



Tabelle di progetto per Sezioni Strutturali in Acciaio (Eurocodice 3, EN1993-1-1:2005)

Tabelle con tutte le sezioni internazionali, con le loro **dimensioni, proprietà, classificazione, resistenza e verifica di stabilità** secondo l' Eurocodice 3, EN1993-1-1:2005. Le tabelle sono estese alle sezioni saldate con dimensioni definite dall'utente.

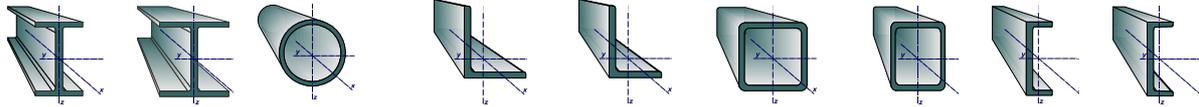
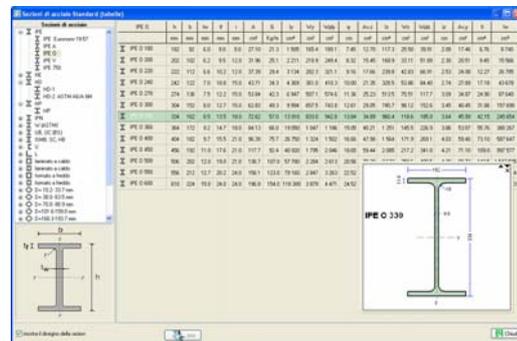


Tabelle con dimensioni e proprietà delle sezioni d'acciaio standard

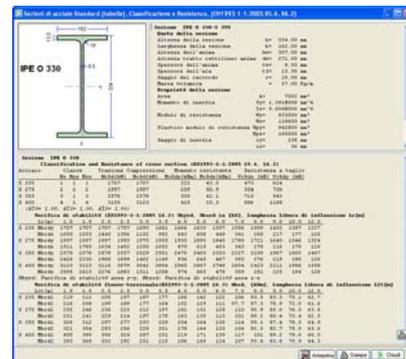
Dall'albero sulla sinistra si può selezionare il tipo di sezione, as es. IPE, HE etc. Sulla destra la tabella mostra tutte le sezioni standard di quel gruppo con le loro dimensioni e proprietà. Spostando su e giù la tabella sulla destra, il disegno della sezione è mostrato in scala (si può prendere e spostare la sezione nella finestra e renderla più grande o più piccola a piacimento con le frecce).



Cliccare o fare doppio click su una sezione per ottenere la relazione analitica con la classificazione, i valori di resistenza e stabilità della sezione selezionata.

Simboli

- h [mm]: Altezza sezione
- b [mm]: Larghezza sezione
- hw [mm]: Altezza anima
- dw [mm]: Altezza del tratto rettilineo dell'anima
- tw [mm]: Spessore dell'anima
- tf [mm]: Spessore dell'ala
- r [mm]: Raggio del raccordo
- G [Kg/m]: Volume
- A [cm²]: Area
- Iy [cm⁴]: Momento dell'area attorno y-y
- Iz [cm⁴]: Secondo Momento dell'area attorno all'asse z-z
- Wy [cm³]: Modulo Sezione attorno all'asse y-y
- Wz [cm³]: Modulo Sezione attorno all'asse z-z
- Wpy [cm]: Modulo Plastico sezione attorno all'asse y-y
- Wpz [cm³]: Modulo Plastico sezione attorno all'asse z-z
- iy [cm]: Raggio di rotazione attorno all'asse y-y
- iz [cm]: Raggio di rotazione attorno all'asse z-z
- Avz [cm²]: Area di taglio parallela all'anima
- Avy [cm²]: Area di taglio parallela all'ala
- It [cm⁴]: Costante torsionale
- Iw [cm⁶]: Costante di deformazione





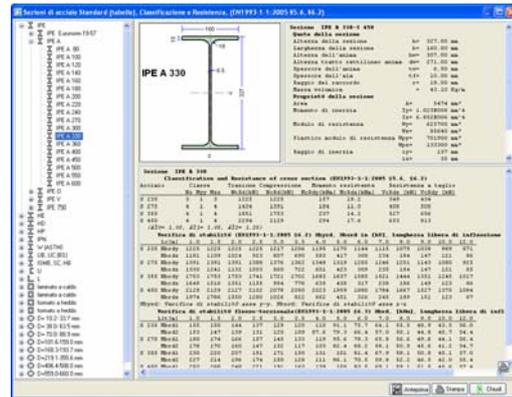
Classificazione e resistenza di sezioni standard d'acciaio

Classificazione della sezione secondo EN1993-1-1:2005 §5.5.
Valore di resistenza della sezione secondo EN1993-1-1:2005 §6.2.
Verifica di stabilità e stabilità laterale secondo EN1993-1-1:2005 §6.3

Dall'albero sulla sinistra selezionare la sezione con la propria designazione.
Sulla destra verrà visualizzato un disegno del profilo della sezione insieme alle dimensioni e proprietà.

Nella finestra sulla destra sono inoltre specificate:

- **Classificazione** (1,2,3,4) secondo EN1993-1-1:2005 §5.5 per carichi assiali e carichi con momento flettente.
- **Resistenza** della sezione in compressione, flessione nell'asse y-y e z-z, e taglio secondo EN1993-1-1:2005 §6.2
- **Verifica di stabilità** per varie lunghezze libere d'inflessione (L_c) secondo EN1993-1-1:2005 §6.3.1
- **Verifica di stabilità flessio-torsionale** per varie lunghezze libere d'inflessione (L_{it}) secondo EN1993-1-1:2005 §6.3.2



Simboli

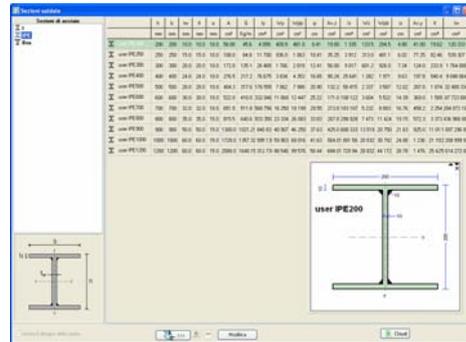
-  **NtRd [kN]:** Resistenza a Trazione EN1993-1-1:2005 §6.2.3
-  **NcRd [kN]:** Resistenza a Compressione EN1993-1-1:2005 §6.2.4
-  **Mcrdy [kNm]:** Resistenza a Flessione attorno all'asse forte y-y EN1993-1-1:2005 §6.2.5
-  **Mcrdz [kNm]:** Resistenza a Flessione attorno all'asse debole z-z EN1993-1-1:2005 §6.2.5
-  **Vcrdz [kN]:** Resistenza a Taglio nell'asse z-z parallelo all'anima EN1993-1-1 §6.2.6
-  **Vcrdy [kN]:** Resistenza a Taglio nell'asse y-y parallelo alle ali EN1993-1-1:2005 §6.2.6
- Nbrdy [kN]:** Verifica Stabilità in compressione attorno all'asse forte y-y o debole z-z, per varie lunghezze libere d'inflessione L_c (1.00,1.50...15 m) EN1993-1-1:2005 §6.3.1
- Nbrdz [kN]:** Verifica di stabilità flessio-torsionale per varie lunghezze tra vincoli Lt (1.00,1.5015 m) EN1993-1-1:2005 §6.3.2
- Mbrd1 [kNm]:** Verifica di stabilità flessio-torsionale per diagramma di momento flettente costante (uniforme) lungo la trave
- Mbrd2 [kNm]:** Verifica di stabilità flessio-torsionale per diagramma di momento flettente parabolico lungo la trave



Tabelle con dimensioni e proprietà delle sezioni d'acciaio saldate definite dall'utente

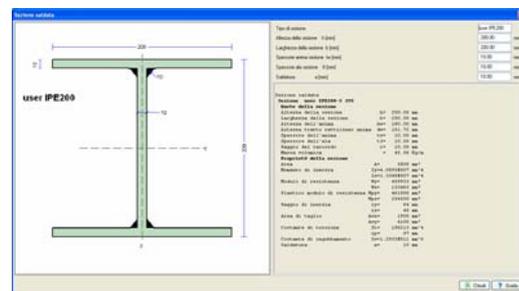
Cliccare **Modifica** per visualizzare la maschera dove inserire le dimensioni della sezione d'acciaio saldata. Sono elencate contemporaneamente le proprietà di resistenza della sezione.

Per aggiungere una nuova sezione o eliminarne una esistente cliccare . Cliccare **Modifica della sezione** per terminare le modifiche.



Classificazione e resistenza delle sezioni d'acciaio saldate definite dall'utente

Come per le sezioni standard.



Parametri

La classificazione delle sezioni, la resistenza e la stabilità sono prodotte per quattro classi di acciaio, S235, S275, S355 and S450. I nomi e i valori di base delle classi di acciaio possono essere modificati da "Parametri/Acciaio Strutturale".

Caratteristiche meccaniche dell'acciaio

Acciaio	Tipo	f_y (MPa) $t \leq 40$ mm	f_u (MPa) $t \leq 40$ mm	f_y (MPa) $40 < t \leq 100$ mm	f_u (MPa) $40 < t \leq 100$ mm
S 235	EN 10025-2	235	360	215	360
S 275	EN 10025-2	275	430	255	410
S 355	EN 10025-2	355	510	335	470
S 450	EN 10025-2	440	550	410	550

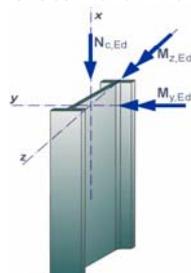
Per abilitare la modifica prima cliccare **Bloccato**

I coefficienti di sicurezza per i materiali γ_{M0} , γ_{M1} , γ_{M2} usati per la classificazione e resistenza possono essere cambiati da "Parametri/Coefficienti di sicurezza per i materiali" γ_M .

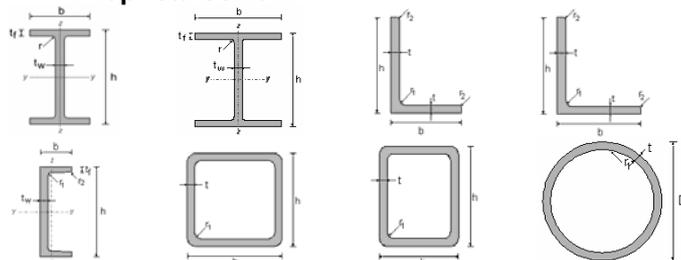


Per abilitare la modifica prima cliccare **Bloccato**

Sistema di Coordinate



Proprietà Sezioni





Steel section types included in the program

	IPE		IPE 80-600
	IPE Euronorm 19-57		IPE A 80-600
	IPE A	European I-beams	IPE O 180-600
	IPE O		IPE V 400-600
	IPE V		IPE 750
	IPE 750		
	HE		
	HE A (IPB1) Euronorm 53-62		European wide flange beams
	HE AA	HE AA 100-1000	
	HE B (IPB) Euronorm 53-62	HE B 100-1000	
	HE M (IPBv) Euronorm 53-62	HEM 100-1000	
	HE Euronorm 53-62	HE 400-1000	
	HL	HL 1000/1100	
	HD		
	HD-1	Beams with very wide flanges	HD 260x54.1 – 400x1086
	HD-2 ASTM A6/A 6M		
	HP		
	HP	Wide flange columns	HP 200x57.2 – 400x231
	IPN		
	IPN	Wide flange bearing piles	IPN 80-550
	W (ASTM)		
	W-1 ASTM A6/A 6M	European standard beams	W 360x370x134
	W-2 ASTM A6/A 6M		W 1100x400x499
	W-3 ASTM A6/A 6M		
	UB, UC (BS)		
	UB-1 BS 4 part 1-1993	American wide flange beams	UB 178x102x19
	UB-2 BS 4 part 1-1993		UB 914x419x388
	UC BS 4 part 1-1993		
	ISMB, SC, HB		
	ISMB Indian Standard	British universal beams	UC 152x152x23
	ISSC Indian Standard		UC 356x406x634
	ISHB Indian Standard		
	U		
	UPN	British universal columns	UPN 30-65 UPN 80-400
	UAP NF A 45-255		UAP 80-300
	UPE	European standard channels	UPE 80-400
	L		
	L20x20x3..80x80x8 Euronorm 56-77	Channels with parallel flanges	L 20x20x3
	L100x100x8..160x160x19 Euronorm 56-77		L 250x250x28
	L180x180x16..250x250x28 Euronorm 56-77		
	L30x20x3..80x40x8 Euronorm 57-78	Equal angles	L 30x20x3 L 250x90x16
	L90x60x6..130x40x12 Euronorm 57-78		
	L150x75x9..250x90x16 Euronorm 57-78	Unequal angles	∅ 10.2x1.0 ∅ 1016x400
	laminato a caldo		
	laminato a caldo	Circular hollow sections	20x20x1.6
	formato a freddo		400x400x12.5
	formato a freddo		40x40x2.6
	D= 10.2- 33.7 mm	Square hollow sections cold formed	400x400x20.0
	D= 38.0- 63.5 mm		
	D= 70.0- 88.9 mm	Square hollow sections hot rolled	30x20x1.5 500x300x12.5
	D=101.6-159.0 mm		
	D=168.3-193.7 mm	Rectangular hollow sections cold formed	50x30x2.6
	D=219.1-355.6 mm		400x260x17.5
	D=406.4-508.0 mm		
	D=559.0-660.0 mm	Rectangular hollow sections hot rolled	
	D=771.0-1016 mm		

Classificazione delle sezioni EN 1993-1-1:2005 § 5.5

Il progetto di elementi in acciaio può essere eseguito con l'analisi elastica o plastica a seconda della classe della sezione.

Il progetto di sezioni di classe 1 e 2 è basato sulla resistenza plastica, il progetto di sezioni di classe 3 è basato sulla resistenza elastica e il progetto di sezioni di classe 4 è basato sulla resistenza elastica e sulle effettive proprietà della sezione.

La classificazione delle sezioni in classi 1, 2, 3 e 4 dipende dal rapporto dello spessore / larghezza della parte di sezione che è in compressione secondo le tabelle 5.2 dell'EN 1993-1-1:2005.

Tabella 5.2 EN 1993-1-1:2005 – Parti compressione interna

Internal compression parts						
				Axis of bending		
Class	Part subject to bending	Part subject to compression	Part subject to bending and compression			
1						
	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$	when $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$			
2						
	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$	when $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$			
3						
	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$	when $\psi > -1$: $c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ when $\psi \leq -1^{\circ}$: $c/t \leq 62\epsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71



Tabella 5.2 EN 1993-1-1:2005 – Ali sporgenti

Outstand flanges						
Rolled sections			Welded sections			
Class	Part subject to compression	Part subject to bending and compression				
		Tip in compression		Tip in tension		
Stress distribution in parts (compression positive)						
1	$c/t \leq 9\epsilon$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
2	$c/t \leq 10\epsilon$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
Stress distribution in parts (compression positive)						
3	$c/t \leq 14\epsilon$	$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_\sigma}$ For k_σ see EN 1993-1-5				
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Tabella 5.2 EN 1993-1-1:2005 - Angoli

Angles						
Refer also to "Outstand flanges" (see sheet 2 of 3)					Does not apply to angles in continuous contact with other components	
Class	Section in compression					
Stress distribution across section (compression positive)						
3	$h/t \leq 15\epsilon; \frac{b+h}{2t} \leq 11,5\epsilon$					
Tubular sections						
Class	Section in bending and/or compression					
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$					
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$					
NOTE For $d/t > 90\epsilon^2$ see EN 1993-1-6.						
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ϵ^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

**Stati Limite Ultimi EN 1993-1-1:2005 § 6.2****Trazione EN 1993-1-1:2005 § 6.2.3**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.5})$$

Progetto di resistenza plastica della sezione.

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.6})$$

Progetto di resistenza ultima della sezione netta nei fori per i fissaggi.

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.7})$$

A area della sezione

A_{net} area della sezione netta (meno i fori)

f_y snervamento dell'acciaio

f_u resistenza ultima dell'acciaio

γ_{M0} , γ_{M2} coefficienti di sicurezza per il materiale

Compressione EN 1993-1-1:2005 § 6.2.4

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.9})$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{per sezioni classe 1, 2, 3} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.10})$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{per sezioni classe 4} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.11})$$

A area della sezione

A_{eff} area effettiva della sezione

f_y snervamento dell'acciaio

γ_{M0} coefficienti di sicurezza per il materiale

Nel caso in cui il valore di progetto del taglio sia $V_{Ed} > 0.50 V_{pl,Rd}$ è usato lo snervamento ridotto.

$$(1 - \rho) f_y, \quad \text{dove } \rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.29})$$

**Momento Flettente EN 1993-1-1:2005 § 6.2.5**

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.12})$$

Resistenza di progetto della sezione per flessione attorno all'asse principale (y-y) o all'asse secondario (z-z).

$$M_{y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{per sezioni classe 1, 2} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.13})$$

$$M_{z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{per sezioni classe 1, 2}$$

$$M_{y,Rd} = M_{el,y,Rd} = \frac{W_{el,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{per sezioni classe 3} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.14})$$

$$M_{z,Rd} = M_{el,z,Rd} = \frac{W_{el,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{per sezioni classe 3}$$

$$M_{y,Rd} = M_{c,y,Rd} = \frac{W_{eff,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{per sezioni classe 4} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.15})$$

$$M_{z,Rd} = M_{c,z,Rd} = \frac{W_{eff,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{per sezioni classe 4}$$

$W_{pl,y}$ $W_{pl,z}$ modulo plastico della sezione attorno all'asse principale e secondario,

$W_{el,y}$ $W_{el,z}$ modulo elastico della sezione attorno all'asse principale e secondario,

$W_{eff,y}$ $W_{eff,z}$ modulo effettivo della sezione attorno all'asse principale e secondario,

f_y snervamento dell'acciaio

γ_{M0} coefficienti di sicurezza per il materiale

Quando il momento flettente agisce insieme alla forza assiale la verifica di progetto è effettuata secondo :

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.31})$$

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \left[1 - \left(\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right)^2 \right] \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.32})$$

Nel caso in cui il valore di progetto del taglio sia $V_{Ed} > 0.50 V_{pl,Rd}$ è usato lo snervamento ridotto.

$$(1 - \rho) f_y, \quad \text{dove } \rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.29})$$

**Flessione biassiale EN 1993-1-1:2005 § 6.2.9**

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}\right)^\beta \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.41})$$

Per sezioni I e H: $\alpha=2$, $\beta=5n$, $\beta \geq 1$ ($n=N_{Ed}/N_{pl,Rd}$)

Per sezioni con fori circolari: $\alpha=2$, $\beta=2$

Per sezioni con fori rettangolari $\alpha=\beta=1.66/(1-1.13n^2)$

Taglio EN 1993-1-1:2005 § 6.2.6

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.17})$$

Resistenza a taglio plastica parallela all'anima della sezione.

$$V_{z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.18})$$

Resistenza a taglio plastica parallela alle ali della sezione.

$$V_{y,Rd} = V_{pl,y,Rd} = \frac{A_{vy} \cdot f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.18})$$

A_{vy} A_{vz} area a taglio parallele all'anima o alle ali della sezione,

f_y snervamento dell'acciaio

γ_{M0} coefficienti di sicurezza per il materiale

**Verifica di stabilità di elementi uniformi in compressione EN 1993-1-1:2005 § 6.3.1**

Verifica di stabilità dovuta alla compressione.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.46})$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{per sezioni classe 1, 2, 3} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.47})$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{per sezioni classe 4} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.48})$$

Il fattore di riduzione χ è determinato dalla snellezza non-dimensionale $\bar{\lambda}$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.49})$$

$$\Phi = 0.5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}}; N_{cr} = \frac{\pi^2 EA}{\lambda^2}; \lambda = \frac{l_{eff}}{i}; i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

 $\bar{\lambda}$ snellezza non-dimensionale, N_{cr} carico d'instabilità elastica critico, L_{cr} lunghezza libera d'inflessione equivalente, λ snellezza, i raggio di rotazioneIl fattore di imperfezione α che corrisponde alla curva di stabilità appropriata a₀, a, b, c, d sarà ottenuto dalla Tabella 6.2 dell' Eurocodice 3, EN 1993-1-1:2005:

Curva di Stabilità	a ₀	a	b	C	d
Fattore di imperfezione α	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

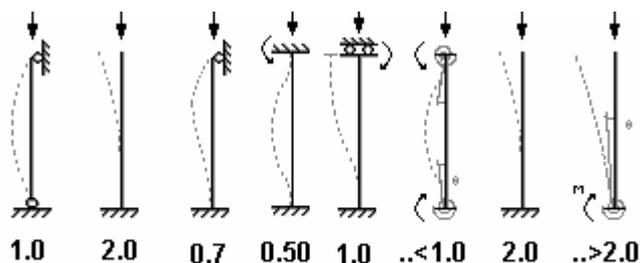
Lunghezza libera d'inflessione equivalente L_{cr}/L 



Tabella 6.2 EN 1993-1-1:2005 Selezione della curva di stabilità della sezione

Cross section	Limits	Buckling about axis	Buckling curve		
			S 235 S 275 S 355 S 420	S 460	
<p>Rolled sections</p>	$h/b > 1,2$	y-y z-z	$t_f \leq 40$ mm	a b	a ₀ a ₀
			$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	b c	a a
	$h/b \leq 1,2$	y-y z-z	$t_f \leq 100$ mm	b c	a a
			$t_f > 100$ mm	d d	c c
<p>Welded I-sections</p>	$t_f \leq 40$ mm	y-y z-z	b c	b c	
	$t_f > 40$ mm	y-y z-z	c d	c d	
<p>Hollow sections</p>	hot finished	any	a	a ₀	
	cold formed	any	c	c	
<p>Welded box sections</p>	generally (except as below)	any	b	b	
	thick welds: $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	any	c	c	
<p>U-, T- and solid sections</p>		any	c	c	
<p>L-sections</p>		any	b	b	

**Stabilità flessio-torsionale per elementi uniformi EN 1993-1-1:2005 § 6.3.2**

Verifica di stabilità flessio-torsionale di elementi uniformi in flessione.

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.54})$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} W_y f_y}{\gamma_{M1}} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.55})$$

$W_y = W_{pl,y}$ per sezioni classe 1, 2,

$W_y = W_{el,y}$ per sezioni classe 3,

$W_y = W_{eff,y}$ per sezioni classe 4.

Il fattore χ_{LT} d'imperfezione è determinato dalla snellezza non-dimensionale $\bar{\lambda}_{LT}$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.56})$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}}$$

Il fattore d'imperfezione α che corrisponde alla curva di stabilità appropriata a,b,c,d :

Curva di Stabilità	a	b	C	d
Fattore d'imperfezione α_{LT}	0.21	0.34	0.49	0.76

Valori raccomandati per le curve di stabilità torsionale:

Sezioni laminare $h/b < 2$ curva di stabilità a, $h/b > 2$ curva di stabilità b

Sezioni saldate $h/b < 2$ curva di stabilità c, $h/b > 2$ curva di stabilità d

Il momento critico elastico per stabilità flessio-torsionale è calcolato secondo gli Annessi F dell' Eurocodice 3-1-1 (1992).

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(kL)^2} \left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 GI_t}{\pi^2 EI_z}} + (C_2 Z_g - C_3 Z_j)^2 - (C_2 Z_g - C_3 Z_j) \right]$$

C_1, C_2, C_3 , coefficienti che dipendono dalle condizioni di carico e dalle condizioni di appoggio, per una trave con diagramma di momento flettente uniforme $C_1=1.000, C_2=0.000, C_3=1.000$
per una trave con diagramma di momento flettente parabolico $C_1=1.132, C_2=0.459, C_3=0.525$

I_t costante torsionale di St. Venant,

I_w costante di deformazione,

I_z secondo momento d'inerzia attorno all'asse debole,

L lunghezza trave tra i punti di appoggio,

k, k_w coefficienti che dipendono dalle condizioni di appoggio,

Z_g distanza del centro di taglio dal punto di applicazione del carico



Elementi uniformi in flessione e compressione EN 1993-1-1:2005 § 6.3.4

$$\frac{N_{Ed}}{x_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{Y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.61})$$

$$\frac{N_{Ed}}{x_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{Y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.62})$$

$$N_{Rk} = Af_y$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} f_y \text{ per sezioni classe 1, 2}$$

$$M_{y,Rk} = W_{el,y} f_y \text{ per sezioni classe 3,}$$

$$M_{y,Rk} = W_{eff,y} f_y \text{ per sezioni classe 4,}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} f_y \text{ per sezioni classe 1, 2}$$

$$M_{z,Rk} = W_{el,z} f_y \text{ per sezioni classe 3,}$$

$$M_{z,Rk} = W_{eff,z} f_y \text{ per sezioni classe 4.}$$

I coefficienti d'interazione $k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz}$ sono determinati dalle Tabelle B.1 e B.2

Tabella B.1 Coefficienti d'interazione $k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz}$

Interaction factors	Type of sections	Design assumption	
		elastic cross-sectional properties class 3, class 4	plastic cross-sectional properties class 1, class 2
k_{yy}	I-sections RHS-sections	$C_{my} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
k_{yz}	I-sections RHS-sections	k_{zz}	$0,6 k_{zz}$
k_{zy}	I-sections RHS-sections	$0,8 k_{yy}$	$0,6 k_{yy}$
k_{zz}	I-sections	$C_{mz} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{mz} \left(1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left(1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
	RHS-sections		$C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$

For I- and H-sections and rectangular hollow sections under axial compression and uniaxial bending $M_{y,Ed}$ the coefficient k_{zy} may be $k_{zy} = 0$.



Tabella B.2

Interaction factors	Design assumptions	
	elastic cross-sectional properties class 3, class 4	plastic cross-sectional properties class 1, class 2
k_{yy}	k_{yy} from Table B.1	k_{yy} from Table B.1
k_{yz}	k_{yz} from Table B.1	k_{yz} from Table B.1
k_{zy}	$\left[1 - \frac{0,05\bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$ $\geq \left[1 - \frac{0,05}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$	$\left[1 - \frac{0,1\bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$ $\geq \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$ <p>for $\bar{\lambda}_z < 0,4$:</p> $k_{zy} = 0,6 + \bar{\lambda}_z \leq 1 - \frac{0,1\bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}}$
k_{zz}	k_{zz} from Table B.1	k_{zz} from Table B.1

Fattore	Asse flessione	Punti rinforzati in direzione
C _{my}	y-y	z-z
C _{mz}	z-z	y-y
C _{mLT}	y-y	y-y

Tabella B.3

Moment Diagram	Range		C _{my} , C _{mz} и C _{mLT} under loading	
			Distributed	Concentrated
M ψM	$-1 \leq \psi \leq 1$		$0,6 + 0,4 \psi \geq 0,4$	
$(-) M_h$ ψM_h $(+) M_s$ ψM_h $\alpha_s = M_s / M_h$	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8 \alpha_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8 \alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8 \alpha_s \geq 0,4$	$-0,8 \alpha_s \geq 0,4$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,1(1 - \psi) - 0,8 \alpha_s \geq 0,4$	$0,2(-\psi) - 0,8 \alpha_s \geq 0,4$
$(+) M_s$ ψM_h $(+) M_h$ ψM_h $\alpha_h = M_h / M_s$	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05 \alpha_h$	$0,90 + 0,10 \alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05 \alpha_h$	$0,90 + 0,10 \alpha_h$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05 \alpha_h(1 + 2\psi)$	$0,90 - 0,10 \alpha_h(1 + 2\psi)$

Bibliografia

Eurocodice 3, EN1993-1-1:2005

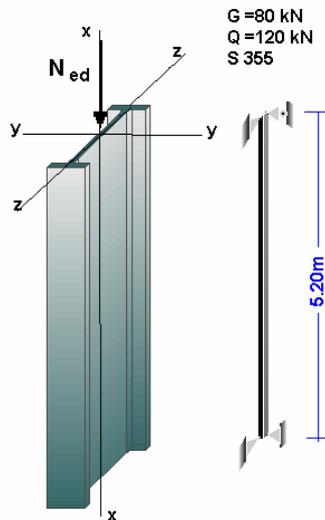


Esempi

Gli esempi seguenti mostrano come scegliere la sezione corretta usando le tabelle del programma.

Esempio 1

Pilastro d'acciaio 5.20 m.
 Carico assiale G = 80 kN, Carico assiale accidentale Q = 120 kN.
 Acciaio S 355.
 Carico assiale totale di progetto:
 $N_{ed} = 1.35 \times G + 1.50 \times Q = 1.35 \times 80 + 1.50 \times 120 = 288 \text{ kN}$
 Lunghezze libere d'inflexione: $L_{iy} = 5.20 \text{ m}$, $L_{iz} = 5.20 \text{ m}$



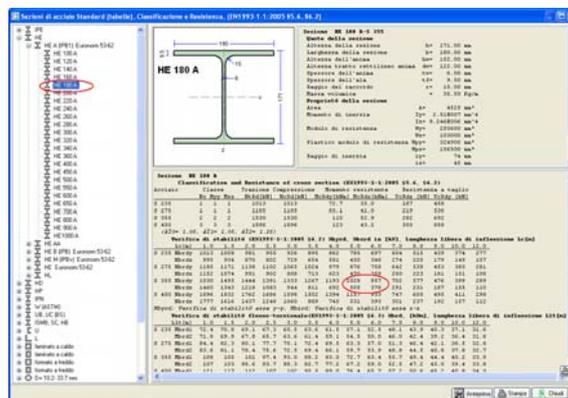
Nella schermata principale del progetto, cliccare **Classificazione e Resistenza delle sezioni standard**

- Dal controllo ad albero sulla sinistra selezionare il tipo di sezione **HEA**.
- Cliccare “+” e tutte le sezioni di tipo HEA vengono visualizzate.

Per classe d'acciaio **S 355** e lunghezza libera d'inflexione **5.20 m** (valori della Tabella tra 5.0 m e 6.0m), verificare che N_{byrd} e N_{bzrd} (verifica a stabilità in compressione sugli assi y-y e z-z) siano maggiori del carico di progetto nel pilastro $N_{ed} = 288 \text{ kN}$.

La sezione **HE 180 A** è verificata.

Per lunghezza libera d'inflexione **6.0m > 5.20m**, la sezione ha verifica a stabilità in compressione $N_{byrd} = 857 \text{ kN} > 288 \text{ kN}$ e $N_{bzrd} = 378 \text{ kN} > 288 \text{ kN}$.





Esempio 2

Trave 5.80 m con carichi.

Carichi Permanenti $g = 18 \text{ kN/m}$.

Carichi accidentali $q = 24 \text{ kN/m}$.

Acciaio S 355.

Carico di progetto:

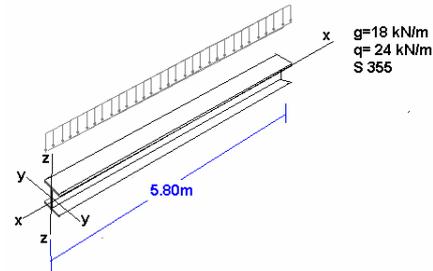
$q_{ed} = 1.35 \times 18.0 + 1.50 \times 24.0 = 60.30 \text{ kN/m}$

Momento flettente di progetto massimo:

$M_{y,ed} = 60.30 \times 5.80^2 / 8 = 253.6 \text{ kNm}$

Forza a taglio di progetto massima:

$V_{z,ed} = 60.30 \times 5.80 / 2 = 174.9 \text{ kN}$



Nella schermata principale del progetto, cliccare **Classificazione e Resistenza delle sezioni standard**

- Dal controllo ad albero sulla sinistra selezionare il tipo di sezione **IPE**.
- Cliccare "+" e tutte le sezioni di tipo IPE vengono visualizzate.

Per classe d'acciaio **S 355** e lunghezza libera d'inflessione $L_{t1} = 5.80 \text{ m}$ (Tabella 6.0m), verificare che M_{brd2} (diagramma del momento flettente parabolico) sia maggiore del momento flettente massimo agente sulla trave $M_{y,ed} = 253.6 \text{ kNm}$.

La sezione **IPE 500** è verificata.

Per lunghezza libera d'inflessione $6.0\text{m} > 5.80 \text{ m}$, ha resistenza di momento flettente dovuta a stabilità laterale $M_{brd2} = 274 \text{ kNm} > 253.6 \text{ kNm}$

Dalla Tabella mostrata in precedenza si può verificare la resistenza a taglio e a flessione.

Resistenza a taglio $V_{c,rdz} = 1227 \text{ kN}$, Resistenza a flessione $M_{c,rdy} = 779 \text{ kNm}$.

Sezioni di acciaio Standard (tabelle), Classificazione e Resistenza, (EN1993-1-1:2005 55.6, 56.2)

IPE Euronorm 19-57

- IPE 80
- IPE 100
- IPE 120
- IPE 140
- IPE 160
- IPE 180
- IPE 200
- IPE 220
- IPE 240
- IPE 270
- IPE 300
- IPE 330
- IPE 360
- IPE 400
- IPE 450
- IPE 500**
- IPE 550
- IPE 600

IPE 500

Sezione IPE 500-S 450

Quote della sezione

Altezza della sezione	h = 500.00 mm
Larghezza della sezione	b = 200.00 mm
Altezza dell'anima	hw = 468.00 mm
Altezza tratto rettilineo anima	dw = 426.00 mm
Spessore dell'anima	tw = 10.20 mm
Spessore dell'ala	tf = 16.00 mm
Raggio del raccordo	r = 21.00 mm
Massa volumica	γ = 90.70 Kg/m

Proprietà della sezione

Area	A = 11550 mm²
Momento di inerzia	Iy = 4.82E008 mm⁴
	Iz = 2.142E007 mm⁴
Modulo di resistenza	Wp = 1.92E006 mm³
	Wz = 214200 mm³
Plastico modulo di resistenza	Wpy = 2.194E006 mm³
	Wpz = 335900 mm³
Raggio di inerzia	iy = 204 mm
	iz = 49 mm

Sezione IPE 500

Classification and Resistance of cross section (EN1993-1-1:2005 55.6, 56.2)

Acciaio	Classe	Trazione		Compressione		Momento resistente		Resistenza a taglio	
		N _y	N _z	N _{Ed} (kN)	N _{Rd} (kN)	M _{Ed} (kNm)	M _{Rd} (kNm)	V _{Ed} (kN)	V _{Rd} (kN)
S 235	3	1	3	2585	2585	491	47.9	773	868
S 275	4	1	4	3025	2919	575	22.4	905	1016
S 355	4	1	4	3905	3662	742	29.0	1168	1311
S 450	4	1	4	4840	4492	919	35.9	1448	1625

(α₁₀ = 1.05, α₁₁ = 1.05, α₁₂ = 1.25)

Verifica di stabilità (EN1993-1-1:2005 56.2) M_{brd}, N_{brd} in [kN], Lunghezza libera di inflessione l_{cr} [m]

l _{cr} [m]	Verifica di stabilità														
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	12.0	
S 235	M _{brd}	2585	2585	2585	2585	2585	2585	2590	2549	2618	2487	2451	2414	2379	2275
	N _{brd}	2541	2422	2290	2140	1962	1766	1561	1187	900	698	553	447	370	261
S 275	M _{brd}	2919	2919	2919	2919	2919	2919	2904	2869	2828	2788	2747	2697	2645	2516
	N _{brd}	2852	2709	2545	2383	2128	1886	1640	1217	914	703	555	447	368	263
S 355	M _{brd}	3662	3662	3662	3662	3662	3647	3622	3570	3516	3453	3387	3310	3226	3018
	N _{brd}	3538	3329	3083	2787	2454	2106	1783	1282	945	721	568	454	374	264
S 450	M _{brd}	4432	4432	4432	4432	4428	4392	4361	4286	4210	4155	4029	3918	3794	3475
	N _{brd}	4239	3945	3599	3182	2726	2289	1897	1394	975	740	581	465	381	270

M_{brd}: Verifica di stabilità asse y-y, N_{brd}: Verifica di stabilità asse z-z

Verifica di stabilità flessione-torsionale (EN1993-1-1:2005 56.3) M_{brd}, [kNm], Lunghezza libera di inflessione l₁ [m]

l ₁ [m]	Verifica di stabilità flessione-torsionale														
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	12.0	
S 235	M _{brd1}	489	477	464	450	433	413	391	340	291	249	216	190	169	138
	M _{brd2}	495	470	454	435	412	385	356	300	252	217	190	168	152	129
S 275	M _{brd1}	570	555	538	518	494	467	434	367	306	258	222	194	172	140
	M _{brd2}	565	546	523	497	464	427	388	317	262	222	194	172	155	130
S 355	M _{brd1}	731	707	679	646	605	556	502	402	325	270	229	200	176	143
	M _{brd2}	722	693	656	610	553	490	432	338	274	231	200	176	158	132
S 450	M _{brd1}	899	865	824	770	703	627	552	425	339	277	234	203	179	145
	M _{brd2}	887	844	786	711	622	535	461	351	282	235	203	179	160	133