

PROGETTO DI UNA SERRA CALDA IN VETRO ED ACCIAIO PER LA COLTIVAZIONE DELLA GERBERA

CONSIDERAZIONI AGRONOMICHE

Il presente progetto riguarda la costruzione di una serra calda in vetro e acciaio zincato destinata alla coltivazione della gerbera, che consente la produzione delle stesse nei periodi in cui questa non è possibile per le avverse condizioni climatiche .

Per l'impianto si possono usare talee già radicate, disposte con una densità di 10 piante a mq.

La gerbera viene posta a dimora in maggio-giugno, il suo ciclo colturale dura 18 mesi e quindi la raccolta avviene a dicembre dell'anno successivo.

Questa pianta predilige gli ambienti temperati, si esclude quindi la coltivazione all'aperto in inverno.

Sopporta entro certi limiti le elevate temperature estive.

<u>Temperatura minima letale</u>	<u>-2 ÷ 0 ° C</u>
<u>Temperatura minima biologica</u>	<u>8 ÷ 10 ° C</u>
<u>Temperatura ottimale notturna</u>	<u>13 ÷ 15 ° C</u>
<u>Temperatura ottimale diurna</u>	<u>20 ÷ 25 ° C</u>

ORIENTAMENTO E UBICAZIONE

La serra è adoperata per la coltivazione nel periodo invernale, quindi il suo asse longitudinale sarà orientato nella direzione est-ovest, onde consentire una maggiore resa termica ed un maggiore valore di illuminazione.

L'ubicazione della serra è nel comune di CAVA DE' TIRRENI (SA).

L'appezzamento dove sorge la serra è attraversato da una condotta in pressione dalle seguenti caratteristiche:

Diametro 150 mm

Pressione 4,5 bar

La capacità portante del terreno, verificata da prove di campo alla profondità di 0,90 m, è risultata essere pari a 1,5 Kg/cmq.

SOLUZIONI STRUTTURALI

Struttura portante	Asse trasversale
Capriata	Inglese
Fondazione	Discontinua con plinto e sottoplinto
Porte d'ingresso	Una, a due ante, per ogni testata
Finestrature	Continue sia sulla falda che sul tetto
Impianto di riscaldamento	Ad aria calda

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DIMENSIONI

Larghezza	12,30m
Lunghezza	60,00m
Luce	12,00m
Volume	2808mc
Superficie coperta	720,00mq
Cubatura unitaria	3,82mc/mq
Altezza di colmo	5,30m
Altezza di gronda	2,50m
Altezza media	3,90m
Inclinazione della falda	26°
Interasse tra i pilastri	4,00m
Interasse tra i profili portavetro	0,667m
Larghezza sportelli della falda	1,65m
Angolo di apertura degli sportelli sulla falda	52°
Larghezza degli sportelli sulla parete	1,20m
Angolo di apertura sportelli sulla parete	40°
Dimensione del plinto	0,80m×0,80m×0,60m
Dimensione del sottoplinto	1,10m×1,10m×0,25m
Altezza del cordolo	0,40m
Larghezza del cordolo	0,30m
Larghezza porte d'ingresso	4,00m
Larghezza delle lastre	0,65m

ANALISI DEI CARICHI

I carichi, calcolati per unità di superficie coperta, vengono distinti in:

1. Carichi permanenti

a) peso degli elementi strutturali: $P_p = 20 \text{ Kg/mq}$ (valore medio orientativo)

b) sovraccarichi permanenti :

$$P_v = \text{peso vetro} = \frac{12,5 \text{ Kg/mq}}{\cos 26^\circ} = 13,9 \text{ Kg/mq} ;$$

$C_e =$ carichi di esercizio = 15 Kg/mq (valore medio orientativo)

$$\text{Totale carichi permanenti} = P_p + P_v + C_e = 48,9 \text{ Kg/mq}$$

2. Carichi accidentali

a) neve = adottiamo il valore standard di 25 Kg/mq

b) vento= le pressioni dovute al vento sulle superfici della serra, non essendo questa una costruzione stagna, sono date da:

$$P = \bar{C} \times K \times q \quad \text{dove } \bar{C} = C_e - C_i$$

\bar{C} è un coefficiente di esposizione e forma che assume valore diverso secondo i casi:

-- per la parete verticale sopra vento: $C_e = +0,8$;

-- per la parete verticale sotto vento : $C_e = -0,4$;

-- per la falda sopra vento : $C_e = 0,03 \times \alpha - 1$;

-- per la falda sotto vento : $C_e = -0,4$;

C_i è un coefficiente di esposizione e forma che assume valore :

+0,2 considerando la pressione interna dovuta al vento,

-0,2 considerando che il vento determina una depressione all'interno.

K è il coefficiente di snellezza; si assume uguale ad 1.

q è la pressione cinetica del vento che nel nostro caso assume il valore standard di 40 Kg/mq (per un'altezza di serra non superiore ai 6m).

Per la verifica delle strutture alla condizione di carico più sfavorevole si fa riferimento alle seguenti tre condizioni:

- 1) carichi permanenti più carico della neve;
- 2) carichi permanenti più pressione esterna del vento più pressione interna del vento;
- 3) carichi permanenti più carico neve più pressione esterna del vento più pressione interna del vento.

CALCOLO DELLA CAPRIATA

La capriata deve essere verificata alla prima condizione di carico, che risulta essere la più gravosa.

I carichi che si esercitano sulla capriata sono il peso degli elementi strutturali, il peso del vetro, carichi di esercizio, neve; essi sono pari a 73,9 Kg/mq di proiezione orizzontale.

Calcoliamo i carichi agenti sui nodi interni:

$$F = C \times A = 73,9 \text{ Kg/mq} \times 6 \text{ mq} = 443,4 \text{ Kg}$$

C= carichi prima menzionati;

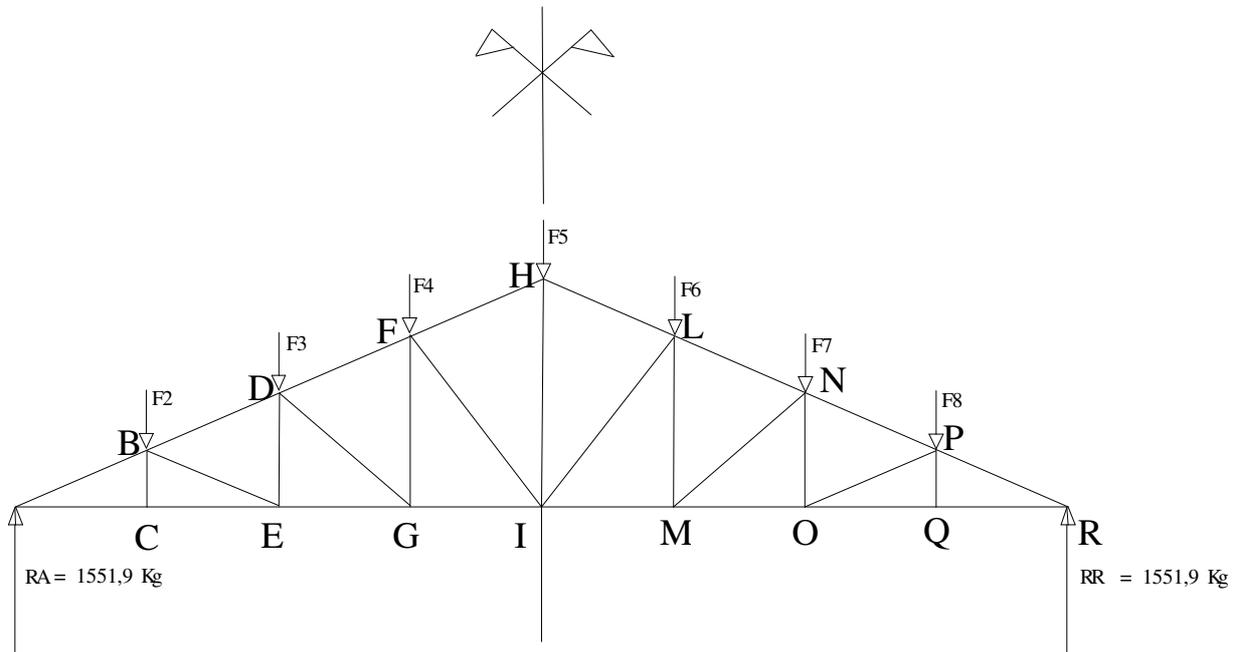
A= area di influenza del nodo;

Ricerca delle reazioni vincolari:

$$Y_a = Y_b = \frac{(F_1 / 2 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 + F_9 / 2)}{2} = 1773,6 \text{ Kg}$$

$$R_a = R_b = Y_a - F_1 = 1773,6 - \frac{443,4}{2} = 1773,6 - 221,7 = 1551,9 \text{ Kg}$$

GEOMETRIA DELLA CAPRIATA



Essendo la struttura dotata di un asse di simmetria sarà possibile ricavare le caratteristiche delle sollecitazioni solo di una delle due metà, valendo per l'altra le medesime considerazioni

DIMENSIONI DELLA CAPRIATA

LUNGHEZZA ASTE

AB = 1,64m	AC = 1,5m	BC = 0,65m	BE = 1,64m
BD = 1,64m	CE = 1,5m	DE = 1,31m	DG = 1,99m
DF = 1,64m	EG = 1,5m	FG = 1,97m	FI = 2,47m
FH = 1,64m	GI = 1,5m	HI = 2,63m	

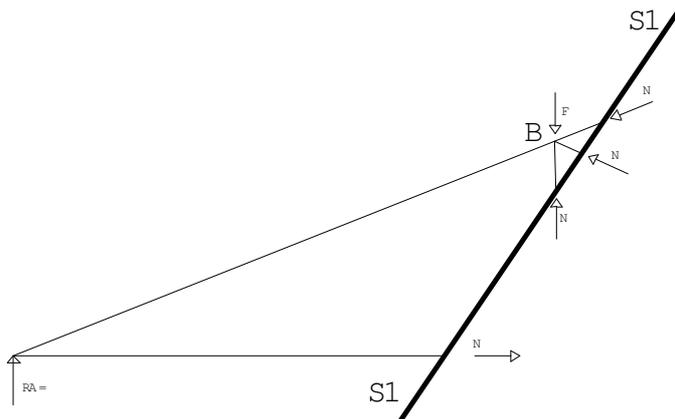
ANGOLI

$$\mathbf{BAC = \alpha = 26^\circ}$$

CALCOLI SFORZI NELLE ASTE DELLA CAPRIATA

Il calcolo degli sforzi nelle aste viene eseguito secondo il metodo di Ritter in cui viene assunta la convenzione del senso antiorario positivo per i momenti positivi.

SFORZO ASTA AC



Equazione alla rotazione intorno a B.

Sezione S₁-S₁.

$$\Sigma M_b = 0 \quad -R_A \times AC + N_{ac} \times BC = 0$$

$$-1551,9 \text{ Kg} \times 1,5 \text{ m} + N_{ac} \times 0,65 \text{ m} = 0$$

$$N_{ac} = \frac{-1551,9 \text{ Kg} \times 1,5 \text{ m}}{0,65 \text{ m}} = \frac{2327,85}{0,65} = 3581,3 \text{ Kg} \quad (\text{TIRANTE})$$

SFORZO ASTA BC

Equilibrio alla rotazione intorno ad A.

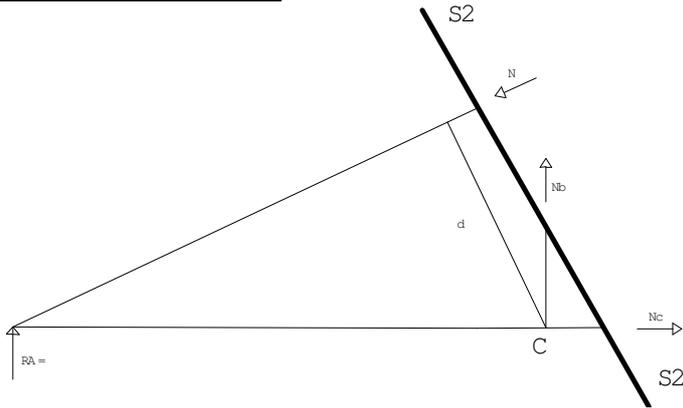
Sezione S₁ - S₁.

$$\Sigma M_a = 0 \quad -F_2 \times 1,5 \text{ m} - N_{bc} \times 1,31 \text{ m} + N_{bc} \times 1,5 \text{ m} = 0$$

$$-443,4 \times 1,5 \text{ m} + 507,71 \times 1,31 \text{ m} + N_{bc} \times 1,5 \text{ m} = 0$$

$$N_{bc} = \frac{665,1 - 665,1}{1,5 \text{ m}} = 0$$

SFORZO ASTA AB



Equazione alla rotazione intorno a C .

Sezione S₂-S₂.

$$\Sigma M_c = 0 \quad -R_A \times AC - N_{ab} \times d_0 = 0$$

$$-1551,9 \text{ Kg} \times 1,5\text{m} - N_{ab} \times 0,66\text{m} = 0$$

$$d_0 = (AC \times \text{sen } 26^\circ)$$

$$N_{ab} = \frac{-1551,9 \times 1,5}{0,66\text{m}} = -3540 \text{ Kg} \quad (\text{PUNTONE})$$

SFORZO ASTA CE

Equilibrio alla rotazione intorno a B .

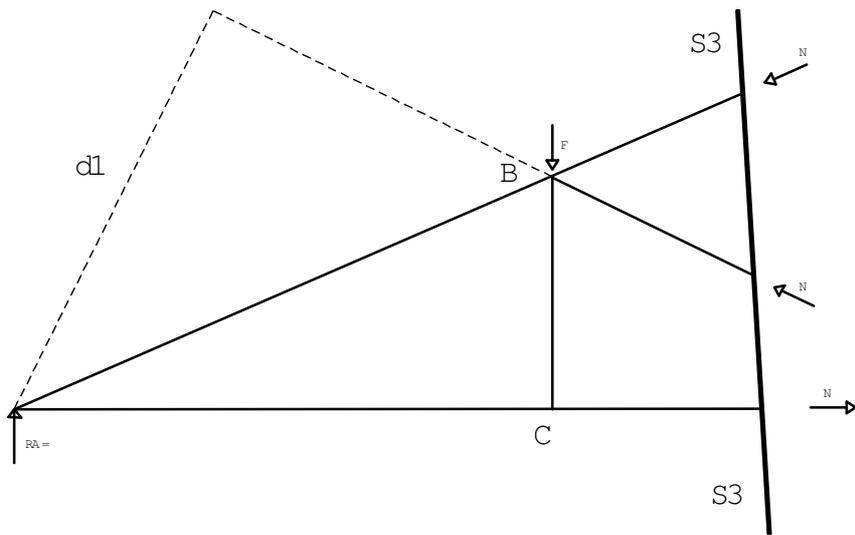
Sezione S₂-S₂ .

$$\Sigma M_b = 0 \quad -R_A \times AC + N_{ce} \times BC = 0$$

$$-1551,9 \text{ Kg} \times 1,5\text{m} + N_{ce} \times 0,65 \text{ m} = 0$$

$$N_{ce} = \frac{1551,9 \text{ Kg} \times 1,5 \text{ m}}{0,65\text{m}} = 3581,3 \text{ Kg} \quad (\text{TIRANTE})$$

SFORZO ASTA BE



Equilibrio alla rotazione intorno a A.

Sezione S₃-S₃.

$$\Sigma M_a = 0 \quad -F_2 \times AC - N_{be} \times d1 = 0$$

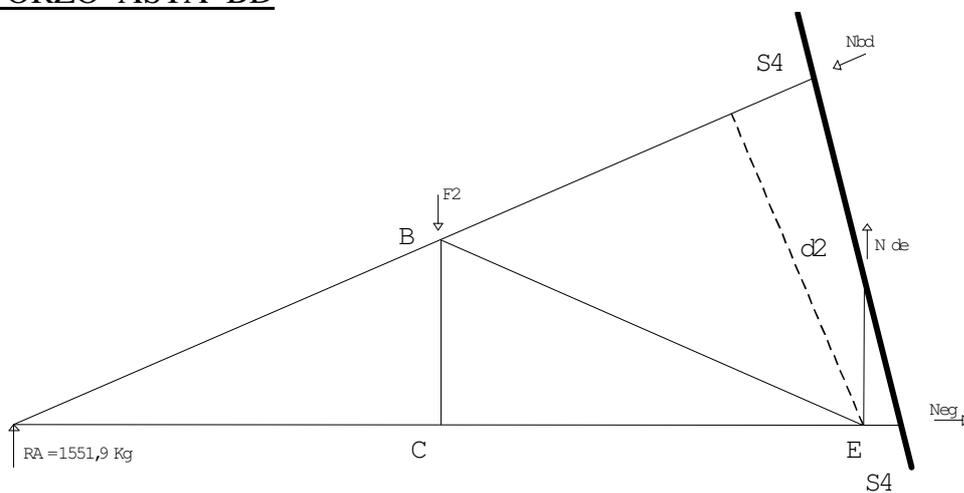
$$d1 = AE \times \text{sen } 26^\circ = 3\text{m} \times \text{sen } 26^\circ = 1,31 \text{ m}$$

$$-443,4 \times 1,5\text{m} - N_{be} \times 1,31\text{m} = 0$$

$$N_{be} = \frac{-443,4 \text{ Kg} \times 1,5\text{m}}{1,31\text{m}} = - 507,71 \text{ Kg}$$

(PUNTONE)

SFORZO ASTA BD



Equilibrio alla rotazione intorno a E.

Sezione S₄ - S₄ .

$$\Sigma M_e = 0 \quad - RA \times AE + F_2 \times CE - N_{bd} \times d_2 = 0$$

$$d_2 = (AE \times \text{sen } 26^\circ)$$

$$- 1551,9 \times 3\text{m} + 443,4 \times 1,5\text{m} - N_{bd} \times 1,31 = 0$$

$$N_{bd} = \frac{-1551,9 \times 3\text{m} + 443,4 \times 1,5\text{m}}{1,31\text{m}} = - 3046,2 \text{ Kg}$$

(PUNTONE)

$$1,31\text{m}$$

SFORZO ASTA DE

Equilibrio alla rotazione intorno al punto A . Sezione S₄- S₄ .

$$\Sigma M_a = 0 \quad -F_2 \times AC - N_{de} \times AE = 0 \quad -443,4 \times 1,5 \text{ m} - N_{de} \times 3\text{m} = 0$$

$$N_{de} = - \frac{665,1}{3} = - 221,7 \text{ Kg} \quad (\text{PUNTONE})$$

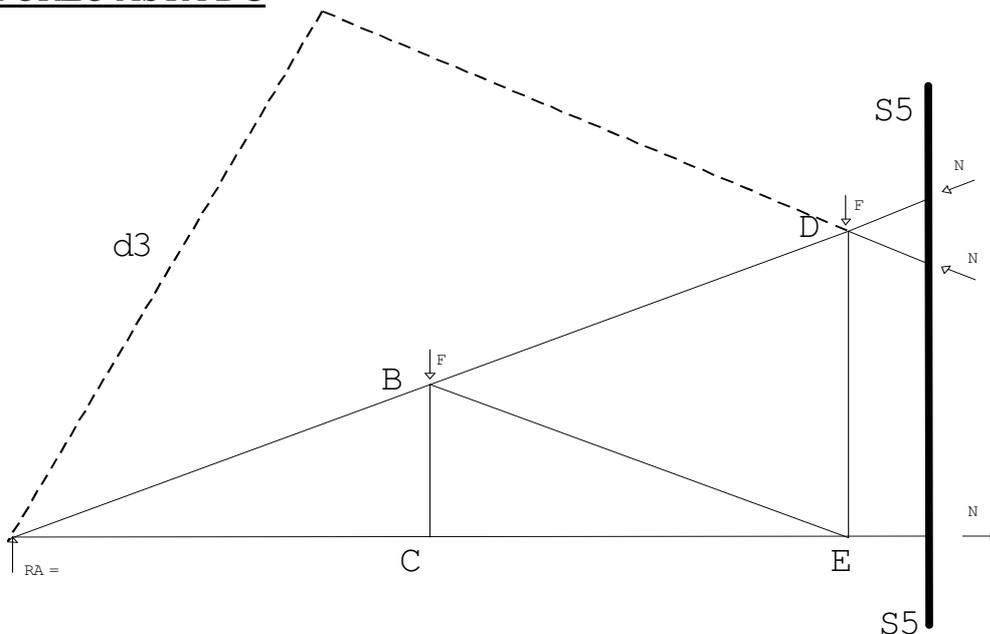
SFORZO ASTA EG

Equilibrio alla rotazione intorno al punto D . Sezione S₄ - S₄ .

$$\Sigma M_d = 0 \quad -R_A \times AE + F_2 \times CE + N_{eg} \times DE = 0 \quad -1551,9 \times 3\text{m} + 443,4 \times 1,5 \text{ m} + N_{eg} \times 1,31 = 0$$

$$N_{eg} = \frac{4655,7 - 665,1}{1,31} = 3046,2 \text{ Kg} \quad (\text{TIRANTE})$$

SFORZO ASTA DG



Equilibrio alla rotazione intorno al punto A .

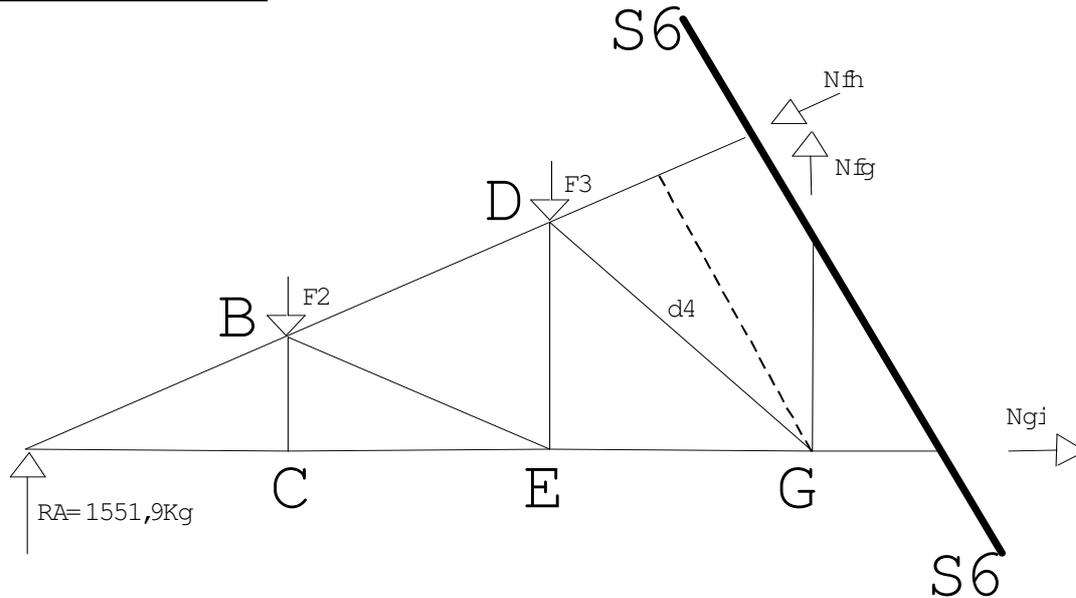
Sezione S₅ -S₅ .

$$\Sigma M_a = 0 \quad -F_2 \times AC - F_3 \times AE - N_{dg} \times d_2 = 0 \quad d_3 = AG \times \text{sen } \beta \quad \text{sen } \beta = \frac{DE}{DG} = \frac{1,5}{1,99} = 0,754$$

$$d_3 = 4,5\text{m} \times 0,754 = 3,38 \text{ m}$$

$$-443,4 \times 1,5 \text{ m} - 443,4 \times 3\text{m} - N_{dg} \times 3,38 \text{ m} = 0 \quad N_{dg} = \frac{-665,1 - 1330,2}{3,38 \text{ m}} = - 590,3 \text{ Kg} \quad (\text{PUNTONE})$$

SFORZO ASTA DF



Equilibrio alla rotazione intorno a G . Sezione S₆-S₆ .

$$\Sigma M_g = 0 \quad -RA \times AG + F_2 \times CG + F_3 \times EG - N_{df} \times d_4 = 0 \quad d_4 = AG \times \text{sen } \alpha = 1,97 \text{ m}$$

$$-1551,9 \times 4,5 \text{ m} + 443,4 \times 3 \text{ m} + 443,4 \times 1,5 \text{ m} - N_{df} \times 1,97 = 0$$

$$N_{df} = \frac{-6983,55 + 1330,2 + 665,1}{1,97 \text{ m}} = -2532,11 \text{ Kg} \quad (\text{PUNTONE})$$

SFORZO ASTA GI

Equilibrio alla rotazione intorno al punto F . Sezione S₆ - S₆ .

$$\Sigma M_f = 0 \quad -RA \times AG + F_2 \times CG + F_3 \times EG - N_{gi} \times FG = 0$$

$$-1551,9 \times 4,5 \text{ m} + 443,4 \times 3 \text{ m} + 443,4 \times 1,5 \text{ m} - N_{gi} \times 1,97 \text{ m} = 0$$

$$N_{gi} = \frac{-6983,55 + 1330,2 + 665,1}{1,97 \text{ m}} = 2532,11 \text{ Kg} \quad (\text{TIRANTE})$$

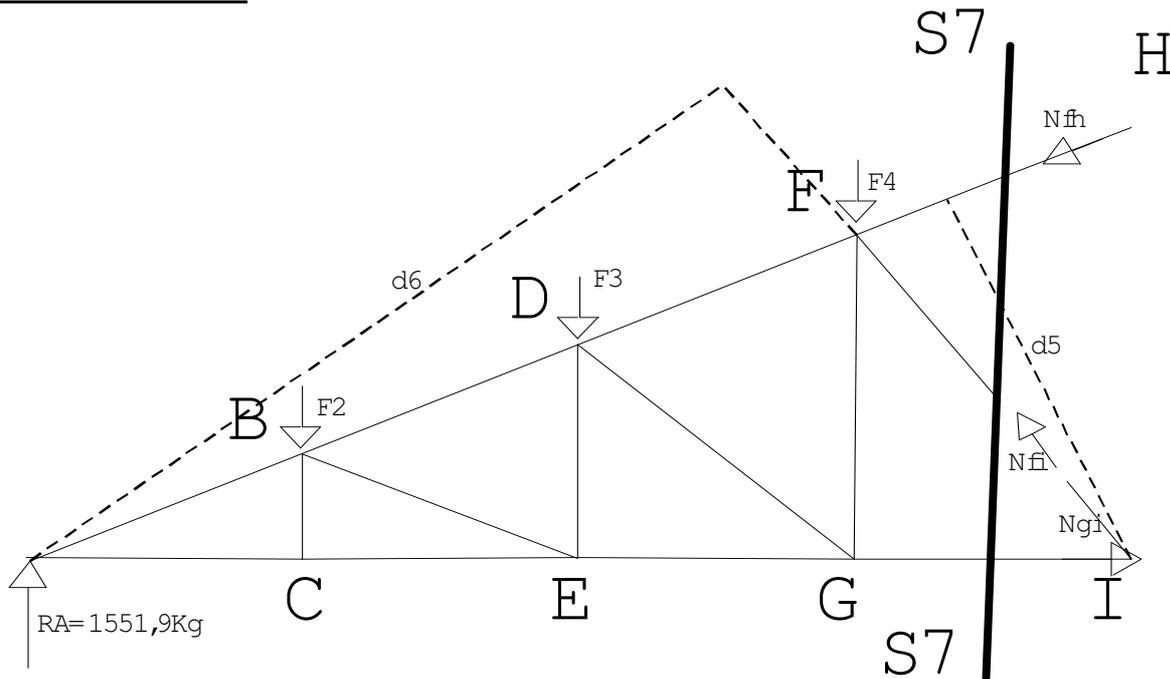
SFORZO ASTA FG

Equilibrio alla rotazione intorno al punto A . Sezione S₆ - S₆

$$\Sigma M_a = 0 \quad -F_2 \times AC - F_3 \times AE + N_{fg} \times AG = 0 \quad -443,4 \times 1,5 \text{ m} - 443,4 \times 3 \text{ m} - N_{fg} \times 4,5 \text{ m} = 0$$

$$N_{fg} = \frac{-665,1 - 1330,2}{4,5 \text{ m}} = -443,4 \text{ Kg} \quad (\text{PUNTONE})$$

SFORZO ASTA FH



Equilibrio alla rotazione intorno al punto I. Sezione S7 - S7 .

$$\Sigma M_i = 0 \quad -RA \times 6m + F_2 \times 4,5m + F_3 \times 3m + F_4 \times 1,5m - N_{fh} \times d_5 = 0 \quad d_5 = HI \times \cos 26^\circ = 2,36m$$

$$-1551,9 \times 6m + 443,4 \times 4,5 + 443,4 \times 3m + 443,4 \times 1,5m - N_{fh} \times 2,36m = 0$$

$$N_{fh} = \frac{-9311,4 + 1995,3 + 1330,2 + 665,1}{2,36m} = -2254,57 \text{ Kg} \quad (\text{PUNTONE})$$

SFORZO ASTA FI

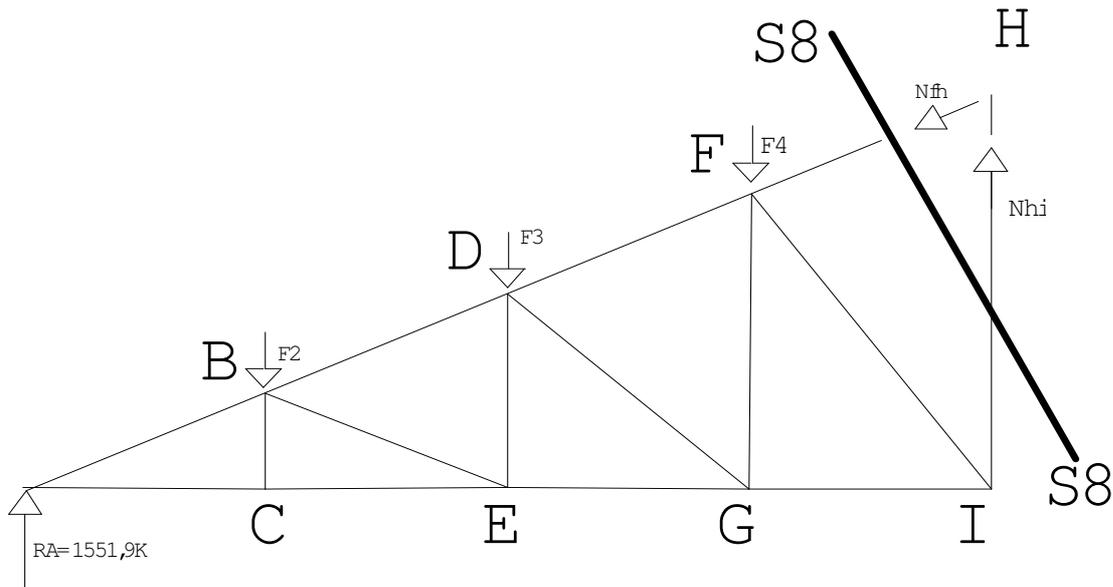
Equilibrio alla rotazione intorno al punto A. Sezione S7 - S7 .

$$\Sigma M_a = 0 \quad -F_2 \times AC - F_3 \times AE - F_4 \times AG - N_{fi} \times d_6 = 0 \quad d_6 = AI \times \sin \gamma = 6m \times 0,797 = 4,78m$$

$$\sin \gamma = \frac{FG}{AI} = 0,797$$

$$N_{fi} = \frac{-665,1 - 1330,2 - 1995,3}{4,78m} = -834,85 \text{ Kg} \quad (\text{PUNTONE})$$

SFORZO ASTA HI



Equilibrio alla rotazione intorno al punto A . Sezione S_g -S_g .

$$\Sigma M_a = 0 \quad -F_2 \times AC - F_3 \times AE - F_4 \times AG - N_{hi} \times AI = 0$$

$$-443,4 \times 1,5 - 443,4 \times 3m - 443,4 \times 4,5 - N_{hi} \times 6 m = 0$$

$$N_{hi} = \frac{-665,1 - 1330,2 - 1995,3}{6 m} = - 665,1 \text{ Kg (PUNTONE)}$$

QUADRO RIASSUNTIVO DELLE SOLLECITAZIONI

CORRENTE SUPERIORE

$$N_{ab} = - 3540 \text{ Kg} \quad \text{PUNTONE}$$

$$N_{bd} = - 3046,2 \text{ Kg} \quad \text{PUNTONE}$$

$$N_{df} = - 2532,11 \text{ Kg} \quad \text{PUNTONE}$$

$$N_{fh} = -2254,57 \text{ Kg} \quad \text{PUNTONE}$$

CORRENTE INFERIORE

$$N_{ac} = 3581,3 \text{ Kg} \quad \text{TIRANTE}$$

$$N_{ce} = 3581,3 \text{ Kg} \quad \text{TIRANTE}$$

$$N_{eg} = 3046,2 \text{ Kg} \quad \text{TIRANTE}$$

$$N_{gi} = 2532,11 \text{ Kg} \quad \text{TIRANTE}$$

DIAGONALI

$$N_{be} = - 507,71 \text{Kg} \quad \text{PUNTONE}$$

$$N_{dg} = -590,30 \text{ Kg} \quad \text{PUNTONE}$$

$$N_{fi} = -834,85 \text{ Kg} \quad \text{PUNTONE}$$

VERTICALI

$$N_{bc} = 0$$

$$N_{de} = -221,7 \text{ Kg} \quad \text{PUNTONE}$$

$$N_{fg} = -443,4 \text{ Kg} \quad \text{PUNTONE}$$

$$N_{hi} = -665,1 \text{ Kg} \quad \text{PUNTONE}$$

Si considerano le massime sollecitazioni sia di compressione che di trazione .

$$\text{Per il corrente superiore si ha :} \quad N_{ab} = - 3540 \text{ Kg} \quad (\text{COMPRESSIONE})$$

$$\text{Per il corrente inferiore si ha :} \quad N_{ac} = 3581,3 \text{ Kg} \quad (\text{TRAZIONE})$$

VERIFICA DELL'ASTA AB

Caratteristiche geometriche :

2 TRAVI AD "L" 80 × 40 × 5 UNI - EU 57

$$\text{Area cmq} = 5,80 \text{ cmq} \times 2 = 11,6 \text{ cmq} \quad I_y = 6,49 \text{ cm}^4$$

$$I'y = 2 \times 6,49 + 2 \times 5,80 \times (1,34)^2 = 23,40 \text{ cm}^4 \quad \text{Si suppone uno spessore minimo dei fazzoletti di 10mm .}$$

$$i'y = (23,40 / 11,6)^{1/2} = 1,42 \text{ cm}$$

$$\lambda = l_0 / i'y = 164 / 1,42 = 115 \quad \rightarrow \quad \omega = 2,37$$

Per l'asta , caricata a sforzo normale di compressione, la formula di verifica è :

$$\sigma_{\max} = (N_x / A) \times \omega < \sigma_{\text{amm}}$$

$$\sigma_{\max} = 3540 \times 2,37 / 11,60 = 723,26 \text{ Kg / cmq}$$

$$\sigma_{\text{amm}} = 1600 \text{ Kg / cmq}$$

La verifica è soddisfatta.

CALCOLO DELL'INTERASSE TRA I PROFILI PORTAVETRO

Le lastre utilizzate hanno una larghezza di 650 mm , bisogna poi aggiungere lo spessore dell'asta del profilo portavetro, e poi 1 millimetri di gioco tra l' asta del profilo e la lastra .

Interasse tra i profili = spessore asta del profilo + larghezza del vetro + gioco;

$$I = 15 \text{ mm} + 650 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 667 \text{ mm}$$

VERIFICA DEL PROFILO PORTAVETRO

La prima condizione di carico risulta essere la più gravosa, in quanto non vi è l'azione del vento che ha un effetto di sollevamento e, quindi, contrasta con i carichi che agiscono sulla falda . Il profilo si comporta come una trave inclinata , sottoposta ad un carico uniformemente distribuito , dovuto al peso del vetro ed al peso proprio , al peso della neve e sottoposta ad un carico concentrato pari a 80 Kg che rappresenta il peso di chi effettua la manutenzione e che si esercita nella mezzeria del profilo .

Determinazione dei carichi uniformemente distribuiti :

INCIDENZA DEL PROFILO PORTAVETRO:

$$1 : 0,667 \text{ m} = x : 1 \text{ m} \quad X = 1,50 \text{ n PPV per metro ;}$$

Carico profilo su mq orizzontale ;

$$1,50 \text{ n PPV / m} \times 1,40 \text{ Kg / m} = \frac{2,10 \text{ Kg / mq}}{\cos 26^\circ} = 2,33 \text{ Kg / mq}$$

SOVRACCARICO PERMANENTE

$$\text{Carico vetro su mq orizzontale: } \frac{12,5 \text{ Kg / mq}}{\cos 26^\circ} = 13,9 \text{ Kg / mq ;}$$

Carico di esercizio su mq orizzontale 15 Kg come previsto dalla normativa ;

SOVRACCARICO ACCIDENTALE

Carico neve sull'orizzontale 25 Kg come previsto dalla normativa ;

$$\text{Carico totale} = 56,20 \text{ Kg / mq ;}$$

DETERMINAZIONE DEL PESO PER METRO LINEARE DEL PROFILO

$$P_o = 56,2 \text{ Kg / mq} \times 0,667 \text{ m} = 37,48 \text{ Kg / m}$$

Calcolo del momento max dovuto al carico distribuito :

$$M_{\max} = \frac{P_0 \times l_0^2}{8} = 10,54 \text{ Kg / m} = 1054 \text{ Kg / cm}$$

Studio del profilo inteso come trave orizzontale:

$$l_0 = l_a \times \cos 26^\circ = 1,64 \times \cos 26^\circ = 1,50 \text{ m}$$

l_a = interasse tra gli arcarecci = 1,64 m

SOVRACCARICO ACCIDENTALE

Imputabile ad un operaio che si reca sulla falda per compiere la manutenzione . Sarà questo un carico concentrato di 80 Kg agente nella mezzera del profilo

$$M_{\max} F \times l_0 / 4 = 80 \text{ Kg} \times 1,50 / 4 = 30 \text{ Kg / m} = 3000 \text{ Kg / cm}$$

CALCOLO DEL MOMENTO MAX TOTALE

$$M_t = 1054 + 3000 = 4054 \text{ Kg / cm}$$

CALCOLO DELLA SIGMA DI ESERCIZIO

$$\sigma_{es} = M_{\max} / W_x = 4054 / 2,84 = 1427 \text{ Kg / cmq}$$

$\sigma_{es} < \sigma_{am}$ che per l'acciaio del tipo 1 Fe 37 è uguale a 1600 Kg / cmq

VERIFICA DELL'ARCARECCIO

Gli arcarecci utilizzati sono gli UPN 100 :

$$S = 13,5 \text{ cmq} \quad P = 10,6 \text{ Kg / m} \quad W_x = 41,1 \text{ cmc} \quad W_y = 8,45 \text{ cmc}$$

Secondo una prima ipotesi di carico , i carichi agenti sono tutti verticali e uniformemente distribuiti. Essi vengono trasmessi alla struttura portante tramite gli arcarecci.

L'interasse tra gli arcarecci è di 1,65 m (5 arcarecci) per una falda lunga 6,56 m.

Incidenza arcarecci

$$1 : 1,65 \text{ m} = x : 1 \text{ m} \quad x = 0,61 \text{ numero arcarecci / m}$$

Carico arcarecci (su mq orizzontale):

$$C_a = 0,61 \times 10,6 \text{ Kg / m} = \frac{6,466 \text{ Kg / mq}}{\cos 26^\circ} = 7,2 \text{ Kg / mq}$$

Carico totale gravante sull'arcareccio

$$C_t = C_a + C_p = \text{Carico arcarecci} + \text{carico trasmesso dal profilo} = 7,2 + 56,2 = 63,40 \text{ Kg /mq}$$

$$\text{Carico per metro lineare } P = 63,40 \text{ Kg} \times 1,65 \text{ m} = 104,61 \text{ Kg / m}$$

Consideriamo l'arcareccio come una trave continua appoggiata su cui agisce un carico uniformemente distribuito che determina una flessione deviata :

$$M_{\max} = 1/10 \times P \times L_o^2 = 104,61 \times (4 \text{ m})^2 \times 1 / 10 = 167,40 \text{ Kg} \times \text{m}$$

L_o = interasse tra le capriate

$$M_x = M_{\max} \times \cos 26^\circ = 150,46 \text{ Kg} = 15050 \text{ Kg} \times \text{cm}$$

$$M_y = M_{\max} \times \sin 26^\circ = 73,38 \text{ Kg} = 7340 \text{ Kg} \times \text{cm}$$

$$\sigma_{es} = M_x / W_x + M_y / W_y = 366,7 + 868,64 = 1234,84 \text{ Kg /cmq}$$

$\sigma_{es} < \sigma_{amm}$ per l'acciaio tipo 1.

VERIFICA PILASTRO

In presenza del vento devo scegliere la condizione più sfavorevole . Per quanto riguarda il pilastro , la condizione più sfavorevole è la terza .

Calcolo dei coefficienti di esposizione e forma , secondo la seguente formula :

$$\bar{C} = C_e + C_i \quad \text{per cui;}$$

$$\bar{C}_1 = 0,8 + 0,2 = 1$$

$$\bar{C}_2 = -0,4 + 0,2 = -0,2$$

$$\bar{C}' = 0,03\alpha - 1 + 0,2 = -0,02$$

$$\bar{C}'' = -0,4 + 0,2 = -0,2$$

Calcolo dei carichi causati dal vento

$$p = \bar{C} \times K \times q$$

a) pilastro

$$p_1 = 1 \times 1 \times 40 \text{ Kg / mq} = 40 \text{ Kg / mq}$$

$$p_2 = -0,2 \times 1 \times 40 \text{ Kg / mq} = -8 \text{ Kg /mq}$$

$$i = 4,00 \text{ m} \quad h = 2,5 \text{ m}$$

Area influenza per ogni pilastro è $2,5 \times 4,00 = 10,00 \text{ mq} = A$

$F_1 = p_1 \times A = 400 \text{ Kg}$ (pilastro più sollecitato quello sopra vento)

$F_2 = p_2 \times A = -80 \text{ Kg}$

b) falda

$p' = K \times \bar{C}' \times q = 1 \times -0,02 \times 40 = -0,8 \text{ Kg / mq}$

$p'' = K \times \bar{C}'' \times q = 1 \times -8 \times 40 = -8 \text{ Kg / mq}$

Area di influenza per ogni capriata

$A = i \times l = 6,56 \times 4 \text{ m} = 26,2 \text{ mq}$ $i =$ interasse tra le le capriate $l =$ larghezza della falda

$F' = p' \times A = -0,8 \times 26,2 = -20,96 \text{ Kg}$

$F'' = p'' \times A = -8 \times 26,2 = -209,6 \text{ Kg}$

$F'_{\text{v}} = F' \times \cos 26^\circ = -18,84 \text{ Kg}$

$F'_{\text{o}} = F' \times \sin 26^\circ = -9,19 \text{ Kg}$

$F''_{\text{v}} = F'' \times \cos 26^\circ = -188,4 \text{ Kg}$

$F''_{\text{o}} = F'' \times \sin 26^\circ = -91,88 \text{ Kg}$

Determinazione delle reazioni vincolari :

Per effetto del vento in testa al pilastro avrò le reazioni vincolari Y'_a ed X'_a .

Per determinare il valore di Y'_a considero l'equilibrio alla rotazione :

$$\Sigma M_b = 0 ; \quad Y'_a \times L - F'_{\text{o}} \times D/2 + F'_{\text{v}} \times 3/4 L + F''_{\text{v}} \times L/4 + F''_{\text{o}} \times D/2 = 0$$

$$Y'_a \times L + 24,35 - 169,56 - 565,20 - 121,74 = 0$$

$$Y'_a = -69,34 \text{ Kg}$$

Per determinare il valore di X'_a , considero l' equilibrio alla traslazione orizzontale :

$$N = -X'_a - F'_{\text{o}} + F''_{\text{o}} = 0$$

$$X'_a = -F'_{\text{o}} + F''_{\text{o}} = 9,19 - 91,88 = -82,70 \text{ Kg}$$

ANALISI DEI CARICHI GRAVANTI IN TESTA AI PILASTRI

Carico in testa ad ogni pilastro = $Y_a = 1773,6 \text{ Kg}$

Sforzo normale alla base del pilastro

Pilastro utilizzato HE 120 serie A

Peso del pilastro $19,9 \text{ Kg / m} \times 2,9 \text{ m}$ (altezza pilastro) = $57,71 \text{ Kg}$

Sezioni 21,2 cmq

$$J_x = 606 \text{ cm}^4 \quad W_x = 106 \text{ cmc} \quad i_x = 4,89 \text{ cm}$$

$$J_y = 231 \text{ cm}^4 \quad W_y = 38 \text{ cmc} \quad i_y = 3,02 \text{ cm}$$

Peso del pilastro + Peso in testa = 1831,3 Kg

Sforzo normale alla base del pilastro $N = Y_a + Y_p - Y'_a = 1762 \text{ Kg}$

Momento flettente alla base del pilastro $M = X'_a \times h + F_1 \times h / 2$

$$M = - 82,7 \times 2,9 + 400 \times 2,9 / 2 = 340,17 \text{ Kg} / \text{m} = 34017 \text{ Kg} / \text{cm}$$

VERIFICA PILASTRO

$$\lambda = l_0 / i_{\min} \quad l_0 = \beta \times l = 1,20 \times 2,9 \text{ m} = 3,48 \text{ m} = 348 \text{ cm} \quad \beta = \text{coefficiente di vincolo}$$

$$\lambda = 348 / 3,02 = 115 \text{ cm} \gg \gg \gg \omega = 2,37 \text{ (ricavato da apposite tabelle)}$$

$$\sigma_{\max} = N \times \omega / A + M / W = 1761,96 \times 2,37 / 25,3 + 34017 / 106 = 485,97 \text{ Kg} / \text{cmq}$$

$$\sigma_{es} < \sigma_{amm}$$

VERIFICA AL TAGLIO

$$T = X'_a + F_1 = 82,7 + 400 = 482,70 \text{ Kg}$$

$$\tau_{\max} = T / A_{\text{anima}} = 98,50 \text{ Kg} / \text{cmq}$$

$$\sigma_{id} = [(\sigma_{\max})^2 + 3 (\tau_{\max})^2]^{1/2} = 515,05 \text{ Kg} / \text{cmq}$$

$$\sigma_{id} < \sigma_{amm}$$

VERIFICA FONDAZIONE

Calcoliamo le misure facenti parte della fondazione :

$$\text{Cordolo (} 0,40 \times 0,30 \times 4,00 \text{)} = 0,48 \text{ mc}$$

$$\text{Fondazione (} 0,80 \times 0,80 \times 0,60 \text{)} = 0,384 \text{ mc}$$

$$\text{Sottofondazione (} 1,1 \times 1,1 \times 0,25 \text{)} = 0,30 \text{ mc}$$

Peso degli elementi :

$$\text{Cordolo } 2500 \text{ Kg} / \text{mc} \times 0,48 \text{ mc} = 1200 \text{ Kg}$$

Fondazione $2500 \text{ Kg} / \text{mc} \times 0,384 = 960 \text{ Kg}$

Sottofondazione $2500 \text{ Kg} / \text{mc} \times 0,30 \text{ mc} = 750 \text{ Kg}$

Peso trasmesso dal pilastro = 1762 Kg

Peso dei vetri laterali = $2,5 \text{ m} \times 3,9 \text{ m} \times 12,5 \text{ Kg} / \text{mq} = 121,87 \text{ Kg}$

Peso dei profili portavetro laterali = $4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 1,65 \text{ Kg} / \text{mq} = 16,5 \text{ Kg}$

Sforzo totale = 4810 Kg (alla base del sottoplinto).

Calcolo dei momenti

$M_1 = X'_a \times (h \text{ pilastro} + h \text{ cordolo} + h \text{ plinto} + h \text{ sottoplinto}) = - 82,7 \times 3,75 \text{ m} = -310,12 \text{ Kg} \times \text{m}$

$M_2 = F_1 \times (h/2 \text{ pilastro} + h \text{ cordolo} + h \text{ plinto} + h \text{ sottoplinto}) = 400 \times 2,30 \text{ m} = 920,00 \text{ Kg} \times \text{m}$

$M_t = M_1 + M_2 = 609,88 \text{ Kg} \times \text{m} = 60988 \text{ Kg} \times \text{cm}$

eccentricità : $e = M / N = 0,14 = 14 \text{ cm}$ $u = 80 / 2 - e = 26 \text{ cm}$

Dato che il centro di pressione cade all'interno del nocciolo centrale d' inerzia la sezione è tutta compressa e le tensioni si determinano con la nota espressione :

$\sigma_{\text{max}} = N / A_c + M / W_c = 4810 / 6400 + 60988 / 85333 = 1,40 \text{ Kg} / \text{cmq}$ $W_c = (b \times h^2) / 6$

La verifica è soddisfatta.

VERIFICA AL PUNZONAMENTO

τ (di tranciamento) = $N / [2 (a + b) \times h] = 0,37 \text{ Kg} / \text{cmq}$

lato piastra = $20 \text{ cm} = a = b$ $h = \text{altezza plinto}$

$\tau_{\text{tr}} = \tau_{\text{es}} < \tau_{\text{am}}$ $\tau_{\text{am}} = 4 + (R'_{\text{bk}} - 150) / 75 = 5,3 \text{ Kg} / \text{cmq}$

La verifica è soddisfatta .

VERIFICA AL SOLLEVAMENTO

La serra per l'azione di sollevamento del vento potrebbe disastarsi per cui è necessario che questa sia ancorata a delle fondazioni di opportuno peso e dimensioni . A tale proposito le norme U.N.I.

impongono :

$P_f > 3 (S - P_s)$ dove $P_f = \text{peso delle fondazioni}$

$S = \text{spinta del vento}$

$P_s = \text{peso della struttura}$

Calcoliamo la spinta del vento relativamente alla seconda condizione di carico :

$$\bar{C}' = C_e - C_i = - 0,42$$

$$\bar{C}'' = - 0,6$$

$$p' = \bar{C}' \times K \times q = - 16,8 \text{ Kg / mq}$$

$$p'' = -24 \text{ Kg / mq}$$

$$F' = p' \times l \times I = - 440,16 \text{ Kg} \quad l = \text{larghezza della falda} \quad I = \text{interasse tra le capriate}$$

$$F'' = p'' \times l \times I = - 628,80 \text{ Kg}$$

Calcoliamo le componenti verticali :

$$F'_v = F' \cos \alpha = - 395,61 \text{ Kg}$$

$$F''_v = F'' \cos \alpha = - 565,16 \text{ Kg}$$

$$F_v = 960,77 \text{ Kg}$$

Calcoliamo il peso della struttura;

Supponiamo che il nostro materiale di costruzione abbia un peso di 16 Kg / mq:

$$P_s = 16 \text{ Kg / mq} \times 48 \text{ mq} = 768 \text{ Kg}$$

Calcoliamo la forza che si ripartisce per ogni pilastro :

$$(S - P_s) = (960,77 - 768) / 2 = 96,38 \text{ Kg}$$

$$P_f = 960 \text{ kg}$$

$$P_f > 3 (S - P_s) \quad 960 \text{ Kg} > 289,14 \text{ Kg} \quad \text{La verifica è soddisfatta .}$$

AERAZIONE

L'aerazione di una serra ha il compito fondamentale di evitare pericolosi aumenti di temperatura interna che possono essere causa di stress termici per le colture.

Il rinnovo dell'aria avviene, in assenza di vento per effetto della tendenza ascensionale della meno densa aria interna nei confronti della più densa , perché più fredda , aria esterna . Questo fenomeno è conosciuto come "effetto camino " .

L'aria fredda esterna penetra all'interno della serra dagli sportelli collocati lungo la parete, mentre l'aria calda interna fuoriesce dagli sportelli di falda, da ciò si capisce l'importanza di una corretta superficie, nonché collocazione delle aperture di aerazione .

Gli sportelli sulle pareti sono continui e ciò perchè questa soluzione assicura una maggiore efficacia agli effetti del rinnovo dell'aria rispetto agli sportelli singoli .

Lo sportello ha una larghezza $B = 1,2$ m ed è incernierato nella parte superiore con possibilità di aprirsi verso l'esterno con un angolo $\alpha = 40^\circ$;ciò assicura un valore di $H = 1,2 \times \sin 40^\circ = 0,77$ m.

La finestratura si trova a 0,8 m dal cordolo, in questo modo l'aria fredda che entra nella serra non investe direttamente le piante .

Calcolo della superficie di aerazione della parete :

$$S = N \times L \times h$$

L = lunghezza dello sportello

N = numero degli sportelli

h = corda dell'arco descritto dal bordo estremo dello sportello.

$$S_1 = 2 \times 60 \times 0,77 = 92,4 \text{ mq}$$

Calcolo della percentuale di aerazione della parete :

$$S_p = (\text{superficie di aerazione} / \text{superficie coperta}) \times 100 = 92,4 \text{ mq} / 720,0 \text{ mq} \times 100 = 12,83 \% .$$

Il valore ottenuto risulta essere superiore al valore minimo stabilito per le regioni meridionali che risulta essere del 4 % .

Analizziamo ora gli sportelli di falda . Anche in questo caso si è scelto di realizzare uno sportello continuo che si sviluppa lungo tutta la lunghezza della falda . Un tipo di sportello è incernierato sulla linea di colmo ad un estremo , mentre l'estremo opposto poggia sull'arcareccio. Un secondo tipo po è incernierato ad un estremo sull'arcareccio , mentre l'estremo opposto poggia sull'arcareccio immediatamente inferiore .

Lo sportello ha la possibilità di aprirsi con un angolo di 52° fino a disporsi , cioè , sul prolungamento della falda opposta .

La sua larghezza è di $b = 1,65$, per cui il valore di h sarà : $h = 2b \times \sin \alpha$, dove α è uguale all'angolo di inclinazione della falda, quindi, $h = 1,44$.

Calcolo della superficie di aerazione della falda .

$$S = N \times L \times h ; \quad S_2 = 3 \times 60 \times 1,44 = 259,2 \text{ mq.}$$

Calcolo della percentuale di aerazione della falda :

$$S_f = (\text{superficie di aerazione della falda} / \text{superficie coperta}) \times 100 = 259,20 / 720,0 \times 100 = 36 \% .$$

Calcolo della superficie totale di aerazione :

$$S_t = S_p + S_f = 12,83 + 36,00 = 48,83 \% .$$

CONDIZIONAMENTO TERMICO

Calcolo perdite di calore :

a) Perdite per conduzione - convezione :

$$C_a = K \times T \times A \quad K = \text{coefficiente medio di trasmissione del calore : } 6$$

A = area della superficie disperdente

T = salto termico ($T_i - T_e$)

$$C_a = 6 \times (10^\circ - 2^\circ) \times 1209 \text{ mq} = 59032 \text{ cal / h}$$

b) Perdite dovute al ricambio di aria :

$$C_r = N \times V \times 0,31 \times T \quad N = \text{numero di ricambi d' aria / ora : } 4 .$$

V = volume totale serra

$$C_r = 4 \times 2808 \times 0,31 \times 8 = 27855 \text{ cal/h}$$

c) Perdite di calore totali

$$Q = C_a + C_r = 59032 + 27855 = 86887 \text{ cal / h .}$$

L' impianto di riscaldamento dovrà essere capace di erogare una quantità di calore pari a C , dove C è uguale a $R \times Q$.

R è una costante che tiene conto del rendimento complessivo dell' impianto e delle richieste improvvise di calore maggiori di quelle medie calcolate ($R = 1,2$) .

$$C = 1,2 \times 86887 \text{ cal / h} = 104264 \text{ cal / h .}$$

La scelta è caduta su di un impianto di riscaldamento ad aria calda , il quale ha un rendimento termico relativamente elevato , è poco ingombrante ed ha spese abbastanza modeste di installazione .

L' impianto di riscaldamento deve assicurare che nella serra permanga almeno la temperatura minima biologica atta a garantire il normale sviluppo della coltura . Per la coltivazione della gerbera la temperatura minima biologica è di $8^\circ - 10^\circ \text{ C}$.

Ai fini del dimensionamento dell'impianto è fondamentale considerare la temperatura minima media della zona nella quale viene localizzata la serra .

Tale temperatura è di 2°C .

Per quanto riguarda le perdite di calore consideriamo quelle che avvengono per dispersione dalle pareti e dalle falde e quelle che si hanno a causa del rinnovo accidentale dell' aria attraverso le fessure esistenti su tutta la superficie della serra.