



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
AGENZIA PROVINCIALE OPERE PUBBLICHE
SERVIZIO OPERE CIVILI

UFFICIO PROGETTAZIONE E DIREZIONE LAVORI



COMUNE DI TESERO
LAVORI PUBBLICI E AMBIENTE



Lavori di adeguamento dello
stadio del fondo a Lago di Tesero
UF3

FASE PROGETTO :

PROGETTO ESECUTIVO

CATEGORIA :

PROGETTO STRUTTURE

TITOLO TAVOLA :

RELAZIONE DELLE STRUTTURE METALLICHE

C. SIP: E-90/000	C. SOC: 5360	SCALA : -	FASE PROGETTO : E	TIPO ELAB. : R	CATEGORIA : 322	PARTE D'OPERA : UF3	N° PROGR. 007	REVISIONE : 02
PROGETTO ARCHITETTONICO: PROGETTO STRUTTURE : PROGETTO IMPIANTI TERMOMECCANICI: STUDIO DI COMPATIBILITA' OPERA DI PRESA AVISIO: ing. Giordano FARINA			PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI: ing. Renato COSER			Visto ! IL DIRIGENTE: ing. Marco GELMINI		
RELAZIONE GEOLOGICA: geol. Mirko DEMOZZI			PIANO DELLE SERVITU': geom. Sebastian GILMOZZI			Visto ! IL DIRETTORE DELL'UFFICIO : arch. Silvano TOMASELLI IL COORDINATORE DEL GRUPPO DI PROGETTO: ing. Gabriele DEVIGILI		
CSP: ing. Fabio GANZ			STUDI DI COMPATIBILITA' AREA PISTE: ing. Matteo GIULIANI			RELAZIONE ACUSTICA: tec. Lorenzo TOMASELLI RELAZIONE FORESTALE: dott. Enrico TONEZZER		
NOME FILE : ET-322-007_STATICA_RIVESTIMENTO_REV02.pdf						DATA REDAZIONE : GIUGNO 2024		

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda l'analisi dei criteri progettuali e l'individuazione e progetto degli elementi strutturali per la realizzazione delle strutture metalliche della stazione di pompaggio con torri di raffreddamento presso lo stadio del fondo di Lago di Tesero e dell'opera di presa.

Per i dati generali dell'opera si farà riferimento alla relazione di calcolo generale

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'intervento oggetto della presente relazione prevede la realizzazione delle strutture metalliche per la realizzazione dei rivestimenti metallici della stazione di pompaggio con torri di raffreddamento e gli allestimenti della stazione presso lo stadio del fondo di Lago di Tesero e i grigliati nell'opera di presa. Saranno utilizzati pannelli in lamiera forata con percentuale dei vuoti pari al 16% della superficie delle dimensioni di 150x300 cm nervati e fissati a travi orizzontali HEA 120 a loro volta fissate a montanti in HEA 200 ancorate alla struttura muraria in cemento armato con barre in acciaio e resine epossidiche. Per gli allestimenti interni alla stazione di pompaggio, piano di calpestio realizzato con travi HEB 160 e grigliato zincato; scala di interpiano con cosciali UPN 140, grigliati zincati e parapetto con montanti e corrimano in profili tubolati quadri 50x2,9. Per la copertura dei vuoti sul solaio di copertura grigliato zincato con travi di sostegno e ripartizione in travi HEB 220.

3 TERRENO E SOVRACCARICHI

Le lavorazioni in questione non hanno alcun'influenza relativamente alle fondazioni o altre strutture che coinvolgano il terreno.

L'analisi dei carichi va fatta considerando quanto previsto dalle NTC 2018 ed in particolare:

Le strutture del rivestimento dovranno essere dimensionate per il carico variabile "VENTO" ed in particolare:

Vento:
velocità di riferimento del vento

$$v_b(T_R) = \alpha_R v_b$$

dove

v_b è la velocità del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni e

α_R è un coefficiente corrispondente all'espressione:

$$\alpha_R = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

Ove T_R è il periodo di ritorno in anni (per $T_R=50$ anni il coefficiente è pari a 1).

La pressione dovuta al vento sarà pari: $p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$.

Ove

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

Con ρ densità dell'aria assunta convenzionalmente pari a 1,25 kg/mc e v_b velocità del vento

In questo caso la V_b si ricava da:

$$v_b = v_{b,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

Con a_s altezza sul livello del mare e le altre grandezze dalla tabella:

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Si definiscono di seguito i coefficienti per il calcolo di P nel caso specifico in esame.

Coefficiente di esposizione C_e funzione dell'altezza dell'edificio, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione

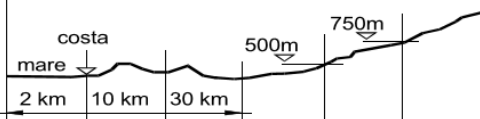
$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$


$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

ZONE 1,2,3,4,5						
						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

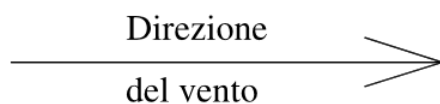
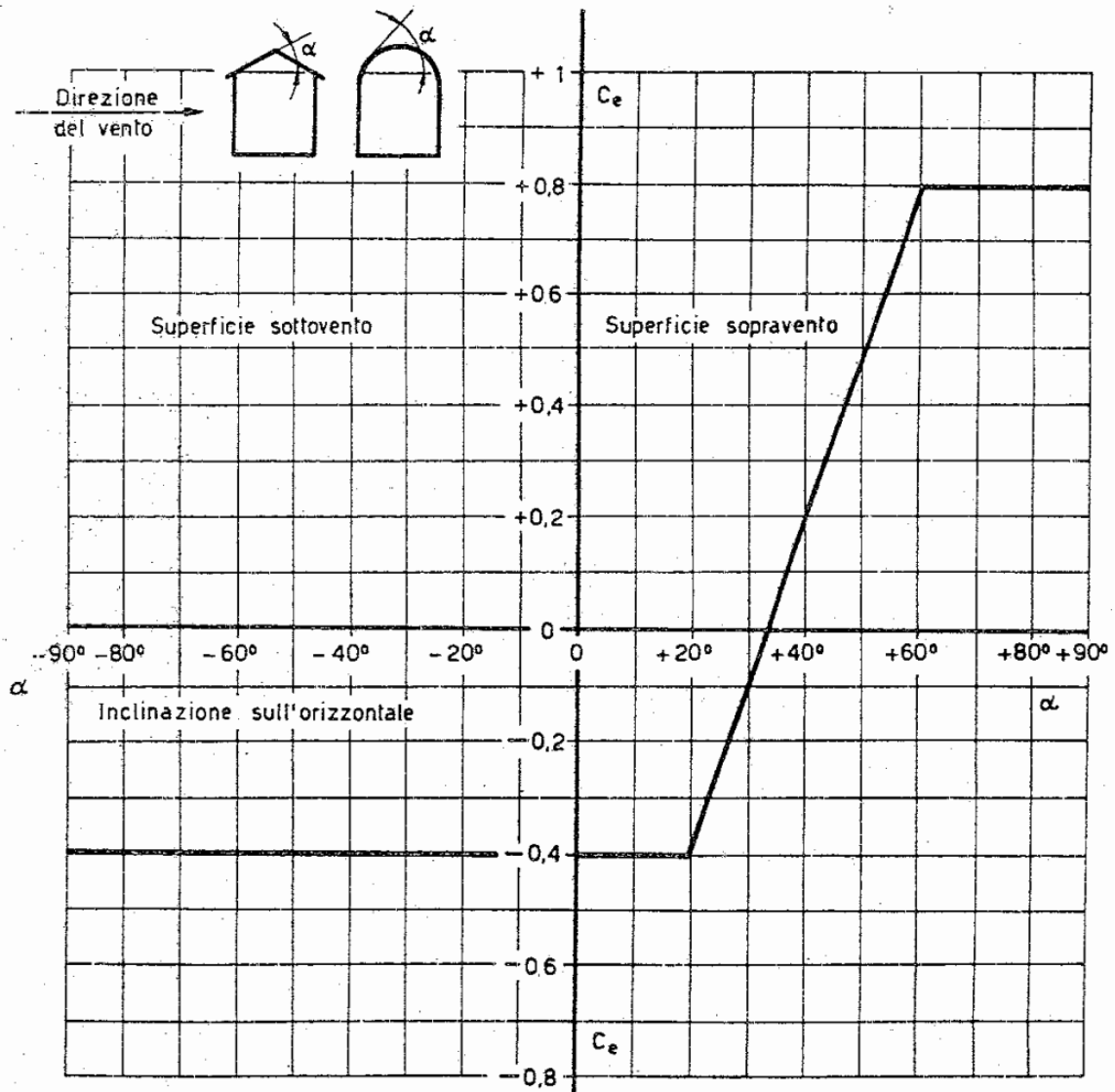
ZONA 9		
		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Quindi per la zona 1 e considerato che il nostro edificio ricade in classe A la categoria di esposizione sarà la V assumendo $C_t=1$.

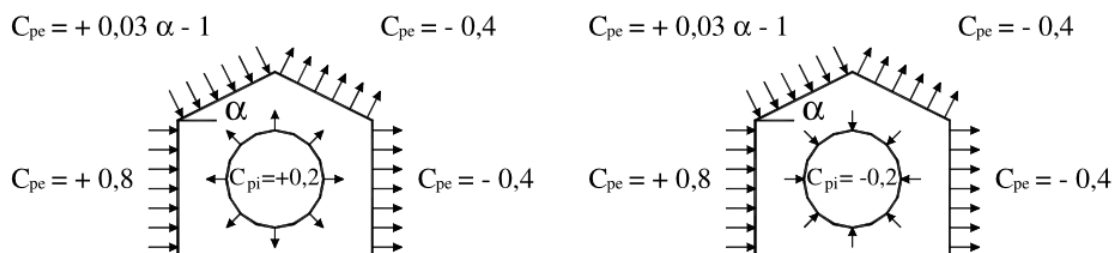
Il **coefficiente dinamico C_d** sarà assunto pari a 1.

Il coefficiente **C_p** sarà determinato secondo quanto proposto dalla Circ. n.7 del 21 gennaio 2019 ed in particolare:

- per elementi sopravento (cioè direttamente investiti dal vento), con inclinazione sull'orizzontale $\alpha \geq 60^\circ$, $c_{pe} = +0,8$
- per elementi sopravento, con inclinazione sull'orizzontale $20^\circ < \alpha < 60^\circ$, $c_{pe} = +0,03\alpha - 1$
- per elementi sopravento, con inclinazione sull'orizzontale $0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ e per elementi sottovento (intendendo come tali quelli non direttamente investiti dal vento o quelli investiti da vento radente) $c_{pe} = -0,4$



Costruzioni aventi una parete con aperture di superficie < 33 % di quella totale



In particolare, per le verifiche dei tamponamenti metallici, risultando gli stessi chiusi al 84% si adotterà un $C_{pe} = (0,8 + 0,2) \times 0,84 = 0,84$

Riassumendo:

Vento	
Dati	
Regione:	Trentino Alto Adige ▼
Periodo di ritorno [anni]	500
Altezza S.L.M. [m]	903
Altezza costruzione [m]	8,8
Distanza dalla costa	Terra oltre 30Km e h > 750m ▼
Classe di rugosità	D ▼
Ct	1,0
Cd	1,0
Cp	0,84
Risultati	
Zona 1	
Categoria 4	
Vref [m/s] =	25,00
αR =	1,1224
Ce =	1,70
p =	70 Kg/mq

Piano di calpestio e scala stazione di pompaggio:

carico variabile distribuito: 6 KN/m²
 carico variabile orizzontale sul parapetto: 1 KN/m

Travi di sostegno delle torri:

Peso delle torri in fase di esercizio: vedi relazione generale pompe ER 322.UF3.1 pag.6

Grigliati opera di presa:

Mezzi pesanti 20 KN/m²
 Impronta Mezzo pesante in movimento: 90 KN (impronta 60x25)

4 MATERIALI

Acciaio

Tutte le strutture metalliche saranno conformi alla UNI EN 1090-2 ed in particolare sono definite le seguenti classi di esecuzione:

- Per i rivestimenti esterni: EXC2 (CC1, SC2, PC1)
- Per tutte le altre strutture: EXC1 (CC1, SC1, PC1)

In accordo con l'EC3 i valori caratteristici di resistenza sono stati assunti in base alle seguenti tabelle

modulo elastico	$E=210000 \text{ N/mm}^2$
modulo di elasticità trasversale	$G=E/[2(1+\nu)] = 80769 \text{ N/mm}^2$
coefficiente di Poisson	$\nu = 0.3$
coefficiente di espansione termica lineare (per temperature fino a 100 °C)	$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
densità	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Valori nominali della resistenza di snervamento f_y e della resistenza a rottura per trazione f_u per acciai strutturali conformi alla EN 10025 o prEN 10113

Tipo nominale di acciaio	Spessore t (mm ^{*)}			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}^{**})$	
	$f_y \text{ (N/mm}^2\text{)}$	$f_u \text{ (N/mm}^2\text{)}$	$f_y \text{ (N/mm}^2\text{)}$	$f_u \text{ (N/mm}^2\text{)}$
EN 10025:				
Fe 360	235	360	215	340
Fe 430	275	430	255	410
Fe 510	355	510	335	490
prEN 10113:				
Fe E 275	275	390	255	370
Fe E 355	355	490	335	470

*) t è lo spessore nominale dell'elemento.
 **) 63 mm per piastre ed altri prodotti piatti in acciaio alle condizioni di consegna da TM a prEN 10113-3.

corretti secondo i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1,10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1,25$

Collegamenti per acciaio

per i bulloni assunte nel calcolo sono riportate nella seguente tabella

Valori nominali della resistenza allo snervamento f_{yb} e della resistenza a rottura per trazione f_{ub} per i bulloni

Classe del bullone	4,6	4,8	5,6	5,8	6,8	8,8	10,9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1 000

5 COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Tutte le verifiche sono state condotte mediante il metodo semiprobabilistico degli *Stati Limite*, tramite il quale si controlla se gli effetti delle azioni di calcolo superano quelli compatibili con lo stato limite considerato. In generale, si definisce come "Stato Limite" una condizione al di là della quale un manufatto, o parte di esso, non soddisfa più le esigenze di comportamento per cui è stato progettato.

Si assumono le seguenti combinazioni delle azioni:

- Combinazioni di carico allo Stato Limite Ultimi (SLU)

L'espressione generale della combinazione è la seguente:

$$F_d = \sum_{j=1} [\gamma_{Gj} G_{kj}] + \gamma_Q Q_{k1} + \sum_{i=2} [\psi_{0i} \gamma_{Qi} Q_{ki}]$$

dove γ_i sono i coefficienti parziali di sicurezza per i carichi (tabella 6.2.I)

		sfavorevoli alla sicurezza	favorevoli alla sicurezza
carichi permanenti	γ_{gi}	1.3	1.0
carichi variabili	γ_{qi}	1.5	0

Il coefficiente di combinazione ψ_0 è pari a:

Categoria A: edifici residenziali	$\psi_{0j} = 0.7$
Categoria G: rimesse e parcheggi	$\psi_{0j} = 0.7$
Categoria H: coperture	$\psi_{0j} = 0.0$
Vento	$\psi_{0j} = 0.6$
Neve: (a quota > 1000 s.l.m.)	$\psi_{0j} = 0.7$
Neve: (a quota < 1000 s.l.m.)	$\psi_{0j} = 0.5$

La neve e il variabile sulle coperture non devono essere cumulate nella stessa combinazione di carico, quindi si considera solo la neve come variabili.

- Combinazioni di carico agli Stati Limite d'Esercizio (SLE)

combinazione di carico rara:

$$F_d = \sum_{j=1} G_{kj} + Q_{k1} + \sum_{i=2} [\psi_{0i} Q_{ki}]$$

combinazione di carico frequente:

$$F_d = \sum_{j=1} G_{kj} + \psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i=2} [\psi_{2i} Q_{ki}]$$

combinazione di carico quasi permanente:

$$F_d = \sum_{j=1} G_{kj} + \sum_{i=1} [\psi_{2i} Q_{ki}]$$

$$\psi_{1j} \quad \psi_{2j}$$

Categoria G: rimesse e parcheggi	0.5	0.3
Categoria A: ambienti ad uso residenziale	0.5	0.3
Categoria H: coperture	0.0	0.0
Vento	0.2	0.0
Neve: (a quota > 1000 s.l.m.)	0.5	0.2
Neve: (a quota < 1000 s.l.m.)	0.2	0.0

6 UNITA' DI MISURA

Le grandezze fisiche in gioco sono state espresse tramite il **Sistema Internazionale**, quindi:

- **LUNGHEZZE:** *metri (m)* o sottomultipli opportuni
- **MASSE:** *chilogrammi (kg)*
- **TEMPO:** *secondi (s)*
- **FORZE:** *newton (N)* o multipli opportuni
- **MOMENTI:** *newton metro (Nm)* o multipli opportuni
- **TENSIONI:** *Pascal (Pa)* o multipli opportuni

7 SOFTWARE UTILIZZATI

- Modellazione ad elementi finiti: software *Straus7*; **Cadre Pro 6**;
- **VcaSLU**: programma *freeware* per la verifica di sezioni in cemento armato sviluppato all'Università di Brescia sotto la supervisione del prof. Piero Gelfi;
- **Fogli elettronici**

8 NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

- D.M. 17/01/2018: Aggiornamento delle "Norme tecniche per le Costruzioni", G.U. n. 42 del 20/02/2018;
- circolare n. 7 del 21 gennaio 2019: "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018";
- circolare n. 617 del 2 febbraio 2009: "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008";
- Provincia Autonoma di Trento. Circolare maggio 2008: "Prima direttiva per l'applicazione del decreto del ministro delle infrastrutture e dei trasporti 14 gennaio 2008 in materia di nuove norme tecniche per le costruzioni";
- D.M. 11.03.1988: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- eurocodice 2, UNI EN 1992-1-1:2005: "Progettazione delle strutture di calcestruzzo";
- eurocodice 3: "Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici";

Nota: in alcuni report di calcolo potranno compariranno ancora delle diciture con riferimento alle NTC2008 o ad altre normative che però a livello pratico per le situazioni in oggetto coincideranno perfettamente a quanto previsto dalle nuove NTC 2018 o comunque porteranno risultati a favore della sicurezza.

9 ANALISI E VERIFICHE EFFETTUATE

9.1 PREMESSE

Di seguito la relazione propone le fasi di analisi computazionale per ricavare le sollecitazioni a cui le strutture saranno soggette e la fase di verifica dei vari elementi strutturali nelle combinazioni di carico più gravose sia per gli stati limite Ultimi che per quelli di Esercizio. Nella maggior parte dei casi le verifiche saranno presentate in forma di report riepilogativi che, convenzionalmente, evidenziano l'esito della verifica con degli asterischi. Questi, se rappresentati all'interno di una parentesi, indicano la positività della verifica; altrimenti indicano che la verifica non è soddisfatta.

9.2 DICHIARAZIONI SENCONDO N.T.C. 2018 (punto 10.2)

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto dichiaro quanto segue:

9.2.1 AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice del software ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

9.2.2 MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati ed i risultati di calcolo in modo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi anche in forma tabellare.

9.2.3 INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

9.2.4 GIUDIZIO MOTIVATO DELL'ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

10 STRUTTURA A SUPPORTO DEI RIVESTIMENTI IN LAMIERA FORATA

Le strutture sono costituite da profili HEA 120 S275 disposti orizzontalmente e collegati ai montanti verticali con giunti bullonati. I carichi caratteristici sulla trave saranno pari a $p \times H = 70 \text{ daN/m}^2 \times 2,88 = 202 \text{ daN/m}$.

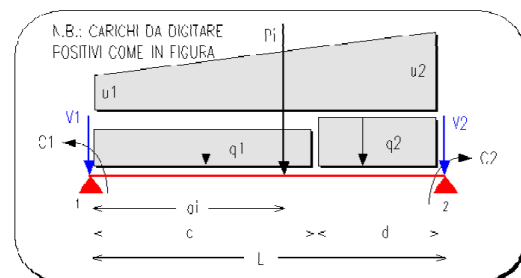
10.1 PROFILI ORIZZONTALI SOSTEGNO PANNELLI IN LAMIERA

10.1.1 SCHEMA STATICO E ANALISI DEI CARICHI E SOLLECITAZIONI

TRAVI RIVESTIMENTO GRIGLIATO

SCHEMA STATICO :

$$\begin{aligned} L &= 5,20 \text{ m} \\ c &= 2,60 \text{ m} \\ d &= 2,60 \text{ m} \end{aligned}$$



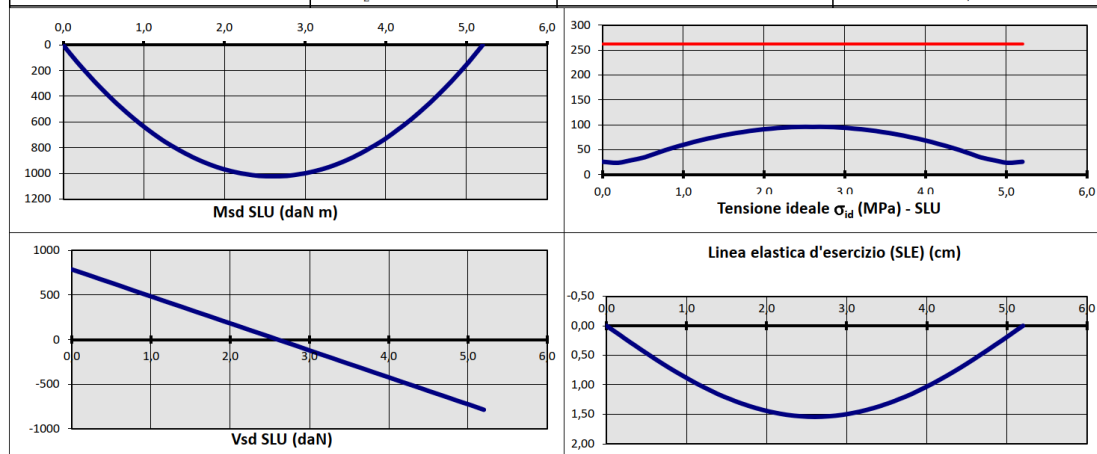
ANALISI DEI CARICHI (caratteristiche):

CARICHI DISTRIBUITI :				CARICHI CONCENTRATI :				CARICO DISTRIBUITO TRAPEZOID :			
peso proprio :		q1	q2		P1 (daN) =		a1 (m) =		u1 =		
		20	20	daN/m		0		0,00			daN/m
carico 1 :				daN/m	P2 (daN) =	0	a2 (m) =	0,00	u2 =		daN/m
carico 2 :	Solab G	202	202	daN/m	P3 (daN) =	0	a3 (m) =	0,00	CARICHI CONCENTRATI SOPRA GLI APPOGGI : (*)		
carico 3 :	Solab Q	0	0	daN/m	P4 (daN) =	0	a4 (m) =	0,00			
carico 4 :	Tetto-tot	0	0	daN/m	COPPE DI ESTREMITA' :						
carico 5 :	Muro	- 20	- 20	daN/m							
totali		202	202	daN/m	C1 =	0	daN		V1_K =		daN
					C2 =	0	daN		V2_K =		daN
(*) effetti sob su valore reaz. vincolari											

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE SLU :

$$\text{RAPPORTO SLU/SLE raro} = 1,50$$

REAZIONI VINCOLARI SLU :		MOMENTI (SLU)		TAGLI SUGLI APPOGGI (SLU)		FRECCIA SLE raro :	
R1 =	786 daN	M1 =	0 daN m	T12 =	786 daN	f max > 0 =	1,54 cm
R2 =	786 daN	Mmax > 0 =	1 022 daN m	T21 =	-786 daN	f max < 0 =	0,00 cm
		M2 =	0 daN m				



VERIFICA SEZIONI:

Acciaio: S275 (Fe43)	DATI GEOMETRICI	VERIFICA RESISTENZA SLU. ($\sigma_H < f_{yd}$)	FRECCIA/LUCE SLE :
Coeff. sicurezza: $\gamma_m = 1,05$	$J_x = 605 \text{ cm}^4$	Profilo: HEA 120	$f/L = 1 / 338$
resistenza progetto: $f_{td} = 262 \text{ MPa}$	$W_x = 106 \text{ cm}^3$	$\sigma_{Heab} = 96 \text{ MPa} [^*]$	

10.1.2 VERIFICA GIUNTO A MONTANTE

La massima sollecitazione sul giunto è pari a 7.86 kN allo SLU (a taglio)

Giunto acciaio-acciaio Sollecitazioni slu sul giunto

$$V_d = 7,86 \text{ kN}$$

Flangia (spessore minore)

$$t_1 = 5 \text{ mm}$$

Bullone

$$f_y \text{ materiale classe 8.8} = 640 \text{ Mpa}$$

$$\text{diametro} = 12 \text{ mm}$$

Verifica di resistenza unione

$$\tau_{\text{bullone}} = 148,6 \text{ MPa} < 640$$

$$\sigma_{\text{rifollamento flangia}} = 131,0 \text{ MPa} < 2,5 f_d = 550 \text{ (Fe430)}$$

10.1 MONTANTE VERTICALE SOSTEGNO TRAVI PER PANNELLI IN LAMIERA

10.1.1 SCHEMA STATICO E ANALISI DEI CARICHI E SOLLECITAZIONI

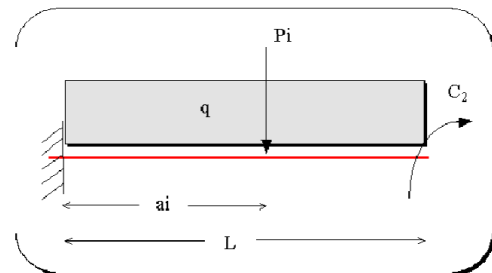
I montanti saranno caricati dalle reazioni delle travi orizzontali ed in particolare:

- REAZIONE ORDINE DI TRAVE CENTRALE: $70 \text{ daN/m}^2 \times 3 \times 4.7 = 987 \text{ daN}$ applicata ad un'altezza di 1,7 m
- REAZIONE ORDINE DI TRAVE SOMMITALE: $70 \text{ daN/m}^2 \times 3 \times 4.7/2 = 494 \text{ daN}$ applicata ad un'altezza di 4,58 m

MONTANTE RINVESTIMENTO GELATO

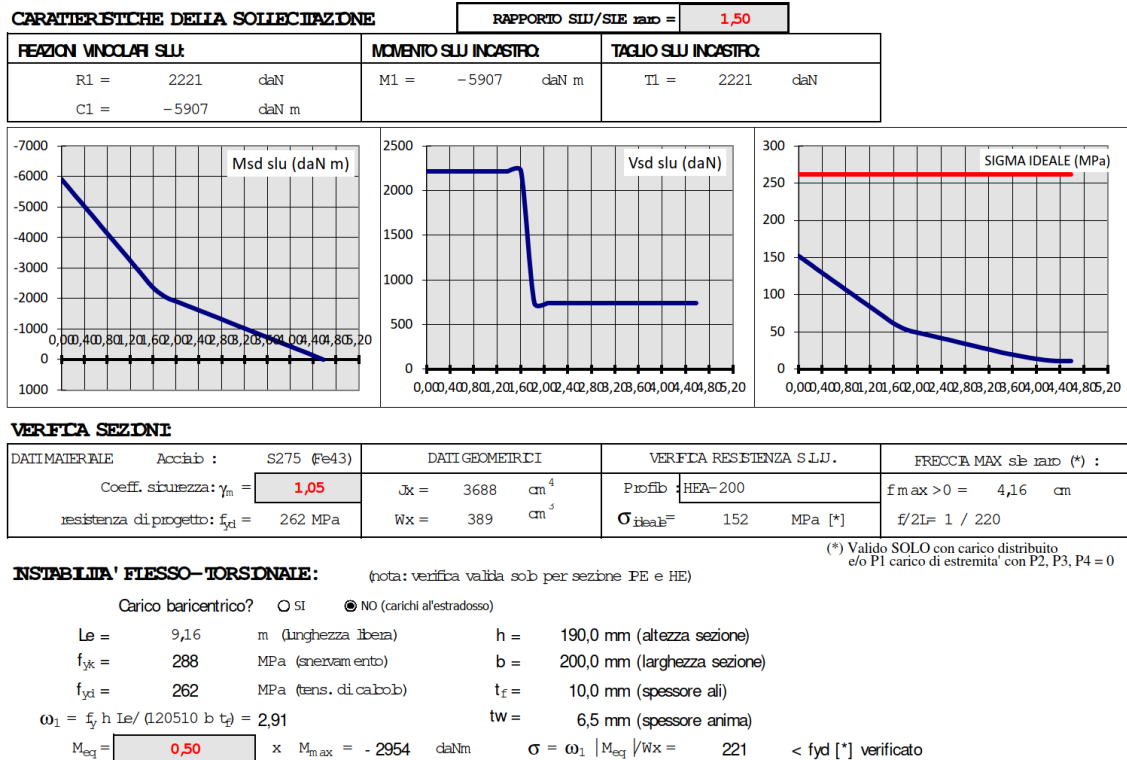
SCHEMA STATICO :

$$L = 4,58 \text{ m}$$



ANALISI DEI CARICHI (caratteristici)

CARICHI DISTRIBUITI :				CARICHI CONCENTRATI :				N.B. : CARICHI DA DEDURRE POSITIVI COME IN FIGURA
	peso proprio	42	daN/m	P1 (daN) =	987	a1 (m) =	1,70	
carico 1 :	permanente	0	daN/m	P2 (daN) =	494	a2 (m) =	4,58	
carico 2 :	neve	0	daN/m	P3 (daN) =		a3 (m) =		
carico 3 :	vento	0	daN/m	P4 (daN) =		a4 (m) =		
carico 4 :			daN/m	COPPE D'ESTREMITA' :				
carico 5 :			daN/m	C2 =		daN m		
carico 5 :		- 42	daN/m					
totale		0	daN m					



10.1.2 VERIFICA GIUNTO A STRUTTURA

La massima sollecitazione sul giunto è pari a Msd = 59.07 KNm (SLU)

Sollecitazioni sls sul giunto

Nd (solo se trazione) = **0** kN
Md = **59,07** kNm
Vd = **5** kN
Eccentricità spinotti **0** m

Verifica di resistenza Flangia di base

bulloni classe 5.6 Numero tot. bulloni sul semigiunto **2**
fyb = **300** MPa
bulloni diam. (mm) = **20** A res = **245** mm²
diametro dado o testa bullone **18**
Spessore piastra di base **10** mm
H (distanza tra i bulloni) = **450** mm

Ft,ed 65,63 KN
Fv,ed 1,25 KN
Fv,ed/Fv,rd+Ft,ed/(1.4xft,rd) 0,73705 < 1
} Bulloni

f ed tensione punzonamento = 116 MPa < 0,6 f_{yd} = 132 (S275)

ANCORAGGIO A CORDOLO CON RESINE HIT-RE500

DIAMETRO BARRE	20	COEFF	
CALCESTRUZZO Rck	30	1,05	
DISTANZA DAL BORDO	85	1	
DISTANZA TRA LE BARRE	79	1	

RESISTENZA DI PROGETTO	PIENA	RIDOTTA	
TAGLIO RESISTENTE	60,6	63,63	> 1,25
TRAZIONE RESISTENTE	62,9	66,05	> 65,63

Resistenza di progetto, R_d [kN], calcestruzzo

Dimensioni ancorante	M8	M10	M12	M16
Trazione, N_{Rd}	12.3	16.6	23.8	34.7
Taglio, V_{Rd}	8.8	14.1	20.5	38.8

Dimensioni ancorante	M8	M10	M12	M16	M20
Barra filettata ¹⁾ HAS /-E/-R/-E-R/-HCR	M8x110/ 14	M10x130/ 21	M12x160/ 28	M16x190/ 38	M20x240/ 48
d_0 Diametro punta trapano [mm]	10	12	14	18	24
h_1 Profondità foro [mm]	85	95	115	130	175
h_{nom} Prof. nom. ancoraggio [mm]	80	90	110	125	170

11 SCALA METALLICA INTERPIANO E GRIGLIATO DI CALPESTIO

Le strutture della scala sono costituite da cosciali portanti in UPN 140 appoggiati alle travi portanti del grigliato di calpestio e al muro perimetrale in c.a. del locale pompe. I gradini della scala e il piano di calpestio del locale sono costituiti da grigliato zincato maglia 15x76 piatto da 25x2 mm; le travi di sostegno del grigliato sono delle HEB 160 ancorate alle pareti in c.a. del locale. I parapetti della scala sono costituiti da tubolari quadri 50x2,9 mm saldati tra loro e all'ala dei cosciali.

11.1 PARAPETTO

11.1.1 CORRIMANO E MONTANTI

CORRIMANO E MONTANTI IN TUBOLARE

CARICO (VEDI PUNTO 3)

1 kN/m

INTERASSE MONTANTI

0,6 m

		SEZ VER	Msd (kN/m)	Vsd (kN)
CORRIMANO	50x2,9	mezz/att	0,07	0,45
MONTANTE	50x2,9	1	0,90	0,90

b (cm)	h (cm)	W (cm ³)	A (cm ²)	sigma (Mpa)	tau (Mpa)	sigma id (Mpa)	tipo ferro	f _{yd} (Mpa)	verifica
		8,11	5,46	8,32	1,65	8,32	S275	261,9	ok
5	5	8,11	5,46	110,97	3,11	111,02	S275	261,9	ok

11.1.2 SALDATURA MONTANTI A COSCIALI

$f_{w,rd}$ (tensione resistente della saldatura in daN/cm²)=

2337

f_{tk} (tensione rottura acciaio daN/cm²)=

4300

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SALDATURA

a (altezza di gola in cm)=

0,203

sviluppo in lunghezza saldatura (cm) =

4,0

base resistente della saldatura (cm) =

0,2842

lunghezza efficace del cordone (cm) =

3,59

Superficie di verifica del cordone (cm²)=

1,02

Modulo di resistenza W del cordone (cm³)=

10,18

CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI

Ned (forza di trazione sul cordone in daN)=	0
Ved (forza taglio sul cordone in daN) =	90
Med (coppia agente sul cordone in daNcm) =	9000

VERIFICHE DI RESISTENZA DELLA SALDATURA

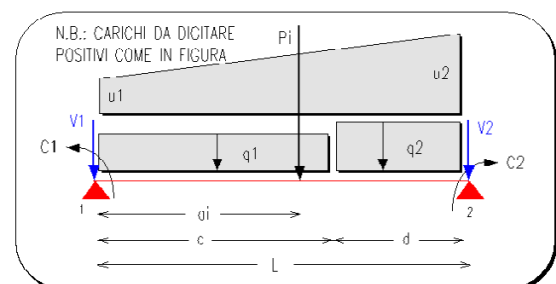
fattore parziale gamma v =	1,25
fw, sd (tensione ideale massima di progetto della saldatura in daN/cm2)=	889 ok

11.1 COSCIALI SCALA

Trave COSCIALE SCALA

SCHEMA STATICO :

L =	1,25	m
c =	0,63	m
d =	0,63	m

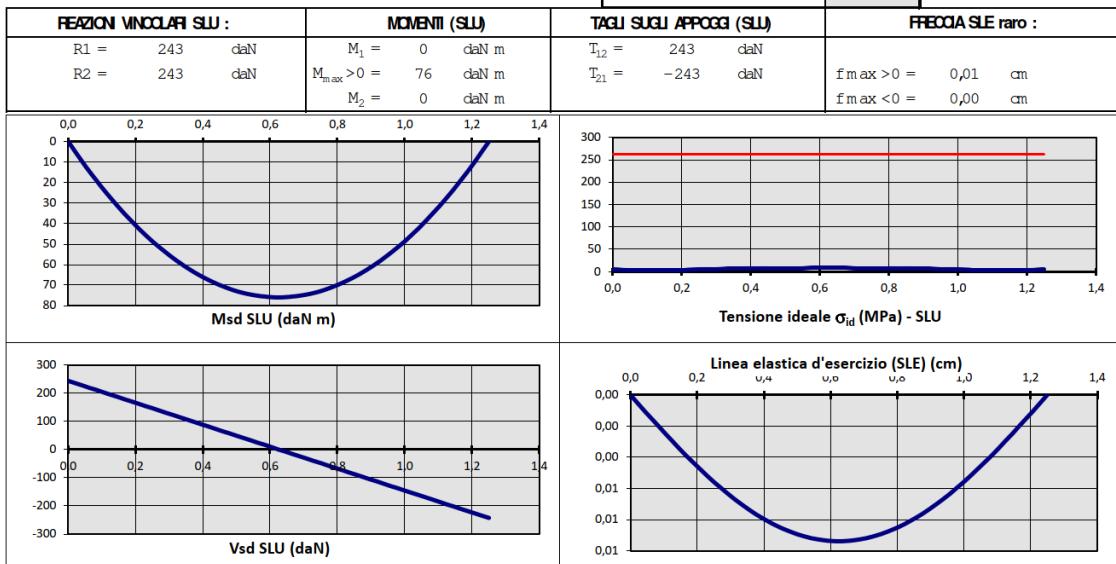


ANALISI DEI CARICHI (caratteristiche):

CARICHI DISTRIBUITI :	q1	q2		CARICHI CONCENTRATI :			CARICO DISTRIBUITO TRAPEZOID :
peso proprio :	16	16	daN/m	P1 (daN) =	0	a1 (m) =	u1 =
carico 1 :			daN/m	P2 (daN) =	0	a2 (m) =	u2 =
carico 2 : Solab G	12	12	daN/m	P3 (daN) =	0	a3 (m) =	
carico 3 : Solab Q	240	240	daN/m	P4 (daN) =	0	a4 (m) =	
carico 4 : Tetto-tot	0	0	daN/m				CARICHI CONCENTRATI SOPRA
carico 5 : Muro	0	0	daN/m				GLI APPOGGI : (*)
totali	268	268	daN/m	COPPE DI ESTREMITA' :			V1K =
				C1 =	0	daN m	V2K =
				C2 =	0	daN m	(*) effetti sob su varie reaz. vincolari

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE SLU :

RAFFORZO SLU/SLE max = 1,45



VERIFICA SEZIONI

Acciaio: S275 (Fe43)	DATI GEOMETRICI	VERIFICA RESISTENZA SLU. (σ _{st} < f _{yd})	Freccia/Luce SLE :
Coeff. snellezza: γ _m = 1,05	Jx = 441 cm ⁴	Profilo : UPN 140	f/L = 1 / 13 332
resistenza progetto: f _{yd} = 262 MPa	Wx = 86 cm ³	σ _{teale} = 9 MPa [°]	

11.2 GRIGLIATI

La situazione più gravosa resta quella del piano di calpestio che ha una luce maggiore rispetto a quella dei gradini della scala

	h (cm)	b (cm)	passo (cm)	l traverso	peso/m2
GRIGLIATO ZINCATO: PIATTO :	2,5	0,2	1,5	7,6	29,88
CARICO (CAT.A-B-C TABELLA 3.1.II NTC 2018)		6 KN/m2			
INTERASSE APPOGGI (L)		1,1 m			

VERIFICA A RESISTENZA

Msd (KNm)	Vsd (KN)	b (cm)	h (cm)	W (cm3)	A (cm2)
0,0213	0,0775	0,2	2,5	0,2	0,5

sigma (Mpa)	tau (Mpa)	sigma id (Mpa)	tipo ferro	fyd (Mpa)	verifica
102,24	1,86	102,26	S235	223,8	ok

VERIFICA A DEFORMAZIONE

E (MPa)	J (cm4)	f (cm) max 5mm	f/L	consentito	verifica
210000	0,2604	0,3137	351	200	ok

11.1 TRAVI PORTA GRIGLIATI

La superficie di influenza delle travi è pari a 1,1m.

La trave si ancora ai muri con una flangia a 4 barre M16 con resine tipo HIT-RE500.

Ogni barra sarà sollecitata a taglio con 1/4 della reazione di estremità della trave:

$$V_{sd} = 29.39/4 \text{ KN} = 7.35 \text{ KN}$$

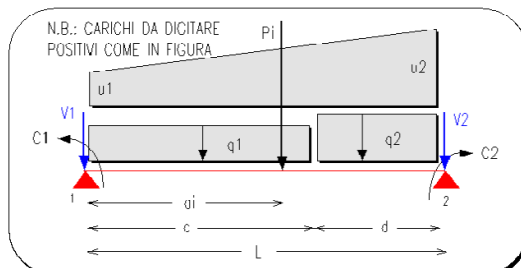
Tenendo conto delle penalizzazioni per vicinanza delle barre (distanza 80 mm) con coefficiente 0.66 il taglio resistente è pari a $38.8 \times 0.66 = 25.6 \text{ KN} > 7.35$

Di seguito la verifica della trave:

Trave porta grigliato

SCHEMA STATICO :

$$\begin{aligned} L &= 5,40 \text{ m} \\ c &= 2,70 \text{ m} \\ d &= 2,70 \text{ m} \end{aligned}$$



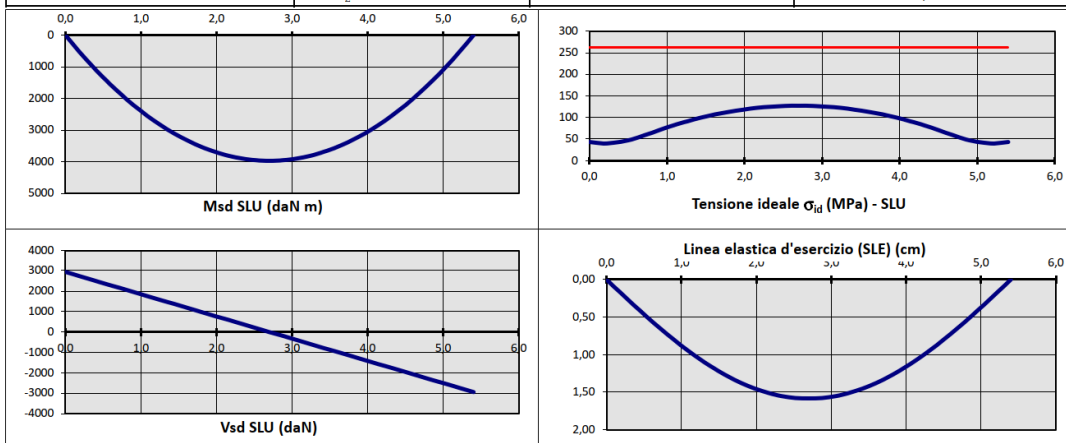
ANALISI DEI CARICHI (caratteristiche):

CARICHI DISTRIBUITI :	q1	q2	CARICHI CONCENTRATI :	CARICO DISTRIBUITO TRAPEZOID :
peso proprio :	43	43	P1 (daN) = 0	u1 = daN/m
carico 1 :			P2 (daN) = 0	u2 = daN/m
carico 2 :	Solab G	33	P3 (daN) = 0	
carico 3 :	Solab Q	660	P4 (daN) = 0	
carico 4 :	Tetto-tot	0		
carico 5 :	Muro	0		
totali	736	736		

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE SLU :

$$\text{RAPPORTO SLU/SLE raro} = 1,48$$

REAZIONI VINCOLARI SLU :	MOMENTI (SLU)	TAGLI SUGLI APPOGGI (SLU)	FRECCIA SLE raro :
R1 = 2 939 daN	M1 = 0 daN m	T12 = 2 939 daN	f max > 0 = 1,58 cm
R2 = 2 939 daN	Mmax > 0 = 3 968 daN m	T21 = -2 939 daN	f max < 0 = 0,00 cm
	M2 = 0 daN m		



VERIFICA SEZIONI

Acciaio: S275 (Fe43)	DATI GEOMETRICI	VERIFICA RESISTENZA SLU. $\sigma_{id} < f_{yd}$	FRECCIA/LUCE SLE :
Coeff. snellezza: $\gamma_m = 1,05$	$I_x = 2 496 \text{ cm}^4$	Profilo: HB 160	f/L = 1 / 341
resistenza progetto: $f_{yd} = 262 \text{ MPa}$	$W_x = 311 \text{ cm}^3$	$\sigma_{ideale} = 128 \text{ MPa} [^*]$	

12 TRAVI SUPPORTO TORRI DI RAFFREDDAMENTO

Le strutture saranno sollecitate dal peso delle torri i cui carichi sono esposti al punto 3.

Le azioni interne e relative verifiche sezionali sono esposte nella relazione di calcolo ER 322.1 da pagina 805 a pag. 816.

Le sollecitazioni sul nodo di attacco tra il montante e la trave orizzontale saranno:

Pilastro	%L _{LT}	N _{Ed}	V _{Ed}	M _{Ed,3}	M _{Ed,2}	CS	Tp Vr	max/m in	M _{c,Rd}	V _{c,Rd}	ρ	A _v	t _w	N _{pl,Rd}
	(%)	[N]	[N]	[N-m]	[N-m]				[N-m]	[N]		[mm²]	[mm]	[N]
Piano Torri														
Pilastro Acciaio 3	0%	15 711	-3 595	-939	2 120	17.32[S]	PLS	Max	92 714	265 980	0,000	1 759	8,0	1 420 623
			-34 766					Min	44 524	694 511	0,000	4 593		
	50,0%	37 156	389	-28 537	286	3.18[V]	PLS	Max	92 714	265 980	0,000	1 759	8,0	1 420 623
			-93 702					Min	44 524	694 511	0,000	4 593		
	100%	37 001	392	-56 677	170	1.63[V]	PLS	Max	92 714	265 980	0,000	1 759	8,0	1 420 623
			-93 813					Min	44 524	694 511	0,000	4 593		

L'unione tra trave e montante avviene per saldatura a cordoni d'angolo

VERIFICA SALDATURA MONTANTE A TRAVE PORTA TORRI

$f_{w,rd}$ (tensione resistente della saldatura in daN/cm²)= 2337
 f_{tk} (tensione rottura acciaio daN/cm²)= 4300

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SALDATURA

a (altezza di gola in cm)= 0,92
 sviluppo in lunghezza saldatura (cm) = 44,8
 base resistente della saldatura (cm) = 1,288
 lunghezza efficace del cordone (cm) = 42,96
 Superficie di verifica del cordone (cm²)= 55,33
 Modulo di resistenza W del cordone (cm³)= 236,65

CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI

N_{ed} (+forza di trazione sul cordone in daN)= -3700
 V_{ed} (forza taglio sul cordone in daN) = 81
 M_{ed} (coppia agente sul cordone in daNcm) = 566770

VERIFICHE DI RESISTENZA DELLA SALDATURA

fattore parziale gamma v = 1,25
 $f_{w,sd}$ (tensione ideale massima di progetto della saldatura in daN/cm²)= 2328 ok

La reazione all'appoggio sulla struttura in c.a. (involuppo allo SLU pilastro Acciaio 4) sarà pari a:

$N_{ed} = 15.5$ KN; $V_{ed} = 39.7$ KN; $M_{ed} = 1,7$ KNm

Verifica di resistenza Flangia di base

bulloni classe	5.6	Numero tot. bulloni sul semigiunto	2
f_{yb} =	300	MPa	
bulloni diam. (mm) =	16	A_{res} =	157 mm ²
diametro dado o testa bullone	29		
Spessore piastra di base	15	mm	
H (distanza tra i bulloni) =	80	mm	
$F_{t,ed}$	6,75	KN	
$F_{v,ed}$	9,93	KN	
$F_{v,ed}/F_{v,rd} + F_{t,ed}/(1.4 \times F_{t,rd})$	0,46494	$< \alpha =$	1

} Bulloni

f ed tensione punzonamento = 5 MPa < 0,6 $f_{yd} = 132$ (S275)

ANCORAGGIO A CORDOLO CON RESINE HIT-RE500 O HVU

DIAMETRO BARRE	16	COEFF	
CALCESTRUZZO R_{ck}	30	1,05	
DISTANZA DAL BORDO	110	0,91	
DISTANZA TRA LE BARRE	80	0,66	
RESISTENZA DI PROGETTO	PIENA	RIDOTTA	
TAGLIO RESISTENTE	38,8	24,47	> 9,93
TRAZIONE RESISTENTE	34,7	21,88	> 6,75

Nota: tutte le verifiche delle saldature sono ampiamente verificate visto lo stato di sollecitazione delle stesse.

13 GRIGLIATI E TRAVI SUPPORTO FORI SU SOLAIO COPERTURA OPERA DI PRESA

13.1 GRIGLIATI

La situazione più gravosa per i grigliati è quella dell'impronta del mezzo pesante in manovra (vedi punt 3.)

	h (cm)	b (cm)	passo (cm)	l traverso	peso/m2
GRIGLIATO ZINCATO: PIATTO :	6	0,3	1,5	7,6	103,36
CARICO (MEZZO PESANTE IN MOVIMENTO)		90	KN su impronta 60x25 (dinamico)		
INTERASSE APPOGGI (L)		0,5	m		

VERIFICA A RESISTENZA

Msd (KNm)	Vsd (KN)	b (cm)	h (cm)	W (cm3)	A (cm2)
0,1900	1,5600	0,3	6	1,8	1,8

sigma (Mpa)	tau (Mpa)	sigma id (Mpa)	tipo ferro	f _{yd} (Mpa)	verifica
105,56	10,40	106,07	S275	261,9	ok

VERIFICA A DEFORMAZIONE

E (MPa)	J (cm4)	f (cm) max 5mm	f/L	consentito	verifica
210000	5,4000	0,1211	413	200	ok

13.1 TRAVI PORTA GRIGLIATI

La combinazione più gravosa è quella con l'impronta del mezzo (vedi punto 3)

Per la verifica al taglio dell'ancoraggio si considera la posizione che massimizza il taglio in cui la reazione allo SLU è pari a $V_{ed} = 105 \text{ KN}$

La trave si ancora ai muri con una flangia a 4 barre M16 con resine tipo HIT-RE500.

Ogni barra sarà sollecitata a taglio con 1/4 della reazione di estremità della trave:

$$V_{sd} = 105/4 \text{ KN} = 26.3 \text{ KN}$$

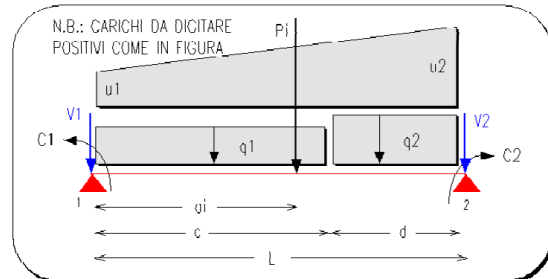
Tenendo conto delle penalizzazioni per vicinanza delle barre (distanza 120 mm) con coefficiente 0.74 il taglio resistente è pari a $38.8 \times 0.74 = 28.7 \text{ KN} > 26.3$

Di seguito la verifica della trave:

Trave porta grigliato - max taglio

SCHEMA STATICO :

$$\begin{aligned} L &= 5,00 \text{ m} \\ c &= 2,50 \text{ m} \\ d &= 2,50 \text{ m} \end{aligned}$$



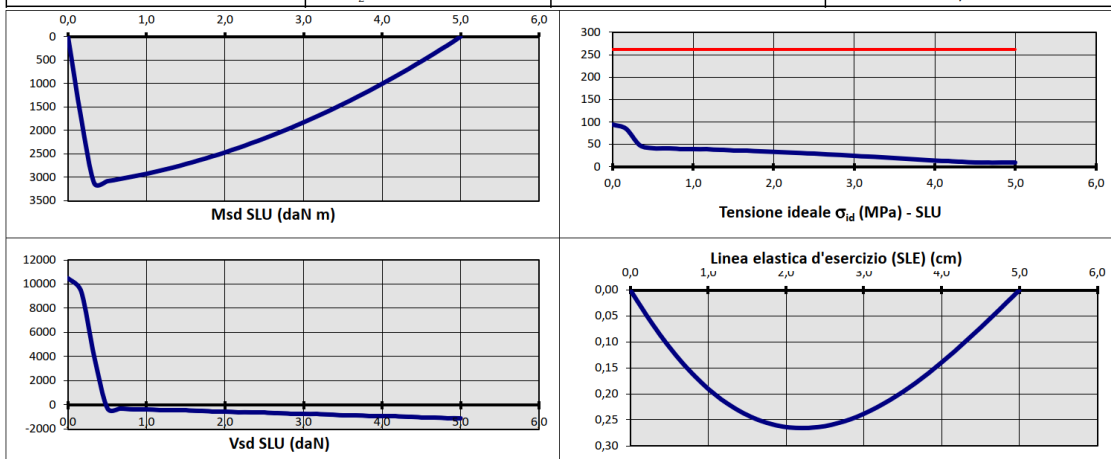
ANALISI DEI CARICHI (caratteristiche):

CARICHI DISTRIBUITI :		q1	q2		CARICHI CONCENTRATI :			CARICO DISTRIBUITO TRAPEZOID. :			
peso proprio :		72	72	daN/m	P1 (daN) =	7 200	a1 (m) =	0,30	u1 =		daN/m
carico 1 :				daN/m	P2 (daN) =	0	a2 (m) =	0,00	u2 =		daN/m
carico 2 :	Solab G	52	52	daN/m	P3 (daN) =	0	a3 (m) =	0,00	CARICHI CONCENTRATI SOPRA GLI APPOGGI : (*)		
carico 3 :	Solab Q	0	0	daN/m	P4 (daN) =	0	a4 (m) =	0,00			
carico 4 :	Tetto-tot	0	0	daN/m	COPPE D'ESTREMITA' :				V1K =		daN
carico 5 :	Muro	0	0	daN/m	C1 =	0	daN m		V2K =		daN
totali		124	124	daN/m	C2 =	0	daN m		(*) effetti sob su vabre reaz. vincolari		

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE SLU :

RAPPORTO SLU/SLE raro = 1,48

REAZIONI VINCOLARI SLU :		MOMENTI (SLU)		TAGLI SUGLI APPOGGI (SLU)		FRECCIA SLE raro :					
R1 =	10 474	daN	M ₁ =	0	daN m	T ₁₂ =	10 474	daN			
R2 =	1 096	daN	M _{max} > 0 =	3 126	daN m	T ₂₁ =	-1 096	daN	f _{max} > 0 =	0,27	cm
			M ₂ =	0	daN m				f _{max} < 0 =	0,00	cm



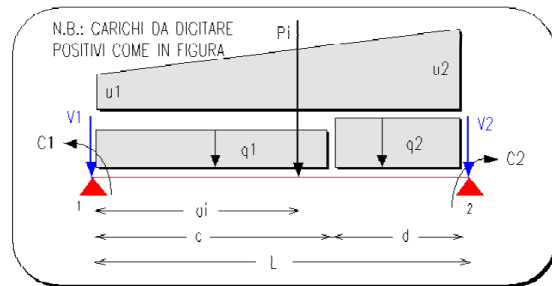
VERIFICA SEZIONI

Acciaio: S275 (Fe43)		DATI GEOMETRICI		VERIFICA RESISTENZA SLU. ($\sigma_{R1} < f_{yd}$)		Freccia/Luce SLE :	
Coeff. sicurezza: γ_m =	1,05	J_x =	8 092	cm ⁴	Profilo: HEB 220	f/L = 1 / 1 882	
resistenza progetto: f_{yd} =	262	Wx =	736	cm ³	$\sigma_{R1} =$ 95		
					MPa [*]		

Trave porta grigliato - max momento

SCHEMA STATICO :

$$\begin{aligned} L &= 5,00 \text{ m} \\ c &= 2,50 \text{ m} \\ d &= 2,50 \text{ m} \end{aligned}$$



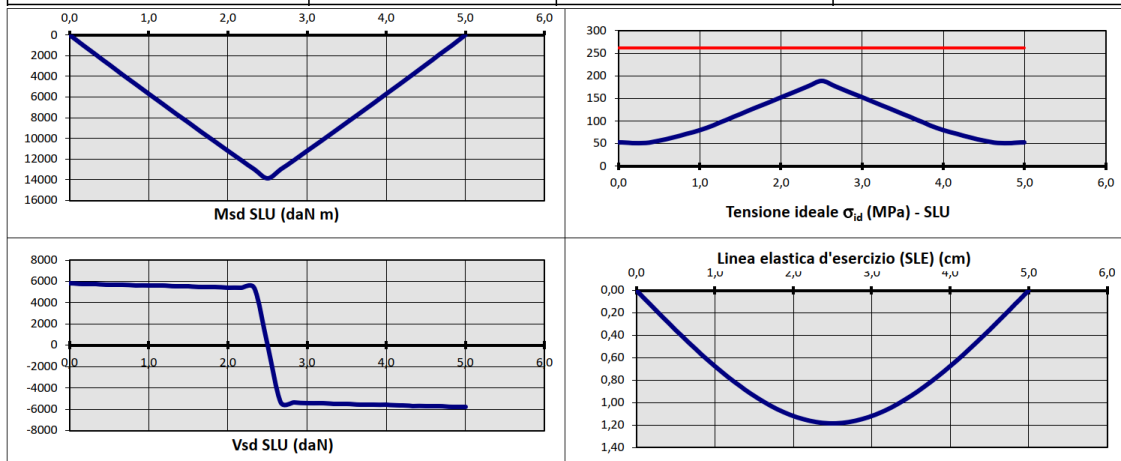
ANALISI DEI CARICHI (caratteristiche):

CARICHI DISTRIBUITI :				CARICHI CONCENTRATI :				CARICO DISTRIBUIO TRAPEZIO :			
peso proprio :		q1	q2		P1 (daN) =		a1 (m) =		u1 =		
		72	72	daN/m		7 200		2,50			daN/m
carico 1 :				daN/m	P2 (daN) =	0	a2 (m) =	0,00	u2 =		daN/m
carico 2 :		Solab G	52	52	daN/m	P3 (daN) =	0	a3 (m) =	0,00	CARICHI CONCENTRATI SOPRA GLI APPOGGI : (*)	
carico 3 :		Solab Q	0	0	daN/m	P4 (daN) =	0	a4 (m) =	0,00		
carico 4 :		Tetto-tot	0	0	daN/m	COPPE DI ESTREMITA' :			V1_K =		daN
carico 5 :		Muro	0	0	daN/m				C1 =	0	daN m
totali		124	124	daN/m	C2 =	0	daN m	(*) effetti sob su varie reaz. vincolari			

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE SLU :

RAPPORTO SLU/SLE raro = 1,48

REAZIONI VINCOLARI SLU :	MOMENTI (SLU)	TAGLI SUGLI APPOGGI (SLU)	FRECCIA SLE raro :
R1 = 5 785 daN	M1 = 0 daN m	T12 = 5 785 daN	f max > 0 = 1,19 cm
R2 = 5 785 daN	Mmax > 0 = 13 891 daN m	T21 = -5 785 daN	f max < 0 = 0,00 cm
	M2 = 0 daN m		



VERIFICA SEZIONI

Acciaio: S275 (Fe43)	DATI GEOMETRICI	VERIFICA RESISTENZA S.L.U. ($\sigma_H < f_{yd}$)	FRECCIA/LUCE SLE :
Coeff. sicurezza: $\gamma_m = 1,05$	$J_x = 8 092 \text{ cm}^4$	Profilo: HEB 220	$f/L = 1 / 422$
Resistenza progetto: $f_{yd} = 262 \text{ MPa}$	$W_x = 736 \text{ cm}^3$	$\sigma_{belle} = 189 \text{ MPa [*]}$	

Il tecnico