



**POLITECNICO
DI MILANO 1863**

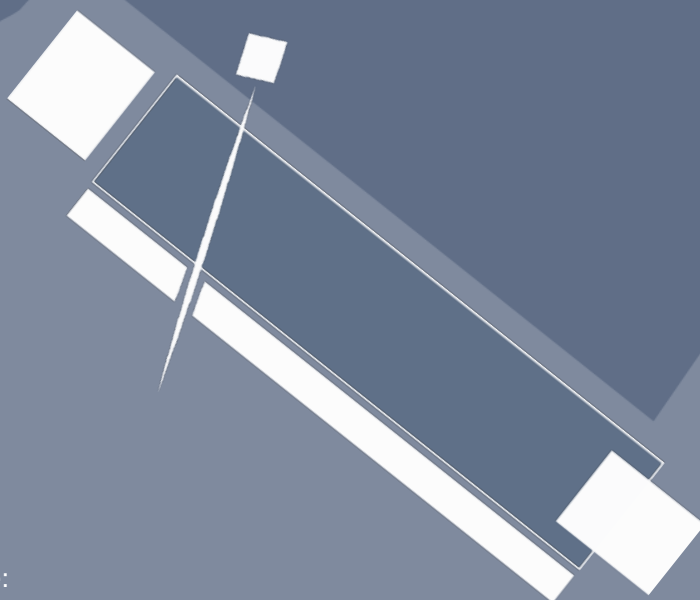
SCUOLA DI ARCHITETTURA, URBANISTICA
INGEGNERIA DELLE COSTRUZIONI

ARCHITETTURA - ARCHITETTURA DELLE COSTRUZIONI
Anno Accademico 2022/2023

STRUTTURE

EMPORION

NUOVO POLO MUSEALE A ORTIGIA



Relatore:

Prof. Tomaso Monestirolì

Correlatori:

Prof. Vassillis Mpampatsikos
Prof. Fulvio Re Cecconi
Prof. Paolo Oliaro
Prof.ssa Paola Gallo Stampino

Studenti:

Lucrezia Borsari	995471
Michele Vezzoli	994342
Francesco Zugni	993926

5.	Premessa
7.	Descrizione del progetto <ul style="list-style-type: none">Masterplan e contestoMuseoArsenalePortico e cellePiante strutturali
19.	Materiali scelti e valori di calcolo
23.	Analisi dei carichi <ul style="list-style-type: none">MuseoArsenalePortico e celle
31.	Azioni sismiche
37.	Museo <ul style="list-style-type: none">T01 - Trave piano primo (setti)T02 - Trave piano primo (cassettonato)T03 - Trave piano primo (anello)T01 - Trave di copertura (setti)T02 - Trave di copertura (cassettonato)T04 - Trave di copertura (anello)TR1 - Trave WarrenVerifiche sezioni composteVerifiche MIDAS
61.	Arsenale <ul style="list-style-type: none">T01 - Trave piano primo (setti)T02 - Trave piano primo (navata)T02 - Trave piano primo (navata + balcone)T03 - Trave di copertura (setti)C01 - CapriataVerifiche MIDAS
81.	Portico e celle <ul style="list-style-type: none">T01 - Trave di copertura trasversaleT02 - Trave di copertura longitudinaleP01 - Pilastro porticatoP02 - Pilastro cellaVerifiche MIDAS
103.	Allegati strutturali
115.	Bibliografia e sitografia

Il presente elaborato costituisce la relazione di calcolo e di verifica strutturale comprensiva di una descrizione generale del funzionamento strutturale e dei criteri generali di progettazione.

Al fine di garantire la sicurezza della costruzione, per progettare e verificare gli elementi strutturali sollecitati, è stato utilizzato il metodo degli Stati Limite, come previsto dalla norma di riferimento NTC-2018.

Si riportano di seguito le verifiche strutturali atte a garantire la resistenza ed il comportamento della struttura in differenti combinazioni di carico (come previsto dal metodo degli Stati Limite).

È opportuno precisare che, in alcuni casi, sono state eseguite opportune semplificazioni del comportamento statico delle strutture (a vantaggio di sicurezza).

Infine, è importante specificare che sono stati progettati gli elementi strutturali più sollecitati.

Descrizione del progetto

Masterplan e contesto



Ortofoto

L'area di progetto si trova nella punta Nord dell'isola di Ortigia, centro storico della nota città di Siracusa.

Il progetto si pone come obiettivo quello di costruire un nuovo polo museale per la riqualifica di un'area che, allo stato di fatto, è degradata e occupata da un parcheggio coperto in calcestruzzo armato (di cui è prevista la demolizione). Il nuovo complesso vuole rendere l'area uno spazio più fruibile e di qualità, con più servizi pubblici rivolti alla città.

Il Nuovo Polo museale si pone, nei confronti dell'isola di Ortigia, come un grande spazio pubblico di intermezzo tra la grande densità costruttiva del centro storico e il mare. La configurazione formale e distributiva degli edifici riprende le direzioni principali del contesto, andando a raccogliere le direttrici più importanti provenienti dalla città antica. I due edifici principali, posti all'estremità dell'area di intervento, esaltano la direttrice parallela al mare, delineando un'organizzazione interna definita e ortogonale. L'edificio posto più a Nord, si contraddistingue dal precedente grazie ad una doppia direzionalità. Infatti, oltre a cercare il collegamento con l'altro edificio museale posto a Sud, cerca di connettersi alla città, diventando un punto di snodo importante per i due sistemi. Questi due edifici, posti come estremità dell'area di progetto, contengono funzioni esclusivamente museali ed espositive.

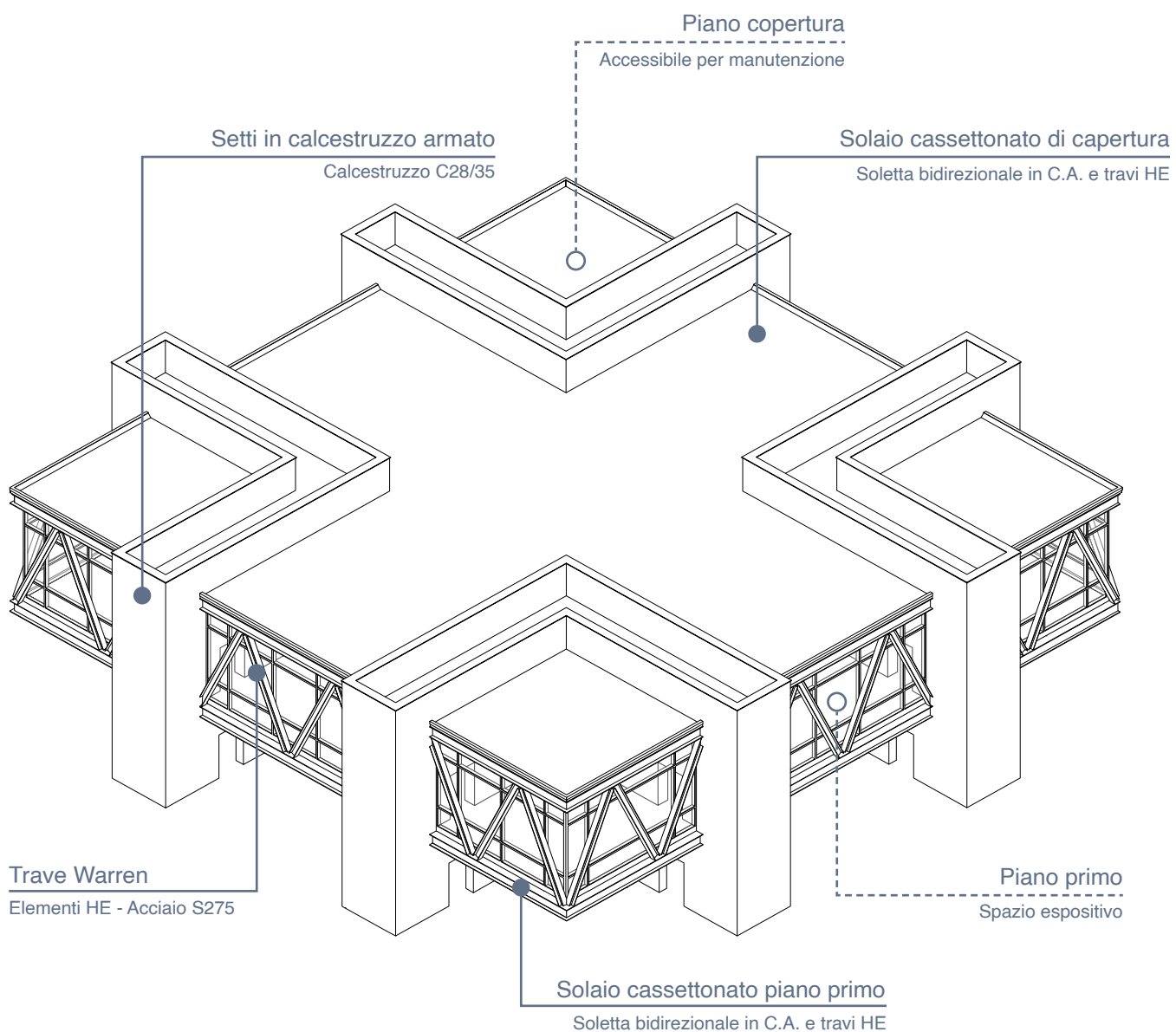
Tra i due edifici principali è pensata una piazza d'acqua, tagliata da alcune passerelle che, a loro volta, sono il prolungamento degli assi principali della città. Alcune di queste vengono valorizzate da delle piattaforme che rendono la piazza un luogo ad uso ludico e collettivo. Questo spazio aperto garantisce una vista privilegiata del mare e della costa siracusana.

Oltre ai due edifici principali è presente un terzo edificio che, attraverso la sua forma a stecca, richiama l'idea di passeggiata sul mare in quanto dispone di un lungo porticato sul fronte Nord. Inoltre, il camminamento consente il raccordo tra gli elementi che compongono l'intervento.

Ben diverso è il fronte su strada di quest'ultimo edificio che, invece, si articola in diversi blocchi commerciali andando a creare un fronte urbano. Proprio per questa forte ricerca di connettersi alla città storica, i blocchi sono adibiti a spazi commerciali, distaccandosi dal ruolo museale del resto del sistema.

Infine, l'intervento comprende anche la sistemazione e l'ampliamento del parco adiacente alle antiche mura di epoca spagnola e la ripavimentazione delle aree circostanti andando a comprendere anche l'area attorno al Palazzo delle ex-Poste.

L'elemento protagonista e caratteristico del progetto è il setto murario che, i tre edifici, anche se in differenti modalità, sfruttano per definire assi e separazioni. Dal punto di vista strutturale, i due edifici principali (Museo e Arsenale) sono realizzati attraverso un sistema strutturale misto: gli elementi verticali in calcestruzzo armato e gli elementi orizzontali in acciaio. Allo stesso tempo, il terzo edificio (Portico e celle) è realizzato esclusivamente da un sistema strutturale a telaio in calcestruzzo armato. Tutti i sistemi strutturali sono pensati, come si vedrà in seguito, con la presenza di controventi in modo da assorbire e scaricare a terra le forze orizzontali agenti sulla struttura (vento e sisma), permettendo di ridurre, conseguentemente, la sezione degli elementi strutturali (travi e pilastri).



Il primo edificio, il Museo, è realizzato, come anticipato precedentemente, da un sistema misto tra calcestruzzo armato e acciaio. La struttura viene scandita da una griglia impostata sulla ripetizione di un modulo di tre metri che definisce la posizione di setti e travi.

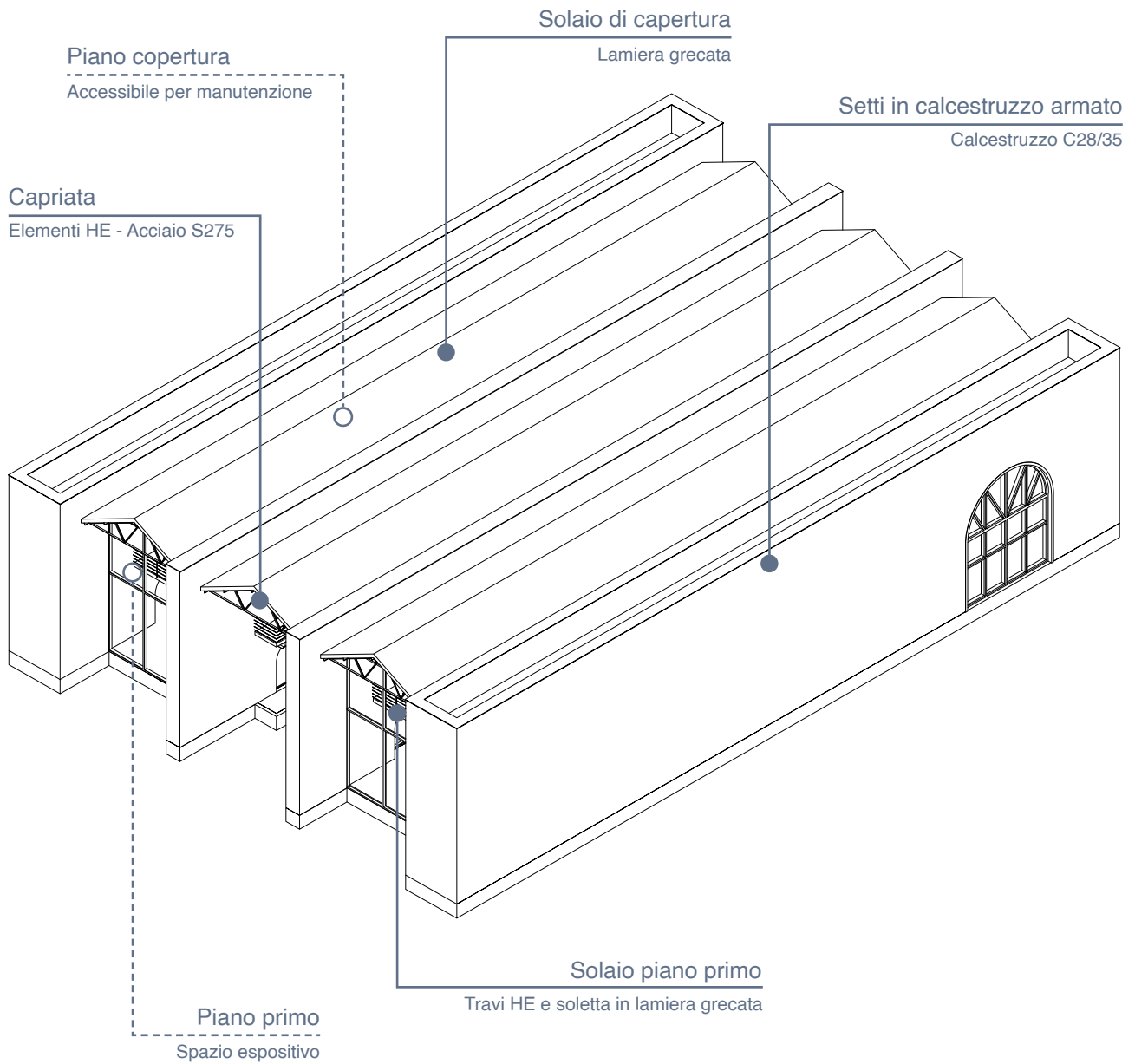
In particolare, gli elementi verticali sono realizzati esclusivamente attraverso setti in calcestruzzo armato che percorrono in elevazione, senza discontinuità, tutti i due piani di cui l'edificio è composto (altezza 11 metri). Questi setti sono disposti accoppiati a due a due per formare quattro sistemi murari piegati a creare una sorta di croce svuotata in centro (osservabile dalla pianta del piano terra). La disposizione simmetrica (centro massa coincidente con centro di resistenza) e le dimensioni geometriche rendono questo insieme di pareti in calcestruzzo armato un'ottimale sistema di controvento in grado di resistere, come vedremo in seguito, alle forze sismiche orizzontali e alla pressione del vento.

Il vero e proprio spazio museale si articola al piano primo ed è formato da un sistema strutturale scatolare in acciaio. I solai del piano primo e del piano copertura, infatti, sono costituiti ognuno da nove campi di cassettonato in acciaio collaboranti con una soletta, posta al di sopra, in calcestruzzo armato (spessore 15 cm). La connessione tra le travi in acciaio di tipo HE e la soletta in calcestruzzo è resa possibile attraverso il posizionamento di connettori Nelson sulla lunghezza di tutti gli elementi (si crea una sezione composta).

Questi sistemi a cassettoni sono sorretti, oltre che dai sistemi murari, da quattro travi centrali (che formano una sorta di anello) e da quattro travi reticolari (tipo Warren) che, incastrandosi nei setti, definiscono il perimetro esterno dell'edificio. In particolare, la connessione tra i solai e i supporti avviene attraverso cerniere (fazzoletti per bullonaggio) pre-saldate in officina sugli elementi metallici (anello e trave Warren) e pre-posizionati grazie a tirafondi nei setti in calcestruzzo.

La trave perimetrale Warren è costituita da due correnti orizzontali, posti all'altezza dei due solai principali, a cui vengono saldati gli elementi diagonali. Come anticipato precedentemente, nel momento in cui la trave reticolare incontra i setti, essa viene affogata direttamente nel calcestruzzo armato. Per consentire il doppio appoggio alla base della trave Warren, il diagonale contenuto tra i due setti è specchiato.

Le fondazioni sono realizzate attraverso un sistema di travi rovesce incrociate, allineate tra loro secondo i setti sovrastanti. Questo sistema permette un'adeguata ripartizione dei carichi sul terreno in quanto le travi sono munite di due mensole inferiori che hanno il compito di allargare la superficie che poggia sul terreno.



Il secondo edificio, l'Arsenale, è realizzato, come nel caso precedente, da un sistema misto tra calcestruzzo armato e acciaio.

Gli elementi verticali sono realizzati esclusivamente attraverso setti in calcestruzzo armato che percorrono in elevazione, senza discontinuità, tutti i due piani di cui l'edificio è composto. Questi setti sono disposti parallelamente e a distanze variabili tra di loro. Infatti, i primi due setti, spessi 30 cm, sono posizionati a una distanza di tre metri (asse-asse) e sono uniti tra di loro da una scansione di setti ortogonali. Il terzo setto è collocato parallelamente al secondo con un interspazio di otto metri (prima navata).

Il sistema è specchiato mantenendo una distanza tra i muri centrali sempre di otto metri, creando conseguentemente la seconda, la terza navata, e un ulteriore sistema di setti accoppiati.

Il solaio del piano primo è realizzato attraverso un sistema strutturale in acciaio. Infatti, il solaio in lamiera grecata strutturale con getto in calcestruzzo armato collaborante è posato al di sopra di una serie di travi HE, poste ad una distanza di due metri, che collegano ortogonalmente i differenti setti murari.

Il solaio del piano primo, però, non è collocato su tutta la superficie utile, ma si posiziona esclusivamente nella porzione più a Nord dell'edificio, consentendo la creazione di uno spazio a tutt'altezza nella porzione rimanente. Un'ulteriore eccezione è data dal fatto che, a favore della creazione di un secondo spazio a tutt'altezza, il solaio della navata centrale è stato accorciato (come visibile in pianta). In particolare, al posto della porzione accorciata sono stati aggiunti due balconi. Il supporto dell'elemento balcone è permesso grazie al prolungamento di alcune travi in acciaio presenti nelle navate adiacenti che aggettano nella navata centrale.

Per quanto riguarda il piano copertura sono stati sfruttati due sistemi differenti. Tra i setti accoppiati esterni la copertura è garantita, come per il piano primo, da un solaio in lamiera grecata strutturale con getto in calcestruzzo armato collaborante e posato al di sopra di una serie di travi HE. Le navate centrali, differentemente, sono coperte attraverso pannelli Sandwich in lamiera grecata posizionati lungo travi di supporto longitudinali HE. A loro volta queste travi in acciaio sono sorrette da una serie di capriate in acciaio incernierate ai setti murari attraverso fazzoletti annegati nel calcestruzzo.

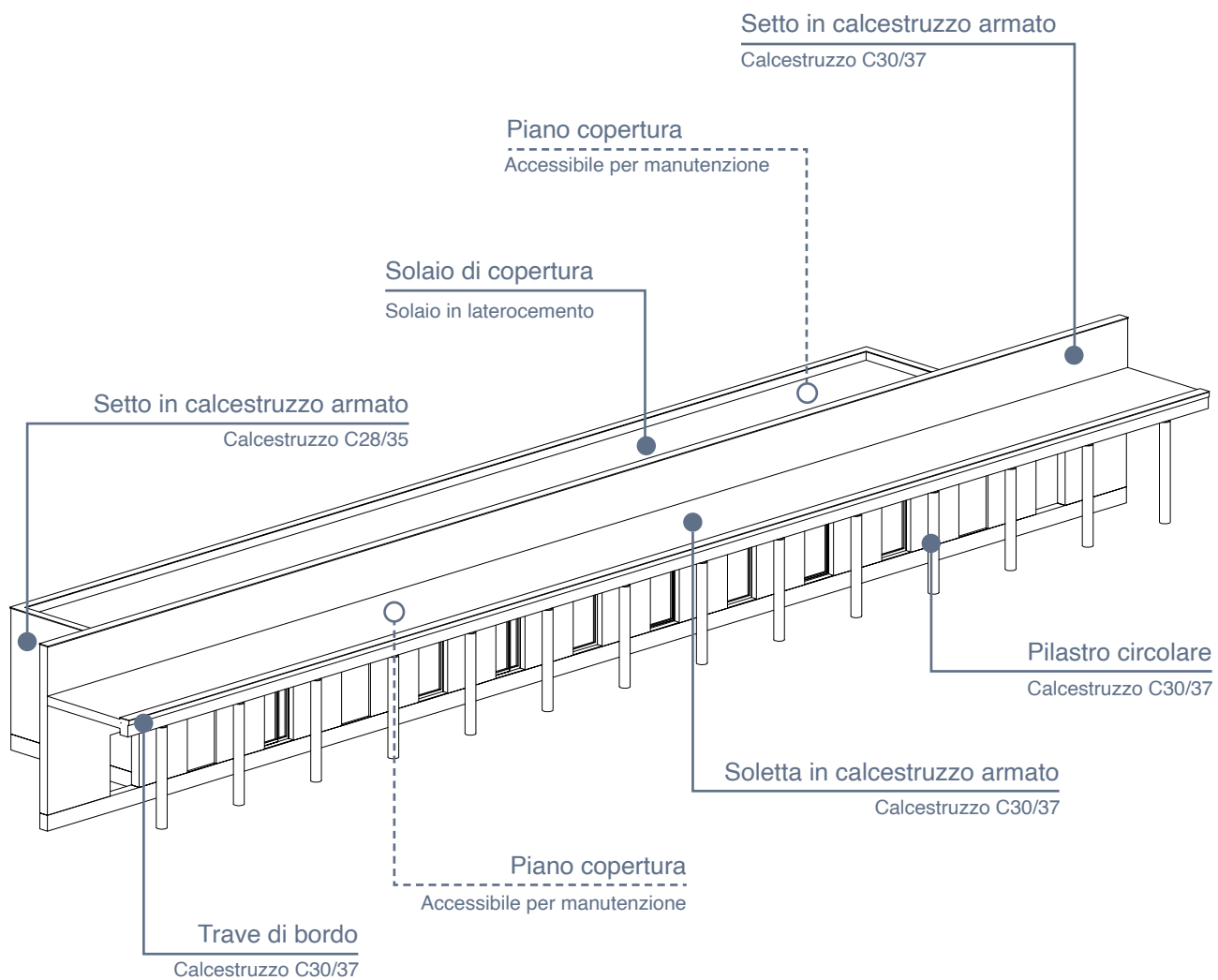
Le capriate sono pensate per essere montate direttamente in cantiere, infatti, i puntoni diagonali sono formati da profili HE e gli elementi inferiori sono ottenuti grazie all'accoppiamento di due profili strutturali a L imbullonati tra di loro e ai puntoni grazie a fazzoletti metallici saldati pre-posizionati.

La resistenza alle forze orizzontali sismiche è affidata completamente ai setti murari. In particolare, nella direzione longitudinale le forze sono assorbite dai setti paralleli, mentre, nella direzione ortogonale, dalla serie di setti contenuti in quelli di estremità.

Inoltre, data la presenza di spazi a doppia altezza che liberano i setti centrali al piano primo, è stato deciso di allargare lo spessore strutturale di quest'ultimi fino a 60 cm, in modo tale da limitare le deformazioni nella direzione debole.

Le fondazioni sono realizzate attraverso un sistema a platea e di pali strutturali, dato che parte dell'edificio è costruito in mare. Le palificazioni permettono di scaricare direttamente le azioni provenienti dalle strutture sovrastanti agli strati profondi di terreno resistente.

Portico e celle



Il porticato come anticipato precedentemente è realizzato con un sistema a telaio in calcestruzzo armato opportunamente controventato.

La struttura viene scandita da una griglia impostata sulla ripetizione di un modulo di quattro metri, definendo la posizione di pilastri e travi. I pilastri che costituiscono il fronte del porticato hanno una sezione circolare (per assecondare esigenze architettoniche) al contrario dei restanti che, essendo nascosti nelle diverse soluzioni murarie, hanno una sezione quadrata. La spina centrale, diversamente, è realizzata attraverso un setto in calcestruzzo armato che si elevava rispetto al piano copertura di un metro e mezzo.

Le travi, in entrambe le direzioni, hanno una sezione rettangolare e risultano ribassate rispetto allo spessore del solaio strutturale, in quanto si è deciso di mantenere come dimensione fissa la base. Inoltre, la soluzione a travi ribassate è stata scelta in quanto permette un migliore comportamento e una più adeguata risposta alle forze orizzontali derivanti da un sisma (maggiore duttilità). Tutte le travi hanno la base che differisce di 5 cm rispetto alla sezione del pilastro in modo tale che i ferri provenienti da quest'ultimi non combacino con i ferri longitudinali dalle travi, facilitando, in questo modo, la messa in opera del telaio strutturale e la realizzazione di un nodo trave-pilastro efficace (CD" B").

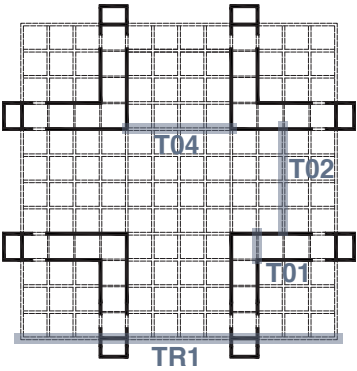
Le soluzioni per quanto riguarda i solai strutturali sono diverse per la copertura della cella e il porticato. Per quanto riguarda i solai delle celle, data la loro luce ridotta (quattro metri), sono in laterocemento gettato in opera con uno spessore di 20 cm complessivi (un ventesimo della luce), 4 cm di cappa in calcestruzzo con rete elettrosaldata e 16 cm di pignatta di alleggerimento. Diversamente, il solaio del porticato esterno, essendo un campo perfettamente quadrato, è realizzato con un sistema bidirezionale a getto pieno di spessore 20 cm (un ventesimo della luce), alleggerito con sistemi U-Boot.

L'intero complesso portico-celle è stato suddiviso in diverse parti (lunghezza massima 60 metri) attraverso il posizionamento di giunti strutturali di 4 cm (1/100 dell'altezza). Per evitare il raddoppiamento del pilastro in corrispondenza del giunto, esso è stato posizionato a metà della trave, facendola rimanere a sbalzo di 1,5 metri. Quest'operazione è necessaria per evitare cedimenti della struttura dovuti a martellamento tra i volumi durante le possibili azioni sismiche.

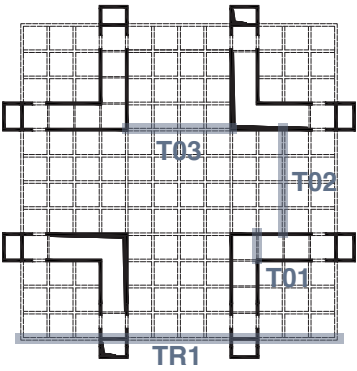
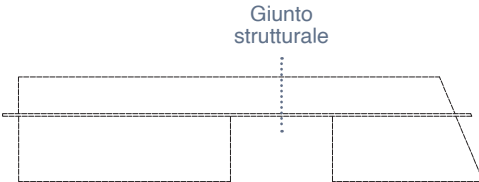
Ognuna di queste parti è stata controventata opportunamente, infatti, il muro in calcestruzzo armato centrale garantisce una resistenza nella direzione longitudinale mentre, la resistenza nella direzione ortogonale è garantita grazie al posizionamento di setti trasversali, posizionati alle estremità ed eventualmente anche nelle parti centrali delle celle.

Le fondazioni sono realizzate attraverso un sistema di travi rovesce incrociate, allineate tra loro secondo le file dei pilastri o dei setti sovrastanti.

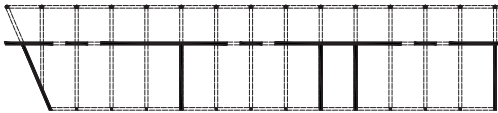
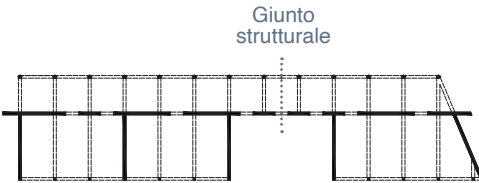
Piante strutturali

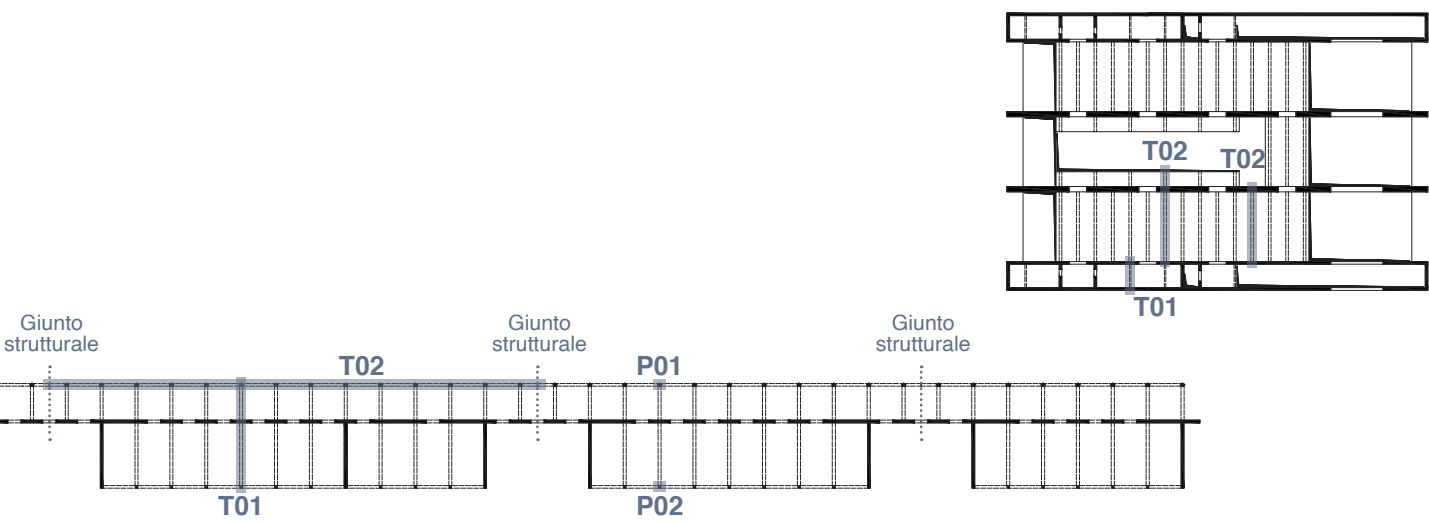
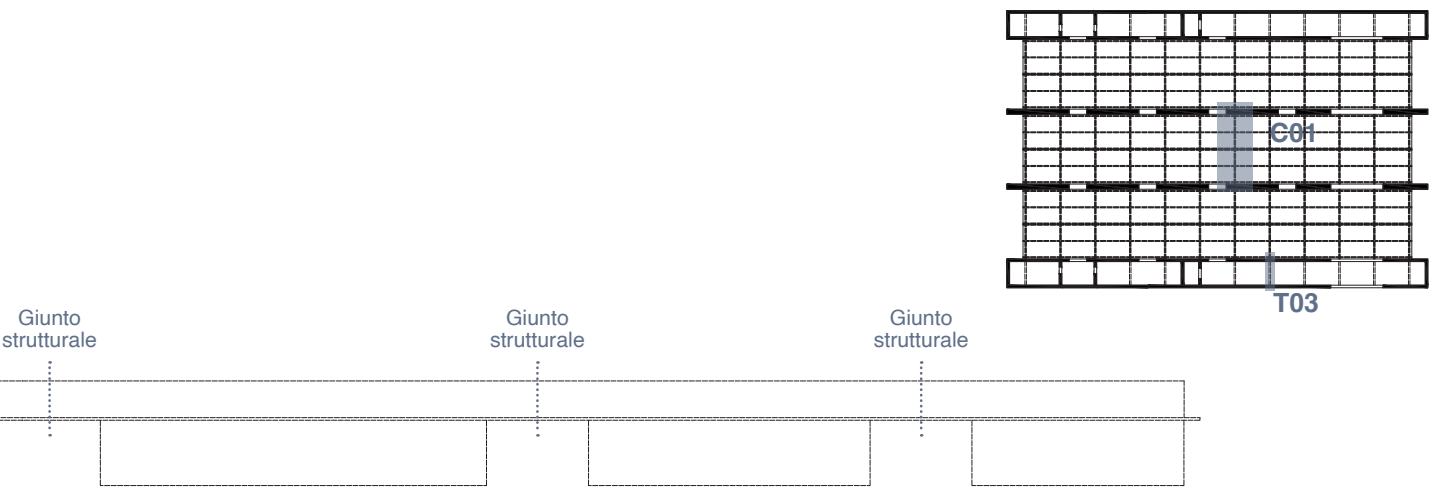


Pianta strutturale piano copertura



Pianta strutturale piano primo





Materiali scelti e valori di calcolo

Materiali scelti e valori di calcolo

In questo capitolo si vogliono esplicitare quali sono i valori che verranno utilizzati successivamente per eseguire i ridimensionamenti e la verifica degli elementi strutturali più sollecitati.

In particolare, si specificano i valori caratteristici dei materiali strutturali, i pesi dei materiali non strutturali, i carichi variabili e i coefficienti γ e ψ utilizzati per le combinazioni di carico.

Materiali strutturali

- Calcestruzzo C28/35

$$\begin{aligned}f_{ck} &= 28.00 \text{ N/mm}^2 \\f_{cd} &= 15.87 \text{ N/mm}^2 \\E &= 30000 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

- Calcestruzzo C30/37

$$\begin{aligned}f_{ck} &= 30.00 \text{ N/mm}^2 \\f_{cd} &= 17.00 \text{ N/mm}^2 \\E &= 30000 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

- Acciaio B450C

$$\begin{aligned}f_{yk} &= 450.00 \text{ N/mm}^2 \\f_{yd} &= 391.30 \text{ N/mm}^2 \\E &= 210000 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

- Acciaio S275

$$\begin{aligned}f_{yk} &= 275.00 \text{ N/mm}^2 \\f_{yd} &= 261.90 \text{ N/mm}^2 \\E &= 210000 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

- Soletta in laterocemento Sp. 20 cm

$$G_1 = 3.00 \text{ KN/m}^2$$

- Soletta bidirezionale piena Sp. 15 cm

$$G_1 = 3.75 \text{ KN/m}^2$$

- Soletta bidirezionale alleggerita Sp. 20 cm

$$G_1 = 3.98 \text{ KN/m}^2$$

- Soletta in laterocemento Sp. 20 cm

$$G_1 = 3.00 \text{ KN/m}^2$$

- Lamiera grecata H. 10 cm

$$G_1 = 0.15 \text{ KN/m}^2$$

Materiali non strutturali

- Pavimentazione

$$\begin{aligned}h &= 2 \text{ cm} \\G_2 &= 0,40 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

- Malta

$$\begin{aligned}h &= 2 \text{ cm} \\G_2 &= 0,42 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

- Calcestruzzo alleggerito

$$\begin{aligned}h &= \text{variabile} \\G_2 &= 12,00 \text{ KN/m}^3\end{aligned}$$

- Calcestruzzo armato

$$\begin{aligned}h &= \text{variabile} \\G_2 &= 25,00 \text{ KN/m}^3\end{aligned}$$

- Ghiaia

$$\begin{aligned}h &= \text{variabile} \\G_2 &= 15,00 \text{ KN/m}^3\end{aligned}$$

- Intonaco

$$\begin{aligned}h &= 2 \text{ cm} \\G_2 &= 0,40 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

- Cartongesso

$$\begin{aligned}h &= 1,5 \text{ cm} \\G_2 &= 0,10 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

- Isolante (Lana di roccia)

$$\begin{aligned}h &= \text{variabile cm} \\G_2 &= 1.5 \text{ KN/m}^3\end{aligned}$$

- Lamiera grecata

$$\begin{aligned}h &= 5,5 \text{ cm} \\G_2 &= 0,05 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

- Impianti di ventilazione

$$\begin{aligned}h &= 40 \text{ cm} \\G_2 &= 0,1 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

Carichi variabili¹

- Copertura accessibile per sola manutenzione

$$q_m = 0,50 \text{ KN/m}^2$$

- Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone (aree espositive e museo)

$$q_a = 5,00 \text{ KN/m}^2$$

- Carico della neve Zona III

$$\text{Carico neve al suolo } (q_{sk}) \quad 0.60 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Coeff. forma della copertura } (u_i) \quad 0.8$$

$$\text{Coefficiente di esposizione } (C_e) \quad 0.9$$

$$\text{Coefficiente termico } (C_t) \quad 1$$

$$q_s = q_{sk} \cdot u_i \cdot C_e \cdot C_t = 0,45 \text{ KN/m}^2$$

Coefficienti γ e ψ ²

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_i	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_{2(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

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

2.1. Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30 \text{ kN}$)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30 \text{ kN}$)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000 \text{ m s.l.m.}$)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000 \text{ m s.l.m.}$)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

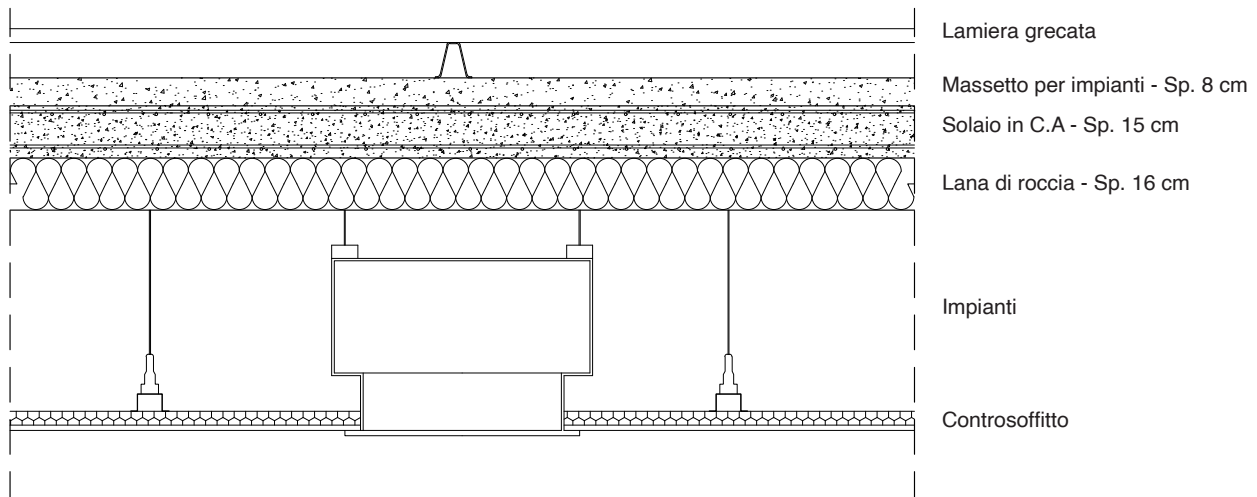
2.2. Valori dei coefficienti di combinazione

¹ Gazzetta ufficiale 20/02/2018 - Capitolo 3, Azioni sulle costruzioni

² Gazzetta ufficiale 20/02/2018 - Capitolo 2, Sicurezza e prestazioni attese

Analisi dei carichi

Solaio di copertura (aula)



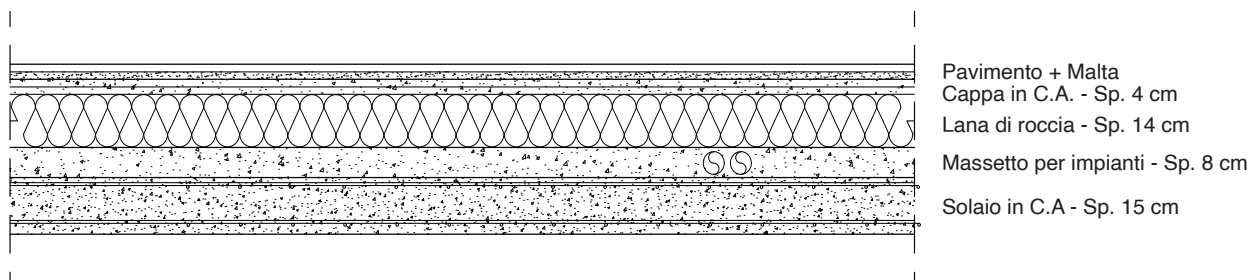
$$G_1 = 0,15 \text{ m} \times 25,00 \text{ KN/m}^3 = 3,75 \text{ KN/m}^2$$

$$G_2 = (0,05 + 0,10 + 0,10) \text{ KN/m}^2 + 0,08 \text{ m} \times 12,00 \text{ KN/m}^3 + 0,16 \text{ m} \times 1,50 \text{ KN/m}^3 = 1,45 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_m = 0,50 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_n = 0,45 \text{ KN/m}^2$$

Solaio piano primo

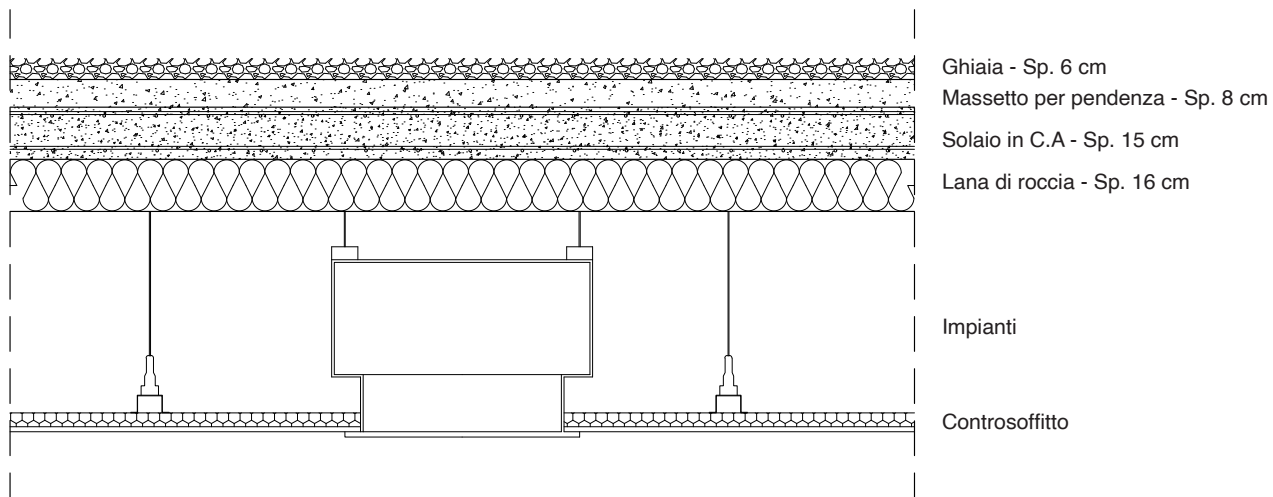


$$G_1 = 0,15 \text{ m} \times 25,00 \text{ KN/m}^3 = 3,75 \text{ KN/m}^2$$

$$G_2 = (0,40 + 0,42) \text{ KN/m}^2 + 0,04 \text{ m} \times 25,00 \text{ KN/m}^3 + 0,08 \text{ m} \times 12,00 \text{ KN/m}^3 + 0,14 \text{ m} \times 1,50 \text{ KN/m}^3 = 3,23 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_a = 5,00 \text{ KN/m}^2$$

Solaio di copertura (setti)



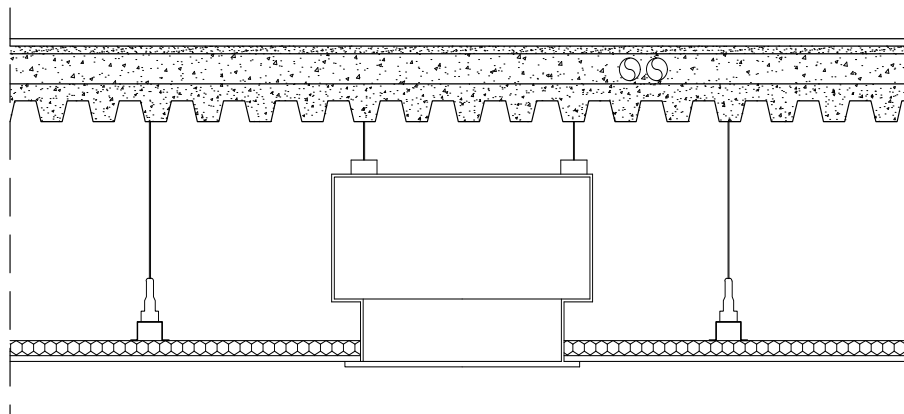
$$G_1 = 0,15 \text{ m} \times 25,00 \text{ KN/m}^3 = 3,75 \text{ KN/m}^2$$

$$G_2 = (0,10 + 0,10) \text{ KN/m}^2 + 0,06 \text{ m} \times 15,00 \text{ KN/m}^3 + 0,08 \text{ m} \times 12,00 \text{ KN/m}^3 + 0,16 \text{ m} \times 1,50 \text{ KN/m}^3 = 2,30 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_m = 0,50 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_n = 0,45 \text{ KN/m}^2$$

Solaio piano primo arsenale (setti)



Pavimento + Malta
Massetto per impianti - Sp. 8 cm
Lamiera grecata + C.A. - Sp. 10 cm

Impianti

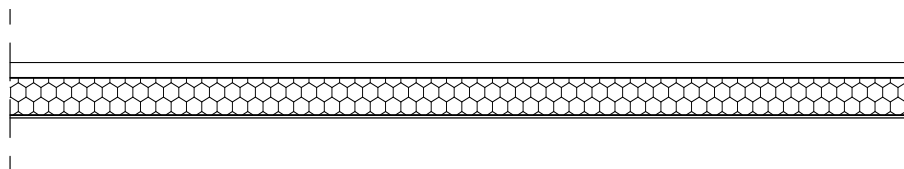
Controsoffitto

$$G_1 = 0,15 \text{ KN/m}^2 + 0,1 \text{ m} \times 25,00 \text{ KN/m}^3 = 2,65 \text{ KN/m}^2$$

$$G_2 = (0,40 + 0,42 + 0,10 + 0,10) \text{ KN/m}^2 + 0,08 \text{ m} \times 12,00 \text{ KN/m}^3 = 1,98 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_a = 5,00 \text{ KN/m}^2$$

Solaio di copertura arsenale (navate)



Lamiera grecata strutturale
Poliuretano espanso - Sp. 16 cm
Lamiera grecata strutturale

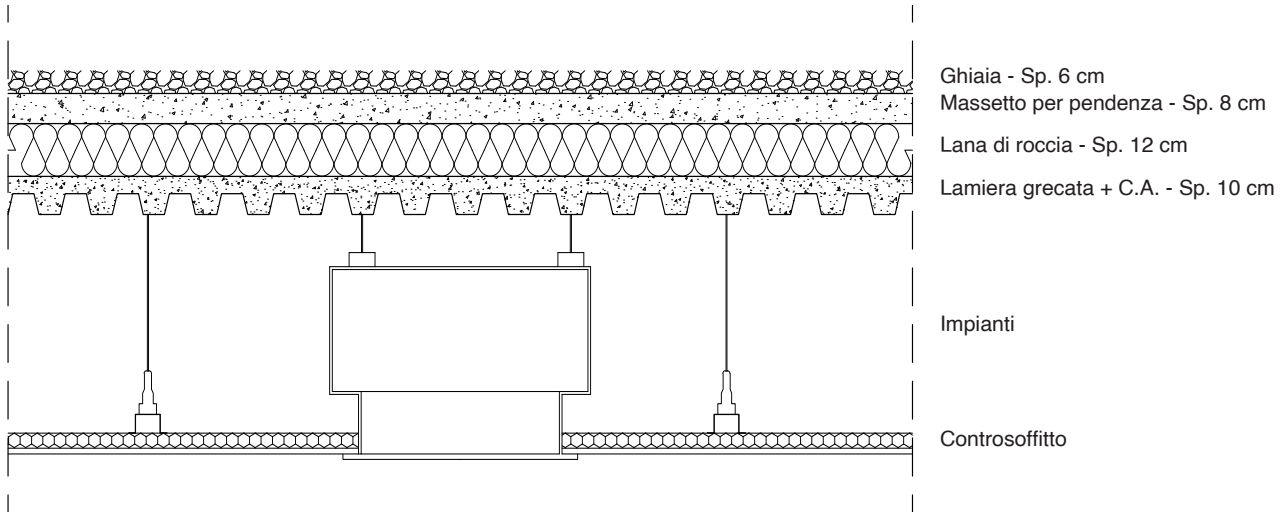
$$G_1 = 0,15 \text{ KN/m}^2$$

$$G_2 = (0,10 + 0,10 + 0,15) \text{ KN/m}^2 = 0,35 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_m = 0,50 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_n = 0,45 \text{ KN/m}^2$$

Solaio di copertura arsenale (setti)



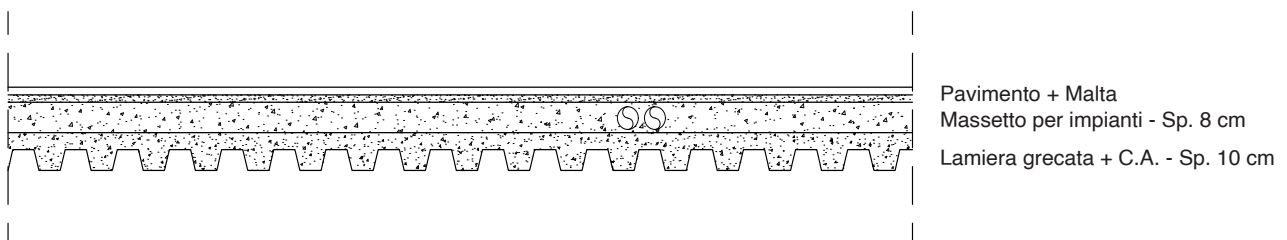
$$G_1 = 0,15 \text{ KN/m}^2 + 0,1 \text{ m} \times 25,00 \text{ KN/m}^3 = 2.65 \text{ KN/m}^2$$

$$G_2 = (0,10 + 0,10) \text{ KN/m}^2 + 0,06 \text{ m} \times 15,00 \text{ KN/m}^3 + 0,08 \text{ m} \times 12,00 \text{ KN/m}^3 + 0,12 \text{ m} \times 1,50 \text{ KN/m}^3 = 2,88 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_m = 0,50 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_n = 0,45 \text{ KN/m}^2$$

Solaio piano primo (navata e balcone)

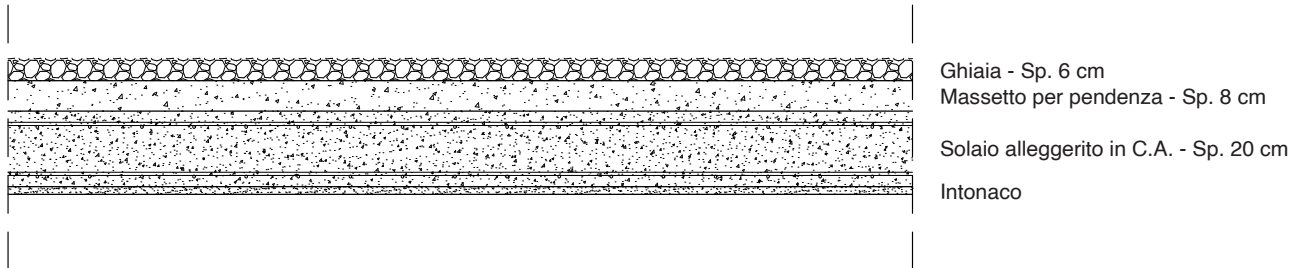


$$G_1 = 0,15 \text{ KN/m}^2 + 0,1 \text{ m} \times 25,00 \text{ KN/m}^3 = 2.65 \text{ KN/m}^2$$

$$G_2 = (0,40 + 0,42) \text{ KN/m}^2 + 0,08 \text{ m} \times 12,00 \text{ KN/m}^3 = 1,78 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_a = 5,00 \text{ KN/m}^2$$

Solaio di copertura porticato



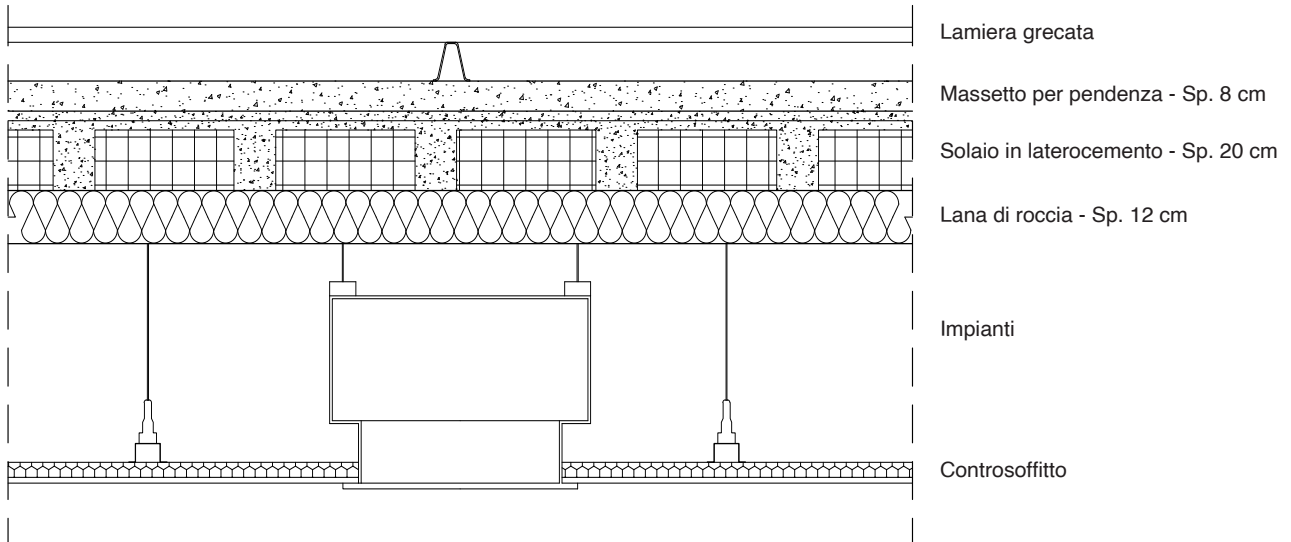
$$G_1 = 25,00 \text{ KN/m}^3 \times 0,059 \text{ m}^3/\text{m}^2 + 25,00 \text{ KN/m}^3 \times 0,05 \text{ m} + 25,00 \text{ KN/m}^3 \times 0,05 \text{ m} = 3,98 \text{ KN/m}^2$$

$$G_2 = 0,40 \text{ KN/m}^2 + 0,06 \text{ m} \times 15,00 \text{ KN/m}^3 + 0,08 \text{ m} \times 12,00 \text{ KN/m}^3 = 2,26 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_m = 0,50 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_n = 0,45 \text{ KN/m}^2$$

Solaio di copertura cella



$$G_1 = 3,00 \text{ KN/m}^2$$

$$G_2 = (0,10 + 0,10 + 0,05) \text{ KN/m}^2 + 0,12 \text{ m} \times 1,50 \text{ KN/m}^3 + 0,08 \text{ m} \times 12,00 \text{ KN/m}^3 = 1.35 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_m = 0,50 \text{ KN/m}^2$$

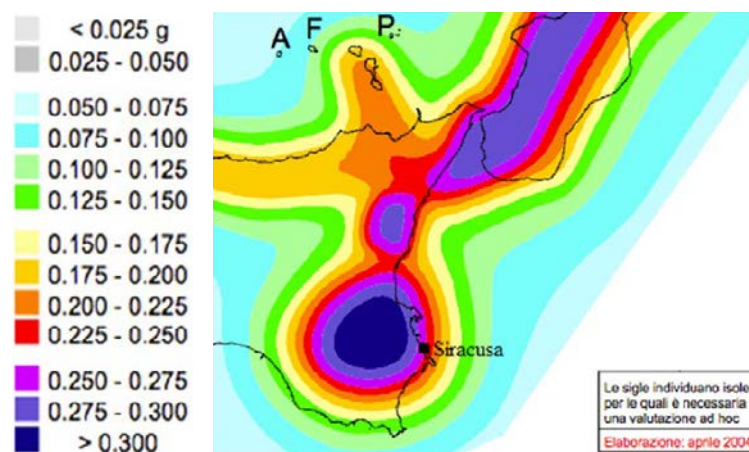
$$Q_n = 0,45 \text{ KN/m}^2$$

Azioni sismiche

Azioni sismiche



4.1. Zona 4 - Depositi alluvionali



4.2. Mappa di pericolosità sismica

L'area di progetto è localizzata a Ortigia nel Comune di Siracusa ed è classificata Zona 1 dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)¹, ovvero con alta probabilità di accadimento di forti terremoti. Tale classificazione è dovuta alla presenza di diversi segmenti di faglia che percorrono tutta la Sicilia Orientale. Queste faglie, infatti, hanno provocato nel corso della storia numerosi eventi sismici di alta intensità, rendendo di conseguenza l'area ad alto rischio sismico.

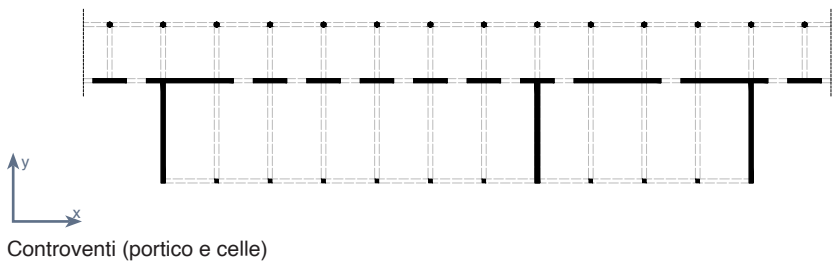
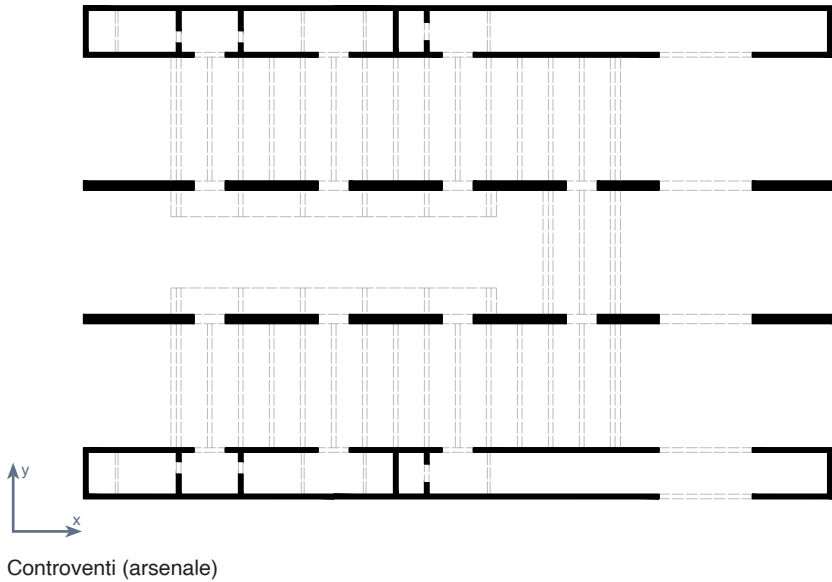
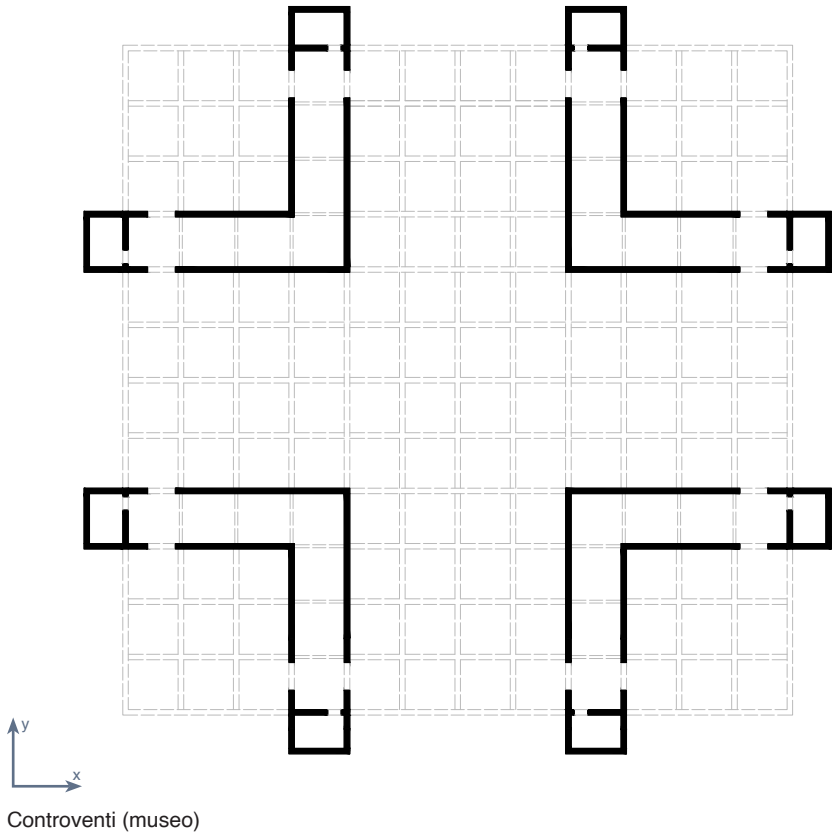
Inoltre, le azioni sismiche orizzontali, come riportano gli studi di microzonazione sismica, subiscono amplificazioni dovute alla composizione del terreno su cui insiste l'edificio.

Per identificare la categoria di terreno si è consultata la "Relazione Illustrativa di Microzonazione Sismica, MS Livello 1" della Regione Sicilia del 2013 che analizza dettagliatamente le diverse stratigrafie dei differenti terreni che si trovano della città di Siracusa. Il terreno dell'area di progetto, secondo i dati riportati dal documento, è formato prevalentemente da depositi alluvionali del fiume Anapo e del fiume Ciane che affiorano nel settore centrale della Zona 4 (zona dell'area di progetto).² Conseguentemente, per i calcoli successivi è stato considerato un terreno di categoria C, ovvero "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti".³

¹ <https://esse1-gis.mi.ingv.it/>

² *Microzonazione Sismica - Relazione Illustrativa, MS Livello 1 (Regione Sicilia, 2013)*

³ *Categorie di sottosuolo - Decreto del 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni*



Per gli edifici con destinazione d'uso museale (Museo e Arsenale), è stata definita una vita nominale della struttura (VN) di 75 anni e un coefficiente d'uso (CU) di 1,5 in quanto si tratta di un progetto che potenzialmente prevede affollamenti significativi (classe d'uso III).

Diversamente, per l'edificio restante (Portico e celle) è stata definita una vita nominale della struttura (VN) di 50 anni e un coefficiente d'uso (CU) di 1 in quanto non si prevedono affollamenti significativi (classe d'uso II).

In seguito, tutti questi valori riguardanti l'area di progetto sono stati combinati tra di loro al fine di trovare i parametri utili per definire gli spettri di progetto (vedi tabelle).

Dato che tutti gli edifici sono da considerarsi ben controventati, i dimensionamenti successivi non tengono conto delle azioni sismiche, ma verranno verificate successivamente all'interno del programma Midas.

Infine, poiché il progetto è collocato in una zona ad alta pericolosità sismica e poiché si tratta di edifici bassi, è stato preso come scenario peggiore per l'analisi di resistenza della struttura ad azioni orizzontali il caso sismico, scartando la forza del vento che ragionevolmente è molto inferiore.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0,038	2,525	0,246
SLD	50	0,053	2,503	0,267
SLV	475	0,214	2,269	0,420
SLC	975	0,306	2,365	0,461

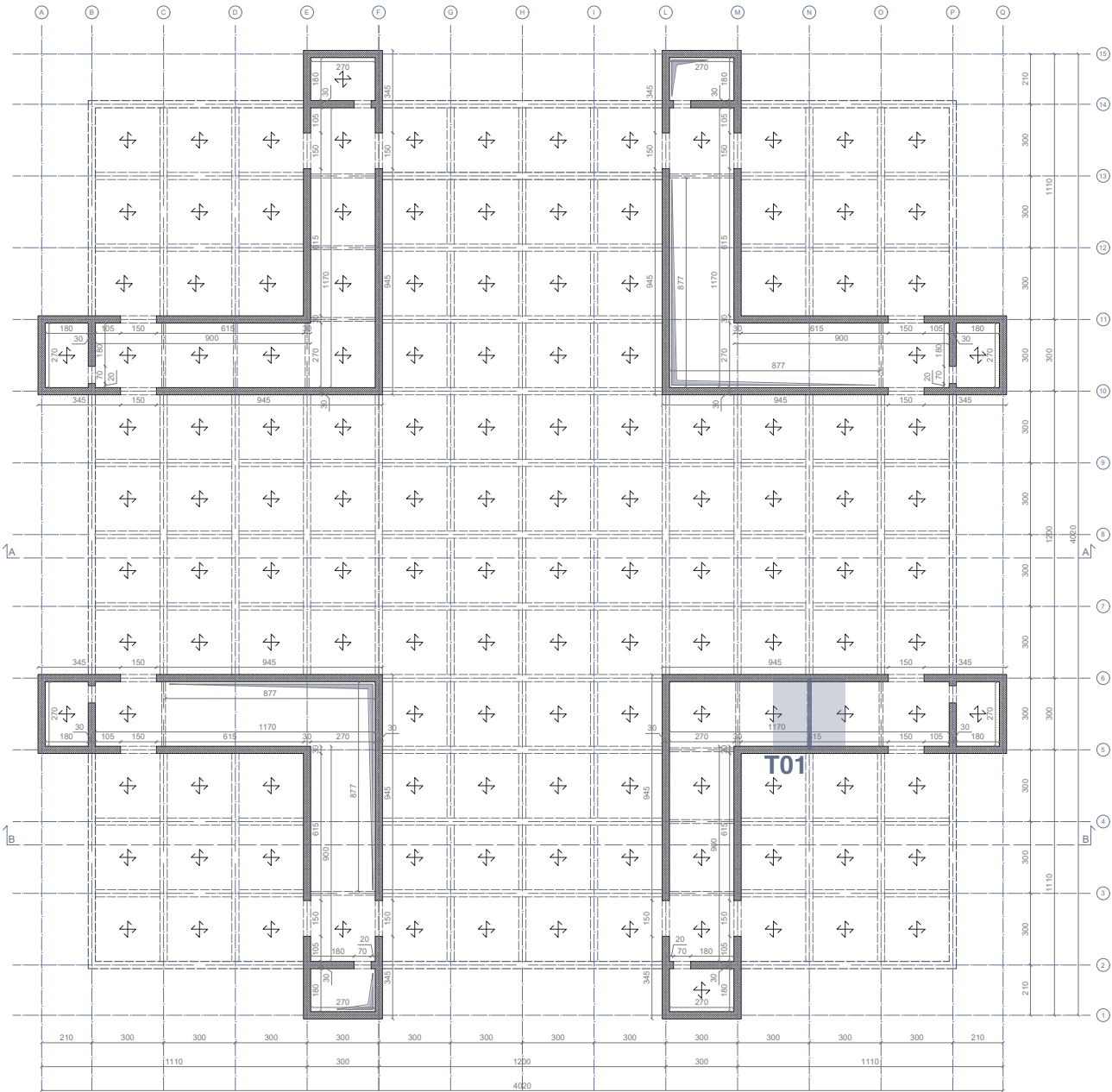
Parametri per VN di 50 anni e classe d'uso II

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	68	0,064	2,516	0,280
SLD	113	0,089	2,413	0,311
SLV	1068	0,321	2,363	0,468
SLC	2193	0,459	2,349	0,526

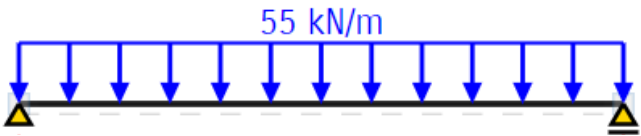
Parametri per VN di 75 anni e classe d'uso III

Museo

T01 - Trave piano primo (setti)



Pianta strutturale piano primo [cm] ■ Area di influenza



Schema statico (appoggio-appoggio)

T01 - Trave piano primo (setti)

CARICHI AGENTI SULLA STRUTTURA

G_1	3,75 KN/mq
G_2	3,23 KN/mq
Q_{Folla}	5,00 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI

S.L.U. $\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	17,22 KN/mq
S.L.E. RARA $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	11,98 KN/mq
S.L.E. FREQUENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	10,48 KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	9,98 KN/mq

LUNGHEZZA DI INFLUENZA

3,00 m

LUCE TRAVE

3,00 m

CARICO q (+5% P.P. TRAVE)

q_{SLU}	55,02 KN/m
$q_{SLE,RARA}$	38,28 KN/m
$q_{SLE,FREQ}$	33,48 KN/m
$q_{SLE,QPER}$	31,89 KN/m

PROGETTO A FLESSIONE

Appoggio - Appoggio

$N_{ed,SLU}$	0 KN	
$M_{ed,SLU}$	61,90 KNm	$M_{max} = q * L^2 / 8$
$V_{ed,SLU}$	82,53 KN	$V_{max} = q * L / 2$

b_0 (Considero solo un connettore)	0 cm
$b_{e1} = b_{e2} = L_e / (8 * i)$	25 cm
$b_{eff} = b_0 + b_{e1} + b_{e2}$	50 cm
$F_c = 0,8 * f_{cd} * b_{eff} * h_c$	952000 N
$A_p = F_c / f_{yd}$	3634,91 mm ²

PROFILO SCELTO	HEA160	A_p	38,8 cm ²
		W_y	220,1 cm ³
		I_y	1673 cm ⁴
		A_{vz}	13,21 cm ²
		Peso	0,388 KN/m
		H_p	152 mm

$M_{rd} \approx F_s * (h_p / 2 + 0,6 * h_c) > M_{ed}$	168,69 KNm
M_{ed} / M_{rd}	0,37 < 1

VERIFICA A TAGLIO

La resistenza a taglio verticale è affidata interamente alla trave metallica

$V_{rd} = A_{vz} * f_{yd} / 3^{0,5}$	199,75 KN
V_{ed} / V_{rd}	0,41 < 1

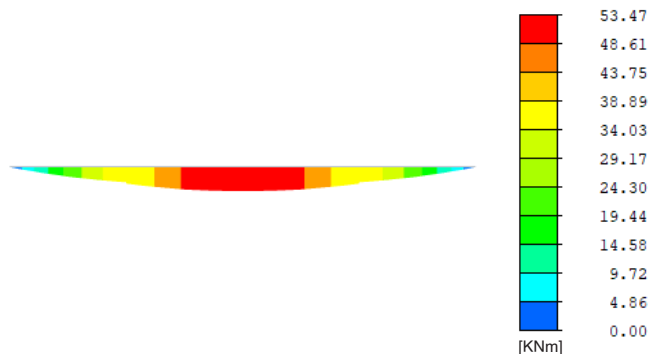


Diagramma del momento (Midas)

ACCIAIO	f_{yk}	f_{yd}	
S235	235	223,81	Mpa
S275	275	261,90	Mpa
S355	355	338,10	Mpa
Es	210000		Mpa

CLS	f_{ck}	f_{cd}	
C25/30	25	14,17	Mpa
C28/35	28	15,87	Mpa
C30/37	30	17,00	Mpa
C32/40	32	18,13	Mpa
C35/45	35	19,83	Mpa

GEOMETRIE SOLETTA

L_e	300 cm
i	150 cm
h_c	15 cm

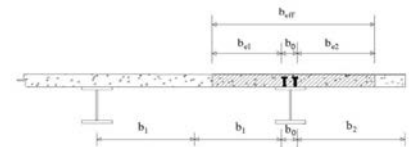
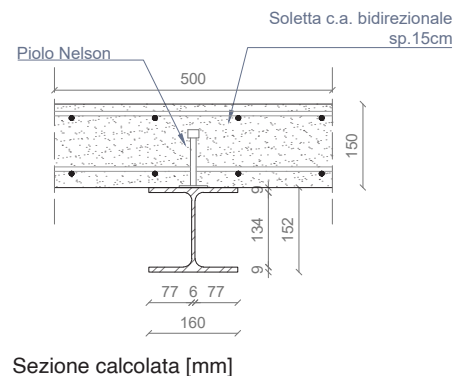
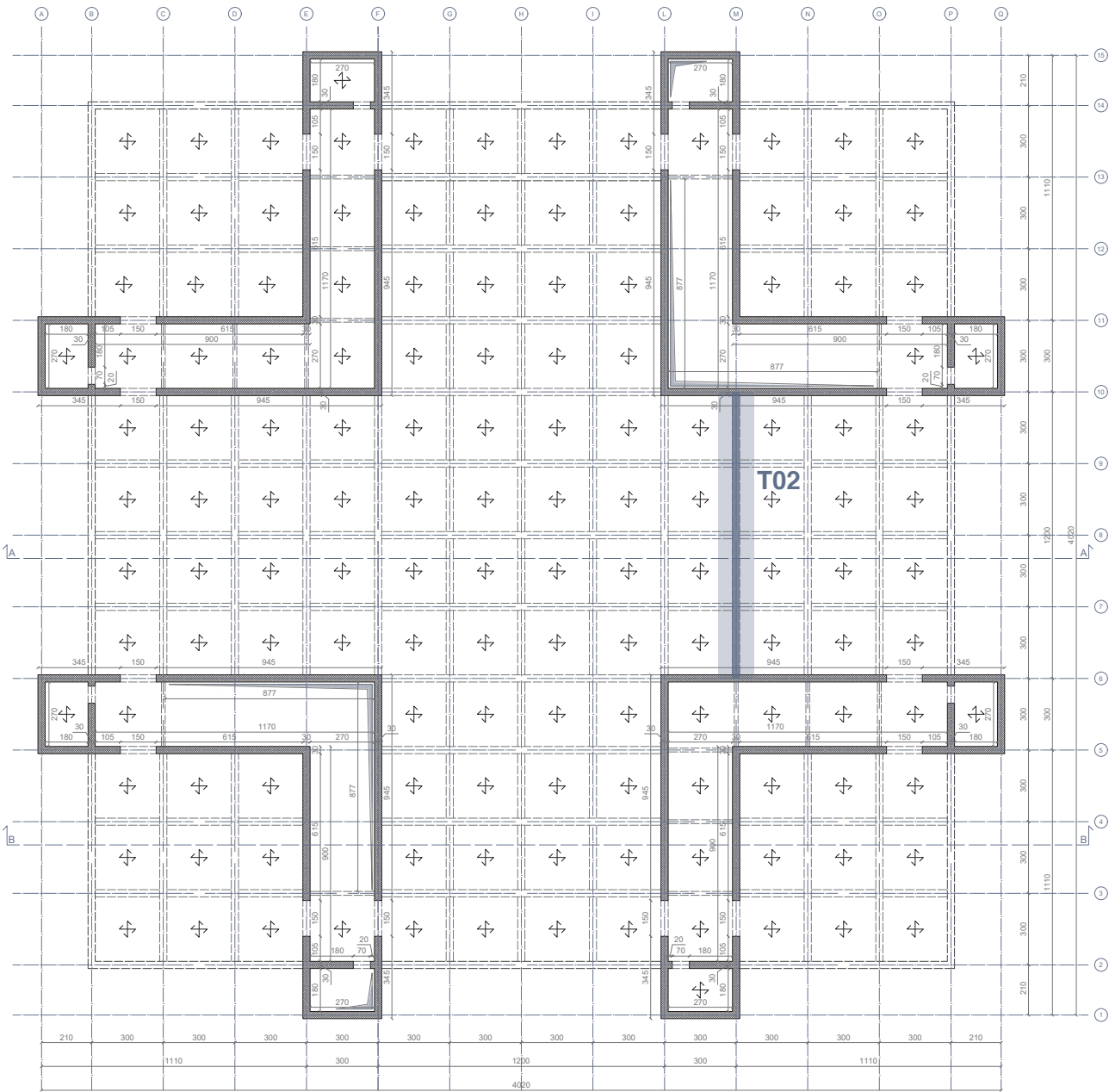


Fig. 4.3.1 - Definizione della larghezza efficace b_{eff} e delle aliquote b_{e1}

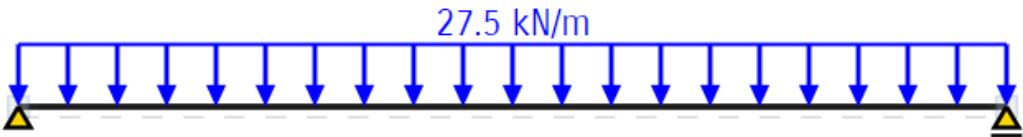


T02 - Trave piano primo (cassettonato)



Pianta strutturale piano primo [cm]

Area di influenza



Schema statico (appoggio-appoggio)

T02 - Trave piano primo (cassettonato)

CARICHI AGENTI SULLA STRUTTURA

G_1	3,75 KN/mq
G_2	3,23 KN/mq
Q_{Folla}	5,00 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI

S.L.U. $\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	17,22 KN/mq
S.L.E. RARA $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	11,98 KN/mq
S.L.E. FREQUENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	10,48 KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	9,98 KN/mq

LUNGHEZZA DI INFLUENZA

1,50 m

LUCE TRAVE

12,00 m

CARICO q (+5% P.P. TRAVE)

q_{SLU}	27,51 KN/m
$q_{SLE,RARA}$	19,14 KN/m
$q_{SLE,FREQ}$	16,74 KN/m
$q_{SLE,QPER}$	15,94 KN/m

PROGETTO A FLESSIONE

Appoggio - Appoggio

$N_{ed,SLU}$	0 KN	
$M_{ed,SLU}$	495,16 KNm	$M_{max} = q * L^2 / 8$
$V_{ed,SLU}$	165,05 KN	$V_{max} = q * L / 2$

b_0 (Considero solo un connettore)	0 cm
$b_{e1} = b_{e2} = L_e / (8 * i)$	100 cm
$b_{eff} = b_0 + b_{e1} + b_{e2}$	200 cm
$F_c = 0,8 * f_{cd} * b_{eff} * h_c$	3808000 N
$A_p = F_c / f_{yd}$	145,40 cm ²

PROFILO SCELTO	HEA400	A_p	159 cm ²
		W_y	2311,2 cm ³
		I_y	45069,4 cm ⁴
		A_{vz}	57,33 cm ²
		Peso	1,248 KN/m
		h_p	390 mm

$M_{rd} \approx F_s * (h_p / 2 + 0,6 * h_c) > M_{ed}$	1186,82 KNm
M_{ed} / M_{rd}	0,42 < 1

VERIFICA A TAGLIO

La resistenza a taglio verticale è affidata interamente alla trave metallica

$V_{rd} = A_{vz} * f_{yd} / 3^{0,5}$	866,89 KN
V_{ed} / V_{rd}	0,19 < 1

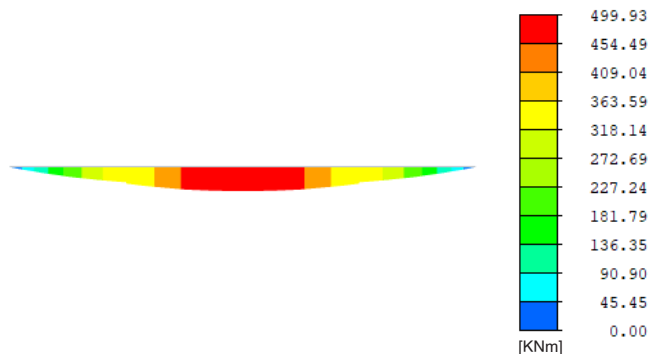


Diagramma del momento (Midas)

ACCIAIO	f_{yk}	f_{yd}	
S235	235	223,81	Mpa
S275	275	261,90	Mpa
S355	355	338,10	Mpa
Es	210000		Mpa

CLS	f_{ck}	f_{cd}	
C25/30	25	14,17	Mpa
C28/35	28	15,87	Mpa
C30/37	30	17,00	Mpa
C32/40	32	18,13	Mpa
C35/45	35	19,83	Mpa

GEOMETRIE SOLETTA

L_e	1200 cm
i	150 cm
h_c	15 cm

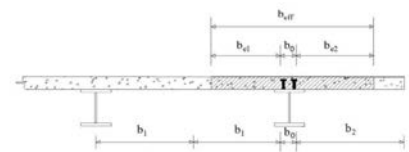
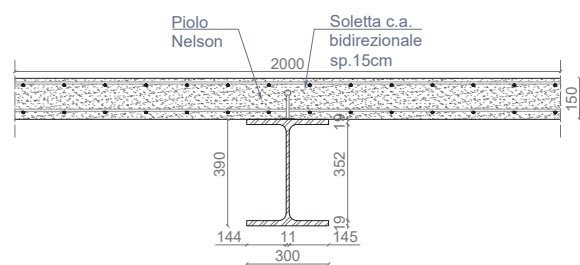
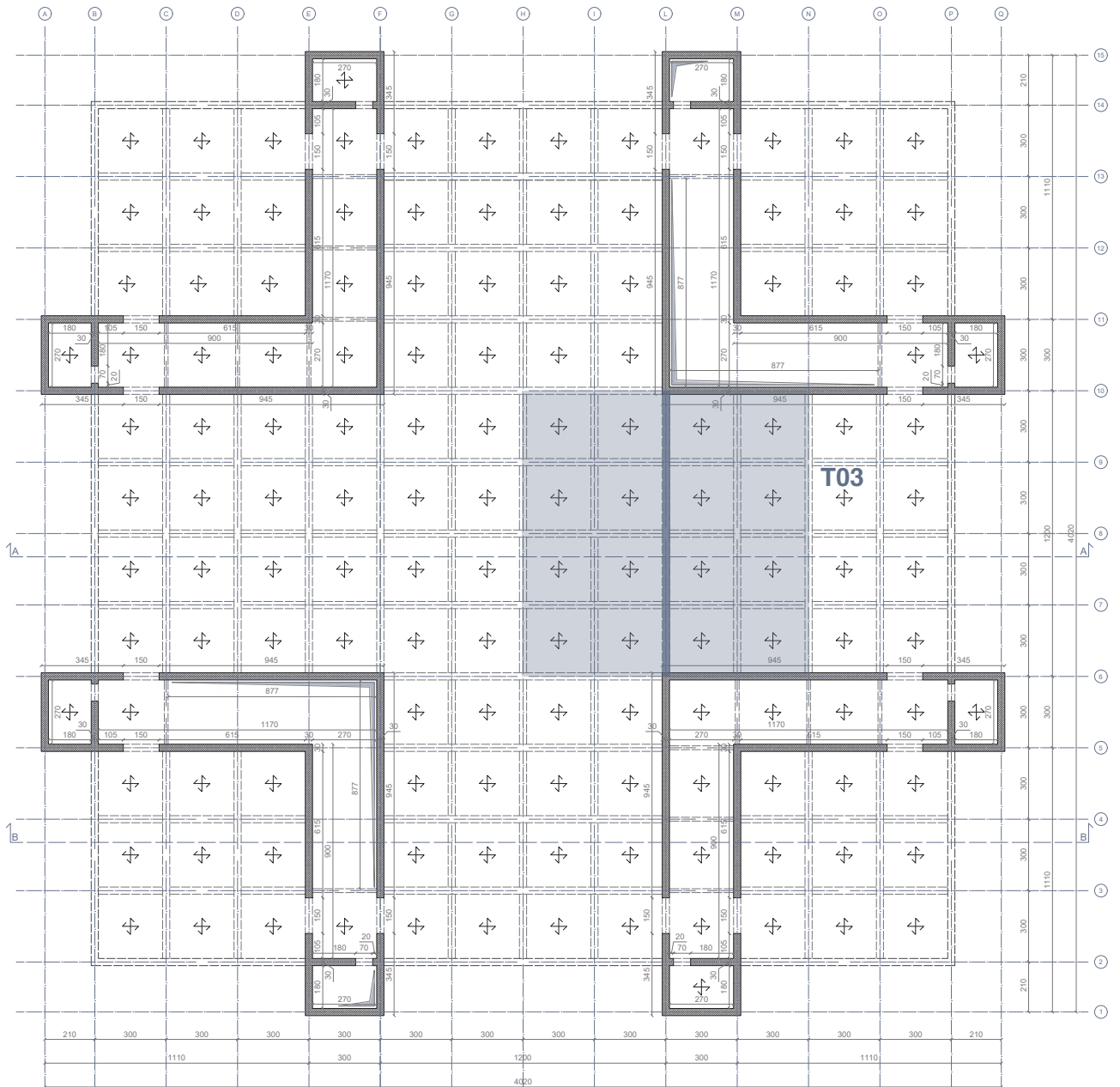


Fig. 4.3.1. - Definizione della larghezza efficace b_{eff} e delle aliquote b_{e1} e b_{e2}



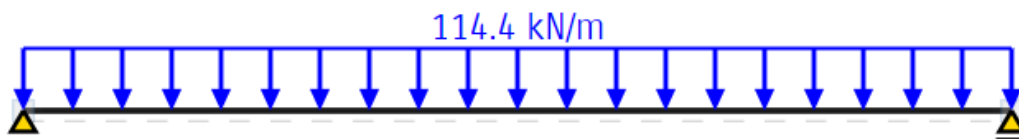
Sezione calcolata [mm]

T03 - Trave piano primo (anello)



Pianta strutturale piano primo [cm]

Area di influenza



Schema statico (appoggio-appoggio)

T03 - Trave piano primo (anello)

CARICHI AGENTI SULLA STRUTTURA

G_1	4,27 KN/mq
G_2	3,23 KN/mq
Q_{Folla}	5,00 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI

S.L.U.	$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	17,90 KN/mq
S.L.E. RARA	$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	12,50 KN/mq
S.L.E. FREQUENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	11,00 KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	10,50 KN/mq

LUNGHEZZA DI INFLUENZA

6,00 m

LUCE TRAVE

12,00 m

CARICO q (+5% P.P. TRAVE)

q_{SLU}	114,36 KN/m
$q_{SLE,RARA}$	79,88 KN/m
$q_{SLE,FREQ}$	70,29 KN/m
$q_{SLE,QPER}$	67,10 KN/m

PROGETTO A DEFORMAZIONE

$$v_{MAX} = 5 * q_{SLE,RARA} * L^4 / (384 * E_s * I_y)$$

$$v_{MAX} = L / 350 \quad 0,03 \text{ m}$$

$$c = 5 * q_{SLE,RARA} * L^4 / (384 * E_s) \quad 10269642,86$$

$$I_y > c * 350 / L \quad 299531,3 \text{ cm}^4$$

PROFILO SCELTO

HEM 700

A_p	383 cm ²
W_y	9197,7 cm ³
I_y	329278 cm ⁴
A_{vz}	169,82 cm ²
Peso	3,007 KN/m

ACCIAIO

	f_{yk}	f_{yd}	
S235	235	223,81	Mpa
S275	275	261,90	Mpa
S355	355	338,10	Mpa
Es	210000	Mpa	

VERIFICA A FLESSIONE

Appoggio - Appoggio

$N_{ed,SLU}$	0 KN
$M_{ed,SLU}$	2058,40 KNm
$V_{ed,SLU}$	686,13 KN

$$M_{max} = q * L^2 / 8$$

$$V_{max} = q * L / 2$$

$M_{rd} = W_y * f_{yd}$	2408,92 KNm
M_{ed} / M_{rd}	0,85 < 1

VERIFICA A TAGLIO

$V_{rd} = A_{vz} * f_{yd} / 3^{0,5}$	2567,86 KN
V_{ed} / V_{rd}	0,27 < 1

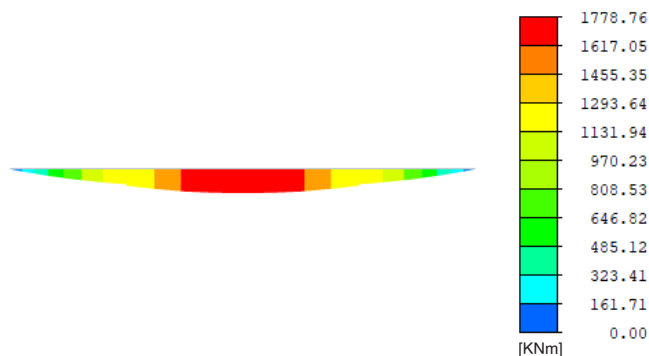
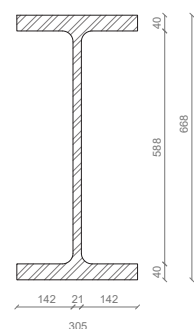
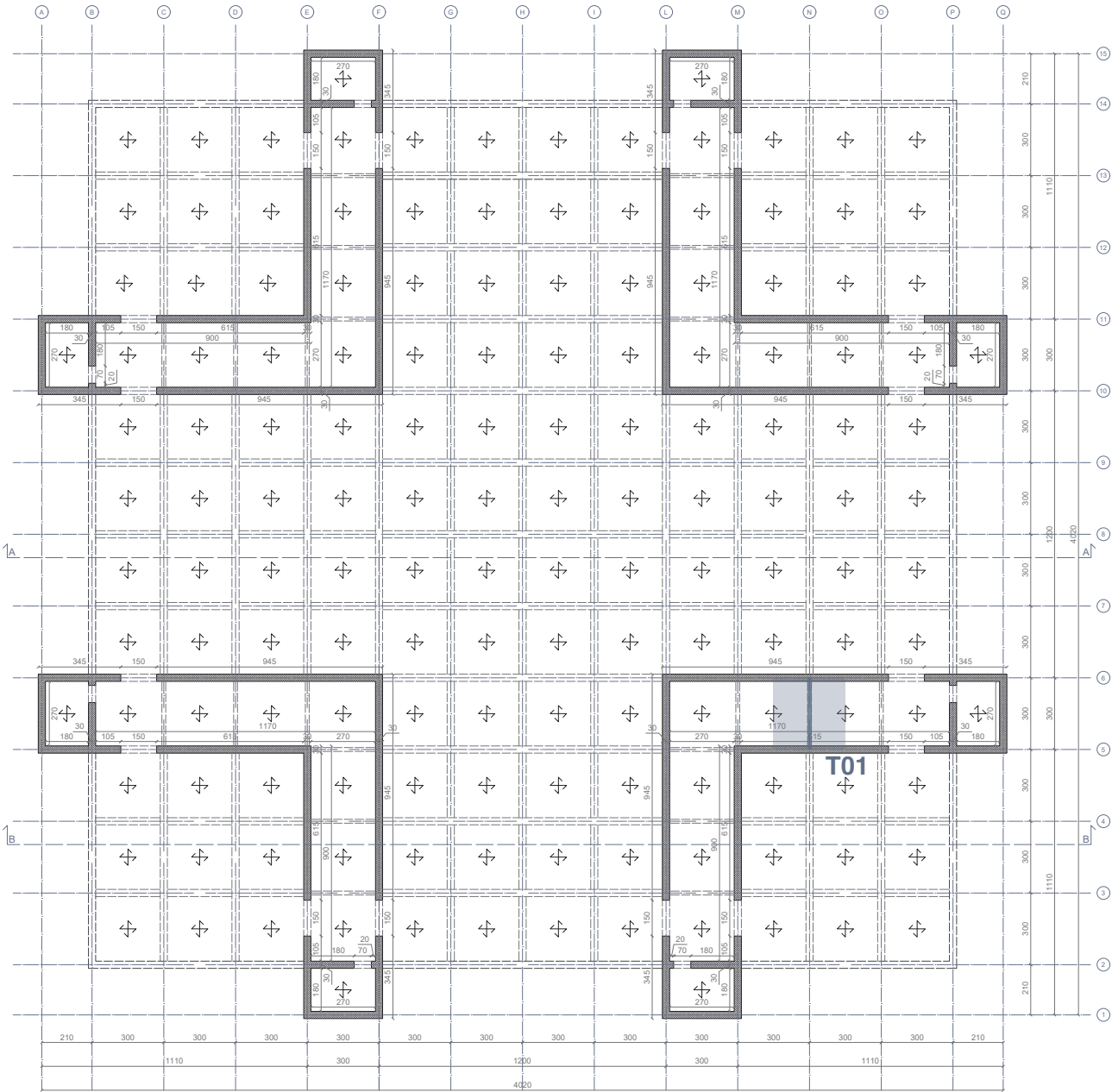


Diagramma del momento (Midas)

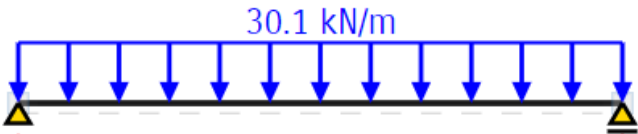


Sezione calcolata [mm]

T01 - Trave di copertura (setti)



Pianta strutturale piano copertura [cm] ■ Area di influenza



Schema statico (appoggio-appoggio)

T01 - Trave di copertura (setti)

CARICHI AGENTI SULLA STRUTTURA

G_1	3,75 KN/mq
G_2	2,30 KN/mq
$q_{\text{manutenzione}}$	0,50 KN/mq
q_{Neve}	0,45 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI

Considero la condizione con 100% manutenzione

S.L.U.	$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	9,41 KN/mq
S.L.E. RARA	$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	6,78 KN/mq
S.L.E. FREQUENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	6,14 KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	6,05 KN/mq

LUNGHEZZA DI INFLUENZA

3,00 m

LUCE TRAVE

3,00 m

CARICO q (+5% P.P. TRAVE)

q_{SLU}	30,07 KN/m
$q_{\text{SLE,RARA}}$	21,65 KN/m
$q_{\text{SLE,FREQ}}$	19,62 KN/m
$q_{\text{SLE,QPER}}$	19,33 KN/m

PROGETTO A FLESSIONE

Appoggio - Appoggio

$N_{\text{ed,SLU}}$	0 KN	
$M_{\text{ed,SLU}}$	33,83 KNm	$M_{\text{max}} = q * L^2 / 8$
$V_{\text{ed,SLU}}$	45,11 KN	$V_{\text{max}} = q * L / 2$

b_0 (Considero solo un connettore)	0 cm
$b_{e1} = b_{e2} = L_e / (8 * i)$	25 cm
$b_{\text{eff}} = b_0 + b_{e1} + b_{e2}$	50 cm
$F_c = 0,8 * f_{cd} * b_{\text{eff}} * h_c$	952000 N
$A_p = F_c / f_{yd}$	3634,91 mm ²

PROFILO SCELTO	HEA160	A_p	38,8 cm ²
		W_y	220,1 cm ³
		I_y	1673 cm ⁴
		A_{vz}	13,21 cm ²
		Peso	0,388 KN/m
		H_p	152 mm

$M_{rd} \approx F_s * (h_p / 2 + 0,6 * h_c) > M_{ed}$	168,69 KNm
M_{ed} / M_{rd}	0,20 < 1

VERIFICA A TAGLIO

La resistenza a taglio verticale è affidata interamente alla trave metallica

$V_{rd} = A_{vz} * f_{yd} / 3^{0,5}$	199,75 KN
V_{ed} / V_{rd}	0,23 < 1

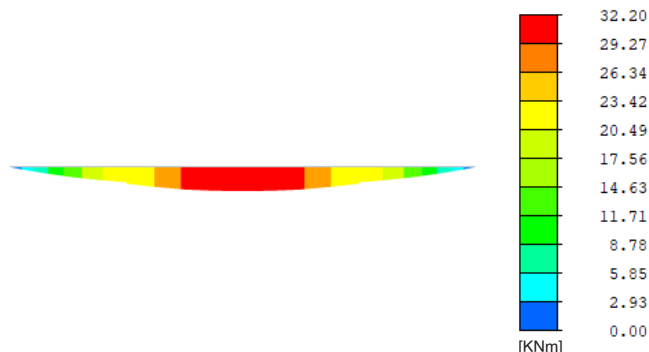


Diagramma del momento (Midas)

ACCIAIO	f_{yk}	f_{yd}	
S235	235	223,81	Mpa
S275	275	261,90	Mpa
S355	355	338,10	Mpa
Es	210000		Mpa

CLS	f_{ck}	f_{cd}	
C25/30	25	14,17	Mpa
C28/35	28	15,87	Mpa
C30/37	30	17,00	Mpa
C32/40	32	18,13	Mpa
C35/45	35	19,83	Mpa

GEOMETRIE SOLETTA

L_e	300 cm
i	150 cm
h_c	15 cm

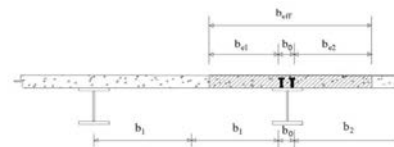
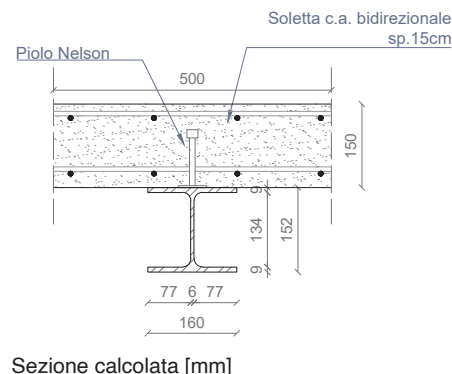
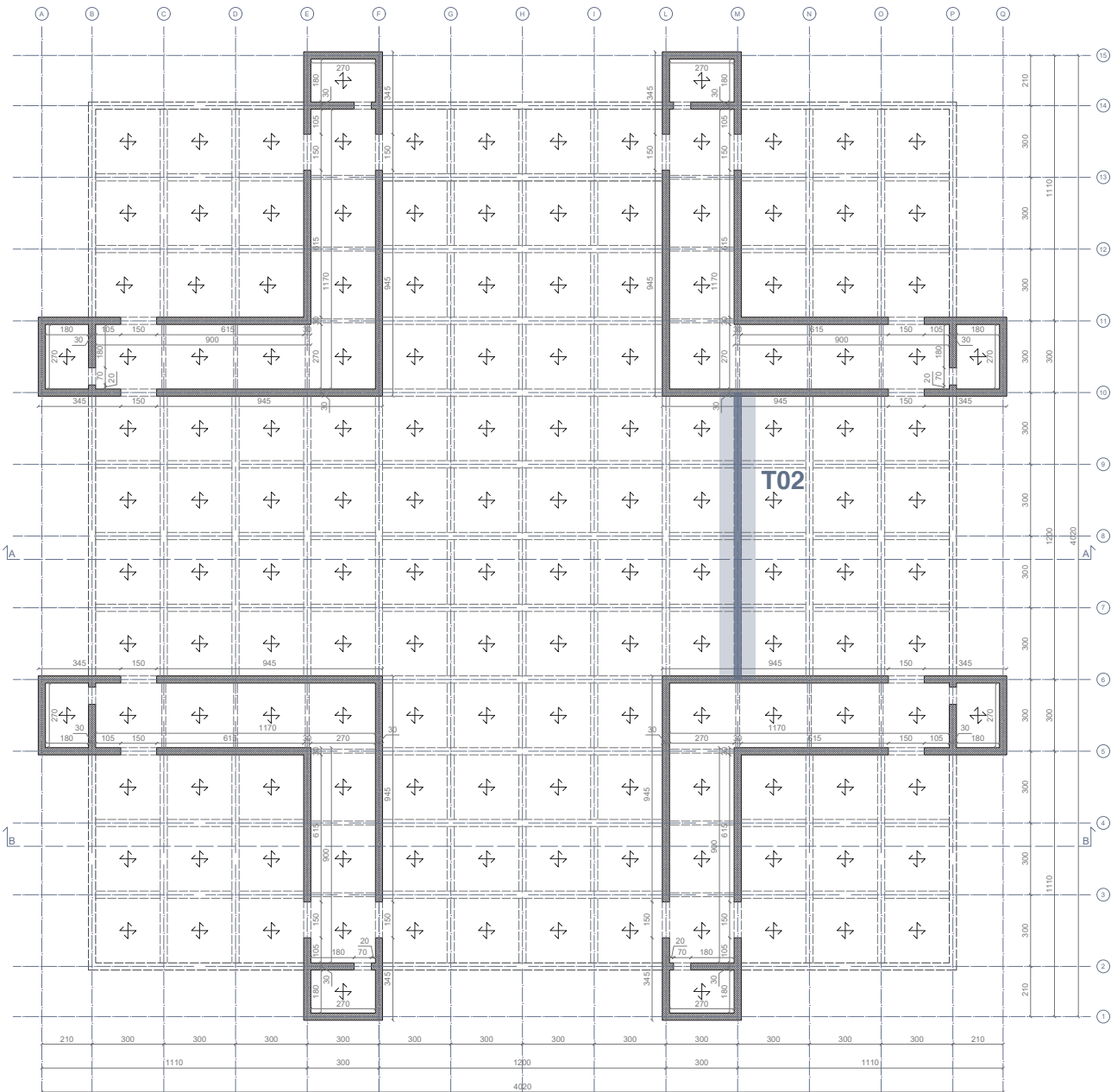


Fig. 4.3.1 - Definizione della larghezza efficace b_{eff} e delle aliquote b_{e1}



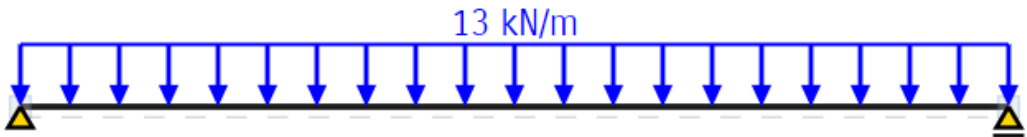
Sezione calcolata [mm]

T02 - Trave di copertura (cassettonato)



Pianta strutturale piano copertura [cm]

Area di influenza



Schema statico (appoggio-appoggio)

T02 - Trave di copertura (cassettonato)

CARICHI AGENTI SULLA STRUTTURA

G_1	3,75 KN/mq
G_2	1,45 KN/mq
$q_{\text{Manutenzione}}$	0,50 KN/mq
q_{Neve}	0,45 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI

Considero la condizione con 100% manutenzione

S.L.U.	$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$	8,14 KN/mq
S.L.E. RARA	$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$	5,93 KN/mq
S.L.E. FREQUENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$	5,29 KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$	5,20 KN/mq

LUNGHEZZA DI INFLUENZA

1,50 m

LUCE TRAVE

12,00 m

CARICO q (+5% P.P. TRAVE)

q_{SLU}	13,00 KN/m
$q_{\text{SLE,RARA}}$	9,47 KN/m
$q_{\text{SLE,FREQ}}$	8,45 KN/m
$q_{\text{SLE,QPER}}$	8,31 KN/m

PROGETTO A FLESSIONE

Appoggio - Appoggio

$N_{\text{ed,SLU}}$	0 KN	
$M_{\text{ed,SLU}}$	233,99 KNm	$M_{\text{max}} = q \cdot L^2 / 8$
$V_{\text{ed,SLU}}$	78,00 KN	$V_{\text{max}} = q \cdot L / 2$

b_0 (Considero solo un connettore)	0 cm
$b_{e1} = b_{e2} = L_e / (8 \cdot i)$	100 cm
$b_{\text{eff}} = b_0 + b_{e1} + b_{e2}$	200 cm
$F_c = 0,8 \cdot f_{cd} \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_c$	3808000 N
$A_p = F_c / f_{yd}$	145,40 cm ²

PROFILO SCELTO	HEA400	A_p	159 cm ²
		W_y	2311,2 cm ³
		I_y	45069,4 cm ⁴
		A_{vz}	57,33 cm ²
		Peso	1,248 KN/m
		h_p	390 mm

$M_{rd} \approx F_s \cdot (h_p / 2 + 0,6 \cdot h_c) > M_{\text{ed}}$	1186,82 KNm
M_{ed} / M_{rd}	0,20 < 1

VERIFICA A TAGLIO

La resistenza a taglio verticale è affidata interamente alla trave metallica

$V_{rd} = A_{vz} \cdot f_{yd} / 3^{0,5}$	866,89 KN
V_{ed} / V_{rd}	0,09 < 1

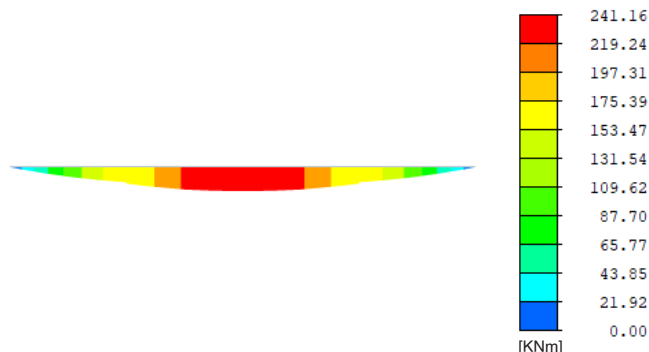


Diagramma del momento (Midas)

ACCIAIO	f_{yk}	f_{yd}	
S235	235	223,81	Mpa
S275	275	261,90	Mpa
S355	355	338,10	Mpa
Es	210000		Mpa

CLS	f_{ck}	f_{cd}	
C25/30	25	14,17	Mpa
C28/35	28	15,87	Mpa
C30/37	30	17,00	Mpa
C32/40	32	18,13	Mpa
C35/45	35	19,83	Mpa

GEOMETRIE SOLETTA

L_e	1200 cm
i	150 cm
h_c	15 cm

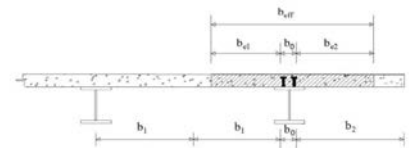
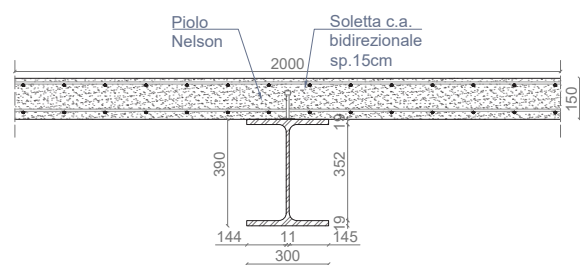
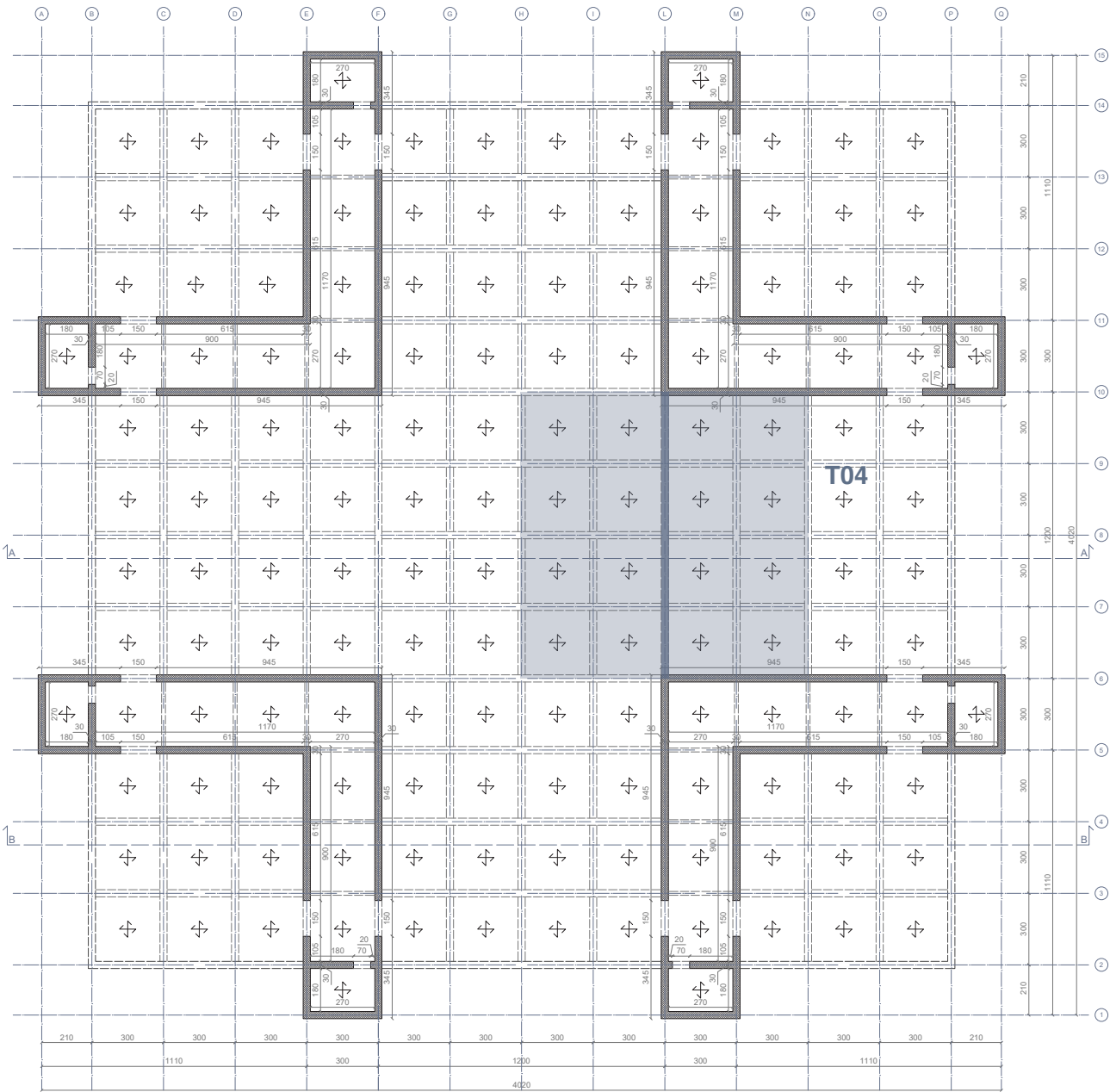


Fig. 4.3.1. - Definizione della larghezza efficace b_{eff} e delle aliquote b_{e1}



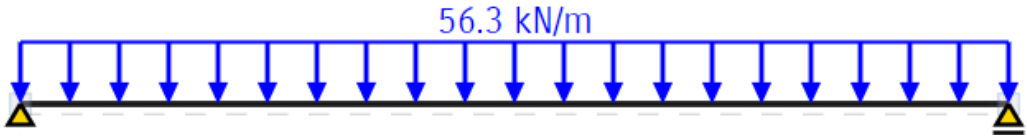
Sezione calcolata [mm]

T04 - Trave di copertura (anello)



Pianta strutturale piano copertura [cm]

Area di influenza



Schema statico (appoggio-appoggio)

T04 - Trave di copertura (anello)

CARICHI AGENTI SULLA STRUTTURA

G_1	4,27 KN/mq
G_2	1,45 KN/mq
$q_{manutenzione}$	0,50 KN/mq
q_{Neve}	0,45 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI

Considero la condizione con 100% manutenzione

S.L.U.	$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$	8,81 KN/mq
S.L.E. RARA	$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$	6,45 KN/mq
S.L.E. FREQUENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$	5,81 KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$	5,72 KN/mq

LUNGHEZZA DI INFLUENZA

6 m

LUCE TRAVE

12 m

CARICO q (+5% P.P. TRAVE)

q_{SLU}	56,32 KN/m
$q_{SLE,RARA}$	41,18 KN/m
$q_{SLE,FREQ}$	37,13 KN/m
$q_{SLE,QPER}$	36,55 KN/m

PROGETTO A DEFORMAZIONE

$$v_{MAX} = 5 \cdot q_{SLE,RARA} \cdot L^4 / (384 \cdot E_s \cdot I_y)$$

$$v_{MAX} = L/300 \quad 0,04 \text{ m}$$

$$c = 5 \cdot q_{SLE,RARA} \cdot L^4 / (384 \cdot E_s) \quad 5295027,86$$

$$I_y > c \cdot 300/L \quad 132375,7 \text{ cm}^4$$

PROFILO SCELTO

HEB 550

A_p	254,1 cm ²
W_y	4970,6 cm ³
I_y	136690,8 cm ⁴
A_{vz}	100,07 cm ²
Peso	1,994 KN/m

ACCIAIO	f_{yk}	f_{yd}	
S235	235	223,81	Mpa
S275	275	261,90	Mpa
S355	355	338,10	Mpa
Es	210000	Mpa	

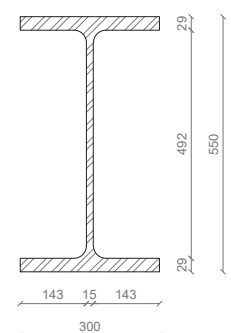
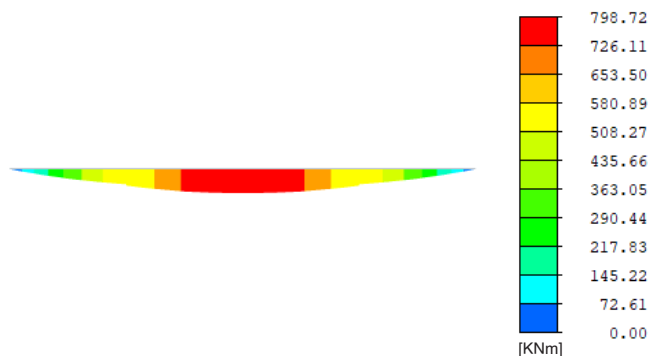
VERIFICA A FLESSIONE

Appoggio - Appoggio

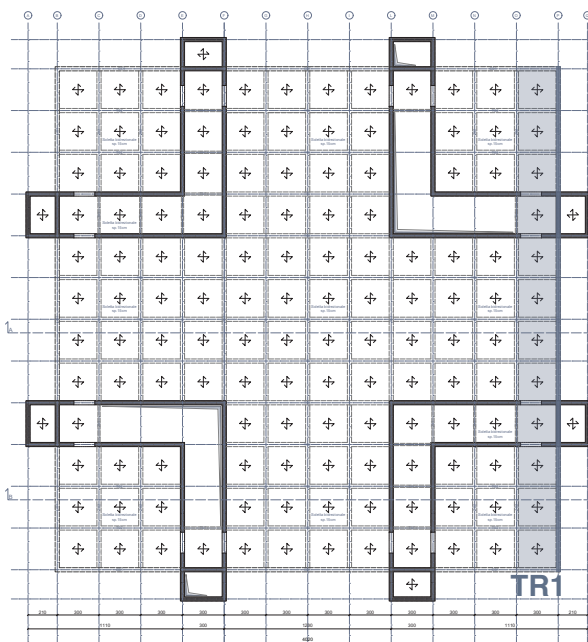
$N_{ed,SLU}$	0 KN	
$M_{ed,SLU}$	1013,73 KNm	$M_{max} = q \cdot L^2 / 8$
$V_{ed,SLU}$	337,91 KN	$V_{max} = q \cdot L / 2$
$M_{rd} = W_y \cdot f_{yd}$	1301,82 KNm	
M_{ed}/M_{rd}	0,78 < 1	

VERIFICA A TAGLIO

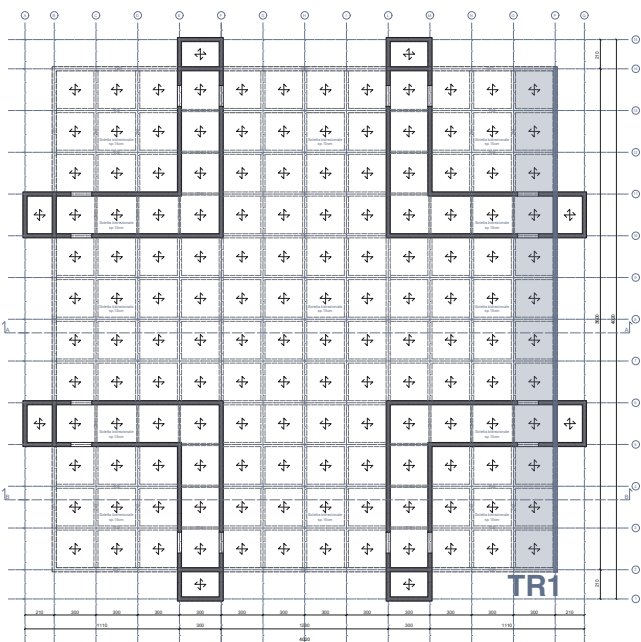
$V_{rd} = A_{vz} \cdot f_{yd} / 3^{0,5}$	1513,17 KN
V_{ed}/V_{rd}	0,22 < 1



TR1 - Trave Warren

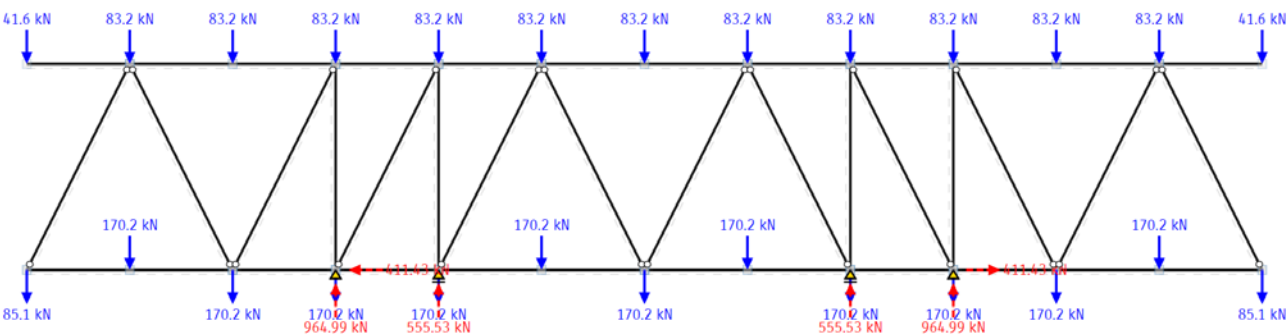


Pianta strutturale piano primo [cm]



Pianta strutturale piano copertura [cm]

Area di influenza



Schema statico trave Warren

TR1 - Trave Warren

CARICHI AGENTI P1

G_1	4,17 KN/mq
G_2	3,23 KN/mq
Q_{Folla}	5,00 KN/mq

CARICHI AGENTI P2

G_1	4,17 KN/mq
G_2	1,45 KN/mq
$q_{\text{manutenzione}}$	0,50 KN/mq
q_{Neve}	0,45 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI P1

S.L.U. $\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	17,76 KN/mq
S.L.E. RARA $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	12,40 KN/mq
S.L.E. FREQUENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	10,90 KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	10,40 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI P2

Considero la condizione con 100% manutenzione

S.L.U. $\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	8,68 KN/mq
S.L.E. RARA $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	6,34 KN/mq
S.L.E. FREQUENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	5,71 KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	5,62 KN/mq

AREA DI INFLUENZA NODO CENTRALE

9,00 mq

AREA DI INFLUENZA NODO LATERALE

4,50 mq

CARICO P NODO CENTRALE (+5% P.P. TRAVE)

	P1	P2
P_{SLU}	170,24 KN	83,18 KN
$P_{\text{SLE,RARA}}$	118,82 KN	60,78 KN
$P_{\text{SLE,FREQ}}$	104,44 KN	54,69 KN
$P_{\text{SLE,QPER}}$	99,65 KN	53,83 KN

CARICO P NODO LATERALE (+5% P.P. TRAVE)

	P1	P2
P_{SLU}	85,12 KN	41,59 KN
$P_{\text{SLE,RARA}}$	59,41 KN	30,39 KN
$P_{\text{SLE,FREQ}}$	52,22 KN	27,35 KN
$P_{\text{SLE,QUPE}}$	49,82 KN	25,27 KN

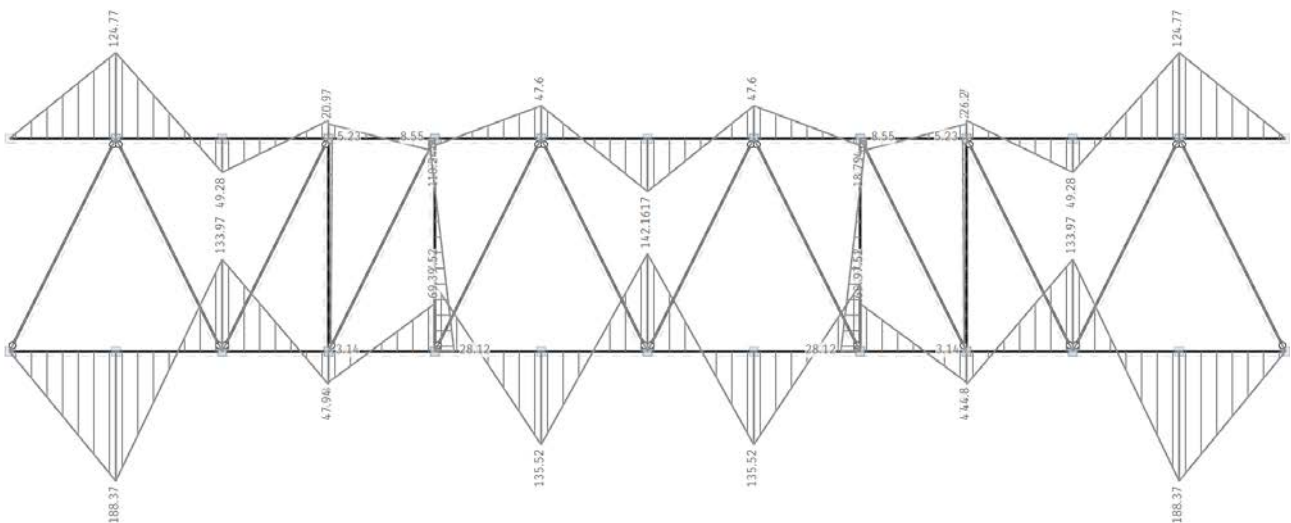


Diagramma del momento [KNm]

TR1 - Trave Warren

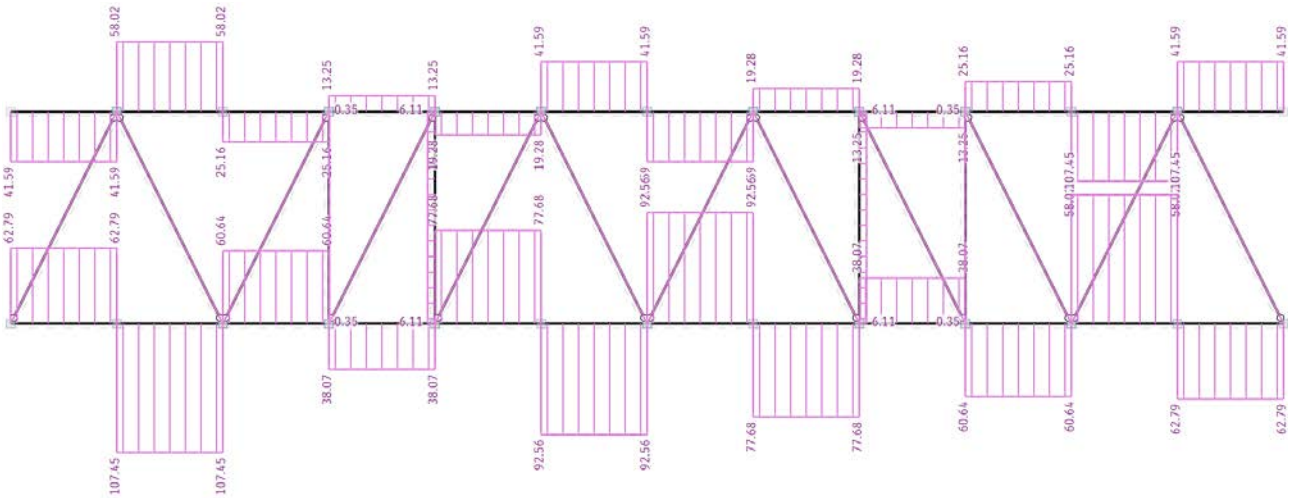


Diagramma del taglio [KN]

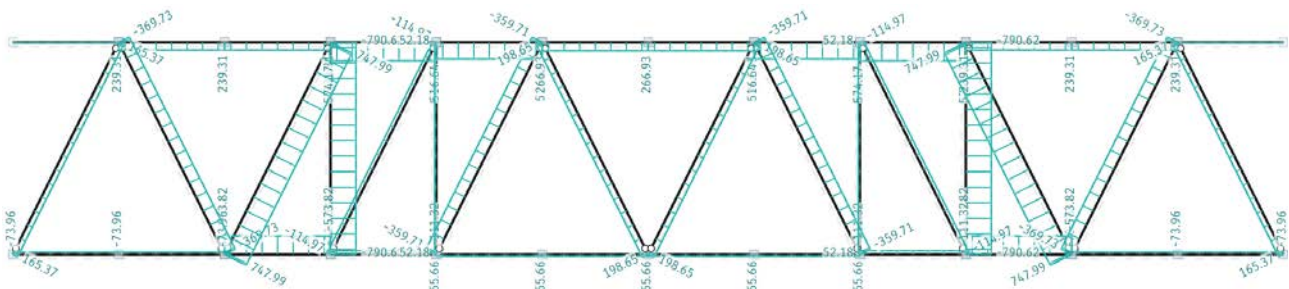


Diagramma delle azioni assiali [KN]

DIAGONALI

LUNGHEZZA ELEMENTO 670 cm

PROGETTO A TRAZIONE

Vedi diagrammi da Strian

$N_{ed,SLU}$ 747,99 kN
 $M_{ed,SLU}$ 0,00 kNm
 $V_{ed,SLU}$ 0,00 kN

$A_p = N_{ed}/f_{yd}$ 28,56 cm²

ACCIAIO	f_{yk}	f_{yd}	
S235	235	223,81	Mpa
S275	275	261,90	Mpa
S355	355	338,10	Mpa
Es	210000		Mpa

PROFILO SCELTO HEA 140

A_p	31,4 cm ²
W_y	155,4 cm ³
I_y	1033,1 cm ⁴
A_{vz}	10,12 cm ²
Peso	0,247 kN/m

PROGETTO A INSTABILITA'

Progetto secondo asse debole

Vedi diagrammi da Strian

$N_{ed,SLU}$ 369,73 kN
 $M_{ed,SLU}$ 0,00 kNm
 $V_{ed,SLU}$ 0,00 kN

Impongo snellezza max $\rightarrow \lambda_z = \beta \cdot L / i_z$ 100,00
 β 1 Cerniera - cerniera
 $i_z = \beta \cdot L / \lambda_z$ 6,70 cm

TR1 - Trave Warren

PROFILO SCELTO	HEA 280	A_p	97,3 cm ²
		h	270 mm
		b	280 mm
		t_f	13 mm
		I_z	4762,64 cm ⁴
		i_z	7,00 cm

h/b	0,96
Curva di instabilità z-z	c
Fattore di imperfezione α	0,49

$N_{cr,eu,z} = \pi^2 * E_s * I_z / L^2$	2196,73 KN
$\lambda'_z = (A_p * f_{yk} / N_{cr,eu,z})^{0,5}$	1,104
$\phi_z = 0,5 * [1 + \alpha_z * (\lambda'_z - 0,2) + \lambda'^2_z]$	1,33
$\chi_z = 1 / (\phi_z + (\phi_z^2 - \lambda'^2_z)^{0,5})$	0,48
$N_{b,rd} = A_p * f_{yd} * \chi_z$	1229,07 KNm
$N_{ed,SLU} / N_{b,rd}$	0,30 < 1

A seguito sia della progettazione a trazione che a instabilità a compressione il profilo scelto per gli elementi diagonali è: HEA 280
Per motivi architettonici, il profilo scelto è: HEA 340

CORRENTI

PROGETTO A FLESSIONE

Vedi diagrammi da Strian

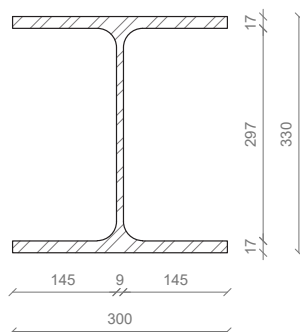
$N_{ed,SLU}$	73,96 KN
$M_{ed,SLU}$	188,37 KNm
$V_{ed,SLU}$	107,45 KN
$W_y = M_{ed} / f_{yd}$	719,23 cm ³

PROFILO SCELTO	HEA 260	A_p	86,4 cm ²
		W_y	836,4 cm ³
		I_y	10454,9 cm ⁴
		A_{vz}	28,76 cm ²
		Peso	0,682 KN/m

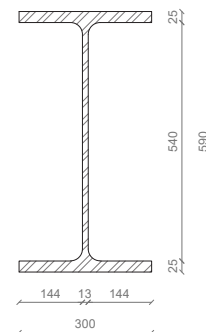
VERIFICA RESISTENZA

$\sigma_{x,ass} = N_{ed} / A_p$	8,56 Mpa
$\sigma_{x,mom} = M_{ed} / W_y$	225,22 Mpa
$\sigma_{id,v} = 3 * \tau = 3^{0,5} * V_{ed} / A_{vz}$	64,71 Mpa
Formula di Von Mises -> $\sigma_{id} = [(\sigma_x)^2 + (3 * \tau)^2]^{0,5}$	242,57 Mpa
σ_{id} / f_{yd}	0,93 < 1

Per motivi architettonici, il profilo scelto è: HEA 600

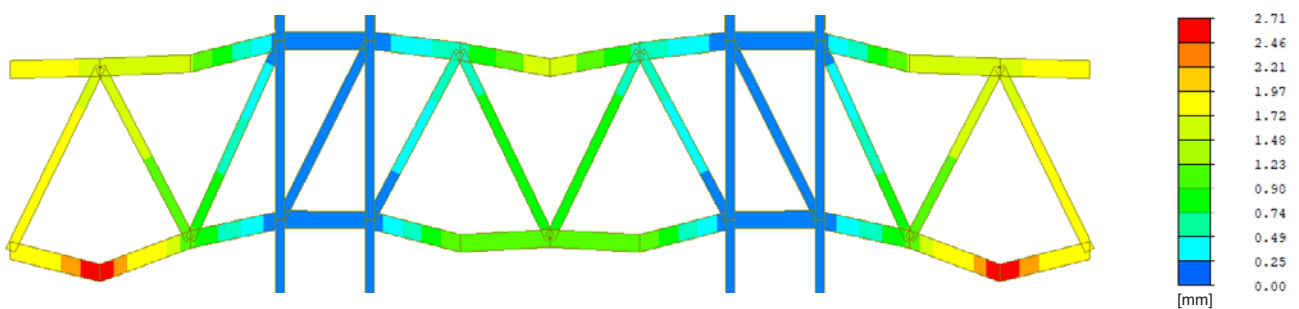
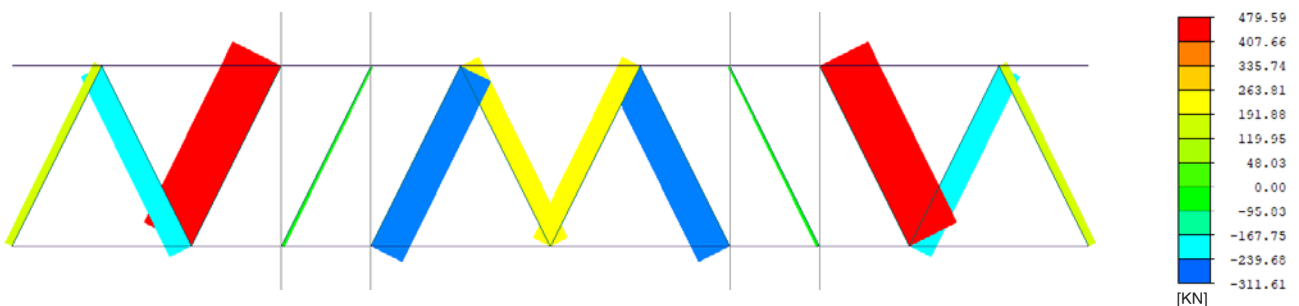
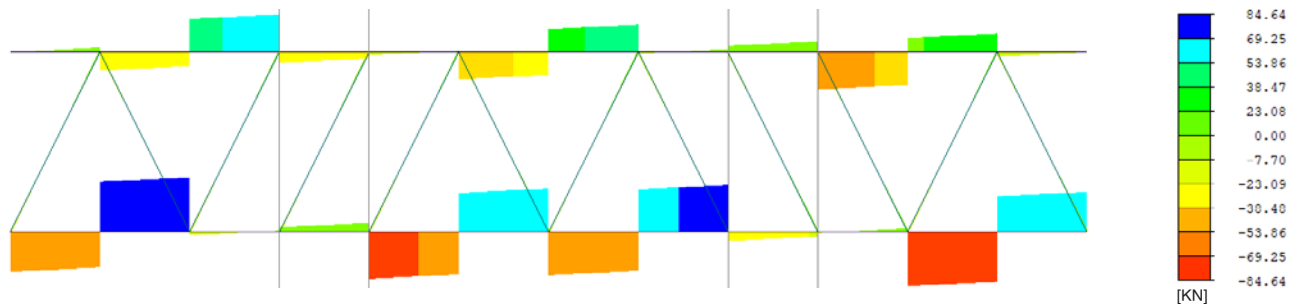
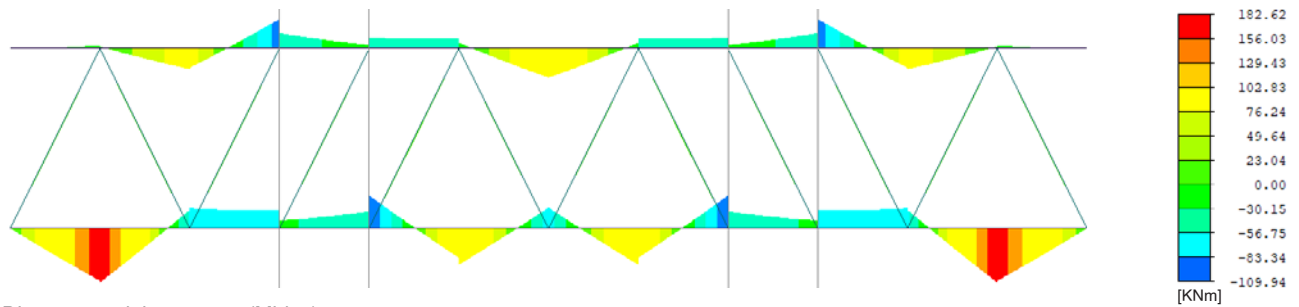


Sezione calcolata (diagonali D01) [mm]



Sezione calcolata (correnti TR1) [mm]

TR1 - Trave Warren



Comparando le azioni interne calcolate attraverso Strian con le azioni interne risultanti dal calcolo di Midas, ci si rende conto che le semplificazioni adottate non compromettono la progettazione in quanto non producono sostanziali variazioni. L'unica differenza è che alcuni valori risultanti da Midas risultano più ridotti rispetto a quelli di Strian in quanto, quest'ultimo, si comporta come un telaio bidirezionale e non tridimensionale come il modello Midas. Ad esempio, il momento sul corrente superiore della trave Warren è più piccolo su Midas in quanto sul software Strian risulta una mensola mentre, in realtà, la stessa mensola è vincolata alla medesima del telaio ortogonale. Si possono, dunque, considerare i pre-dimensionamenti validi in quanto il comportamento strutturale rispecchia quello ipotizzato inizialmente perchè si utilizzano i valori a favore di sicurezza (più grandi).

Verifiche sezioni composte

La verifica delle sezioni composte è stata eseguita con il software Profili_v6.

Tipo di profilo
HE 160 A

Materiali
Tipo Acciaio
S275 (Fe430)

f_y 275 N/mm²
 f_{sk} 450 N/mm²
 f_{ck} 28 N/mm²

Dati Profilo
b1 160 mm
b2 160 mm
tf1 9 mm
tf2 9 mm
h 152 mm
tw 6 mm
r1 15 mm
r2 0 mm
r 0 mm

Tipo di soletta
☒ Piena
☐ Grecata trasv.
☐ Grecata paral.

Dati soletta
h_e 150 mm
b_{eff} 500 mm
A_s 166.6 mm²
h'_s 40 mm

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

SLU
M_{pl,Rd} 170.0 kNm V₁ 1.015 kN
M_{apl,Rd} 64.19 kNm y_n 119.8 mm
M_{Sd} 61.90 kNm

Tipo di connessione
☒ A completo ripristino
☐ A parziale ripristino

γ_v 1.25

Schema statico della trave
Momento positivo

Dati
f_u 450 N/mm² h 100 [mm] ?
d 19 [mm] Nr 1
L 3 [m]

Risultati
P_{Rd} 78.49 [kN] ?
n° 26 connettori
Passo i 120 [mm]

Verifica trave T01 (piano copertura) e progettazione connettori

Tipo di profilo
HE 160 A

Materiali
Tipo Acciaio
S275 (Fe430)

f_y 275 N/mm²
 f_{sk} 450 N/mm²
 f_{ck} 28 N/mm²

Dati Profilo
b1 160 mm
b2 160 mm
tf1 9 mm
tf2 9 mm
h 152 mm
tw 6 mm
r1 15 mm
r2 0 mm
r 0 mm

Tipo di soletta
☒ Piena
☐ Grecata trasv.
☐ Grecata paral.

Dati soletta
h_e 150 mm
b_{eff} 500 mm
A_s 66.66 mm²
h'_s 40 mm

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

SLU
M_{pl,Rd} 170.0 kNm V₁ 1.015 kN
M_{apl,Rd} 64.19 kNm y_n 119.8 mm
M_{Sd} 234.0 kNm

Tipo di connessione
☒ A completo ripristino
☐ A parziale ripristino

γ_v 1.25

Schema statico della trave
Momento positivo

Dati
f_u 450 N/mm² h 100 [mm] ?
d 19 [mm] Nr 1
L 3 [m]

Risultati
P_{Rd} 78.49 [kN] ?
n° 26 connettori
Passo i 120 [mm]

Verifica trave T01 (piano primo) e progettazione connettori

Tipo di profilo
HE 400 A

Materiali
Tipo Acciaio
S275 (Fe430)

f_y 275 N/mm²
 f_{sk} 450 N/mm²
 f_{ck} 28 N/mm²

Dati Profilo
b1 300 mm
b2 300 mm
tf1 19 mm
tf2 19 mm
h 390 mm
tw 11 mm
r1 27 mm
r2 0 mm
r 0 mm

Tipo di soletta
☒ Piena
☐ Grecata trasv.
☐ Grecata paral.

Dati soletta
h_e 150 mm
b_{eff} 2000 mm
A_s 66.66 mm²
h'_s 40 mm

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

SLU
M_{pl,Rd} 1.186 kNm V₁ 4.164 kN
M_{apl,Rd} 671.0 kNm y_n 123.0 mm
M_{Sd} 234.0 kNm

Tipo di connessione
☒ A completo ripristino
☐ A parziale ripristino

γ_v 1.25

Schema statico della trave
Momento positivo

Dati
f_u 450 N/mm² h 100 [mm] ?
d 19 [mm] Nr 1
L 12 [m]

Risultati
P_{Rd} 78.49 [kN] ?
n° 108 connettori
Passo i 112 [mm]

Verifica trave T02 (piano copertura) e progettazione connettori

Tipo di profilo
HE 400 A

Materiali
Tipo Acciaio
S275 (Fe430)

f_y 275 N/mm²
 f_{sk} 450 N/mm²
 f_{ck} 28 N/mm²

Dati Profilo
b1 300 mm
b2 300 mm
tf1 19 mm
tf2 19 mm
h 390 mm
tw 11 mm
r1 27 mm
r2 0 mm
r 0 mm

Tipo di soletta
☒ Piena
☐ Grecata trasv.
☐ Grecata paral.

Dati soletta
h_e 150 mm
b_{eff} 2000 mm
A_s 66.66 mm²
h'_s 40 mm

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

SLU
M_{pl,Rd} 1.186 kNm V₁ 4.164 kN
M_{apl,Rd} 671.0 kNm y_n 123.0 mm
M_{Sd} 495.2 kNm

Tipo di connessione
☒ A completo ripristino
☐ A parziale ripristino

γ_v 1.25

Schema statico della trave
Momento positivo

Dati
f_u 450 N/mm² h 100 [mm] ?
d 19 [mm] Nr 1
L 12 [m]

Risultati
P_{Rd} 78.49 [kN] ?
n° 108 connettori
Passo i 112 [mm]

Verifica trave T02 (piano primo) e progettazione connettori

Verifiche Midas

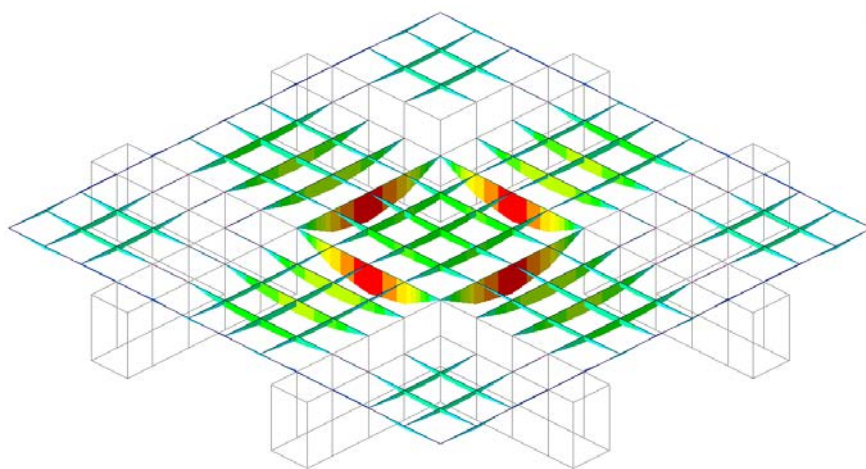


Diagramma del momento a SLU (solaio piano primo)

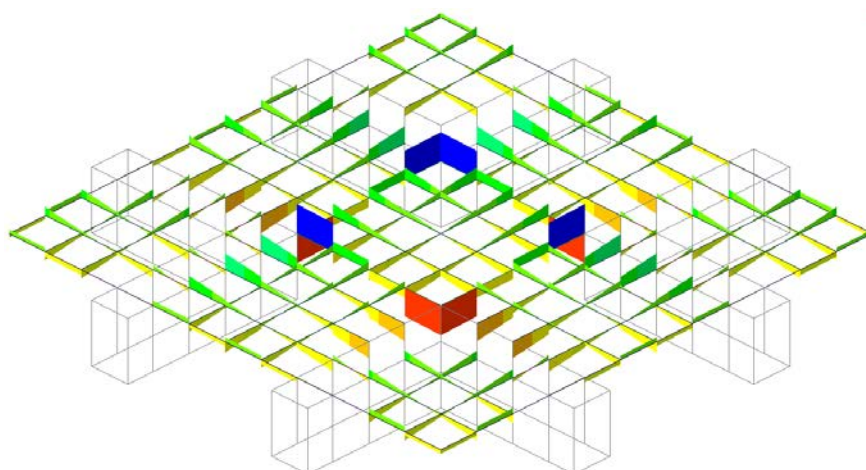
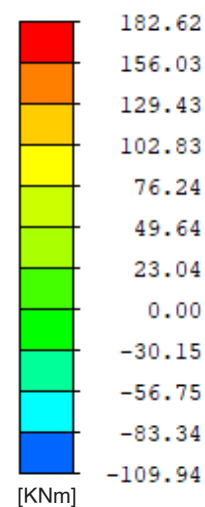


Diagramma del taglio a SLU (solaio piano primo)

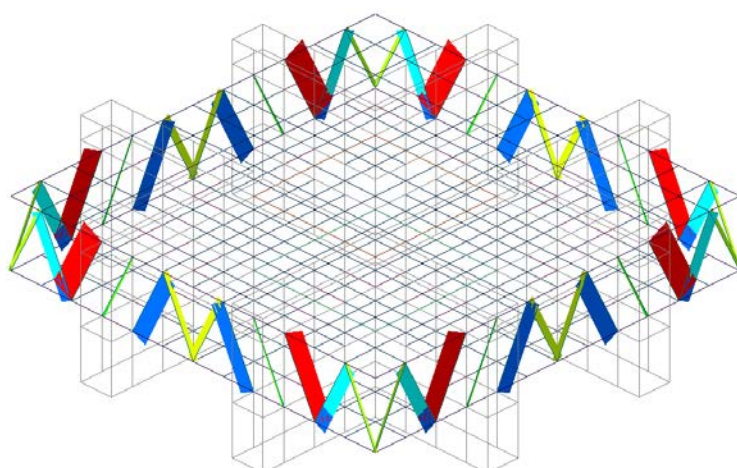
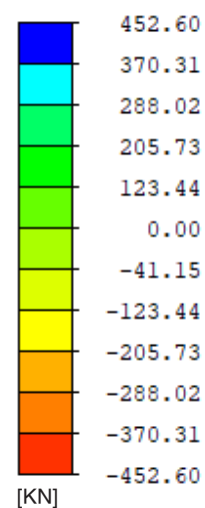
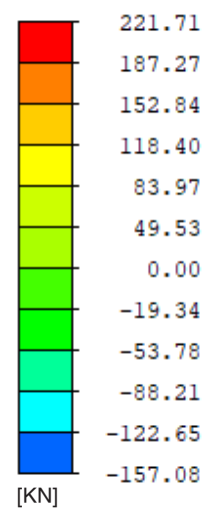


Diagramma azioni assiali a SLU (trave Warren)



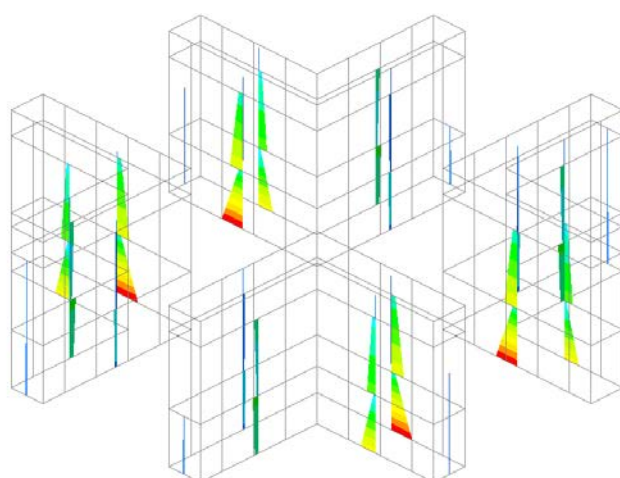


Diagramma del momento a SLV_x (setti)

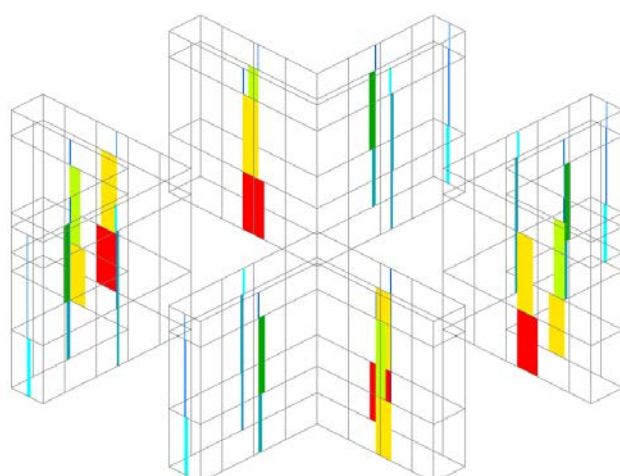
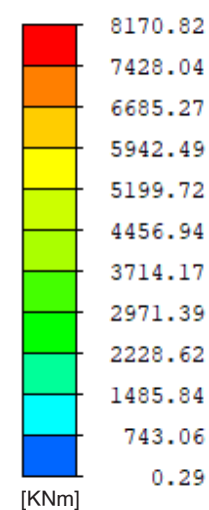
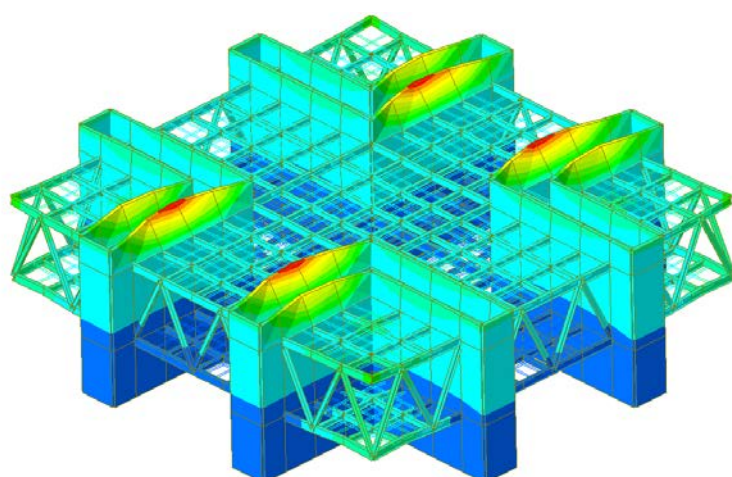
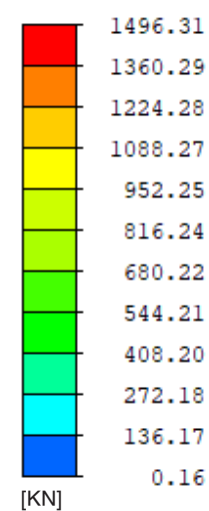
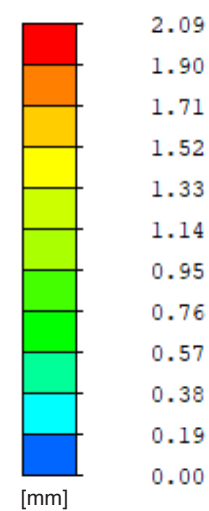


Diagramma del taglio a SLV_x (setti)



Deformazione a SLV_x



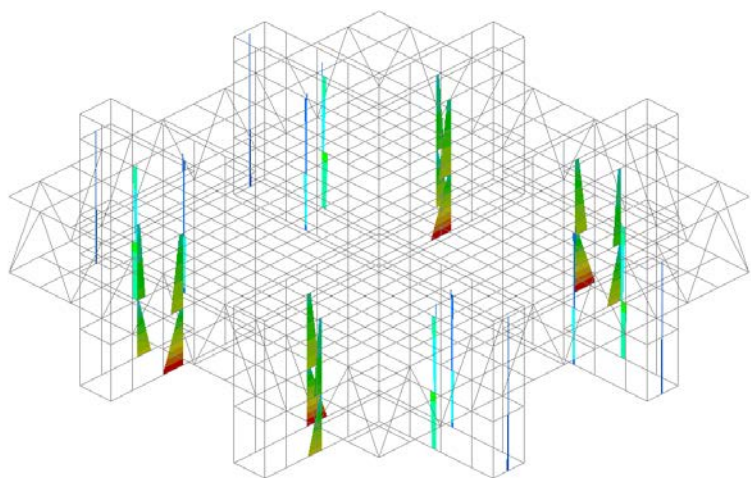


Diagramma del momento a SLV_y (setti)

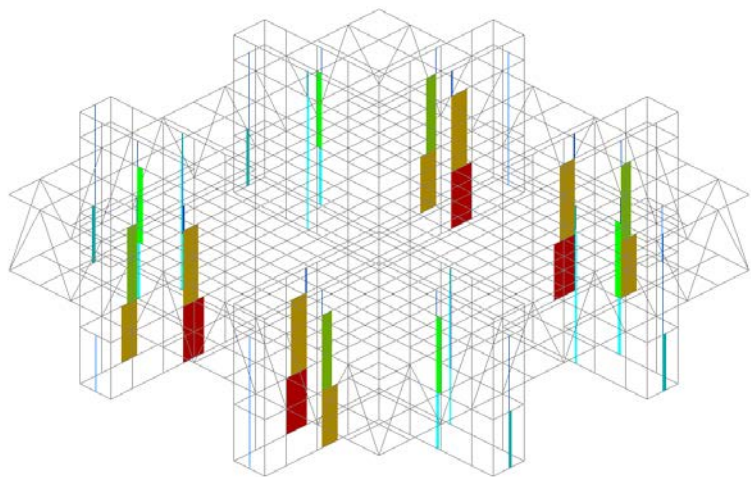
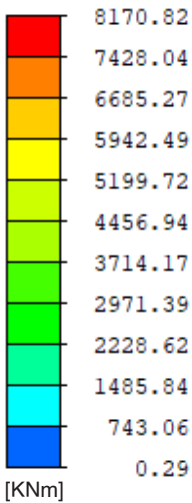
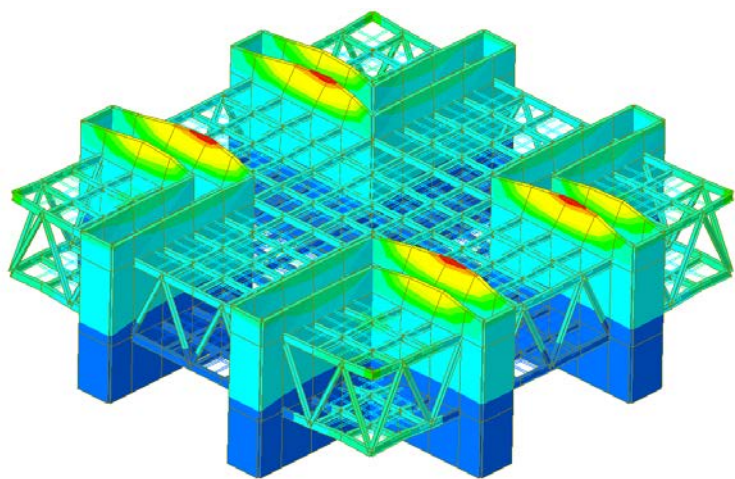
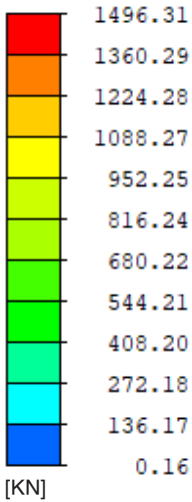
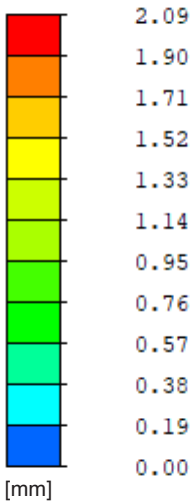
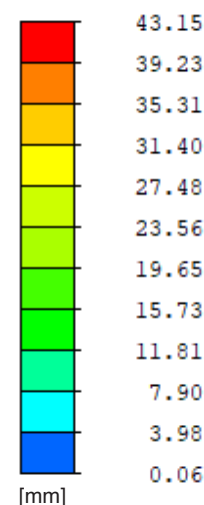
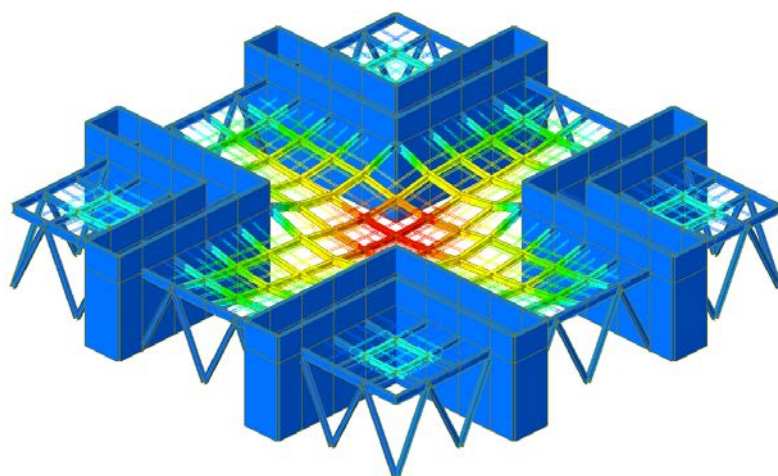


Diagramma del taglio a SLV_y (setti)

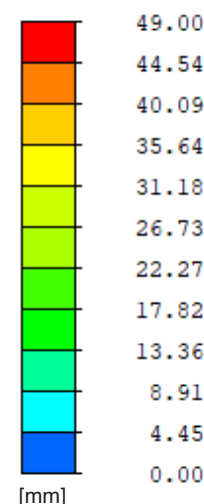
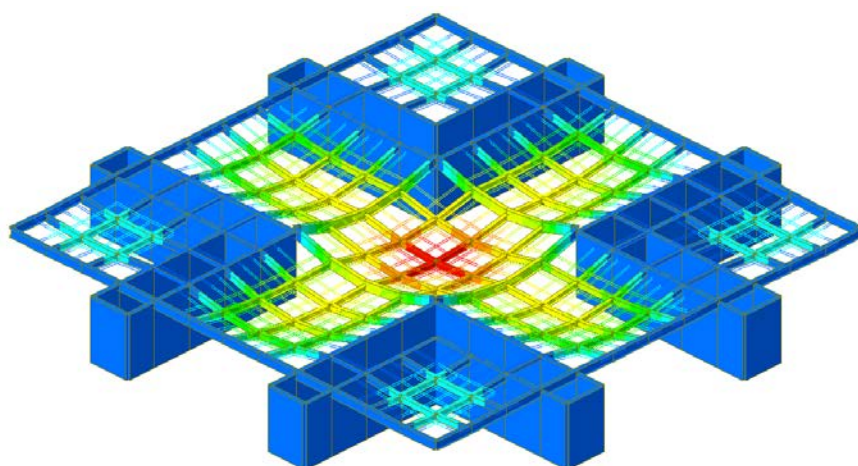


Deformazione a SLV_y





Deformazione a SLE Rara (piano copertura)



Deformazione a SLE Rara (piano primo)

Eurocode3:05 Code Checking Result Dialog						
Code : EC3:05			Unit : kN , m			
Sorted by			<input type="radio"/> Member		<input checked="" type="radio"/> Property	
			Change...		Update...	
CHK	MEMB	SECT	SEL	Section		
	COM	SHR		Material	Fy	
OK	275	1	<input type="checkbox"/>	HEA600		
	0.124	0.057		S275	275000	
OK	482	3	<input type="checkbox"/>	HEM650		
	0.670	0.178		S275	275000	
OK	730	5	<input type="checkbox"/>	HEB550		
	0.568	0.150		S275	275000	
OK	773	6	<input type="checkbox"/>	HEA340		
	0.171	0.003		S275	275000	

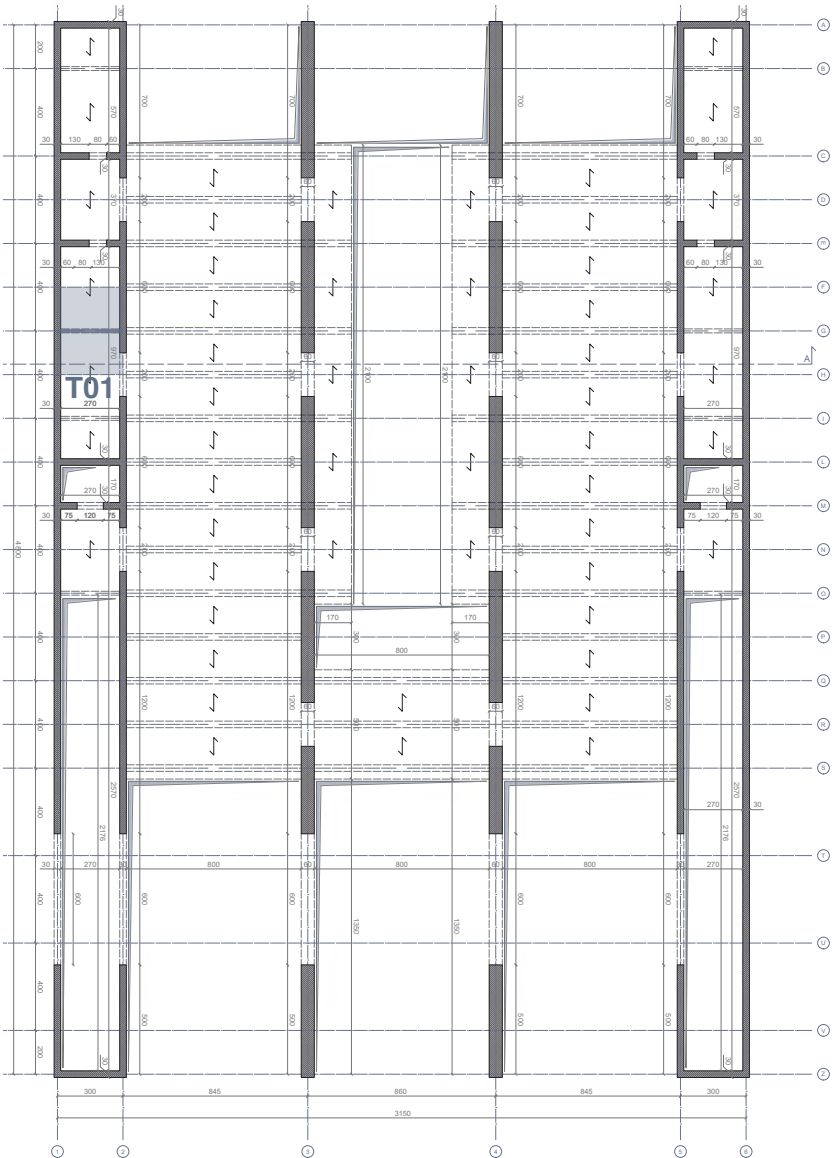
Verifiche sezioni in acciaio

Grazie al software Midas sono state eseguite tutte le verifiche necessarie. In primo luogo, è stata controllata la deformazione in combinazione SLE_Rara sia del solaio di copertura sia del solaio del piano primo, che risultano nei limiti imposti (1/250L).

In seguito, sono stati verificati i massimi spostamenti in combinazione sismica, facendo attenzione che almeno il 90% della massa dell'edifici si muovesse. Infine, è stata effettuata la verifica di resistenza alle sollecitazioni gravanti sulla struttura di ciascun elemento e delle relative sezioni.

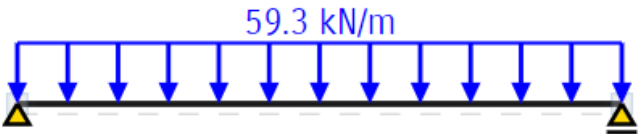
Arsenale

T01 - Trave piano primo (setti)



Pianta strutturale piano primo [cm]

Area di influenza



Schema statico (appoggio-appoggio)

T01 - Trave piano primo (setti)

CARICHI AGENTI SULLA STRUTTURA

G_1	2,65 KN/mq
G_2	1,98 KN/mq
Q_{Folla}	5,00 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI

S.L.U.	$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	13,92 KN/mq
S.L.E. RARA	$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	9,63 KN/mq
S.L.E. FREQUENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	8,13 KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	7,63 KN/mq

LUNGHEZZA DI INFLUENZA

4 m

LUCE TRAVE

3 m

CARICO q (+5% P.P. TRAVE)

q_{SLU}	59,28 KN/m
$q_{SLE,RARA}$	41,02 KN/m
$q_{SLE,FREQ}$	34,63 KN/m
$q_{SLE,QPER}$	32,50 KN/m

PROGETTO A FLESSIONE

Appoggio - Appoggio

$N_{ed,SLU}$	0 KN	
$M_{ed,SLU}$	66,69 KNm	$M_{max} = q * L^2 / 8$
$V_{ed,SLU}$	88,92 KN	$V_{max} = q * L / 2$

$$W_y = M_{ed} / f_{yd} \quad 254,63 \text{ cm}^3$$

PROFILO SCELTO

HEA 180	A_p	45,3 cm ²
	W_y	293,6 cm ³
	I_y	2510,3 cm ⁴
	A_{vz}	14,47 cm ²
	Peso	0,355 KN/m

ACCIAIO	f_{yk}	f_{yd}	
S235	235	223,81	Mpa
S275	275	261,90	Mpa
S355	355	338,10	Mpa
Es	210000		Mpa

VERIFICA A TAGLIO

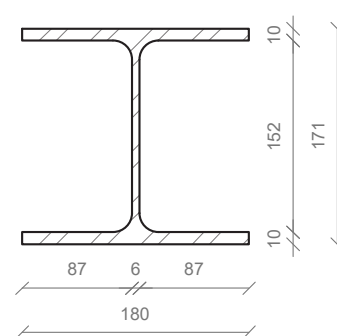
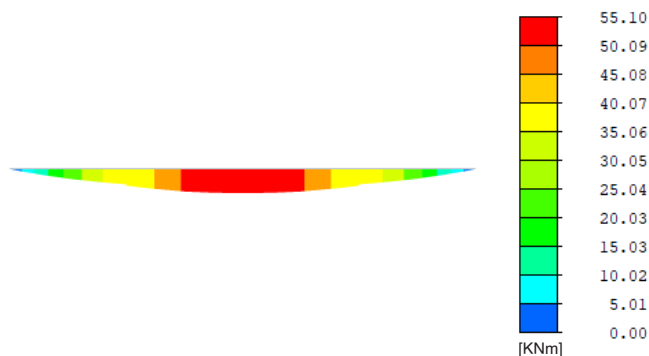
$$V_{rd} = A_{vz} * f_{yd} / 3^{0,5} \quad 218,80 \text{ KN}$$

$$V_{ed} / V_{rd} \quad 0,41 < 1$$

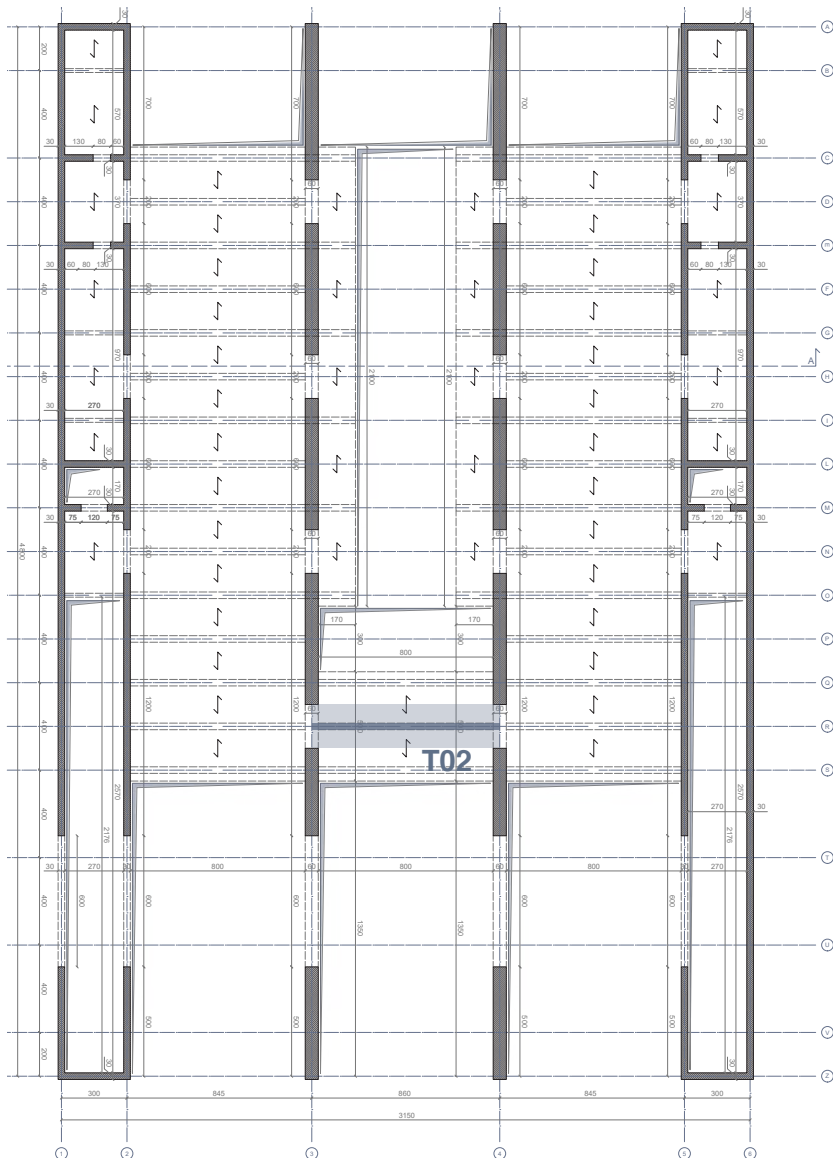
VERIFICA A DEFORMAZIONE

$$v = 5 * q_{SLE,RARA} * L^4 / (384 * E_s * I_y) \quad 8,21 \text{ mm}$$

$$v_{max} = L / 300 \quad 10,00 \text{ mm}$$

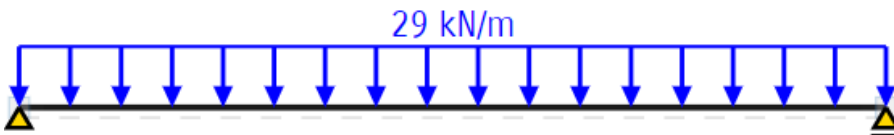


T02 - Trave piano primo (navata)



Pianta strutturale piano primo [cm]

Area di influenza



Schema statico (appoggio-appoggio)

T02 - Trave piano primo (navata)

CARICHI AGENTI SULLA STRUTTURA

G_1	2,65 KN/mq
G_2	1,78 KN/mq
Q_{Folla}	5,00 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI

S.L.U.	$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	13,62 KN/mq
S.L.E. RARA	$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	9,43 KN/mq
S.L.E. FREQUENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	7,93 KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	7,43 KN/mq

LUNGHEZZA DI INFLUENZA

2,00 m

LUCE TRAVE

8,60 m

CARICO q (+5% P.P. TRAVE)

q_{SLU}	29,00 KN/m
$q_{SLE,RARA}$	20,09 KN/m
$q_{SLE,FREQ}$	16,89 KN/m
$q_{SLE,QPER}$	15,83 KN/m

PROGETTO A DEFORMAZIONE

$$v_{MAX} = 5 * q_{SLE,RARA} * L^4 / (384 * E_s * I_y)$$

$$v_{MAX} = L / 300$$

$$c = 5 * q_{SLE,RARA} * L^4 / (384 * E_s)$$

$$I_y > c * 300 / L$$

0,03 m
681246,97
23764,4 cm⁴

PROFILO SCELTO

HEB 300

A_p	149,1 cm ²
W_y	1677,7 cm ³
I_y	25165,6 cm ⁴
A_{vz}	47,43 cm ²
Peso	1,17 KN/m

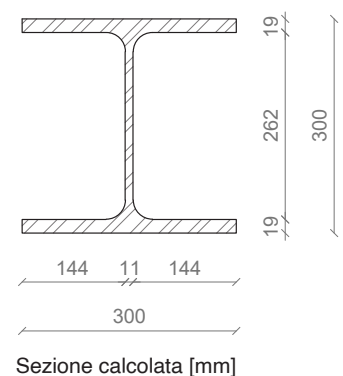
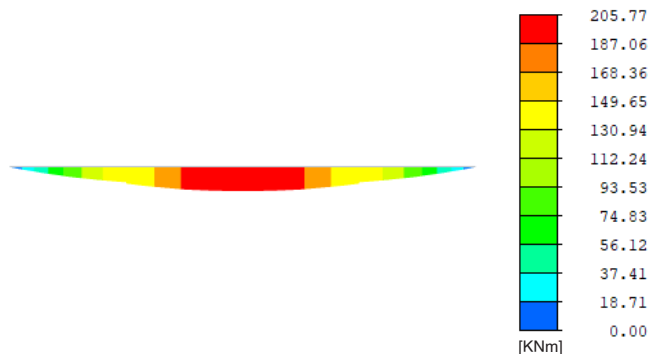
ACCIAIO	f_{yk}	f_{yd}	
S235	235	223,81	Mpa
S275	275	261,90	Mpa
S355	355	338,10	Mpa
Es	210000		Mpa

VERIFICA A FLESSIONE

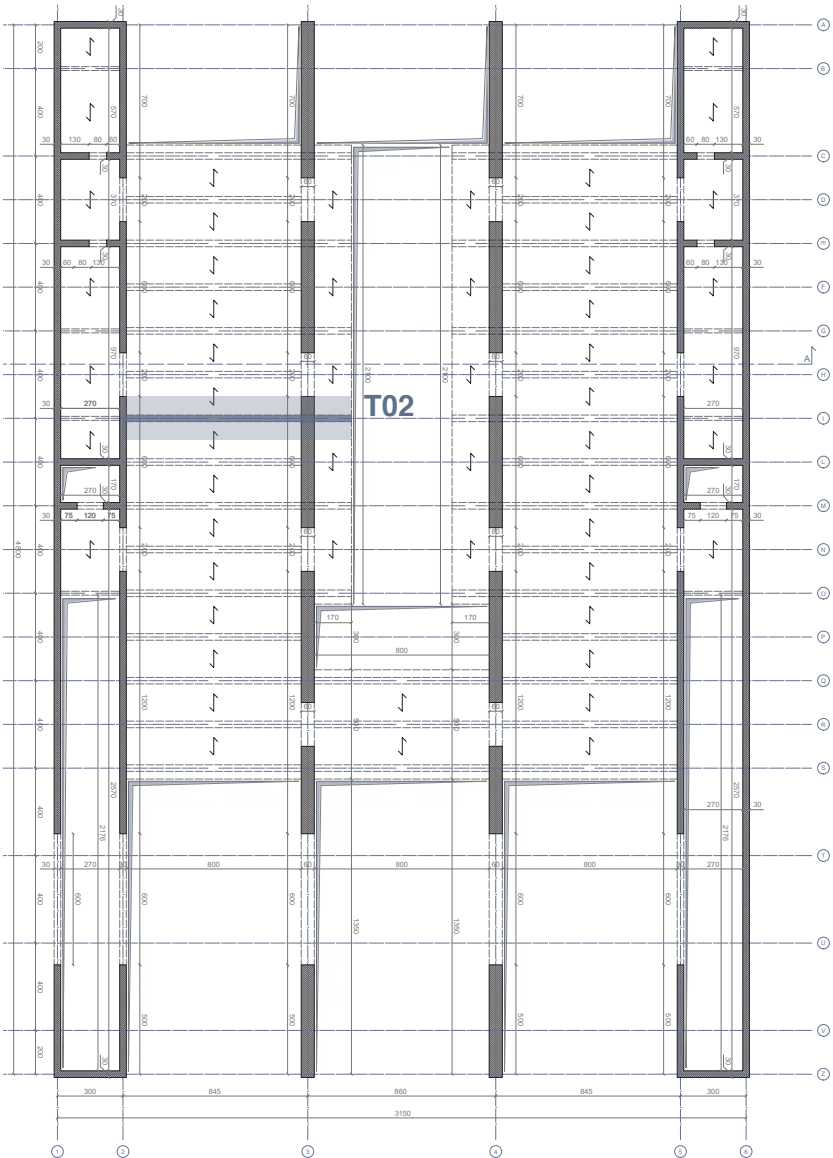
$N_{ed,SLU}$	0 KN	
$M_{ed,SLU}$	268,10 KNm	$M_{max} = q * L^2 / 8$
$V_{ed,SLU}$	124,70 KN	$V_{max} = q * L / 2$
$M_{rd} = W_y * f_{yd}$	375,49 KNm	
M_{ed} / M_{rd}	0,71 < 1	

VERIFICA A TAGLIO

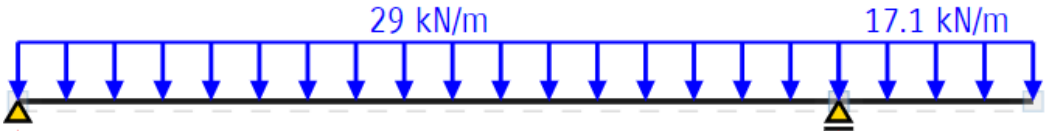
$V_{rd} = A_{vz} * f_{vd} / 3^{0,5}$	612,87 KN
V_{ed} / V_{rd}	0,20 < 1



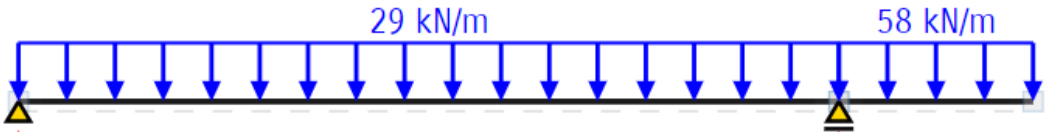
T02 - Trave piano primo (navata+balcone)



Pianta strutturale piano primo [cm] Area di influenza



Schema statico (campata max, sbalzo min)



Schema statico (campata max, sbalzo max)

T02 - Trave piano primo (navata+balcone)

CARICHI AGENTI SULLA STRUTTURA

G_1	2,65 KN/mq
G_2	1,78 KN/mq
Q_{Folla}	5,00 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI

	MAX	MIN	
S.L.U. $\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	13,62	4,07	KN/mq
S.L.E. RARA $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	9,43		KN/mq
S.L.E. FREQUENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	7,93		KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	7,43		KN/mq

LUNGHEZZA DI INFLUENZA CAMPATA

2,00 m

LUNGHEZZA DI INFLUENZA MENSOLA

4,00 m

LUCE CAMPATA

8,45 m

LUCE MENSOLA

2,00 m

CARICO q CAMPATA (+5% P.P. TRAVE)

	MAX	MIN	
q_{SLU}	29,00	8,56	KN/m
$q_{SLE,RARA}$	20,09		KN/m
$q_{SLE,FREQ}$	16,89		KN/m
$q_{SLE,QPER}$	15,83		KN/m

CARICO q MENSOLA (+5% P.P. TRAVE)

	MAX	MIN	
q_{SLU}	58,00	17,11	KN/m
$q_{SLE,RARA}$	40,17		KN/m
$q_{SLE,FREQ}$	33,78		KN/m
$q_{SLE,QPER}$	31,65		KN/m

COMBINAZIONE PIU' GRAVOSA IN CAMPATA

Campata	q_{MAX}
Sbalzo	q_{MIN}

COMBINAZIONE PIU' GRAVOSA IN APPOGGIO

Campata	q_{MAX}
Sbalzo	q_{MAX}

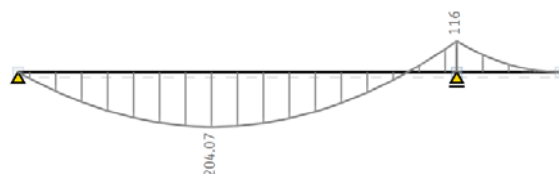


Diagramma del momento (campata max, sbalzo max) [KNm]

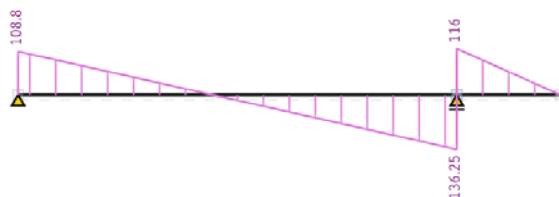


Diagramma del taglio (campata max, sbalzo max) [KN]

T02 - Trave piano primo (navata+balcone)

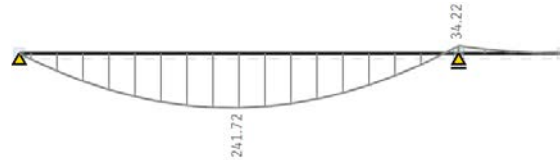


Diagramma del momento (campata max, sbalzo min) [KNm]

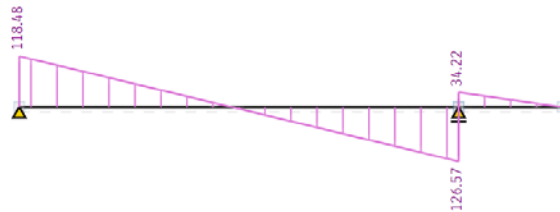
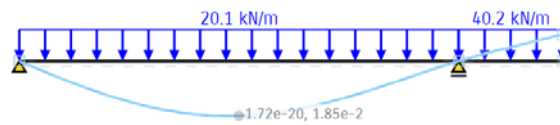


Diagramma del taglio (campata max, sbalzo min) [KN]



Deformazione [m]

Si assume come predimensionamento la trave T02 - Trave piano primo (navata)

PROFILO SCELTO	HEB 300
A_p	149,1 cm ²
W_y	1677,7 cm ³
I_y	25165,6 cm ⁴
A_{vz}	47,43 cm ²
Peso	1,17 KN/m

ACCIAIO	f_{yk}	f_{yd}	
S235	235	223,81	Mpa
S275	275	261,90	Mpa
S355	355	338,10	Mpa
Es	210000		Mpa

VERIFICA A RESISTENZA IN CAMPATA

Vedi diagrammi Strian

$N_{ed,SLU}$	0 KN
$M_{ed,SLU}$	241,72 KNm
$V_{ed,SLU}$	0,00 KN
$\sigma_{x,ass} = N_{ed}/A_p$	0 Mpa
$\sigma_{x,mom} = M_{ed}/W_y$	144,08 Mpa
$\sigma_{id,v} = 3 * \tau = 3^{0,5} * V_{ed} /A_{vz}$	0,00 Mpa
$\sigma_{id} = [(\sigma_x)^2 + (3 * \tau)^2]^{0,5}$	144,08 Mpa
σ_{id}/f_{yd}	0,55 < 1

VERIFICA A RESISTENZA IN APPOGGIO

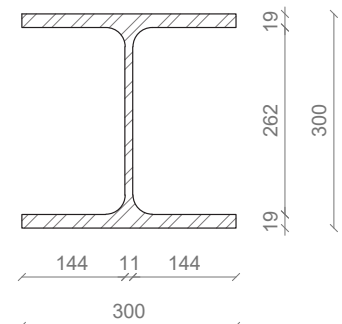
Vedi diagrammi Strian

$N_{ed,SLU}$	0 KN
$M_{ed,SLU}$	116,00 KNm
$V_{ed,SLU}$	136,25 KN
$\sigma_{x,ass} = N_{ed}/A_p$	0 Mpa
$\sigma_{x,mom} = M_{ed}/W_y$	69,14 Mpa
$\sigma_{id,v} = 3 * \tau = 3^{0,5} * V_{ed} /A_{vz}$	49,76 Mpa
$\sigma_{id} = [(\sigma_x)^2 + (3 * \tau)^2]^{0,5}$	85,18 Mpa
σ_{id}/f_{yd}	0,33 < 1

VERIFICA A DEFORMAZIONE

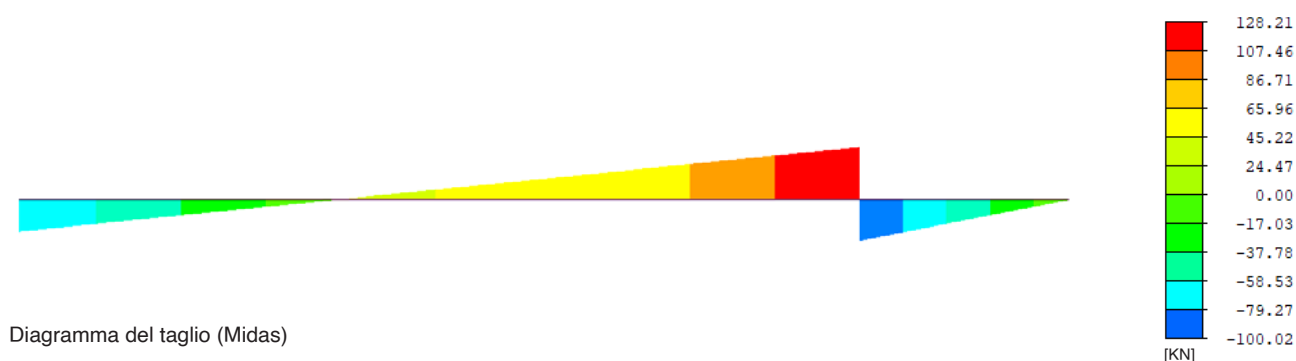
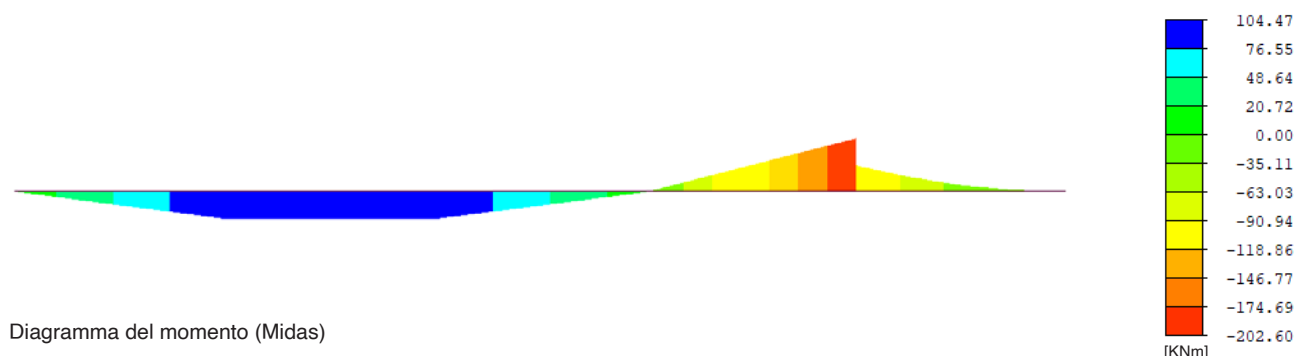
Vedi diagrammi Strian

$v_{MAX} = L/350$	24,14 mm
v	18,5 mm



Sezione calcolata [mm]

T02 - Trave piano primo (navata+balcone)

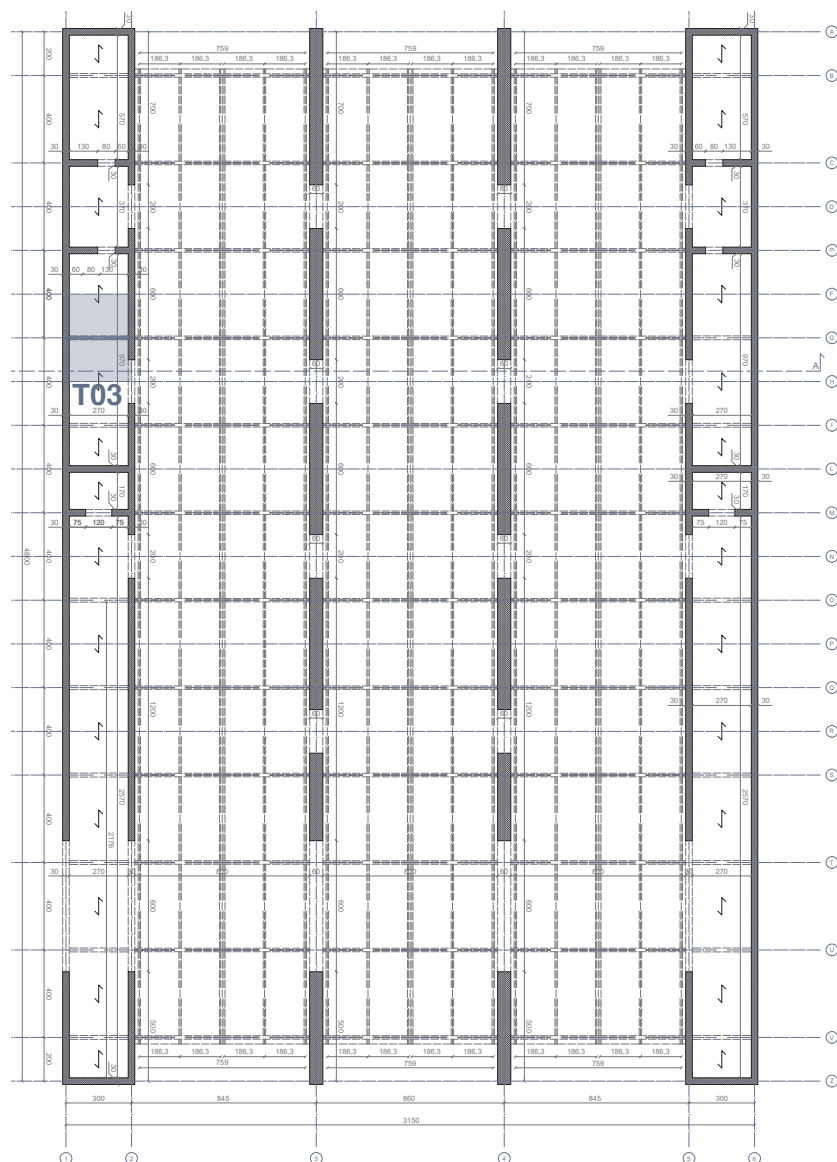


Osservando e comparando le azioni interne calcolate preliminarmente attraverso il software Strian con le azioni interne risultanti dal calcolo di Midas, ci si rende conto che le semplificazioni adottate inizialmente sono a favore della sicurezza. Infatti, è possibile notare che il calcolo eseguito dal programma Midas riduce leggermente le sollecitazioni insistenti sugli elementi.

Questa variazione è anche data dal fatto che l'appoggio B (centrale) inizialmente, per i calcoli, è stato considerato come un semplice appoggio mentre su Midas è stato modellato come un incastro (infatti il momento in corrispondenza dell'appoggio B non è continuo ma una parte è trasmessa al muro di sostegno).

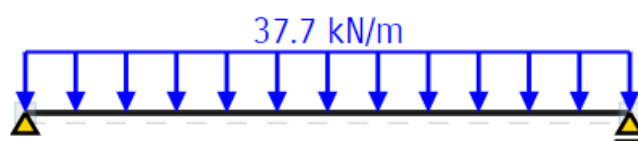
Nonostante ciò, si possono considerare i pre-dimensionamenti validi in quanto il comportamento strutturale pensato inizialmente è a vantaggio della sicurezza.

T03 - Trave piano copertura (setti)



Pianta strutturale piano copertura [cm]

Area di influenza



Schema statico (appoggio-appoggio)

T03 - Trave piano copertura (setti)

CARICHI AGENTI SULLA STRUTTURA

G_1	2,65 KN/mq
G_2	2,88 KN/mq
$q_{\text{Manutenzione}}$	0,50 KN/mq
q_{Neve}	0,45 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI

Considero la condizione con 100% manutenzione

S.L.U.	$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$	8,85 KN/mq
S.L.E. RARA	$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$	6,26 KN/mq
S.L.E. FREQUENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$	5,62 KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$	5,53 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI

Considero la condizione con 100% neve

S.L.U.	$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$	8,44 KN/mq
S.L.E. RARA	$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$	5,98 KN/mq
S.L.E. FREQUENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$	5,62 KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$	5,53 KN/mq

LUNGHEZZA DI INFLUENZA

4 m

LUCE TRAVE

3 m

CARICO q (+5% P.P. TRAVE)

q_{SLU}	37,71 KN/m
$q_{\text{SLE,RARA}}$	26,65 KN/m
$q_{\text{SLE,FREQ}}$	23,94 KN/m
$q_{\text{SLE,QPER}}$	23,56 KN/m

PROGETTO A FLESSIONE

Appoggio - Appoggio

$N_{\text{ed,SLU}}$	0 KN
$M_{\text{ed,SLU}}$	42,43 KNm
$V_{\text{ed,SLU}}$	56,57 KN

$$M_{\text{max}} = q \cdot L^2 / 8$$

$$V_{\text{max}} = q \cdot L / 2$$

$$W_y = M_{\text{ed}} / f_{yd} \quad 161,99 \text{ cm}^3$$

PROFILO SCELTO

HEA 160

A_p	38,8 cm ²
W_y	220,1 cm ³
I_y	1673 cm ⁴
A_{vz}	13,21 cm ²
Peso	0,304 KN/m

ACCIAIO

	f_{yk}	f_{yd}	
S235	235	223,81	Mpa
S275	275	261,90	Mpa
S355	355	338,10	Mpa
Es	210000		Mpa

VERIFICA A TAGLIO

$$V_{rd} = A_{vz} \cdot f_{yd} / 3^{0,5} \quad 199,75 \text{ KN}$$

$$V_{\text{ed}} / V_{rd} \quad 0,28 < 1$$

VERIFICA A DEFORMAZIONE

$$v = 5 \cdot q_{\text{SLE,RARA}} \cdot L^4 / (384 \cdot E_s \cdot I_y) \quad 8,00 \text{ mm}$$

$$v_{\text{max}} = L / 300 \quad 10,00 \text{ mm}$$

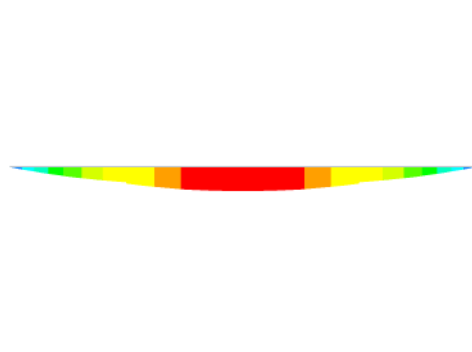
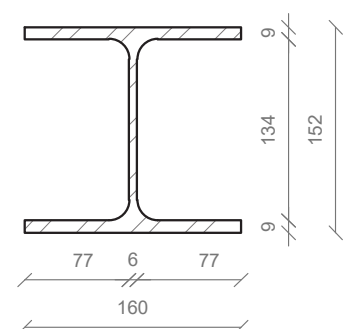
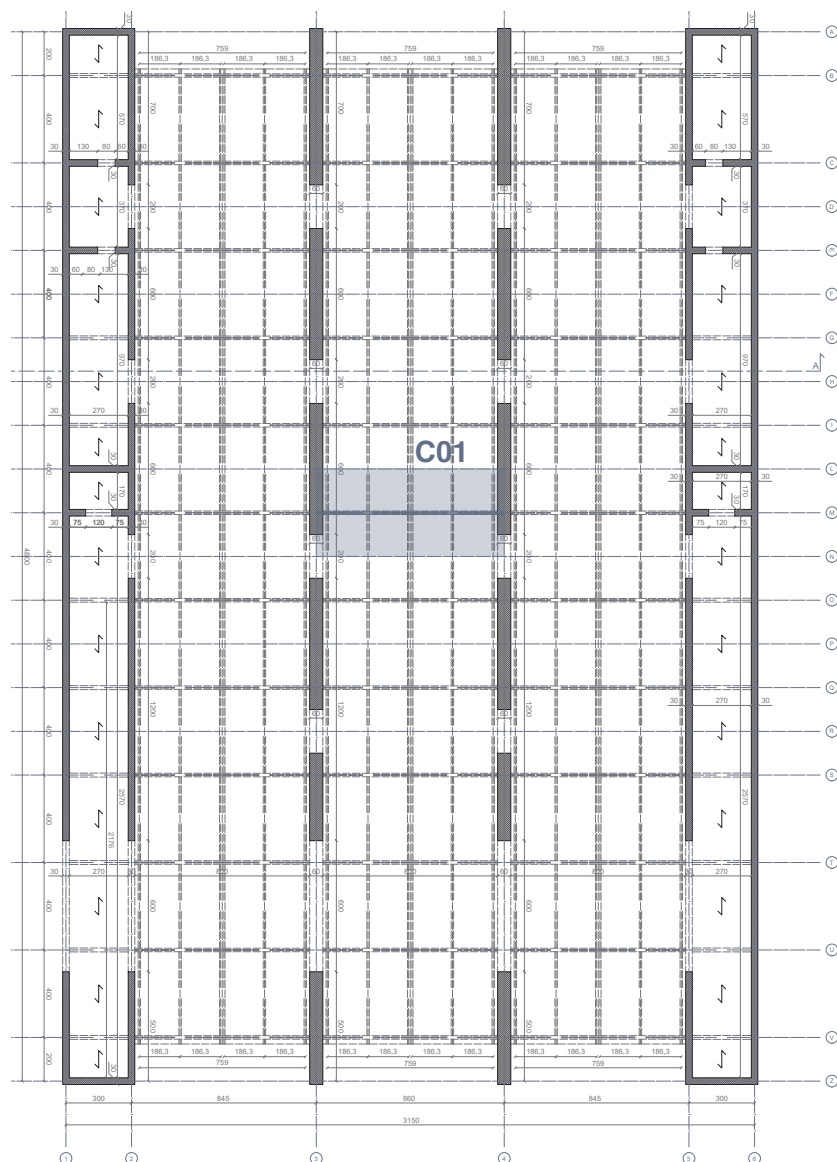


Diagramma del momento (Midas)



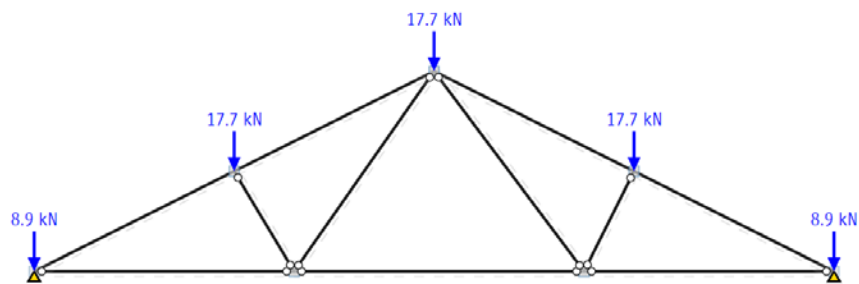
Sezione calcolata [mm]

C01 - Capriata



Pianta strutturale piano copertura [cm]

Area di influenza



Schema statico capriata

CARICHI AGENTI

G_1	0,15 KN/mq
G_2	0,35 KN/mq
$q_{manutenzione}$	0,50 KN/mq
q_{Neve}	0,45 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI

Considero la condizione con 100% manutenzione

S.L.U. $\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	1,81 KN/mq
S.L.E. RARA $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	1,23 KN/mq
S.L.E. FREQUENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	0,59 KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	0,50 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI

Considero la condizione con 100% neve

S.L.U. $\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	1,40 KN/mq
S.L.E. RARA $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	0,95 KN/mq
S.L.E. FREQUENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	0,59 KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	0,50 KN/mq

LUNGHEZZA DI INFLUENZA TRAVI LATERALI

1,15 m

LUNGHEZZA DI INFLUENZA TRAVE CENTRALE

2,30 m

CARICO q TRAVE LATERALE (+5% P.P. TRAVE)

q_{SLU}	2,21 KN/m
$q_{SLE,RARA}$	1,50 KN/m
$q_{SLE,FREQ}$	0,72 KN/m
$q_{SLE,QPER}$	0,61 KN/m

CARICO q TRAVE CENTRALE (+5% P.P. TRAVE)

q_{SLU}	4,43 KN/m
$q_{SLE,RARA}$	3,00 KN/m
$q_{SLE,FREQ}$	1,45 KN/m
$q_{SLE,QPER}$	1,22 KN/m

ELEMENTI LONGITUDINALI

LUNGHEZZA ELEMENTO	400 cm
--------------------	--------

PROGETTO A FLESSIONE

Appoggio - Appoggio

$N_{ed,SLU}$	0 KN
$M_{ed,SLU}$	8,85 KNm
$V_{ed,SLU}$	8,85 KN

$$M_{max} = q * L^2 / 8$$

$$V_{max} = q * L / 2$$

$$W_y = M_{ed} / f_{yd}$$

33,81 cm³

PROFILO SCELTO

HEA 120

A_p	25,3 cm ²
W_y	106,3 cm ³
I_y	606,2 cm ⁴
A_{vz}	8,46 cm ²
Peso	0,199 KN/m

ACCIAIO	f_{yk}	f_{yd}	
S235	235	223,81	Mpa
S275	275	261,90	Mpa
S355	355	338,10	Mpa
Es	210000	Mpa	

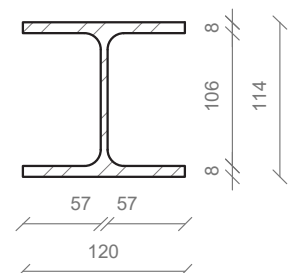
VERIFICA A TAGLIO

$$V_{rd} = A_{vz} * f_{yd} / 3^{0,5}$$

127,92 KN

$$V_{ed} / V_{rd}$$

0,07 < 1



Sezione calcolata T04 [mm]

C01 - Capriata

CARICO P NODO LATERALE (+5% P.P. TRAVE)

P_{SLU}	8,85 KN
$P_{SLE,RARA}$	6,00 KN
$P_{SLE,FREQ}$	2,89 KN
$P_{SLE,QPER}$	2,45 KN

CARICO P NODO CENTRALE (+5% P.P. TRAVE)

P_{SLU}	17,71 KN
$P_{SLE,RARA}$	12,00 KN
$P_{SLE,FREQ}$	5,78 KN
$P_{SLE,QPER}$	4,90 KN

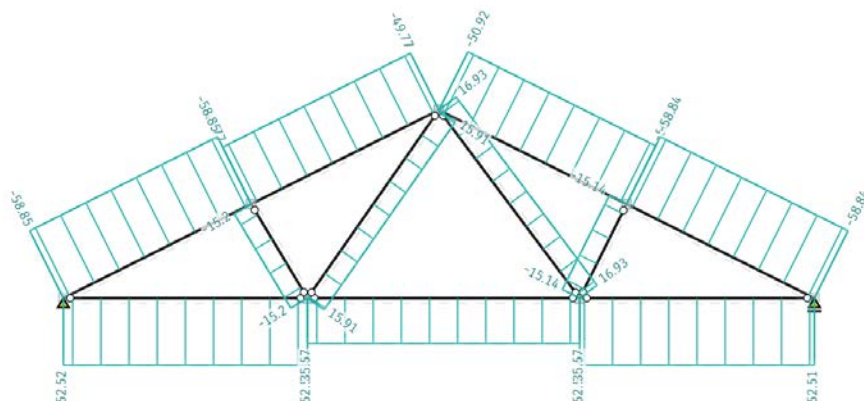


Diagramma delle azioni assiali [KN]

PUNTONI

LUNGHEZZA ELEMENTO	450 cm
--------------------	--------

PROGETTO A INSTABILITA'

Progetto secondo asse debole

Vedi diagrammi da Strian

$N_{ed,SLU}$	58,85 KN
$M_{ed,SLU}$	0,00 KNm
$V_{ed,SLU}$	0,00 KN

Impongo snellezza max $\rightarrow \lambda_z = \beta \cdot L / i_z$	120,00
β	1 Cerniera - cerniera
$i_z = \beta \cdot L / \lambda_z$	3,75 cm

PROFILO SCELTO	HEA 160	A_p	38,8 cm ²
		h	152 mm
		b	160 mm
		t_f	9 mm
		I_z	889,23 cm ⁴
		i_z	3,98 cm

h/b	0,95
Curva di instabilità z-z	c
Fattore di imperfezione α	0,49

$N_{cr,eu,z} = \pi^2 E_s I_z / L^2$	1150,73 KN
$\lambda'_z = (A_p \cdot f_{yk} / N_{cr,eu,z})^{0,5}$	0,963
$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha_z \cdot (\lambda'_z - 0,2) + \lambda'^2_z]$	1,15
$\chi_z = 1 / (\phi_z + (\phi_z^2 - \lambda'^2_z)^{0,5})$	0,56
$N_{b,rd} = A_p \cdot f_{yd} \cdot \chi_z$	570,82 KNm
$N_{ed,SLU} / N_{b,rd}$	0,10 < 1

CATENA

LUNGHEZZA ELEMENTO 270 cm

PROGETTO A TRAZIONE

Vedi diagrammi da Strian

$N_{ed,SLU}$ 52,52 KN
 $M_{ed,SLU}$ 0,00 KNm
 $V_{ed,SLU}$ 0,00 KN

$A_p = N_{ed}/f_{yd}$ 2,01 cm²

PROFILO SCELTO L 30x30x4

A_p	2,27 cm ²
W_y	0,85 cm ³
I_y	1,8 cm ⁴
Peso	0,0178 KN/m

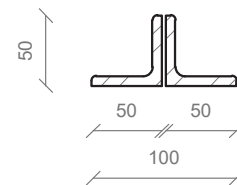
PROGETTO A INSTABILITA'

Progetto secondo asse debole

Impongo snellezza max $\rightarrow \lambda_z = \beta * L / i_z$ 200,00
 β 1 Cerniera - cerniera
 $i_z = \beta * L / \lambda_z$ 1,35 cm

PROFILO SCELTO L 50x50x7

A_p	6,56 cm ²
h	50 mm
b	50 mm
t_f	7 mm
I_z	14,61 cm ⁴
i_z	1,49 cm



Sezione calcolata (catena L01) [mm]

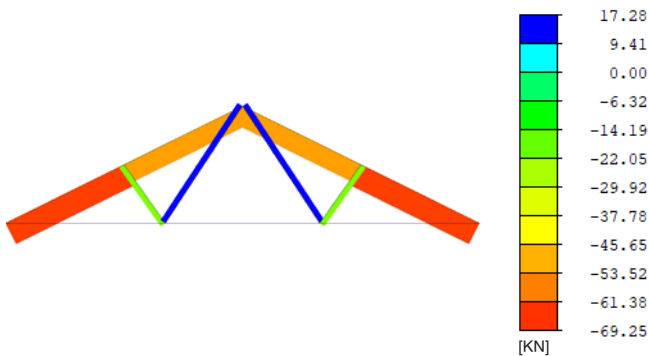
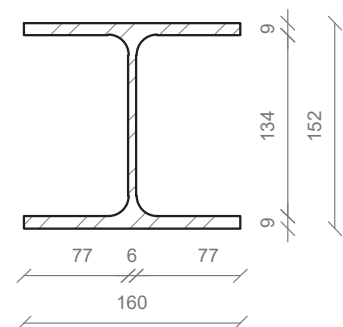
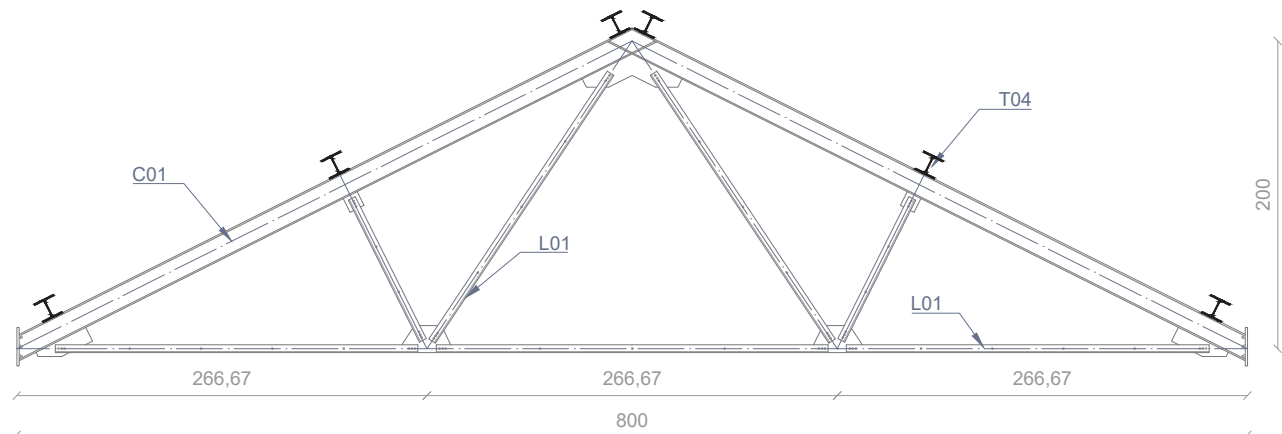


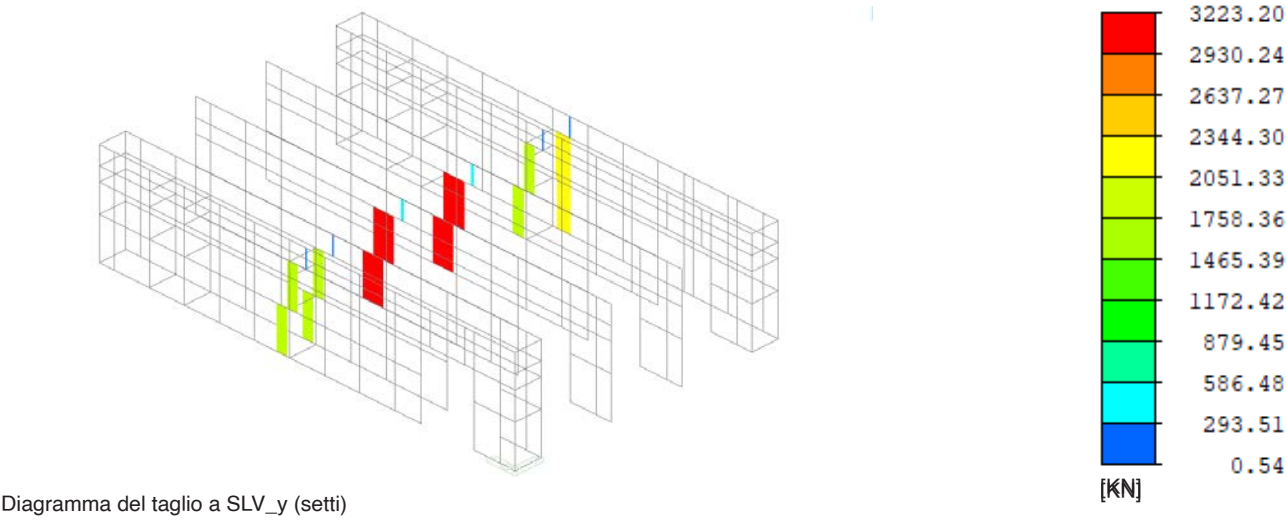
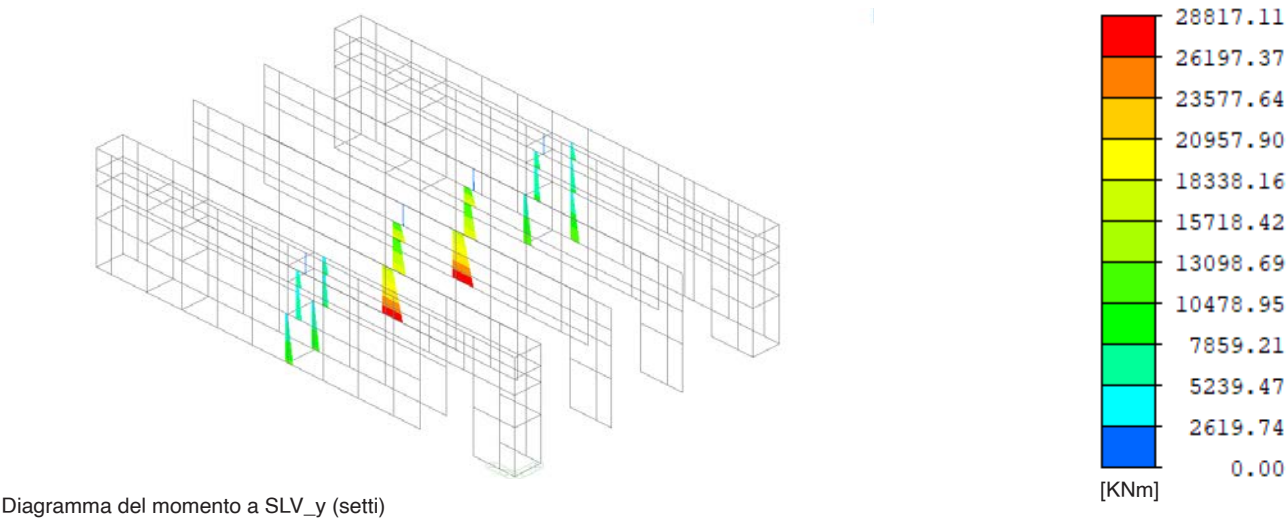
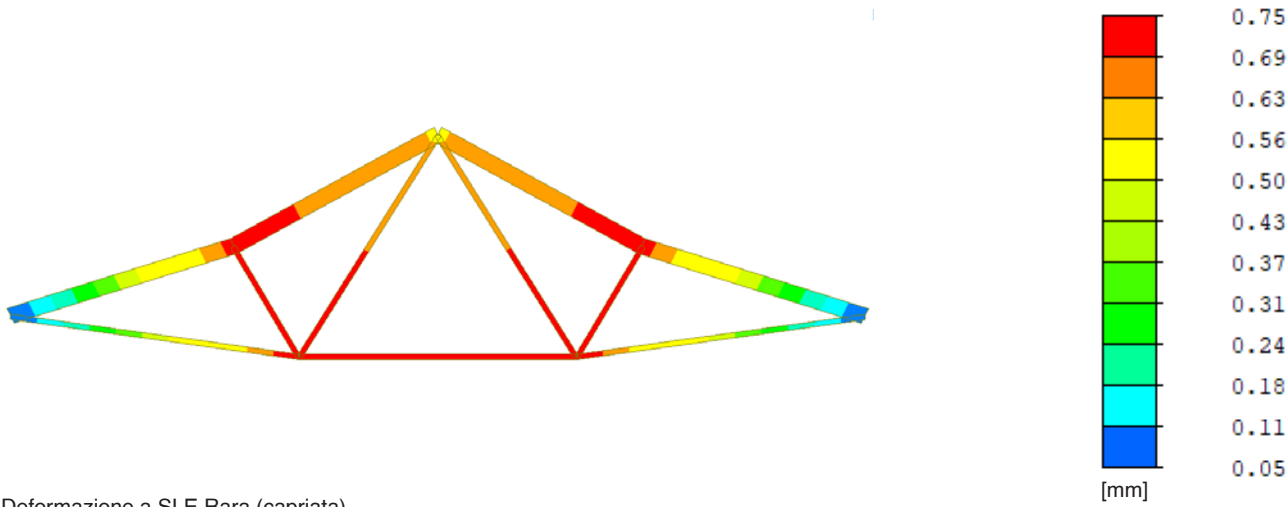
Diagramma azioni assiali (Midas)

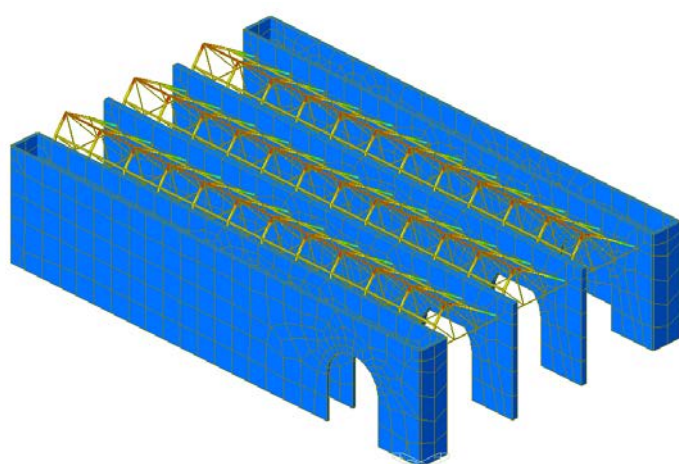


Sezione calcolata (puntoni C01) [mm]

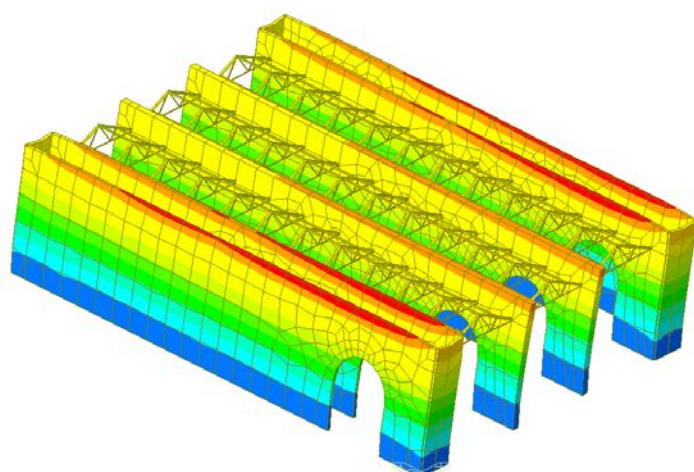
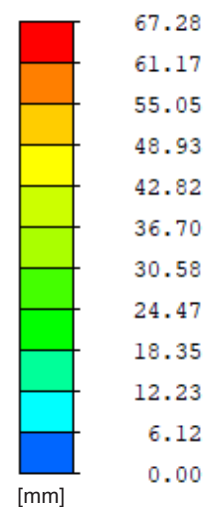


Dettaglio capriata [cm]

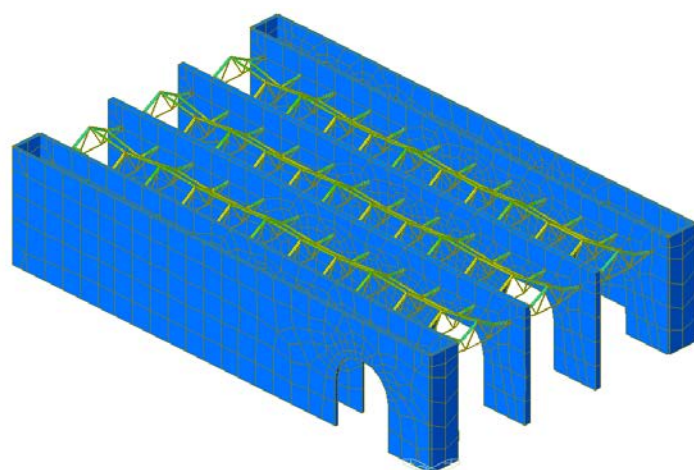
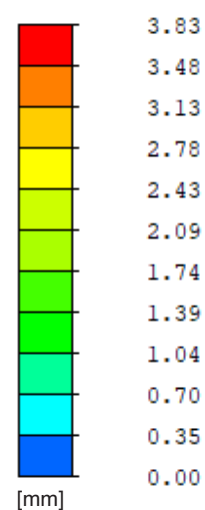




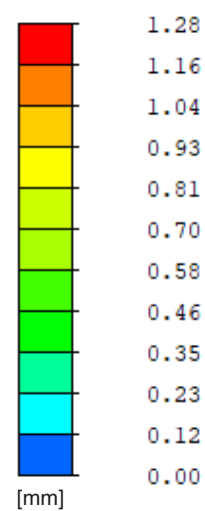
Deformazioni a SLV_y



Deformazioni a SLV_x



Deformazioni a SLE Rara (copertura)



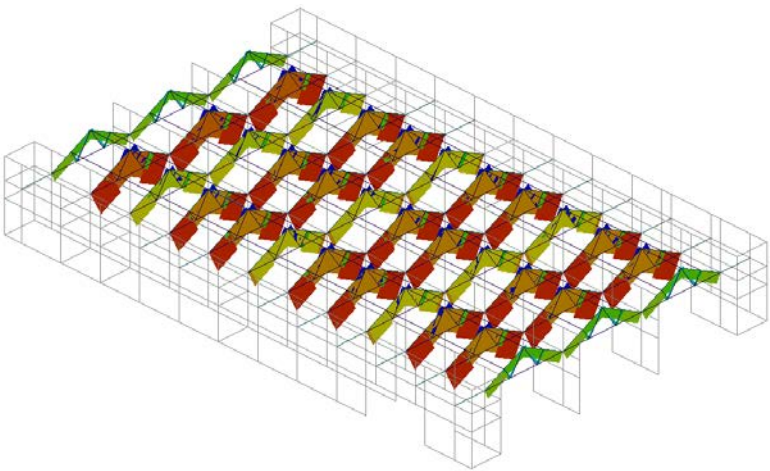


Diagramma delle azioni assiali a SLU (copertura)

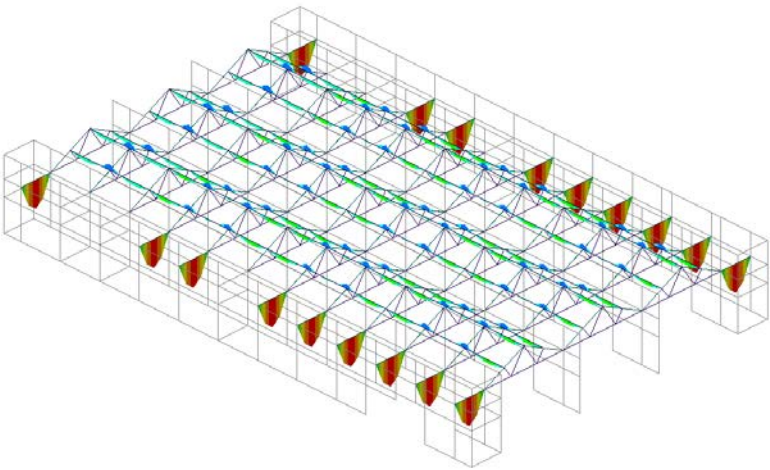
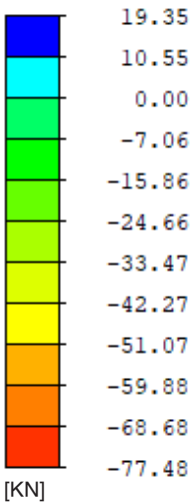


Diagramma del momento a SLU (copertura)

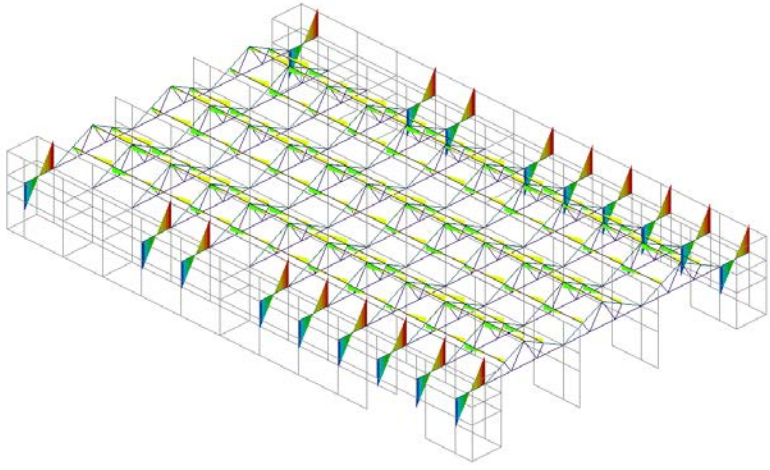
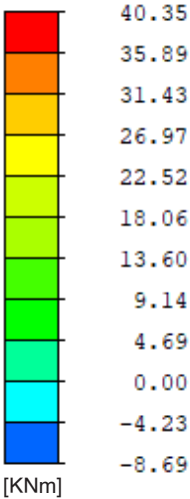
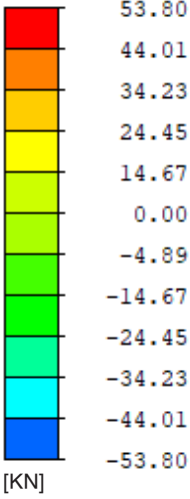
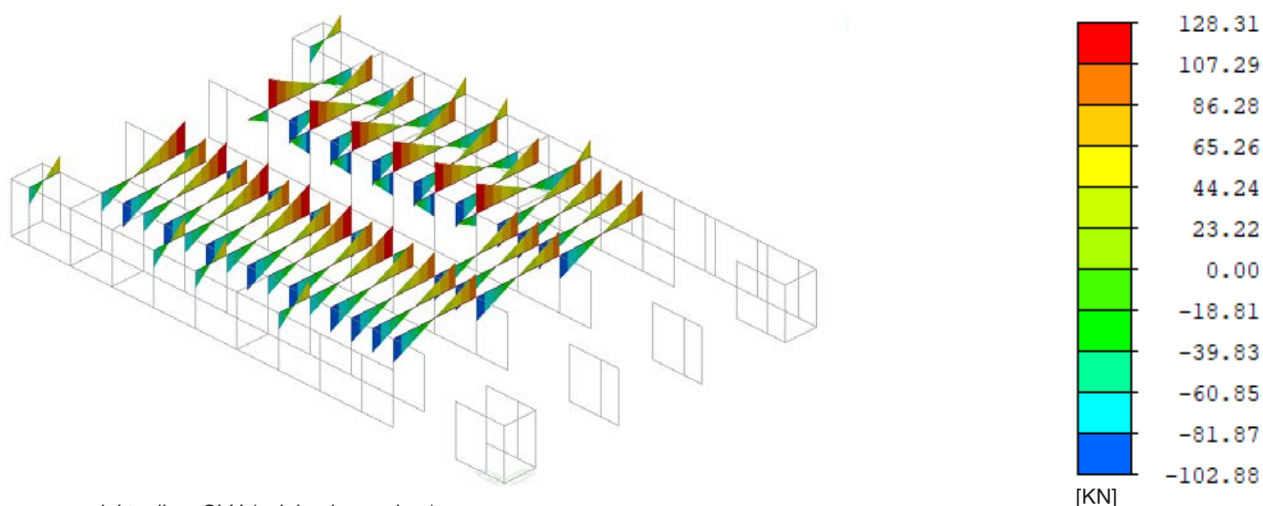
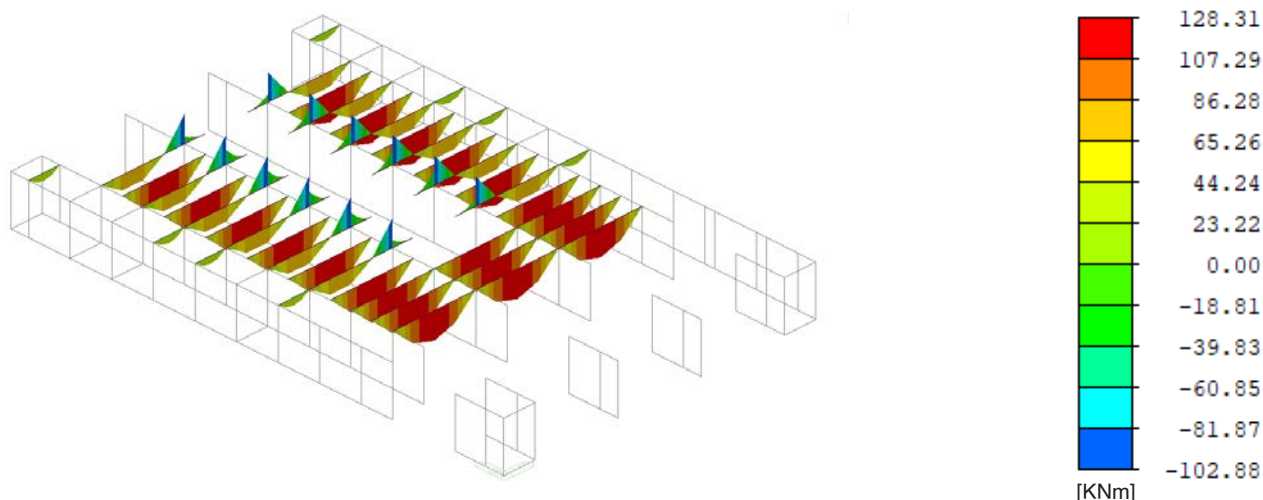


Diagramma del taglio a SLU (copertura)





Eurocode3:05 Code Checking Result Dialog

Code : EC3:05 Unit : kN , m

Sorted by ☐ Member ☒ Property

CHK	MEMB COM	SECT SHR	SEL	Section	
				Material	Fy
OK	303	1	<input type="checkbox"/>	HEB300	
	0.531	0.144		S275	275000
OK	311	2	<input type="checkbox"/>	HEA180	
	0.728	0.335		S275	275000
OK	454	3	<input type="checkbox"/>	HEA160	
	0.374	0.012		S275	275000
OK	718	4	<input type="checkbox"/>	2 L50x50x7	
	0.100	0.000		S275	275000
OK	751	7	<input type="checkbox"/>	HEA120	
	0.620	0.070		S275	275000

Verifiche sezioni in acciaio

Grazie al software Midas sono state eseguite tutte le verifiche necessarie. In primo luogo, è stata controllata la deformazione in combinazione SLE_Rara sia del solaio di copertura sia del solaio del piano primo, che risultano nei limiti imposti (1/250L).

In seguito, sono stati verificati i massimi spostamenti in combinazione sismica, facendo attenzione che almeno il 90% della massa dell'edifici si muovesse. Infine, è stata effettuata la verifica di resistenza alle sollecitazioni gravanti sulla struttura di ciascun elemento e delle relative sezioni.

Portico e celle

Architectural floor plan of a long, narrow hall. The plan features a central corridor with rooms on either side. A shaded rectangular area is labeled 'T01'. Dimensions are provided in meters along the top and bottom edges. A north arrow is located in the top right corner.

■ Area di influenza



T01 - Trave di copertura trasversale

CARICHI AGENTI SUL PORTICATO

G_1	3,98 KN/mq
G_2	2,26 KN/mq
$q_{\text{manutenzione}}$	0,50 KN/mq
q_{Neve}	0,45 KN/mq

CARICHI AGENTI SULLA CELLA

G_1	3,00 KN/mq
G_2	1,35 KN/mq
$q_{\text{manutenzione}}$	0,50 KN/mq
q_{Neve}	0,45 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI PORTICATO

Considero la condizione con 100% manutenzione	MAX	MIN	
S.L.U. $\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	9,65	5,78	KN/mq
S.L.E. RARA $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	6,96		KN/mq
S.L.E. FREQUENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	6,33		KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	6,24		KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI CELLA

Considero la condizione con 100% manutenzione	MAX	MIN	
S.L.U. $\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	7,02	4,08	KN/mq
S.L.E. RARA $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	5,08		KN/mq
S.L.E. FREQUENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	4,44		KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	4,35		KN/mq

LUNGHEZZA DI INFLUENZA

4 m

LUCE CAMPATA PORTICATO

4,2 m

LUCE CAMPATA CELLA

7,5 m

CARICO q PORTICATO (+5% P.P. TRAVE)

	MAX	MIN	
q_{SLU}	41,09	24,29	KN/m
$q_{\text{SLE,RARA}}$	29,65		KN/m
$q_{\text{SLE,FREQ}}$	26,94		KN/m
$q_{\text{SLE,QPER}}$	26,56		KN/m

CARICO q CELLA (+5% P.P. TRAVE)

	MAX	MIN	
q_{SLU}	29,90	17,15	KN/m
$q_{\text{SLE,RARA}}$	21,64		KN/m
$q_{\text{SLE,FREQ}}$	18,93		KN/m
$q_{\text{SLE,QPER}}$	18,55		KN/m

COMBINAZIONE PIU' GRAVOSA IN CAMPATA

Campata portico	q_{MIN}
Campata cella	q_{MAX}

COMBINAZIONE PIU' GRAVOSA IN APPOGGIO B

Campata portico	q_{MAX}
Campata cella	q_{MAX}



Diagramma del momento (massimizzato sull'appoggio) [KNm]

T01 - Trave di copertura trasversale

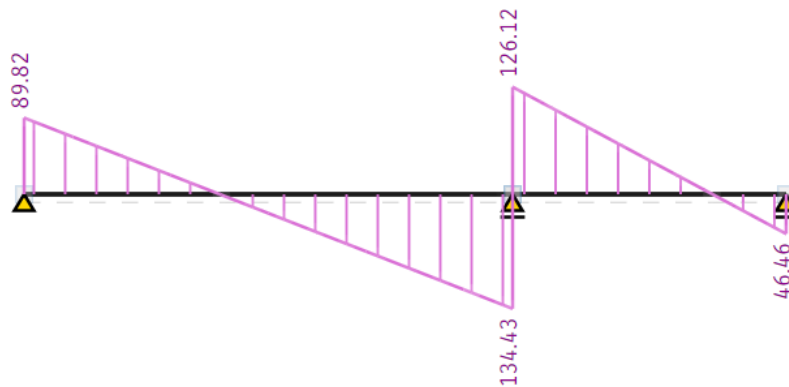


Diagramma del taglio (massimizzato sull'appoggio) [KN]

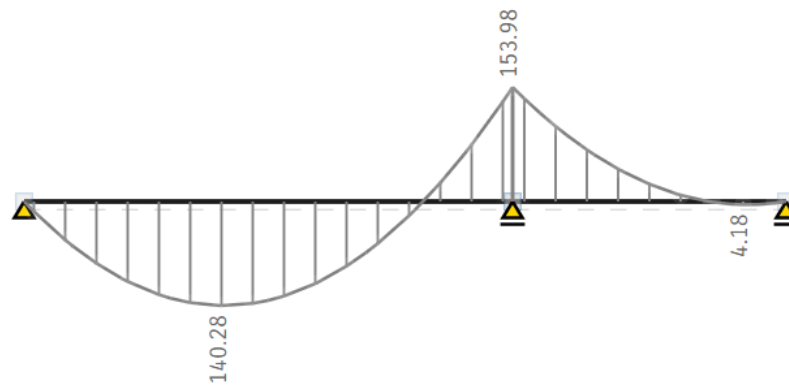


Diagramma del momento (massimizzato in campata) [KNm]

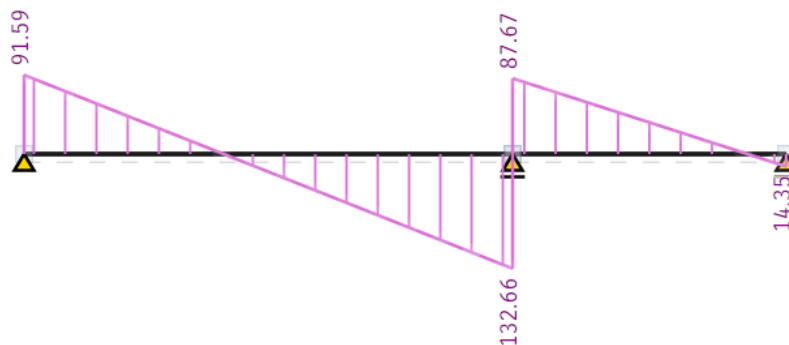


Diagramma del taglio (massimizzato in campata) [KN]

PROGETTO A FLESSIONE

Vedi diagrammi Strian

$N_{ed,SLU}$	0,00 KN
$M_{ed,SLU}^+$	140,28 KNm
$M_{ed,SLU}^-$	167,27 KNm
$V_{ed,SLU}$	134,43 KN

GEOMETRIE SEZIONE

Fisso la base	35,00 cm
$d > (M_{ed,SLU} / 0,18 \cdot f_{cd} \cdot B)^{0,5}$	39,52 cm
d'	5,00 cm
$H = d + d'$	44,52 cm
$H_{Effettiva}$	45 cm

CLS	f_{ck}	f_{cd}	
C25/30	25	14,17	Mpa
C28/35	28	15,87	Mpa
C30/37	30	17,00	Mpa
C32/40	32	18,13	Mpa
C35/45	35	19,83	Mpa

ACCIAIO	f_{yk}	f_{yd}	
B450C	450	391,30	Mpa
Es	210000	Mpa	

T01 - Trave di copertura trasversale

$A_s > M_{ed,SLU}/f_{yd} * 0,9 * d$	1007,92 mm ²	
n° ferri $\phi 16$	5,01	6
n° ferri $\phi 18$	3,97	4
n° ferri $\phi 20$	3,21	4
n° ferri $\phi 22$	2,65	3
n° ferri $\phi 24$	2,23	3
Interassi $\phi 16$	34,00 mm	
Interassi $\phi 18$	65,33 mm	
Interassi $\phi 20$	63,33 mm	
Interassi $\phi 22$	103,00 mm	
Interassi $\phi 24$	101,00 mm	
Si assume	6 ϕ 16	1206 mm ²
$A'_s > 0,5 * A_s$	3 ϕ 16	603 mm ²

AREE FERRI

$\phi 16$	201 mm ²
$\phi 18$	254 mm ²
$\phi 20$	314 mm ²
$\phi 22$	380 mm ²
$\phi 24$	452 mm ²

VERIFICHE GEOMETRICHE BASE CD "B"

$B > 20$ cm	20 cm	OK
$B < 2 * L_p$	70 cm	OK
$B > H/4$	11,25 cm	OK

SEZIONE TROVATA

B	35,00 cm
H	45 cm
d	40 cm
d'	5,00 cm
A_s	1206 mm ²
A'_s	603 mm ²

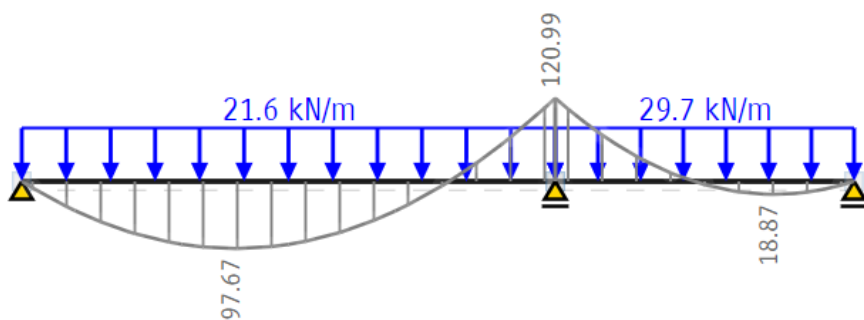


Diagramma del momento (SLE Rara) [KNm]

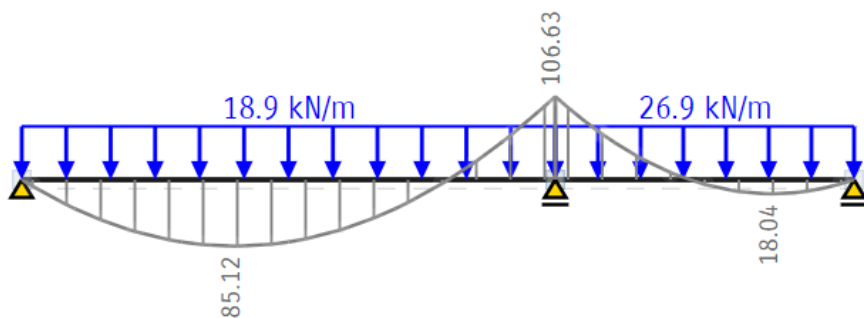


Diagramma del momento (SLE Frequente) [KNm]

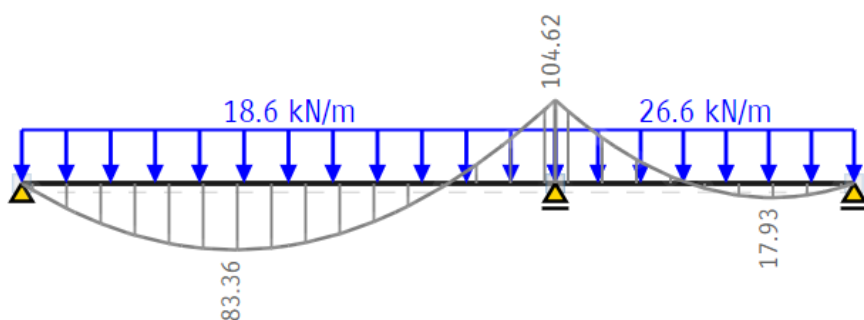


Diagramma del momento (SLE Quasi Permanente) [KNm]

T01 - Trave di copertura trasversale

ELEMENTO		SOLLECITAZIONI (aggiungi SLV e max e min)				PROPRIETA' GEOMETRICHE																	
		M_Ed				B	H	Lato pil	⊙ long.	⊙ staffe	N. barre As	N. barre Ats	L	Tipo trave	Sovrapposizione dove ci sono tutte le barre?	As mm^2	Ats mm^2	B	d	d	Spaz. barre	Spaz. Min.	Verifica
ID	SEZIONE	Comb. SLU kN/m	Comb. Rara kN/m	Comb. Freq. kN/m	Comb. Q. P. kN/m	cm	cm	mm	mm	mm			cm					mm	mm	mm	mm	mm	
CAMPATA TRAVE	SK	0,0	0,0	0,0	0,0	35	45	35	18	10	6,00	3,00		-		1536,8	763,4	350	59	391	28,4	25	OK
	DK	140,3	97,87	85,1	83,4	35	45	-	18	10	6,00	3,00	7,5	Continua campata term.	NO	1536,8	763,4	350	59	391	28,4	25	OK
	GEN	-167,3	-121,0	-106,6	-104,6	35	45	35	20	10	6,00	3,00			NO	1885,0	942,5	350	60	390	26,0	25	OK

INPUT		
MATERIALI		
B450C		
fyk	450	Mpa
Es	210000	MPa
v_s	1,15	
fyd	391,3	Mpa
e_yd	0,00186	
CLS		
Classe	C30/37	
Dg	20	mm
n = Es/Es	15	
fck	30	MPa
α_cc	0,85	
v_c	1,5	
fcd	17,00	Mpa
e_c2	0,002	
e_cu	0,0035	
κ	0,810	
η	0,416	
CONDIZIONI AMBIENTALI		
Cond. Amb.	Aggressive	
VITA NOMINALE		
Vita Nom.	50	anni
COPRIFERRO		
c_min	C28/35	
c_0	C40/50	
c >= c_0	30	mm
c_min <= c < c_0	35	mm
fck(c_min)	28	MPa
fck(c_0)	40	MPa
Controllo?	SI	
c_min	40	mm
c scelto	40	mm
DUTTILITA'		
Classe	CDB	

CHECK COMPLESSIVO			
max D/C	Verifiche minimi	Verifiche SLU	Verifiche SLE
0,000	OK	OK	OK
0,846	OK	OK	OK
0,913	OK	OK	OK

Verifiche fessurazioni

VERIFICA A FESSURAZIONE

Vedi diagrammi Strian

	S.L.E. RARA	S.L.E. FREQ.	S.L.E. Q. PERM.	
M _{ed}	97,67	85,12	83,36	KNm
M _{-ed}	120,99	106,63	104,62	KNm

In seguito alle verifiche di fessurazione in condizioni ambientali aggressive date la presenza ravvicinata del mare si è valutato di modificare l'armatura longitudinale mantenendo invariati la base, l'altezza e il numero di ferri

CAMPATA		
A _s	6φ 18	1524 mm ²
A' _s	3φ 18	762 mm ²
APPOGGIO		
A _s	6φ 20	1884 mm ²
A' _s	3φ 20	942 mm ²

STAFFE ZONA DISSIPATIVA

$V_{rdcd} > V_{ed,SLU}$	
$V_{rdcd} = 0,45 \cdot d \cdot B \cdot f_{cd} \cdot 0,5$	535,50 KN
$V_{ed,SLU} / V_{rdcd}$	0,25 < 1
$V_{rsd} > V_{ed,SLU}$	
Fisso n° bracci	2
Fisso φ _{st}	10 mm
$V_{rsd} = A_{sw} / s \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{yd}$	
$g = A_{sw} / s = V_{ed,SLU} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{yd}$	0,95
$A_{sw} = n \cdot \text{bracci} \cdot A_{\phi st}$	157 mm ²
$s < A_{sw} / g$	16,45 cm
Si assume s	10,00 cm
Lunghezza area dissipativa da filo pilastro = H	45 cm

VERIFICHE STAFFE ZONA DISSIPATIVA CD"B"

s < d/4	10 cm	NO
s < 22,5 cm	22,5 cm	OK
s < 8 * φ _{Long}	14,4 cm	NO
s < 24 * φ _{st}	24 cm	OK

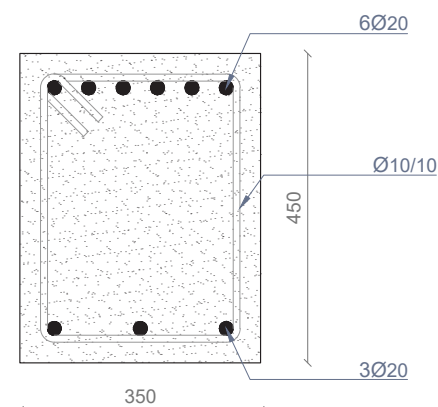
STAFFE ZONA NON DISSIPATIVA

Fisso n° bracci	2
Fisso φ _{st}	10 mm
$s < A_{sw} \cdot 100 / 1,5 \cdot B$	29,90 cm
Si assume s	25,00 cm

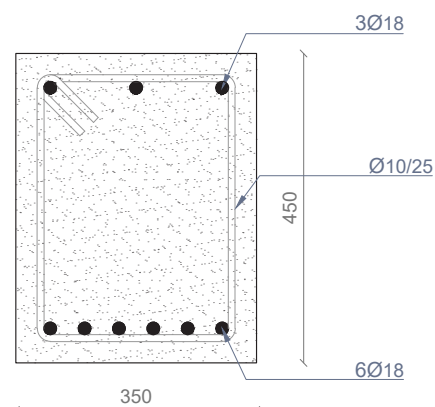
VERIFICHE STAFFE ZONA NON DISSIPATIVA

s < 0,8 * d	32 cm	OK
s < 33,3 cm	33,3 cm	OK

T01 - Trave di copertura trasversale



Dettaglio sezione (Appoggio) [mm]



Dettaglio sezione (Campata) [mm]

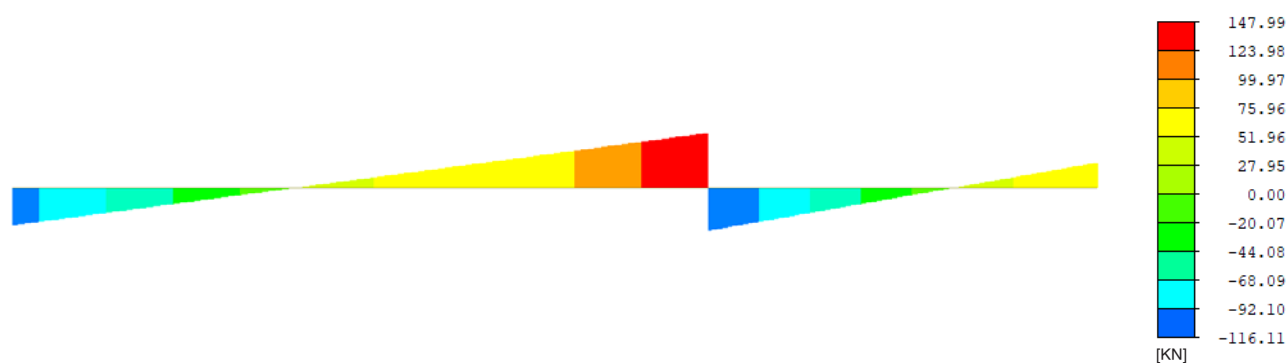


Diagramma del taglio (Midas)

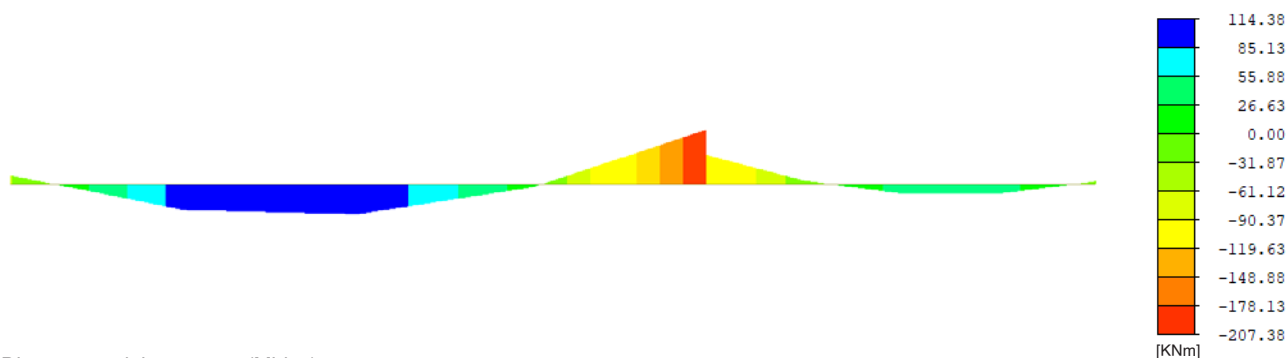


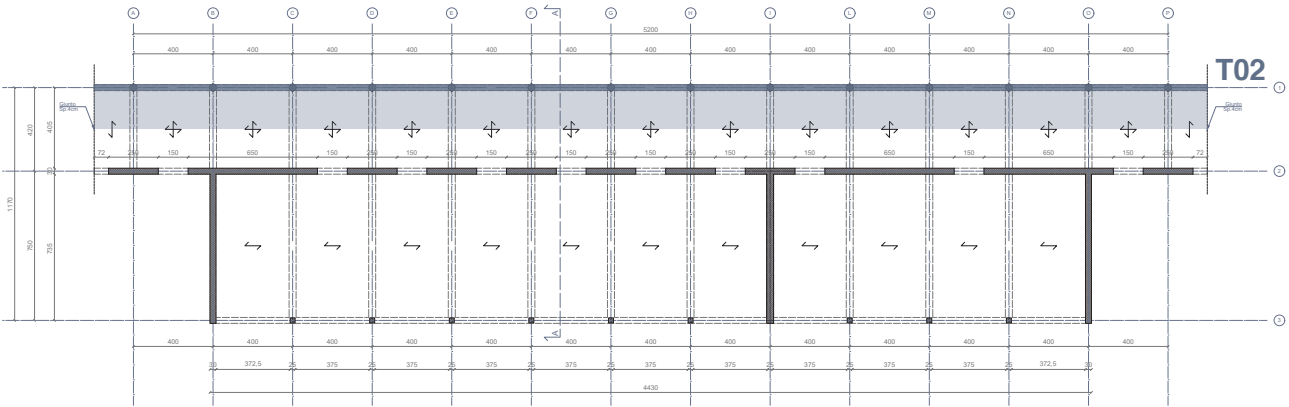
Diagramma del momento (Midas)

Osservando e comparando le azioni interne calcolate preliminarmente attraverso il software Strian con le azioni interne risultanti dal calcolo di Midas, ci si rende conto che le semplificazioni adottate inizialmente sono a favore della sicurezza. Infatti, è possibile notare che il calcolo eseguito dal programma Midas riduce leggermente le sollecitazioni insistenti sugli elementi.

Questa variazione è anche data dal fatto che l'appoggio B (centrale) inizialmente, per i calcoli, è stato considerato come un semplice appoggio mentre su Midas è stato modellato come un incastro (infatti il momento in corrispondenza dell'appoggio B non è continuo ma una parte trasmessa è al muro di sostegno).

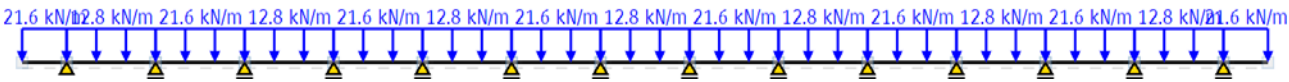
Nonostante ciò, si possono considerare i pre-dimensionamenti validi in quanto il comportamento strutturale pensato inizialmente è a vantaggio della sicurezza.

T02 - Trave di copertura longitudinale

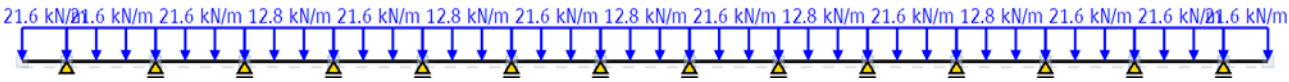


Pianta strutturale piano copertura [cm]

Area di influenza



Schema statico (massimizzare campata)



Schema statico (massimizzare appoggio)

T02 - Trave di copertura longitudinale

CARICHI AGENTI SUL PORTICATO

G_1	3,98 KN/mq
G_2	2,26 KN/mq
$q_{\text{manutenzione}}$	0,50 KN/mq
q_{Neve}	0,45 KN/mq

COMBINAZIONE CARICHI PORTICATO

Considero la condizione con 100% manutenzione	MAX	MIN	
S.L.U. $\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	9,65	5,78	KN/mq
S.L.E. RARA $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	6,96		KN/mq
S.L.E. FREQUENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	6,33		KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	6,24		KN/mq

LUNGHEZZA DI INFLUENZA

2,1 m

LUCE CAMPATA

4 m

LUCE MENSOLA

2 m

CARICO q PORTICATO (+5% P.P. TRAVE)

	MAX	MIN	
q_{SLU}	21,57	12,75	KN/m
$q_{\text{SLE,RARA}}$	15,57		KN/m
$q_{\text{SLE,FREQ}}$	14,15		KN/m
$q_{\text{SLE,QPER}}$	13,94		KN/m

COMBINAZIONE PIU' GRAVOSA IN CAMPATA 2

Mensola 1	q_{MAX}
Campata 1	q_{MIN}
Campata 2	q_{MAX}
Campata 3	q_{MIN}
Campata 4	q_{MAX}
Campata 5	q_{MIN}
Campata 6	q_{MAX}
Campata 7	q_{MIN}
Campata 8	q_{MAX}
Campata 9	q_{MIN}
Campata 10	q_{MAX}
Campata 11	q_{MIN}
Campata 12	q_{MAX}
Campata 13	q_{MIN}
Mensola 2	q_{MAX}

COMBINAZIONE PIU' GRAVOSA IN APPOGGIO A

Mensola 1	q_{MAX}
Campata 1	q_{MAX}
Campata 2	q_{MAX}
Campata 3	q_{MIN}
Campata 4	q_{MAX}
Campata 5	q_{MIN}
Campata 6	q_{MAX}
Campata 7	q_{MIN}
Campata 8	q_{MAX}
Campata 9	q_{MIN}
Campata 10	q_{MAX}
Campata 11	q_{MIN}
Campata 12	q_{MAX}
Campata 13	q_{MAX}
Mensola 2	q_{MAX}

T02 - Trave di copertura longitudinale

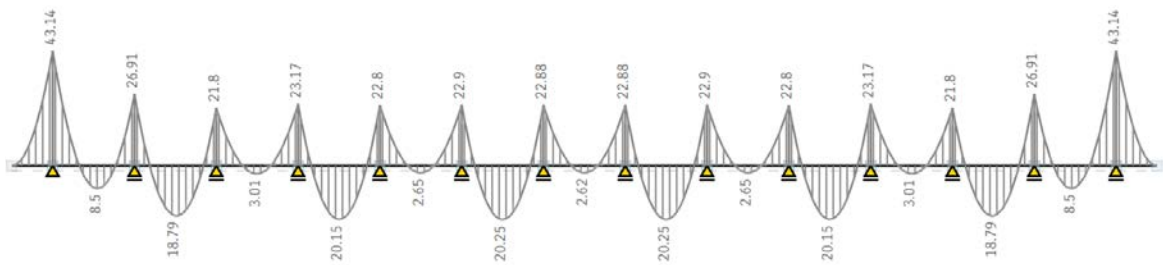


Diagramma del momento (massimizzato sull'appoggio) [KNm]

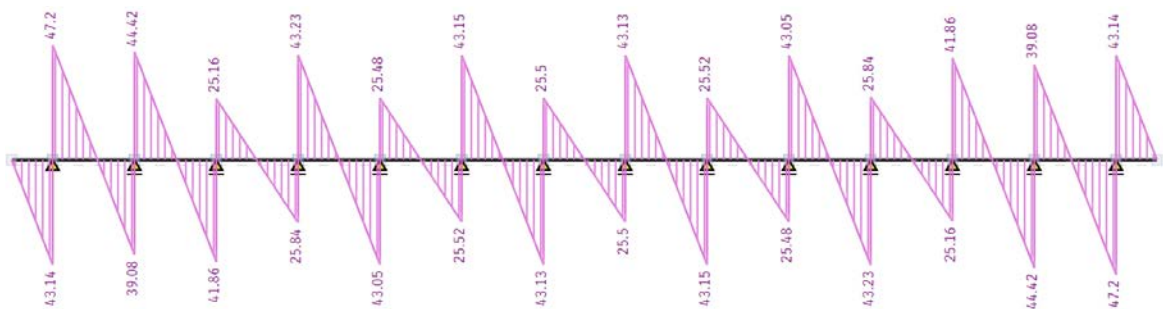


Diagramma del taglio (massimizzato sull'appoggio) [KN]

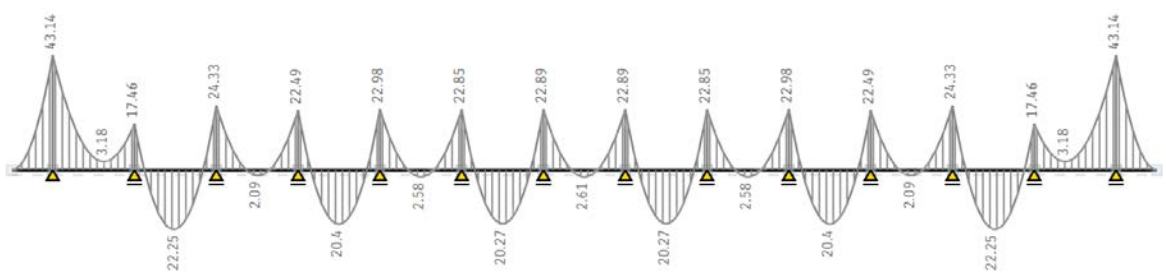


Diagramma del momento (massimizzato in campata) [KNm]

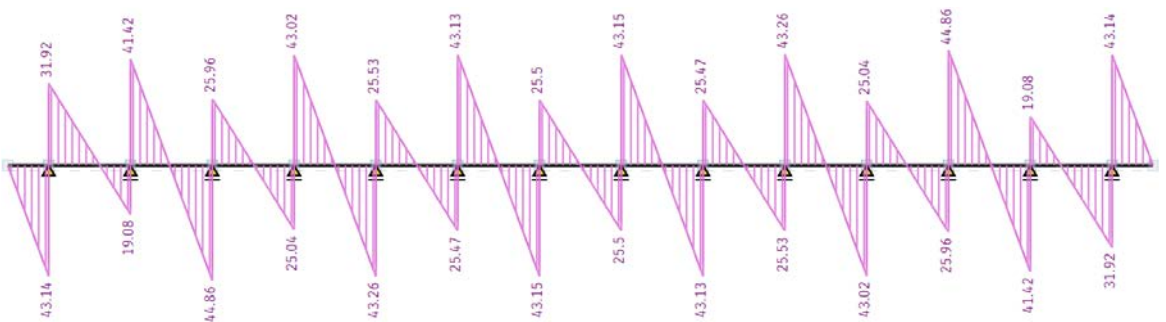


Diagramma del taglio (massimizzato in campata) [KN]

PROGETTO A FLESSIONE

Vedi diagrammi Strian

$N_{ed,SLU}$	0,00 KN
$M^+_{ed,SLU}$	22,25 KNm
$M^-_{ed,SLU}$	43,14 KNm
$V_{ed,SLU}$	47,20 KN

CLS	f_{ck}	f_{cd}	
C25/30	25	14,17	Mpa
C28/35	28	15,87	Mpa
C30/37	30	17,00	Mpa
C32/40	32	18,13	Mpa
C35/45	35	19,83	Mpa

T02 - Trave di copertura longitudinale

GEOMETRIE SEZIONE

Fisso la base	30,00 cm
$d > (M_{ed,SLU} / 0,18 \cdot f_{cd} \cdot B)^{0,5}$	15,57 cm
d'	5,00 cm
H = d + d'	20,57 cm
H _{Effettiva}	25 cm
Si assume l'altezza trave della T01	45 cm
d	40 cm

$A_s > M_{ed,SLU}/f_{yd} \cdot 0,9 \cdot d$	306,24 mm ²	
n° ferri $\phi 16$	1,52	2
n° ferri $\phi 18$	1,21	2
n° ferri $\phi 20$	0,98	2
n° ferri $\phi 22$	0,81	2
n° ferri $\phi 24$	0,68	2
Interassi $\phi 16$	184,00 mm	
Interassi $\phi 18$	182,00 mm	
Interassi $\phi 20$	180,00 mm	
Interassi $\phi 22$	178,00 mm	
Interassi $\phi 24$	176,00 mm	
Si assume	2 $\phi 16$	
$A'_s > 0,5 \cdot A_s$	2 $\phi 16$	

SEZIONE TROVATA

B	30,00 cm
H	45 cm
d	40 cm
d'	5,00 cm
A _s	402 mm ²
A' _s	402 mm ²

ACCIAIO	f _{yk}	f _{yd}
B450C	450	391,30 Mpa
Es	210000	Mpa

AREE FERRI

$\phi 16$	201 mm ²
$\phi 18$	254 mm ²
$\phi 20$	314 mm ²
$\phi 22$	380 mm ²
$\phi 24$	452 mm ²

VERIFICHE GEOMETRICHE BASE CD "B"

B > 20 cm	20 cm	OK
B < 2 * L _p	70 cm	OK
B > H/4	11,25 cm	OK

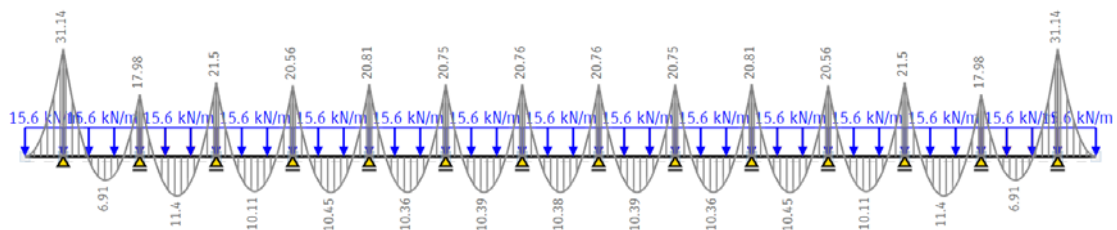


Diagramma del momento (SLE Rara) [KNm]

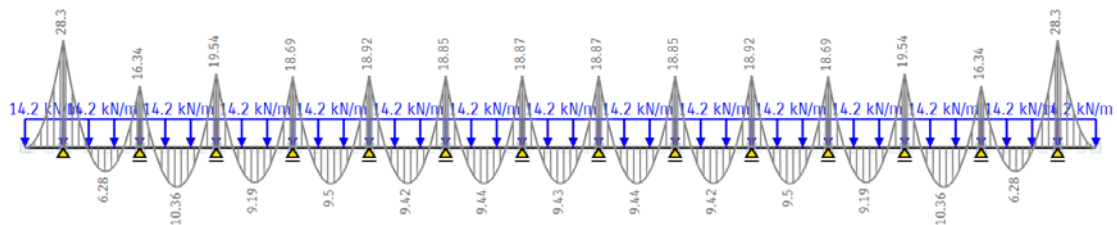


Diagramma del momento (SLE Frequente) [KNm]

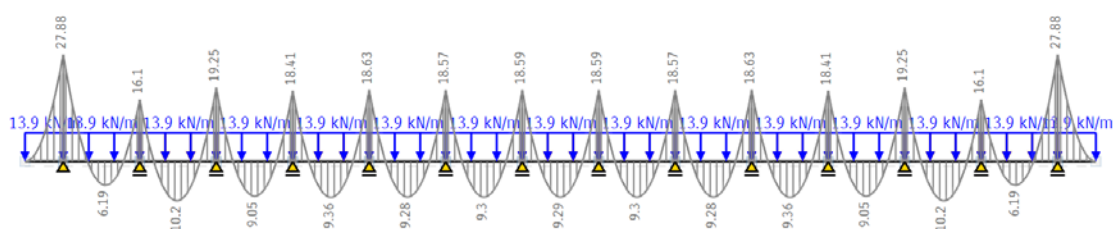


Diagramma del momento (SLE Quasi Permanente) [KNm]

T02 - Trave di copertura longitudinale

ELEMENTO		SOLLECITAZIONI (aggiungi SLV e max e min)				PROPRIETÀ GEOMETRICHE																		
		M_Ed																						
ID	SEZIONE	Comb. SLU kN/m	Comb. Rara kN/m	Comb. Freq. kN/m	Comb. Q. P. kN/m	B cm	H cm	Lato pil mm	∅ long. mm	∅ staffe mm	N. barre As	N. barre Ats	L cm	Tipo trave	Sovrapposizione dove ci sono tutte le barre?	As mm^2	Ats mm^2	B mm	d mm	d mm	Spaz. barre mm	Spaz. Min. mm	Verifica	
CAMPATA TRAVE	SV	-43,1	-31,1	-26,3	-27,9	30	45	35	18	10	2,00	2,00	-	-	-	NO	508,9	508,9	300	59	391	164,0	25	OK
	DK	22,3	11,40	6,3	6,2	30	45	-	18	10	2,00	2,00	4	Continua campata intern.	NO	508,9	508,9	300	59	391	164,0	25	OK	
	GEN	-26,9	-18,0	-16,3	-16,1	30	45	35	18	10	2,00	2,00	-	-	NO	NO	508,9	508,9	300	59	391	164,0	25	OK

INPUT		
MATERIALI		
B450C		
f _{yk}	450	Mpa
E _s	210000	MPa
v _s	1,15	
f _{yd}	391,3	Mpa
e _y	0,00186	
CLS		
Classe	C30/37	
D _g	20	mm
n = E _s /E _c	15	
f _{ck}	30	MPa
α _{cc}	0,85	
v _c	1,5	
f _{cd}	17,00	Mpa
e _{c2}	0,002	
e _{cu}	0,0035	
κ	0,810	
η	0,416	
CONDIZIONI AMBIENTALI		
Cond. Amb.	Aggressive	
VITA NOMINALE		
Vita Nom.	50	anni
COPRIFERRO		
c _{min}	C28/35	
c ₀	C40/50	
c >= c ₀	30	mm
c _{min} <= c < c ₀	35	mm
f _{ck} (c _{min})	28	MPa
f _{ck} (c ₀)	40	MPa
Controllo?	SI	
c _{min}	40	mm
c scelto	40	mm
DUTTILITÀ		
Classe	CDB	

CHECK COMPLESSIVO			
max D/C	Verifiche minimi	Verifiche SLU	Verifiche SLE
0,827	OK	OK	OK
0,299	OK	OK	OK
0,478	OK	OK	OK

Verifiche fessurazioni

VERIFICA A FESSURAZIONE

Vedi diagrammi Strian

	S.L.E. RARA	S.L.E. FREQ.	S.L.E. Q. PERM.	
M _{ed}	11,4	6,28	6,19	KNm
M _{-ed}	31,14	28,30	27,88	KNm

In seguito alle verifiche di fessurazione in condizioni ambientali aggressive date la presenza ravvicinata del mare si è valutato di modificare l'armatura longitudinale mantenendo invariati la base, l'altezza e il numero di ferri

CAMPATA

A _s	2φ 18	508 mm ²
A' _s	2φ 18	508 mm ²

APPOGGIO

A _s	2φ 18	508 mm ²
A' _s	2φ 18	508 mm ²

STAFFE ZONA DISSIPATIVA

$V_{rdcd} > V_{ed,SLU}$	
$V_{rdcd} = 0,45 \cdot d \cdot B \cdot f_{cd} \cdot 0,5$	459,00 KN
$V_{ed,SLU} / V_{rdcd}$	0,10 < 1
$V_{rsd} > V_{ed,SLU}$	
Fisso n° bracci	2
Fisso φ _{st}	10 mm
$V_{rsd} = A_{sw} / s \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{yd}$	
$g = A_{sw} / s = V_{ed,SLU} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{yd}$	0,34
$A_{sw} = n \cdot \text{bracci} \cdot A_{\phi st}$	157 mm ²
$s < A_{sw} / g$	46,86 cm
Si assume s	10,00 cm
Lunghezza area dissipativa da filo pilastro = H	45 cm

VERIFICHE STAFFE ZONA DISSIPATIVA CD"B"

s < d/4	10 cm	NO
s < 22,5 cm	22,5 cm	NO
s < 8*φ _{Long}	14,4 cm	NO
s < 24*φ _{st}	24 cm	NO

STAFFE ZONA NON DISSIPATIVA

Fisso n° bracci	2
Fisso φ _{st}	10 mm
s < A _{sw} * 100 / 1,5 * B	34,89 cm
Si assume s	30,00 cm

VERIFICHE STAFFE ZONA NON DISSIPATIVA

s < 0,8*d	32 cm	NO
s < 33,3 cm	33,3 cm	NO

T02 - Trave di copertura longitudinale

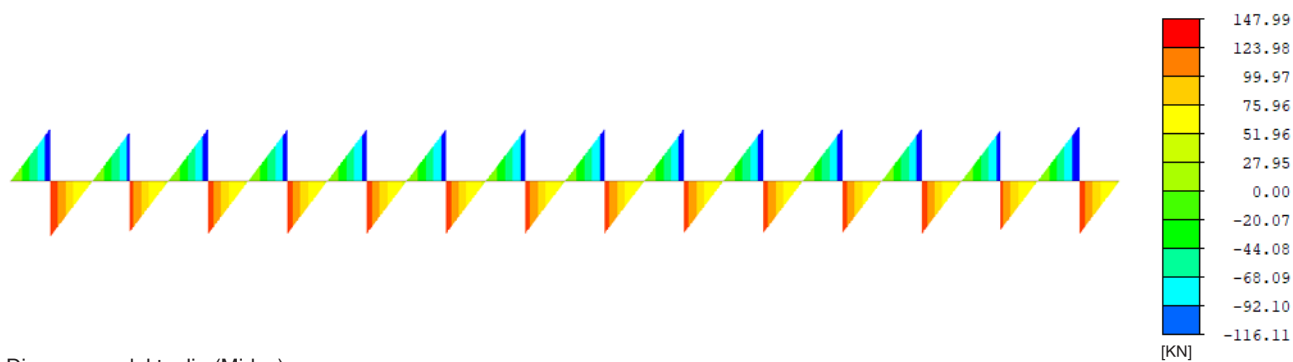
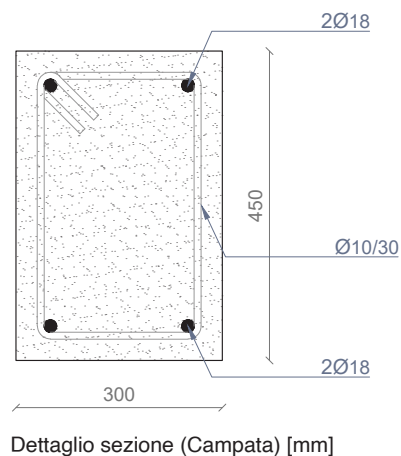
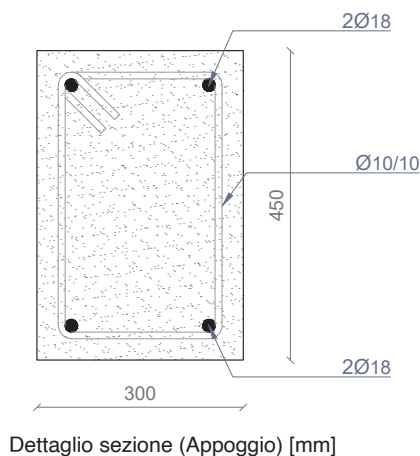


Diagramma del taglio (Midas)

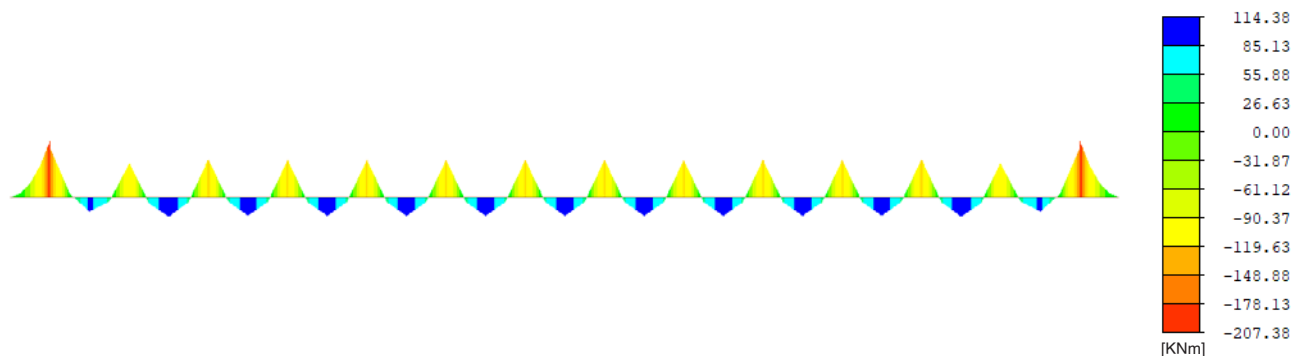
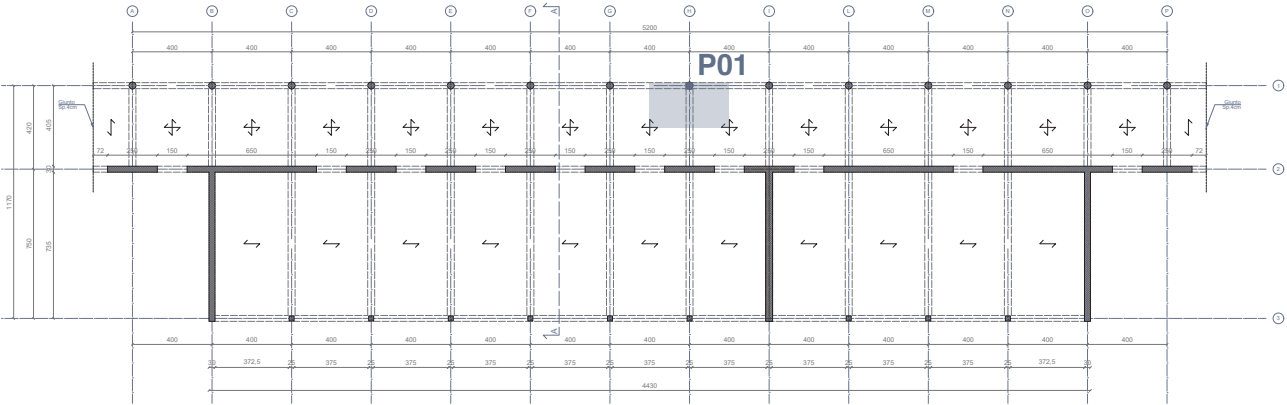


Diagramma del momento (Midas)

Osservando e comparando le azioni interne calcolate preliminarmente attraverso il software Strian con le azioni interne risultanti dal calcolo di Midas, ci si rende conto che le semplificazioni adottate inizialmente non compromettono la progettazione in quanto non producono sostanziali variazioni. Si possono, dunque, considerare i pre-dimensionamenti validi in quanto il comportamento strutturale rispecchia quello ipotizzato inizialmente.

P01 - Pilastro porticato



Pianta strutturale piano copertura [cm]

Area di influenza

92 kN



Schema statico

P01 - Pilastro porticato

COMBINAZIONE CARICHI PORTICATO

Considero la condizione con 100% manutenzione

S.L.U.	$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	10,25	KN/mq
S.L.E. RARA	$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	7,43	KN/mq
S.L.E. FREQUENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	6,79	KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	6,70	KN/mq

AREA DI INFLUENZA

8,4 mq

ALTEZZA PILATRO

4 m

CARICO P PORTICATO (+50% PESO PILASTRO)

Ipotizzo pilastro 30x30cm

q_{SLU}	91,99	KN
$q_{SLE,RARA}$	68,25	KN
$q_{SLE,FREQ}$	62,92	KN
$q_{SLE,QPER}$	62,16	KN

PROGETTO A COMPRESSIONE

N_{ed}	91,99	KN
$A_p = N_{ed} / f_{cd}$	5410,99	mm ²
$L_p = A_p^{0,5}$	73,56	mm

PROGETTO A SNELLEZZA

$$L > (12 * H_p^2 * N_{ed} / 625 * f_{cd})^{0,25} \quad 201,92 \text{ mm}$$

Per ragioni architettoniche si assume D

A_p	961,625	cm ²
$1\% < A_{s,tot} > 4\% A_p$	961,625	mm ²
n° ferri $\phi 16$	4,78	5
n° ferri $\phi 18$	3,79	4
n° ferri $\phi 20$	3,06	4
n° ferri $\phi 22$	2,53	3
n° ferri $\phi 24$	2,13	3

Si assume $A_{s,tot}$ 5 $\phi 16$ 1005 mm²

STAFFE

Si assume s	15,00	cm
Si assume ϕ	8	mm

CLS	f_{ck}	f_{cd}	
C25/30	25	14,17	Mpa
C28/35	28	15,87	Mpa
C30/37	30	17,00	Mpa
C32/40	32	18,13	Mpa
C35/45	35	19,83	Mpa

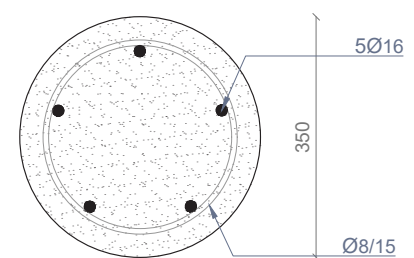
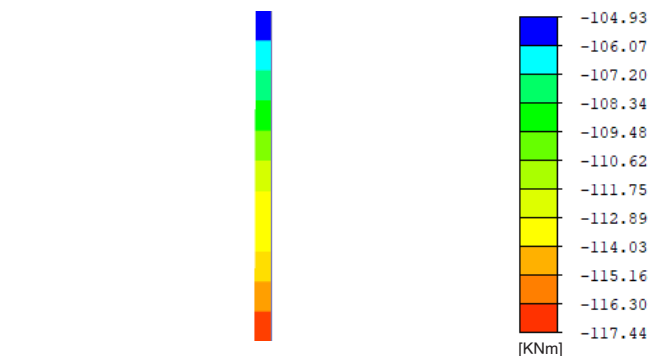
ACCIAIO	f_{yk}	f_{yd}	
B450C	450	391,30	Mpa
Es	210000		Mpa

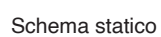
AREE FERRI

$\phi 16$	201	mm ²
$\phi 18$	254	mm ²
$\phi 20$	314	mm ²
$\phi 22$	380	mm ²
$\phi 24$	452	mm ²

VERIFICHE STAFFE

$s < 25\text{cm}$	25	cm
$s < 12 * \phi_{Long}$	19,2	cm
$\phi_{st} > 6\text{mm}$	6	mm
$\phi_{st} > \phi_{Long} / 4$	4	mm





P02 - Pilastro cella

COMBINAZIONE CARICHI PORTICATO

Considero la condizione con 100% manutenzione

S.L.U.	$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	7,41	KN/mq
S.L.E. RARA	$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$	5,38	KN/mq
S.L.E. FREQUENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	4,74	KN/mq
S.L.E. QUASI PERMANENTE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$	4,65	KN/mq

AREA DI INFLUENZA

15 mq

ALTEZZA PILATRO

4 m

CARICO P PORTICATO (+50% PESO PILASTRO)

Ipotizzo pilastro 30x30cm

Q_{SLU}	117,06	KN
$Q_{SLE,RARA}$	86,51	KN
$Q_{SLE,FREQ}$	76,99	KN
$Q_{SLE,QPER}$	75,64	KN

PROGETTO A COMPRESSIONE

N_{ed}	117,06	KN
$A_p = N_{ed} / f_{cd}$	6885,66	mm ²
$L_p = A_p^{0,5}$	82,98	mm

PROGETTO A SNELLEZZA

$$L > (12 * H_p^2 * N_{ed} / 625 * f_{cd})^{0,25} \quad 214,46 \text{ mm}$$

Si assume L	25	cm
A_p	625	cm ²
$1\% < A_{s,tot} > 4\% A_p$	625	mm ²
n° ferri $\phi 16$	3,11	4
n° ferri $\phi 18$	2,46	3
n° ferri $\phi 20$	1,99	2
n° ferri $\phi 22$	1,64	2
n° ferri $\phi 24$	1,38	2
Interassi $\phi 16$	34,00	mm
Interassi $\phi 18$	57,00	mm
Interassi $\phi 20$	130,00	mm
Interassi $\phi 22$	128,00	mm
Interassi $\phi 24$	126,00	mm

Si assume $A_{s,tot}$	4 ϕ 16	804 mm ²
A_s	2 ϕ 16	402 mm ²
A'_s	2 ϕ 16	402 mm ²

STAFFE

Si assume s	15,00	cm
Si assume ϕ	8	mm

CLS	f_{ck}	f_{cd}	
C25/30	25	14,17	Mpa
C28/35	28	15,87	Mpa
C30/37	30	17,00	Mpa
C32/40	32	18,13	Mpa
C35/45	35	19,83	Mpa

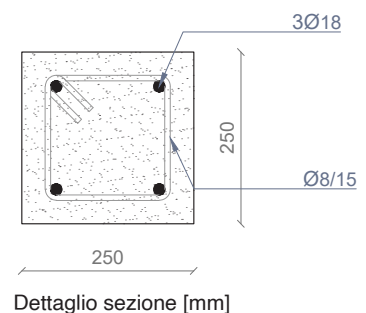
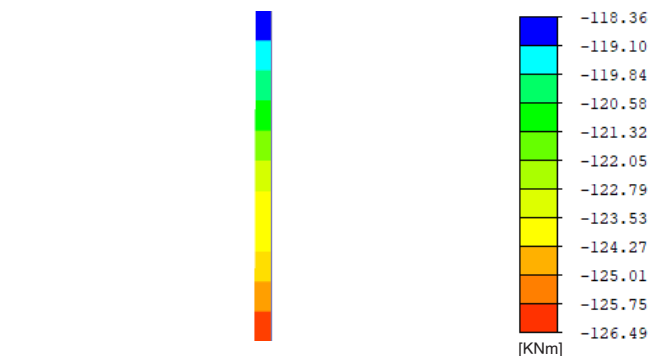
ACCIAIO	f_{yk}	f_{yd}	
B450C	450	391,30	Mpa
Es	210000		Mpa

AREE FERRI

$\phi 16$	201 mm ²
$\phi 18$	254 mm ²
$\phi 20$	314 mm ²
$\phi 22$	380 mm ²
$\phi 24$	452 mm ²

VERIFICHE STAFFE

$s < 25\text{cm}$	25	cm
$s < 12 * \phi_{Long}$	19,2	cm
$\phi_{st} > 6\text{mm}$	6	mm
$\phi_{st} > \phi_{Long} / 4$	4	mm



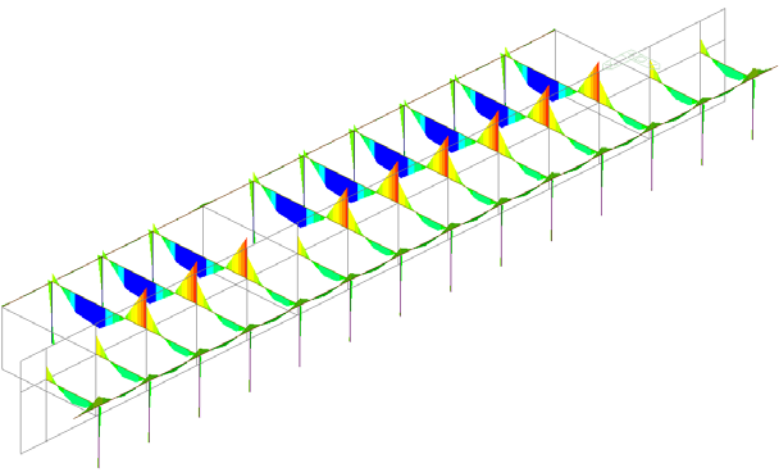


Diagramma del momento a SLU (coperura)

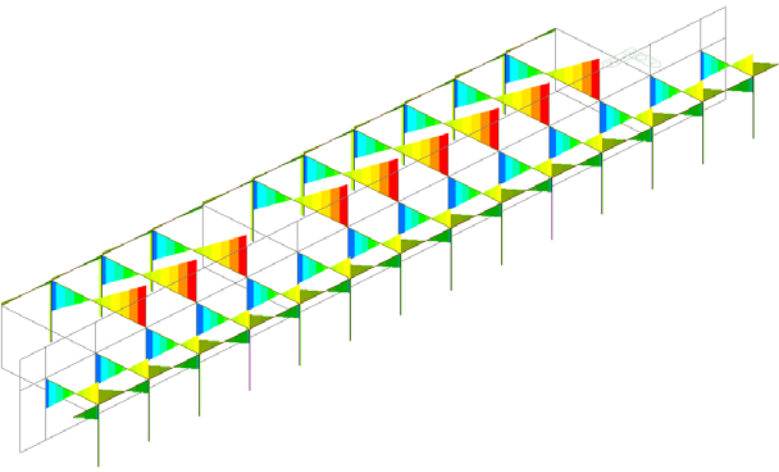
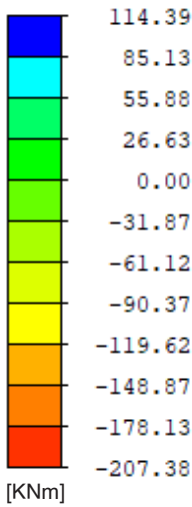


Diagramma del taglio a SLU (copertura)

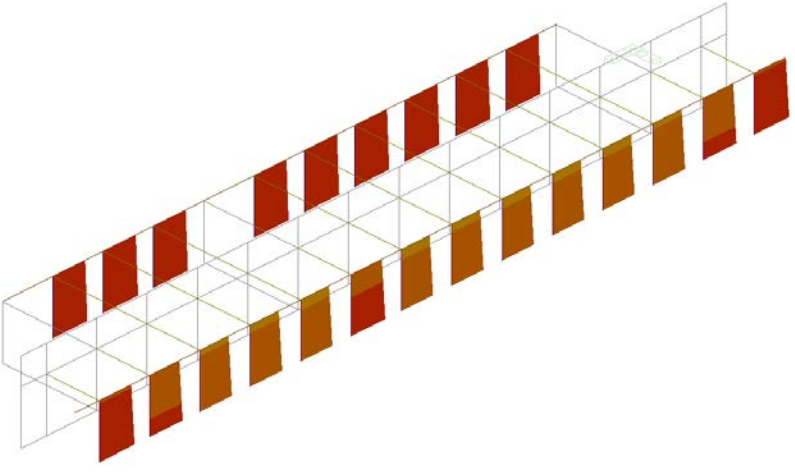
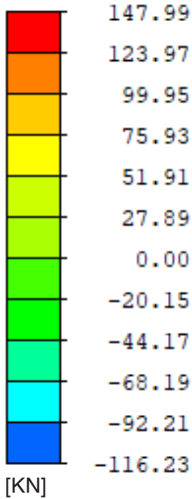
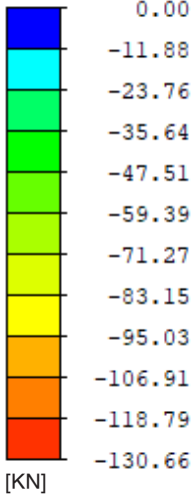


Diagramma delle forze assiali a SLU (pilastri)



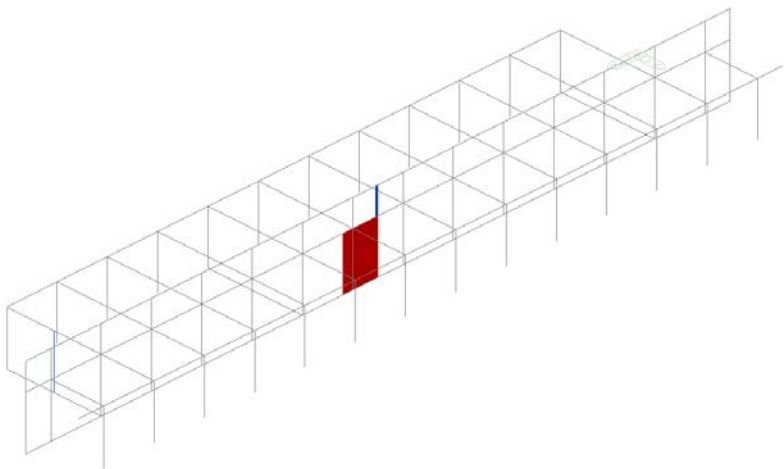


Diagramma del taglio a SLU (setti)

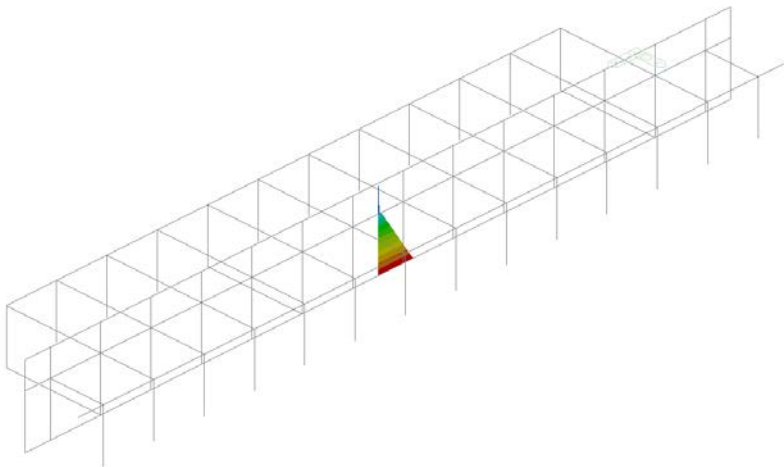
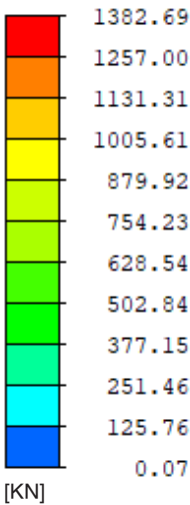
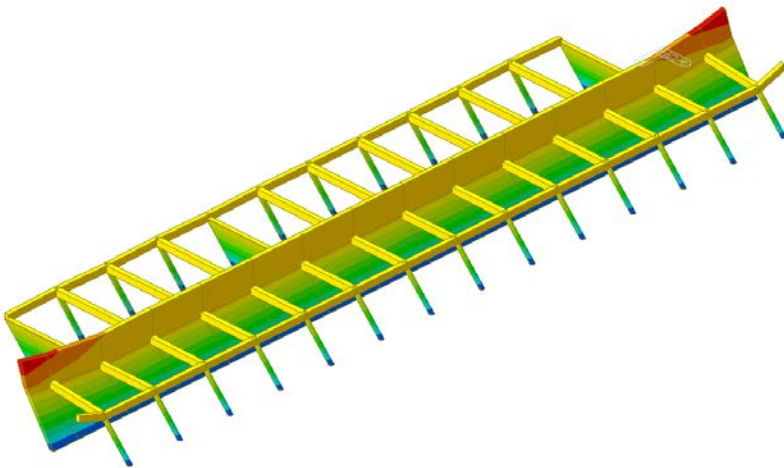
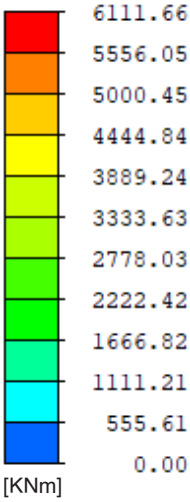
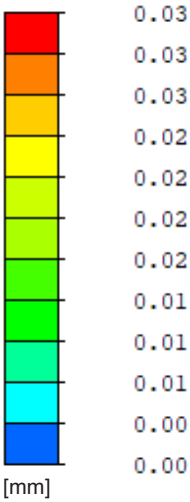


Diagramma del momento a SLV_y (setti)



Deformazione a SLV_y



Verifiche Midas

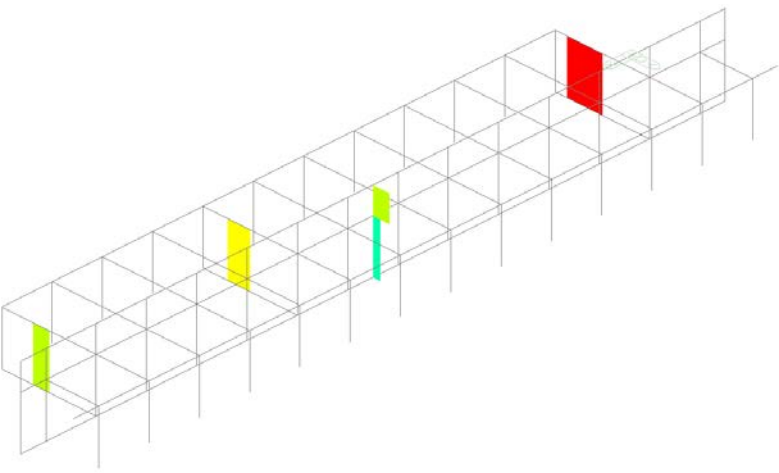


Diagramma del taglio a SLV_x (setti)

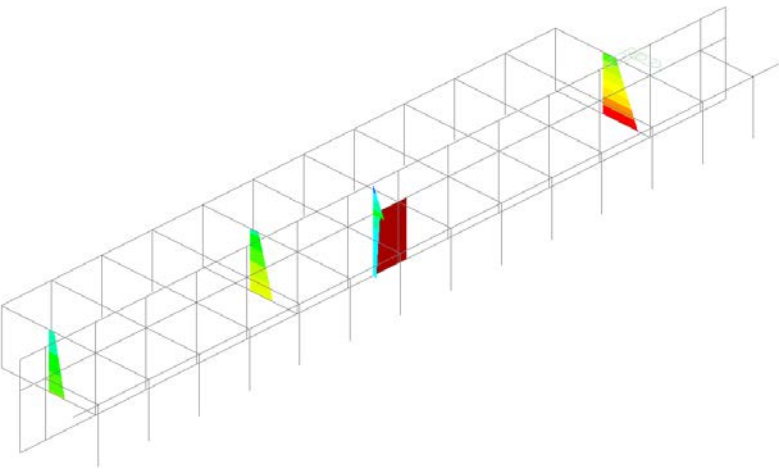
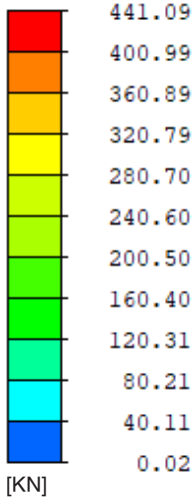
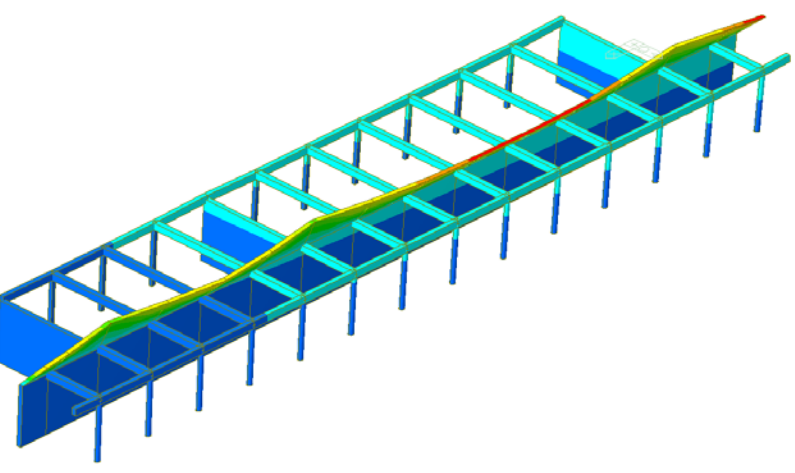
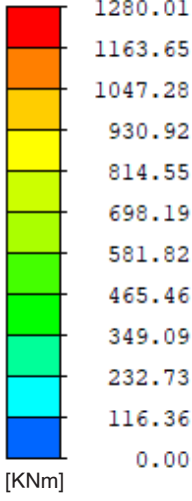
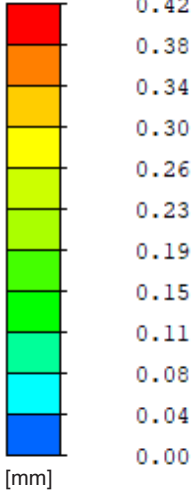
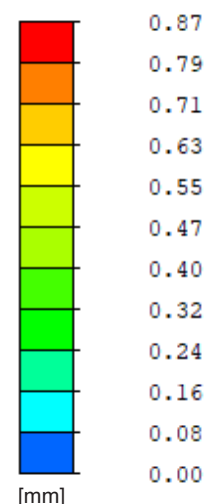
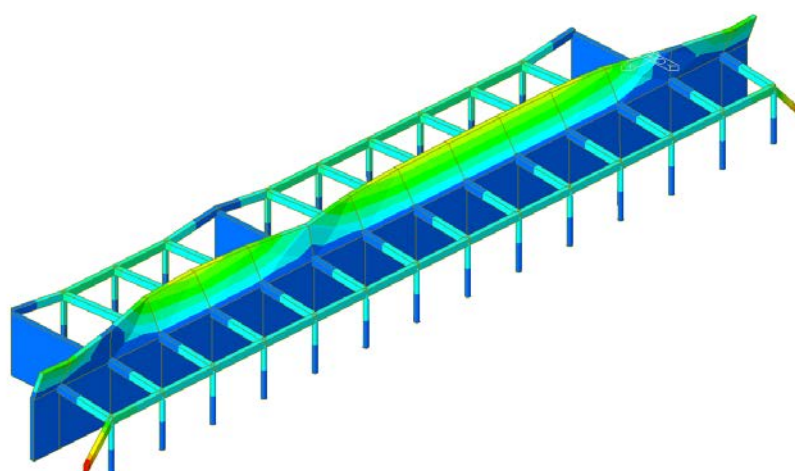


Diagramma del momento a SLV_x (setti)



Deformazione a SLV_x





Deformazione a SLE Rara

Eurocode2:04 RC-Column Chec... — □ ×

Code : EC2:04,NTC2018 Unit : kN , m

Sorted by ☐ Member Results ☒ Strength ☐ Serviceability

☒ Property

MEMB	SEL	Section		fck	fyk	CHK
SECT		Bc	Hc	Height	fyw	
0	<input type="checkbox"/>	25x25		30000.0	450000	OK
3	<input type="checkbox"/>	0.2500	0.2500	4.0000	450000	OK
0	<input type="checkbox"/>	D35		30000.0	450000	OK
4	<input type="checkbox"/>	0.0000	0.3500	4.0000	450000	OK

Verifiche sezioni (pilastri)

Eurocode2:04 RC-Beam Checkin... — □ ×

Code : EC2:04,NTC2018 Unit : kN , m

Sorted by ☐ Member Results ☒ Strength ☐ Serviceability

☒ Property

MEMB	SEL	Section		fck	fyk	POS	CHK
SECT		Bc	Hc	Height	fyw		
Span		bf	hf				
0	<input type="checkbox"/>	35x45		30000.0		I	OK
1	<input type="checkbox"/>	0.3500	0.4500	450000		M	OK
7.5000	<input type="checkbox"/>	0.0000	0.0000	450000		J	OK
0	<input type="checkbox"/>	30x45		30000.0		I	OK
2	<input type="checkbox"/>	0.3000	0.4500	450000		M	OK
4.0000	<input type="checkbox"/>	0.0000	0.0000	450000		J	OK

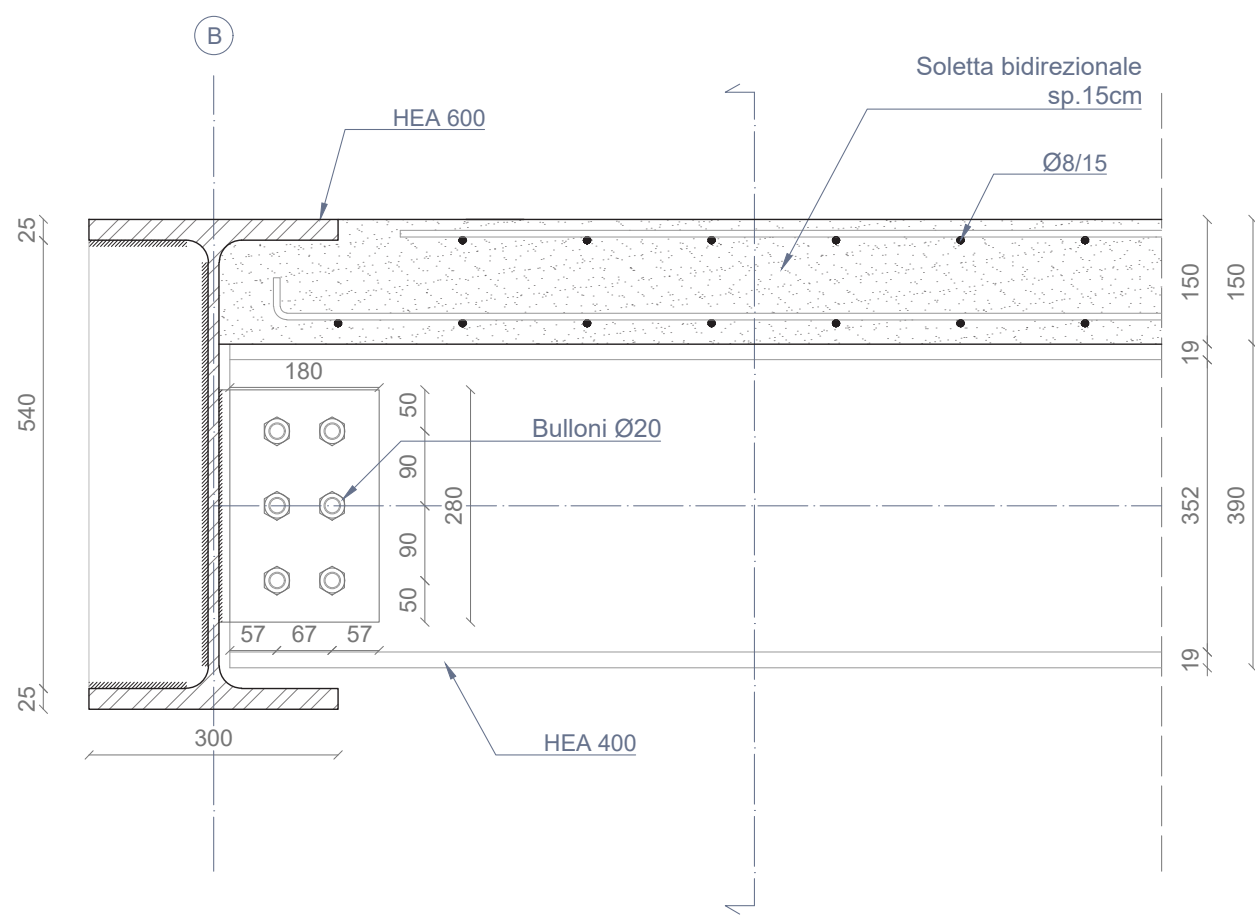
Verifiche sezioni (travi)

Grazie al software Midas sono state eseguite tutte le verifiche necessarie. In primo luogo, è stata controllata la deformazione in combinazione SLE_Rara in modo tale che risulti nei limiti imposti (1/250L).

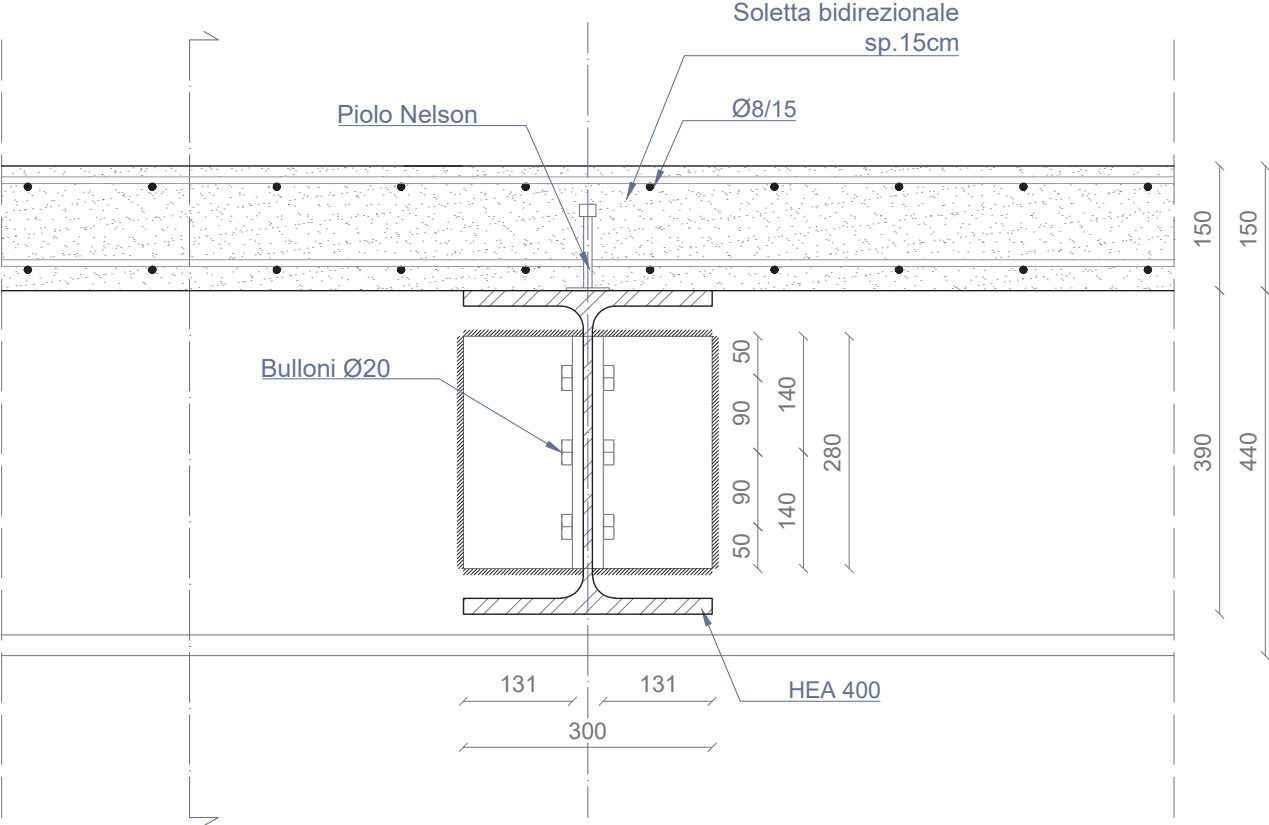
In seguito, sono stati verificati i massimi spostamenti in combinazione sismica, facendo attenzione che almeno il 90% della massa dell'edifici si muovesse. Infine, dopo aver inserito l'armatura progettata all'interno dei diversi elementi (travi e pilastri), è stata effettuata la verifica di resistenza alle sollecitazioni allo Stato Limite Ultimo.

Allegati strutturali

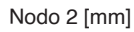
Museo

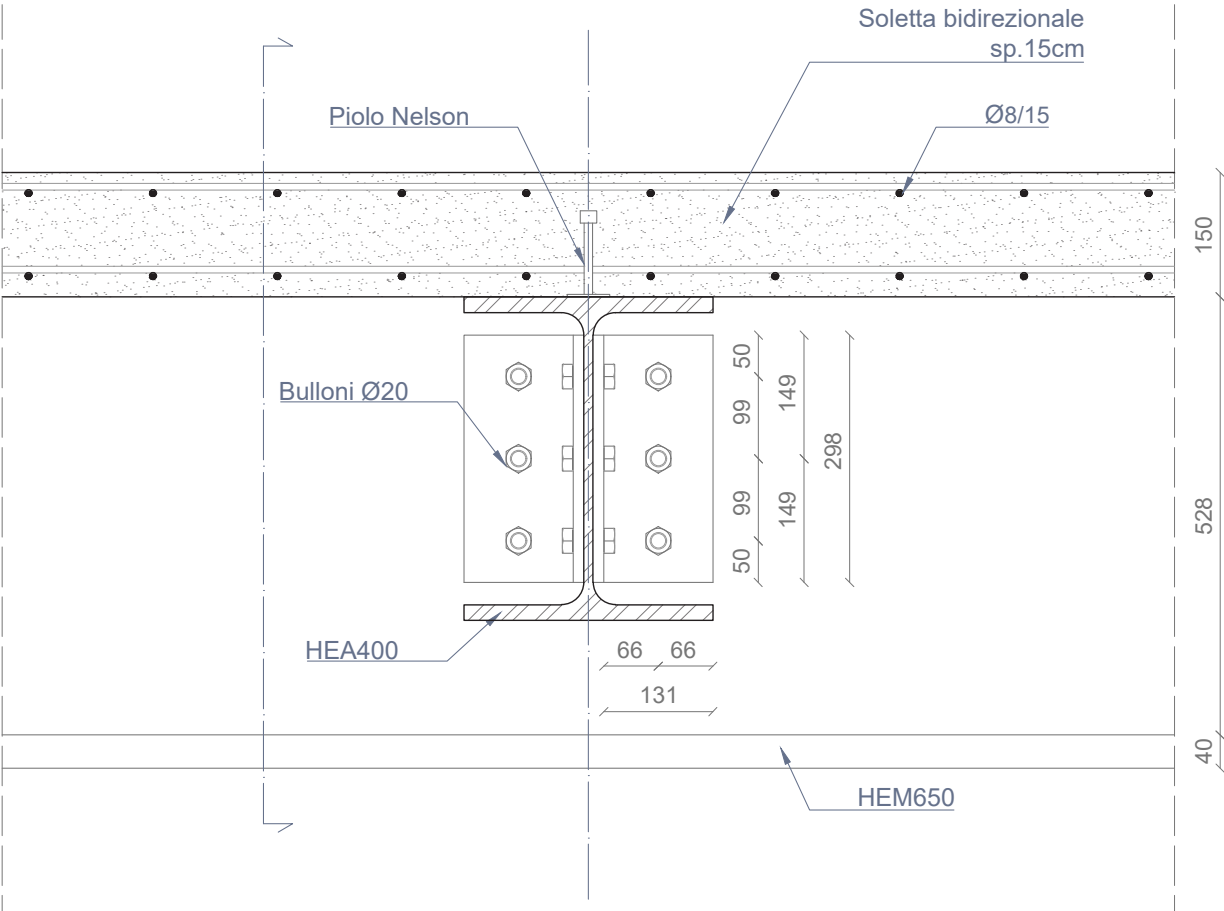


Nodo 1 [mm]

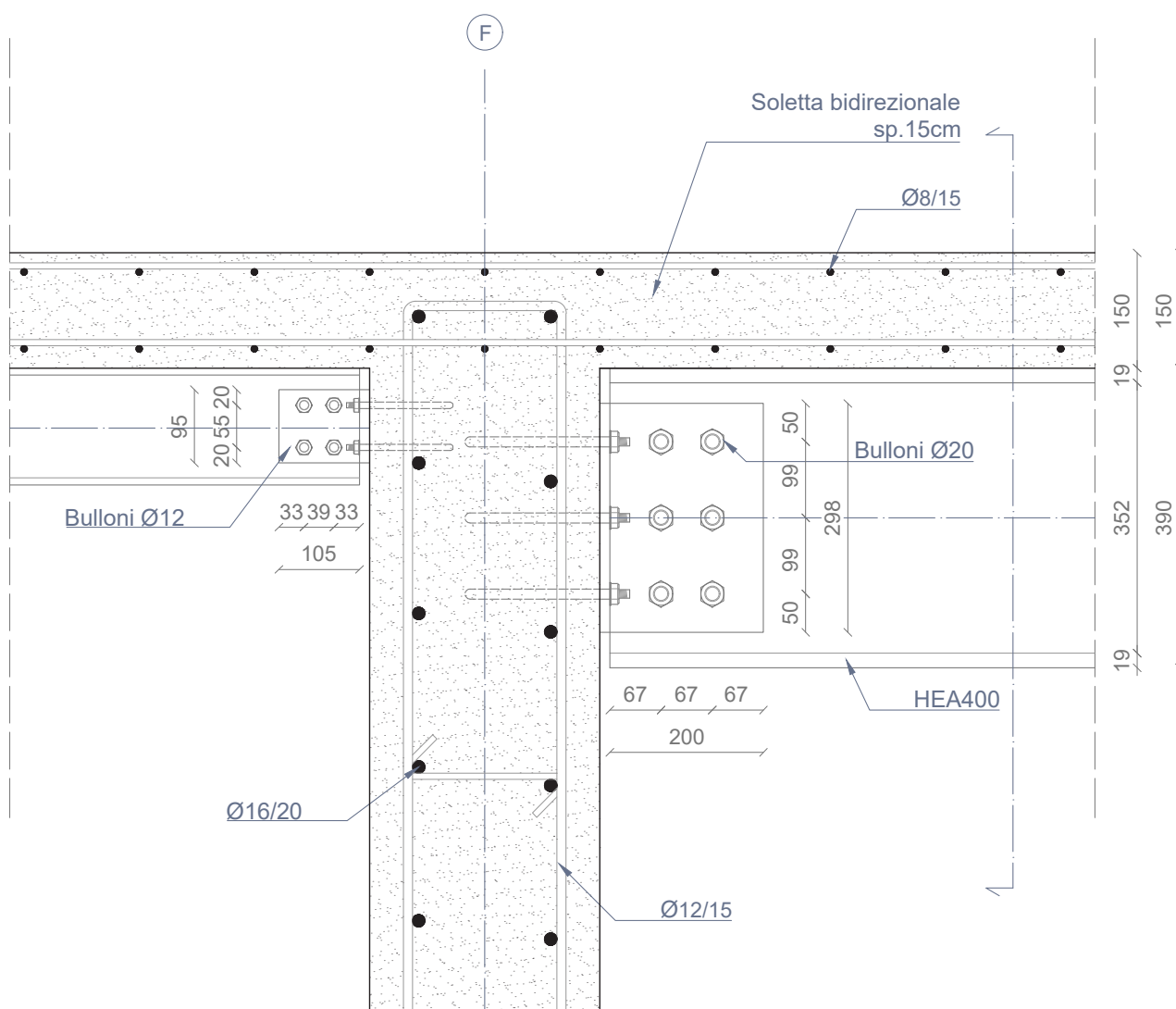


Nodo 1 [mm]

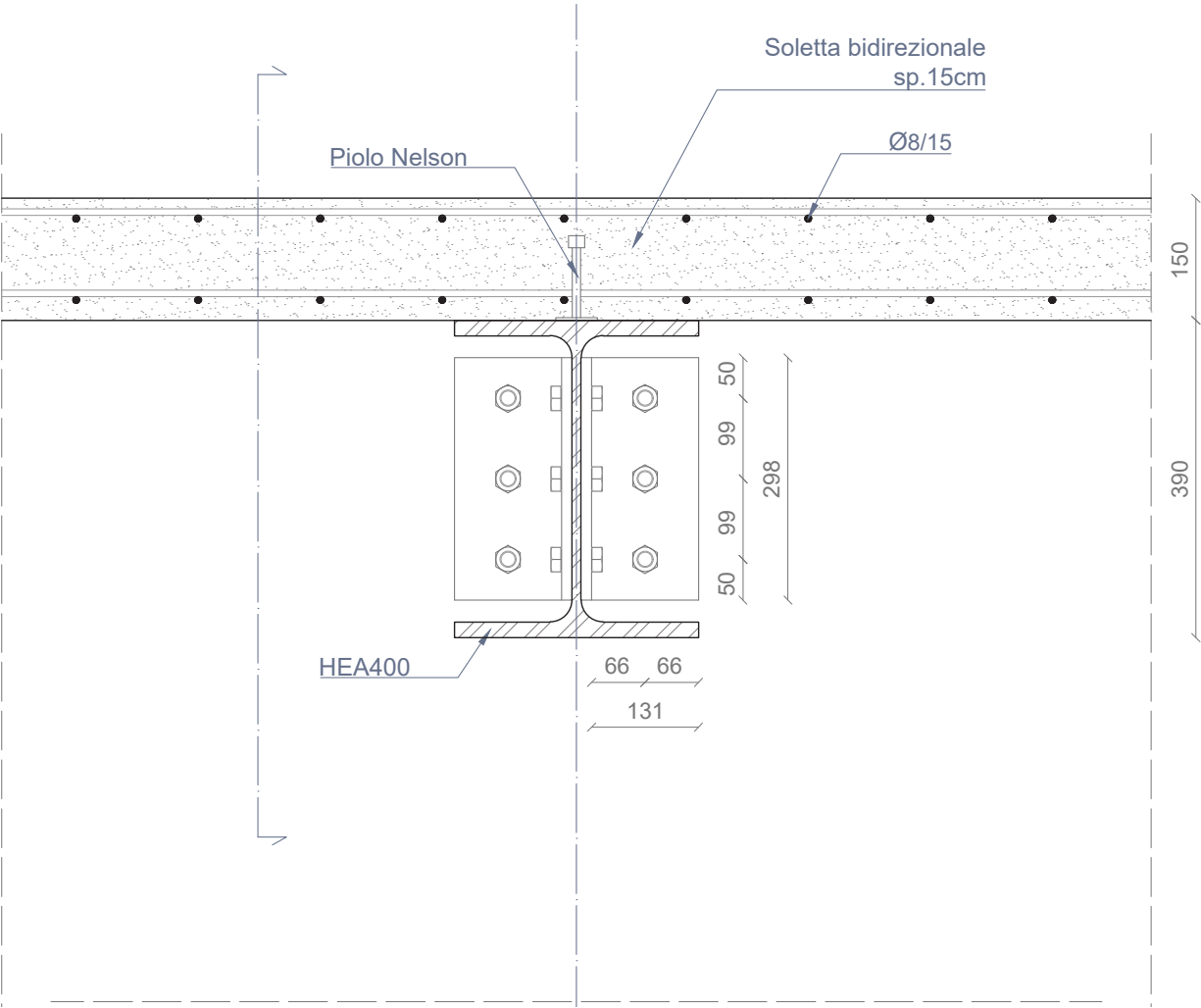




Nodo 2 [mm]

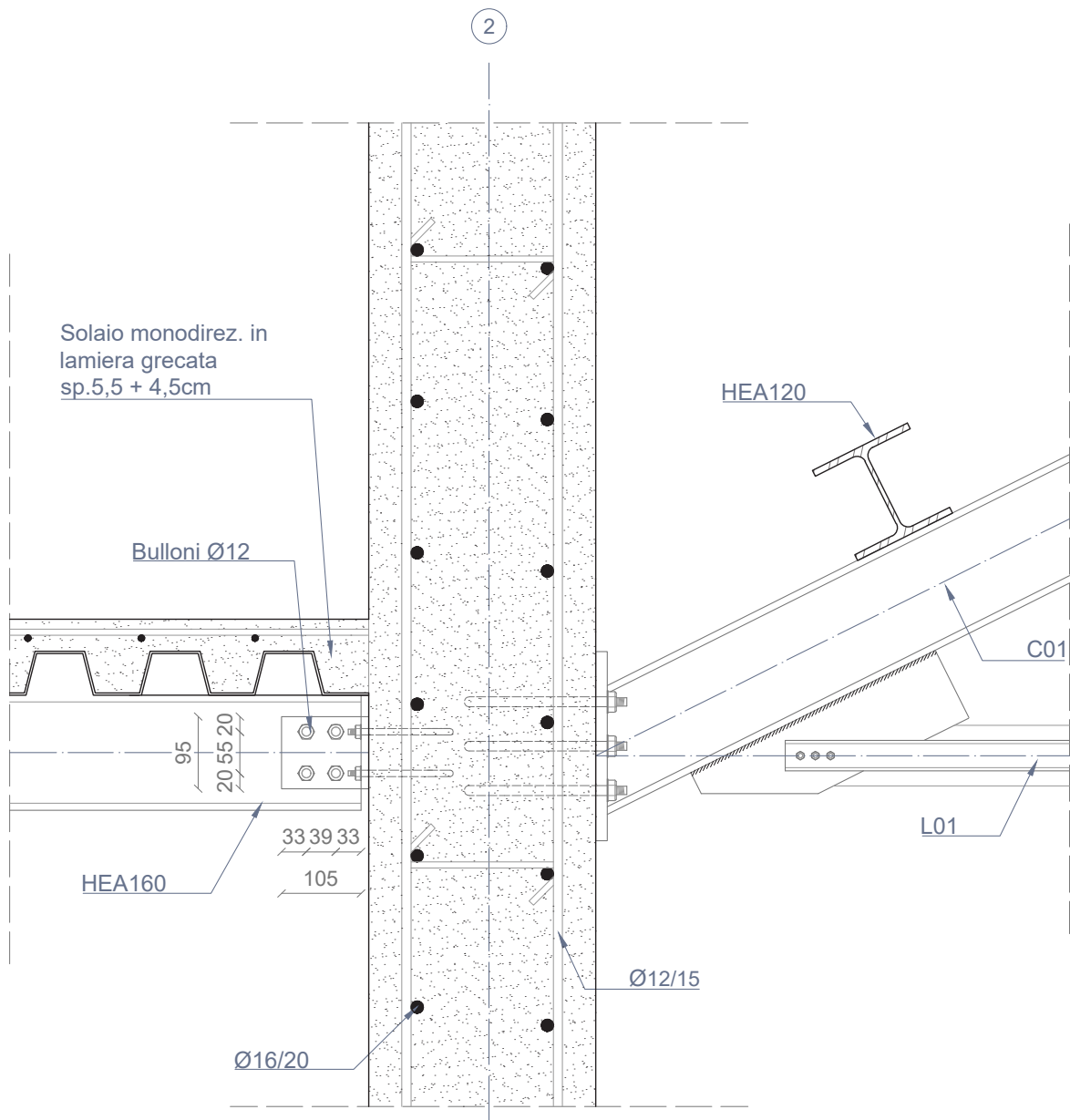


Nodo 3 [mm]

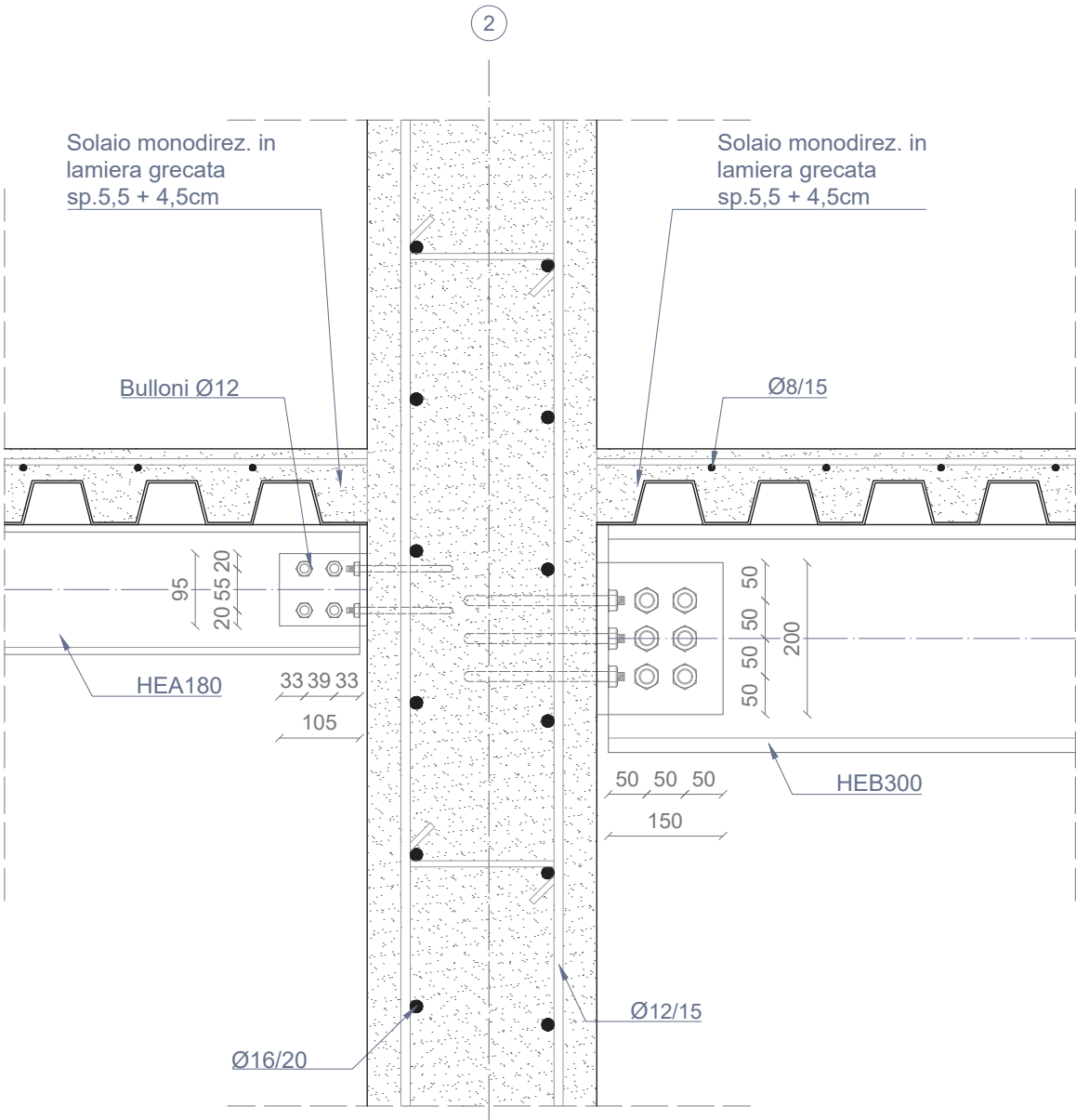


Nodo 3 [mm]

Arsenale

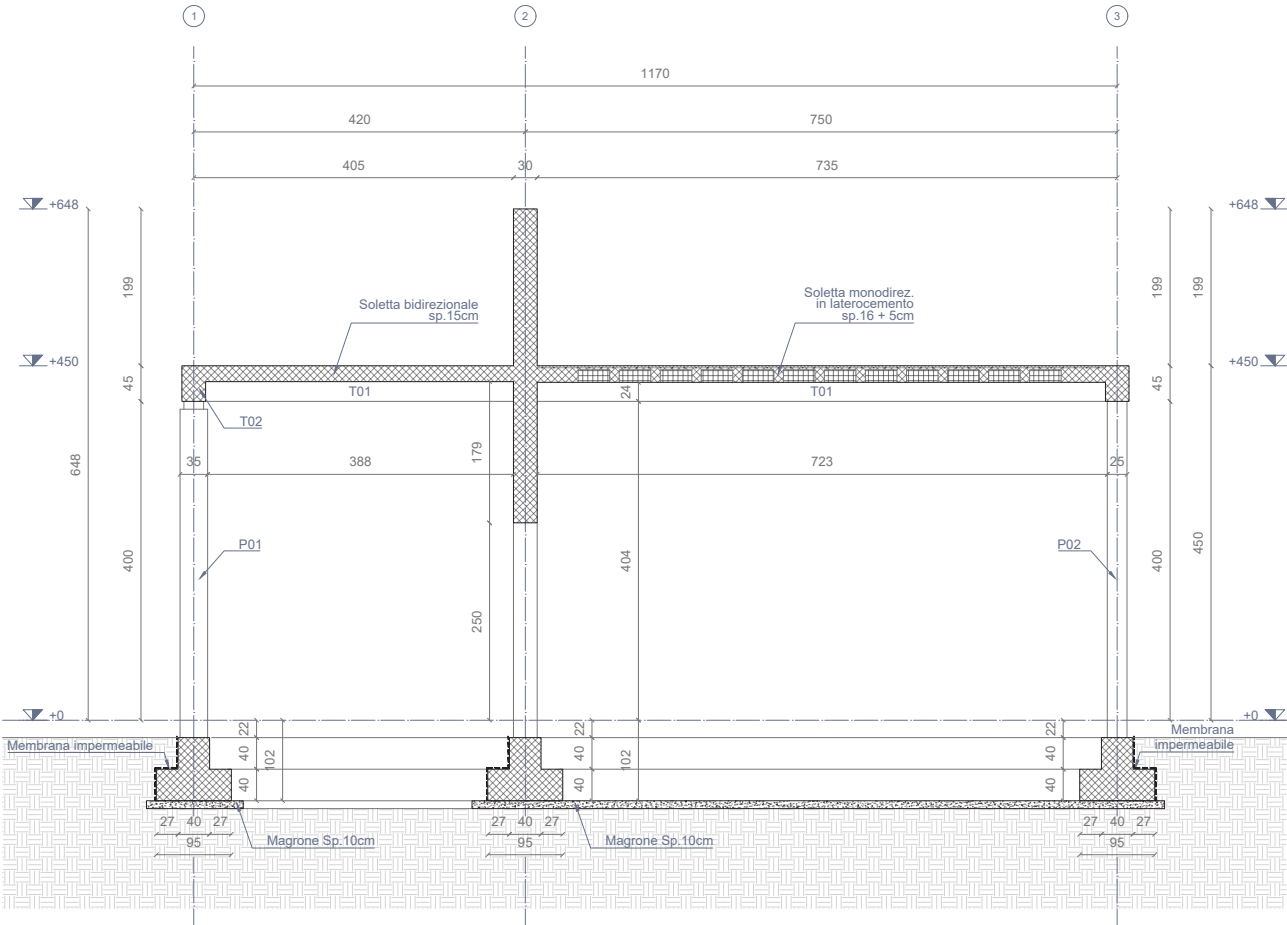


Nodo 1 [mm]

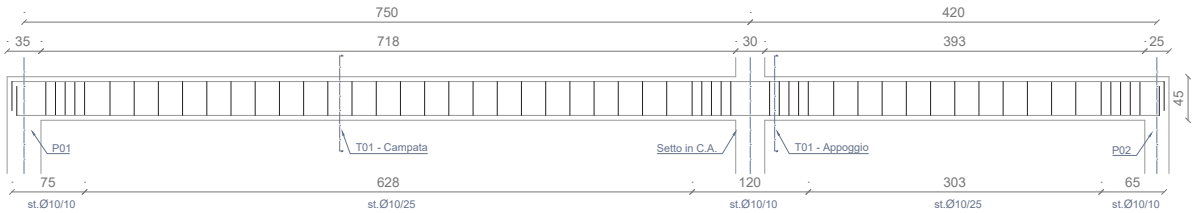


Nodo 2 [mm]

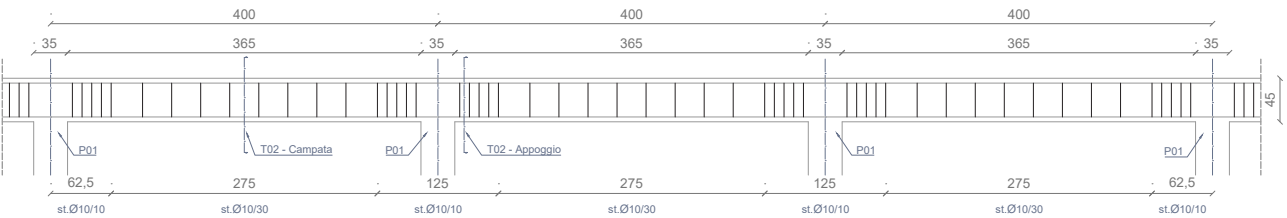
Portico e celle



Sezione A-A [cm]



Sviluppo lungitudinale trave T01 [cm]



Sviluppo lungitudinale trave T02 [cm]

Indice delle figure

- 2.1. Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU, pag. 21 (fonte: Norme tecniche per le costruzioni, 2018)
- 2.2. Valori dei coefficienti di combinazione, pag. 21 (fonte: Norme tecniche per le costruzioni, 2018)
- 4.1. Zona 4 - Depositi alluvionali, pag. 32 (fonte: Indagini di Microzonazione sismica di Livello I in diversi Comuni della Regione Sicilia, 2013)
- 4.2. Mappa di pericolosità sismica, pag. 32 (fonte: <https://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

Bibliografia

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2018, *Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*, D.M 17/01/2018

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2019, *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018*, D.M 17/01/2018, Circolare N.7/2019 C.S.L.L.PP

Regione Siciliana - Presidenza Dipartimento della Protezione Civile, *Indagini di Microzonazione sismica di Livello I in diversi Comuni della Regione Sicilia ai sensi del OPCM 3907/2010*, Gennaio 2013

Sitografia

<https://esse1-gis.mi.ingv.it/>

https://gelfi.unibs.it/software/programmi_studenti.html

Schede tecniche

Pannello Sandwich:

https://www.isolpack.com/public/pdf/scheda_prodotto/delta_5.pdf

Lamiera grecata:

<https://www.sandrinimetalli.it/lamiere-grecate/sanda55-p750-solaio>

Connettori Nelson:

<http://www.nelsonsaldaturaperni.it/wp-content/uploads/2016/08/Scheda-tecnica-pioli-NELSON-connettori-KB.pdf>

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

Scuola di Architettura Urbanistica Ingegneria delle Costruzioni
Architettura - Architettura delle Costruzioni

Relatore:

Prof. Tomaso Monestiroli

Correlatori:

Prof. Vassillis Mpampatsikos

Prof. Fulvio Re Cecconi

Prof. Paolo Oliaro

Prof.ssa Paola Gallo Stampino

Studenti:

Lucrezia Borsari	995471
Michele Vezzoli	994342
Francesco Zugni	993926