



**ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ
ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΕΣ EN1993-1-1 και EN1993-1-8**

1. ΓΕΝΙΚΑ

1.1 Υλικά

Ιδιότητες δομικού χάλυβα για έλαση εν θερμώ (EN1993-1-1 §3.2.3, Πίν. 3.1)

Πρότυπο και ποιότητα χάλυβα	Ονομαστικό πάχος του στοιχείου t [mm]			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f _y [N/mm ²]	f _u [N/mm ²]	f _y [N/mm ²]	f _u [N/mm ²]
EN 10025-2	(Κοινοί χάλυβες – χονδρόκοκκοι)			
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470

Τιμές σχεδιασμού για τους συντελεστές του υλικού (EN1993-1-1 §3.2.6)

E = 210000 MPa μέτρο ελαστικότητας

$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} \approx 81000 \text{ MPa}$ μέτρο διάτμησης

$\nu = 0.3$ λόγος Poisson στην ελαστική περιοχή

$\alpha_t = 12 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής (για T ≤ 100 °C)

$\gamma = 78,5 \text{ kN/m}^3$ ειδικό βάρος

$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ πυκνότητα

Συντελεστές ασφάλειας για κτιριακά έργα:

$\gamma_{M0} = 1,00$

$\gamma_{M1} = 1,00$

$\gamma_{M2} = 1,25$

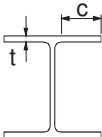
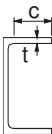
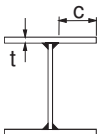
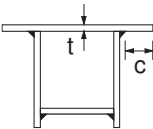
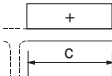
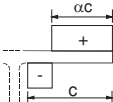
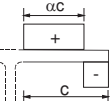
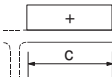
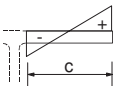
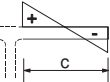
1.2 Κατάταξη διατομών

Κατάταξη εσωτερικών ελασμάτων (EN1993-1-1 §5.5, Πίν. 5.2a)

Εσωτερικά θλιβόμενα τμήματα						
				Άξονας κάμψης		
				Άξονας Κάμψης		
Κατηγορία	Τμήμα που υπόκειται σε κάμψη	Τμήμα που υπόκειται σε θλίψη	Τμήμα που υπόκειται σε κάμψη και θλίψη			
Κατανομή τάσεων στα τμήματα (θλίψη θετική)						
1	$c/t \leq 72 \cdot \epsilon$	$c/t \leq 33 \cdot \epsilon$	όταν $a > 0,5$: $c/t \leq \frac{396 \cdot \epsilon}{13 \cdot a - 1}$ όταν $a \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{36 \cdot \epsilon}{a}$			
2	$c/t \leq 83 \cdot \epsilon$	$c/t \leq 38 \cdot \epsilon$	όταν $a > 0,5$: $c/t \leq \frac{456 \cdot \epsilon}{13 \cdot a - 1}$ όταν $a \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{41,5 \cdot \epsilon}{a}$			
Κατανομή τάσεων στα τμήματα (θλίψη θετική)						
3	$c/t \leq 124 \cdot \epsilon$	$c/t \leq 42 \cdot \epsilon$	$\psi > -1$: $c/t \leq \frac{42 \cdot \epsilon}{0,67 + 0,33 \cdot \psi}$ $\psi \leq -1^{*)}$: $c/t \leq 62 \cdot \epsilon \cdot (1 - \psi) \cdot \sqrt{(-\psi)}$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

*) $\psi \leq -1$ εφαρμόζεται όπου η θλιπτική τάση $\sigma < f_y$ είτε η εφελκυστική παραμόρφωση $\epsilon_y > f_y/E$

Κατάταξη προεξέχοντων ελασμάτων (EN1993-1-1 §5.5, Πίν. 5.2β)

Προεξέχοντα πέλματα						
						
Ελατές διατομές			Συγκολλητές διατομές			
Κατηγορία	Τμήμα που υπόκειται σε θλίψη	Τμήμα που υπόκειται σε κάμψη και θλίψη				
		Άκρο σε θλίψη		Άκρο σε εφελκυσμό		
Κατανομή τάσεων στα τμήματα (θλίψη θετική)						
1	$c/t \leq 9 \cdot \epsilon$	$c/t \leq \frac{9 \cdot \epsilon}{a}$		$c/t \leq \frac{9 \cdot \epsilon}{a \cdot \sqrt{a}}$		
2	$c/t \leq 10 \cdot \epsilon$	$c/t \leq \frac{10 \cdot \epsilon}{a}$		$c/t \leq \frac{10 \cdot \epsilon}{a \cdot \sqrt{a}}$		
Κατανομή τάσεων στα τμήματα (θλίψη θετική)						
3	$c/t \leq 14 \cdot \epsilon$	$c/t \leq 21 \cdot \epsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}$ Για k_σ βλέπε 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

Κατάταξη γωνιακών και σωληνωτών διατομών (EN1993-1-1 §5.5, Πίν. 5.2γ)

Γωνιακά	
Αναφορά επίσης στα "Προεξέχοντα πέλματα" (βλέπε Πίν. 5.2β)	
Δεν ισχύει για γωνιακά σε συνεχή επαφή με άλλα στοιχεία	
Κατηγορία	Διατομή σε θλίψη
Κατανομή τάσεων στη διατομή (θλίψη θετική)	
3	$h/t \leq 15 \cdot \epsilon: \frac{b+h}{2 \cdot t} \leq 11,5 \cdot \epsilon$

3

Κατάταξη γωνιακών και σωληνωτών διατομών (EN1993-1-1 §5.5, Πίν. 5.2γ συνέχεια)

Σωληνωτές διατομές						
Κατηγορία	Διατομή σε κάμψη και/ή θλίψη					
1	$d/t \leq 50 \cdot \epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70 \cdot \epsilon^2$					
3	$d/t \leq 90 \cdot \epsilon^2$ ΣΗΜΕΙΩΣΗ Για $d/t > 90 \cdot \epsilon^2$ βλέπε 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

2. ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ – ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΩΝ

2.1 Αντοχή διατομών γενικά (EN1993-1-1 §6.2.1)

Για τον ελαστικό έλεγχο μπορεί να χρησιμοποιείται το παρακάτω κριτήριο διαρροής, για ένα κρίσιμο σημείο της διατομής.

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/Y_{M0}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/Y_{M0}} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/Y_{M0}} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/Y_{M0}} \right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y/Y_{M0}} \right)^2 \leq 1$$

Ως μία συντηρητική προσέγγιση για όλες τις κατηγορίες διατομών, μπορεί να χρησιμοποιείται μία γραμμική άθροιση των βαθμών αξιοποίησης για κάθε συνισταμένη τάση. Για διατομές κατηγορίας 1, 2 ή 3 που υπόκεινται στο συνδυασμό των N_{Ed} , $M_{y,Ed}$ and $M_{z,Ed}$, αυτή η μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί χρησιμοποιώντας το παρακάτω κριτήριο:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

2.2 Εφελκυσμός (EN1993-1-1 §6.2.3):

$$N_{Ed}/N_{t,Rd} \leq 1,0$$

$$N_{t,Rd} = \min \{ N_{pl,Rd}; N_{u,Rd} \} = \min \left\{ \frac{A \cdot f_y}{Y_{M0}}; 0,9 \cdot \frac{A_{net} \cdot f_u}{Y_{M2}} \right\} \quad \text{γενικά}$$

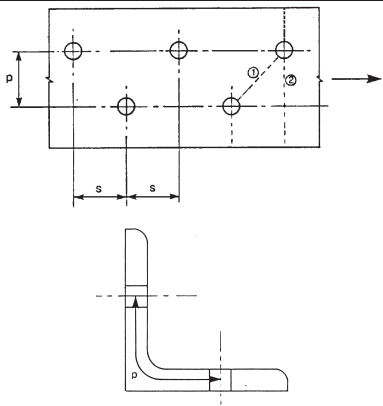
$$N_{t,Rd} = N_{net,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{Y_{M0}} \quad \text{για συνδέσεις κατηγορίας C κατά EN1993-1-8 (ανθεκτικές έναντι ολίσθησης στην OKA)}$$

Επιπλέον, όπου απαιτείται πλάσιμη συμπεριφορά, πρέπει να ικανοποιείται το α' κριτήριο πλαστιμότητας:

$$N_{u,Rd} \geq N_{pl,Rd}$$

4

Ιδιότητες διατομής (EN1993-1-1 §6.2.2.1 και §6.2.2.2)



Πλήρης διατομή:
 $A = b \cdot t$

Καθαρή διατομή (δύο οπές ανά διατομή):
 $A_{net} = (b - 2 \cdot d_0) \cdot t$

Καθαρή διατομή (δύο οπές σε zig-zag):
 $A_{net} = \min \{A_{net,1}; A_{net,2}\} =$
 $= \min \left\{ b - 2 \cdot d_0 + \frac{s^2}{4 \cdot p}; b - d_0 \right\} \cdot t$

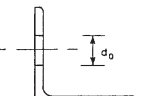
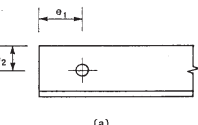
Για n οπές με m διαγωνίους:
 $A_{net} = \left(b - n \cdot d_0 + \sum_m \frac{s^2}{4 \cdot p} \right) \cdot t$

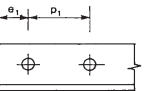
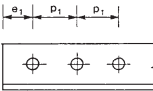
2.3 Εφελκυσμός γωνιακών συνδεόμενων με το ένα σκέλος τους (EN1993-1-8 §3.10.3):

Αριθμός κοχλιών	1	2	≥ 3
$N_{u,Rd}$	$\frac{2,0 \cdot (e_2 - 0,5 \cdot d_0) \cdot t \cdot f_u}{Y_{M2}}$	$\frac{\beta_2 \cdot A_{net} \cdot f_u}{Y_{M2}}$	$\frac{\beta_3 \cdot A_{net} \cdot f_u}{Y_{M2}}$

p_1	$\leq 2,5 \cdot d_0$	$\geq 5,0 \cdot d_0$
2 κοχλίες β_2	0,4	0,7
≥ 3 κοχλίες β_3	0,5	0,7

Για $2,5 \cdot d_0 \leq p_1 \leq 5,0 \cdot d_0$, πραγματοποιείται γραμμική παρεμβολή

2.4 Θλίψη (EN1993-1-1 §6.2.4):

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} \leq 1,0$$

$$N_{c,Rd} = \begin{cases} \frac{A \cdot f_y}{Y_{M0}} & \text{για διατομές κατηγορίας 1, 2 και 3} \\ \frac{A_{eff} \cdot f_y}{Y_{M0}} & \text{για διατομές κατηγορίας 4} \end{cases}$$

Οπές κοχλιών κανονικών διαστάσεων δε χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη, εφόσον τοποθετούνται οι αντιστοιχούντες κοχλίες.

2.5 Ροπή κάμψης (EN1993-1-1 §6.2.5):

$$M_{Ed}/M_{c,Rd} \leq 1,0 \quad \text{με} \quad M_{c,Rd} = \begin{cases} \frac{W_{pl} \cdot f_y}{Y_{M0}} & \text{για διατομές κατηγορίας 1 και 2} \\ \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{Y_{M0}} & \text{για διατομές κατηγορίας 3} \\ \frac{W_{eff,min} \cdot f_y}{Y_{M0}} & \text{για διατομές κατηγορίας 4} \end{cases}$$

Οπές κοχλιών κανονικών διαστάσεων στη θλιβόμενη ζώνη δε χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη, εφόσον τοποθετούνται οι αντιστοιχούντες κοχλίες. Οπές κοχλιών στην εφελκυστική ζώνη μπορούν να αγνοούνται εφόσον ικανοποιείται για τη ζώνη αυτή το κριτήριο πλαστιμότητας.

2.6 Τέμνουσα (EN1993-1-1 §6.2.6):

2.6.1 Πλαστική αντοχή έναντι τέμνουσας

$$V_{Ed}/V_{pl,Rd} \leq 1,0 \quad \text{με} \quad V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{Y_{M0}}$$

		Εμβαδόν διάτμησης A_v
Ελατές διατομές I και H	Φορτίο παράλληλο στον κορμό	$\max \left\{ A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f \right\}$ $\eta \cdot h_w \cdot t_w$
Ελατές διατομές U		$A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + r) \cdot t_f$
Ελατές διατομές T		$0,9 \cdot (A - b \cdot t_f)$
Συγκολλητές διατομές I και H, Κιβωτιοειδείς διατομές	Φορτίο παράλληλο στα πέλματα	$\eta \cdot \sum (h_w \cdot t_w)$
Συγκολλητές διατομές I και H, Κιβωτιοειδείς διατομές		$A - \sum (h_w \cdot t_w)$
Ελατές κοίλες ορθογωνικές διατομές	Φορτίο παράλληλο στο ύψος	$A \cdot h / (b + h)$
	Φορτίο παράλληλο στο πλάτος	$A \cdot b / (b + h)$
Κοίλες κυκλικές διατομές		$2 \cdot A / \pi$
Συμπαγείς διατομές		A

- b είναι το συνολικό πλάτος
- h είναι το συνολικό ύψος
- h_w είναι το ύψος του κορμού
- r είναι η ακτίνα συναρμογής κορμού-πέλματος
- t_f είναι το πάχος του πέλματος
- t_w είναι το πάχος του κορμού (= $\min t_w$, για μη σταθερό πάχος κορμού).
- $\eta=1,20$ για χάλυβες μέχρι και S460. Για χάλυβες υψηλότερης αντοχής ή συντηρητικά λαμβάνεται ίσος με 1,0 (EN1993-1-5 §5.1)

Μη ενισχυμένοι κορμοί με $h_w/t_w > 72 \cdot \epsilon/\eta$ πρέπει να ελέγχονται έναντι κύρτωσης

2.6.2 Ελαστική αντοχή έναντι τέμνουσας

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot S}{I \cdot t} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

Για διατομές Ι- ή Η- η διατμητική τάση στο κορμό μπορεί να λαμβάνεται:

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} \text{ εάν } \frac{A_f}{A_w} \geq 0,6$$

2.7 Στρέψη (EN1993-1-1 §6.2.7):

$$\tau_{Ed} \leq \tau_{Rd}$$

όπου: τ_{Ed} η τιμή σχεδιασμού της στρεπτικής ροπής

τ_{Rd} η αντοχή της διατομής σε στρέψη

$$\tau_{Ed} = \tau_{t,Ed} + \tau_{w,Ed} \Rightarrow \tau_{Ed} = G \cdot I_T \cdot \frac{d\phi}{dx} - E \cdot I_w \cdot \frac{d^3\phi}{dx^3}$$

όπου: $\tau_{t,Ed}$ η εσωτερική ροπή στρέψης κατά Saint Venant

$\tau_{w,Ed}$ η εσωτερική ροπή στρέψης λόγω στρέβλωσης.

Ως απλούστευση, στην περίπτωση ενός μέλους με κλειστή διατομή, όπως είναι μια διατομή κοιλοδοκού, μπορεί να υποθεθεί ότι τα αποτελέσματα λόγω της στρέβλωσης μπορούν να αγνοηθούν. Επίσης ως μια απλοποίηση, στην περίπτωση ενός μέλους με ανοιχτή διατομή, όπως η Ι ή Η, μπορεί να υποθεθεί ότι οι επιδράσεις της στρέψης κατά St. Venant μπορούν να αγνοηθούν.

Οι μέγιστες διατμητικές τάσεις κλειστών μονοκυψελικών διατομών μπορούν να υπολογιστούν από τον 1^ο τύπο του Bredt: $\max \tau_{t,Ed} = \frac{T_{t,Ed}}{2 \cdot A_m \cdot \min t_i}$

όπου: $\tau_{t,Ed}$ η δρώσα ροπή στρέψης, $\min t_i$ το ελάχιστο πάχος των ελασμάτων της διατομής,

A_m το εμβαδόν της επιφάνειας που ορίζεται από τη μέση γραμμή των ελασμάτων που σχηματίζουν την διατομή

2.8 Στρέψη και διάτμηση (EN1993-1-1 §6.2.7):

– για Ι ή Η διατομή:	$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{1,25 \cdot (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}}} \cdot V_{pl,Rd}$
– για διατομή Υ:	$V_{pl,T,Rd} = \left[\sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{1,25 \cdot (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}}} - \frac{\tau_{w,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$
– για κοίλη διατομή:	$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$

2.9 Κάμψη και διάτμηση (EN1993-1-1 §6.2.8):

$V_{Ed} \leq 0,50 \cdot V_{pl,Rd}$	δεν απαιτείται απομείωση λόγω τέμνουσας της καμπτικής αντίστασης της διατομής	$\rho = 1,0$
$V_{Ed} > 0,50 \cdot V_{pl,Rd}$	απαιτείται απομείωση λόγω τέμνουσας της καμπτικής αντίστασης της διατομής σε $M_{v,Rd}$	$\rho = \left(\frac{2 \cdot V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$

Για διατομές με ίσα πέλματα καμπτόμενες περί τον ισχυρό άξονα, ανεξάρτητα κατηγορίας:

$$M_{v,Rd} = \min \left\{ W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_v^2}{4 \cdot t_w} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} ; M_{c,Rd} \right\}$$

Στη γενική περίπτωση, η ροπή αντοχής υπολογίζεται ανάλογα με την κατηγορία της διατομής και μειωμένη τάση διαρροής στο εμβαδόν διάτμησης, ίση με $(1 - \rho) \cdot f_y$.

2.10 Κάμψη και αξονική δύναμη (EN1993-1-1 §6.2.9):

2.10.1 Διατομές κατηγορίας 1 και 2, όπου οι οπές κοχλιών δε λαμβάνονται υπόψη (EN1993-1-1 §6.2.9.1):

Ελάσματα χωρίς οπές κοχλιών:

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot \left[1 - (N_{Ed} / N_{pl,Rd})^2 \right]$$

Διατομές διπλής συμμετρίας σχήματος Ι και Η, ή άλλες διατομές με πέλματα:

$$\text{Αν } N_{Ed} \leq 0,25 \cdot N_{pl,Rd} \text{ και } N_{Ed} \leq \frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \text{ (δε χρειάζεται απομείωση)}$$

$$\text{Αν } N_{Ed} \leq \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \text{ (δε χρειάζεται απομείωση)}$$

$$\text{όπου } n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} \text{ και } a = \min \{ (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A ; 0,5 \}$$

$$M_{N,y,Rd} = \min \{ M_{pl,y,Rd} \cdot (1 - n) / (1 - 0,5 \cdot a) ; M_{pl,y,Rd} \}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \cdot \left[1 - \left(\frac{n - a}{1 - a} \right)^2 \right] \text{ για } n > a \quad M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \text{ για } n \leq a$$

Ορθογωνικές διατομές, ελατές ή συγκολλητές:

$a_w = \min \{ (A - 2 \cdot b \cdot t) / A ; 0,5 \}$ $a_f = \min \{ (A - 2 \cdot h \cdot t) / A ; 0,5 \}$	για κοίλες διατομές
$a_w = \min \{ (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A ; 0,5 \}$ $a_f = \min \{ (A - 2 \cdot h \cdot t_w) / A ; 0,5 \}$	για συγκολλητές κιβωτοειδείς διατομές με ίσα πέλματα και ίσους κορμούς

$$M_{N,y,Rd} = \min \{ M_{pl,y,Rd} \cdot (1 - n) / (1 - 0,5 \cdot a_w) ; M_{pl,y,Rd} \}$$

$$M_{N,z,Rd} = \min \{ M_{pl,z,Rd} \cdot (1 - n) / (1 - 0,5 \cdot a_f) ; M_{pl,z,Rd} \}$$

Διαξονική κάμψη:

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^a + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1$$

$$\text{– Ι και Η διατομές:} \quad \alpha = 2 \quad \beta = \max \{ 5 \cdot n ; 1 \}$$

$$\text{– Κοίλες κυκλικές διατομές:} \quad \alpha = 2 \quad \beta = 2$$

$$\text{– Κοίλες ορθογωνικές διατομές:} \quad \alpha = \beta = \min \{ 1,66 / (1 - 1,13 \cdot n^2) ; 6 \}$$

$$\text{– Συμπαγείς ορθογωνικές διατομές και ελάσματα:} \quad \alpha = \beta = 1,73 + 1,8 \cdot n^3$$

$$\text{– Συντηρητικά μπορεί να ληφθεί:} \quad \alpha = \beta = 1$$

2.10.2 Διατομές κατηγορίας 3 (EN1993-1-1 §6.2.9.2):

$$\sigma_{x,Ed} \leq f_y / \gamma_{M0}$$

Η $\sigma_{x,Ed}$ είναι η μέγιστη διαμήκης τάση της διατομής, υπολογισμένη με βάση τα αδρανειακά στοιχεία της διατομής, στα οποία μπορούν να λαμβάνονται υπόψη οι οπές των κοχλιών, εφόσον απαιτείται.

2.10.3 Διατομές κατηγορίας 4 (EN1993-1-1 §6.2.9.3):

$$\sigma_{x,Ed} \leq f_y / \gamma_{M0}$$

Η $\sigma_{x,Ed}$ είναι η μέγιστη διαμήκης τάση της διατομής, υπολογισμένη με βάση τα αδρανειακά στοιχεία της ενεργού διατομής, στα οποία μπορούν να λαμβάνονται υπόψη οι οπές των κοχλιών, εφόσον απαιτείται. Επιπλέον, πρέπει να ικανοποιείται το ακόλουθο κριτήριο:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{W_{eff,y,min} \cdot f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{W_{eff,z,min} \cdot f_y / \gamma_{M0}} \leq 1$$

Όπου e_{Ny} , e_{Nz} οι μετατοπίσεις των κεντροβαρικών αξόνων για καθαρή θλίψη

3. ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ – ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΩΝ

3.1 Αντοχή μελών σταθερής διατομής έναντι καμπτικού λυγισμού (EN1993-1-1 §6.3.1):

3.1.1 Υπολογισμός αντοχής

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd} \quad \text{με} \quad N_{b,Rd} = \begin{cases} \frac{X \cdot f_y \cdot A}{\gamma_{M1}} & \text{για διατομές κατηγορίας 1, 2 και 3} \\ \frac{X \cdot f_y \cdot A_{eff}}{\gamma_{M1}} & \text{για διατομές κατηγορίας 4} \end{cases}$$

$$\text{Μειωτικός συντελεστής λυγισμού: } \chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1,0 \quad \text{με} \quad \Phi = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

Ο συντελεστής ατελειών α που αντιστοιχεί στην ανάλογη καμπύλη λυγισμού θα λαμβάνεται από τον ακόλουθο πίνακα (EN1993-1-1 Πίν. 6.1).

Καμπύλη λυγισμού	α_0	a	b	c	d
Συντελεστής ατελειών α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Ανηγμένη λυγρότητα:

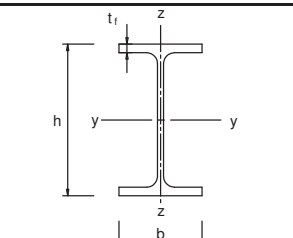
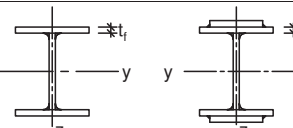
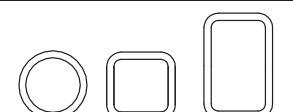
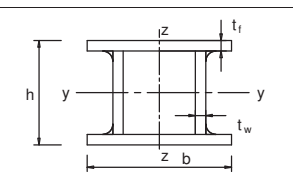
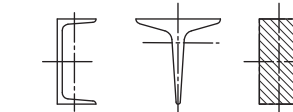
$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_1} \quad \text{για διατομές κατηγορίας 1, 2, 3}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \frac{\sqrt{A_{eff}/A}}{\lambda_1} \quad \text{για διατομές κατηγορίας 4}$$

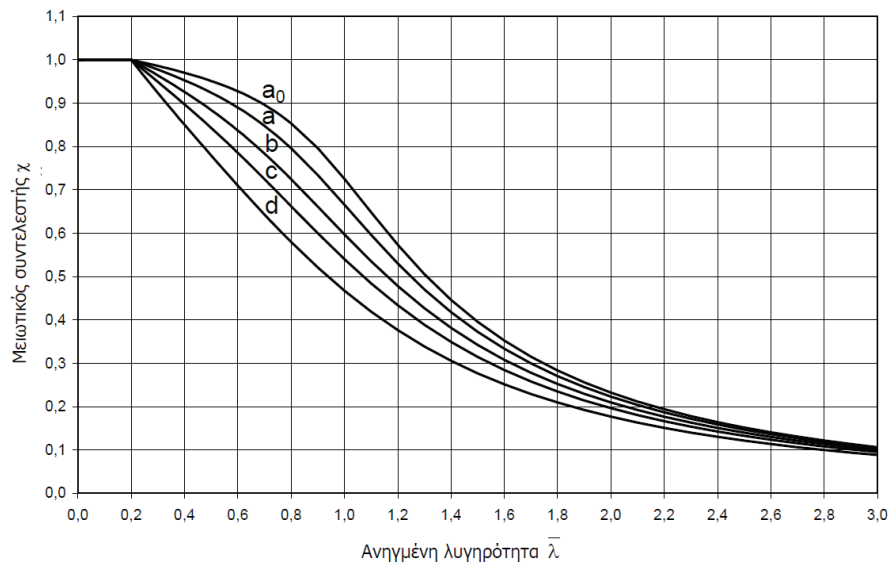
$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}^2} \quad \lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 \cdot \varepsilon \quad \varepsilon = \sqrt{235/f_y} \text{ [MPa]} \quad i = \sqrt{I/A}$$

Αν $\bar{\lambda} \leq 0,2$ ή $N_{Ed}/N_{cr} \leq 0,04$ δε χρειάζεται έλεγχος έναντι καμπτικού λυγισμού

Επιλογή καμπύλης λυγισμού (EN1993-1-1 Πίν. 6.2):

Διατομή	Όρια	Λυγισμός περί τον άξονα	Καμπύλη λυγισμού	
			S235 S275 S355 S420	S460
 Ελαστές διατομές	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	a a ₀
		$t_f > 40 \text{ mm}$ $t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b a
	$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b a
		$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y z-z	d c
 Συγκολλητές I-διατομές	$t_f \leq 40 \text{ mm}$		y-y z-z	b c
	$t_f > 40 \text{ mm}$		y-y z-z	c d
 Κοίλες Διατομές	Εν θερμώ έλαση		Κάθε	a a ₀
	Ψυχρή έλαση		Κάθε	c c
 Συγκολλητές κιβωτοειδείς διατομές	Γενικά (εκτός των κατωτέρω)		Κάθε	b b
	Μεγάλα πάχη ραφής: $a > 0,5 \cdot t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$		Κάθε	c c
 U-, T- και συμπαγείς διατομές			Κάθε	c c
 L-διατομές			Κάθε	b b

Καμπύλες λυγισμού (EN 1993-1-1 Σχ. 6.4):

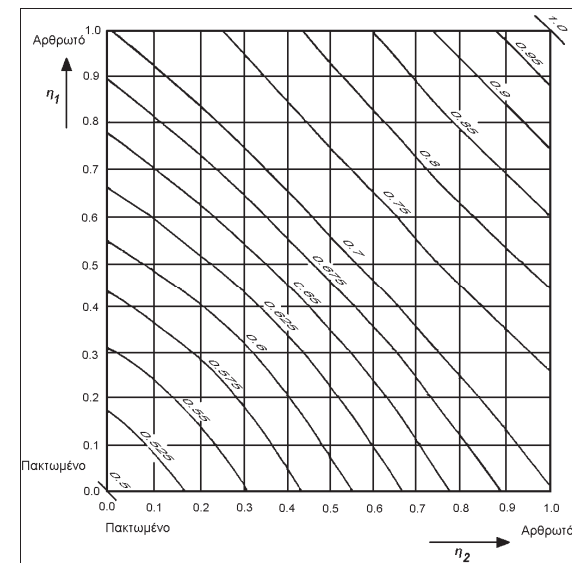
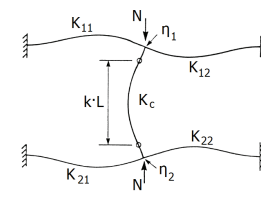


Λόγος μήκους λυγισμού προς γεωμετρικό μήκος για υποστυλώματα με αμετάθετα άκρα (ENV1993-1-1/1992 Σχ. E.2.1 και E.2.3a):

$$\eta_1 = \frac{K_c}{K_c + K_{11} + K_{12}}$$

$$\eta_2 = \frac{K_c}{K_c + K_{21} + K_{22}}$$

όπου $K_i = I_i/L_i$

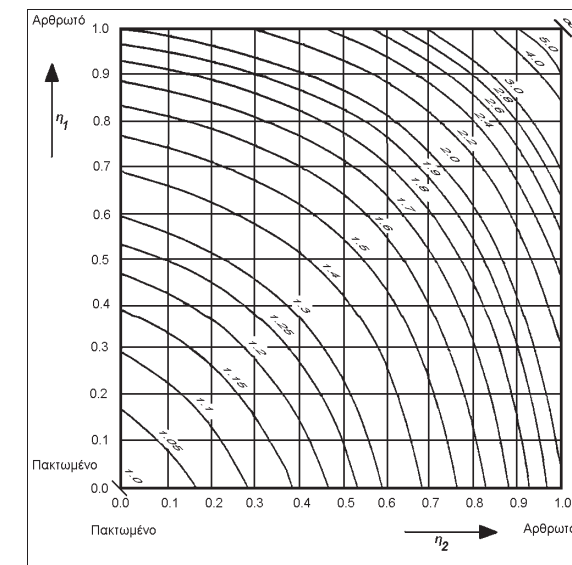
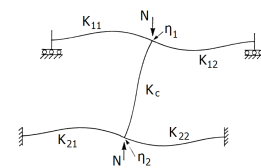


Λόγος μήκους λυγισμού προς γεωμετρικό μήκος για υποστυλώματα με μεταθετά άκρα (ENV1993-1-1/1992 Σχ. E.2.2 και E.2.3b):

$$\eta_1 = \frac{K_c}{K_c + K_{11} + K_{12}}$$

$$\eta_2 = \frac{K_c}{K_c + K_{21} + K_{22}}$$

όπου $K_i = I_i/L_i$



3.1.2 Μήκος λυγισμού μεμονωμένων υποστυλωμάτων

Μήκος λυγισμού $L_{cr} = k \cdot L$

Μορφές λυγισμού χαρακτηριστικών τύπων υποστυλωμάτων						
Θεωρητικές τιμές k	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Συνθήκες στηρίξεως			άστρεπτα αμετάθετα			
			στρεπτά αμετάθετα			
			άστρεπτα μεταθετά			

3.1.3 Μήκος λυγισμού συνεχών υποστυλωμάτων που ανήκουν σε πλαίσια

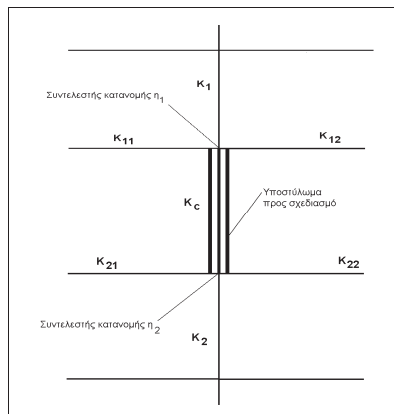
Συντελεστές κατανομής για συνεχή υποστυλώματα

(ENV1993-1-1/1992 Σχ. E.2.4):

$$\eta_1 = \frac{K_c + K_1}{K_c + K_1 + K_{11} + K_{12}}$$

$$\eta_2 = \frac{K_c + K_2}{K_c + K_2 + K_{21} + K_{22}}$$

όπου $K_i = I_i/L_i$



Οι συντελεστές ενεργού δυσκαμψίας μπορούν να λαμβάνονται με βάση τους ακόλουθους πίνακες.

Πλαίσια κτιρίων με δάπεδα από σκυρόδεμα, με την προϋπόθεση ότι το πλαίσιο είναι κανονικής μορφής και η φόρτιση ομοιόμορφη (ENV1993-1-1/1992 Πίν. E.2):

Συνθήκες φόρτισης δοκού	Αμετάθετα άκρα	Μεταθετά άκρα
Δοκοί που στηρίζουν απευθείας δάπεδα από σκυρόδεμα	1,0· I/L	1,0· I/L
Δοκοί με άμεσα φορτία	0,75· I/L	1,0· I/L
Δοκοί μόνο με ροπές στα άκρα	0,5· I/L	1,5· I/L

Δοκοί που δεν υπόκεινται σε αξονικές δυνάμεις, με την προϋπόθεση ότι παραμένουν ελαστικές (ENV1993-1-1/1992 Πίν. E.1):

Συνθήκες στροφικής δέσμευσης του απομακρυσμένου άκρου της δοκού	Συντελεστής K ενεργού δυσκαμψίας δοκού
Πάκτωση στο απομακρυσμένο άκρο	1,0· I/L
Άρθρωση στο απομακρυσμένο άκρο	0,75· I/L
Στροφή όπως στο πλησιέστερο άκρο (διπλή καμπυλότητα)	1,5· I/L
Στροφή ίση και αντίθετη προς αυτήν του πλησιέστερου άκρου (απλή καμπυλότητα)	0,5· I/L
Γενική περίπτωση. Στροφή θ_a στο πλησιέστερο άκρο και στροφή θ_b στο απομακρυσμένο άκρο.	$\left(1,0 + 0,5 \cdot \frac{\theta_b}{\theta_a}\right) \cdot \frac{I}{L}$

Προσεγγιστικές εξισώσεις για δοκούς που υπόκεινται σε σημαντικές αξονικές δυνάμεις, με την προϋπόθεση ότι παραμένουν ελαστικές (ENV1993-1-1/1992 Πίν. E.3):

Συνθήκες στροφικής δέσμευσης του απομακρυσμένου άκρου της δοκού	Μειωμένος συντελεστής K ενεργού δυσκαμψίας δοκού
Πάκτωση στο απομακρυσμένο άκρο	$1,0 \cdot \frac{I}{L} \cdot \left(1 - 0,4 \cdot \frac{N}{N_E}\right)$
Άρθρωση στο απομακρυσμένο άκρο	$0,75 \cdot \frac{I}{L} \cdot \left(1 - 1,0 \cdot \frac{N}{N_E}\right)$
Στροφή όπως στο πλησιέστερο άκρο (διπλή καμπυλότητα)	$1,5 \cdot \frac{I}{L} \cdot \left(1 - 0,2 \cdot \frac{N}{N_E}\right)$
Στροφή ίση και αντίθετη προς αυτήν του πλησιέστερου άκρου (απλή καμπυλότητα)	$0,5 \cdot \frac{I}{L} \cdot \left(1 - 1,0 \cdot \frac{N}{N_E}\right)$
$N_E = \pi^2 \cdot E \cdot I/L^2$	

3.2 Αντοχή μελών σταθερής διατομής έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού

3.2.1 Υπολογισμός αντοχής – Γενική περίπτωση (EN1993-1-1 §6.3.2.2)

$$M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot f_y \cdot W_y}{\gamma_{M1}}$$

Κατηγορία	1 ή 2	3	4
W_y	$W_{pl,y}$	$W_{el,y}$	$W_{eff,y}$

$$\text{Μειωτικός συντελεστής στρεπτοκαμπτικού λυγισμού: } \chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1,0$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2\right]$$

Ο συντελεστής ατελειών α_{LT} που αντιστοιχεί στην ανάλογη καμπύλη λυγισμού θα λαμβάνεται από τον ακόλουθο πίνακα (EN1993-1-1 Πίν. 6.3).

Καμπύλη λυγισμού	a	b	c	d
Συντελεστής ατελειών α_{LT}	0,21	0,34	0,49	0,76

Επιλογή καμπύλης λυγισμού (EN1993-1-1 Πίν. 6.4):

Διατομή	Όρια	Καμπύλη λυγισμού
Ελατές διατομές I	$h/b \leq 2$ $h/b > 2$	a b
Συγκολλητές διατομές I	$h/b \leq 2$ $h/b > 2$	c d
Άλλες διατομές	-	d

Ανηγμένη λυγηρότητα:

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

3.2.2 Κρίσιμη ελαστική ροπή

Γενική περίπτωση (ENV1993-1-1/1992 Παράρτημα F):

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(k \cdot L)^2} \cdot \left\{ \left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k \cdot L)^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_i)^2 \right]^{0.5} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_i) \right\} \quad (\text{εξ. F.2})$$

Διατομή με δύο άξονες συμμετρίας ($z_i = 0$):

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(k \cdot L)^2} \cdot \left\{ \left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k \cdot L)^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot z_g)^2 \right]^{0.5} - C_2 \cdot z_g \right\} \quad (\text{εξ. F.4})$$

Για φόρτιση στα άκρα ($C_2 = 0$) ή φορτία που δρουν στο κέντρο βάρους ($z_g = 0$):

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(k \cdot L)^2} \cdot \left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k \cdot L)^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} \right]^{0.5} \quad (\text{εξ. F.5})$$

Η απόσταση z_g μετράται από το κέντρο εφαρμογής της δύναμης έως το κέντρο διάτμησης και είναι θετική όταν τα φορτία δρουν προς το κέντρο διάτμησης.

Τιμές συντελεστών C_1 , C_2 και C_3 (ENV1993-1-1/1992 Πίν. F.1.2):

Συνθήκες φόρτισης και στήριξης	Διάγραμμα ρομών κάμψης	Συντελεστής k	Συντελεστής		
			C_1	C_2	C_3
		1,0 0,5	1,132 0,972	0,459 0,304	0,525 0,980
		1,0 0,5	1,285 0,712	1,562 0,652	0,753 1,070
		1,0 0,5	1,365 1,070	0,553 0,432	1,730 3,050
		1,0 0,5	1,565 0,938	1,267 0,715	2,640 4,800
		1,0 0,5	1,046 1,010	0,430 0,410	1,120 1,890

Τιμές συντελεστών C_1 , C_2 και C_3 (ENV1993-1-1/1992 Πίν. F.1.1):

Συνθήκες φόρτισης και στήριξης	Διάγραμμα ρομών κάμψης	Συντελεστής k	Συντελεστής		
			C_1	C_2	C_3
	$\psi = +1$ 	1,0 0,7 0,5	1,000 1,000 1,000	—	1,000 1,113 1,144
	$\psi = +\frac{1}{4}$ 	1,0 0,7 0,5	1,141 1,270 1,305	—	0,998 1,565 2,283
	$\psi = +\frac{1}{2}$ 	1,0 0,7 0,5	1,323 1,473 1,514	—	0,992 1,556 2,271
	$\psi = +\frac{3}{4}$ 	1,0 0,7 0,5	1,563 1,739 1,788	—	0,977 1,531 2,235
	$\psi = 0$ 	1,0 0,7 0,5	1,879 2,092 2,150	—	0,939 1,473 2,150
	$\psi = -\frac{1}{4}$ 	1,0 0,7 0,5	2,281 2,538 2,609	—	0,855 1,340 1,957
	$\psi = -\frac{1}{2}$ 	1,0 0,7 0,5	2,704 3,009 3,093	—	0,676 1,059 1,546
	$\psi = -\frac{3}{4}$ 	1,0 0,7 0,5	2,927 3,009 3,093	—	0,366 0,575 0,837
	$\psi = -1$ 	1,0 0,7 0,5	2,752 3,063 3,149	—	0,000 0,000 0,000

Αν $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,2$ ή $M_{Ed}/M_{cr} \leq 0,04$ δε χρειάζεται έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού.

3.2.3 Καμπύλες λυγισμού για ελατές διατομές ή ισοδύναμες συγκολλητές διατομές (EN1993-1-1 §6.3.2.3)

Για ελατές διατομές, ή ισοδύναμες συγκολλητές, μπορούν να επιλέγονται οι καμπύλες λυγισμού σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα, χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες εξισώσεις αντί των αντιστοίχων της §3.2.1:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - 0,75 \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq \min \left\{ 1,0 ; \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2} \right\}$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + a_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,4) + 0,75 \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

Επιλογή καμπύλης λυγισμού για ελατές διατομές ή ισοδύναμες συγκολλητές (EN1993-1-1 Πίν. 6.5):

Διατομή	Όρια	Καμπύλη λυγισμού
Ελατές διατομές I	$h/b \leq 2$	b
	$h/b > 2$	c
Συγκολλητές διατομές I	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Άλλες διατομές	-	d

Για να ληφθεί υπόψη η κατανομή της ροπής μεταξύ των πλευρικών στηρίξεων των μελών, ο μειωτικός συντελεστής χ_{LT} λαμβάνεται:

$$\chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / f \leq 1,0$$

$$f = 1 - 0,5 \cdot (1 - k_c) \cdot [1 - 2,0 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,8)^2] \leq 1,0$$

Ο συντελεστής f μπορεί να ληφθεί συντηρητικά ίσος με 1,0, και σε αυτή την περίπτωση δεν απαιτείται ο υπολογισμός του k_c .

Διορθωτικός συντελεστής k_c για ελατές διατομές ή ισοδύναμες συγκολλητές (EN1993-1-1 Πίν. 6.6):

Κατανομή ροπής	k_c
 $\psi = 1$	1,0
 $-1 \leq \psi \leq 1$	$\frac{1}{1,33 - 0,33 \cdot \psi}$
	0,94
	0,90
	0,91
	0,86
	0,77
	0,82

Αν $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,4$ ή $M_{Ed}/M_{cr} \leq 0,16$ δε χρειάζεται έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού.

3.3 Αντοχή μελών σταθερής διατομής υπό κάμψη και θλίψη (EN1993-1-1 §6.3.3):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{Y_{M1}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{Y_{M1}} \leq 1,0$$

Τιμές για $N_{Rk} = f_y \cdot A_i$, $M_{i,Rk} = f_y \cdot W_i$ και $\Delta M_{i,Ed}$ (EN1993-1-1 Πίν. 6.7):

Κατηγορία	1	2	3	4
A_i	A	A	A	A_{eff}
W_y	$W_{pl,y}$	$W_{pl,y}$	$W_{el,y}$	$W_{eff,y}$
W_z	$W_{pl,z}$	$W_{pl,z}$	$W_{el,z}$	$W_{eff,z}$
$\Delta M_{y,Ed}$	0	0	0	$e_{N,y} \cdot N_{Ed}$
$\Delta M_{z,Ed}$	0	0	0	$e_{N,z} \cdot N_{Ed}$
$k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz}$	Από Πίνακες Παραρτημάτων Α ή Β (EN 1993-1-1)			

3.3.1 Συντελεστές αλληλεπίδρασης k_{ij} με τη μέθοδο 1 (EN1993-1-1 Παρ. Α)

Πίνακας Α.1: Συντελεστές αλληλεπίδρασης k_{ij}

Συντελεστές αλληλεπίδρασης	Παραδοχές σχεδιασμού	
	ελαστικές ιδιότητες διατομής κατηγορία 3, κατηγορία 4	πλαστικές ιδιότητες διατομής κατηγορία 1, κατηγορία 2
k_{yy}	$C_{my} \cdot C_{mLT} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$	$C_{my} \cdot C_{mLT} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{yy}}$
k_{yz}	$C_{mz} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$	$C_{mz} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{1}{C_{yz}} \cdot 0,6 \cdot \sqrt{\frac{w_z}{w_y}}$
k_{zy}	$C_{my} \cdot C_{mLT} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$	$C_{my} \cdot C_{mLT} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{zy}} \cdot 0,6 \cdot \sqrt{\frac{w_y}{w_z}}$
k_{zz}	$C_{mz} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$	$C_{mz} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{1}{C_{zz}}$

Βοηθητικοί συντελεστές

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$$

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$$

$$w_y = \frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}} \leq 1,5$$

$$w_z = \frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}} \leq 1,5$$

$$n_{pl} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rk} / \gamma_{M1}}$$

C_{my} βλ. Πίνακ. Α.2

$$a_{LT} = 1 - \frac{I_T}{I_y} \geq 0$$

$$C_{yy} = 1 + (w_y - 1) \cdot \left[\left(2 - \frac{1,6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} - \frac{1,6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2 \right) \cdot n_{pl} - b_{LT} \right] \geq \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$$

με $b_{LT} = 0,5 \cdot a_{LT} \cdot \bar{\lambda}_0^2 \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,y,Rd}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}}$

$$C_{yz} = 1 + (w_z - 1) \cdot \left[\left(2 - 14 \cdot \frac{C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2}{w_z^5} \right) \cdot n_{pl} - c_{LT} \right] \geq 0,6 \cdot \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \cdot \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$$

με $c_{LT} = 10 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0^2}{5 + \bar{\lambda}_z^4} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{my} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,y,Rd}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{C_{mz} \cdot M_{pl,z,Rd}}$

$$C_{zy} = 1 + (w_y - 1) \cdot \left[\left(2 - 14 \cdot \frac{C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2}{w_y^5} \right) \cdot n_{pl} - d_{LT} \right] \geq 0,6 \cdot \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \cdot \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$$

με $d_{LT} = 2 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0}{0,1 + \bar{\lambda}_z^4} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{my} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,y,Rd}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{C_{mz} \cdot M_{pl,z,Rd}}$

$$C_{zz} = 1 + (w_z - 1) \cdot \left[\left(2 - \frac{1,6}{w_z} \cdot C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} - \frac{1,6}{w_z} \cdot C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2 \right) \cdot n_{pl} - e_{LT} \right] \geq \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$$

με $e_{LT} = 1,7 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0}{0,1 + \bar{\lambda}_z^4} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{my} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,y,Rd}}$

Πίνακας Α.1 (συνέχεια)

$$\bar{\lambda}_{max} = \max\{\bar{\lambda}_y; \bar{\lambda}_z\}$$

$\bar{\lambda}_0$ = ανηγμένη λυγρότητα για στρεπτοκαμπτικό λυγισμό λόγω σταθερής καμπτικής ροής, δηλαδή: $\psi_y = 1,0$ στον Πίνακα Α.2

$\bar{\lambda}_{LT}$ = ανηγμένη λυγρότητα για στρεπτοκαμπτικό λυγισμό

Για $\bar{\lambda}_0 = 0$: $C_{my} = C_{my,0}$
 $C_{mz} = C_{mz,0}$
 $C_{mLT} = 1,0$

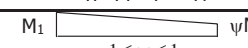
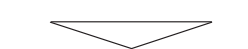
Για $\bar{\lambda}_0 > 0$: $C_{my} = C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) \cdot \frac{\sqrt{\varepsilon_y} \cdot a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_y} \cdot a_{LT}}$
 $C_{mz} = C_{mz,0}$
 $C_{mLT} = C_{my}^2 \cdot \frac{a_{LT}}{\sqrt{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit,z}}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit,T}}\right)}}$

$\varepsilon_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \cdot \frac{A}{W_{el,y}}$ για διατομές κατηγορίας 1, 2 και 3

$\varepsilon_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \cdot \frac{A_{eff}}{W_{eff,y}}$ για διατομές κατηγορίας 4

$N_{crit,y}$ = ελαστική δύναμη καμπτικού λυγισμού περί τον άξονα y-y
 $N_{crit,z}$ = ελαστική δύναμη καμπτικού λυγισμού περί τον άξονα z-z
 $N_{crit,T}$ = ελαστική δύναμη στρεπτικού λυγισμού
 I_T = σταθερά στρέψης St. Venant
 I_y = ροπή αδράνειας ως προς τον άξονα y-y

Πίνακας Α.2: Συντελεστές $C_{mi,0}$ ισοδύναμης ομοιόμορφης ροής

Διάγραμμα ροής	$C_{mi,0}$
M_1  ψM_1 $-1 \leq \psi \leq 1$	$C_{mi,0} = 0,79 + 0,21 \cdot \psi_i + 0,36 \cdot (\psi_i - 0,33) \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$
 $M(x)$	$C_{mi,0} = 1 + \left(\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_i \cdot \delta_x }{L^2 \cdot M_{i,Ed}(x) } - 1 \right) \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$ $M_{i,Ed}(x)$ είναι η μέγιστη ροπή $M_{y,Ed}$ ή $M_{z,Ed}$ $ \delta_x $ είναι η μέγιστη μετατόπιση του μέλους κατά το μήκος του
 $M(x)$	$C_{mi,0} = 1 - 0,18 \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$
 $M(x)$	$C_{mi,0} = 1 + 0,03 \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$

3.3.2 Συντελεστές αλληλεπίδρασης k_{ij} με τη μέθοδο 2 (EN1993-1-1 Παρ. Β)

Πίνακας Β.1: Μέλη που δεν υπόκεινται σε στρεπτικές παραμορφώσεις

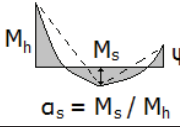
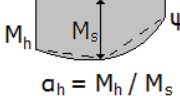
Συντελεστές αλληλεπίδρασης	Τύπος διατομών	Παραδοχή σχεδιασμού	
		ελαστικές ιδιότητες διατομών κατηγορία 3, κατηγορία 4	πλαστικές ιδιότητες διατομών κατηγορία 1, κατηγορία 2
k_{yy}	διατομές I και RHS	$C_{my} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$	$C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$
k_{yz}	διατομές I και RHS	k_{zz}	$0,6 k_{zz}$
k_{zy}	διατομές I και RHS	$0,8 k_{yy}$	$0,6 k_{yy}$
k_{zz}	διατομές I	$C_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$	$C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$
	διατομές RHS	$\leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$	$C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$

Για διατομές I και H και ορθογωνικές κοίλες διατομές με αξονική θλίψη και μονοαξονική κάμψη $M_{y,Ed}$ ο συντελεστής k_{zy} μπορεί να είναι $k_{zy} = 0$.

Πίνακας Β.2: Μέλη που υπόκεινται σε στρεπτικές παραμορφώσεις

Συντελεστές αλληλεπίδρασης	Παραδοχές σχεδιασμού	
	ελαστικές ιδιότητες διατομών κατηγορία 3, κατηγορία 4	πλαστικές ιδιότητες διατομών κατηγορία 1, κατηγορία 2
k_{yy}	k_{yy} από τον Πίνακα Β.1	k_{yy} από τον Πίνακα Β.1
k_{yz}	k_{yz} από τον Πίνακα Β.1	k_{yz} από τον Πίνακα Β.1
k_{zy}	$\left[1 - \frac{0,05 \cdot \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / Y_{M1}} \right]$ $\geq \left[1 - \frac{0,05}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / Y_{M1}} \right]$	$\left[1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / Y_{M1}} \right]$ $\geq \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / Y_{M1}} \right]$ για $\bar{\lambda}_z < 0,4$: $k_{zy} = 0,6 + \bar{\lambda}_z \leq 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / Y_{M1}}$
k_{zz}	k_{zz} από τον Πίνακα Β.1	k_{zz} από τον Πίνακα Β.1

Πίνακας Β.3: Συντελεστές C_m ισοδύναμης ομοιόμορφης ροής (Πίν. Β.1 και Β.2)

Διάγραμμα ροής	Περιοχή	C_{my} και C_{mz} και C_{mLT}	
		Ομοιόμορφο φορτίο	Συγκεντρωμένο φορτίο
 ψM	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,6 + 0,4 \cdot \psi \geq 0,4$	
 M_h , M_s , ψM_h $a_s = M_s / M_h$	$0 \leq a_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8 \cdot a_s \geq 0,4$
	$-1 \leq a_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8 \cdot a_s \geq 0,4$
 M_h , M_s , ψM_h $a_h = M_h / M_s$	$0 \leq a_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05 \cdot a_h$
	$-1 \leq a_h < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05 \cdot a_h$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05 \cdot a_h \cdot (1 + 2 \cdot \psi)$
Για μέλη με λυγισμό από μετάθεση ο συντελεστής ισοδύναμης ομοιόμορφης ροής πρέπει να λαμβάνεται $C_{my} = 0,9$ ή $C_{mz} = 0,9$ αντίστοιχα.			
Τα C_{my} , C_{mz} και C_{mLT} πρέπει να λαμβάνονται σύμφωνα με το διάγραμμα ροών μεταξύ των αντίστοιχων πλευρικών στηριζόμενων σημείων ως εξής:			
συντελεστής ροής	άξονας κάμψης	σημεία εξασφαλιζόμενα κατά τη διεύθυνση	
C_{my}	y-y	z-z	
C_{mz}	z-z	y-y	
C_{mLT}	y-y	y-y	

4. Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας (EN 1990 §A1.4.3):

4.1 Κατακόρυφες παραμορφώσεις

Για κτίρια, τα όρια που συνιστώνται για κατακόρυφα βέλη κάμψης δίνονται στον πίνακα, στον οποίο όπου L είναι το άνοιγμα της δοκού. Για δοκούς με πρόβολο, το μήκος L που λαμβάνεται υπ' όψη είναι το διπλάσιο του προεξέχοντος μήκους της δοκού.

$\delta_{\max}$ μέγιστη παραμόρφωση, λαμβάνοντας υπόψη το αρνητικό αρχικό βέλος

δ_2 παραμόρφωση λόγω μεταβλητών δράσεων

Συνιστώμενες οριακές τιμές κατακόρυφων παραμορφώσεων (ENV1993-1-1/1992 Πίν. 4.1):

	Όρια	
	$\delta_{\max}$	δ_2
Στέγες (γενικά)	L/200	L/250
Στέγες που συχνά φέρουν προσωπικό άλλο από αυτό για συντήρηση	L/250	L/300
Πατώματα (γενικά)	L/250	L/300
Πατώματα και στέγες που υποστηρίζουν γύψινα ή άλλα ψαθυρά τελειώματα ή μη εύκαμπτα χωρίσματα	L/250	L/350
Πατώματα που υποστηρίζουν υποστυλώματα (εκτός εάν το βέλος κάμψης έχει ληφθεί υπ' όψη στην καθολική ανάλυση για τον προσδιορισμό της έσχατης οριακής κατάστασης)	L/400	L/500
Όπου το $\delta_{\max}$ μπορεί να βλάψει την εμφάνιση του κτιρίου	L/250	

4.2 Οριζόντιες παραμορφώσεις

Για κτίρια, τα όρια που συνιστώνται για οριζόντια βέλη κάμψης στην κορυφή υποστυλωμάτων είναι (ENV1993-1-1/1992 §4.2.2):

- Βιομηχανικά πλαίσια χωρίς γερανογέφυρες: h/150
- Άλλα μονώροφα κτίρια: h/300
- Πολυώροφα κτίρια: h/300 ανά όροφο
h_o/500 συνολικά

5. Συνδέσεις με κοχλίες (EN 1993-1-8 §3):

5.1 Υλικά και ιδιότητες κοχλίων – Γεωμετρικές απαιτήσεις

Ονομαστικές τιμές τάσεων διαρροής και θραύσης κοχλίων (EN 1993-1-8 Πίν. 3.1):

Κατηγορία κοχλία	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	300	480	640	900
f_{ub} (N/mm ²)	400	500	600	800	1000

Χαρακτηριστικά κοχλίων:

M	d [mm]	p [mm]	A [mm ²]	A _s [mm ²]	A ₁ [mm ²]	d ₀ [mm]
12	12	1.75	113	84.3	76.3	d + 1
14	14	2	154	115	105	
16	16	2	201	157	144	d + 2
18	18	2.5	254	192	175	
20	20	2.5	314	245	225	
22	22	2.5	380	303	282	
24	24	3	452	353	324	
27	27	3	573	459	427	d + 3
30	30	3.5	707	561	519	
όπου: $A_s = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4}$ ή $A_s = \frac{\pi \cdot (d - 0,94 \cdot p)^2}{4}$ και $d_s = \frac{d_1 + d_2}{2}$						

Ονομαστικές ανοχές κοχλίων (prEN 1090-2 Πίν. 10)

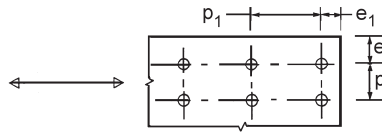
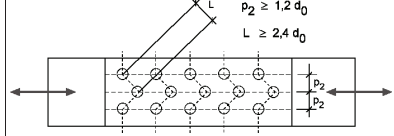
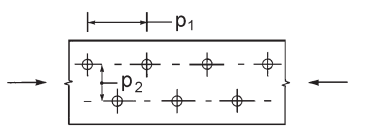
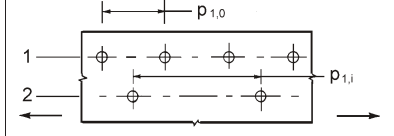
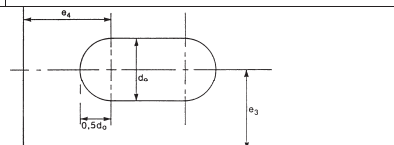
Ονομαστική διάμετρος κοχλία	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	≥M27
Κανονικές οπές	1		2					3
Υπερμεγέθεις οπές	3		4				6	8
Επιμήκειες οπές μικρού μήκους	4		6				8	10
Επιμήκειες οπές μεγάλου μήκους	1,5·d							
Οπές αγκυρίων θεμελίωσης	1,5·d							
Για επιμήκειες οπές, οι ονομαστικές ανοχές στην εγκάρσια διεύθυνση θα είναι ίδιες με αυτές των κανονικών οπών.								
Σε οπές αγκυρίων θεμελίωσης απαιτείται η χρήση βοηθητικών πλακών.								

Κατηγορίες κοχλιωτών συνδέσεων (EN 1993-1-8 Πίν. 3.2)

Κατηγορία		Κριτήρια	Παρατηρήσεις
Συνδέσεις διάτμησης			
A	άντυγας	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Δεν απαιτείται προένταση. Κατηγορίες από 4.6 μέχρι και 10.9.
B	ανθεκτικές σε ολίσθηση στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Προεντεταμένοι κοχλίες κατηγορίας 8.8 ή 10.9.
C	ανθεκτικές σε ολίσθηση στην οριακή κατάσταση αστοχίας	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$	Προεντεταμένοι κοχλίες κατηγορίας 8.8 ή 10.9.
Συνδέσεις εφελκυσμού			
D	χωρίς προένταση	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Δεν απαιτείται προένταση. Κατηγορίες από 4.6 μέχρι και 10.9.
E	με προένταση	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Προεντεταμένοι κοχλίες κατηγορίας 8.8 ή 10.9.

Οι κοχλίες που υπόκεινται σε ταυτόχρονη διάτμηση και εφελκυσμό πρέπει να ικανοποιούν και τα κριτήρια που δίνονται στον Πίνακα 3.4 (§5.2)

Αποστάσεις κοχλιών (EN 1993-1-8 Σχ. 3.1)

 α) Αποστάσεις κανονικής διάταξης		 β) Αποστάσεις λοξής διάταξης	
 γ) Αποστάσεις σε λοξή διάταξη – θλίψη		 δ) Αποστάσεις σε εφελκυσμό στοιχεία	
ε) Αποστάσεις για επιμήκεις οπές			

Μέγιστες και ελάχιστες αποστάσεις κοχλιών (EN 1993-1-8 Πίν. 3.3)

Αποστάσεις [mm], βλέπε Σχ. 3.1	Ελάχιστη	Μέγιστη ^{1) 2) 3)}		
		Κατασκευές από χάλυβες που συμφωνούν με το EN 10025 εκτός εκείνων που συμφωνούν με το EN 10025-5		Κατασκευές από χάλυβες που συμφωνούν με το EN 10025-5
		Χάλυβας εκτεθειμένος σε καιρικές συνθήκες ή άλλα διαβρωτικά περιβάλλοντα	Χάλυβας μη εκτεθειμένος	Χάλυβας χωρίς προστασία
Απόσταση από άκρο e_1	$1,2 \cdot d_0$	$4 \cdot t + 40$		$\max\{8 \cdot t; 125\}$
Απόσταση από άκρο e_2	$1,2 \cdot d_0$	$4 \cdot t + 40$		$\max\{8 \cdot t; 125\}$
Απόσταση e_3 σε επιμήκεις οπές	$1,5 \cdot d_0$			
Απόσταση e_4 σε επιμήκεις οπές	$1,5 \cdot d_0$			
Βήμα p_1	$2,2 \cdot d_0$	$\min\{14 \cdot t; 200\}$	$\min\{14 \cdot t; 200\}$	$\min\{14 \cdot t_{min}; 175\}$
Βήμα $p_{1,0}$		$\min\{14 \cdot t; 200\}$		
Βήμα $p_{1,i}$		$\min\{28 \cdot t; 400\}$		
Βήμα p_2 ⁵⁾	$2,4 \cdot d_0$	$\min\{14 \cdot t; 200\}$	$\min\{14 \cdot t; 200\}$	$\min\{14 \cdot t_{min}; 175\}$

¹⁾ Η μέγιστη τιμή για τις αποστάσεις μεταξύ κοχλιών και ήλων και τις αποστάσεις από τα άκρα δεν έχει περιορισμό, εκτός από τις ακόλουθες περιπτώσεις:

- σε θλιβόμενα μέλη προκειμένου να αποφευχθεί ο τοπικός λυγισμός και η διάβρωση των εκτεθειμένων μελών και
- σε εφελκυσμό εκτεθειμένα μέλη προκειμένου να αποφευχθεί η διάβρωση.

²⁾ Η αντοχή σε τοπικό λυγισμό του θλιβόμενου ελάσματος μεταξύ των μέσων σύνδεσης πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με το EN 1993-1-1 χρησιμοποιώντας $0,6 \cdot p_1$ ως μήκος λυγισμού. Ο τοπικός λυγισμός μεταξύ των μέσων σύνδεσης δεν χρειάζεται να ελεγχθεί αν ο λόγος p_1/t είναι μικρότερος από $9 \cdot \epsilon$. Η απόσταση από τα πλευρικά άκρα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα όρια που τίθενται από τις απαιτήσεις τοπικού λυγισμού σε ένα προεξέχον στοιχείο των θλιβόμενων μελών, βλέπε EN 1993-1-1. Η απόσταση από τα άλλα άκρα δεν περιορίζεται από την τελευταία απαίτηση.

³⁾ t είναι το πάχος του λεπτότερου εξωτερικά συνδεδεμένου μέρους.

⁵⁾ Σε μέσα σύνδεσης τοποθετημένα σε λοξή διάταξη η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των γραμμών κοχλιώσης που πρέπει να χρησιμοποιείται είναι $p_2 = 1,2 \cdot d_0$ με την προϋπόθεση ότι η απόσταση L μεταξύ δύο οποιωνδήποτε μέσων σύνδεσης είναι μεγαλύτερη από $2,4 \cdot d_0$ (βλέπε Σχ.3.1β).

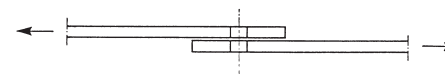
5.2 Αντοχή κοχλιώσεων σε θλίψη και εφελκυσμό

Αντοχή κοχλιών σε διάτμηση και/ή εφελκυσμό (EN 1993-1-8 Πίν. 3.4)

Μηχανισμός αστοχίας	Κοχλίες
Αντοχή σε διάτμηση ανά επίπεδο διάτμησης το οποίο διέρχεται από την πλήρη διατομή του κοχλία A	$F_{v,Rd} = \frac{a_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}}$ $a_v = 0,6$
Αντοχή σε διάτμηση ανά επίπεδο διάτμησης το οποίο διέρχεται από το σπείρωμα του κοχλία A_s	$F_{v,Rd} = \frac{a_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$ $a_v = 0,6 \text{ για κατηγορίες 4.6, 5.6 και 8.8}$ $a_v = 0,5 \text{ για κατηγορίες 4.8, 5.8, 6.8 και 10.9}$
Αντοχή σε σύνθλιψη άντυνας ^{1), 3)}	$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \quad a_b = \min \left\{ a_d ; \frac{f_{ub}}{f_u} ; 1,0 \right\}$ για τελευταία σειρά κοχλιών κατά τη διεύθυνση του φορτίου $a_d = \frac{e_1}{3 \cdot d_0}$ για εσωτερική σειρά κοχλιών κατά τη διεύθυνση του φορτίου $a_d = \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}$ για πλευρικά ακραίους κοχλίες κάθετα στη διεύθυνση του φορτίου $k_1 = \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 ; 2,5 \right\}$ για εσωτερικούς κοχλίες κάθετα στη διεύθυνση του φορτίου $k_1 = \min \left\{ 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7 ; 2,5 \right\}$
Αντοχή σε εφελκυσμό ²⁾	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \quad , k_2 = 0,9 \text{ γενικά}$
Αντοχή σε διάτρηση	$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot n \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$
Ταυτόχρονη διάτμηση και εφελκυσμός	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,0$
¹⁾ Η αντοχή σε σύνθλιψη άντυνας $F_{b,Rd}$ κοχλιών - σε υπερμεγέθεις οπές είναι το 80% της αντοχής σε σύνθλιψη άντυνας κοχλιών σε κανονικές οπές. - σε επιμήκειες οπές, όπου ο διαμήκης άξονας της οπής είναι κάθετος στη διεύθυνση μεταφοράς του φορτίου, είναι το 60% της αντοχής σε σύνθλιψη άντυνας κοχλιών σε κανονικές οπές. ³⁾ Όταν το φορτίο σε έναν κοχλία δεν είναι παράλληλο προς την ακμή του μέλους, η αντοχή σε σύνθλιψη άντυνας μπορεί να ελέγχεται χωριστά για τις συνιστώσες του φορτίου που είναι παράλληλες και κάθετες προς την ακμή.	

Σε κόμβους με απλή επικάλυψη, με μία μόνο σειρά κοχλιών, η αντοχή σχεδιασμού σε σύνθλιψη άντυνας πρέπει να περιορίζεται σε:

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \quad (\text{EN 1993-1-8 §3.6.1(10)})$$

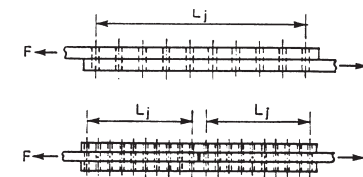


5.3 Συνδέσεις μεγάλου μήκους (EN 1993-1-8 §3.8)

Σε μια ομάδα κοχλιών με μήκος $L_j \geq 15 \cdot d$, η αντοχή σε διάτμηση $F_{v,Rd}$ όλων των κοχλιών πολλαπλασιάζεται με μειωτικό συντελεστή:

$$\beta_{Lf} = 1 - \frac{L_j - 15 \cdot d}{200 \cdot d}$$

αλλά $0,75 \leq \beta_{Lf} \leq 1,0$



5.4 Συνδέσεις ανθεκτικές σε ολίσθηση (EN 1993-1-8 §3.9)

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} \cdot F_{p,C}$$

k_s συντελεστής σχήματος οπής (βλ. Πίν. 3.6)

n επιφάνειες τριβής

μ συντελεστής ολίσθησης μ

γ_{M3} 1,25 για συνδέσεις υβριδικές ή καταπονούμενες σε κόπωση, 1,10 γενικά

$F_{p,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$ δύναμη προέντασης

Τιμές του συντελεστή σχήματος οπής k_s (EN 1993-1-8 Πίν. 3.6):

Κοχλίες σε κανονικές οπές	1,00
Κοχλίες σε υπερμεγέθεις οπές ή σε βραχείες επιμήκειες οπές με το διαμήκη άξονα κάθετο στη διεύθυνση μεταφοράς του φορτίου	0,85
Κοχλίες σε μακρές επιμήκειες οπές με το διαμήκη άξονα κάθετο στη διεύθυνση μεταφοράς του φορτίου	0,70
Κοχλίες σε βραχείες επιμήκειες οπές με το διαμήκη άξονα παράλληλο στη διεύθυνση μεταφοράς του φορτίου	0,76
Κοχλίες σε μακρές επιμήκειες οπές με το διαμήκη άξονα παράλληλο στη διεύθυνση μεταφοράς του φορτίου	0,63

Τιμές του συντελεστή ολίσθησης μ για προεντεταμένους κοχλίες (EN 1993-1-8 Πίν. 3.7):

Κατηγορία επιφάνειας τριβής	μ
A : αμμοβολισμένες μεταλλικές επιφάνειες	0,50
B : γαλβανισμένες επιφάνειες σε πάχος 50-80 mm	0,40
C : επιφάνειες καθαρισμένες με σφραγιστικό ή φλογόβολη	0,30
D : μη επεξεργασμένες επιφάνειες	0,20

Αν μία σύνδεση ανθεκτική σε ολίσθηση υπόκειται σε εφελκυστική δρώσα δύναμη $F_{t,Ed}$ ή $F_{t,Ed,ser}$, ταυτόχρονα με τη διατμητική δύναμη, $F_{v,Ed}$ ή $F_{v,Ed,ser}$, η οποία τείνει να προκαλέσει ολίσθηση, η αντοχή σχεδιασμού του κάθε κοχλία πρέπει να υπολογίζεται ως εξής:

Για συνδέσεις κατηγορίας B:
$$F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} \cdot (F_{p,C} - 0,8 \cdot F_{t,Ed,ser})$$

Για συνδέσεις κατηγορίας C:
$$F_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} \cdot (F_{p,C} - 0,8 \cdot F_{t,Ed})$$

5.5 Σχεδιασμός ελάσματος έναντι απόσχισης λόγω ύπαρξης οπών (EN 1993-1-8 §3.10.2)

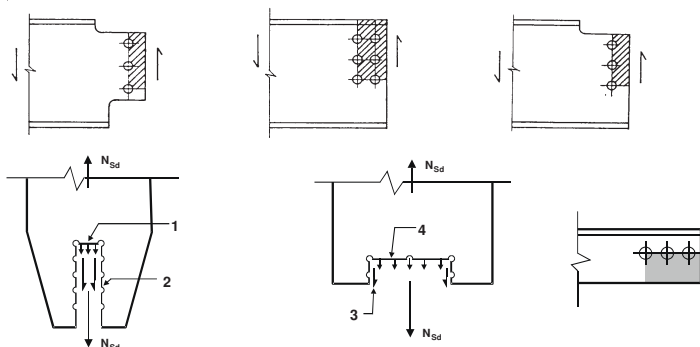
Αντοχή έναντι απόσχισης τεμαχίου:

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$
 για συμμετρική ομάδα κοχλίων υπό κεντρική φόρτιση

$$V_{eff,2,Rd} = 0,5 \cdot \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$
 για ομάδα κοχλίων υπό έκκεντρη φόρτιση

όπου A_{nt} η καθαρή επιφάνεια που υπόκειται σε εφελκυσμό

A_{nv} η καθαρή επιφάνεια που υπόκειται σε διάτμηση.



5.6 Συνδέσεις με πείρους (EN 1993-1-8 §3.13)

Έλεγχοι αντοχής ΟΚΑ πείρου και ελασμάτων (EN 1993-1-8 Πίν. 3.10)

Μηχανισμός αστοχίας	Απαιτήσεις σχεδιασμού
Αντοχή σε διάτμηση του πείρου	$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot A \cdot f_{up} / \gamma_{M2} \geq F_{v,Ed}$
Αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας του ελάσματος και του πείρου	$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y / \gamma_{M0} \geq F_{b,Ed}$
Αντοχή σε κάμψη του πείρου	$M_{Rd} = 1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0} \geq M_{Ed}$
Αντοχή σε αλληλεπίδραση διάτμησης και ροπής του πείρου	$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1,0$
d η διάμετρος του πείρου d₀ η διάμετρος της οπής f_y η μικρότερη από τις αντοχές σχεδιασμού του πείρου και του ελάσματος f_{up} η εφελκυστική αντοχή του πείρου f_{yp} το όριο διαρροής του πείρου t το πάχος του ελάσματος A το εμβαδόν του πείρου W_{el} = π · d³ / 32 η ροπή αντίστασης του πείρου M_{Ed} = $\frac{F_{Ed}}{8} \cdot (b + 4 \cdot c + 2 \cdot a)$ η δρώσα καμπτική ροπή του πείρου	

Αν ο πείρος σχεδιάζεται ώστε να είναι αντικαταστάσιμος, πρέπει να ικανοποιούνται οι ακόλουθες απαιτήσεις για την ΟΚΛ ($\gamma_{M6,ser} = 1,0$):

Αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας: $F_{b,Rd,ser} = 0,6 \cdot t \cdot d \cdot f_y / \gamma_{M6,ser} \geq F_{b,Ed,ser}$

Αντοχή σε κάμψη: $M_{Rd,ser} = 0,8 \cdot W_{el} \cdot f_{yp} / \gamma_{M6,ser} \geq M_{Ed,ser}$

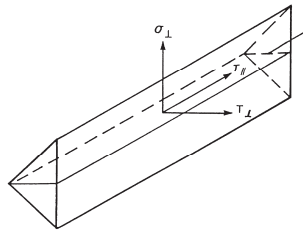
Τάση επαφής άντυγας:
$$\sigma_{h,Ed} \leq f_{h,Ed} \Leftrightarrow 0,591 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot F_{Ed,ser} \cdot (d_0 - d)}{d^2 \cdot t}} \leq 2,5 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M6,ser}}$$

Γεωμετρικές απαιτήσεις (EN 1993-1-8 Πίν. 3.9)

Τύπος Α: Δεδομένο πάχος t	Τύπος Β: Δεδομένη γεωμετρία
$a \geq \frac{F_{Sd} \cdot \gamma_{M0}}{2t f_y} + \frac{2d_0}{3} \quad ; \quad c \geq \frac{F_{Sd} \cdot \gamma_{M0}}{2t f_y} + \frac{d_0}{3}$	$t \geq 0,7 \left[\frac{F_{Sd} \cdot \gamma_{M0}}{f_y} \right]^{1/2} \quad ; \quad d_0 \leq 2,5t$

6. Αντοχή εξωραφών (EN 1993-1-8 §4.5)

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \text{και} \quad \sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$



- $\sigma_{\perp}$ είναι η ορθή τάση κάθετα στη ραφή
- $\tau_{\perp}$ είναι η διατμητική τάση (στο επίπεδο του λαιμού) κάθετα στον άξονα της συγκόλλησης
- $\tau_{\parallel}$ είναι η διατμητική τάση (στο επίπεδο του λαιμού) παράλληλα στον άξονα της συγκόλλησης
- f_u η εφελκυστική αντοχή του ασθενέστερου ελάσματος
- β_w συντελεστής συσχέτισης

Ποιότητα	S235	S275	S355	S420	S460
β_w	0,80	0,85	0,90	1,00	1,00

Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιείται η απλοποιημένη μέθοδος, όπου η συνισταμένη όλων των δυνάμεων ανά μονάδα μήκους είναι μικρότερη από την αντίστοιχη αντοχή της εξωραφής, θεωρώντας τις τάσεις ως διατμητικές:

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a$$

$$\text{όπου } f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \text{ η αντοχή σχεδιασμού σε διάτμηση της συγκόλλησης}$$

Ελάχιστο επιτρεπόμενο πάχος συγκόλλησης: 3 mm (EN 1993-1-8 §4.5.2.2)

Μέγιστο συνιστώμενο πάχος συγκόλλησης: $0,7 \cdot t_{\min}$

Ελάχιστο μήκος συγκόλλησης: $\min\{30 \text{ mm} ; 6 \cdot a\}$ (EN 1993-1-8 §4.5.1.2)

7. Κόμβοι σύνδεσης διατομών H ή I (EN 1993-1-8 §6)

7.1 Ισοδύναμο βραχύ του σε εφελκυσμό (EN1993-1-8 §6.2.4)

	Μπορεί να εμφανιστούν δυνάμεις επαφής, δηλ. $L_b \leq L_b^*$		Χωρίς δυνάμεις επαφής
Μηχανισμός 1	Μέθοδος 1	Μέθοδος 2 (εναλλακτική μέθοδος)	$F_{T,1-2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{p/1,Rd}}{m}$
χωρίς ενισχυτικά ελάσματα	$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{p/1,Rd}}{m}$	$F_{T,1,Rd} = \frac{(8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{p/1,Rd}}{2 \cdot m \cdot n - e_w \cdot (m + n)}$	
με ενισχυτικά ελάσματα	$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{p/1,Rd} + 2 \cdot M_{bp,Rd}}{m}$	$F_{T,1,Rd} = \frac{(8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{p/1,Rd} + 4 \cdot n \cdot M_{bp,Rd}}{2 \cdot m \cdot n - e_w \cdot (m + n)}$	
Μηχανισμός 2	$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{p/2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$		
Μηχανισμός 3	$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd}$		

Μηχανισμός 1: Πλήρης διαρροή του πέλματος

Μηχανισμός 2: Αστοχία κοχλία με διαρροή του πέλματος

Μηχανισμός 3: Αστοχία κοχλία

L_b είναι - το παραμορφώσιμο μήκος του κοχλία, το οποίο λαμβάνεται ίσο με το μήκος συγκράτησης (συνολικό πάχος πέλματος και δακτυλίων) συν το μισό του αθροίσματος του πάχους της κεφαλής κοχλία και του πάχους περικοχλίου ή

- το παραμορφώσιμο μήκος του αγκυρίου, το οποίο λαμβάνεται ίσο με το άθροισμα 8 φορές της ονομαστικής διαμέτρου του αγκυρίου, της τσιμεντοκονίας, του πάχους της πλάκας, του πάχους του δακτυλίου και του μισού πάχους του περικοχλίου

$$L_b^* = \frac{8,8 \cdot m^3 \cdot A_s}{\Sigma \ell_{eff,1} \cdot t_f^3}$$

$F_{T,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε εφελκυσμό του πέλματος του βραχέος του

Q είναι η δύναμη επαφής

$$M_{p/1,Rd} = 0,25 \cdot \Sigma \ell_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}$$

$$M_{p/2,Rd} = 0,25 \cdot \Sigma \ell_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}$$

$$M_{bp,Rd} = 0,25 \cdot \Sigma \ell_{eff,1} \cdot t_{bp}^2 \cdot f_{y,bp} / \gamma_{M0}$$

$$n = e_{\min} \text{ αλλά } n \leq 1,25 \cdot m$$

$F_{t,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε εφελκυσμό του κοχλία

$\Sigma F_{t,Rd}$ είναι η συνολική τιμή του $F_{t,Rd}$ για όλους τους κοχλίες στο βραχύ του

$\Sigma \ell_{eff,1}$ είναι η τιμή του $\Sigma \ell_{eff}$ για το μηχανισμό 1

$\Sigma \ell_{eff,2}$ είναι η τιμή του $\Sigma \ell_{eff}$ για το μηχανισμό 2

$e_{\min}$, m και t_f είναι αυτά που φαίνονται στα ακόλουθα σχήματα

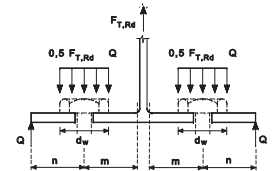
$f_{y,bp}$ είναι το όριο διαρροής των ενισχυτικών ελασμάτων

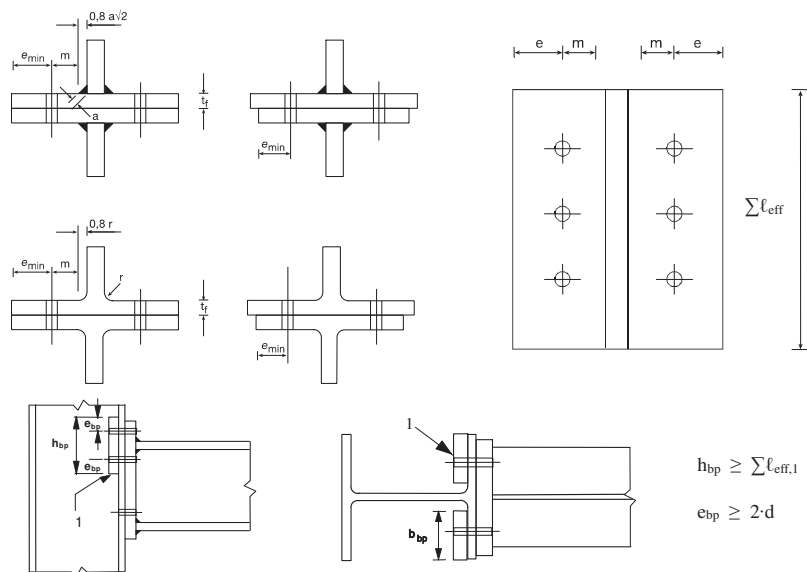
t_{bp} είναι το πάχος των ενισχυτικών ελασμάτων

$$e_w = d_w / 4$$

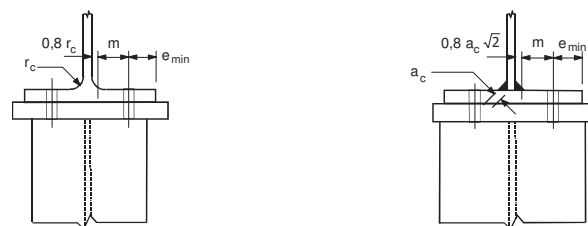
d_w είναι η διάμετρος του δακτυλίου ή η απόσταση μεταξύ αντιδιαμετρικών σημείων της κεφαλής του κοχλία ή του περικοχλίου, ανάλογα με την περίπτωση.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1: Σε κοχλιωτούς κόμβους δοκού υποστυλώματος ή σε κόμβους αποκατάστασης συνέχειας δοκού μπορεί να θεωρηθεί ότι θα εμφανιστούν δυνάμεις επαφής.





α) Συγκολλητή μετωπική πλάκα στενότερη από το πέλμα του υποστυλώματος.



β) Συγκολλητή μετωπική πλάκα πλατύτερη από το πέλμα του υποστυλώματος.

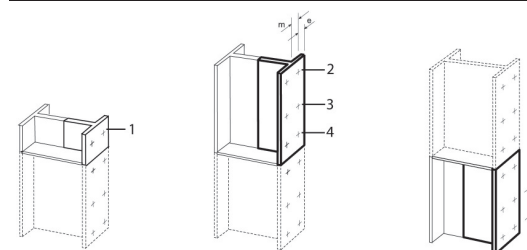
7.2 Αντοχή σχεδιασμού βασικών συστατικών μερών (EN1993-1-8 §6.2.6)

Ενεργά μήκη μη ενισχυμένου πέλματος υποστυλώματος (EN 1993-1-8 Πίν. 6.4)

Θέση σειράς κοχλιών	Σειρά κοχλιών θεωρούμενη ως μεμονωμένη		Σειρά κοχλιών θεωρούμενη ως μέλος ομάδας σειρών κοχλιών	
	Κυκλικές μορφές $l_{eff,cp}$	Μη κυκλικές μορφές $l_{eff,nc}$	Κυκλικές μορφές $l_{eff,cp}$	Μη κυκλικές μορφές $l_{eff,nc}$
Εσωτερική σειρά κοχλιών	$2nm$	$4m + 1,25e$	$2p$	p
Ακραία σειρά κοχλιών	Το μικρότερο από: $2nm$ $nm + 2e_1$	Το μικρότερο από: $4m + 1,25e$ $2m + 0,625e + e_1$	Το μικρότερο από: $nm + p$ $2e_1 + p$	Το μικρότερο από: $2m + 0,625e + 0,5p$ $e_1 + 0,5p$
Μηχανισμός 1:	$l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ αλλά $l_{eff,1} \leq l_{eff,cp}$		$\Sigma l_{eff,1} = \Sigma l_{eff,nc}$ αλλά $\Sigma l_{eff,1} \leq \Sigma l_{eff,cp}$	
Μηχανισμός 2:	$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$		$\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc}$	

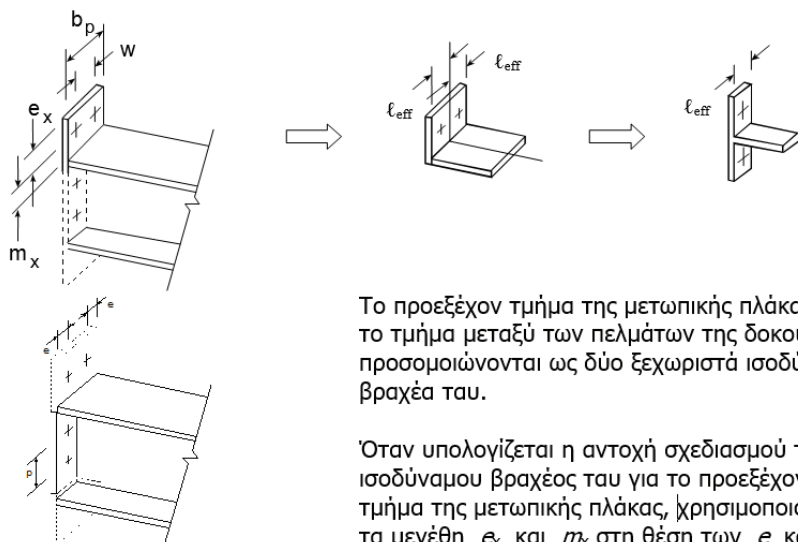
Ενεργά μήκη ενισχυμένου πέλματος υποστυλώματος (EN 1993-1-8 Πίν. 6.5)

Θέση σειράς κοχλιών	Σειρά κοχλιών θεωρούμενη ως μεμονωμένη		Σειρά κοχλιών θεωρούμενη ως μέλος ομάδας σειρών κοχλιών	
	Κυκλικές μορφές $l_{eff,cp}$	Μη κυκλικές μορφές $l_{eff,nc}$	Κυκλικές μορφές $l_{eff,cp}$	Μη κυκλικές μορφές $l_{eff,nc}$
Σειρά κοχλιών πλησίον νεύρωσης	2nm	am	nm + p	0,5p + am – (2m + 0,625e)
Άλλη εσωτερική σειρά κοχλιών	2nm	4m + 1,25e	2p	p
Άλλη ακραία σειρά κοχλιών	Το μικρότερο από: 2nm nm + 2e ₁	Το μικρότερο από: 4m + 1,25e 2m + 0,625e + e ₁	Το μικρότερο από: nm + p 2e ₁ + p	Το μικρότερο από: 2m + 0,625e + 0,5p e ₁ + 0,5p
Ακραία σειρά κοχλιών πλησίον νεύρωσης	Το μικρότερο από: 2nm nm + 2e ₁	e ₁ + am – (2m + 0,625e)	—	—
Μηχανισμός 1:	$l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ αλλά $l_{eff,1} \leq l_{eff,cp}$		$\Sigma l_{eff,1} = \Sigma l_{eff,nc}$ αλλά $\Sigma l_{eff,1} \leq \Sigma l_{eff,cp}$	
Μηχανισμός 2:	$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$		$\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc}$	
Το α λαμβάνεται από το Σχήμα 6.11				



Ενεργά μήκη μετωπικής πλάκας (EN 1993-1-8 Πίν. 6.6)

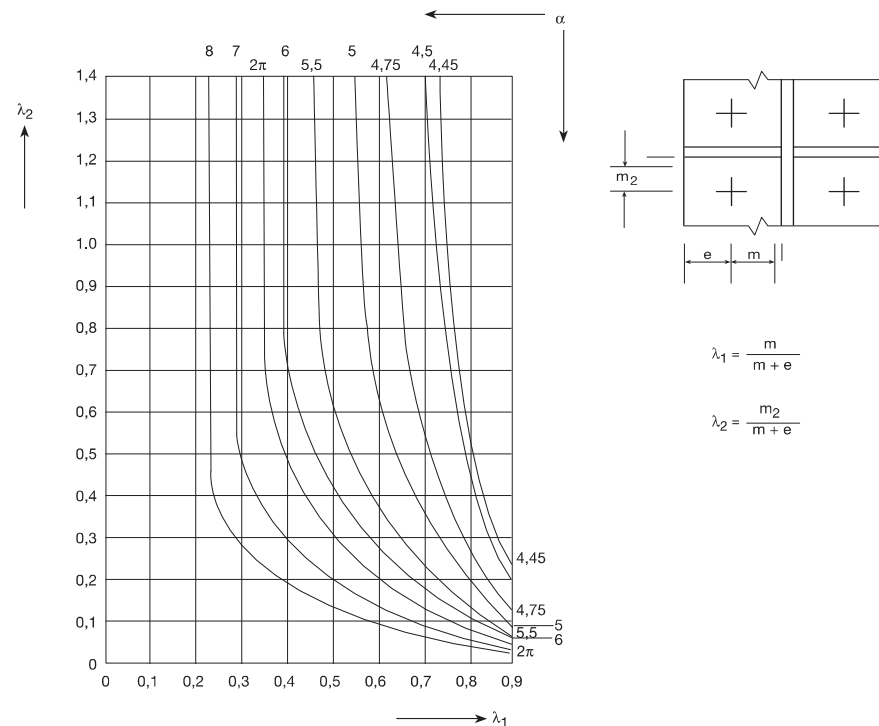
Θέση σειράς κοχλιών	Σειρά κοχλιών θεωρούμενη ως μεμονωμένη		Σειρά κοχλιών θεωρούμενη ως μέλος ομάδας σειρών κοχλιών	
	Κυκλικές μορφές $\ell_{eff,cp}$	Μη κυκλικές μορφές $\ell_{eff,nc}$	Κυκλικές μορφές $\ell_{eff,cp}$	Μη κυκλικές μορφές $\ell_{eff,nc}$
Σειρά κοχλιών εκτός εφελκυσμένου πέλματος δοκού	Το μικρότερο από: $2\pi m_x$ $\pi m_x + w$ $\pi m_x + 2e$	Το μικρότερο από: $4m_x + 1,25e_x$ $e+2m_x+0,625e_x$ $0,5b_p$ $0,5w+2m_x+0,625e_x$	—	—
Πρώτη σειρά κοχλιών κάτω από το εφελκυσμένο πέλμα της δοκού	$2\pi m$	am	$\pi m + p$	$0,5p + am - (2m + 0,625e)$
Άλλη εσωτερική σειρά κοχλιών	$2\pi m$	$4m + 1,25 e$	$2p$	p
Άλλη ακραία σειρά κοχλιών	$2\pi m$	$4m + 1,25 e$	$\pi m + p$	$2m+0,625e+0,5p$
Μηχανισμός 1:	$\ell_{eff,1} = \ell_{eff,nc}$ αλλά $\ell_{eff,1} \leq \ell_{eff,cp}$		$\Sigma \ell_{eff,1} = \Sigma \ell_{eff,nc}$ αλλά $\Sigma \ell_{eff,1} \leq \Sigma \ell_{eff,cp}$	
Μηχανισμός 2:	$\ell_{eff,2} = \ell_{eff,nc}$		$\Sigma \ell_{eff,2} = \Sigma \ell_{eff,nc}$	
Το α λαμβάνεται από το Σχήμα 6.11				



Το προεξέχον τμήμα της μετωπικής πλάκας και το τμήμα μεταξύ των πελμάτων της δοκού προσομοιώνονται ως δύο ξεχωριστά ισοδύναμα βραχέα ταυ.

Όταν υπολογίζεται η αντοχή σχεδιασμού του ισοδύναμου βραχέος ταυ για το προεξέχον τμήμα της μετωπικής πλάκας, χρησιμοποιούνται τα μεγέθη e_x και m_x στη θέση των e και m

Τιμές του συντελεστή α για ενισχυμένα πέλματα υποστυλώματος και μετωπικές πλάκες (EN 1993-1-8 Σχ. 6.11)



8. Αντισεισμικός σχεδιασμός (ΕΑΚ 2000/2003)

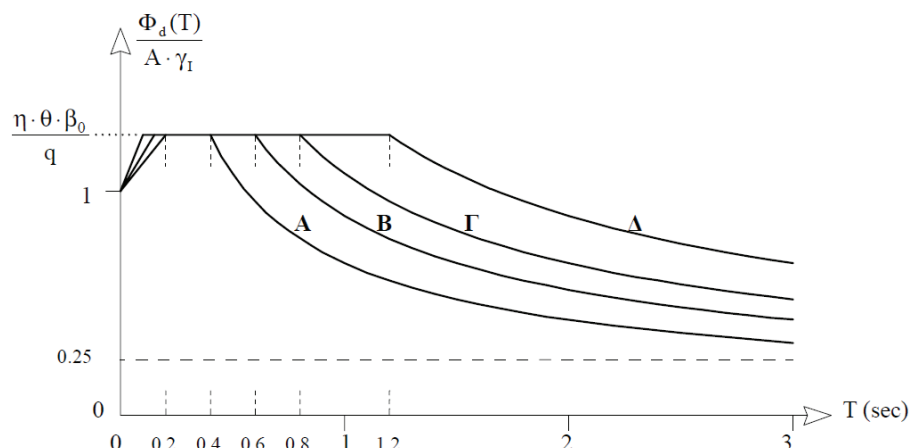
8.1 Φάσματα σχεδιασμού

Τα φάσματα σχεδιασμού των οριζόντιων συνιστωσών του σεισμού καθορίζονται από τις παρακάτω εξισώσεις, με βάση τις οποίες προκύπτει το ακόλουθο σχήμα (ΕΑΚ 2000 Σχ. 2.1):

$$0 \leq T < T_1 : \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \left[1 + \frac{T}{T_1} \cdot \left(\frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} - 1 \right) \right]$$

$$T_1 \leq T \leq T_2 : \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q}$$

$$T > T_2 : \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \cdot \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} \quad \text{με } \Phi_d(T) \geq 0,25 \cdot \gamma_I \cdot A$$



Συντελεστής φασματικής ενίσχυσης $\beta_0 = 2,5$

Μέγιστη οριζόντια σεισμική επιτάχυνση του εδάφους: $A = a \cdot g$ (ΕΑΚ 2000 Πίν. 2.2)

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας	I	II	III
Συντελεστής επιτάχυνσης α	0,16	0,24	0,36

Τιμές των χαρακτηριστικών περιόδων: T_1, T_2 (ΕΑΚ 2000 Πίν. 2.4)

Κατηγορία εδάφους	A	B	Γ	Δ
T_1 [sec]	0,10	0,15	0,20	0,20
T_2 [sec]	0,40	0,60	0,80	1,20

Μέγιστες τιμές συντελεστή συμπεριφοράς: q (ΕΑΚ 2000 Πίν. 2.6)

Υλικό	Δομικό σύστημα	q
2. Χάλυβας	α. Πλαίσια	4,00
	β. Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα	4,00
	γ. Διαγώνιοι δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα	3,00

Συντελεστής σπουδαιότητας: γ_I (ΕΑΚ 2000 Πίν. 2.3)

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας		γ_I
Σ1	Κτίρια μικρής σπουδαιότητας ως προς την ασφάλεια του κοινού, π.χ. αγροτικά οικήματα, υπόστεγα, στάβλοι κλπ.	0,85
Σ2	Συνήθη κτίρια κατοικιών και γραφείων, βιομηχανικά κτίρια, ξενοδοχεία κλπ.	1,00
Σ3	Εκπαιδευτικά κτίρια, κτίρια δημόσιων συναθροίσεων, αίθουσες αεροδρομίων και γενικώς κτίρια στα οποία ευρίσκονται πολλοί άνθρωποι κατά μεγάλο μέρος του 24ώρου. Κτίρια τα οποία στεγάζουν εγκαταστάσεις πολύ μεγάλης οικονομικής σημασίας (π.χ. κτίρια που στεγάζουν υπολογιστικά κέντρα, ειδικές βιομηχανίες) κλπ.	1,15
Σ4	Κτίρια των οποίων η λειτουργία, τόσο κατά την διάρκεια του σεισμού, όσο και μετά τους σεισμούς, είναι ζωτικής σημασίας, όπως κτίρια τηλεπικοινωνίας, παραγωγής ενέργειας, νοσοκομεία, πυροσβεστικοί σταθμοί, κτίρια δημόσιων επιτελικών υπηρεσιών. Κτίρια που στεγάζουν έργα μοναδικής καλλιτεχνικής αξίας (π.χ. μουσεία κλπ.).	1,30

Ο συντελεστής θεμελίωσης θ λαμβάνεται ίσος με 1,0 για εδάφη κατηγορίας Α και Β. Για εδάφη κατηγορίας Γ και Δ μπορεί να ληφθεί μειωμένος σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (ΕΑΚ 2000 Πίν. 2.7).

Προϋποθέσεις		θ
1α.	Το κτίριο διαθέτει ένα υπόγειο	0,90
1β.	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι γενική κοιτόστρωση	
1γ.	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι με πασσάλους που φέρουν δοκούς σύνδεσης στην κεφαλή	
2α.	Το κτίριο διαθέτει δύο τουλάχιστον υπόγεια	0,80
2β.	Το κτίριο διαθέτει ένα τουλάχιστον υπόγειο και η θεμελίωση είναι γενική κοιτόστρωση	
2γ.	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι με πασσάλους που συνδέονται με ενιαίο κεφαλόδεσμο (όχι αναγκαστικά ενιαίου πάχους)	
Παρατήρηση: Υπόγειος θεωρείται ένας όροφος όταν έχει περιμετρικά τοιχώματα έτσι, ώστε οι συνδεόμενες πλάκες να είναι πρακτικά αμετάθετες.		

Τιμές ποσοστού απόσβεσης ζ (ΕΑΚ 2000 Πίν. 2.8) και διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης η

Είδος κατασκευής		ζ [%]	η
Μεταλλική:	με συγκολλήσεις	2	$\sqrt{\frac{7}{2 + \zeta}} \geq 0,7$
	με κοχλιώσεις	4	

Το φάσμα της κατακόρυφης συνιστώσας λαμβάνεται σύμφωνα με τις παραπάνω εξισώσεις και τις ακόλουθες τροποποιήσεις:

$$A_v = 0,70 \cdot A \quad \gamma_v = \max\{0,50 \cdot q ; 1,0\} \quad \theta_v = 1,0$$

Για ελαστικό σχεδιασμό, οι εξισώσεις του φάσματος τροποποιούνται θέτοντας $q = \theta = 1,0$ και αγνοώντας τον εκθέτη $2/3$ στο τρίτο σκέλος του φάσματος.

8.2 Ειδικοί κανόνες εφαρμογής για φέροντα στοιχεία από χάλυβα (ΕΑΚ 2000 Παρ. Γ)

8.2.1 Μεμονωμένα στοιχεία και συνδέσεις

Σε περιοχές πλαστικών αρθρώσεων, και ανάλογα με τον συντελεστή συμπεριφοράς q που έχει επιλεγεί, περιορίζεται ο λόγος πλάτους προς πάχος (b/t) των ελασμάτων, προς αποφυγή τοπικού λυγισμού.

Διατομή	Κατανομή Τάσεων (θλίψη θετική)	Κατηγορία Διατομής		
		A	B	Γ
Ορθογ. κοίλη διατομή 	Θλίψη 	$q \geq 4$ 33·ε	$4 \geq q \geq 2$ 38·ε	$q < 2$ 42·ε
Σωληνωτή διατομή 	Θλίψη Κάμψη Θλίψη + Κάμψη	50·ε ²	70·ε ²	90·ε ²
Κορμοί διατομών I, κορμοί & πέλματα συγκολλητών διατομών 	Πλαστική κατανομή Ελαστική κατανομή 	66·ε	78·ε	90·ε
	Θλίψη 	33·ε	39·ε	41·ε
	Συνδ. κάμψης και θλίψης Πλαστική κατανομή Ελαστική κατανομή 	$\frac{33}{a} \cdot \varepsilon$	$\frac{39}{a} \cdot \varepsilon$	$\frac{41}{a} \cdot \varepsilon$
Προεξέχοντα πέλματα συγκολ. κιβωτ. διατομών ή πέλματα διατομών I 	Θλίψη 	9·ε	10·ε	12·ε
	Συνδ. κάμψης και θλίψης 	$\frac{9}{a} \cdot \varepsilon$	$\frac{10}{a} \cdot \varepsilon$	$\frac{12}{a} \cdot \varepsilon$
	Συνδ. κάμψης και θλίψης 	$\frac{9}{a \cdot \sqrt{a}} \cdot \varepsilon$	$\frac{10}{a \cdot \sqrt{a}} \cdot \varepsilon$	$\frac{12}{a \cdot \sqrt{a}} \cdot \varepsilon$
Πέλματα διατομών I 	Θλίψη 	20·ε	22·ε	26·ε

Ο συντελεστής a είναι ο λόγος του θλιβόμενου τμήματος (+) ενός ελάσματος προς το συνολικό μήκος του και λαμβάνει τιμές $\leq 1,0$. Ο συντελεστής ε ισούται με $\sqrt{235/f_y}$.

Σε εφελκούμενα στοιχεία πρέπει να ικανοποιείται:

$$A_{net} / A \geq 1,389 \cdot f_y / f_u \quad (\text{λαμβάνοντας } \gamma_{m0} = 1,0)$$

Συνδέσεις σε περιοχές πλαστικών αρθρώσεων οι οποίες υλοποιούνται με εξωραφές ή κοχλιώσεις θα πρέπει να εμφανίζουν επαρκή υπεραντοχή:

$$R_d \geq 1,20 \cdot R_{fy}$$

όπου R_d είναι η οριακή αντοχή της σύνδεσης, και R_{fy} η αντοχή διαρροής του πλαστικού μέλους.

Σε κοχλιωτές συνδέσεις καθοριστική πρέπει να είναι η αστοχία σε σύνθλιψη άντυγας των οπών και όχι η αστοχία σε διάτμηση των κοχλιών.

8.2.2 Πλαίσια

Για να εξασφαλιστεί η ελάχιστη απαιτούμενη αντοχή και επαρκής πλαστιμότητα στροφής στις θέσεις πλαστικών αρθρώσεων των δοκών, πρέπει να ικανοποιούνται οι ακόλουθες συνθήκες:

$$M_s / M_{pd} \leq 1,00 \quad N_s / N_{pd} \leq 0,15 \quad (V_o + V_M) / V_{pd} \leq 0,50$$

όπου: M_s είναι η μέγιστη ροπή που προκύπτει από τους σεισμικούς συνδυασμούς,
 N_s είναι η αντίστοιχη αξονική δύναμη,
 N_{pd}, M_{pd}, V_{pd} είναι οι οριακές υπολογιστικές αντοχές αξονικής, ροπής και τέμνουσας της διατομής στη θέση πλαστικής άρθρωσης,
 V_o είναι η τέμνουσα της δοκού θεωρούμενης ως αμφιερείστου στη θέση πλαστικής άρθρωσης,
 $V_M = (M_{RA} + M_{RB}) / \ell$ η τέμνουσα που αντιστοιχεί στην οριακή καμπτική αντοχή των άκρων της δοκού υπολογιζόμενη με την ανώτερη τιμή της τάσης διαρροής και
 ℓ είναι το άνοιγμα της δοκού.

Οι συνδέσεις των δοκών στα υποστυλώματα πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της §8.2.1 με θεώρηση της οριακής αντοχής σε κάμψη M_{pd} της διατομής πλαστικής άρθρωσης και τέμνουσα δύναμη ίση με $V_o + V_M$.

Η δυσμενέστερη τέμνουσα του υποστυλώματος από τους σεισμικούς συνδυασμούς πρέπει να ικανοποιεί την συνθήκη:

$$V / V_{pd} \leq 0,50$$

Σε κόμβο σύνδεσης δοκού με υποστυλωμα, η τέμνουσα δύναμη φατνώματος κορμού το οποίο περιβάλλεται και στις 4 πλευρές από πέλματα των συνδεομένων στοιχείων ή από επεκτάσεις τους, αρκεί να ικανοποιεί την συνθήκη:

$$V / V_{pd} \leq 1,00$$

8.2.3 Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα

Επιπρόσθετα της §8.2.1, οι διαγωνίοι θα ικανοποιούν την συνθήκη: $N_s / N_{pd} \leq 1,00$

όπου: N_s είναι η μέγιστη εφελκυστική δύναμη που προκύπτει από τους σεισμικούς συνδυασμούς, και

N_{pd} είναι η υπολογιστική οριακή αντοχή σε εφελκυσμό.

Μέγιστη επιτρεπόμενη ανηγμένη λυγνρότητα διαγωνίων: $\bar{\lambda} = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr}} \leq 1,50$

όπου: A είναι το εμβαδόν της διατομής,

f_y είναι το όριο διαρροής και

$N_{cr} = \pi^2 \cdot E \cdot I / \ell^2$ είναι το ιδεατό κρίσιμο φορτίο Euler της διαγωνίου.

Τα υποστυλώματα και οι δοκοί κάθε ορόφου θα ελέγχονται σε λυγισμό υπό την επίδραση του σεισμικού συνδυασμού, αλλά με τα μεγέθη σεισμικής έντασης πολλαπλασιασμένα επί συντελεστή ικανοτικής μεγέθυνσης:

$$a_{cd} = (1,20 \cdot N_{pdi} - N_{vdi}) / N_{Edi} \leq q$$

όπου: N_{pdi} είναι η υπολογιστική αντοχή της εφελκυσμένης διαγωνίου του ορόφου,

N_{vdi} είναι η εφελκυστική δύναμη της ίδιας διαγωνίου υπό την επίδραση των μη σεισμικών δράσεων του σεισμικού συνδυασμού (κατά κανόνα $N_{vdi} = 0$) και

N_{Edi} είναι η εφελκυστική δύναμη της διαγωνίου μόνον υπό τη σεισμική δράση του σεισμικού συνδυασμού.

8.2.4 Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα

Γεωμετρικό μήκος δοκού σύζευξης: I_c

Χαρακτηριστικό μήκος δοκού σύζευξης: $I_0 = 2 \cdot M_{pc} / V_{pc}$

όπου M_{pc} και V_{pc} η αντοχή σε κάμψη και διάτμηση της διατομής της δοκού σύζευξης.

Όταν $I_c / I_0 \leq 0,80$ αναπτύσσεται κυρίως διατμητική διαρροή (διατμητική πλαστική άρθρωση).

Όταν $I_c / I_0 \geq 1,30$ η διαρροή είναι κυρίως καμπτική (ζεύγος καμπτικών πλαστικών αρθρώσεων).

Οι διατομές των δοκών σύζευξης πρέπει να είναι κατηγορίας A.

Ελάχιστο πάχος αμφίπλευρων νευρώσεων στα άκρα των δοκών σύζευξης: $\min\{0,75 \cdot t_w ; 10 \text{ mm}\}$

Για $I_c / I_0 \leq 1,40$ απαιτείται διάταξη και ενδιάμεσων νευρώσεων με μέγιστη μεταξύ τους απόσταση:

$$56 \cdot t_w - d / 5 \quad \text{για } I_c / I_0 \geq 1,15$$

$$38 \cdot t_w - d / 5 \quad \text{για } I_c / I_0 \leq 0,80$$

(γραμμική παρεμβολή για ενδιάμεσες τιμές)

Αντοχές δοκών σύζευξης: $N_{pc} = 2 \cdot b_f \cdot t_f \cdot f_y + h_w \cdot t_w \cdot f_y$

$$M_{pc} = b_f \cdot t_f \cdot (h_w + t_f) \cdot f_y + 0,25 \cdot t_w \cdot h_w^2 \cdot f_y$$

$$V_{pc} = h_w \cdot t_w \cdot f_y / \sqrt{3}$$

όπου: b_f και t_f είναι, αντίστοιχα, το πλάτος και το πάχος των πελμάτων,

h_w και t_w είναι, αντίστοιχα, το ύψος και το πάχος των κορμών και

f_y είναι το όριο διαρροής

Δοκοί σύζευξης με μηχανισμό καμπτικών πλαστικών αρθρώσεων, διαστασιολογούνται όπως οι δοκοί των πλαισίων.

Δοκοί σύζευξης με μηχανισμό διατμητικών πλαστικών αρθρώσεων, πρέπει να ικανοποιούν τις ακόλουθες συνθήκες:

$$N_{sc} / N_{pc} \leq 0,10$$

$$M_{sc} / M_{pc} \leq 0,70$$

$$V_{sc} / V_{pc} \leq 1,00$$

όπου: N_{sc}, M_{pc}, V_{sc} είναι η αξονική, η ροπή και η τέμνουσα όπως προκύπτουν από τους σεισμικούς συνδυασμούς για $\max V_{sc}$.

Τα υποστυλώματα και οι διαγωνίοι θα ελέγχονται σε κάμψη και λυγισμό προσαυξάνοντας τις δράσεις με ικανοτικό συντελεστή:

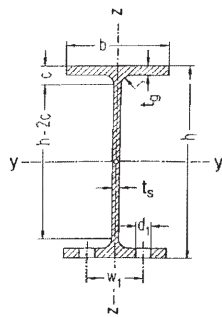
$$a_{cd} = 1,20 \cdot \min\{V_{pdi} / V_{sdi}, M_{pdi} / M_{sdi}\}$$

όπου: V_{sdi}, M_{sdi} είναι, αντίστοιχα, η τέμνουσα και η ροπή από το σεισμικό συνδυασμό στην πλαστική άρθρωση (δοκό σύζευξης) του ίδιου ορόφου και

V_{pdi}, M_{pdi} είναι οι αντίστοιχες οριακές αντοχές της διατομής της δοκού σύζευξης.

8.2.5 Διαφράγματα και οριζόντιοι δικτυωτοί σύνδεσμοι

Τα διαφράγματα ή οι οριζόντιοι δικτυωτοί σύνδεσμοι πρέπει να εξασφαλίζουν την μεταφορά των σεισμικών δυνάμεων στους κατακόρυφους φορείς με επαρκή υπεραντοχή. Η απαίτηση αυτή ικανοποιείται αν τα μέλη των οριζοντίων συνδέσμων ελεγχθούν με τις δράσεις που προκύπτουν από τους σεισμικούς συνδυασμούς πολλαπλασιασμένες επί συντελεστή μεγέθυνσης $\alpha = 1,50$.



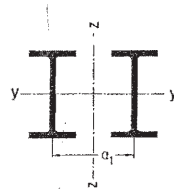
Mittelbreite I-Träger

I PE-Reihe I PEo- und I PEv-Reihen

Normallängen

bei Profilhöhen unter 300 mm
300 mm und mehr

8 bis 16 m
8 bis 18 m



Für a_1 ist aus korrosionsschutztechnischen Gründen DIN EN ISO 12944-3 (siehe Seite 56) zu beachten.

Frühere Bezeichnungen

Mantelfläche U siehe Seite 38

Kurz- zei- chen	Maße in mm für						A_{Steg} cm ²	A cm ²	G kg/m	Für die Biegeachsen						S_y cm	Flanschenlöcher*) nach DIN 997 Ausg. Okt. 1970	
	h	b	t_s	t_g	r	h-2c				y-y			z-z				d_1 mm	w ₁ mm
										I_y cm ⁴	W_y cm ³	i_y cm	I_z cm ⁴	W_z cm ³	i_z cm			
			s	t			F		J_x	W_x	i_x	J_y	W_y	i_y	S_x			
I PE	Mittelbreite I-Träger mit parallelen Flanschflächen, I PE-Reihe (warmgewalzt), nach DIN 1025 Teil 5, Ausgabe März 1994, und EURO-NORM 19-57 Grenzabmaße und Formtoleranzen nach DIN EN 10034, Ausgabe März 1994																	
80 100	80 100	46 55	3,8 4,1	5,2 5,7	5 7	59 74	2,84 3,87	7,64 10,3	6,00 8,10	80,1 171	20,0 34,2	3,24 4,07	8,49 15,9	3,69 5,79	1,05 1,24	6,9 8,6	6,4 8,4	26 30
120 140 160 180 200	120 140 160 180 200	64 73 82 91 100	4,4 4,7 5,0 5,3 5,6	6,3 6,9 7,4 8,0 8,5	7 9 9 10 12	93 112 127 146 159	5,00 6,26 7,63 9,12 10,7	13,2 16,4 20,1 23,9 28,5	10,4 12,9 15,8 18,8 22,4	318 541 869 1320 1940	20,0 33,0 53,0 73,0 94,0	3,24 4,90 6,58 8,42 10,26	8,49 15,9 27,7 44,9 68,3	3,69 5,79 8,65 12,3 16,7	1,05 1,24 1,45 1,65 1,84	6,9 8,6 10,5 12,3 14,0	6,4 8,4 10,3 13 15	26 30 36 40 44
220 240 270 300 330 360 400	220 240 270 300 330 360 400	110 120 135 150 160 170 180	5,9 6,2 6,6 7,1 7,5 8,0 8,6	9,2 9,8 10,2 10,7 11,5 12,7 13,5	12 15 15 15 18 18 21	177 190 219 248 271 298 331	12,4 14,3 17,1 20,5 23,9 27,7 33,2	33,4 39,1 45,9 53,8 62,6 72,7 84,5	26,2 30,7 36,1 42,2 49,1 57,1 66,3	2770 3690 5790 8360 11770 16270 23130	252 324 429 557 713 904 1160	9,11 9,97 11,2 12,5 13,7 15,0 16,5	105 147 222 302 388 504 632	37,3 47,3 62,2 80,5 98,5 123 146	2,48 2,69 3,02 3,35 3,55 3,79 3,95	19,4 21,2 23,9 26,6 29,3 31,9 35,4	17 17 21/17 23 25/23 25 28/25	60 68 72 80 86 90 96
450 500 550 600	450 500 550 600	190 200 210 220	9,4 10,2 11,1 12,0	14,6 16,0 17,2 19,0	21 21 24 24	378 426 467 514	98,8 116 134 156	77,6 90,7 106 122	33740 48200 67120 92080	1500 1930 2440 3070	18,5 20,4 22,3 24,3	1680 2140 2670 3390	176 214 254 308	4,12 4,31 4,45 4,66	40 43,9 48,2 52,4	128 110 120 120		
I PEo I PEv	Mittelbreite I-Träger, I PEo-Reihe und I PEv-Reihe (nicht genormt)																	
180 o 200 o	182 202	92 102	6,0 6,2	9,0 9,5	9 12	146 159	10,3 11,9	27,1 32,0	21,3 25,1	1510 2210	165 219	7,45 8,32	117 169	25,5 33,1	2,08 2,30	15,9 17,7	13 13	50 56
220 o 240 o	222 242	112 122	6,6 7,0	10,2 10,8	12 15	177 190	14,0 16,2	37,4 43,7	29,4 34,3	3130 4370	282 361	9,16 10,0	240 329	42,8 53,9	2,53 2,74	19,5 21,3	17 17	62 68
270 o 300 o	274 304	136 152	7,5 8,0	12,2 12,7	15 15	219 248	19,6 23,3	53,8 62,8	42,3 49,3	6950 9990	507 658	11,4 12,6	514 746	75,5 98,1	3,09 3,45	24,2 26,9	21/17 23	72 80
330 o 360 o 400 o 400 v	334 364 404 408	162 172 182 188	8,5 9,2 9,7 10,6	13,5 14,7 15,5 17,5	18 21 21 21	271 298 331 331	27,2 32,1 37,6 41,4	72,6 84,1 96,4 107	57,0 68,0 75,7 84,0	13910 19050 26750 30140	833 1050 1320 1480	13,8 15,1 16,7 16,8	960 1250 1560 1770	119 146 172 194	3,64 3,86 4,03 4,06	29,5 32,1 35,6 35,8	25/23 25 28/25 28/25	86 90 96 98
450 o 450 v 500 o 500 v	456 460 506 514	192 194 202 204	11,0 12,4 12,0 14,2	17,6 19,6 19,0 23,0	21 21 21 24	378 378 426 426	98,8 54,6 58,4 69,7	77,6 132 137 164	92,4 104 107 129	40920 46200 57780 70720	1790 2010 2280 2750	18,7 18,7 20,6 20,8	2090 2400 2620 3270	217 247 260 321	4,21 4,26 4,38 4,46	40 44,2 48,2 44,7	28 28 28 28	106 106 110 110
550 o 550 v 600 o 600 v	556 566 610 618	212 216 224 228	12,7 17,1 15,0 18,0	20,2 25,2 24,0 28,0	24 24 24 24	467 467 514 514	68,0 92,4 87,9 106	156 202 197 234	123 159 154 184	79160 102300 118300 141600	2850 3620 3880 4580	22,5 22,5 24,5 24,6	3220 4260 4520 5570	304 395 404 489	4,55 4,59 4,79 4,88	48,5 48,7 52,9 53,2	28 28 28 28	120 120 120 120

*) Bei mehreren Werten für d_1 siehe Seite 3.

**) Genormte Schrauben für HV-Verbindungen sind hier nicht anwendbar.

Plastische Schnittgrößen M_{pl} N_{pl} und V_{pl}

Zusätzliche Rechenwerte W_{pl} S_y I_T I_ω und $i_{z,g}$

Die **plastischen Schnittgrößen** M_{pl} N_{pl} und V_{pl} (nach der Plastizitätstheorie) werden für Baustähle S 235 (St 37) mit dem **charakteristischen Wert der Streckgrenze** $f_{y,k} = 240 \text{ N/mm}^2$, bzw. bei Materialdicken $t > 40 \text{ mm}$ mit $f_{y,k} = 215 \text{ N/mm}^2$, berechnet.

(Der **Teilsicherheitsbeiwert** $\gamma_M = 1,1$ wurde also **nicht berücksichtigt**.) Für **Baustähle S 355 (St 52)** und **Feinkornbaustähle StE 355** können die **1,5fachen Tabellenwerte** verwendet werden.

Für die Berechnung der plastischen Schnittgröße gilt bei doppelsymmetrischen I-Querschnitten gem. DIN 18800:

$$V_{pl,z} = A_{Steg} \cdot f_{y,k} / \sqrt{3} \text{ mit } A_{Steg} = (h - t_g) \cdot t_s$$

Für die plastischen Widerstandsmomente W_{pl} und die plastischen Schnittgrößen M_{pl} gilt: $M_{pl}/W_{pl} = f_{y,k}$.

Bei den Tabellenwerten für $W_{pl,y}$ der **U-Profile (U, UAP, UPE)** ist der **Steg nicht** durchplastiziert. Wenn $W_{pl,y} = 2 \cdot S_y$ verwendet wird, ist der **gesamte** Querschnitt durchplastiziert. Es treten dann jedoch Torsionsbeanspruchungen auf, deren Einfluß z. Zt. durch ein von der Studiengesellschaft für Stahlanwendung e. V. gefördertes Forschungsvorhaben geklärt wird.

Die Tabellenwerte beruhen zum Teil auf Angaben der Professoren Kindmann (Ruhr-Universität Bochum) und Rubin (T. U. Wien).

Die angegebenen Werte für γ_M (siehe Seiten 4 und 5) sowie die zusätzlichen **Rechenwerte** I_T und $C = I_\omega$ sind jeweils die der entsprechenden Normen; genauere, nach der Finite-Elemente-Methode (**FEM**) berechnete Werte hierfür enthält der Beitrag „Tafeln der Torsionskenngrößen von Walzprofilen unter Verwendung von FE-Diskretisierungen“ von W. Wagner, R. Sauer und F. Gruttmann in: Der Stahlbau (68), 1999, Heft 2, Seite 102–111.

Plastische Schnittgrößen – Zusätzliche Rechenwerte										
	$M_{pl,y}$ kNm	N_{pl} kN	$V_{pl,z}$ kN	$W_{pl,y}$ cm ³	$W_{pl,z}$ cm ³	S_y cm ³	I_T cm ⁴	I_ω cm ⁶	$i_{z,g}$ cm	
I PE	Mittelbreite I-Träger I PE									I PE
80	5,57	183	39,4	23,2	5,82	11,6	0,70	118	1,18	80
100	9,46	248	53,6	39,4	9,15	19,7	1,21	351	1,40	100
120	14,6	317	69,3	60,7	13,6	30,4	1,74	890	1,63	120
140	21,2	394	86,7	88,3	19,2	44,2	2,45	1980	1,87	140
160	29,7	482	106	124	26,1	61,9	3,62	3960	2,08	160
180	39,9	575	126	166	34,6	82,2	4,80	7430	2,32	180
200	53,0	684	149	221	44,6	110	7,02	12990	2,52	200
220	68,5	801	172	285	58,1	143	9,10	22670	2,79	220
240	88,0	939	198	367	73,9	183	12,9	37390	3,03	240
270	116	1103	238	484	96,9	242	16,0	70580	3,41	270
300	151	1291	285	628	125	314	20,2	125900	3,79	300
330	193	1503	331	804	154	402	28,3	199100	4,02	330
360	245	1746	385	1019	191	510	37,5	313600	4,25	360
400	314	2027	461	1307	229	654	51,4	490000	4,49	400
450	408	2372	567	1702	276	851	67,1	791000	4,72	450
500	527	2773	684	2194	336	1097	89,7	1249000	4,96	500
550	669	3226	819	2787	400	1393	124	1884000	5,15	550
600	843	3744	966	3512	486	1756	166	2846000	5,41	600
I PEo I PEv	Mittelbreite I-Träger I PEo und I PEv									I PEo I PEv
180 o	45,4	650	144	189	39,9	94,6	6,76	8740	2,35	180 o
200 o	59,9	767	165	249	51,9	125	9,41	15570	2,59	200 o
220 o	77,1	897	194	321	66,9	161	12,3	26790	2,85	220 o
240 o	98,5	1049	224	410	84,4	205	17,3	43680	3,09	240 o
270 o	138	1292	272	575	118	287	24,9	87640	3,47	270 o
300 o	179	1508	323	744	153	372	31,1	157700	3,88	300 o
330 o	226	1743	377	943	185	471	42,2	245700	4,10	330 o
360 o	285	2019	445	1186	227	593	55,8	380300	4,36	360 o
400 o	361	2313	522	1502	269	751	73,3	587600	4,57	400 o
400 v	404	2569	574	1681	304	841	99,1	670300	4,60	400 v

Breite I-Träger

Reihe HE-A = I PBI

Leichte Ausführung

Plastische Schnittgrößen und zusätzliche Rechenwerte siehe Seite 11
Mantelfläche U siehe Seite 38

Reihe HE-AA = I PBII

Besonders leichte Ausführung

Frühere Bezeichnungen

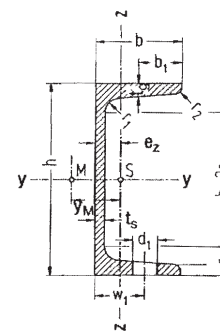
Kurz- zei- chen	Maße in mm für						A _{Steg} cm ²	A cm ²	G kg/m	Für die Biegeachsen						S _y cm	Flanschenlöcher nach DIN 997 Ausg. Okt. 1970			
	h	b	t _s	t _g	r	h-2c				y-y			z-z				d ₁	w ₁	w ₂	w ₃
										I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _z cm ⁴	W _z cm ³	i _z cm					
	s	t					F	J _x	W _x	i _x	J _y	W _y	i _y	S _x						
Breite I-Träger mit parallelen Flanschflächen, leichte Ausführung, Reihe HE-A = I PBI nach DIN 1025 Teil 3, Ausgabe März 1994, und Euronorm 53–62 Grenzabmaße und Formtoleranzen nach DIN EN 10034, Ausgabe März 1994																				
100	96	100	5	8	12	56	4,40	21,2	16,7	349	72,8	4,06	134	26,8	2,51	8,41	13	56	–	
120	114	120	5	8	12	74	5,30	25,3	19,9	606	106	4,89	231	38,5	3,02	10,1	17	66	–	
140	133	140	5,5	8,5	12	92	6,85	31,4	24,7	1030	155	5,73	389	55,6	3,52	11,9	21	76	–	
160	152	160	6	9	15	104	8,58	38,8	30,4	1670	220	6,57	616	76,9	3,98	13,6	23	86	–	
180	171	180	6	9,5	15	122	9,69	45,3	35,5	2510	294	7,45	925	103	4,52	15,5	25	100	–	
200	190	200	6,5	10	18	134	11,7	53,8	42,3	3690	389	8,28	1340	134	4,98	17,2	25	110	–	
220	210	220	7	11	18	152	13,9	64,3	50,5	5410	515	9,17	1950	178	5,51	19,0	25	120	–	
240	230	240	7,5	12	21	164	16,3	76,8	60,3	7760	675	10,1	2770	231	6,00	20,9	25	94	35	
260	250	260	7,5	12,5	24	177	17,8	86,8	68,2	10450	836	11,0	3670	282	6,50	22,7	25	100	40	
280	270	280	8	13	24	196	20,6	97,3	76,4	13670	1010	11,9	4760	340	7,00	24,6	25	110	45	
300	290	300	8,5	14	27	208	23,5	113	88,3	18260	1260	12,7	6310	421	7,49	26,4	28	120	45	
320	310	300	9	15,5	27	225	26,5	124	97,6	22930	1480	13,6	6990	466	7,49	28,2	28	120	45	
340	330	300	9,5	16,5	27	243	29,8	133	105	27690	1680	14,4	7440	496	7,46	29,9	28	120	45	
360	350	300	10	17,5	27	261	33,2	143	112	33090	1890	15,2	7890	526	7,43	31,7	28	120	45	
400	390	300	11	19	27	298	40,8	159	125	45070	2310	16,8	8560	571	7,34	35,2	28	120	45	
450	440	300	11,5	21	27	344	48,2	178	140	63720	2900	18,9	9470	631	7,29	39,6	28	120	45	
500	490	300	12	23	27	390	56,0	198	155	86970	3550	21,0	10370	691	7,24	44,1	28	120	45	
550	540	300	12,5	24	27	438	64,3	212	166	111900	4150	23,0	10820	721	7,15	48,4	28	120	45	
600	590	300	13	25	27	486	73,4	226	178	141200	4790	25,0	11270	751	7,05	52,8	28	120	45	
650	640	300	13,5	26	27	534	82,9	242	190	175200	5470	26,9	11720	782	6,97	57,1	28	120	45	
700	690	300	14,5	27	27	582	96,1	260	204	215300	6240	28,8	12180	812	6,84	61,2	28	120	45	
800	790	300	15	28	30	674	114	286	224	303400	7680	32,6	12640	843	6,65	69,8	28	130	40	
900	890	300	16	30	30	770	138	321	252	422100	9480	36,3	13550	903	6,50	78,1	28	130	40	
1000	990	300	16,5	31	30	868	158	347	272	553800	11190	40,0	14000	934	6,35	86,4	28	130	40	
Breite I-Träger, besonders leichte Ausführung, Reihe HE-AA = PBII (nicht genormt; Mindestbestellmengen erforderlich)																				
100	91	100	4,2	5,5	12	56	3,60	15,6	12,2	237	52,0	3,89	92,1	18,4	2,43	8,11	13	60	–	
120	109	120	4,2	5,5	12	74	4,35	18,6	14,6	413	75,8	4,72	159	26,5	2,93	9,83	17	69	–	
140	128	140	4,3	6	12	92	5,25	23,0	18,1	719	112	5,59	275	39,3	3,45	11,6	21	75	–	
160	148	160	4,5	7	15	104	6,34	30,4	23,8	1283	173	6,50	479	59,8	3,97	13,5	23	88	–	
180	167	180	5	7,5	15	122	7,97	36,5	28,7	1967	236	7,34	730	81,1	4,47	15,2	25	105	–	
200	186	200	5,5	8	18	134	9,79	44,1	34,6	2944	317	8,17	1068	107	4,92	17,0	25	115	–	
220	205	220	6	8,5	18	152	11,8	51,5	40,4	4170	407	9,00	1510	137	5,42	18,7	25	125	–	
240	224	240	6,5	9	21	164	14,0	60,4	47,4	5835	521	9,83	2077	173	5,87	20,5	25	93	35	
260	244	260	6,5	9,5	24	177	15,2	69,0	54,1	7981	654	10,8	2788	214	6,38	22,3	25	99	40	
280	264	280	7	10	24	196	17,8	78,0	61,2	10560	800	11,6	3664	262	6,85	24,2	25	99	50	
300	283	300	7,5	10,5	27	208	20,4	88,9	69,8	13800	976	12,5	4734	316	7,30	25,9	28	112	50	
320	301	300	8	11	27	225	23,2	94,6	74,2	16450	1093	13,2	4959	331	7,24	27,5	28	112	50	
340	320	300	8,5	11,5	27	243	26,2	101	78,9	19550	1222	13,9	5185	346	7,18	29,1	28	113	50	
360	339	300	9	12	27	261	29,4	107	83,7	23040	1359	14,7	5410	361	7,12	30,8	28	113	50	
400	378	300	9,5	13	27	298	34,7	118	92,4	31250	1654	16,3	5861	391	7,06	34,3	28	114	50	
450	425	300	10,0	13,5	27	344	41,1	127	99,7	41890	1971	18,2	6088	406	6,92	38,4	28	114	50	
500	472	300	10,5	14	27	390	48,1	137	107	54640	2315	20,0	6314	421	6,79	42,4	28	115	50	
550	522	300	11,5	15	27	438	58,3	153	120	72870	2792	21,8	6767	451	6,65	46,6	28	116	50	
600	571	300	12	15,5	27	486	66,7	164	129	91870	3218	23,7	6993	466	6,53	50,7	28	116	50	
650	620	300	12,5	16	27	534	75,5	176	138	113900	3676	25,5	7221	481	6,41	54,8	28	117	49	
700	670	300	13	17	27	582	84,9	191	150	142700	4260	27,3	7673	512	6,34	59,0	28	117	49	
800	770	300	14	18	30	674	105	218	172	208900	5426	30,9	8134	542	6,10	67,1	28	124	46	
900	870	300	15	20	30	770	127	252	198	301100	6923	34,6	9041	603	5,99	75,3	28	125	45	
1000	970	300	16	21	30	868	152	282	222	406500	8380	38,0	9501	633	5,80	83,2	28	126	45	

Plastische Schnittgrößen – Zusätzliche Rechenwerte										
	$M_{pl,y}$ kNm	N_{pl} kN	$V_{pl,z}$ kN	$W_{pl,y}$ cm ³	$W_{pl,z}$ cm ³	S_y cm ³	I_T cm ⁴	I_ω cm ⁶	$I_{z,g}$ cm	
HE-A I PBI	Breite I-Träger HE-A = I PBI									HE-A I PBI
100	19,9	510	61,0	83	41,1	41,5	5,26	2 581	2,65	100
120	28,7	608	73,4	119	58,9	59,7	6,02	6 472	3,21	120
140	41,6	754	94,9	173	84,8	86,7	8,16	15 060	3,75	140
160	58,8	931	119	245	118	123	12,3	31 410	4,26	160
180	78,0	1 086	134	325	157	162	14,9	60 210	4,82	180
200	103	1 292	162	429	204	215	21,1	108 000	5,32	200
220	136	1 544	193	568	271	284	28,6	193 300	5,88	220
240	179	1 844	227	745	352	372	41,7	328 500	6,40	240
260	221	2 084	247	920	430	460	52,6	516 400	6,91	260
280	267	2 334	285	1 112	518	556	62,4	785 400	7,46	280
300	332	2 701	325	1 383	641	692	85,6	1 200 000	7,97	300
320	391	2 985	367	1 628	710	814	108	1 512 000	7,99	320
340	444	3 203	413	1 850	756	925	128	1 824 000	7,99	340
360	501	3 426	461	2 088	802	1 044	149	2 177 000	7,98	360
400	615	3 815	565	2 562	873	1 281	190	2 942 000	7,94	400
450	772	4 273	668	3 216	966	1 608	245	4 146 000	7,93	450
500	948	4 741	777	3 949	1 059	1 974	310	5 643 000	7,91	500
550	1 109	5 082	894	4 622	1 107	2 311	353	7 189 000	7,86	550
600	1 284	5 435	1 018	5 350	1 156	2 675	399	8 978 000	7,82	600
650	1 473	5 799	1 149	6 136	1 205	3 068	450	11 027 000	7,77	650
700	1 688	6 251	1 332	7 032	1 257	3 516	515	13 352 000	7,70	700
800	2 088	6 860	1 584	8 699	1 312	4 350	599	18 290 000	7,58	800
900	2 595	7 693	1 907	10 811	1 414	5 406	739	24 962 000	7,49	900
1000	3 078	8 324	2 193	12 824	1 470	6 412	825	32 074 000	7,41	1000
HE-AA I PBII	Breite I-Träger HE-AA = I PBII									HE-AA I PBII
100	14,0	374	49,8	58,4	28,4	29,2	2,51	1 680	2,60	100
120	20,2	445	60,2	84,1	40,6	42,1	2,78	4 240	3,14	120
140	29,7	552	72,2	124	59,9	61,9	3,54	10 200	3,71	140
160	45,7	729	87,9	190	91,4	95,2	6,33	23 800	4,23	160
180	62,0	877	111	258	124	129	8,33	46 400	4,78	180
200	83,3	1 059	136	347	163	174	12,7	84 500	5,27	200
220	107	1 235	163	445	209	223	15,9	146 000	5,82	220
240	137	1 449	194	571	264	285	23,0	240 000	6,30	240
260	171	1 655	211	714	328	357	30,3	383 000	6,75	260
280	210	1 872	246	873	399	437	36,2	590 000	7,35	280
300	256	2 134	283	1 065	482	533	49,3	877 000	7,84	300
320	287	2 270	321	1 196	500	598	55,9	1 041 000	7,81	320
340	322	2 412	363	1 341	529	671	63,1	1 231 000	7,80	340
360	359	2 559	408	1 495	553	748	71,0	1 444 000	7,77	360
400	438	2 825	480	1 824	600	912	84,7	1 948 000	7,75	400
450	524	3 049	570	2 183	624	1 092	95,6	2 572 000	7,68	450
500	618	3 285	666	2 576	649	1 288	108	3 304 000	7,61	500
550	751	3 668	808	3 128	699	1 564	134	4 338 000	7,54	550
600	870	3 937	924	3 623	724	1 812	150	5 381 000	7,47	600
650	998	4 218	1 046	4 160	751	2 080	168	6 567 000	7,40	650
700	1 162	4 583	1 176	4 840	800	2 420	195	8 155 000	7,37	700
800	1 494	5 244	1 459	6 225	857	3 112	257	11 450 000	7,20	800
900	1 920	6 054	1 767	7 999	958	3 999	335	16 260 000	7,13	900
1000	2 346	6 773	2 104	9 777	1 016	4 888	403	21 280 000	7,01	1000

Plastische Schnittgrößen – Zusätzliche Rechenwerte									
	$M_{pl,y}$ kNm	N_{pl} kN	$V_{pl,z}$ kN	$W_{pl,y}$ cm ³	$W_{pl,z}$ cm ³	S_y cm ³	I_T cm ⁴	I_ω cm ⁶	$i_{z,g}$ cm
HE-B I PB	Breite I-Träger HE-B = I PB								HE-B I PB
100	25,0	625	74,8	104	51,4	52,1	9,29	3 375	2,63
120	39,7	816	98,2	165	81,0	82,6	13,9	9 410	3,24
140	58,9	1 031	124	245	120	123	20,1	22 480	3,80
160	85,0	1 302	163	354	170	177	31,4	47 940	4,31
180	116	1 566	196	481	231	241	42,3	93 750	4,87
200	154	1 874	231	643	306	321	59,5	171 100	5,33
220	198	2 185	269	827	394	414	76,8	295 400	5,95
240	253	2 544	309	1 053	498	527	103	486 900	6,47
260	308	2 843	336	1 283	602	641	124	753 700	6,99
280	368	3 153	381	1 534	718	767	144	1 130 000	7,54
300	448	3 578	428	1 869	870	934	186	1 688 000	8,06
320	516	3 872	477	2 149	939	1 075	226	2 069 000	8,06
340	578	4 102	530	2 408	986	1 204	258	2 454 000	8,05
360	644	4 335	585	2 683	1 032	1 341	293	2 883 000	8,03
400	776	4 747	703	3 232	1 104	1 616	357	3 817 000	7,99
450	956	5 231	823	3 982	1 198	1 991	442	5 258 000	7,97
500	1 155	5 727	948	4 815	1 292	2 407	540	7 018 000	7,94
550	1 342	6 097	1 083	5 591	1 341	2 795	602	8 856 000	7,89
600	1 542	6 479	1 224	6 425	1 391	3 213	669	10 965 000	7,84
650	1 757	6 872	1 372	7 320	1 441	3 660	741	13 363 000	7,80
700	1 999	7 353	1 574	8 327	1 495	4 164	833	16 064 000	7,73
800	2 454	8 020	1 860	10 229	1 553	5 114	949	21 840 000	7,61
900	3 020	8 911	2 217	12 584	1 658	6 292	1 140	29 461 000	7,52
1000	3 565	9 601	2 538	14 855	1 716	7 428	1 260	37 637 000	7,43
HE-M I PBv	Breite I-Träger HE-B = I PBv								HE-M I PBv
100	56,6	1 278	166	236	116	118	68,5	9 925	2,90
120	84,1	1 594	206	351	172	175	92,0	24 790	3,45
140	119	1 933	249	494	240	247	120	54 330	4,00
160	162	2 329	305	675	325	337	163	108 100	4,52
180	212	2 718	354	883	425	442	204	199 300	5,08
200	272	3 151	405	1 135	543	568	260	346 300	5,61
220	341	3 587	460	1 419	679	710	316	572 700	6,16
240	508	4 790	594	2 117	1 006	1 058	630	1 152 000	6,78
260	606	5 271	642	2 524	1 192	1 262	722	1 728 000	7,31
280	712	5 764	710	2 966	1 397	1 483	810	2 520 000	7,86
300	979	7 274	876	4 078	1 913	2 039	1 410	4 386 000	8,47
320/305	702	5 402	645	2 927	1 374	1 463	600	2 903 000	8,29
320	1 064	7 489	928	4 435	1 951	2 218	1 510	5 004 000	8,43
340	1 132	7 580	981	4 718	1 953	2 359	1 510	5 585 000	8,41
360	1 197	7 651	1 033	4 989	1 942	2 495	1 510	6 137 000	8,36
400	1 337	7 819	1 141	5 571	1 934	2 785	1 520	7 410 000	8,29
450	1 519	8 051	1 275	6 331	1 939	3 166	1 530	9 252 000	8,23
500	1 703	8 263	1 408	7 094	1 932	3 547	1 540	11 187 000	8,15
550	1 904	8 505	1 548	7 933	1 937	3 966	1 560	13 516 000	8,09
600	2 105	8 728	1 688	8 772	1 930	4 386	1 570	15 908 000	8,01
650	2 318	8 970	1 827	9 657	1 936	4 828	1 580	18 650 000	7,96
700	2 529	9 192	1 967	10 539	1 929	5 269	1 590	21 398 000	7,87
800	2 997	9 702	2 252	12 488	1 930	6 244	1 650	27 775 000	7,72
900	3 466	10 167	2 532	14 442	1 929	7 221	1 680	34 746 000	7,60
1000	3 976	10 661	2 817	16 568	1 940	8 284	1 710	43 015 000	7,50

U-Stahl

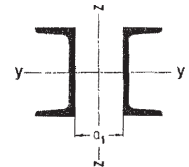
Normallängen
bei Profilhöhen unter 300 mm 8 bis 16 m
300 mm und mehr 8 bis 18 m
(für U 30 × 15 bis U 65 6 bis 12 m)



Neigung der inneren Flanschlflächen
8 % bei Profilen mit $h \leq 300$
5 % bei Profilen mit $h > 300$

$$b_1 = \frac{b}{2} \text{ bei } h \leq 300 \quad b_1 = \frac{b-t_s}{2} \text{ bei } h > 300$$

e_2 = Abstand der Schwerachse z-z
 y_M = Abstand des Schubmittelpunktes M von der z-Achse
Werte für y_M siehe Hinweis auf Seite 5



Für a_1 ist aus korrosions-schutztechnischen Gründen DIN EN ISO 12944-3 (siehe Seite 56) zu beachten.

Plastische Schnittgrößen M_{pl} N_{pl} V_{pl} und
Rechenwerte W_{pl} S_y I_T I_ω siehe Seite 21
Mantelfläche U siehe Seite 38

Bezeichnungen in DIN 1026

Kurz- zei- chen	Maße in mm für						A_{Steg} cm ²	A cm ²	G kg/m	Für die Biegeachsen						e_z cm	y_M cm	S_y cm	Flanschenlöcher nach DIN 997 Ausg. Okt. 1970	
	h	b	t_s	$t_g^{(r_1)}$	t_2	$h-2c$				y-y			z-z						d_1 mm	w_1 mm
										I_y cm ⁴	W_y cm ³	i_y cm	I_z cm ⁴	W_z cm ³	i_z cm					
			s	t			F		J_x	W_x	i_x	J_y	W_y	i_y	e_y	X_M	S_x			
U	Rundkantiger U-Stahl (warmgewalzt), nach DIN 1026, Ausgabe Oktober 1963																			
30×15	30	15	4	4,5	2	12	1,02	2,21	1,74	2,53	1,69	1,07	0,38	0,39	0,42	0,52	0,74	—	4,3	10
30	30	33	5	7	3,5	1	1,15	5,44	4,27	6,39	4,26	1,08	5,33	2,68	0,99	1,31	2,22	—	8,4	20
40×20	40	20	5	5,5	2,5	18	1,72	3,66	2,87	7,58	3,79	1,44	1,14	0,86	0,56	0,67	1,01	—	6,4	11
40	40	35	5	7	3,5	11	1,65	6,21	4,87	14,1	7,05	1,50	6,68	3,08	1,04	1,33	2,32	—	8,4	20
50×25	50	25	5	6	3	25	2,20	4,92	3,86	16,8	6,73	1,85	2,49	1,48	0,71	0,81	1,34	—	8,4	16
50	50	38	5	7	3,5	20	2,15	7,12	5,59	26,4	10,6	1,92	9,12	3,75	1,13	1,37	2,47	—	11	20
60	60	30	6	6	3	35	3,24	6,46	5,07	31,6	10,5	2,21	4,51	2,16	0,84	0,91	1,50	—	8,4	18
65	65	42	5,5	7,5	4	33	3,16	9,03	7,09	57,5	17,7	2,52	14,1	5,07	1,25	1,42	2,80	—	11	25
80	80	45	6	8	4	47	4,32	11,0	8,64	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	1,45	2,67	6,65	13**	25
100	100	50	6	8,5	4,5	64	5,49	13,5	10,6	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	1,55	2,93	8,42	13	30
120	120	55	7	9	4,5	82	7,77	17,0	13,4	364	60,7	4,62	43,2	11,1	1,59	1,60	3,03	10,0	17/13	30
140	140	60	7	10	5	97	9,10	20,4	16,0	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75	1,75	3,37	11,8	17	35
160	160	65	7,5	10,5	5,5	116	11,2	24,0	18,8	925	116	6,21	85,3	18,3	1,89	1,84	3,56	13,3	21/17	35
180	180	70	8	11	5,5	133	13,5	28,0	22,0	1350	150	6,95	114	22,4	2,02	1,92	3,75	15,1	21	40
200	200	75	8,5	11,5	6	151	16,0	32,2	25,3	1910	191	7,70	148	27,0	2,14	2,01	3,94	16,8	23/21	40
220	220	80	9	12,5	6,5	166	18,7	37,4	29,4	2690	245	8,48	197	33,6	2,30	2,14	4,20	18,5	23	45
240	240	85	9,5	13	6,5	185	21,6	42,3	33,2	3600	300	9,22	248	39,6	2,42	2,23	4,39	20,1	25/23	45
260	260	90	10	14	7	201	24,6	48,3	37,9	4820	371	9,99	317	47,7	2,56	2,36	4,66	21,8	25	50
280	280	95	10	15	7,5	216	26,5	53,3	41,8	6280	448	10,9	399	57,2	2,74	2,53	5,02	23,6	25	50
300	300	100	10	16	8	232	28,4	58,8	46,2	8030	535	11,7	495	67,8	2,90	2,70	5,41	25,4	28	55
320	320	100	14	17,5	8,75	247	42,3	75,8	59,5	10870	679	12,1	597	80,6	2,81	2,60	4,82	26,3	28	58
350	350	100	14	16	8	283	46,8	77,3	60,6	12840	734	12,9	570	75,0	2,72	2,40	4,45	28,6	28	58
380	380	102	13,5	16	8	313	49,1	80,4	63,1	15760	829	14,0	615	78,7	2,77	2,38	4,58	31,1	28	60
400	400	110	14	18	9	325	53,5	91,5	71,8	20350	1020	14,9	846	102	3,04	2,65	5,11	32,9	28	60

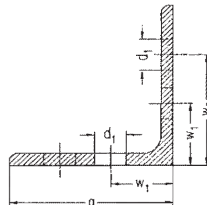
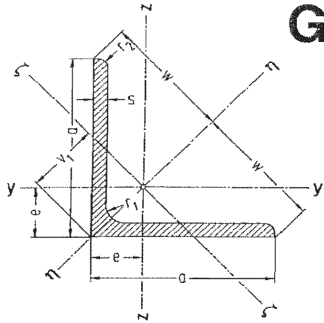
Bei mehreren Werten für d_1 siehe Seite 3.

*) Ausnahme: bei U 40 × 20 ist $t_g = 5,5$ mm, $r_1 = 5$ mm.

**) Genormte Schrauben für HV-Verbindungen sind hier nicht anwendbar.

Gleichschenkliger L-Stahl

Normallängen 6 bis 12 m



$i_z = i_{\min}$ (beim Einzelwinkel)

Für jeden Abstand a_1 ist das Hauptträgheitsmoment bezogen auf die Achse z-z größer als das Hauptträgheitsmoment bezogen auf die Achse y-y.

Für a_1 ist aus korrosionsschutztechnischen Gründen DIN EN ISO 12944-3 (siehe Seite 56) zu beachten.

Frühere Bezeichnungen

Mantelfläche U siehe Seite 39

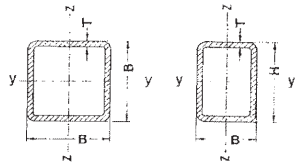
Maße in mm		A	G	Abstände für die Achsen			Für die Biegeachsen							Schenkelhöcher*) nach DIN 997 Ausg. Okt. 1970)	
a	s			e	w	v1	y-y = z-z			η-η		ζ-ζ		d1	w1
Kurzzeichen		cm ²	kg/m	cm	cm	cm	$I_y=I_z$	$W_y=W_z$	$i_y=i_z$	I_η	i_η	I_ζ	W_ζ	i_ζ	
		F					$I_x=I_y$	$W_x=W_y$	$i_x=i_y$	I_ξ	i_ξ	I_η	W_η	i_η	

Gleichschenkliger rundkantiger Winkelstahl (warmgewalzt), nach DIN EN 10056-1, Ausgabe Oktober 1998 Ersatz für DIN 1028, Ausgabe März 1994 Grenzabmaße und Formtoleranzen nach DIN EN 10056-2, Ausgabe März 1994															
L															
20 x 3	3,5	1,75	1,12	0,882	0,598	1,41	0,846	0,392	0,279	0,590	0,618	0,742	0,165	0,195	0,383
25 x 3	3,5	1,75	1,42	1,12	0,723	1,77	1,02	0,803	0,452	0,751	1,27	0,945	0,334	0,326	0,484
4	3,5	1,75	1,85	1,45	0,762	1,77	1,08	1,02	0,586	0,741	1,61	0,931	0,430	0,339	0,482
30 x 3	5	2,5	1,74	1,36	0,835	2,12	1,18	1,40	0,649	0,899	2,22	1,13	0,585	0,496	0,581
4	5	2,5	2,27	1,78	0,878	2,12	1,24	1,80	0,850	0,892	2,85	1,12	0,754	0,607	0,577
35 x 4	5	2,5	2,67	2,09	1,00	2,47	1,42	2,95	1,18	1,05	4,68	1,32	1,23	0,865	0,678
40 x 4	6	3	3,08	2,42	1,12	2,83	1,58	4,47	1,55	1,21	7,09	1,52	1,86	1,17	0,777
5	6	3	3,79	2,97	1,16	2,83	1,64	5,43	1,91	1,20	8,60	1,51	2,26	1,38	0,773
45 x 4,5	7	3,5	3,90	3,06	1,25	3,18	1,78	7,14	2,20	1,35	11,4	1,71	2,94	1,65	0,870
50 x 4	7	3,5	3,89	3,06	1,36	3,54	1,92	8,97	2,46	1,52	14,2	1,91	3,73	1,94	0,979
5	7	3,5	4,80	3,77	1,40	3,54	1,99	11,0	3,05	1,51	17,4	1,90	4,55	2,29	0,973
6	7	3,5	5,69	4,47	1,45	3,54	2,04	12,8	3,61	1,50	20,3	1,89	5,34	2,61	0,968
60 x 5	8	4	5,82	4,57	1,64	4,24	2,32	19,4	4,45	1,82	30,7	2,30	8,03	3,46	1,17
6	8	4	6,91	5,42	1,69	4,24	2,39	22,8	5,29	1,82	36,1	2,29	9,44	3,96	1,17
8	8	4	9,03	7,09	1,77	4,24	2,50	29,2	6,89	1,80	46,1	2,26	12,2	4,86	1,16
65 x 7	9	4,5	8,70	6,83	1,85	4,60	2,62	33,4	7,18	1,96	53,0	2,47	13,8	5,27	1,26
70 x 6	9	4,5	8,13	6,38	1,93	4,95	2,73	36,9	7,27	2,13	58,5	2,68	15,3	5,60	1,37
7	9	4,5	9,40	7,38	1,97	4,95	2,79	42,3	8,41	2,12	67,1	2,67	17,5	6,28	1,36
75 x 6	9	4,5	8,73	6,85	2,05	5,30	2,90	45,8	8,41	2,29	72,7	2,89	18,9	6,53	1,47
8	9	4,5	11,4	8,99	2,14	5,30	3,02	59,1	11,0	2,27	93,3	2,86	24,5	8,09	1,46
80 x 8	10	5	12,3	9,63	2,26	5,66	3,19	72,2	12,6	2,43	115	3,06	29,9	9,37	1,56
10	10	5	15,1	11,9	2,34	5,66	3,30	87,5	15,4	2,41	139	3,03	36,4	11,0	1,55
90 x 7	11	5,5	12,2	9,61	2,45	6,36	3,47	92,6	14,1	2,75	147	3,46	38,3	11,0	1,77
8	11	5,5	13,9	10,9	2,50	6,36	3,53	104	16,1	2,74	166	3,45	43,1	12,2	1,76
9	11	5,5	15,5	12,2	2,54	6,36	3,59	116	17,9	2,73	184	3,44	47,9	13,3	1,76
10	11	5,5	17,1	13,4	2,58	6,36	3,65	127	19,8	2,72	201	3,42	52,6	14,4	1,75
100 x 8	12	6	15,5	12,2	2,74	7,07	3,87	145	19,9	3,06	230	3,85	59,9	15,5	1,96
10	12	6	19,2	15,0	2,82	7,07	3,99	177	24,6	3,04	280	3,83	73,0	18,3	1,95
12	12	6	22,7	17,8	2,90	7,07	4,11	207	29,1	3,02	328	3,80	85,7	20,9	1,94

Lochabstände in gleichschenkligen Winkelstählen: DIN 999, Ausgabe Oktober 1970. (Für 2 mm Lochspiel siehe „Stahl im Hochbau“, 15. Aufl., Band I, Seite 76/77; die Werte sind nicht genormt.)

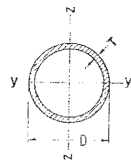
*) Kursiv gesetzte Werte sind nicht genormt.

Maße in mm				A	G	Abstände für die Achsen			Für die Biegeachsen							Schenkelhöcher*) nach DIN 997 Ausg. Okt. 1970			
a	s	r ₁	r ₂			e	w	v ₁	y-y = z-z			η-η		ζ-ζ		d ₁	w ₁	w ₂	
Kurz- zeichen				cm ²	kg/m	cm	cm	cm	I _y =I _z cm ⁴	W _y =W _z cm ³	i _y =i _z cm	I _η cm ⁴	i _η cm	I _ζ cm ⁴	W _ζ cm ³	i _ζ cm	mm	mm	mm
				F					I _x =I _y	W _x =W _y	i _x =i _y	I _ξ	i _ξ	I _η	W _η	i _η			
Gleichschenkliger rundkantiger Winkelstahl (warmgewalzt), nach DIN EN 10056-1, Ausgabe Oktober 1998 Ersatz für DIN 1028, Ausgabe März 1994 Grenzabmaße und Formtoleranzen nach DIN EN 10056-2, Ausgabe März 1994																			
L	120 × 10	13	6,5	23,2	18,2	3,31	8,49	4,69	313	36,0	3,67	497	4,63	129	27,5	2,36	25	50	80
	12	13	6,5	27,5	21,6	3,40	8,49	4,80	368	42,7	3,65	584	4,60	152	31,6	2,35	25	50	80
	130 × 12	14	7	30,0	23,6	3,64	9,19	5,15	472	50,4	3,97	750	5,00	194	37,7	2,54	25	50	90
	150 × 10	16	8	29,3	23,0	4,03	10,6	5,71	624	56,9	4,62	990	5,82	258	45,1	2,97	28	60	105
	12	16	8	34,8	27,3	4,12	10,6	5,83	737	67,7	4,60	1170	5,80	303	52,0	2,95	28	60	105
	15	16	8	43,0	33,8	4,25	10,6	6,01	898	83,5	4,57	1430	5,76	370	61,6	2,93	28	60	105
	160 × 15	17	8,5	46,1	36,2	4,49	11,3	6,35	1100	95,6	4,88	1750	6,15	453	71,3	3,14	28	60	115
	180 × 16	18	9	55,4	43,5	5,02	12,7	7,11	1680	130	5,51	2690	6,96	679	95,5	3,50	28	60	135
	18	18	9	61,9	48,6	5,10	12,7	7,22	1870	145	5,49	2960	6,92	768	106	3,52	28	60/65	135
	200 × 16	18	9	61,8	48,5	5,52	14,1	7,81	2340	162	6,16	3720	7,76	960	123	3,94	28	65	150
	18	18	9	69,1	54,3	5,60	14,1	7,92	2600	181	6,13	4150	7,75	1050	133	3,90	28	65	150
	20	18	9	76,3	59,9	5,68	14,1	8,04	2850	199	6,11	4530	7,70	1170	146	3,92	28	65	150
	24	18	9	90,6	71,1	5,84	14,1	8,26	3300	235	6,06	5280	7,64	1380	167	3,90	28	65/70	150
	250 × 28	18	9	133	104	7,24	17,7	10,2	7700	433	7,62	12200	9,61	3170	309	4,89	28	75	200
	35	18	9	163	128	7,50	17,7	10,6	9260	529	7,54	14700	9,48	3860	364	4,87	28	75	200
Gleichschenkliger rundkantiger Winkelstahl (warmgewalzt), nicht genormt Die mit * gekennzeichneten Profile waren genormt in DIN 1028, Ausgabe März 1994																			
L	30 × 5*	5	2,5	2,78	2,18	0,92	2,12	1,30	2,16	1,04	0,88	3,41	1,11	0,91	0,70	0,57	8,4	17	-
	35 × 5*	5	2,5	3,28	2,57	1,04	2,47	1,47	3,56	1,45	1,04	5,63	1,31	1,49	1,01	0,67	11	18	-
	45 × 4*	7	3,5	3,49	2,74	1,23	3,18	1,75	6,43	1,97	1,36	10,2	1,71	2,68	1,53	0,88	13	25	-
	5*	7	3,5	4,30	3,38	1,28	3,18	1,81	7,83	2,43	1,35	12,4	1,70	3,25	1,80	0,87	13	25	-
	50 × 7*	7	3,5	6,56	5,15	1,49	3,54	2,11	14,6	4,15	1,49	23,1	1,88	6,02	2,85	0,96	13	30	-
	55 × 6*	8	4	6,31	4,95	1,56	3,89	2,21	17,3	4,40	1,66	27,4	2,08	7,24	3,28	1,07	17	30	-
	70 × 9*	9	4,5	11,9	9,34	2,05	4,95	2,90	52,6	10,6	2,10	83,1	2,64	22,0	7,59	1,36	21	40	-
	75 × 7*	10	5	10,1	7,94	2,09	5,30	2,95	52,4	9,67	2,28	83,6	2,88	21,1	7,15	1,45	23	40	-
	80 × 6*	10	5	9,35	7,34	2,17	5,66	3,07	55,8	9,57	2,44	88,5	3,08	23,1	7,54	1,57	23	45	-
	100 × 14	12	6	26,2	20,6	2,98	7,07	4,21	235	33,5	3,00	372	3,77	98,3	23,4	1,94	25	55	-
	110 × 10*	12	6	21,2	16,6	3,07	7,78	4,34	239	30,1	3,36	379	4,23	98,6	22,7	2,16	25	45	70
	12	13	6,5	25,1	19,7	3,15	7,78	4,45	279	35,5	3,33	443	4,20	115	25,8	2,14	25	45/50	70
	120 × 11*	13	6,5	25,4	19,9	3,36	8,49	4,75	341	39,5	3,66	541	4,62	140	29,5	2,35	25	50	80
	13	13	6,5	29,7	23,3	3,44	8,49	4,86	394	46,0	3,64	626	4,59	162	33,4	2,34	25	50	80
	15	13	6,5	33,9	26,6	3,51	8,49	4,97	445	52,4	3,62	706	4,56	184	37,0	2,33	25	50	80
	140 × 10	15	7,5	27,2	21,4	3,79	9,50	5,37	504	49,3	4,30	802	5,43	207	38,5	2,76	28	55	95
	13*	15	7,5	30,0	27,5	3,92	9,90	5,54	638	63,3	4,27	1010	5,38	262	47,3	2,74	28	55	95
	15	15	7,5	40,0	31,4	4,00	9,90	5,66	723	72,3	4,25	1150	5,36	298	52,7	2,73	28	55	95
	150 × 14*	16	8	40,3	31,6	4,21	10,6	5,95	845	78,2	4,58	1340	5,77	347	58,3	2,94	28	60	105
	16	16	8	45,7	35,9	4,29	10,6	6,07	948	88,7	4,56	1510	5,74	391	64,4	2,93	28	60	105
	18	16	8	51,0	40,1	4,36	10,6	6,17	1050	99,3	4,54	1670	5,70	438	71,0	2,93	28	60	105
	20	16	8	56,3	44,2	4,44	10,6	6,28	1150	100	4,51	1820	5,68	477	76,0	2,91	28	60/65	105
	160 × 17*	17	8,5	51,8	40,7	4,57	11,3	6,46	1230	108	4,86	1950	6,13	506	78,3	3,13	28	60	115
	19	17	8,5	57,5	45,1	4,65	11,3	6,58	1350	118	4,84	2140	6,16	558	84,8	3,12	28	60/65	115
	180 × 20	18	9	68,4	53,7	5,18	12,7	7,33	2040	160	5,47	3260	6,90	830	113	3,49	28	60/65	135
	22	18	9	74,7	58,6	5,26	12,7	7,44	2210	174	5,44	3510	6,86	918	123	3,50	28	60/65	135
	200 × 22	18	9	83,5	65,6	5,76	14,1	8,14	2094	217	6,09	4913	7,67	1276	156	3,91	28	65/70	150
	26	18	9	97,6	76,6	5,91	14,1	8,36	3560	253	6,04	5642	7,61	1479	176	3,89	28	70	150
	28	18	9	105	82,0	5,99	14,1	8,47	3780	270	6,02	5990	7,57	1580	186	3,89	28	70/75	150
	250 × 18	20	10	87,2	68,4	6,84	17,7	9,67	5213	287	7,73	8294	9,75	2132	220	4,95	28	70	200
	20	20	10	96,4	75,7	6,92	17,7	9,79	5732	317	7,71	9118	9,73	2345	240	4,93	28	70	200
	22	20	10	106	82,9	7,00	17,7	9,90	6237	347	7,69	9921	9,69	2554	257	4,92	28	70	200
	24	20	10	115	90,0	7,08	17,7	10,0	6732	376	7,66	10703	9,66	2761	276	4,91	28	70	200
	26	20	10	124	97,1	7,16	17,7	10,1	7214	404	7,64	11464	9,63	2965	293	4,90	28	75	200



Hohlprofile

Rechenwerte M_{ply} W_{ply} I_T C_I siehe Seiten 27, 29, 31
Mantelfläche U siehe Seite 39



B	T	A	M	I	W	i	B	T	A	M	I	W	i
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
□ Quadrat-Hohlprofile (warmgefertigt, nahtlos oder geschweißt), Auswahl aus DIN EN 10210-2, Ausgabe November 1997													
40	3	4,54	3,41	9,78	4,89	1,50	120	10	42,9	33,7	852	142	4,46
	4	5,59	4,39	11,8	5,91	1,45		140	10	56,7	21,0	807	115
50	3	5,54	4,35	20,2	8,08	1,91	160	6,3	33,3	26,1	984	141	5,44
	4	7,19	5,64	25,0	9,99	1,86		8	41,6	32,6	1 195	171	5,36
60	3	6,74	5,29	36,2	12,1	2,32	180	10	50,9	40,0	1 416	202	5,27
	4	8,79	6,90	45,4	15,1	2,27		10	58,7	22,6	1 002	134	5,90
70	5	10,7	8,42	53,3	17,8	2,23	200	6,3	35,8	28,1	1 223	163	5,85
	3	7,94	6,24	59,0	16,9	2,73		8	44,8	35,1	1 491	199	5,77
80	4	10,4	8,15	74,7	21,3	2,68	220	10	54,9	43,1	1 773	236	5,68
	5	12,7	9,99	88,5	25,3	2,64		6,3	38,3	30,1	1 499	187	6,26
90	4	12,0	9,41	114	28,6	3,09	240	8	48,0	37,6	1 831	229	6,18
	5	14,7	11,6	137	34,2	3,05		10	58,9	46,3	2 186	273	6,09
100	6,3	18,1	14,2	156	40,5	2,99	260	12,5	72,1	56,6	2 576	322	5,98
	4	13,6	10,7	166	37,0	3,50		6,3	43,3	34,0	2 168	241	7,07
120	5	16,7	13,1	200	44,4	3,45	280	8	54,4	42,7	2 661	296	7,00
	6,3	20,7	16,2	238	53,0	3,40		10	66,9	52,5	3 193	355	6,91
140	4	15,2	11,9	232	46,4	3,91	300	12,5	82,1	64,4	3 790	421	6,80
	5	18,7	14,7	279	55,9	3,86		6,3	48,4	38,0	3 011	301	7,89
160	6,3	23,2	18,2	339	67,1	3,80	320	8	60,8	47,7	3 709	371	7,81
	5	22,7	17,8	498	83,0	4,68		10	74,9	58,8	4 471	447	7,72
180	6,3	28,2	22,2	603	100	4,62	340	12,5	92,1	72,3	5 336	534	7,61
	8	35,2	27,6	726	121	4,55		6,3	53,4	41,9	4 049	368	8,71

D mm	T mm	A cm ²	M kg/m	I cm ⁴	W cm ³	i cm	D mm	T mm	A cm ²	M kg/m	I cm ⁴	W cm ³	i cm
○ Kreisförmige Hohlprofile Auswahl aus: { DIN EN 10210-2 (warmgefertigt, nahtlos oder geschweißt) } Ausgabe { DIN EN 10219-2 (kaltgefertigt, geschweißt) } November 1997													
33,7	2,6	2,54	1,99	3,09	1,84	1,10	355,6	12,5	135	106	19 852	1 117	12,1
	3,2	3,07	2,41	3,60	2,14	1,08		16	171	154	24 663	1 387	12,0
	4	3,73	2,93	4,19	2,49	1,06		20	211	166	29 792	1 676	11,9
	25	260	204					25	260	204	35 677	2 007	11,7
42,4	2,6	3,25	2,55	6,46	3,05	1,41	406,4	10	125	97,8	24 476	1 205	14,0
	3,2	3,94	3,09	7,62	3,59	1,39		12,5	155	121	30 031	1 478	13,9
	4	4,83	3,79	8,99	4,24	1,36		16	196	154	37 449	1 843	13,8
	20	243	191					20	243	191	45 432	2 236	13,7
48,3	2,6	3,73	2,93	9,78	4,05	1,62	457	25	300	235	54 702	2 692	13,5
	3,2	4,53	3,56	11,6	4,80	1,60		30	355	278	63 224	3 111	13,3
	4	5,57	4,37	13,8	5,70	1,57		40	460	361	78 186	3 848	13,0
	3,2	5,74	4,51	23,5	7,78	2,02		10	140	110	35 091	1 536	15,8
60,3	4	7,07	5,55	28,2	9,34	2,00	457	12,5	175	137	43 145	1 888	15,7
	5	8,69	6,82	33,5	11,1	1,96		16	222	174	53 959	2 361	15,6
	3,2	7,33	5,75	48,8	12,8	2,58		20	275	216	65 681	2 874	15,5
	4	9,06	7,11	59,1	15,5	2,55		25	339	266	79 415	3 475	15,3
76,1	5	11,2	8,77	70,9	18,6	2,52	508	30	402	316	92 173	4 034	15,1
	3,2	8,62	6,76	79,2	17,8	3,03		40	524	411	114 949	5 031	14,8
	4	10,7	8,38	96,3	21,7	3,00		50	639	502	134 375	5 881	14,5
	5	13,2	10,3	116	26,2	2,97		10	156	123	48 520	1 910	17,6
88,9	6	15,6	12,3	135	30,4	2,94	508	12,5	195	153	59 755	2 353	17,5
	6,3	16,3	12,8	140	31,5	2,93		16	247	194	74 909	2 949	17,4
	4	12,3	9,63	146	28,8	3,42		20	307	241	91 428	3 600	17,3
	5	15,2	11,9	177	34,9	3,39		25	379	298	110 918	4 367	17,1
101,6	6,3	18,9	14,8	215	42,3	3,38	508	30	451	354	129 173	5 086	16,9
	4	13,9	10,9	211	36,9	3,90		40	588	462	162 188	6 385	16,6
	5	17,2	13,5	257	45,0	3,87		50	719	565	190 885	7 515	16,3
	6,3	21,4	16,8	313	54,7	3,82		10	188	148	84 847	2 782	21,1
114,3	8	26,7	21,0	379	66,4	3,77	610	12,5	235	184	104 755	3 435	21,1
	4	17,1	13,4	393	56,2	4,80		16	299	234	131 781	4 321	21,0
	5	21,2	16,6	481	68,8	4,77		20	371	291	161 490	5 295	20,9
	6,3	26,4	20,7	589	84,3	4,72		25	459	361	196 906	6 456	20,7
139,7	8	31,1	26,0	720	103	4,66	610	30	547	429	230 476	7 557	20,5
	12,5	50,0	39,2	1 020	146	4,52		40	716	562	292 333	9 585	20,2
	5	25,7	20,1	856	102	5,78		50	880	691	347 570	11 396	19,9
	6,3	32,1	25,2	1 053	125	5,73		10	220	173	135 301	3 806	24,8
168,3	8	40,3	31,6	1 297	154	5,67	711	20	434	341	259 351	7 295	24,4
	10	49,7	39,0	1 564	186	5,61		25	539	423	317 357	8 927	24,3
	12,5	61,2	48,0	1 868	222	5,53		30	642	504	372 790	10 486	24,1
	6,3	33,9	26,6	1 250	141	6,07		40	843	662	476 242	13 396	23,8
177,8	8	42,7	33,5	1 541	173	6,01	711	50	1 038	815	570 312	16 043	23,4
	10	52,7	41,4	1 862	209	5,94		60	1 227	963	655 583	18 441	23,1
	12,5	64,9	51,0	2 230	251	5,86		10	236	185	167 028	4 386	26,6
	6,3	37,1	29,1	1 630	168	6,63		16	375	294	260 973	6 850	26,4
193,7	8	46,7	36,6	2 016	208	6,57	762	20	466	366	321 083	8 427	26,2
	10	57,7	45,3	2 442	252	6,50		25	579	454	393 461	10 327	26,1
	16	89,0	70,1	3 554	367	6,31		30	690	542	462 853	12 148	25,9
	6,3	42,1	33,1	2 386	218	7,53		40	907	712	593 011	15 565	25,6
219,1	8	53,1	41,6	2 960	270	7,47	813	50	1 118	878	712 207	18 693	25,2
	10	65,7	51,6	3 598	328	7,40		10	252	198	203 364	5 003	28,4
	16	102	80,1	5 297	483	7,20		16	401	314	318 222	7 828	28,2
	20	127	98,2	6 261	572	7,07		20	498	391	391 909	9 641	28,0
244,5	8	59,4	46,7	4 160	340	8,37	914	25	619	486	480 856	11 829	27,9
	10	73,7	57,8	5 073	415	8,30		30	738	579	566 374	13 933	27,7
	12,5	91,1	71,5	6 947	503	8,21		10	284	223	290 147	6 349	32,0
	16	115	90,2	7 533	616	8,10		16	451	354	455 142	9 959	31,8
273	20	141	111	8 957	733	7,97	1016	25	698	548	690 317	15 105	31,4
	25	172	135	10 517	860	7,81		30	833	656	814 775	17 829	31,3
	6,3	52,8	41,4	4 696	344	9,43		10	316	248	399 850	7 871	35,6
	8	66,6	52,3	5 852	429	9,37		16	503	395	628 479	12 372	35,4
323,9	10	82,6	64,9	7 154	524	9,31	1067	25	778	611	956 086	18 821	35,0
	12,5	102	80,3	8 697	637	9,22		30	929	729	1 130 352	22 251	34,9
	16	129	101	10 707	784	9,10		10	332	261	463 792	8 693	37,4
	20	159	125	12 798	938	8,97		16	528	415	729 600	13 676	37,0
355,6	25	195	153	15 127	1 108	8,81	1168	25	818	642	1 111 355	20 831	36,9
	8	79,4	62,3	9 910	612	11,2		30	977	767	1 314 864	24 646	36,7
	10	98,6	77,4	12 158	751	11,1		10	364	286	609 843	10 443	40,9
	12,5	122	96,0	14 847	917	11,0		16	579	455	960 774	16 452	40,7
355,6	16	155	121	18 390	1 136	10,9	1219	25	898	705	1 466 717	25 115	40,4
	20	191	150	22 139	1 367	10,8		10	380	298	694 014	11 387	42,7
	25	235	184	26 400	1 630	10,6		16	605	475	1 094 091	17 951	42,5
	8	87,4	68,6	13 201	742	12,3		25	938	736	1 671 873	27 430	42,2
355,6	10	109	85,2	16 223	912	12,2							

Plastische Schnittgrößen – Zusätzliche Rechenwerte													
	T mm	M_{pl} kNm	W_{pl} cm ³	I_T cm ⁴	C_I cm ³		T mm	M_{pl} kNm	W_{pl} cm ³	I_T cm ⁴	C_I cm ³		
○	Kreisförmige-Hohlprofile (warm- und kaltgefertigt)												
33,7	2,6	0,60	2,52	6,19	3,67	355,6	12,5	353	1 472	39 704	2 233	355,6	12,5
	3,2	0,72	2,99	7,21	4,28		16	443	1 847	49 326	2 774		16
	4	0,85	3,55	8,38	4,97		20	541	2 255	59 583	3 351		20
42,4	2,6	0,99	4,12	12,9	6,10	406,4	10	377	1 572	48 952	2 409	406,4	10
	3,2	1,18	4,93	15,2	7,19		12,5	466	1 940	60 061	2 956		12,5
	4	1,42	5,92	18,0	8,48		16	586	2 440	74 898	3 686		16
48,3	2,6	1,31	5,44	19,6	8,10	457	20	717	2 989	90 864	4 472	457	20
	3,2	1,66	6,52	23,2	9,59		25	874	3 642	109 404	5 384		25
	4	1,89	7,87	27,5	11,4		30	1 022	4 259	126 447	6 223		30
60,3	3,2	2,50	10,4	48,9	15,6	457	40	1 294	5 391	156 373	7 696	457	40
	4	3,05	12,7	56,3	18,7		10	480	1 998	70 183	3 071		10
	5	3,67	15,3	67,0	22,2		12,5	593	2 470	86 290	3 776		12,5
76,1	3,2	4,08	17,0	97,6	25,6	457	16	747	3 113	107 919	4 723	457	16
	4	4,99	20,8	118	31,0		20	917	3 822	131 363	5 749		20
	5	6,07	25,3	142	37,3		25	1 121	4 671	158 830	6 951		25
88,9	3,2	5,64	23,5	158	35,6	508	30	1 315	5 479	184 346	8 068	508	30
	4	6,94	28,9	193	43,3		40	1 674	6 977	229 898	10 061		40
	5	8,45	35,2	233	52,4		50	1 790	8 324	268 750	11 761		50
101,6	6	9,91	41,3	270	60,7	508	10	595	2 480	97 040	3 820	508	10
	6,3	10,3	43,1	280	63,1		12,5	737	3 070	119 511	4 705		12,5
	4	9,14	38,1	293	57,6		16	930	3 874	149 818	5 898		16
114,3	5	11,2	46,7	355	69,9	508	20	1 144	4 766	182 856	7 199	508	20
	6,3	13,8	57,3	430	84,7		25	1 401	5 837	221 837	8 734		25
	4	11,7	48,7	422	73,9		30	1 674	6 864	258 346	10 171		30
139,7	5	14,4	59,8	514	89,9	508	40	2 108	8 762	324 376	12 771	508	40
	6,3	17,7	73,6	625	109		50	2 264	10 530	381 770	15 030		50
	8	21,7	90,6	759	133		12,5	10	864	3 600	169 693		5 564
168,3	4	17,7	73,7	786	112	508	12,5	1 071	4 463	209 509	6 869	508	12,5
	5	21,8	90,8	961	138		16	1 355	5 647	263 563	8 641		16
	6,3	26,9	112	1 177	169		20	1 672	6 965	322 979	10 589		20
177,8	8	33,4	139	1 441	206	508	25	2 055	8 561	393 813	12 912	508	25
	12,5	48,7	203	2 040	292		30	2 424	10 101	460 952	15 113		30
	5	31,9	133	1 712	203		40	2 124	13 017	584 666	19 169		40
193,7	6,3	39,6	165	2 107	250	508	50	3 380	15 722	695 140	22 791	508	50
	8	49,4	206	2 595	308		10	1 179	4 914	270 603	7 612		10
	10	60,2	251	3 128	372		20	2 292	9 552	518 702	14 591		20
219,1	12,5	73,0	304	3 737	444	508	25	2 825	11 770	634 715	1 785	508	25
	6,3	44,4	185	2 499	281		30	3 341	13 922	745 580	20 973		30
	8	55,4	231	3 083	347		40	4 327	18 031	952 485	26 793		40
244,5	10	67,7	282	3 724	419	508	50	4 706	21 888	1 140 623	32 085	508	50
	12,5	82,1	342	4 460	502		60	5 483	25 500	1 311 166	36 882		60
	6,3	53,0	221	3 260	337		10	1 357	5 655	334 057	8 768		10
273	8	66,2	276	4 031	416	508	16	2 137	8 906	521 947	13 699	508	16
	10	81,1	338	4 883	504		20	2 643	11 014	642 166	16 855		20
	16	122	507	7 109	734		25	3 260	13 584	786 922	20 654		25
323,9	16	122	507	7 109	734	508	30	3 860	16 084	925 706	24 297	508	30
	6,3	68,4	285	4 772	436		40	5 010	20 873	1 186 021	31 129		40
	8	85,7	357	5 919	540		50	5 459	25 389	1 424 414	37 386		50
355,6	10	438	105	7 197	657	508	10	1 548	6 448	406 728	10 006	508	10
	16	159	661	10 593	967		16	2 440	10 165	636 443	15 657		16
	20	191	795	12 523	1 143		20	3 019	12 580	783 819	19 282		20
355,6	6,3	85,9	358	6 692	547	508	25	3 727	15 529	961 713	23 658	508	25
	8	108	448	8 321	681		30	4 416	18 402	1 132 748	27 866		30
	10	132	550	10 146	830		10	1 961	8 172	580 294	12 698		10
355,6	12,5	162	673	12 295	1 006	508	16	3 097	12 904	910 284	19 919	508	16
	16	201	837	15 066	1 232		25	4 743	19 763	1 380 634	30 211		25
	20	243	1 011	17 914	1 465		30	5 629	23 453	1 629 550	35 658		30
355,6	25	290	1 210	21 034	1 721	508	10	2 429	10 121	799 699	15 742	508	10
	6,3	108	448	9 392	688		16	3 840	16 001	1 256 959	24 743		16
	8	135	562	11 703	857		25	5 894	24 557	1 912 173	37 641		25
355,6	10	166	692	14 308	1 048	508	30	7 002	29 175	2 260 704	44 502	508	30
	12,5	204	849	17 395	1 274		10	2 682	11 173	927 585	17 387		10
	16	254	1 058	21 414	1 569		16	4 242	17 675	1 459 213	27 352		16
355,6	20	308	1 283	25 597	1 875	508	25	6 516	27 149	2 222 711	41 663	508	25
	25	370	1 543	30 234	2 216		30	7 745	32 270	2 629 727	49 292		30
	8	192	799	19 820	1 224		10	3 218	13 410	1 219 686	20 885		10
355,6	10	237	986	24 317	1 501	508	16	5 096	21 235	1 921 547	32 903	508	16
	12,5	291	1 213	29 693	1 833		25	7 840	32 666	2 933 434	50 230		25
	16	364	1 518	36 780	2 271		10	3 508	14 617	1 388 029	22 773		10
355,6	20	444	1 850	44 278	2 734	508	16	5 558	23 157	2 188 123	35 901	508	16
	25	537	2 239	52 800	3 260		25	8 555	35 646	3 343 746	54 860		25
	8	232	967	26 403	1 485								
355,6	10	287	1 195	32 447	1 825								