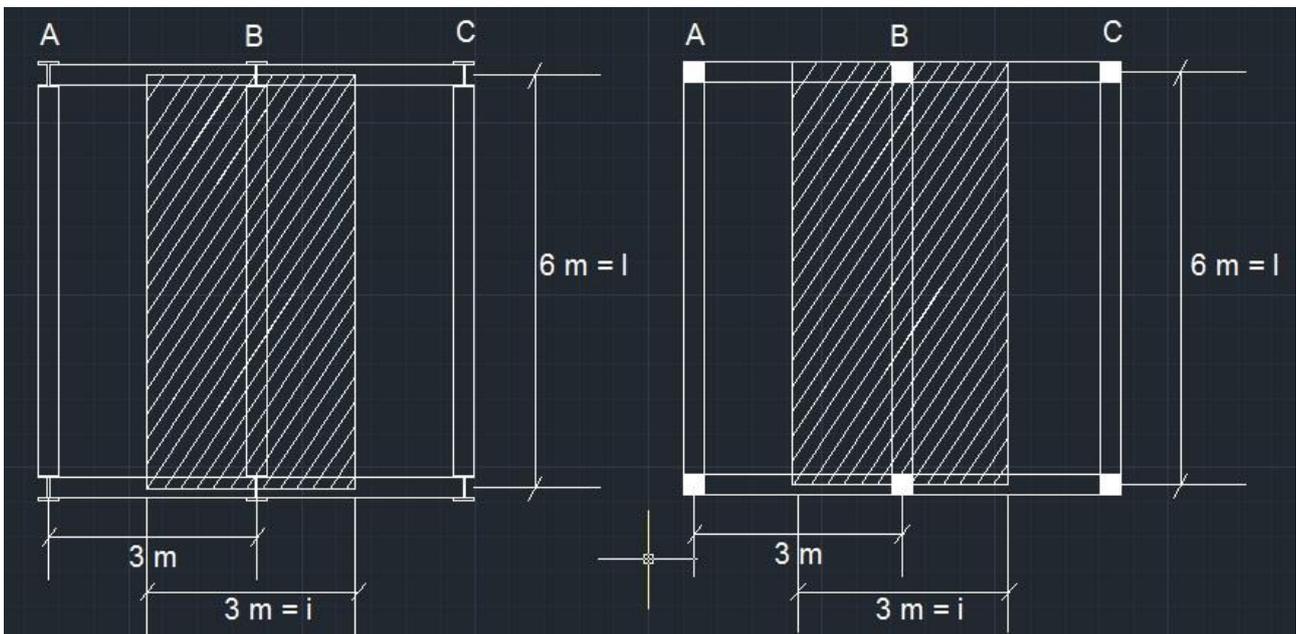


Si consideri la seguente orditura di un ipotetico solaio di un edificio abitativo/residenziale:

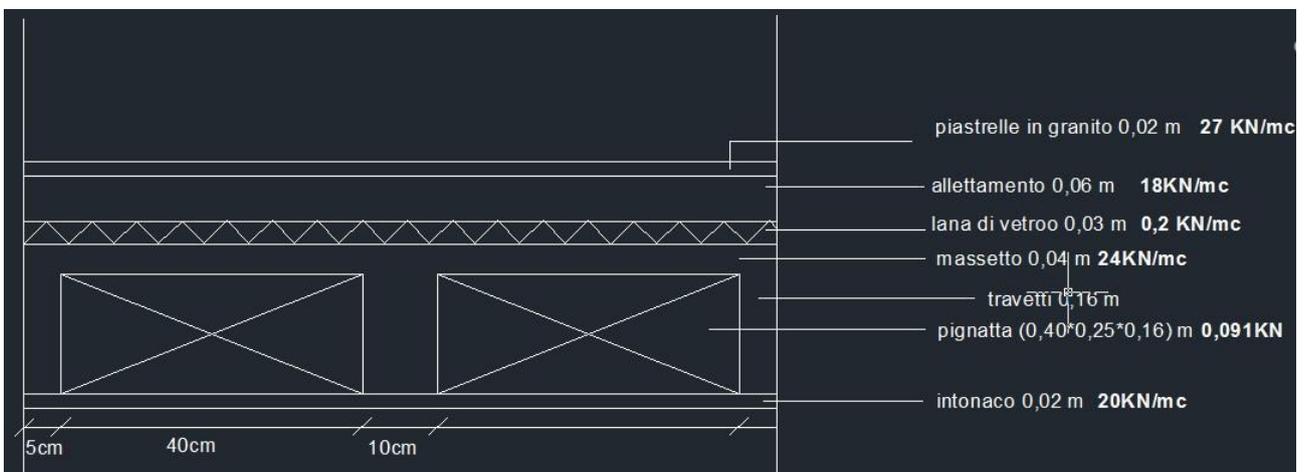


A la trave maggiormente sollecitata è la trave B, la cui area di influenza $A = l \cdot i = 18 \text{mq}$, dove $i = 3 \text{m}$ e $l = 6 \text{m}$ ($6 \text{m} \cdot 3 \text{m} = 18 \text{mq}$).

Studio l'orditura del solaio nelle tre diverse tecnologie: **CLS/LEGNO/ACCIAIO**

DIMENSIONAMENTO TRAVE IN CLS ARMATO A SEZIONE RETTANGOLARE_ solaio in laterocemento

Si ipotizzi di voler dimensionare la trave in cls armato del seguente solaio (pacchetto):



1_ obiettivo: devo trovare h_u , l'altezza della trave di progetto, ipotizzando che la $b = 30 \text{cm}$

2_ devo calcolare il peso totale di 1mq q_u [KN/m^2] del solaio che grava sulla trave:

$$q_{\text{tot}} [\text{KN/m}^2] = (q_s \cdot \gamma_s + q_p \cdot \gamma_p + q_a \cdot \gamma_a) [\text{KN/m}^2]$$

q_s_ carichi strutturali quanto peso degli elementi strutturali grava sulla trave di studio (travetti/pignatte/soletta)

q_p_ carichi permanenti quanto peso degli elementi non-strutturali grava sulla trave di studio (pavimento/allettamento/isolante/intonaco)

D_ q_a_ carichi accidentali degli ambienti residenziali, stabiliti dalla normativa = **2KN/m²**

γ_s; γ_p; γ_a_ valori adimensionali >1 stabiliti dalla normativa che servono a maggiore il carico per maggiore sicurezza.

$$[q_{s,p,a} [\text{KN/m}^2] = P_s [\text{KN/m}^3] \cdot V [\text{m}^3/\text{m}^2] = \text{peso specifico} \cdot \text{volume al mq}]$$

Calcolo i carichi:

$$q_{s_travetti} : 24 [\text{KN/m}^3] \cdot 2 \cdot (0,16 \text{m} \cdot 0,1 \cdot 1) [\text{m}^3/\text{m}^2] = 0,77 [\text{KN/m}^2]$$

$$q_{s_pignatte} \text{ ho 4 pignatte in 1m, quindi 8 pignatte in 1mq } 0,091 [\text{KN}] \cdot 8 = 0,728 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{s_soletta} 24 [\text{KN/m}^3] \cdot (0,04 \cdot 1 \cdot 1) [\text{m}^3/\text{m}^2] = 0,96 [\text{KN/m}^2]$$

$$\mathbf{B_ q_{s,tot} = (0,770 + 0,728 + 0,961) [\text{KN/m}^2] = 2,45 [\text{KN/m}^2]}$$

$$q_{p_pavimento} 27 [\text{KN/m}^3] \cdot (0,02 \cdot 1 \cdot 1) [\text{m}^3/\text{m}^2] = 0,54 [\text{KN/m}^2]$$

$$q_{p_allettamento} 18 [\text{KN/m}^3] \cdot (0,06 \cdot 1 \cdot 1) [\text{m}^3/\text{m}^2] = 1,08 [\text{KN/m}^2]$$

$$q_{p_isolante} 0,2 [\text{KN/m}^3] \cdot (0,03 \cdot 1 \cdot 1) [\text{m}^3/\text{m}^2] = 0,006 [\text{KN/m}^2]$$

$$q_{p_intonaco} 20 [\text{KN/m}^3] \cdot (0,02 \cdot 1 \cdot 1) [\text{m}^3/\text{m}^2] = 0,4 [\text{KN/m}^2]$$

$$\mathbf{C_ q_{p,tot} = (0,54 + 1,08 + 0,006 + 0,4 + 0,5 + 1) [\text{KN/m}^2] = 3,53 [\text{KN/m}^2]}$$

Aggiungo in più i carichi permanenti fissati dalla normativa relative agli impianti (0,5 [KN/m²]) e tramezzi (1 [KN/m²])

3_ Il foglio Excel per calcolare il M_{max} deve ricavare il carico LINEARE incidente sulla trave

q_u [KN/m] servendosi dei seguenti dati:

$$A = i \cdot l = 18 \text{ mq con } l = 6 \text{ m ; } i = 3 \text{ m}$$

Trova così il carico totale dell' A area d' incidenza

$$q_{uA} = q_{\text{tot}} [\text{KN/m}^2] \cdot A \text{ m}^2 = \text{KN}$$

da qui calcola il carico lineare incidente sulla trave:

$$q_u = q_{uA} / l;$$

ma $l=A/i$ (da $A= i^2/l$); $q_{uA}= q_{utot} * A$

sostituendo, si ottiene:

$$q_u = q_{utot} * A / A/i = [KN/m] = q_{utot} * i$$

dove q_u è la densità di carico che agisce sulla trave.

Da qui viene calcolato il M_{max} agente sulla trave in mezzera (sto ipotizzando il modello più semplice di trave doppiamente appoggiata il cui $M_{max} = ql^2/8$):

$$M_{max} = q_u l^2 / 8$$

4_ scelgo le resistenze caratteristiche dell'acciaio e cls che permetteranno al foglio Excel di calcolare la tensione di progetto del cls compresso (f_{cd}) e quella dell'acciaio (f_{yd}) tenendo in considerazione i coefficienti di sicurezza dell'acciaio (1,5); il coefficiente per le resistenze di lunga durata (0,85).

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1	interasse (m)	q_e (KN/m ²)	q_p (KN/m ²)	q_s (KN/m ²)	q_u (KN/m)	luce (m)	M_{max} (KN*m)	f_{ck} (N/mm ²)	f_{cd} (N/mm ²)	f_{yk} (N/mm ²)	f_{yd} (N/mm ²)	β	r	b (cm)	h_u (cm)	δ (cm)	H_{min} (cm)	H	H/I	area (m ²)	peso unitario (KN/m)	
2																						
3	3,00	2,45	3,53	2,00	34,44	6,00	154,98	450,00	391,30	60,00	34,00	0,57	2,09	20,00	31,51	5,00	36,51	40,00	0,06	0,08	2,00	
4					37,04	6,00	166,68	450,00	391,30	60,00	34,00	0,57	2,09	20,00	32,68	5,00	37,68	verificata				

H f_{yk} (N/mm²) = 450 (resistenza dell'acciaio a flessione)

J f_{ck} (N/mm²) = 60 (resistenza cls a compressione)

4_ scelgo il δ copri ferro dell'armatura inferiore = 5 cm

dalla tensione di progetto del cls compresso (f_{cd}) e quella dell'acciaio (f_{yd}) viene calcolata l' h_u , e $H_{min} = h_u + \delta$ (altezza utile, compresa la distanza tra baricentro dei tondini di armatura all'estremo superiore della trave)

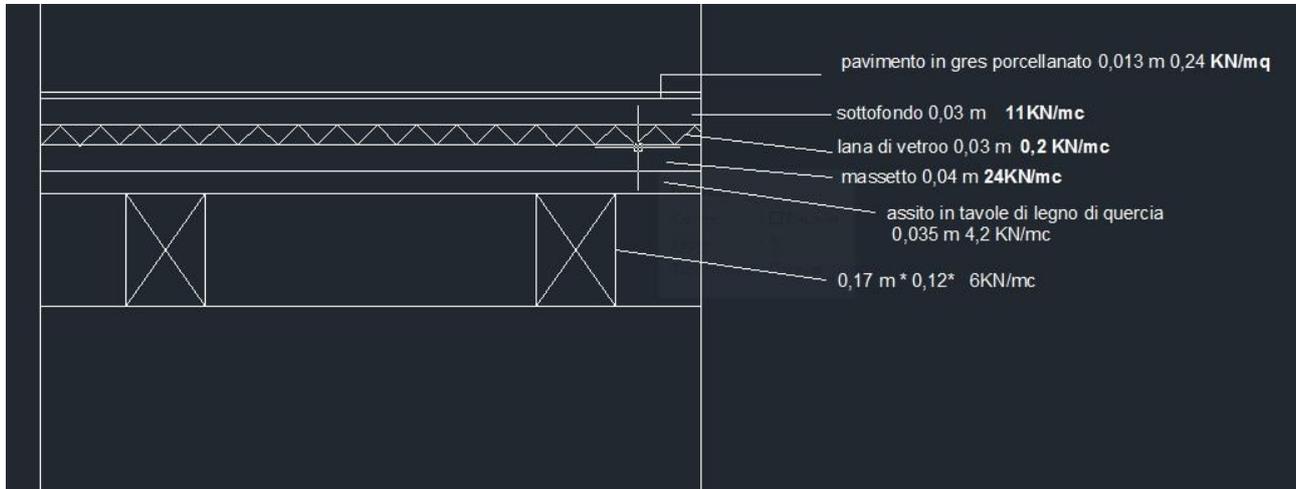
5_ vado ad ingegnerizzare H_{min} portandolo alla decina immediatamente superiore:

R da $H_{min} = 36,51$ a $H = 40$ cm

CONCLUSIONE: ottengo una trave a sezione rettangolare con $H = 40$ cm e $b = 20$ cm.

DIMENSIONAMENTO TRAVE IN LEGNO A SEZIONE RETTANGOLARE _solaio in legno

Si ipotizzi di voler dimensionare la trave in legno del seguente solaio (pacchetto):



1_ obiettivo: devo trovare H, l'altezza della trave di progetto, ipotizzando che la **b= 30 cm**

2_ devo calcolare il peso totale di 1 mq q_u [KN/m²] del solaio che grava sulla trave:

$$q_{\text{tot}} [\text{KN/m}^2] = (q_s * \gamma_s + q_p * \gamma_p + q_a * \gamma_a) [\text{KN/m}^2]$$

dove, γ_s γ_p γ_a sono dei coefficienti di sicurezza >1

q_s _ carichi strutturali quanto peso degli elementi strutturali grava sulla trave di studio (tavolato/travetti)

q_p _ carichi permanenti quanto peso degli elementi non-strutturali grava sulla trave di studio (pavimento/sottofondo/isolante/massetto /intonaco) a questi andranno aggiunti i q_p impianti e q_p tramezzi.

D_ q_a _ carichi accidentali degli ambienti residenziali, stabiliti dalla normativa = **2KN/m²**

Calcolo i carichi:

$$q_{s_ \text{travetti}} = 6 [\text{KN/m}^3] * 2 * 0,17 * 0,12 = 0,24 [\text{KN/m}^2]$$

$$q_{s_ \text{assito}} = 4,2 [\text{KN/m}^3] * 0,035 \text{ m} = 0,15 [\text{KN/m}^2]$$

$$\mathbf{B_ } q_{s_ \text{tot}} = (0,15 + 0,24) [\text{KN/m}^2] = \mathbf{0,39 [\text{KN/m}^2]}$$

$$q_{p_ \text{pavimento}} = 1 [\text{KN/m}^2]$$

$$q_{p_ \text{sottofondo}} = 11 [\text{KN/m}^3] * (0,03 * 1 * 1) [\text{m}^3/\text{m}^2] = 0,33 [\text{KN/m}^2]$$

$$q_{p_ \text{ lana di vetro}} = 0,2[\text{KN/m}^3] * (0,03*1*1) [\text{m}^3/\text{m}^2] = 0,006 [\text{KN/m}^2]$$

$$q_{p_ \text{ massetto}} = 24[\text{KN/m}^3] * (0,04*1*1) [\text{m}^3/\text{m}^2] = 0,96 [\text{KN/m}^2]$$

$$q_{p_ \text{ impianti}} = 0,5[\text{KN/m}^2]$$

$$q_{p_ \text{ tramezzi}} = 1[\text{KN/m}^2]$$

$$C_q_{p_ \text{ tot}} = (1+0,33+0,006 +0,96 +0,5+1)[\text{KN/m}^2] = 3,80 [\text{KN/m}^2]$$

PREDIMENSIONAMENTO

3_ Il foglio di calcolo ha trovato q_u , il totale dei carichi lineari che gravano sulla trave.

4_ nei carichi strutturali ancora non è stato considerato il peso proprio della trave in quanto non conosco le dimensioni della sezione.

Quindi vado a **ricavare la sezione con il predimensionamento e la multiplico per P_s del materiale di cui è fatta.**

Poi effettuerò un nuovo dimensionamento aggiungendo il peso della trave ai carichi strutturali ottenendo così un nuovo momento flettente. Così facendo valuterò la resistenza della trave.

5_ Il foglio Excel ha moltiplicato (carichi totali che gravano su 1 mq de solaio)*(l'interasse) ricavando la quantità di carico lineare che grava sulla trave q_u [KN/m], necessario per calcolare il M_{max} che insiste sulla sezione di questa, dove $M_{max} = q l^2 / 8$ (secondo il modello semplice di trave appoggiata).

6_ scelgo la tecnologia, la classe e nelle tabelle ricavo $f_{m,k}$ (resistenza caratteristica a flessione)

lamellare di classe: GL24h ; $f_{m,k} = 24\text{KN/mm}^2$

Mi informo sulla durata del carico che e sul clima (umidità) nel quale il mio edificio sarà inserito, scelgo quindi una classe di durata del carico e una classe di servizio e sulla base di queste, le tabelle mi forniranno il K_{mod} del mio lamellare (coefficiente diminutivo della resistenza del materiale che tiene conto della durata dei carichi e dell'umidità).

$$H/ I/ J_ f_{m,k} = 24\text{KN/mm}^2$$

$$K_{mod} = 0,8$$

$\gamma_m = 1,45$ (coefficiente parziale di sicurezza che dipende la materiale stabilito dalla normativa)

(inserendo questi 3 parametri sto dando al foglio Excel delle informazioni sulla geometria e sul materiale).

In questo modo il foglio Excel calcola tensione di progetto (f_d) che secondo la norma viene calcolata come segue:

$$f_d = [K_{mod} * f_{m,k}] / \gamma_m$$

PREDIMENSIONAMENTO

ora è possibile dimensionare la trave tramite la formula di Navier secondo cui:

$$\delta_{amm} = M_{max} / W_{Max} , \text{dove:}$$

$$W_{Max} = bh^2/6$$

L ipotizzo una base **b=30cm** e con la formula inversa mi ricavo h:

$$h = \sqrt{6 * M_{max} \text{ KNm} / \delta_{amm} * b}$$

$$h = \sqrt{(6 * 122,63) \text{ KNm} / (13,24 * 1000 \text{ KN/m}^2) * 0,3 \text{ m}}$$

$$h = \sqrt{735,78 \text{ KNm} / 3972 \text{ KN/m} * 0,3 \text{ KN/m}}$$

$$h = \sqrt{735,78 \text{ KNm} / 3972 \text{ KN/m}} = h = \sqrt{0,185} = 0,43 \text{ m}$$

$$h_{min} = 43,04 \text{ cm}$$

essendo un predimensionamento di minima posso usare un H= 50cm

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	interasse (m)	q _s (KN/m ²)	q _p (KN/m ²)	q _a (KN/m ²)	q _u (KN/m)	luce (m)	M _{max} (KN*m)	f _{m,k} (N/mm ²)	k _{mod}	γ _m	f _d (N/mm ²)	b (cm)	h _{min} (cm)	H (cm)
2														
3	3,00	0,39	3,80	2,00	27,25	6,00	122,63	24,00	0,80	1,45	13,24	30,00	43,04	50,00

VERIFICO IL PREDIMENSIONAMENTO

Il P_s (peso specifico) legno lamellare di classe GL24h = 3,80KN/m₃

Ricalcolo i carichi aggiungendo il peso proprio della trave:

Stesso procedimento...

q_s_ carichi strutturali (tavolato/travetti):

$$q_{s_travetti} = 6 \text{ [KN/m}^3] * 2 * 0,17 * 0,12 = 0,24 \text{ [KN/m}^2]$$

$$q_{s_assito} = 4,2 \text{ [KN/m}^3] * 0,035 \text{ m} = 0,15 \text{ [KN/m}^2]$$

$$q_{s_TRAVE} = 3,80 \text{ [KN/m}^3] * 0,5 \text{ m} * 0,3 \text{ m} = 0,57 \text{ KN/m}^2$$

$$B \text{ } q_{s,tot} = (0,15 + 0,24 + 0,57) \text{ [KN/m}^2] = 0,96 \text{ [KN/m}^2]$$

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	q _s (KN/m ²)	q _p (KN/m ²)	q _a (KN/m ²)	q _u (KN/m)	luce (m)	M _{max} (KN*m)	f _{m,k} (N/mm ²)	k _{mod}	γ _m	f _d (N/mm ²)	b (cm)	h _{min} (cm)	H (cm)
2													
3	0,39	3,80	2,00	27,25	6,00	122,63	24,00	0,80	1,45	13,24	30,00	43,04	50,00
4	0,96	3,80	2,00	27,56	6,00	124,04	24,00	0,80	1,50	12,80	30,00	44,02	50,00

$$C_{q,tot} = (1+0,33+0,006 +0,96 +0,5+1)[KN/m^2] = 3,80 [KN/m^2]$$

_ carico distribuito $q_u = 27,56 [KN/m]$

_ calcolo del $M_{max} = 124,04 KNm$

_ il parametro della resistenza ha subito delle variazioni, calcolo h:

$$h = \sqrt{6 * M_{max} KNm / \delta_{amm} * b}$$

$$h = \sqrt{(6 * 124,04) KNm / (12,80 * 1000 KN/m^2) * 0,3 m}$$

$$h = \sqrt{744,24 KNm / 12800 * 0,3 KN/m}$$

$$h = \sqrt{744,24 KNm / 3840 KN/m} = h = \sqrt{0,1938} = 0,44 m$$

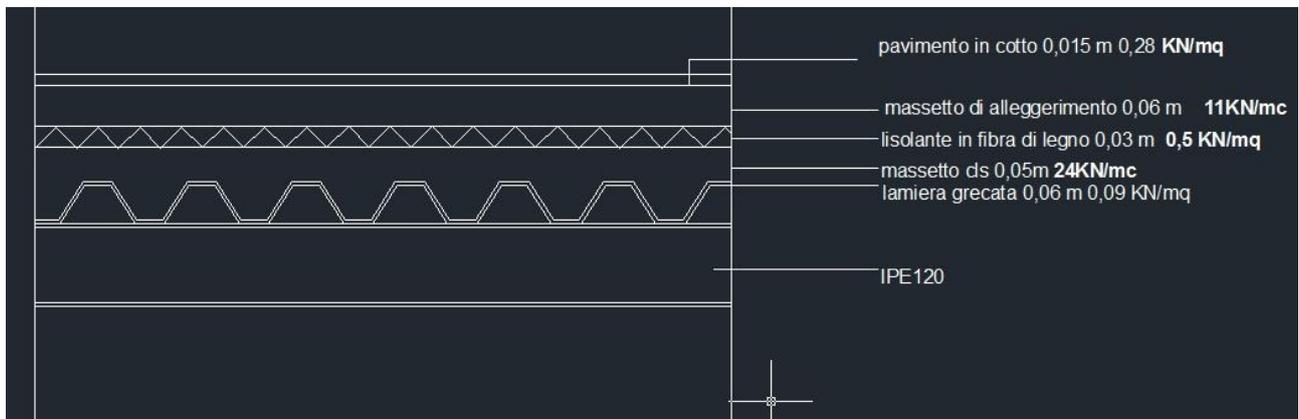
$h_{min} = 44,02 cm$ (è incrementata l' h!!)

si noti che aggiungendo all' analisi dei carichi il peso proprio della trave questa incrementerà in altezza di circa 1 cm

H=50 cm ; b= 30 cm la trave è verificata.

DIMENSIONAMENTO TRAVE IN ACCIAIO_ solaio in acciaio

Si ipotizzi di voler dimensionare la trave in acciaio del seguente solaio (pacchetto):



1_ obiettivo: devo trovare il W_{xmin} della trave di progetto dato dal rapporto:

$$W_{xmin} = M_{max} / \delta_{amm}$$

analizzo i carichi:

q_s_ carichi strutturali quanto peso degli elementi strutturali grava sulla trave di studio

(travatura secondaria IPE120/massetto cls/lamiera grecata)

q_p_ carichi permanenti quanto peso degli elementi non-strutturali grava sulla trave di studio (pavimento/mass. di alleggerimento/isolante/) a questi andranno aggiunti i q_p relativi agli impianti e ai q_p tramezzi.

D_q_a_ carichi accidentali degli ambienti residenziali, stabiliti dalla normativa = 2KN/m²

Calcolo i carichi:

$$q_{s_IPE120} \quad 10,4\text{kg/m} \cdot 1\text{m} = 10,4\text{kg/m}^2 = 0,104 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{s_massetto \text{ in cls}} \quad 24[\text{KN/m}^3] \cdot 0,05 \cdot 1 \cdot 1 = 0,84 [\text{KN/m}^2]$$

$$q_{s_lamiera \text{ grecata}} \quad 0,09[\text{KN/m}^2]$$

$$B_q_{s,tot} = (0,84 + 0,09 + 0,104) [\text{KN/m}^2] = 1,03[\text{KN/m}^2]$$

$$q_{p_pavimento} \quad 0,28 [\text{KN/m}^2]$$

$$q_{p_massetto \text{ di alleggerimento}} \quad 11[\text{KN/m}^3] \cdot (0,06 \cdot 1 \cdot 1) [\text{m}^3/\text{m}^2] = 0,66 [\text{KN/m}^2]$$

$$q_{p_fibra \text{ di legno}} \quad 0,05 [\text{KN/m}^2]$$

$$q_{p_ \text{impianti}} = 0,5[\text{KN/m}^2]$$

$$q_{p_ \text{tramezzi}} = 1[\text{KN/m}^2]$$

$$C_{q_{p_ \text{tot}}} = (0,28+0,66+0,05 +0,5+1)[\text{KN/m}^2] = 2,49 [\text{KN/m}^2]$$

inserendo i dati nel foglio Excel ricavo subito la mia incognita $W_{x\text{min}} = 474,31 \text{ cm}^2$

2_ Il foglio di calcolo trova q_u , il totale dei carichi lineari che gravano sulla trave:

$$q_{\text{utot}} [\text{KN/m}^2] = (q_s * \gamma_s + q_p * \gamma_p + q_a * \gamma_a) [\text{KN/m}^2]$$

dove, $\gamma_s, \gamma_p, \gamma_a$ sono dei coefficienti di sicurezza >1

moltiplicando per l'interasse della trave si ottiene q_u [KN/m].

(concentrazione dei carichi sulla linea d'asse della trave).

Inserendo la luce $l=6\text{m}$, il foglio calcola il M_{max} che insiste sulla sezione di mezzera della trave stessa, (sto sempre considerando modelli di travi appoggiate, con $M_{\text{max}} = ql^2/8$)

$$M_{\text{max}} = q_u [\text{KN/m}] * 6 * \text{m}^2 / 8 = 104,40 \text{ KNm}$$

3_ consultando le tabelle, ho scelto una trave: **(Fe360 (S235))**

Con relativa tensione di snervamento $f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$

inserendo i dati nel foglio Excel ricavo subito la mia incognita :

$$W_{x\text{min}} = 474,31 \text{ cm}^3$$

la confronto con le tabelle di produzione di travi standard e vado a sceglierne una con un valore $W_x > W_{x\text{min}}$, ovvero: $W_x = 557 \text{ cm}^3$.

Affinchè il mio solaio regga dovrò usare una trave principale IPE300.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	interasse (m)	q_s (KN/m ²)	q_p (KN/m ²)	q_a (KN/m ²)	q_u (KN/m)	luce (m)	M_{max} (KN*m)	$f_{y,k}$ (N/mm ²)	f_d (N/mm ²)	$W_{x,\text{min}}$ (cm ³)	W_x (cm ³)
2											
3	3,00	1,03	2,49	2,00	23,59	6,00	106,15	235,00	223,81	474,31	557,00

