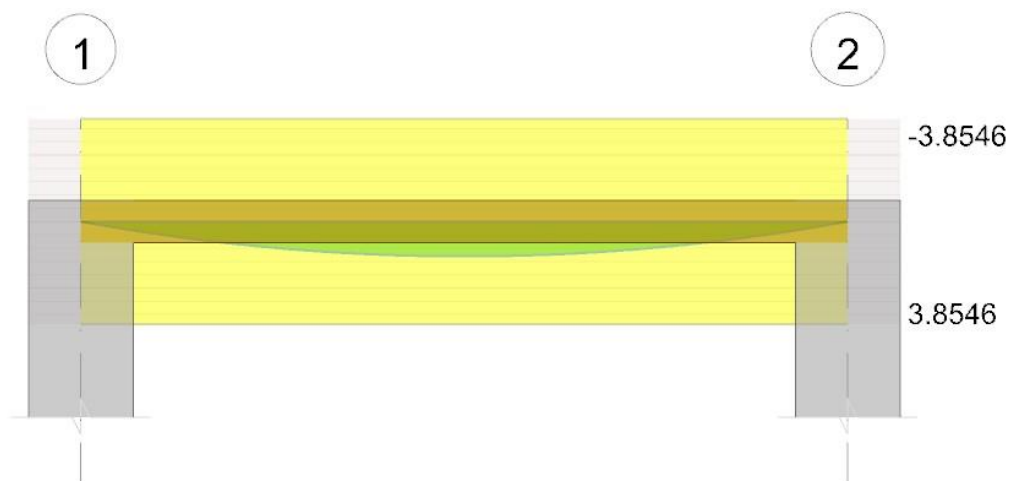


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) flessione

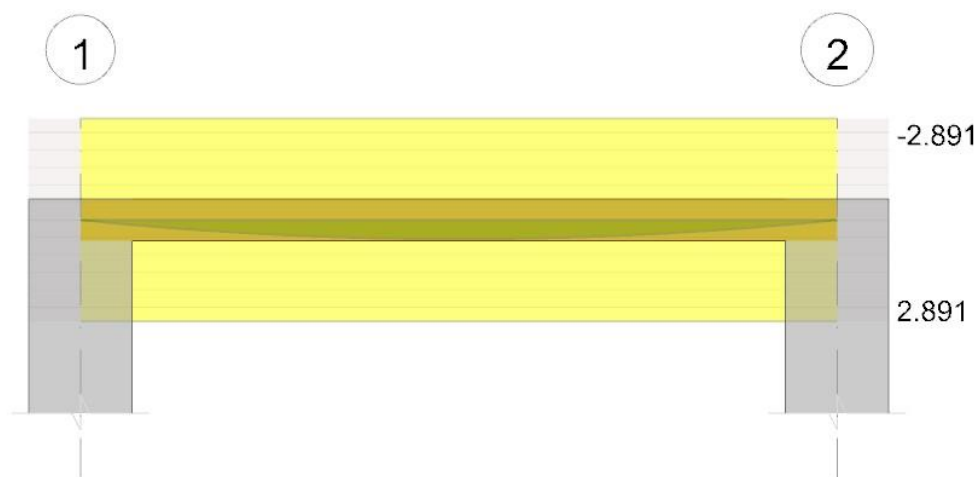


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) taglio

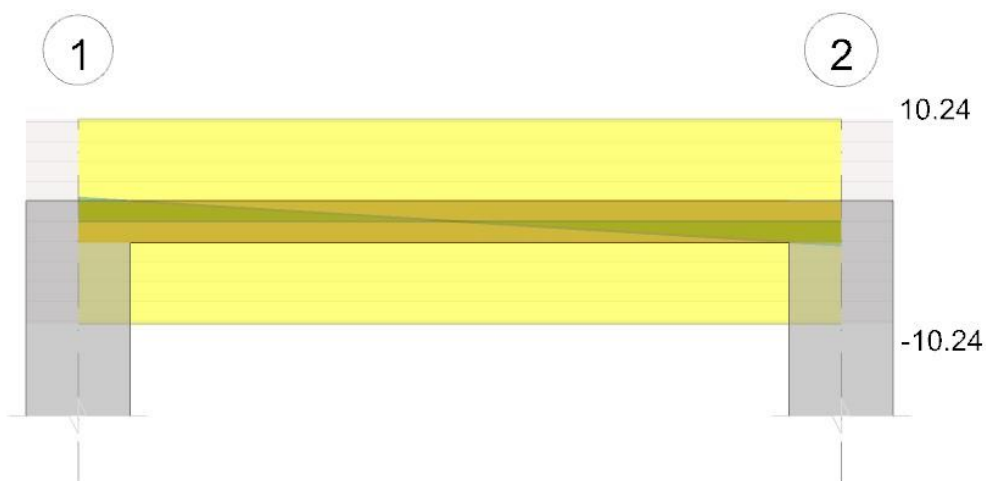


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) momento

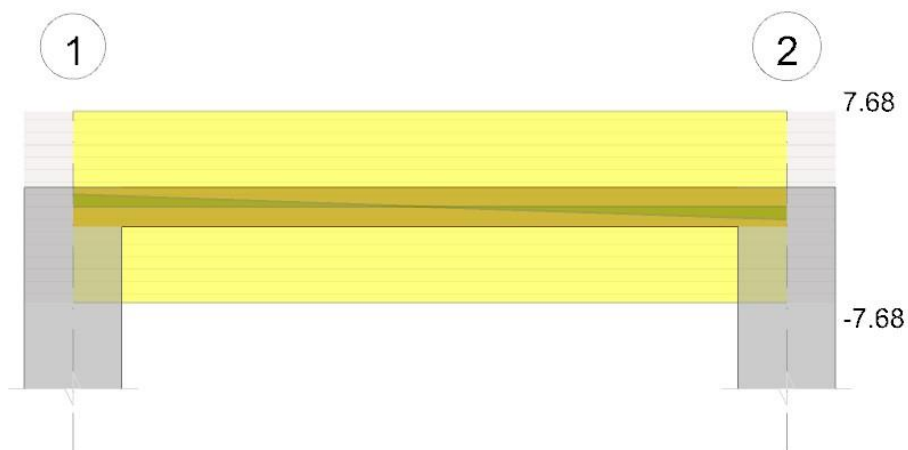


Diagramma verifica freccia istantanea totale

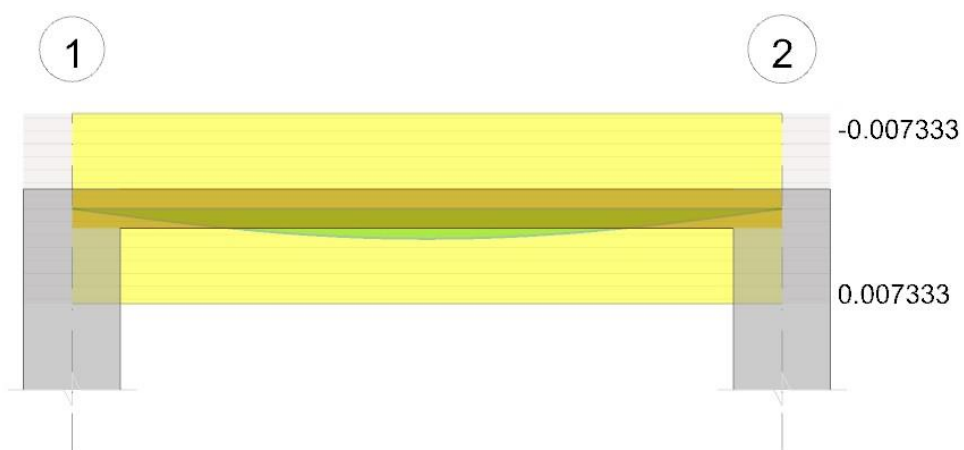


Diagramma verifica freccia istantanea variabile

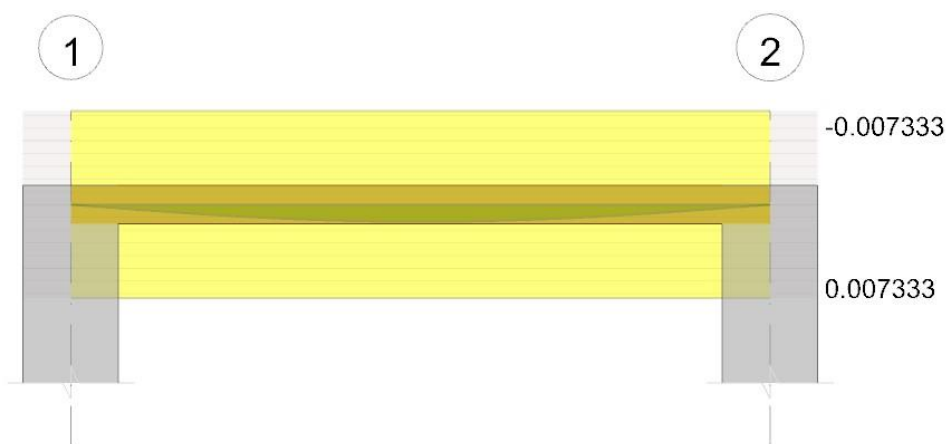
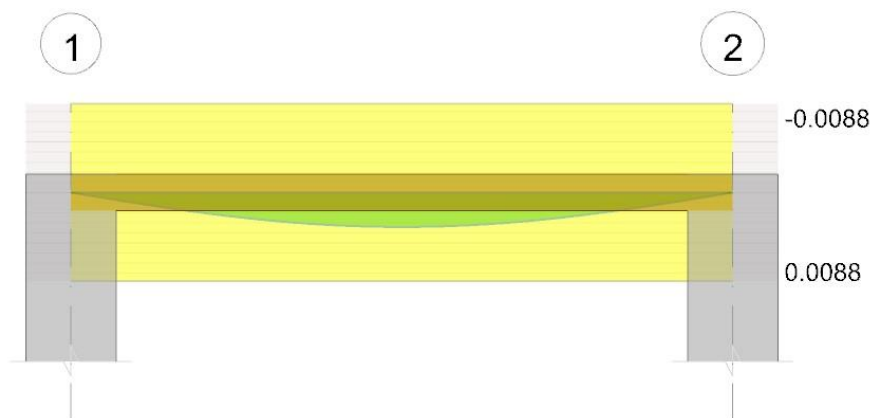


Diagramma verifica freccia finale



Output campate

Campata 1

$k_{def} = 0.8$; $k_{mod} = 0.8$; k_{mod} solo permanenti = 0.6; γ_m SLU = 1.5; $k_h = 1.05$

Verifiche a flessione NTC18 §4.4.8.1.6

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	M+	σ_{ed+}	M-	σ_{ed-}	$f_{m,d}$ Perm	M+	σ_{ed+}	M-	σ_{ed-}	$f_{m,d}$	
0			0	0	10038			0	0	13384	Si
0.15	0.1392	483			10038	0.3329	1156			13384	Si
1.1	0.5478	1902			10038	1.3101	4549			13384	Si
2.05	0.1392	483			10038	0.3329	1156			13384	Si
2.2			0	0	10038			0	0	13384	Si

Verifiche a taglio NTC18 §4.4.8.1.9

$k_{cr} = 0.8$

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	V+	τ_{ed+}	V-	τ_{ed-}	$f_{v,d}$ Perm	V+	τ_{ed+}	V-	τ_{ed-}	$f_{v,d}$	
0	1	130			1000	2.38	310			1333	Si
0.15	0.86	112			1000	2.06	268			1333	Si
1.1	0	0			1000	0	0	0	0	1333	Si
2.05			-0.86	112	1000			-2.06	268	1333	Si
2.2			-1	130	1000			-2.38	310	1333	Si

Verifica di deformabilità Circolare 7 21-01-19 §C4.4.7

x	Istantanea totale			Istantanea variabile			Lungo termine totale			Verifica
	f_+	f_-	L/f	f_+	f_-	L/f	f_+	f_-	L/f	
0	0	0		0	0		0	0		Si
0.15	0.0005	0.00021	4378	0.00029	0	7559	0.00074	0.00038	2966	Si

x	Istantanea totale			Istantanea variabile			Lungo termine totale			Verifica
	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	
1.1	0.00233	0.00098	946	0.00135	0	1634	0.00343	0.00176	641	Si
2.05	0.0005	0.00021	4378	0.00029	0	7559	0.00074	0.00038	2966	Si
2.2	0	0		0	0		0	0		Si

Reazioni vincolari

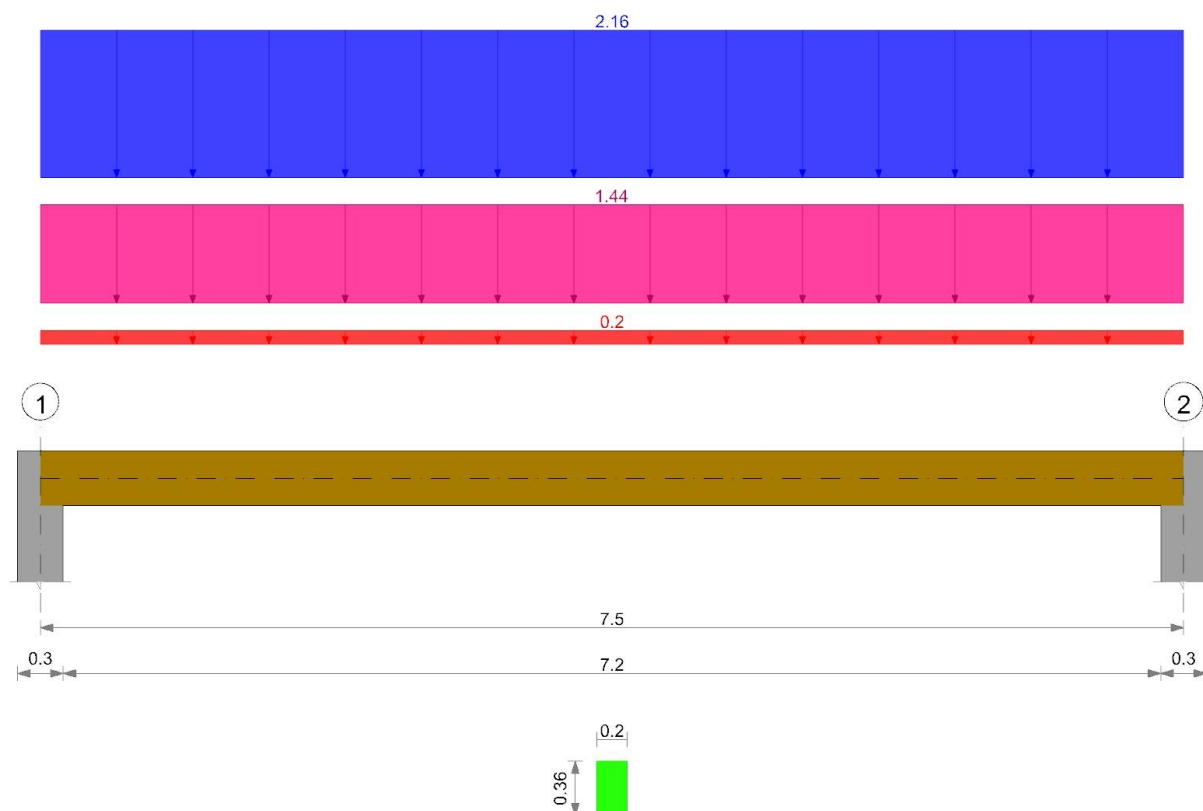
Verifica di compressione ortogonale agli appoggi NTC18 §4.4.8.1.4; § 6.1.5 EN 1995-1-1:2004 +AC:2006 + A1:2008 + A2:2014

Appoggio	Descriz.	kc90	L. app.	Prof.	SLU Perm.				SLU				Rara		Trazione	Verifica
					R max	R min	$\sigma_{c,90,d}$	$f_{c,90,d}$ Perm	R max	R min	$\sigma_{c,90,d}$	$f_{c,90,d}$	R max	R min		
1	1	1.5	0.33	0.12	0.996	0.548	25	1000	2.382	0.548	60	1333	1.595	0.671	No	Si
2	2	1.5	0.33	0.12	0.996	0.548	25	1000	2.382	0.548	60	1333	1.595	0.671	No	Si

TRAVI PRINCIPALI

Verifica di trave condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le azioni

$\gamma_{G1 \text{ inf}} = 1$; $\gamma_{G1 \text{ sup}} = 1.3$; $\gamma_{G2 \text{ inf}} = 0.8$; $\gamma_{G2 \text{ sup}} = 1.5$; $\gamma_Q = 1.5$

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

$\psi_1 = 0.5$; $\psi_2 = 0.3$

Caratteristiche dei materiali

Legno lamellare Gl24h, $f_{m,k} = 24000$, $f_{v,k} = 3500$, $f_{c90,k} = 2500$, $f_{t90,k} = 500$, $\rho_k = 385$

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Base	Altezza	Area	Jx	Jy	Wx	Wy
1	R 20x36	Rettangolare	0.2	0.36	0.072	0.0007776	0.00024	0.00432	0.0024

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 7.5;

sezione n° 1 - R 20x36; Classe di servizio: Due

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Fittizio	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Ritegno torsionale
1	1	No	0.3	0	0		Sì
2	2	No	0.3	0	0		Sì

Elenco dei carichi

Peso proprio valutato automaticamente e riportato nei carichi in elenco.

Classe di durata del carico accidentale: Media

Campata 1

Peso proprio: 0.26

Carico uniforme: permanente 0.2; permanente portato 1.44; variabile 2.16

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

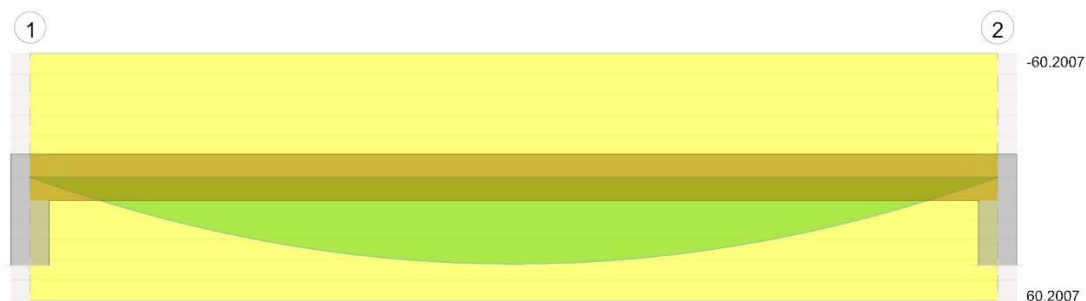


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) flessione

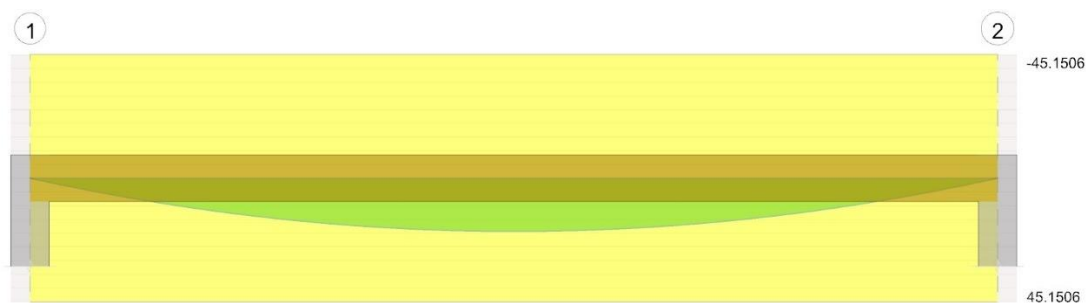


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio



Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) taglio

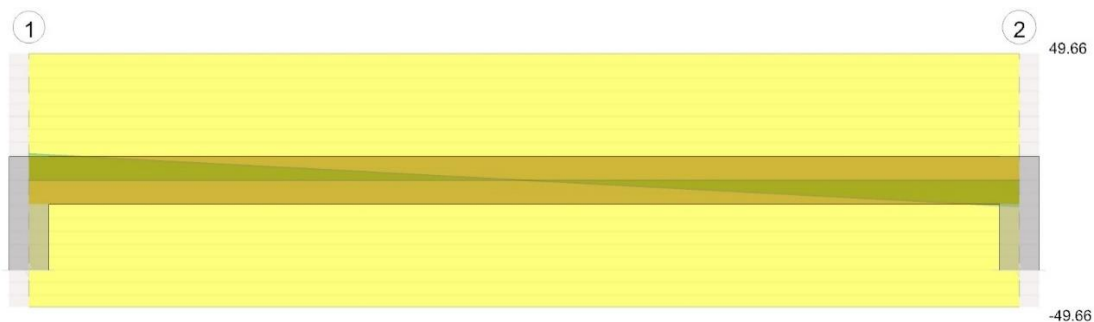


Diagramma verifica freccia istantanea totale

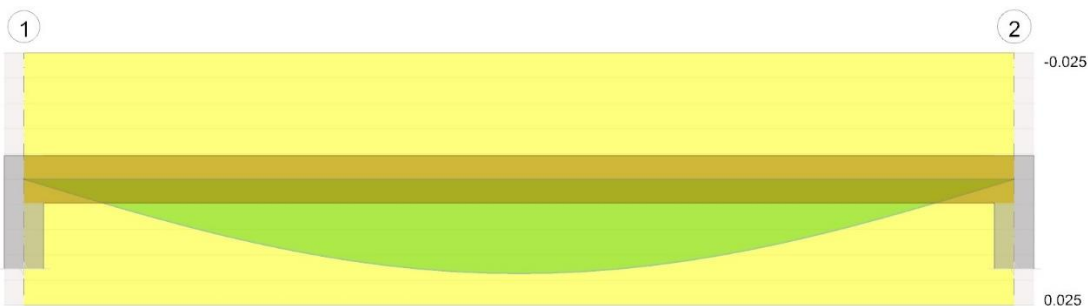


Diagramma verifica freccia istantanea variabile

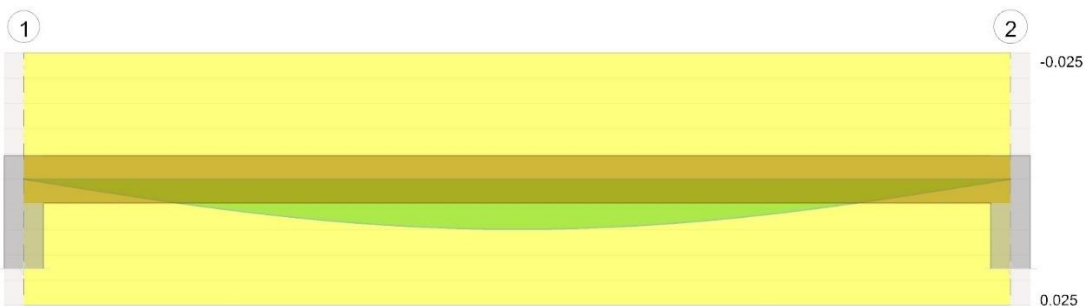
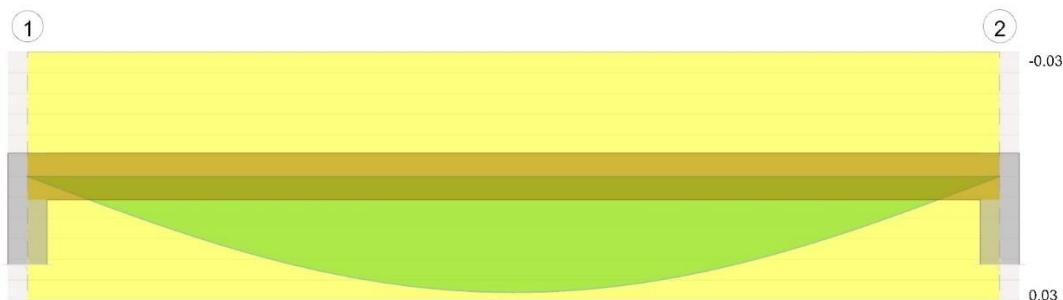


Diagramma verifica freccia finale



Output campate

Campata 1

$k_{def} = 0.8$; $k_{mod} = 0.8$; k_{mod} solo permanenti = 0.6; γ_m SLU = 1.45; $k_h = 1.05$

Verifiche a flessione NTC18 §4.4.8.1.6

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	M+	σ_{ed+}	M-	σ_{ed-}	f _{m,d} Perm	M+	σ_{ed+}	M-	σ_{ed-}	f _{m,d}	
0			0	0	10452			0	0	13935	Si
0.15	1.5198	352			10452	3.3058	765			13935	Si
3.75	19.3849	4487			10452	42.1661	9761			13935	Si
7.35	1.5198	352			10452	3.3058	765			13935	Si
7.5					10452					13935	Si

Verifiche a taglio NTC18 §4.4.8.1.9

$k_{cr} = 0.71$

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	V+	τ_{ed+}	V-	τ_{ed-}	f _{v,d} Perm	V+	τ_{ed+}	V-	τ_{ed-}	f _{v,d}	
0	10.34	302			1448	22.49	656			1931	Si
0.15	9.93	289			1448	21.59	630			1931	Si
3.75					1448					1931	Si
7.35			-9.93	289	1448			-21.59	630	1931	Si
7.5			-10.34	302	1448			-22.49	656	1931	Si

Verifica di deformabilità Circolare 7 21-01-19 §C4.4.7

x	Istantanea totale			Istantanea variabile			Lungo termine totale			Verifica
	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	
0	0	0		0	0		0	0		Si
0.15	0.00119	0.00056	6287	0.00063	0		0.00179	0.001	4186	Si
3.75	0.01868	0.00874	401	0.00994	0	754	0.02806	0.01574	267	Si
7.35	0.00119	0.00056	6287	0.00063	0		0.00179	0.001	4186	Si
7.5	0	0		0	0		0	0		Si

Reazioni vincolari

Verifica di compressione ortogonale agli appoggi NTC18 §4.4.8.1.4; § 6.1.5 EN 1995-1-1:2004 +AC:2006 + A1:2008 + A2:2014

Appoggio	Descriz.	kc90	L. app.	Prof.	SLU Perm.				SLU				Rara		Trazione	Verifica
					R max	R min	$\sigma_{c,90,d}$	$f_{c,90,d}$ Perm	R max	R min	$\sigma_{c,90,d}$	$f_{c,90,d}$	R max	R min		
1	1	1.75	0.33	0.2	10.339	6.042	157	1034	22.489	6.042	341	1379	15.222	7.122	No	Si
2	2	1.75	0.33	0.2	10.339	6.042	157	1034	22.489	6.042	341	1379	15.222	7.122	No	Si

Luce: 7.11;

sezione n° 1 - R 20x44; Classe di servizio: Due

Estradosso iniziale: 3.22; estradosso finale: 0;

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Fittizio	Larghezza infe- riore	Larghezza supe- riore	Sfalsamento	Rigidezza ap- poggio	Ritegno torsion- ale
1	1	No	0.3	0	0		Sì
2	2	No	0.3	0	0		Sì

Elenco dei carichi

Peso proprio valutato automaticamente e riportato nei carichi in elenco.

Classe di durata del carico accidentale: Media

Campata 1

Peso proprio: 0.32

Carico trapezoidale di ampiezza 2.399

Permanente sx 0.08; permanente portato sx 0.6; variabile sx 0.9

Permanente dx 0; permanente portato dx 0; variabile dx 0

Carico trapezoidale di ampiezza 1.979

Permanente sx 0.05; permanente portato sx 0.45; variabile sx 0.64

Permanente dx 0; permanente portato dx 0; variabile dx 0

Carico trapezoidale di ampiezza 2.732

Permanente sx 0.06; permanente portato sx 0.46; variabile sx 0.68

Permanente dx 0; permanente portato dx 0; variabile dx 0

Carico trapezoidale di ampiezza 2.399

Permanente sx 0.08; permanente portato sx 0.6; variabile sx 0.9

Permanente dx 0; permanente portato dx 0; variabile dx 0

Carico trapezoidale di ampiezza 1.979

Permanente sx 0.06; permanente portato sx 0.5; variabile sx 0.72

Permanente dx 0; permanente portato dx 0; variabile dx 0

Carico trapezoidale di ampiezza 2.732

Permanente sx 0.07; permanente portato sx 0.52; variabile sx 0.78

Permanente dx 0; permanente portato dx 0; variabile dx 0

Carico concentrato: permanente 0.42; permanente portato 2; variabile 4.93; dist. 2.399; ampiezza 0.1

Carico concentrato: permanente 1.1; permanente portato 8.8; variabile 13.2; dist. 4.378; ampiezza 0.1

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

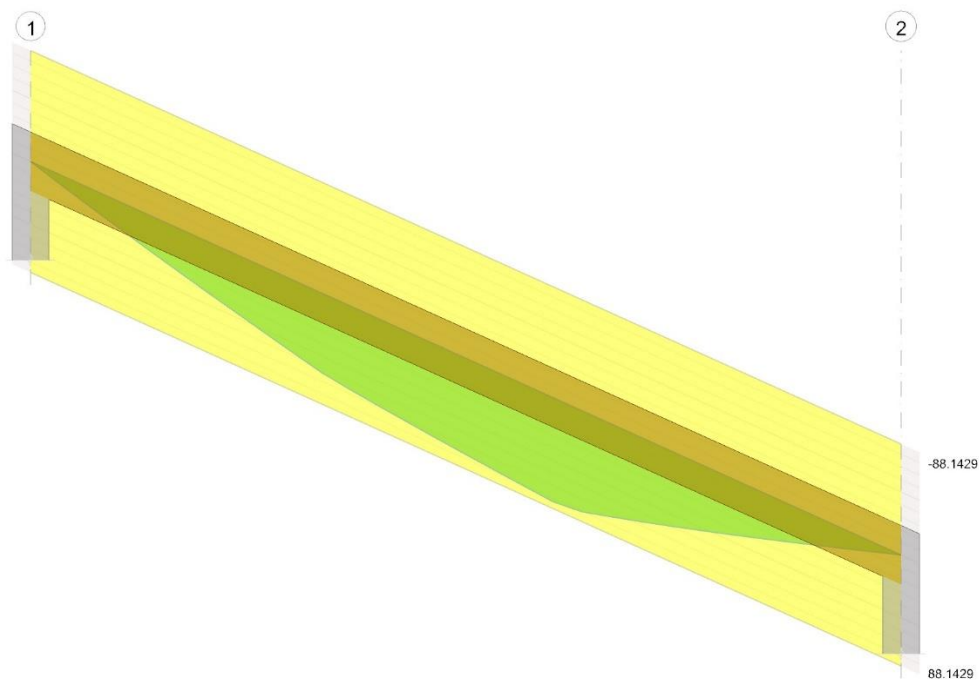


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) flessione

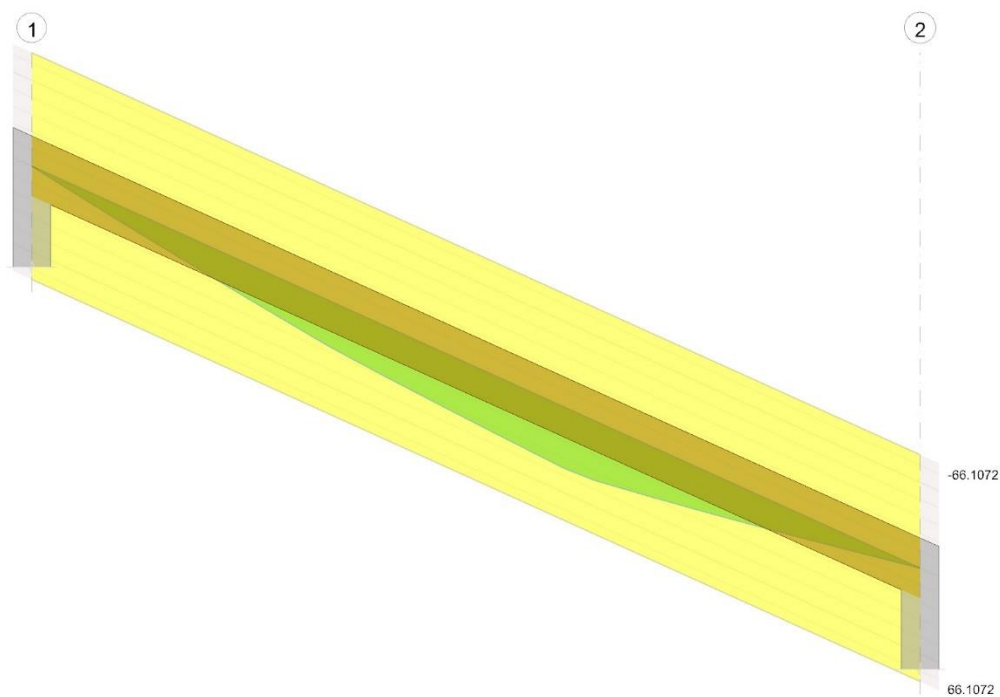


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

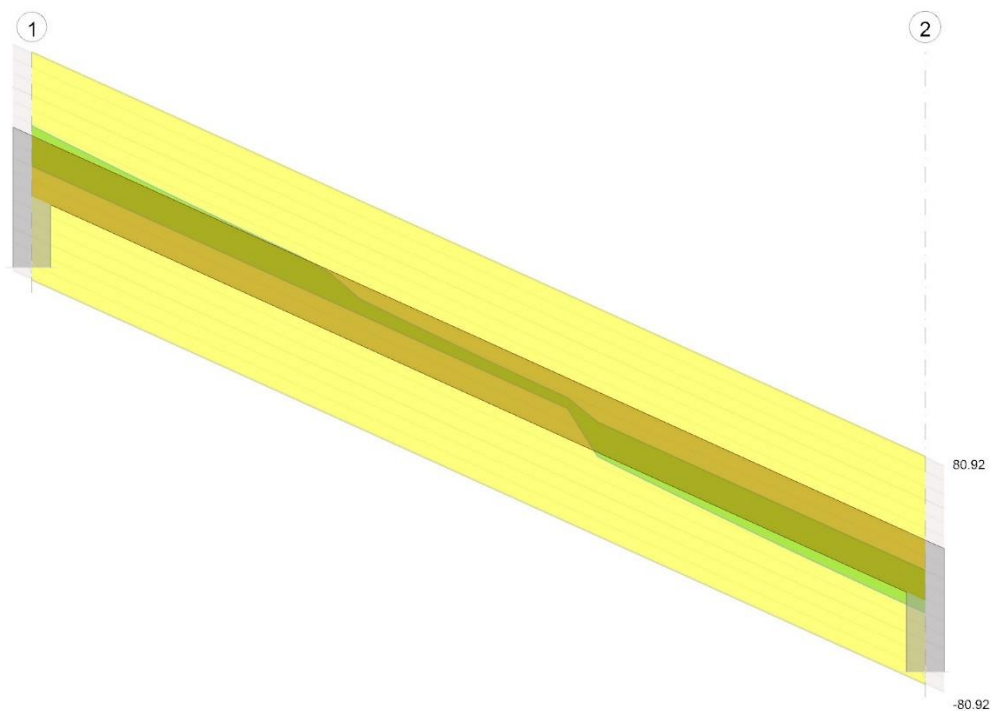


Diagramma verifica stato limite ultimo (solo permanenti) taglio

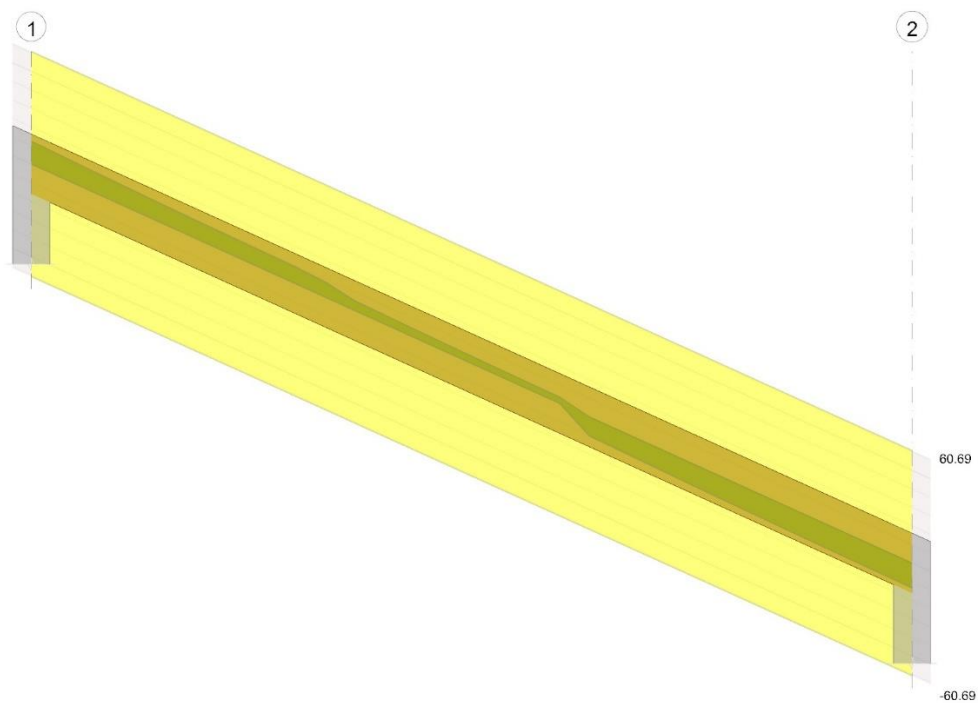


Diagramma verifica freccia istantanea totale

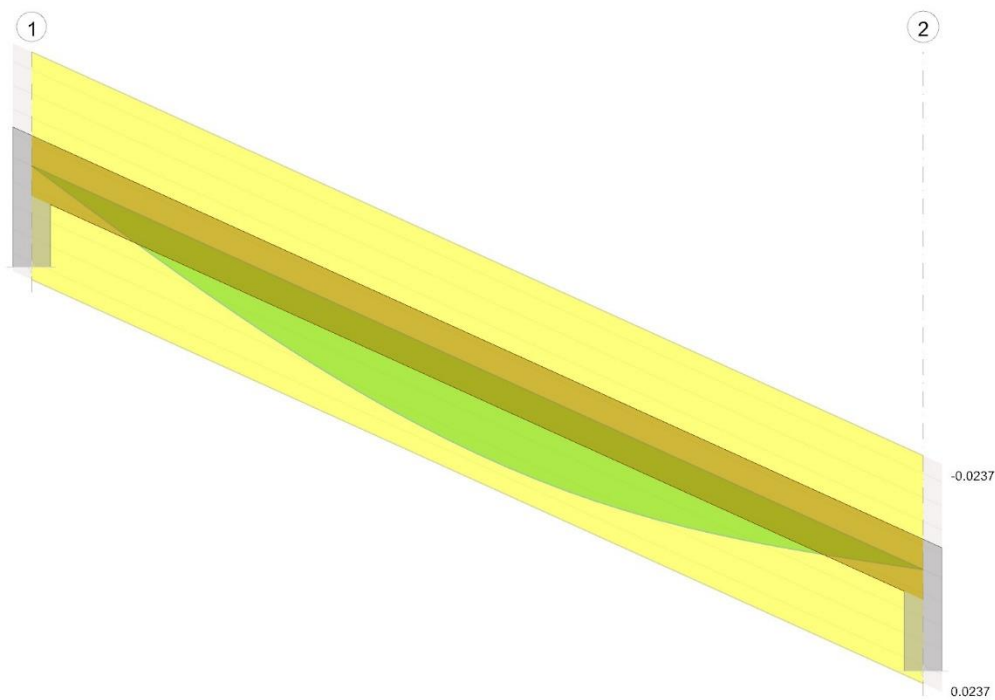


Diagramma verifica freccia istantanea variabile

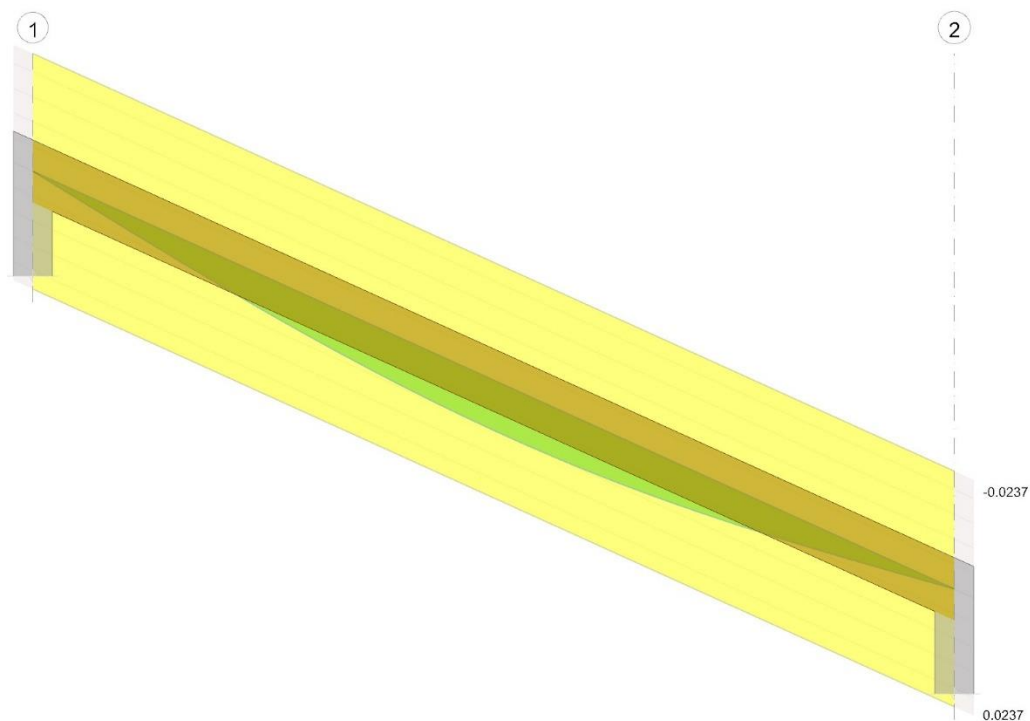
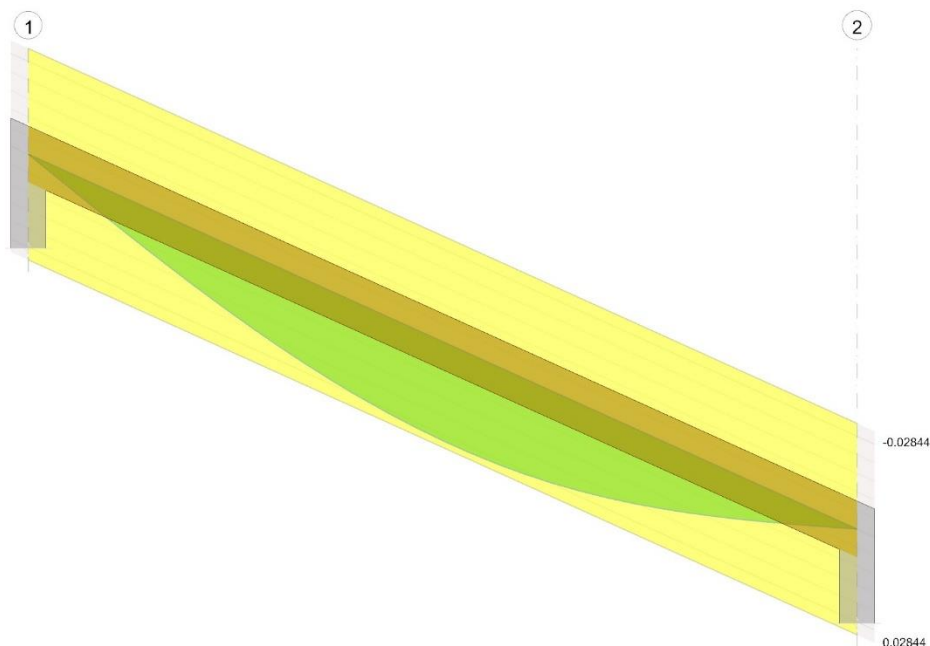


Diagramma verifica freccia finale



Output campate

Campata 1

$k_{def} = 0.8$; $k_{mod} = 0.8$; k_{mod} solo permanenti = 0.6; γ_m SLU = 1.45; $k_h = 1.03$

Verifiche a flessione NTC18 §4.4.8.1.6

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	M+	σ_{ed+}	M-	σ_{ed-}	$f_{m,d}$ Perm	M+	σ_{ed+}	M-	σ_{ed-}	$f_{m,d}$	
0	0	0			10244	0	0	0	0	13659	Si
0.15	1.9993	310			10244	4.6315	718			13659	Si
3.56	32.912	5100			10244	76.5223	11858			13659	Si
4.27	35.739	5538			10244	82.7244	12819			13659	Si
6.96	2.1952	340			10244	4.9674	770			13659	Si
7.11	0	0			10244	0	0			13659	Si

Verifiche a taglio NTC18 §4.4.8.1.9

$k_{cr} = 0.71$

x	SLU Permanente					SLU					Verifica
	V+	τ_{ed+}	V-	τ_{ed-}	$f_{v,d}$ Perm	V+	τ_{ed+}	V-	τ_{ed-}	$f_{v,d}$	
0	12.32	294			1448	28.5	680			1931	Si
0.15	11.97	286			1448	27.76	662			1931	Si
3.56	3.93	94			1448	8.47	202			1931	Si
6.96			-13.3	317	1448			-30.13	719	1931	Si
7.11			-13.36	319	1448			-30.2	721	1931	Si

Verifica di deformabilità Circolare 7 21-01-19 §C4.4.7

x	Istantanea totale			Istantanea variabile			Lungo termine totale			Verifica
	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	f+	f-	L/f	
0	0	0		0	0		0	0		Si
0.15	0.00115	0.0005	6204	0.00065	0		0.0017	0.0009	4181	Si
3.56	0.01795	0.00784	396	0.01011	0	703	0.02664	0.01411	267	Si
6.96	0.0012	0.00053	5904	0.00068	0		0.00179	0.00095	3973	Si
7.11	0	0		0	0		0	0		Si

Reazioni vincolari

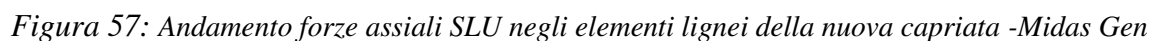
Verifica di compressione ortogonale agli appoggi NTC18 §4.4.8.1.4; § 6.1.5 EN 1995-1-1:2004 +AC:2006 + A1:2008 + A2:2014

Appog- gio	De- scriz.	kc9 0	L. app	Prof .	SLU Perm.				SLU				Rara		Tra- zione	Verifi- ca
					R max	R min	σc,90, d	fc,90, d Perm	R max	R min	σc,90, d	fc,90, d	R max	R min		
1	1	1.75	0.3	0.2	13.52	7.90	205	1034	31.29	7.90	474	1379	21.15	9.315	No	Si
		3		4	1					1			9			
2	2	1.75	0.3	0.2	14.67	8.52	222	1034	33.15	8.52	502	1379	22.40	10.08	No	Si
		3		1	3				6	3			7	4		

NUOVA COPERTURA

Per quanto concerne la normative di riferimento e le verifiche condotte si rimanda al paragrafo precedente “Verifica elementi lignei”.

La nuova capriata sarà realizzata con lengo massiccio C24 riprendendo la geometria degli elementi esistenti andando a modificare l’inclinazione delle saette che andranno ad intercettare la reazione delle terzere così da ridurre l’azione flesisonale sul puntone.



$$\frac{E_d}{R_d} = 0.63 < 1$$

PUNTONE_22X24

$$\frac{E_d}{R_d} = 0.38 < 1$$

SAETTA_9X9

$$\frac{E_d}{R_d} = 0.14 < 1$$

MONACO_22X22

$$\sigma_{\max CATENA ACCIAIO_Ø30} = 154.80 MPa < 275 MPa$$

La catena seconda catena linea risulta quindi superflua, verrà aggiunta successivamente alla messa in opera per uniformare la catena alle preesistenze e per confinare il monaco in caso di sollecitazione orizzontale.

Statica muratura portante – stato di progetto

Il rinforzo applicato alle murature sarà una combinazione di intonaco armato e inserimento di connessioni trasversali aggiuntive, tale necessità deriva dall'analisi sismica globale, illustrata in precedenza, e dalla verifica statica dei maschi murari lungo il prospetto est (colorati in giallo nelle figure a seguire) e la muratura di spina (di colore verde nelle figure a seguire).

I primi risentono dell'ampio numero di aperture presenti in facciata che ne riduce la sezione resistente comportando un N_{rd} inferiore all'azione sollecitante ultima (allo stato di fatto).

Per quanto riguarda la muratura di spina, su di essa scarica la coppia di profili HEB280 della copertura del primo piano, tale azione concentrata supera il valore ultimo di resistenza allo stato di fatto dell'elemento murario.

Per questo motivo si è scelto di integrare il numero di diatoni in facciata e aggiungerne lungo la muratura di spina.

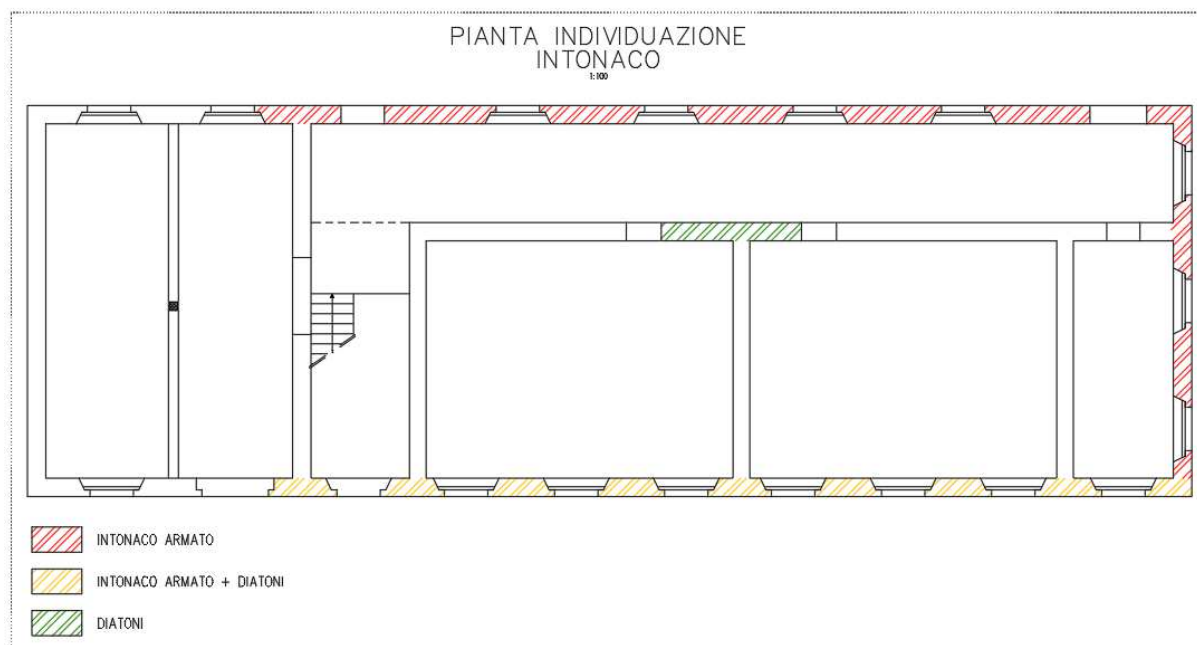


Figura 59: Pianta piano terra individuazione rinforzi muratura

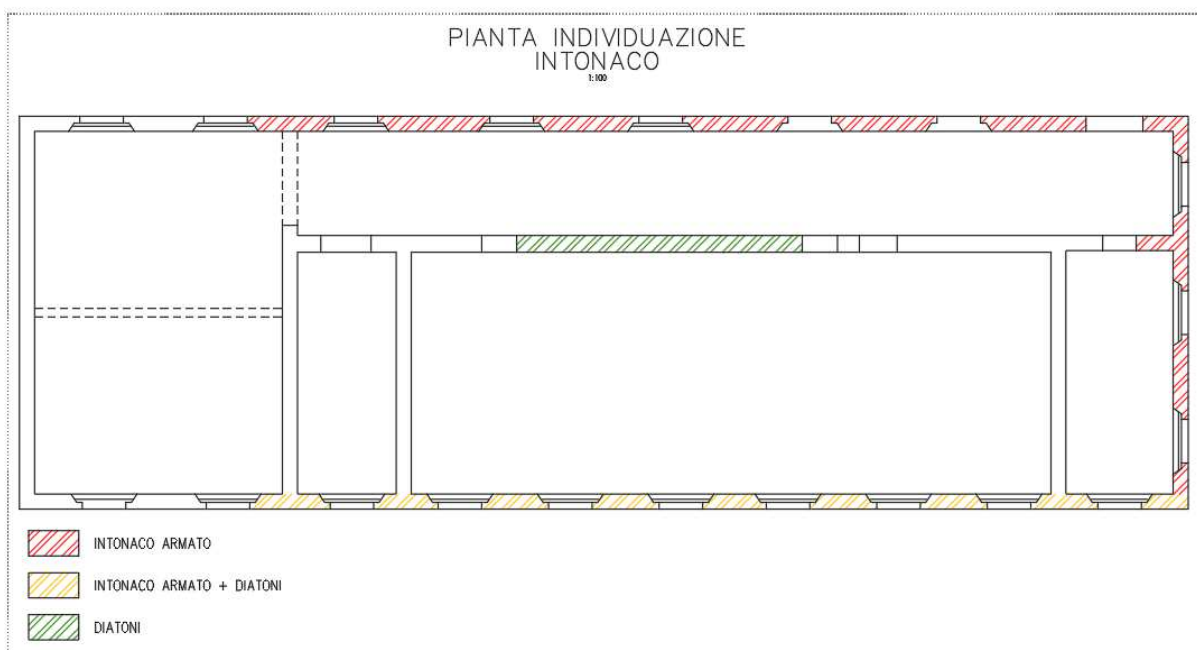


Figura 60: Pianta piano primo individuazione rinforzi muratura

Di seguito si riportano i risultati ottenute dalle analisi statiche col software 3Muri.

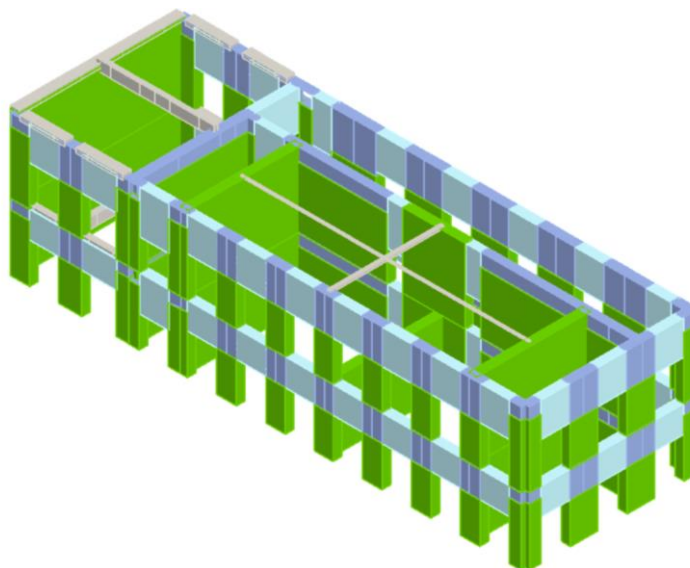


Figura 61: Visualizzazione 3D verifiche stati maschi murari – 3Muri

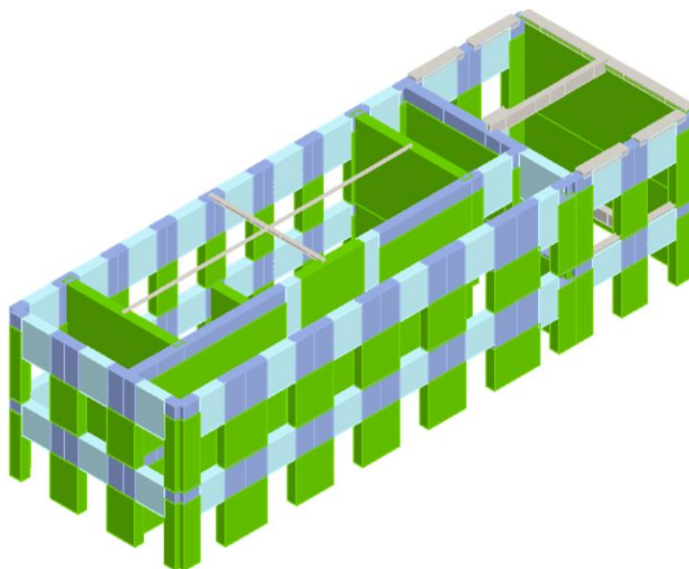


Figura 62: Visualizzazione 3D verifiche stati maschi murari – 3Muri

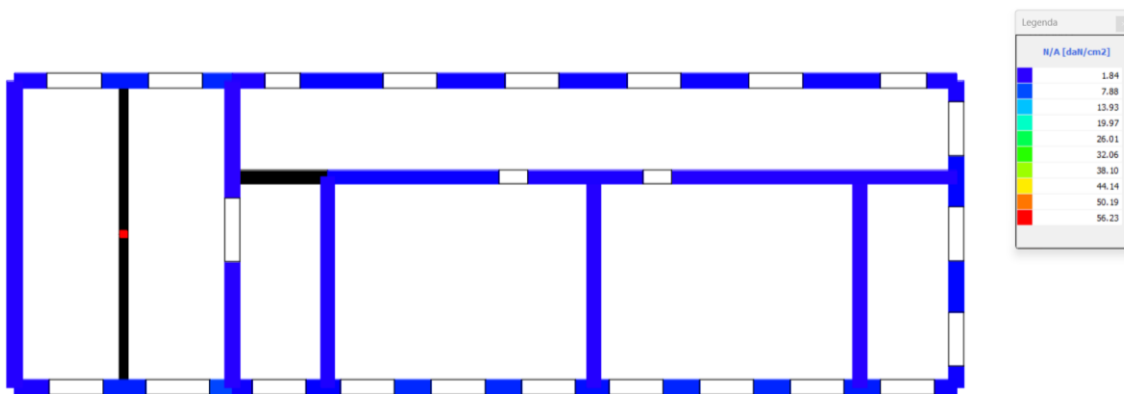


Figura 63: Mappa delle tensioni piano terra – 3Muri

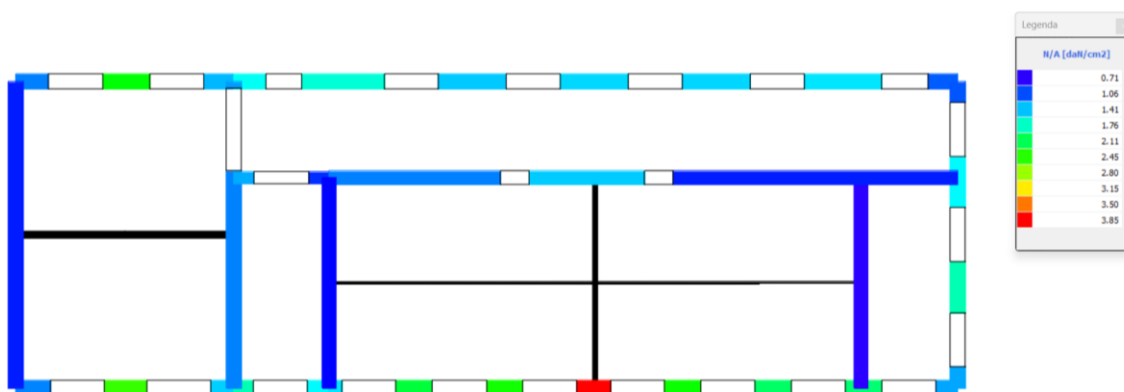


Figura 64: Mappa delle tensioni piano primo – 3Muri

Parete	Maschi rotti	Nd/Nr Max	h0/t Max	e1/t Max	e2/t Max
1	0	0.65	8.73	0.200	0.069
2	0	0.77	8.60	0.105	0.050
3	0	0.93	8.89	0.249	0.116
4	0	0.24	8.73	0.104	0.047
5	0	0.48	8.73	0.140	0.051
8	0	0.56	8.68	0.043	0.043
9	0	0.63	9.46	0.214	0.051
10	0	0.93	10.51	0.229	0.083
11	0	0.63	9.46	0.185	0.047

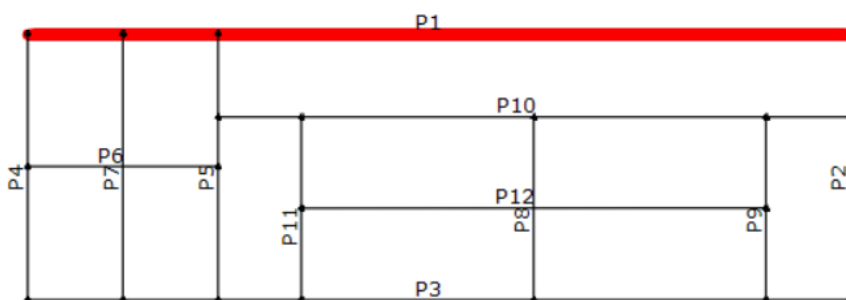


Figura 65: Recap verifiche a carico verticale – 3Muri

Rinforzo piano interrato

La tipologia di intervento intrapresa sul fabbricato non prescrive la verifica delle fondazioni e i rilievi effettuati sul posto non evidenziano danneggiamenti dovuti a cedimenti del piano fondale, tuttavia si prevede comunque un intervento al piano interrato atto a migliorare il comportamento della muratura entro terra. Nella fattispecie si fa riferimento alla zona sottostante il corridoio dove il pavimento del piano interrato è situato ad una quota inferiore rispetto alla restante porzione di fabbricato.

Viene inserito un contromuro in calcestruzzo armato che vada a confinare la muratura esistente sia dal lato contro terra che dal lato verso le aule.

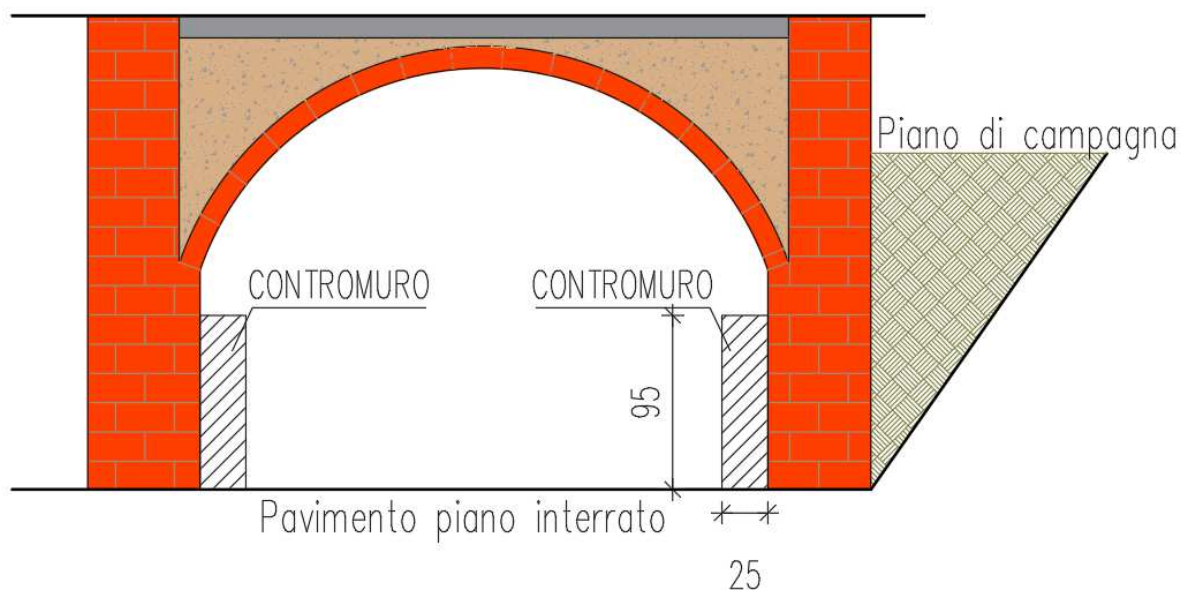


Figura 66: Sezione piano interrato sotto il corridoio

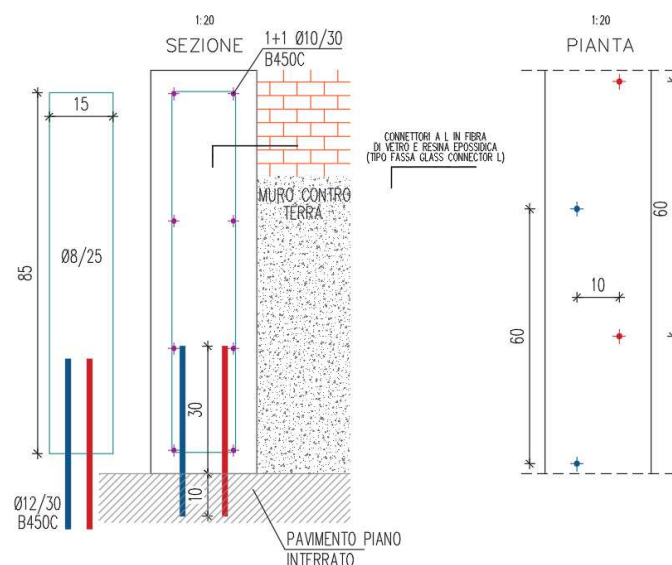


Figura 67: Sezione muri di rinforzo in C.A.

La connessione al pavimento dell'interrato avverrà mediante barre filettate in acciaio B450C disposte alternativamente sul lato destro e sinistro, come illustrato in Figura 67, così da aumentarne la resistenza a ribaltamento. Al contrario, la connessione alla muratura esistente avverrà mediante barre di fibra sintetica di carbonio.

Prof. Ing. Giovanni Plizzari

