

**ANALISI DEI CARICHI**

- Accidentali (Q): 200 Kg/m<sup>2</sup> = 2 kN/m<sup>2</sup>
- Strutturali (G<sub>s</sub>): 150 Kg/m<sup>2</sup> = 1,5 kN/m<sup>2</sup>
- Permanenti (G<sub>p</sub>): 380 Kg/m<sup>2</sup> = 3,8 kN/m<sup>2</sup>
- piastrelle : 50 Kg/m<sup>2</sup>
- massetto : 100 Kg/m<sup>2</sup>
- tramezzi : 100 Kg/m<sup>2</sup>
- isolante : 30 Kg/m<sup>2</sup>
- controsoffitto : 50 Kg/m<sup>2</sup>
- impianti : 50 Kg/m<sup>2</sup>

Totale = 2+1,5 + 3,8 = 7,3 kN/m<sup>2</sup>

f<sub>ed</sub> = 0,85 x 20/1,5 = 11,3 MPa  
f<sub>pd</sub> = 235/1,05 = 224 MPa

**LAMIERA GRECATA E SOLAIO**

FASE I  
M<sub>ed,G1</sub> = 1,3 · 1,9 · 1,10<sup>2</sup>/10 = 0,29 kNm/m  
M<sub>ed,G2+Q</sub> = (1,3 · 3,80 + 1,5 · 2) · 1,10<sup>2</sup>/10 = 0,96 kNm/m  
σ<sub>s,lami</sub> = 0,29 · 10<sup>6</sup>/21,08 · 10<sup>3</sup> = 14 MPa < f<sub>d</sub>  
σ<sub>s,lami</sub> = 0,29 · 10<sup>6</sup>/29,89 · 10<sup>3</sup> = 10 MPa < f<sub>d</sub>

FASE 2  
M<sub>ed,ds</sub> = 11,3 · 1360 · 10<sup>3</sup>/10<sup>6</sup> = 15,36 kN  
M<sub>ed,acc</sub> = (224 · 10) · 76,83 · 10<sup>3</sup>/10<sup>6</sup> = 16,44 kN > M<sub>ed,G2+Q</sub>

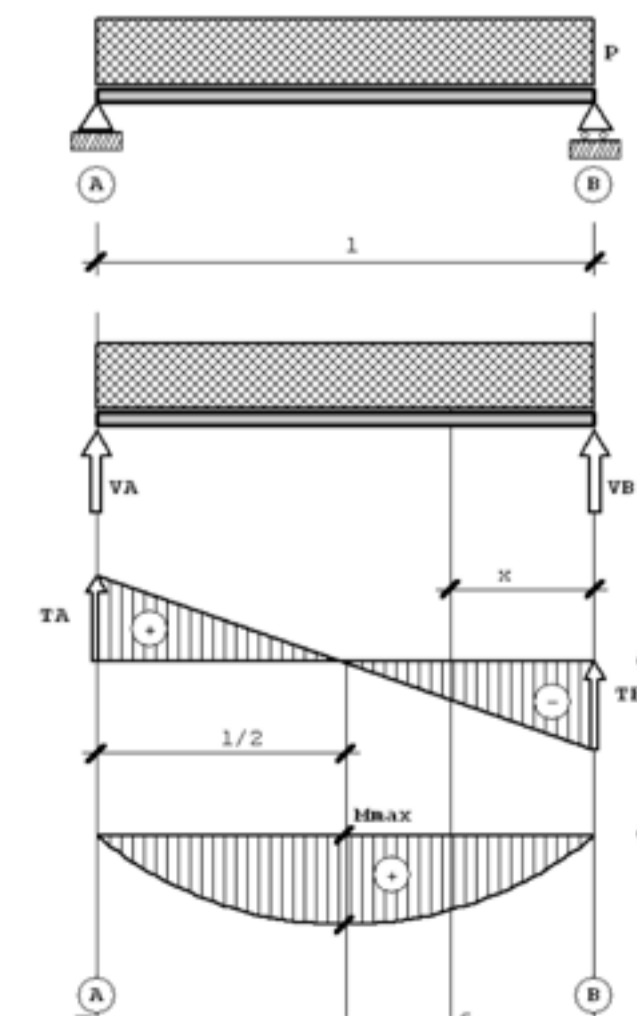
**PROGETTAZIONE DELLE TRAVI**

TRAVE SECONDARIA HEA 220 (6-7)  
A = 64,34 cm<sup>2</sup>, A<sub>y</sub> = 20,7 cm<sup>3</sup> I<sub>x</sub> = 5'410 cm<sup>4</sup>, W<sub>pl</sub> = 515,2 cm<sup>3</sup>  
acciaio S275JR, f<sub>d</sub> = 22,4 MPa,

M = ql<sup>2</sup>/8  
q<sub>ed,G2+Q</sub> = [G<sub>s</sub>·coeff + Q·coeff] · interasse = (1,3 x 3,80 kN/m<sup>2</sup> + 1,5 x 2 kN/m<sup>2</sup>) · 1,235m = 9,8 kN/m  
q<sub>ed,G1</sub> = G<sub>p</sub> · coeff · interasse = 1,3 · 1,5 kN/m<sup>2</sup> · 1,235m = 2,4 kN/m

M<sub>ed,G2+Q</sub> = ql<sup>2</sup>/8  
M<sub>ed,G2+Q</sub> = 9,8 kN/m x 7,5<sup>2</sup> m / 8 = 68,9 kNm  
M<sub>ed,G1</sub> = 1,3 x 1,9 x (5,50)<sup>2</sup> x 1,10/8 = 16,9 kNm  
M<sub>ed</sub> = 68,9 kNm + 16,9 kNm = 85,8 kNm

W<sub>rec</sub> = M<sub>ed</sub> / f<sub>d</sub>  
= 85,8 kNm / 22,4 kN/cm<sup>2</sup> = 27,68/262 x 10<sup>3</sup> = 105,64 cm<sup>3</sup>



**VERIFICHE DI RESISTENZA**

Verifica a Flessione

P<sub>ed</sub> = [(G<sub>s</sub> + G<sub>p</sub>) · coeff + Q · coeff] · interasse = [1,3 x (1,5 + 3,80) kN/m<sup>2</sup> + 1,5 x 2 kN/m<sup>2</sup>] · 1,235m = 12,9 kN/m

M<sub>ed</sub> = ql<sup>2</sup>/8 = 12,9 kN/m · 7,5<sup>2</sup> m / 8 = 90,4 kNm  
M<sub>rd</sub> = W<sub>pl</sub> · f<sub>d</sub> = 515,2 cm<sup>3</sup> · 22,4 kN/cm<sup>2</sup> = 115,4 kNm

M<sub>ed</sub> > M<sub>rd</sub> VERIFICATA

Verifica a Taglio

V<sub>ed</sub> = ql/2 = 12,9 kN/m · 7,5 m / 2 = 48,2 kN  
V<sub>crd</sub> = (A<sub>y</sub> · f<sub>yk</sub>) / (√3 · γ<sub>M0</sub>) = 20,7 cm<sup>3</sup> · 22,4 kN/cm<sup>2</sup> / √3 = 268,0 kN

V<sub>crd</sub> > V<sub>ed</sub> VERIFICATA

**VERIFICHE DI DEFORMABILITA'**

P<sub>q</sub> = 2,47 kN/m P<sub>G1+Q</sub> = 7,8 kN/m  
δ<sub>2</sub> > l / 350 δ<sub>2</sub> = (5 · P<sub>q</sub> · l<sup>4</sup>) / (384 · EJ) = (5 · 24,7 · N/cm · 750<sup>4</sup> cm<sup>4</sup>) / (384 · 21'000'000 · N/cm<sup>2</sup> · 5410 · cm<sup>4</sup>) = 0,87 > 2,14 cm VERIFICATA

δ<sub>max</sub> > l / 250 δ<sub>max</sub> = (5 · ql<sup>4</sup>) / (384 · EJ) = (5 · 78 · N/cm · 750<sup>4</sup> cm<sup>4</sup>) / (384 · 21'000'000 · N/cm<sup>2</sup> · 5410 · cm<sup>4</sup>) = 2,82 > 3 cm VERIFICATA

**TRAVE PRINCIPALE HEB 300 (27-32)**

A = 149,1 cm<sup>2</sup>, A<sub>y</sub> = 47,4 cm<sup>3</sup> I<sub>x</sub> = 25'170 cm<sup>4</sup>, W<sub>pl</sub> = 1'678 cm<sup>3</sup>  
acciaio S275JR, f<sub>d</sub> = 22,4 MPa,

**VERIFICHE DI RESISTENZA**

Verifica a Flessione

P<sub>ed</sub> = [(G<sub>s</sub> + G<sub>p</sub>) · coeff + Q · coeff] · interasse = [1,3 x (1,50 + 3,80) kN/m<sup>2</sup> + 1,5 x 2 kN/m<sup>2</sup>] · 7,5 m = 64,5 kN/m  
M<sub>ed</sub> = ql<sup>2</sup>/8 = 64,5 kN/m · 4,94<sup>2</sup> m / 8 = 196,7 kNm  
M<sub>rd</sub> = W<sub>pl</sub> · f<sub>d</sub> = 1678 cm<sup>3</sup> · 22,4 kN/cm<sup>2</sup> = 375,9 kNm

M<sub>ed</sub> > M<sub>rd</sub> VERIFICATA

Verifica a Taglio

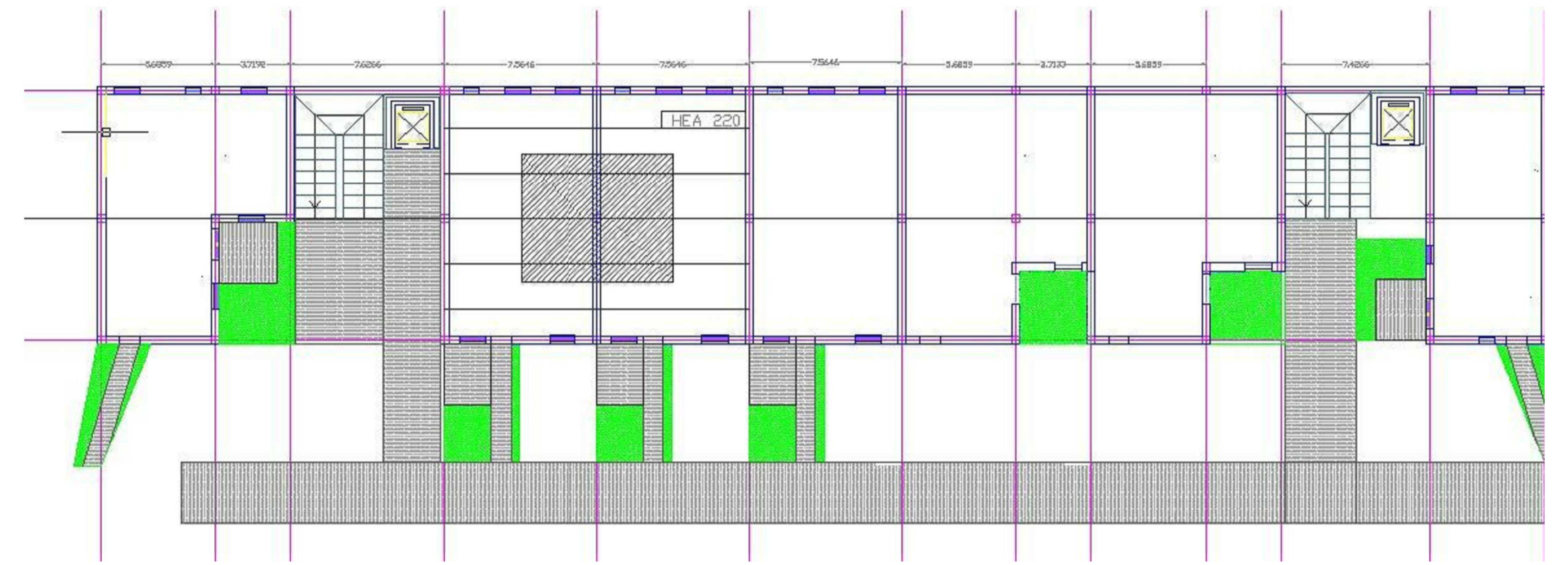
V<sub>ed</sub> = ql/2 = 64,5 kN/m · 4,94 m / 2 = 159,3 kN  
V<sub>crd</sub> = (A<sub>y</sub> · f<sub>yk</sub>) / (√3 · γ<sub>M0</sub>) = 7,4 cm<sup>3</sup> · 22,4 kN/cm<sup>2</sup> / √3 = 613,7 kN

V<sub>crd</sub> > V<sub>ed</sub> VERIFICATA

**VERIFICHE DI DEFORMABILITA'**

P<sub>q</sub> = 2 · 7,5m = 15 kN/m P<sub>G1+Q</sub> = 7,3 · 7,5m = 54,8 kN  
δ<sub>2</sub> > l / 350 δ = (5 · P · l<sup>4</sup>) / (384 · EJ) = (5 · 150 · N/cm · 494<sup>4</sup> cm<sup>4</sup>) / (384 · 21'000'000 · N/cm<sup>2</sup> · 25170 · cm<sup>4</sup>) = 0,22 > 1,41 cm VERIFICATA

δ<sub>max</sub> > l / 250 δ = (5 · P · l<sup>4</sup>) / (384 · EJ) = (5 · 548 · N/cm · 494<sup>4</sup> cm<sup>4</sup>) / (384 · 21'000'000 · N/cm<sup>2</sup> · 25170 · cm<sup>4</sup>) = 0,8 > 1,98 cm VERIFICATA



**PROGETTAZIONE DEI PILASTRI**

altezza totale 25m, numero di solai 5, interpiano 3,5 m, area di influenza 7,5 x 4,32 m

**COLONNA HEB 200 (7-27)**

I<sub>x</sub> = 5.696 cm<sup>4</sup>  
I<sub>y</sub> = 2.003 cm<sup>4</sup>  
A = 78,08 cm<sup>2</sup>  
W<sub>x</sub> = 596,6 cm<sup>3</sup>  
W<sub>y</sub> = 639,8 cm<sup>3</sup>  
W<sub>pl</sub> = 200,3 cm<sup>3</sup>  
W<sub>pl</sub> = 305,8 cm<sup>3</sup>  
I<sub>x</sub> = 8,54 cm  
I<sub>y</sub> = 5,07 cm  
b = 20 cm  
t<sub>w</sub> = 1,5 cm

acciaio S275JR  
f<sub>d</sub> = 22,4 MPa,

**Analisi Elastica**

σ<sub>ed</sub><sup>2</sup> + σ<sub>ed</sub><sup>2</sup> + σ<sub>ed</sub> · σ<sub>ed</sub> + 3 τ<sub>ed</sub><sup>2</sup> ≤ (f<sub>yk</sub> / γ<sub>M0</sub>)<sup>2</sup>  
N<sub>ed</sub> = n° piani · Area Influenza · Q = 5 piani · 7,5 m · 4,32 m · 7,3 kN/m<sup>2</sup> = 1182,6 kN  
M<sub>ed</sub> = 1,5 · 0,6 · 0,8 · (7,5 m · 4,32 m) · 3,50<sup>2</sup> m<sup>2</sup> / 8 = 35,7 kNm  
σ = N<sub>ed</sub> / A + M<sub>ed</sub> / W<sub>pl</sub> < σ<sub>amm</sub> = (1182,6 kN / 78,08 cm<sup>2</sup> + 35,7 kNm / 639,8 cm<sup>3</sup>) = 20,73 < 22,4 kN/cm<sup>2</sup>

Verifica a Resistenza

N<sub>rd</sub> = f<sub>d</sub> · A = 22,4 kN/cm<sup>2</sup> · 78,08 cm<sup>2</sup> = 1748,9 kN  
M<sub>rd</sub> = f<sub>d</sub> · W<sub>pl</sub> = 22,4 kN/cm<sup>2</sup> · 305,8 cm<sup>3</sup> = 6849,92 kNcm = 68,5 kNm  
n = N<sub>ed</sub> / N<sub>rd</sub> = 1182,6 / 1748,9 = 0,6  
a = (A · 2b · t<sub>w</sub>) / A < 0,5 = (78,08 cm<sup>2</sup> · 2 · 20 cm · 1,5 cm) / 78,08 cm<sup>2</sup> = 0,23 < 0,5  
n < a 0,6 > 0,23  
M<sub>N,rd</sub> = M<sub>rd</sub> · (1 - (n · a / 1 - a)<sup>2</sup>) = 68,5 kNm [1 - (0,6 · 0,23) / (1 - 0,23)]<sup>2</sup> = 68,5 kNm [1 - (0,37/0,77)<sup>2</sup>] = 68,5 · 0,77 = 52,75 kNm > M<sub>ed</sub>

**Verifica di Stabilità a Compressione Semplice**

$$N_{ed} \leq N_{b,Rd}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}}$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda}} \leq 1,0$$

$$\Phi = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\bar{\lambda} = \frac{A \cdot f_{yk}}{N_{CR}}$$

$$N_{CR} = \frac{\pi^2 \cdot EJ_{MIN}}{L_0^2}$$

$$L_0 = \beta \cdot l$$

svolgimento  
L<sub>0</sub> = β · l = 2/3 · 350 cm = 233 cm

$$N_{CR} = \frac{\pi^2 \cdot EJ_{MIN}}{L_0^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21'000'000 \text{ N/cm}^2 \cdot 2003 \text{ cm}^4}{233^2 \text{ cm}^2} = 7625115,37 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{A \cdot f_{yk}}{N_{CR}} = \frac{78,08 \text{ cm}^2 \cdot 23500 \text{ N/cm}^2}{7625115,37 \text{ N}} = 0,49$$

$$\Phi = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5[1 + 0,76(0,49 - 0,2) + 0,49^2] = 0,731$$

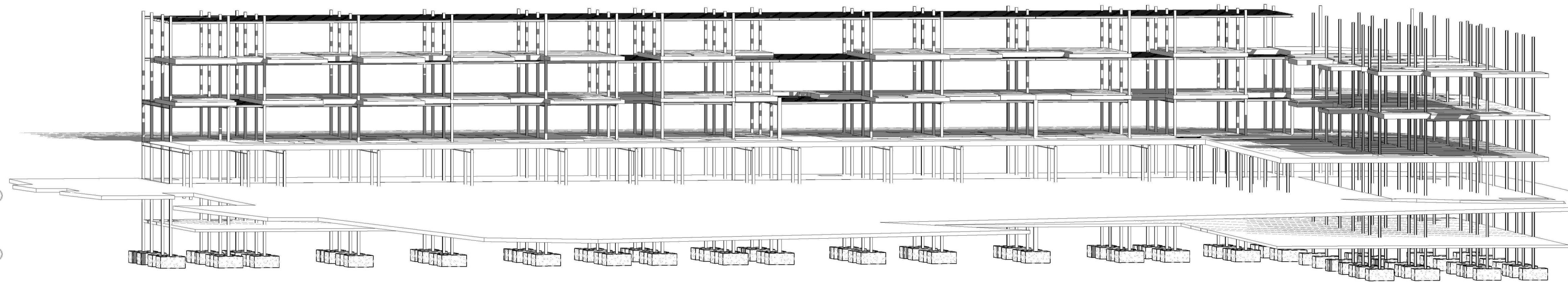
$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda}} \leq 1,0 = \frac{1}{0,731 + \sqrt{0,731^2 - 0,49}} = 1,065$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{1,065 \cdot 78,08 \text{ cm}^2 \cdot 23000 \text{ N/cm}^2}{1,05} = 1860,9 \text{ kN}$$

N<sub>ed</sub> < N<sub>b,Rd</sub>

**PROGETTO DI BULLONATURE A TAGLIO**  
Acciaio S275JR, bulloni cl. 8.8

F<sub>v,Rd</sub> = 2 x 0,6 x 800 x 84/1,25 x 10<sup>3</sup> = 64,5 kN > S/2  
α = min [20/(3 x 13); 800/430; 1] = 0,51  
k = min [2,8 x 30/13 - 1,7; 2,5] = 2,5  
F<sub>v,Rd</sub> = 2 x 2,5 x 0,51 x 430 x 12 x 2 x 4/(1,25 x 10<sup>3</sup>) = 84,21 kN > S



Scala 1 : 500

**Tavola delle Strutture**