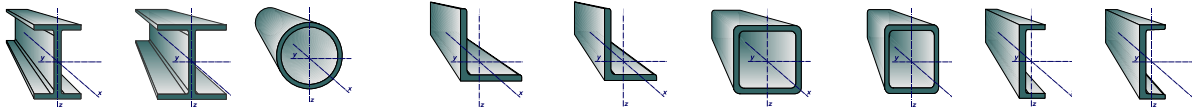




Πίνακες Χαλύβδινων Διατομών (Ευρωκώδικας 3, EN1993-1-1:2005)

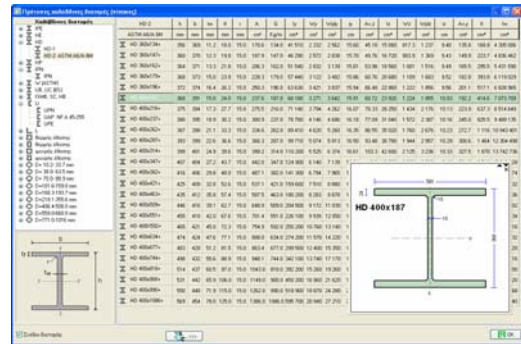
Πίνακες με όλες τις πρότυπες χαλύβδινες διατομές, διαστάσεις και ιδιότητες, κατάταξη, αντοχές, αντοχή σε καμπτικό και στρεπτοκαμπτικό λυγισμό σύμφωνα με Ευρωκώδικα 3, EN1993-1-1:2005. Συμπεριλαμβάνονται και συγκολλητές διατομές με διαστάσεις που δίνονται από τον χρήστη.



Πίνακες με διαστάσεις και ιδιότητες πρότυπων διατομών

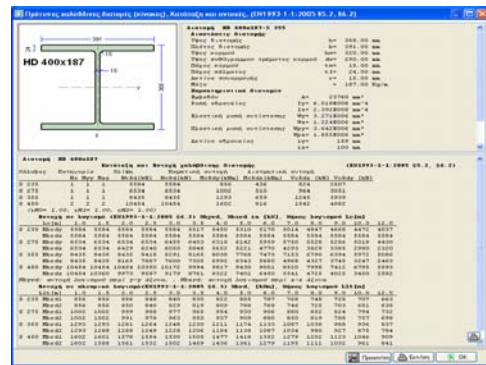
Αριστερά επιλέγετε τον τύπο της διατομής π.χ. IPE, HE κλπ. Δεξιά ο πίνακας εμφανίζει όλες τις διατομές της επιλεγμένης κατηγορίας, τις διαστάσεις και τις ιδιότητες. Μετακινείστε πάνω-κάτω στον πίνακα και το σχέδιο της διατομής εμφανίζεται κάτω δεξιά, υποκλίμακα.

Κλικ στο ή διπλό-κλικ σε μια γραμμή του πίνακα, εμφανίζεται αναλυτικά η κατάταξη της διατομής, οι τιμές αντοχών και οι αντοχές σε καμπτικό και στρεπτοκαμπτικό λυγισμό της επιλεγμένης διατομής.



Συμβολισμοί

- h [mm]: Ύψος διατομής ή σκέλος γωνιακού
- b [mm]: Πλάτος διατομής ή σκέλος γωνιακού
- hw [mm]: Ύψος κορμού
- dw [mm]: Ευθύγραμμο μήκος κορμού
- tw [mm]: Πάχος κορμού
- tf [mm]: Πάχος πελμάτων
- r [mm]: Ακτίνα συναρμογής
- G [Kg/m]: Βάρος ανά τρέχον μέτρο
- A [cm²]: Εμβαδόν διατομής
- Iy [cm⁴]: Ροπή αδρανείας περί άξονα y-y
- Iz [cm⁴]: Ροπή αδρανείας περί άξονα z-z
- Wy [cm³]: Ελαστική ροπή αντίστασης περί άξονα y-y
- Wz [cm³]: Ελαστική ροπή αντίστασης περί άξονα z-z
- Wpy [cm³]: Πλαστική ροπή αντίστασης περί άξονα y-y
- Wpz [cm³]: Πλαστική ροπή αντίστασης περί άξονα z-z
- iy [cm]: Ακτίνα αδρανείας περί άξονα y-y
- iz [cm]: Ακτίνα αδρανείας περί άξονα z-z
- Avz [cm²]: Εμβαδόν διάτμησης παράλληλα προς τον κορμό
- Any [cm²]: Εμβαδόν διάτμησης παράλληλα προς το πέλμα
- It [cm⁴]: Σταθερά στρέψης
- Iw [cm⁶]: Σταθερά στρέβλωσης



Κατάταξη και αντοχές πρότυπων διατομών

Κατάταξη διατομών σύμφωνα με EN1993-1-1:2005 §5.5.

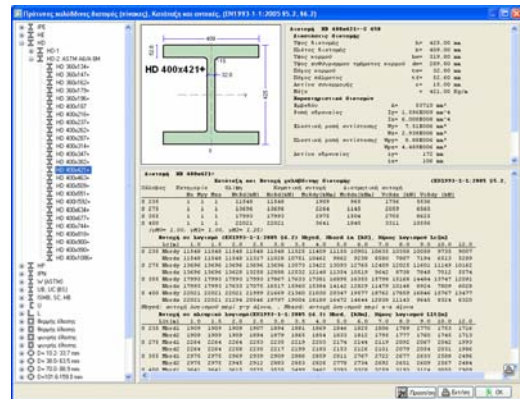
Αντοχές διατομών σε οριακές καταστάσεις αστοχίας σύμφωνα με EN1993-1-1:2005 §6.2.

Αντοχές σε καμπτικό και στρεπτοκαμπτικό λυγισμό σύμφωνα με EN1993-1-1:2005 §6.3.

Αριστερά κάνοντας κλικ στην λίστα των διατομών εμφανίζονται όλες οι διατομές της αντίστοιχης κατηγορίας. Επιλέγοντας μια διατομή εμφανίζεται στο δεξιά τμήμα το σχέδιο της διατομής με τις ιδιότητες της.

Στο κάτω μέρος δεξιά εμφανίζονται :

- **Κατάταξη** (1,2,3,4) σύμφωνα με EN1993-1-1:2005 §5.5 για αξονικό φορτίο ή καμπτικές ροπές.
- **Τιμές αντοχής** σε οριακή κατάσταση αστοχίας για εφελκυσμό, θλίψη, κάμψη και τέμνουσα σύμφωνα με EN1993-1-1:2005 §6.2
- **Αντοχή σε καμπτικό λυγισμό** για διάφορα μήκη λυγισμού (L_c) σύμφωνα με EN1993-1-1:2005 §6.3.1
- **Αντοχή σε στρεπτοκαμπτικό λυγισμό** για διάφορα μήκη πλευρικού λυγισμού (L_T) σύμφωνα με EN1993-1-1:2005 §6.3.2



Συμβολισμοί

	NtRd [kN]: Αντοχή σε εφελκυσμό EN1993-1-1:2005 §6.2.3
	NcRd [kN]: Αντοχή σε θλίψη EN1993-1-1:2005 §6.2.4
	Mcrdy [kNm]: Αντοχή σε κάμψη περί τον κύριο y-y άξονα EN1993-1-1:2005 §6.2.5
	Mcrdz [kNm]: Αντοχή σε κάμψη περί τον δευτερεύοντα z-z άξονα EN1993-1-1:2005 §6.2.5
	Vcrdz [kN]: Διατμητική αντοχή προς άξονα z-z παράλληλα με τον κορμό EN1993-1-1 §6.2.6
	Vcrdy [kN]: Διατμητική αντοχή προς άξονα y-y παράλληλα με το πέλμα EN1993-1-1 §6.2.6
	Nbrdy [kN]: Αντοχή λυγισμού θλιβόμενου μέλους για διάφορα μήκη λυγισμού L_c (1.00, 1.50 ..15 m)
	Nbrdz [kN]: EN1993-1-1:2005 §6.3.1
	Mbrd1 [kNm]: Αντοχές σε πλευρικό στρεπτοκαμπτικό λυγισμό για διάφορα πλευρικά μήκη L_{l1} (1.00, 1.50 ..15 m) EN1993-1-1:2005 §6.3.2
	Mbrd1: Αντοχή σε πλευρικό λυγισμό για σταθερό (ομοιόμορφο) διάγραμμα ροπών κατά μήκος της δοκού
	Mbrd2: Αντοχή σε πλευρικό λυγισμό για παραβολικό διάγραμμα ροπών κατά μήκος της δοκού.

Πίνακες μη πρότυπων διατομών

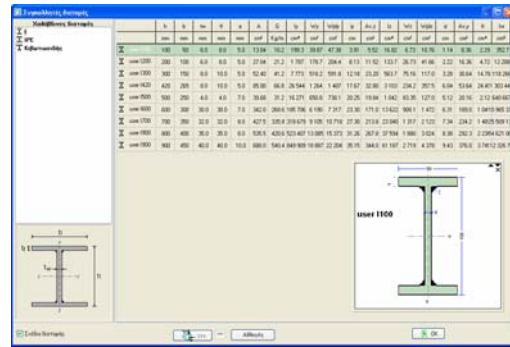
Πίνακες με χαλύβδινες διατομές οργανωμένες όπως οι πρότυπες διατομές αλλά με δυνατότητα μεταβολής των διαστάσεων από το χρήστη. Οι αλλαγές ενεργοποιούνται με το

Αλλαγές

Καθώς αλλάζετε τις διαστάσεις η νέα γεωμετρία και οι ιδιότητες αντοχής των διατομών υπολογίζονται αυτόματα.

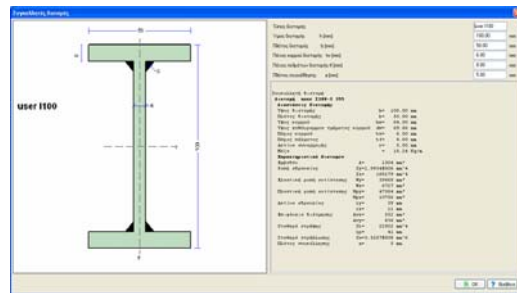
Πίνακες διατομών για συγκολλητές διατομές

Κλικ στο ανοίγει ένα νέο παράθυρο όπου εισάγετε τις βασικές διαστάσεις, τα πάχη κορμού και πέλματος της διατομής.
 Οι ιδιότητες της διατομής (εμβαδά, ροπές αδράνειας, ροπές αντίστασης) υπολογίζονται αυτόματα. Έχετε την δυνατότητα προσθήκης ή διαγραφής διατομής με . Κλικ στο και αποθηκεύονται οι αλλαγές.



Κατάταξη και αντοχές συγκολλητών διατομών

Ισχύουν τα ίδια με τις πρότυπες διατομές.



Παράμετροι

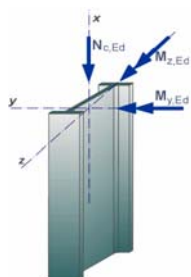
Η κατάταξη και οι αντοχές των διατομών παράγονται για τέσσερις κατηγορίες χάλυβα S235, S275, S355 και S450. Μπορείτε να δείτε και να αλλάξετε τις ιδιότητες των χάλυβων από Παράμετροι/Δομικός χάλυβας. Για ενεργοποίηση αλλαγών κάντε κλικ στο

Ιδιότητες δομικού χάλυβα					
Χάλυβας	Ποιότητα	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

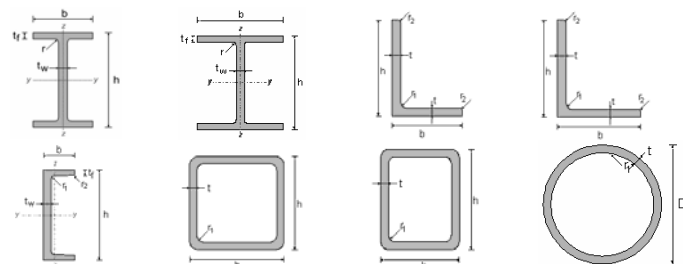
Οι συντελεστές ασφαλείας υλικού γ_{M0} , γ_{M1} , γ_{M2} που χρησιμοποιούνται στην κατάταξη διατομών μπορεί να αλλάξουν από το μενού Παράμετροι/Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας υλικού γ_M . Για ενεργοποίηση αλλαγών κάντε κλικ στο

Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_{M} EN1993-1-1:2005, §6.1	
$\gamma_{M0} =$	<input type="text" value="1.00"/>
$\gamma_{M1} =$	<input type="text" value="1.00"/>
$\gamma_{M2} =$	<input type="text" value="1.25"/>

Σύστημα αξόνων



Ιδιότητες διατομών





Τύποι διατομών που περιέχονται στο πρόγραμμα

IPE		IPE Euronorm 19-57	European I-beams	IPE 80-600
		IPE A		IPE A 80-600
		IPE O		IPE O 180-600
		IPE V		IPE V 400-600
		IPE 750		IPE 750
HE		HE A (IPB1) Euronorm 53-62	European wide flange beams	HE A 100-1000
		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	Beams with very wide flanges	HL 1000/1100
HD		HD-1	Wide flange columns	HD 260x54.1 – 400x1086
		HD-2 ASTM A6/A 6M		
HP			Wide flange bearing piles	HP 200x57.2 – 400x231
IPN			European standard beams	IPN 80-550 Flange slope: 14%
W (ASTM)		W-1 ASTM A6/A 6M	American wide flange beams	W 360x370x134 W 1100x400x499
		W-2 ASTM A6/A 6M		
		W-3 ASTM A6/A 6M		
UB, UC (BS)		UB-1 BS 4 part 1-1993	British universal beams	UB 178x102x19 UB 914x419x388
		UB-2 BS 4 part 1-1993	British universal columns	UC 152x152x23 UC 356x406x634
		UC BS 4 part 1-1993		
ISMB, SC, HB		ISMB Indian Standard	Russian standards	No10..No60 GOST 8239-89 10B1..45B2 GOST 26020-83 50B1..100B4 GOST 26020-83 20SH1..70SH1 GOST 26020-83 20K1..40K5 GOST 26020-83 24DB1..50DH1 GOST 26020-83
		ISSC Indian Standard		
		ISHB Indian Standard		
U		UPN	European standard channels	UPN 30-65 UPN 80-400
		UAP NF A 45-255	Channels with parallel flanges	UAP 80-300 UPE 80-400
		UPE		
		5Y..40Y GOST 8240-89		
		5P..40P GOST 8240-89		
L		L20x20x3..80x80x8 Euronorm 56-77	Equal angles	L 20x20x3 L 250x250x28
		L100x100x8..160x160x19 Euronorm 56-77		
		L180x180x16..250x250x28 Euronorm 56-77		
La		L30x20x3..80x40x8 Euronorm 57-78	Unequal angles	L 30x20x3 L 250x90x16
		L90x60x6..130x40x12 Euronorm 57-78		
		L150x75x9..250x90x16 Euronorm 57-78		
	Βερμής έλιιασης		Square hollow sections hot rolled	40x40x2.6 400x400x20.0
	Βερμής έλιιασης		Rectangular hollow sections hot rolled	50x30x2.6 400x260x17.5
	ψυχρής έλιιασης		Rectangular hollow sections cold formed	20x20x1.6 400x400x12.5
	ψυχρής έλιιασης		Rectangular hollow sections cold formed	30x20x1.5 500x300x12.5
	D= 10.2 – 1016 mm		Circular hollow sections	Ø 10.2x1.0 Ø 1016x400
C		Steadman C140-C300	Steadman Z140-Z300	Steadman Z140-Z300 Ruukki Z100-Z350 Albion Z125-Z226 Albion Z246-Z401 Metsec Z142-Z202 Metsec Z232-Z342 ICS Z152-Z254
		Ruukki C100-C350		
		Albion C125-Z226		
		Albion C246-Z401		
		Dimond DHS150-DHS400		

Κατάταξη διατομών EN 1993-1-1:2005 § 5.5

Ο σχεδιασμός στοιχείων από χάλυβα γίνεται με ελαστική ή πλαστική ανάλυση ανάλογα με την κατηγορία της διατομής.

Διατομές κατηγορίας 1 και 2 σχεδιάζονται με πλαστική αντοχή, διατομές κατηγορίας 3 με ελαστική αντοχή και διατομές κατηγορίας 4 με ελαστική αντοχή και ενεργά μεγέθη διατομής. Η κατάταξη των διατομών σε κατηγορίες 1, 2, 3 και 4 εξαρτάται από τον λόγο πλάτους προς πάχους των τμημάτων της διατομής που βρίσκονται σε θλίψη, σύμφωνα με τους πίνακες 5.2 του EN 1993-1-1:2005.

Πίνακες 5.2 EN 1993-1-1:2005 - Εσωτερικά θλιβόμενα τμήματα

Internal compression parts						
				Axis of bending		
				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 ϵ	235 1,00	275 0,92	355 0,81	420 0,75	460 0,71

Πίνακες 5.2 EN 1993-1-1:2005 - Προεξέχοντα τμήματα

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	$c/t \leq 9\epsilon$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$			
2	$c/t \leq 10\epsilon$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$			
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

Πίνακες 5.2 EN 1993-1-1:2005 - Γωνιακά

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

**Οριακές καταστάσεις αστοχίας EN 1993-1-1:2005 § 6.2****Εφελκυσμός EN 1993-1-1:2005 § 6.2.3**

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

Πλαστική αντοχή σχεδιασμού της πλήρους διατομής.

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

Οριακή αντοχή σχεδιασμού της καθαρής διατομής στις θέσεις με οπές κοχλιών.

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

A εμβαδόν πλήρους διατομής

A_{net} εμβαδόν καθαρής διατομής (μειον τρύπες)

f_y όριο διαρροής χάλυβα

f_u εφελκυστική αντοχή, (τάση θραύσης) χάλυβα

γ_{M0} , γ_{M2} επιμέρους συντελεστές ασφαλείας υλικού

Θλίψη EN 1993-1-1:2005 § 6.2.4

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

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

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

A εμβαδόν πλήρους διατομής

A_{eff} εμβαδόν ενεργού διατομής

f_y όριο διαρροής χάλυβα

γ_{M0} επιμέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού

Σε περίπτωση που η τιμή σχεδιασμού της τέμνουσας είναι $V_{Ed} > 0.50 V_{pl,Rd}$ χρησιμοποιείται η μειωμένη τάση διαρροής.

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

Κάμψη EN 1993-1-1:2005 § 6.2.5



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

Καμπτική αντοχή σχεδιασμού περί τον κύριο (y-y) ή δευτερεύοντα άξονα (z-z).

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

$$M_{z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{διατομές κατηγορίας 1 ή 2}$$

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

$$M_{z,Rd} = M_{el,z,Rd} = \frac{W_{el,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{διατομές κατηγορίας 3}$$

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

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

$W_{pl,y}$ $W_{pl,z}$ πλαστικές ροπές αντίστασης κύρια και δευτερεύουσα διεύθυνση,

$W_{el,y}$ $W_{el,z}$ ελαστικές ροπές αντίστασης κύρια και δευτερεύουσα διεύθυνση,

$W_{eff,y}$ $W_{eff,z}$ ροπές αντίστασης ενεργούς διατομής κύρια και δευτερεύουσα διεύθυνση,
 f_y όριο διαρροής χάλυβα,

γ_{M0} επιμέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού,

Όταν συγχρόνως δρα κάμψη και αξονική δύναμη ο έλεγχος γίνεται με το κριτήριο :

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

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

Σε περίπτωση που η τιμή σχεδιασμού της τέμνουσας είναι $V_{Ed} > 0.50 V_{pl,Rd}$ χρησιμοποιείται η μειωμένη τάση διαρροής.

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

Διαξονική κάμψη EN 1993-1-1:2005 § 6.2.9

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



Για διατομές I και H: $\alpha=2$, $\beta=5n$, $\beta \geq 1$ ($n=N_{Ed}/N_{pl,Rd}$)

Για κυκλικές διατομές: $\alpha=2$, $\beta=2$

Για κυβωτοιδεείς κοίλες $\alpha=\beta=1.66/(1-1.13 n^2)$

Τέμνουσα EN 1993-1-1:2005 § 6.2.6

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

Πλαστική διατμητική αντοχή παράλληλα με τον κορμό.

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

Πλαστική διατμητική αντοχή κάθετα στη διεύθυνση του κορμού.

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

A_{vy} A_{vz} επιφάνειες διάτμησης σε διευθύνσεις παράλληλα και κάθετα στον κορμό,

f_y όριο διαρροής χάλυβα,

γ_{M0} επιμέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού

Καμπτικός λυγισμός EN 1993-1-1:2005 § 6.3.1

Καμπτικός λυγισμός λόγω αξονικής θλιπτικής δύναμης.

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

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{Για διατομές κατηγορίας 1, 2 και 3} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.47})$$

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

 Ο μειωτικός συντελεστής χ υπολογίζεται ως συνάρτηση της ανοιγμένης λυγηρότητας $\bar{\lambda}$

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

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

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

 $\bar{\lambda}$ ανοιγμένη λυγηρότητα,

 N_{cr} ελαστικό κρίσιμο φορτίο λυγισμού,

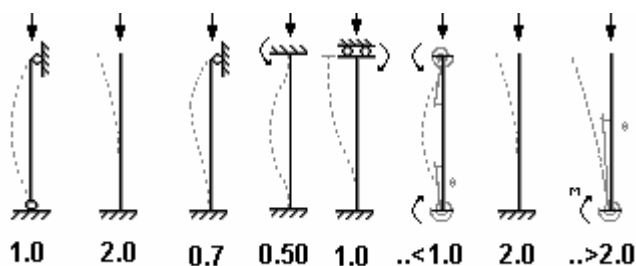
 L_{cr} ισοδύναμο μήκος λυγισμού,

 λ λυγηρότητα για ανάλογη μορφή λυγισμού,

 i ακτίνα αδρανείας υπολογιζόμενη χρησιμοποιώντας στοιχεία της πλήρους διατομής.

 Ο συντελεστής ατελειών α που αντιστοιχεί σε καμπύλες λυγισμού a₀, a, b, c, d σύμφωνα με πίνακα 6.2 του Ευρωκώδικα 3, EN 1993-1-1:2005:

Καμπύλη λυγισμού	a ₀	a	b	C	d
Συντελεστής ατελειών α	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

 Ισοδύναμα μήκη λυγισμού L_{cr}/L




Πίνακας 6.2 EN 1993-1-1:2005 Επιλογή καμπύλης λυγισμού για δεδομένη διατομή

Cross section	Limits	Buckling about axis	Buckling curve		
			S 235 S 275 S 355 S 420	S 460	
<p>Rolled sections</p>	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40$ mm $40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y z-z	a a ₀	
			y-y z-z	b c	a a
	$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100$ mm $t_f > 100$ mm	y-y z-z	b c	a a
			y-y z-z	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	

**Στρεπτοκαμπτικός λυγισμός μελών σταθερής διατομής EN 1993-1-1:2005 § 6.3.2**

Στρεπτοκαμπτικός (ή πλευρικός) λυγισμός μελών σταθερής διατομής.

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

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

$W_y = W_{pl,y}$ για διατομές κατηγορίας 1 και 2,

$W_y = W_{el,y}$ για διατομές κατηγορίας 3,

$W_y = W_{eff,y}$ για διατομές κατηγορίας 4.

Ο μειωτικός συντελεστής χ_{LT} υπολογίζεται ως συνάρτηση της ανοιγμένης λυγηρότητας $\bar{\lambda}_{LT}$

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

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

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

Ο συντελεστής ατελειών α_{LT} που αντιστοιχεί σε καμπύλες λυγισμού a, b, c, d :

Καμπύλη λυγισμού	a	b	C	d
Συντελεστής ατελειών α_{LT}	0.21	0.34	0.49	0.76

Οι καμπύλες λυγισμού επιλέγονται ως :

Ελατές διατομές $h/b < 2$ καμπύλη a, $h/b > 2$ καμπύλη b

Συγκολλητές διατομές $h/b < 2$ καμπύλη c, $h/b > 2$ καμπύλη d

Η κρίσιμη ελαστική ροπή πλευρικού λυγισμού υπολογίζεται σύμφωνα με το παράρτημα F του Ευρωκώδικα 3-1-1 (έκδοση 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 , συντελεστές εξαρτώμενοι από συνθήκες φόρτισης και πλευρικής στήριξης,

για δοκό με ομοιόμορφο διάγραμμα ροπών $C_1=1.000, C_2=0.000, C_3=1.000$

για δοκό με παραβολικό διάγραμμα ροπών $C_1=1.132, C_2=0.459, C_3=0.525$

I_t σταθερά στρέψης,

I_w σταθερά στρέβλωσης,

I_z ροπή αδρανείας ως προς τον ασθενή άξονα,

L μήκος δοκού μεταξύ σημείων στήριξης,

k, k_w συντελεστές εξαρτώμενοι από το είδος στήριξης,

Z_g απόσταση κέντρου διάτμησης από σημείο εφαρμογής φορτίου.



Στρεπτοκαμπτικός λυγισμός υπό θλίψη και κάμψη EN 1993-1-1:2005 § 6.3.4

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

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

$$N_{Rk} = A f_y$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} f_y \text{ για διατομές κατηγορίας 1 και 2,}$$

$$M_{y,Rk} = W_{el,y} f_y \text{ για διατομές κατηγορίας 3,}$$

$$M_{y,Rk} = W_{eff,y} f_y \text{ για διατομές κατηγορίας 4}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} f_y \text{ για διατομές κατηγορίας 1 και 2,}$$

$$M_{z,Rk} = W_{el,z} f_y \text{ για διατομές κατηγορίας 3,}$$

$$M_{z,Rk} = W_{eff,z} f_y \text{ για διατομές κατηγορίας 4.}$$

Οι συντελεστές αλληλοεπίδρασης $k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz}$ λαμβάνονται από πίνακα Β.1 και Β.2

Πίνακας Β.1

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	$C_{mz} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
For I- and H-sections and rectangular hollow sections under axial compression and uniaxial bending $M_{y,Ed}$ the coefficient k_{zy} may be $k_{zy} = 0$.			

Πίνακας 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

Συντελεστής	Άξονας κάμψης	Σημεία εξασφαλιζόμενα κατά δ/νση
C_{my}	y-y	z-z
C_{mz}	z-z	y-y
C_{mLT}	y-y	y-y

Πίνακας B.3

Moment Diagram	Range	C_{my} , C_{mz} ή 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 $(+) M_s$ $\alpha_s = M_s / M_h$	$0 \leq \alpha_s \leq 1$ $-1 \leq \psi \leq 1$ $-1 \leq \alpha_s < 0$ $0 \leq \psi \leq 1$ $-1 \leq \alpha_s < 0$ $-1 \leq \psi < 0$	$0,2 + 0,8 \alpha_s \geq 0,4$ $0,1 - 0,8 \alpha_s \geq 0,4$ $0,1(1 - \psi) - 0,8 \alpha_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8 \alpha_s \geq 0,4$ $-0,8 \alpha_s \geq 0,4$ $0,2(-\psi) - 0,8 \alpha_s \geq 0,4$
 $(+) M_s$ $(+) M_h$ ψM_h $\alpha_h = M_h / M_s$	$0 \leq \alpha_h \leq 1$ $-1 \leq \psi \leq 1$ $-1 \leq \alpha_h < 0$ $0 \leq \psi \leq 1$ $-1 \leq \alpha_h < 0$ $-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05 \alpha_h$ $0,95 + 0,05 \alpha_h$ $0,95 + 0,05 \alpha_h(1 + 2\psi)$	$0,90 + 0,10 \alpha_h$ $0,90 + 0,10 \alpha_h$ $0,90 - 0,10 \alpha_h(1 + 2\psi)$

Βιβλιογραφία

Ευρωκώδικας 3 EN 1993-1-1:2005



Παραδείγματα χρήσης πινάκων προγράμματος

Παράδειγμα 1

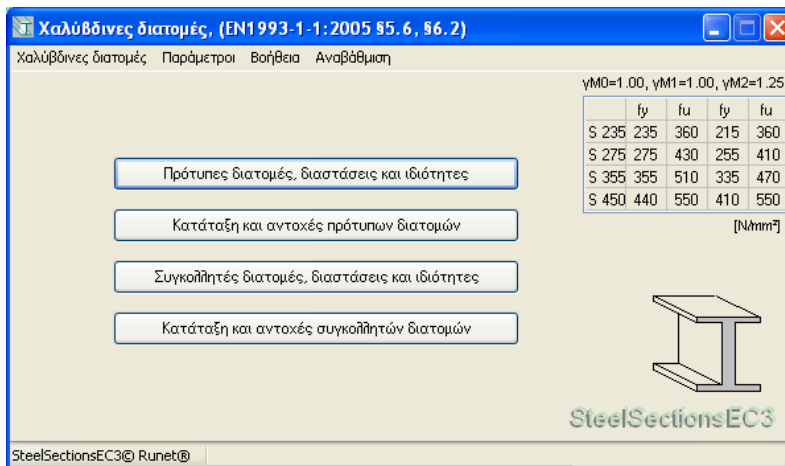
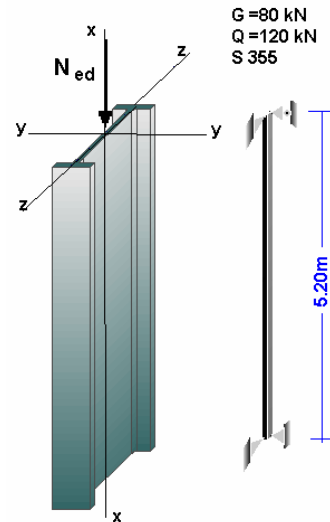
Υποστυλώμα 5.20 m.

Μόνιμο φορτίο $G = 80 \text{ kN}$, κινητό φορτίο $Q = 120 \text{ kN}$.
Χάλυβας S 355.

Ολικό φορτίο σχεδιασμού υποστυλώματος:

$$N_{ed} = 1.35 \times G + 1.50 \times Q = 1.35 \times 80 + 1.50 \times 120 = 288 \text{ kN}$$

Μήκη λυγισμού: $L_{iy} = 5.20 \text{ m}$, $L_{iz} = 5.20 \text{ m}$

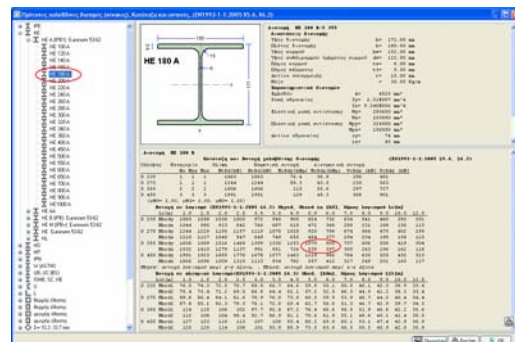


Στην κεντρική οθόνη, κλικ στο **Κατάταξη και αντοχές πρότυπων διατομών**

- Αριστερά επιλέγετε τον τύπο της διατομής **HEA**.
- Κλικ στο + και ανοίγουν όλες οι επιλογές διατομών HEA.

Για τον χάλυβα που έχετε **S 355** και μήκος λυγισμού **5.20 m**, (πίνακας μεταξύ 5.0 m και 6.0 m), ελέγχετε N_{byrd} και N_{bzrd} (αντοχές σε αξονικό φορτίο για λυγισμό κατά y-y και z-z άξονα) να είναι μεγαλύτερες από το ολικό φορτίο του υποστυλώματος $N_{ed} = 288 \text{ kN}$.

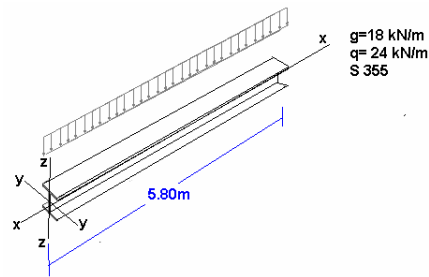
Η διατομή **HE 180 A** σας καλύπτει γιατί για μήκος λυγισμού **6.0m > 5.20m**, έχει αντοχές **$N_{byrd} = 900 \text{ kN} > 288 \text{ kN}$** και **$N_{bzrd} = 397 \text{ kN} > 288 \text{ kN}$** .





Παράδειγμα 2

Δοκός 5.80 m.
 Μόνιμο φορτίο $g = 18 \text{ kN/m}$.
 Κινητό φορτίο $q = 24 \text{ kN/m}$.
 Χάλυβας S 355.
 Φορτίο σχεδιασμού :
 $q_{ed} = 1.35 \times 18.0 + 1.50 \times 24.0 = 60.30 \text{ kN/m}$
 Μέγιστη καμπτική ροπή σχεδιασμού:
 $M_{y,ed} = 60.30 \times 5.80^2 / 8 = 253.6 \text{ kNm}$
 Μέγιστη διατμητική δύναμη σχεδιασμού:
 $V_{z,ed} = 60.30 \times 5.80 / 2 = 174.9 \text{ kN}$



Στην κεντρική οθόνη, κλικ στο **Κατάταξη και αντοχές πρότυπων διατομών**

- Αριστερά επιλέγετε τον τύπο της διατομής **IPE**.
- Κλικ στο + και ανοίγουν όλες οι επιλογές διατομών IPE.

Για χάλυβα **S 355** και μήκος πλευρικού λυγισμού $L_{Lt} = 5.80 \text{ m}$, (πίνακας 6.0 m), ελέγχετε M_{brd2} (παραβολικό διάγραμμα ροπών) να είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη ροπή που δρα στη δοκό $M_{y,ed} = 253.6 \text{ kNm}$.

Η διατομή IPE 500 σας καλύπτει.

Για μήκος λυγισμού $6.0 \text{ m} > 5.80 \text{ m}$, έχει αντοχή σε καμπτική ροπή λόγω πλευρικού λυγισμού $M_{brd2} = 288 \text{ kNm} > 253.6 \text{ kNm}$.

Στον πίνακα από πάνω ελέγχετε και τις υπόλοιπες αντοχές.

Αντοχή σε διάτμηση $V_{c,rdz} = 1227 \text{ kN}$, αντοχή σε κάμψη $M_{c,rdy} = 779 \text{ kNm}$.

Πρότυπες καλύπτοντες διατομές (πίνακες), Κατάταξη και αντοχές, (EN1993-1-1:2005 §5.6, §6.2)

IPE

- 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 A

- IPE O
- IPE V
- IPE 750

HD

- HD

HP

- HP

IPN

- IPN

IV (ASTM)

- IV (ASTM)

UB, UC (BS)

- UB, UC (BS)

ISM, SC, HB

- ISM, SC, HB

U

- U

L

- L

Βεραμής ελάσης

- Βεραμής ελάσης
- Βεραμής ελάσης
- Βεραμής ελάσης

Μικρός ελάσης

- Μικρός ελάσης

D=10.2-33.7 mm

- D=38.0-63.5 mm
- D=70.0-86.3 mm
- D=101.6-153.0 mm
- D=158.8-193.7 mm
- D=219.1-305.6 mm
- D=406.4-508.0 mm
- D=559.0-660.0 mm
- D=771.0-1016 mm

IPE 500

Διατομή IPE 500-S 450

Διαστάσεις Διατομής

Υψος Διατομής	h= 500.00 mm
Πλάτος Διατομής	b= 200.00 mm
Υψος κορμού	h_w= 468.00 mm
Υψος συνθροισμένου τμήματος κορμού	d_w= 426.00 mm
Πέχος κορμού	t_w= 10.20 mm
Πέχος πλάτους	t_f= 16.00 mm
Ακτίνα συναρμογής	r= 21.00 mm
Μάζα	= 90.70 Kg/m

Χαρακτηριστικά Διατομών

Εμβαδόν	A= 11550 mm ²
Ροπή αδρανείας	I_y= 4.82E008 mm ⁴
	I_z= 2.14E007 mm ⁴
Ελαστική ροπή αντίστασης	W_y= 1.92E006 mm ³
	W_z= 214200 mm ³
Πλαστική ροπή αντίστασης	W_{pl,y}= 2.19E006 mm ³
	W_{pl,z}= 335900 mm ³
Ακτίνα αδρανείας	i_y= 204 mm
	i_z= 45 mm
Επιφάνεια Διατομής	A_{ef}= 5985 mm ²

Διατομή IPE 500 Κατάταξη και Αντοχή καλύπτοντες Διατομές (EN1993-1-1:2005 §5.6, §6.2)

Χάλυβας	Κατηγορία	Ø [mm]	Κατάταξη και Αντοχή καλύπτοντες Διατομές (EN1993-1-1:2005 §5.6, §6.2)												
			N _x	M _{yy}	M _{zz}	V _{c,Rd} [kN]	M _{c,Rd} [kNm]	M _{c,Rd1} [kNm]	M _{c,Rd2} [kNm]	M _{c,Rd3} [kNm]	V _{c,Rd4} [kN]	V _{c,Rd5} [kN]			
S 235	3	1	3	2714	2714	2714	516	50.3	812	912					
S 275	4	1	4	3276	3065		609	22.6	950	1067					
S 355	4	1	4	4100	3845		779	30.4	1227	1377					
S 450	4	1	4	5082	4654		965	37.7	1520	1707					

(γ_{M0}= 1.00, γ_{M1}= 1.00, γ_{M2}= 1.25)

Αντοχή σε λυγισμό (EN1993-1-1:2005 §6.2)

l _{cr} [m]	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}	2714	2714	2714	2714	2714	2714	2709	2676	2644	2611	2579	2535	2492	2389
M _{brd2}	2668	2549	2405	2247	2060	1854	1639	1246	945	733	581	470	388	274
S 275 M _{brd1}	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3050	3013	2970	2927	2884	2832	2777	2642
M _{brd2}	2994	2844	2679	2470	2234	1980	1722	1278	959	739	582	469	386	276
S 355 M _{brd1}	3845	3845	3845	3845	3845	3830	3803	3749	3691	3626	3557	3476	3388	3168
M _{brd2}	3714	3495	3238	2926	2576	2211	1873	1346	992	757	596	477	392	277
S 450 M _{brd1}	4654	4654	4654	4654	4649	4612	4579	4500	4421	4333	4230	4114	3984	3648
M _{brd2}	4444	4142	3779	3341	2862	2397	1992	1401	1024	777	610	489	400	284

M_{brd1}: αντοχή λυγισμού περί γ-γ άξονα, M_{brd2}: αντοχή λυγισμού περί z-z άξονα

Αντοχή σε πλευρικό λυγισμό (EN1993-1-1:2005 §6.3)

l _{cr} [m]	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}	514	501	487	472	454	434	410	357	305	261	226	199	177	145
M _{brd2}	509	494	476	456	433	405	374	315	265	227	199	177	160	134
S 275 M _{brd1}	599	582	565	544	519	490	456	385	321	271	233	203	180	147
M _{brd2}	593	579	550	522	488	448	407	332	275	233	203	180	162	136
S 355 M _{brd1}	767	742	713	678	635	583	527	422	344	294	241	210	185	150
M _{brd2}	759	727	689	640	580	515	453	355	288	242	210	185	166	139
S 450 M _{brd1}	944	908	865	809	739	658	579	446	354	291	246	213	188	153
M _{brd2}	932	886	825	746	654	562	484	369	296	247	213	188	168	140

M_{brd1}: ομοιόμορφο διάγραμμα ροπών, M_{brd2}: παραβολικό διάγραμμα ροπών