



**ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ
ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΕΣ
EN1993-1-1, EN1993-1-8 και EN1998-1**

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	Κοινοί χάλυβες – Λεπτόκοκκοι χάλυβες			
S 235	235	360	215	360
S 275	275	390	245	370
S 355	355	490	325	470
S 420	420	510	390	490
S 460	460	540	410	510

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

ν = 0.3 λόγος Poisson στην ελαστική περιοχή

α_t = 12 · 10⁻⁶ / °C συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής (για T ≤ 100 °C)

γ = 78,5 kN/m³ ειδικό βάρος

ρ = 7850 kg/m³ πυκνότητα

Συντελεστές ασφάλειας για κτιριακά έργα:

γ_{M0} = 1,00

γ_{M1} = 1,00

γ_{M2} = 1,25

1.2 Κατάταξη διατομών

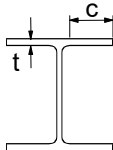
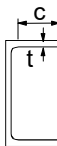
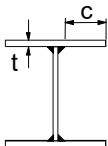
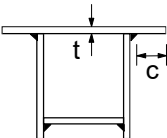
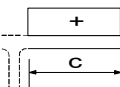
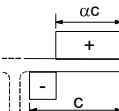
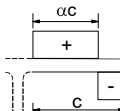
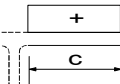
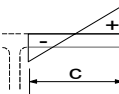
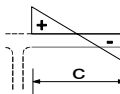
Κατάταξη εσωτερικών ελασμάτων (EN1993-1-1 §5.5, Πίν. 5.2a)

Εσωτερικά θλιβόμενα τμήματα (α)						
				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	$c/t \leq 72 \cdot \epsilon$	$c/t \leq 28 \cdot \epsilon$	$\text{όταν } a > 0,5 : c/t \leq \frac{126 \cdot \epsilon}{5,5 \cdot a - 1}$ $\text{όταν } a \leq 0,5 : c/t \leq \frac{36 \cdot \epsilon}{a}$			
2	$c/t \leq 83 \cdot \epsilon$	$c/t \leq 34 \cdot \epsilon$	$\text{όταν } a > 0,5 : c/t \leq \frac{188 \cdot \epsilon}{6,53 \cdot a - 1}$ $\text{όταν } a \leq 0,5 : c/t \leq \frac{41,5 \cdot \epsilon}{a}$			
Κατανομή τάσεων στα τμήματα (θλίψη θετική)						
3	$c/t \leq 121 \cdot \epsilon$	$c/t \leq 38 \cdot \epsilon$	$\psi > -1 : c/t \leq \frac{38 \cdot \epsilon}{0,608 + 0,343 \cdot \psi + 0,049 \cdot \psi^2}$ $\psi \leq -1^{(B)} : c/t \leq 60,5 \cdot \epsilon \cdot (1 - \psi)$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f _y	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

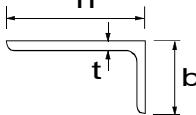
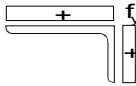
(α) Για κοίλες ορθογωνικές διατομές λαμβάνεται: c = b - 3·t ή c = h - 3·t, ανάλογα τον άξονα κάμψης.

(β) Η τιμή ψ ≤ -1 και η θλιπτική τάση σ_{com,Ed} = f_y εφαρμόζεται όπου η εφελκυστική παραμόρφωση ε_ε > 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, κοίλων κυκλικών και ελλειπτικών διατομών (EN1993-1-1 §5.5, Πίν. 5.2γ)

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

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

Κοίλες κυκλικές και ελλειπτικές διατομές

Κατηγορία	Διατομή σε θλίψη	Διατομή σε κάμψη	Διατομή σε κάμψη και θλίψη
1	$d_e / t \leq 50 \cdot \epsilon^2$	$d_e / t \leq 50 \cdot \epsilon^2$	$d_e / t \leq 50 \cdot \epsilon^2$
2	$d_e / t \leq 70 \cdot \epsilon^2$	$d_e / t \leq 70 \cdot \epsilon^2$	$d_e / t \leq 70 \cdot \epsilon^2$
3	$d_e / t \leq 90 \cdot \epsilon^2$	$d_e / t \leq 140 \cdot \epsilon^2$	$d_e / t \leq 2520 \cdot \epsilon^2 / (5 \cdot \psi + 23)$

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ: Για διατομές κατηγορίας 4 βλέπε EN 1993-1-6.

Για κυκλικές διατομές λαμβάνεται $d_e = d$.

Για ελλειπτικές διατομές ισχύουν ειδικές διατάξεις. Για θλίψη, συντηρητικά λαμβάνεται $d_e = h^2/b$.

$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	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:

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

2.2 Εφελκυσμός (EN1993-1-1 §6.2.3):

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

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

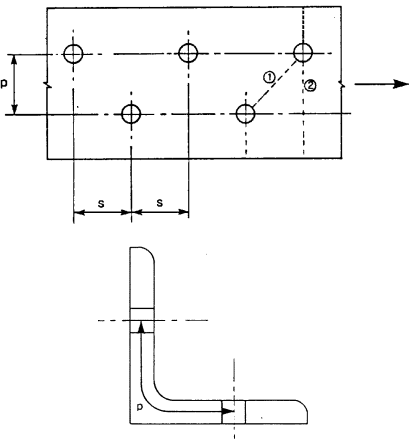
$$N_{t,Rd} = N_{net,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{Y_{M0}} \quad \text{για συνδέσεις κατηγορίας C κατά EN1993-1-8 (ανθεκτικές έναντι ολίσθησης στην ΟΚΑ)}$$

Ο συντελεστής k λαμβάνεται ίσος με 1,0 για λείες οπές και 0,9 για τραχείες οπές ή κατασκευές που μπορεί να εκδηλωθεί κόπωση.

Επιπλέον, όπου απαιτείται πλαστική συμπεριφορά, πρέπει να ικανοποιείται το κριτήριο πλαστιμότητας:

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

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_1 οπές με m διαγωνίους:
 $A_{net} = \left(b - n_1 \cdot d_0 + \sum_m \frac{s^2}{4 \cdot p} \right) \cdot t$

Για n_2 οπές σε μία διατομή:
 $A_{net} = (b - n_2 \cdot d_0) \cdot t$

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

Αριθμός κοχλιών	1	≥ 2
$N_{u,Rd}$	$\frac{2,0 \cdot (e_2 - 0,5 \cdot d_0) \cdot t \cdot f_u}{Y_{M2}}$	$\min \left(\frac{0,75 \cdot A_{net} \cdot f_u}{Y_{M2}}; V_{eff,1,Rd} \right)$

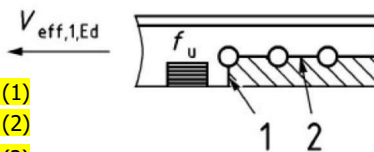
Αντοχή γωνιακού έναντι απόσχισης (ειδική περίπτωση της §5.5):

$$V_{eff,1,Rd} = \left[A_{nt} \cdot f_u + \frac{\min(A_{gv} \cdot f_y; A_{nv} \cdot f_u)}{\sqrt{3}} \right] / Y_{M2}$$

όπου A_{nt} η καθαρή επιφάνεια που υπόκειται σε εφελκυσμό (1)

A_{nv} η καθαρή επιφάνεια που υπόκειται σε διάτμηση (2)

A_{gv} η πλήρης επιφάνεια που υπόκειται σε διάτμηση (2)



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):

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

Οπές κοχλιών κανονικών διαστάσεων στη θλιβόμενη ζώνη δε χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη, εφόσον τοποθετούνται οι αντιστοιχούντες κοχλίες. Οπές κοχλιών στην εφελκυσμένη 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	$\max \left\{ A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f; \eta \cdot h_w \cdot t_w \right\}$
Ελατές διατομές U		$A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + r) \cdot t_f$
Ελατές διατομές T		$A - b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot (t_f/2)$
Συγκολλητές διατομές I και H, Κιβωτοποιειδείς διατομές	Φορτίο παράλληλο στα πέλματα	$\eta \cdot \sum (h_w \cdot t_w)$
Ελατές διατομές I και H		$2 \cdot b \cdot t_f$
Συγκολλητές διατομές I, H και U, Κιβωτοποιειδείς 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		$2 \cdot A / \pi$
Ελλειπτικές διατομές		$2 \cdot (b - t) \cdot t \quad \text{ή} \quad 2 \cdot (h - t) \cdot t$
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 ($= \min \cdot t_w$, για μη σταθερό πάχος κορμού).
 $\eta = 1,0$ συντηρητικά (ακριβής υπολογισμός σύμφωνα με EN1993-1-5)

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 I- ή H- 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):

$$T_{Ed} \leq T_{Rd}$$

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

T_{Rd} η αντοχή της διατομής σε στρέψη

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

όπου: $T_{t,Ed}$ η εσωτερική ροπή στρέψης κατά Saint Venant (καθαρή στρέψη)

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

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

Οι μέγιστες διατμητικές τάσεις κλειστών μονοκυκλικών διατομών μπορούν να υπολογιστούν από τον

$$1^\circ \text{ τύπου του Bredt : } \max \tau_{t,Ed} = \frac{T_{t,Ed}}{2 \cdot A_m \cdot \min t_i}$$

όπου: $T_{t,Ed}$ 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 I ή H διατομή:	$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{T_{t,Ed}}{1,25 \cdot (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}}} \cdot V_{pl,Rd}$
- για διατομή U:	$V_{pl,T,Rd} = \left[\sqrt{1 - \frac{T_{t,Ed}}{1,25 \cdot (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}}} - \frac{T_{w,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$
- για κοίλη διατομή:	$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{T_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$

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 $M_{y,Rd}$	$\rho = \left(\frac{2 \cdot V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$

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

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

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):

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

Διατομές διπλής συμμετρίας σχήματος I και H, ή άλλες διατομές με πέλματα:

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

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

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

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

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

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 κιβωτιοειδείς διατομές με ίσα πέλματα και ίσους κορμούς

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

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

$$\text{Κοίλες κυκλικές διατομές: } M_{N,y,Rd} = M_{N,z,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot \left[1 - (N_{Ed} / N_{pl,Rd})^{1,7} \right]$$

$$\text{Διαξονική κάμψη: } \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1$$

- I και H διατομές: $\alpha = 2 \quad \beta = \max \{ 5 \cdot n ; 1 \}$
- Κοίλες κυκλικές διατομές: $\alpha = 2 \quad \beta = 2$
- Κοίλες ορθογωνικές διατομές: $\alpha = \beta = \min \{ 1,66 / (1 - 1,13 \cdot n^2) ; 6 \}$
- Συμπαγείς ορθογωνικές διατομές και ελάσματα: $\alpha = \beta = 1,73 + 1,8 \cdot n^3$
- Συντηρητικά μπορεί να ληφθεί: $\alpha = \beta = 1$

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

σ_{x,Ed} ≤ f_y/γ_{M0}

Η σ_{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):

σ_{x,Ed} ≤ f_y/γ_{M0}

Η σ_{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:

(N_{Ed} / (A_{eff} · f_y/γ_{M0})) + (M_{y,Ed} + N_{Ed} · e_{Ny} / (W_{eff,y,min} · f_y/γ_{M0})) + (M_{z,Ed} + N_{Ed} · e_{Nz} / (W_{eff,z,min} · f_y/γ_{M0})) ≤ 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} ≤ N_{b,Rd} με N_{b,Rd} = { (X · f_y · A) / γ_{M1} για διατομές κατηγορίας 1, 2 και 3
(X · f_y · A_{eff}) / γ_{M1} για διατομές κατηγορίας 4

Μειωτικός συντελεστής λυγισμού: χ = 1 / (Φ + √(Φ² - λ̄²)) ≤ 1,0 με Φ = 0,5 · [1 + α · (λ̄ - 0,2) + λ̄²]

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

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

Ανηγγμένη λυγρότητα:

λ̄ = (A · f_y / N_{cr}) = (L_{cr} / i) · (1 / λ₁) για διατομές κατηγορίας 1, 2, 3

λ̄ = (A_{eff} · f_y / N_{cr}) = (L_{cr} / i) · (√(A_{eff} / A) / λ₁) για διατομές κατηγορίας 4

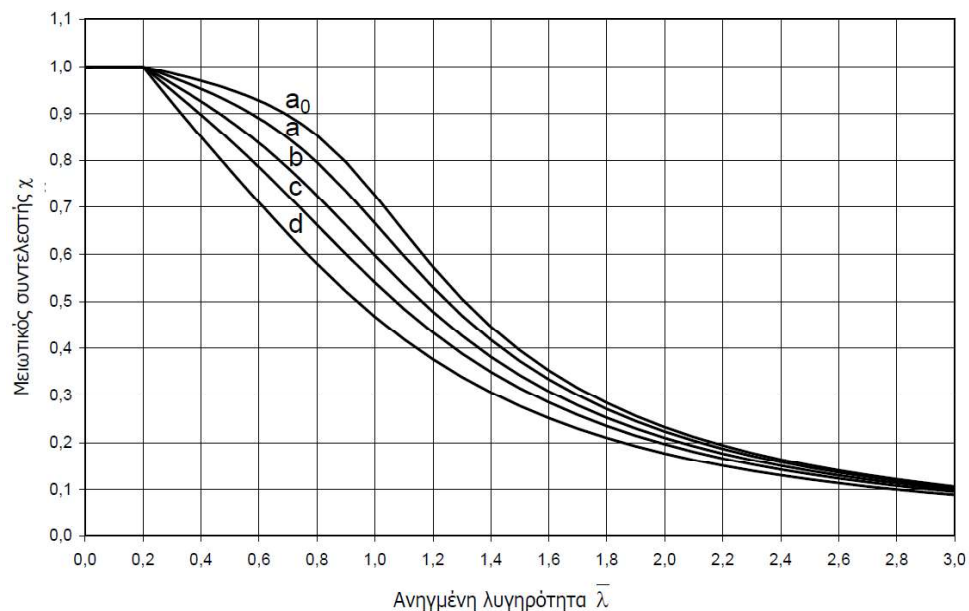
N_{cr} = (π² · E · I) / L_{cr}² λ₁ = π · √(E / f_y) = 93,9 · ε ε = √(235 / f_y [MPa]) i = √(I / A)

Αν λ̄ ≤ 0,2 ή N_{Ed} / N_{cr} ≤ 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 έως και S700
	h/b > 1,2	t _f ≤ 40 mm	y-y z-z	a b
		t _f > 40 mm t _f ≤ 100 mm	y-y z-z	b c
	h/b ≤ 1,2	t _f ≤ 100 mm	y-y z-z	b c
		t _f > 100 mm	y-y z-z	d c
	t _f ≤ 40 mm		y-y z-z	b c
	t _f > 40 mm		y-y z-z	c d
	Εν θερμώ έλαση		Κάθε	a
	Ψυχρή έλαση		Κάθε	c
	Γενικά (εκτός των κατωτέρω)		Κάθε	b
	Μεγάλα πάχη ραφής: a > 0,5 · t _f b/t _f < 30 h/t _w < 30		Κάθε	c
	U-, T- και συμπαγείς διατομές		Κάθε	c
	Ελατός		Κάθε	b
	Συγκολλητές		Κάθε	c

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

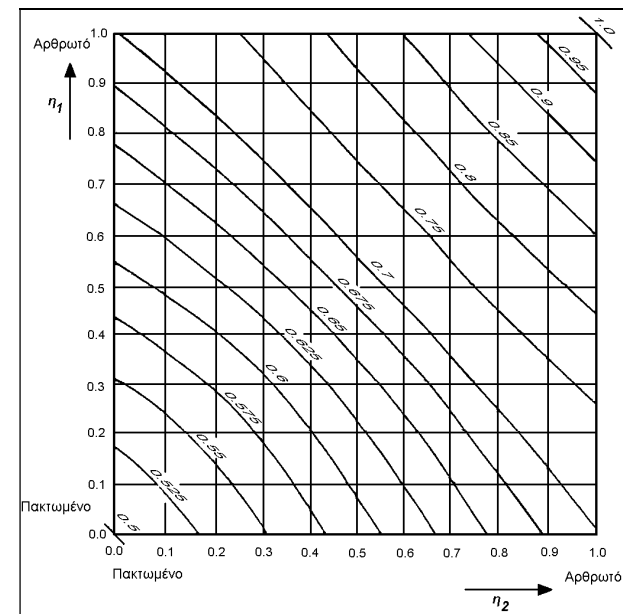
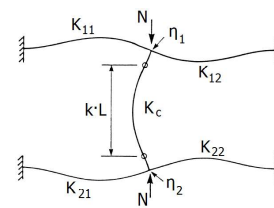


Λόγος μήκους λυγισμού προς γεωμετρικό μήκος για υποστυλώματα με αμετάθετα άκρα (ENV1993-1-1/1992 Σχ. E.2.1 και E.2.3a):

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

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

όπου $K_i = I_i/L_i$



3.1.2 Μήκος λυγισμού μεμονωμένων υποστυλωμάτων

Μήκος λυγισμού $L_{cr} = k \cdot L$

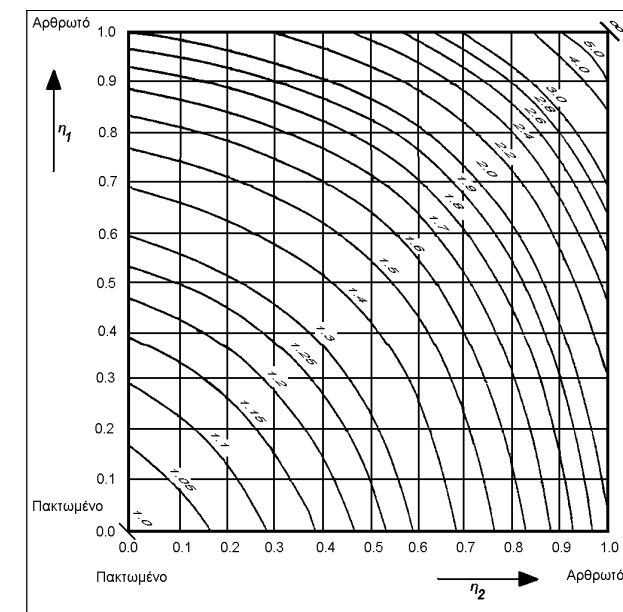
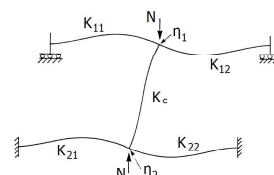
Μορφές λυγισμού χαρακτηριστικών τύπων υποστυλωμάτων						
Θεωρητικές τιμές k	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Συνθήκες στηρίξεως			άστρεπτα αμετάθετα			
			στρεπτά αμετάθετα			
			άστρεπτα μεταθετά			

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 $K_i = I_i/L_i$



3.1.3 Μήκος λυγισμού συνεχών υποστυλωμάτων που ανήκουν σε πλαίσια

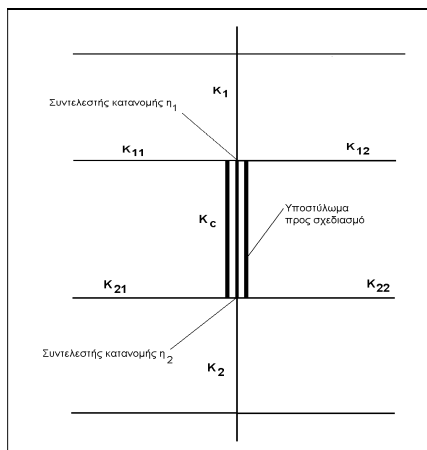
Συντελεστές κατανομής για συνεχή υποστυλώματα

(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	$h/b_{min} \leq 2$ $h/b_{min} > 2$	a b
Συγκολλητές διατομές I	$h/b_{min} \leq 2$ $h/b_{min} > 2$	c d
b_{min}: πλάτος μικρότερου πέλματος, ανεξάρτητα αν θλιβεται ή εφελκύεται		
Άλλες διατομές	-	d

Ανηγμένη λυγρότητα:

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

3.2.2 Κρίσιμη ελαστική ροπή

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

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(k \cdot L)^2} \cdot \left\{ \left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k \cdot L)^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_1)^2 \right]^{0.5} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_1) \right\} \quad (\text{εξ. F.2})$$

Διατομή με δύο άξονες συμμετρίας ($z_1 = 0$):

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

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. Η απόσταση z_1 ορίζεται στη συνέχεια.

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
	$\psi = +3/4$ 	1,0 0,7 0,5	1,141 1,270 1,305	—	0,998 1,565 2,283
	$\psi = +1/2$ 	1,0 0,7 0,5	1,323 1,473 1,514	—	0,992 1,556 2,271
	$\psi = +1/4$ 	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
	$\psi = -1/4$ 	1,0 0,7 0,5	2,281 2,538 2,609	—	0,855 1,340 1,957
	$\psi = -1/2$ 	1,0 0,7 0,5	2,704 3,009 3,093	—	0,676 1,059 1,546
	$\psi = -3/4$ 	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

Για $k = 1$: $C_1 = 1,88 - 1,40 \cdot \psi - 0,52 \cdot \psi^2 \leq 2,70$

Για διατομές διπλής συμμετρίας είναι $z_j = 0$.

Για διατομές διπλού ταυ με άνισα πέλματα (συμμετρία) είναι (Διάλεξη 10 θεωρίας):

$$\beta_f = \frac{I_{fc}}{I_{fc} + I_{ft}}$$

$$\begin{cases} \text{Αν } \beta_f > 0,5 \rightarrow z_j = 0,8 \cdot \frac{(2 \cdot \beta_f - 1) \cdot h_s}{2} \\ \text{Αν } \beta_f < 0,5 \rightarrow z_j = 1,0 \cdot \frac{(2 \cdot \beta_f - 1) \cdot h_s}{2} \end{cases}$$

όπου: I_{fc} : ροπή αδράνειας θλιβόμενου πέλματος ως προς τον ασθενή άξονα της διατομής.

I_{ft} : ροπή αδράνειας εφελκυσμένου πέλματος ως προς τον ασθενή άξονα της διατομής.

h_s : απόσταση μεταξύ των κέντρων διάτμησης των πελμάτων.

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) [υπό κατάργηση/τροποποίηση]

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

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

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

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

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

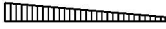
Για να ληφθεί υπόψη η κατανομή της ροπής μεταξύ των πλευρικών στηρίξεων των μελών, ο μειωτικός συντελεστής χ_{LT} λαμβάνεται:

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

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

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):

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

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

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)			

Οι συντελεστές αλληλεπίδρασης k_{ij} υπολογίζονται σύμφωνα με τους ακόλουθους πίνακες (EN1993-1-1 §8.3.3).

Πίνακας 8.7^(EN1993-1-1): Συντελεστές αλληλεπίδρασης k_{yy}

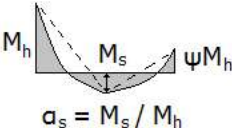
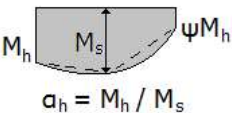
Πλαστικές ιδιότητες διατομής Κατηγορία 1, 2 ή 3 (με ελαστοπλαστικό W_{ep})	Ελαστικές ιδιότητες διατομής Κατηγορία 3 (με W_{el}) ή 4
Για $\bar{\lambda}_y < 1,0$: $k_{yy} = C_{my} \cdot [1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot n_y]$	Για $\bar{\lambda}_y < 1,0$: $k_{yy} = C_{my} \cdot [1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot n_y]$
Για $\bar{\lambda}_y \geq 1,0$: $k_{yy} = C_{my} \cdot [1 + 0,8 \cdot n_y]$	Για $\bar{\lambda}_y \geq 1,0$: $k_{yy} = C_{my} \cdot [1 + 0,6 \cdot n_y]$
$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz}$ (βλ. Πίν. 8.8)	$k_{yz} = k_{zz}$ (βλ. Πίν. 8.8)

Πίνακας 8.8^(EN1993-1-1): Συντελεστές αλληλεπίδρασης k_{zy} και k_{zz}

Συντελεστές αλληλεπίδρασης	Τύπος διατομών	Πλαστικές ιδιότητες διατομής Κατηγορία 1, 2 ή 3 (με ελαστοπλαστικό W_{ep})	Ελαστικές ιδιότητες διατομής Κατηγορία 3 (με W_{el}) ή 4
k_{zy}	μη ευπαθείς έναντι ΣΚΛ	$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy}$ (βλ. Πίν. 8.7)	$k_{zy} = 0,8 \cdot k_{yy}$ (βλ. Πίν. 8.7)
	ευπαθείς έναντι ΣΚΛ	Για $\bar{\lambda}_z < 1,0$: $k_{zy} = 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot n_z}{C_{mLT} - 0,25}$ Αλλά: $k_{zy} \leq 0,6 + \bar{\lambda}_z$ για $\bar{\lambda}_z < 0,4$ Για $\bar{\lambda}_z \geq 1,0$: $k_{zy} = 1 - \frac{0,1 \cdot n_z}{C_{mLT} - 0,25}$	Για $\bar{\lambda}_z < 1,0$: $k_{zy} = 1 - \frac{0,05 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot n_z}{C_{mLT} - 0,25}$ Για $\bar{\lambda}_z \geq 1,0$: $k_{zy} = 1 - \frac{0,05 \cdot n_z}{C_{mLT} - 0,25}$
	διατομές I	Για $\bar{\lambda}_z < 1,0$: $k_{zz} = C_{mz} \cdot [1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot n_z]$ Για $\bar{\lambda}_z \geq 1,0$: $k_{zz} = C_{mz} \cdot (1 + 1,4 \cdot n_z)$	Για $\bar{\lambda}_z < 1,0$: $k_{zz} = C_{mz} \cdot (1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot n_z)$ Για $\bar{\lambda}_z \geq 1,0$: $k_{zz} = C_{mz} \cdot (1 + 0,6 \cdot n_z)$
k_{zz}	κοίλες, κυκλικές, ορθογωνικές ή ελλειπτικές διατομές	Για $\bar{\lambda}_z < 1,0$: $k_{zz} = C_{mz} \cdot [1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot n_z]$ Για $\bar{\lambda}_z \geq 1,0$: $k_{zz} = C_{mz} \cdot (1 + 0,8 \cdot n_z)$	Για $\bar{\lambda}_z < 1,0$: $k_{zz} = C_{mz} \cdot (1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot n_z)$ Για $\bar{\lambda}_z \geq 1,0$: $k_{zz} = C_{mz} \cdot (1 + 0,6 \cdot n_z)$

Στα παραπάνω ορίζονται οι συντελεστές: $n_y = \frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}$ $n_z = \frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}$

Πίνακας 8.9^(EN1993-1-1): Συντελεστές ισοδύναμης ροπής C_m

Διάγραμμα ροπής	Περιοχή	C_{my} και C_{mz} και C_{mLT}		
		Ομοιόμορφο φορτίο	Συγκεντρωμένο φορτίο	
	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,6 + 0,4 \cdot \psi \geq 0,4$		
	$0 \leq a_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8 \cdot a_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8 \cdot a_s \geq 0,4$
	$-1 \leq a_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8 \cdot a_s \geq 0,4$	$-0,8 \cdot a_s \geq 0,4$
	$0 \leq a_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05 \cdot a_h$	$0,90 + 0,10 \cdot a_h$
		$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05 \cdot a_h$	$0,90 + 0,10 \cdot a_h$
	$-1 \leq a_h < 0$	$-1 \leq \psi < 0$	$0,1 \cdot (1 - \psi) - 0,8 \cdot a_s \geq 0,4$	$-0,2 \cdot \psi - 0,8 \cdot a_s \geq 0,4$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05 \cdot a_h \cdot (1 + 2 \cdot \psi)$	$0,90 - 0,10 \cdot a_h \cdot (1 + 2 \cdot \psi)$
Για μέλη με λυγισμό από μετάθεση ο συντελεστής ισοδύναμης ομοιόμορφης ροπής 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 ροπών μεταξύ των αντίστοιχων πλευρικά στηριζόμενων σημείων ως εξής:				
συντελεστής ροπής	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 κοχλιών – Γεωμετρικές απαιτήσεις

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

Κατηγορία κοχλία	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

Κοχλίες υψηλής αντοχής

Χαρακτηριστικά κοχλιών:

M	d [mm]	d _m [mm]	p [mm]	A [mm ²]	A _s [mm ²]	A ₁ [mm ²]	d ₀ [mm]
12	12	20,5	1,75	113	84,3	76,3	d + 1
16	16	26	2	201	157	144	d + 2
20	20	32,5	2,5	314	245	225	
22	22	34,5	2,5	380	303	282	
24	24	39	3	452	353	324	
27	27	44	3	573	459	427	d + 3
30	30	49,5	3,5	707	561	519	
36	36	59,5	4	1018	817	759	
$\delta\text{που: } A_s = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \quad \eta \quad A_s = \frac{\pi \cdot (d - 0,94 \cdot p)^2}{4} \quad \text{και} \quad d_s = \frac{d_1 + d_2}{2}$							
Η μέση διάμετρος της κεφαλής του κοχλίου d _m είναι ενδεικτική καθώς μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την ποιότητα και τις προδιαγραφές των κοχλιών.							

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

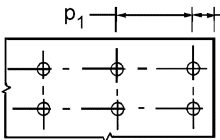
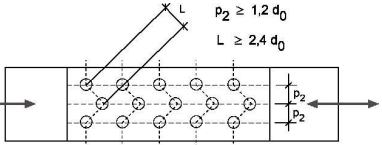
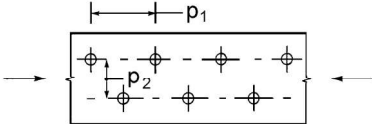
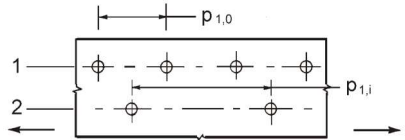
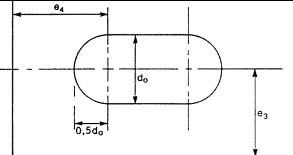
Ονομαστική διάμετρος κοχλία	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	≥M27	
Κανονικές οπές	1		2					3	
Υπερμεγέθεις οπές	3		4					6	8
Επιμήκεις οπές μικρού μήκους	4		6					8	10
Επιμήκεις οπές μεγάλου μήκους	1,5·d (ή και περισσότερο)								
Οπές αγκυρίων θεμελίωσης	1,5·d								
Για επιμήκεις οπές, οι ονομαστικές 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). Σε περίπτωση που απαιτείται πλαστική απόκριση της κοχλίωσης πρέπει να τηρείται το κριτήριο πλαστιμότητας: $F_{b,Rd} \leq F_{v,Rd}$

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 εφελκυσμένα στοιχεία	
$p_1, p_2 \leq \min\{14 \cdot t; 200 \text{ mm}\}$		1 εξωτ. γραμμή: $p_{1,0} \leq \min\{14 \cdot t; 200 \text{ mm}\}$ 2 εσωτ. γραμμή: $p_{1,i} \leq \min\{28 \cdot t; 400 \text{ mm}\}$	
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 εφελκυσμένα 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 κοχλίωσης 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 Σχ3.1β).

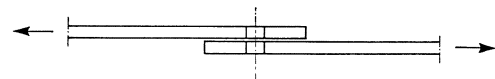
5.2 Αντοχή κοχλιώσεων σε διάτμηση και εφελκυσμό

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	$F_{v,Rd} = \frac{a_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$ $a_v = 0,6$ για κατηγορίες 4.6, 5.6 και 8.8 $a_v = 0,5$ για κατηγορίες 4.8, 5.8, 6.8 και 10.9
Αντοχή σε σύνθλιψη άντυνας ¹⁾	$F_{b,Rd} = \frac{k_m \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$ Για τελευταία σειρά κοχλιών κατά τη διεύθυνση του φορτίου: $a_b = \min \left\{ \frac{e_1}{d_0} ; 3 \cdot \frac{f_{ub}}{f_u} ; 3,0 \right\}$ Για εσωτερική σειρά κοχλιών κατά τη διεύθυνση του φορτίου: $a_b = \min \left\{ \frac{p_1}{d_0} - \frac{1}{2} ; 3 \cdot \frac{f_{ub}}{f_u} ; 3,0 \right\}$ $k_m = \begin{cases} 0,9 & \rightarrow \text{Για χάλυβα ελάσματος S460 και άνω} \\ 1,0 & \rightarrow \text{Για χάλυβες ελάσματος χαμηλότερης ποιότητας} \end{cases}$ Για ακραίους κοχλίες, η αντοχή δεν θα υπερβαίνει την οριακή τιμή: $F_{b,Rd} \leq N_{u,Rd} = \frac{2,0 \cdot (e_2 - 0,5 \cdot d_0) \cdot f_u \cdot t}{\gamma_{M2}}$
Αντοχή σε εφελκυσμό	$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$
Αντοχή σε διάτμηση	$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot n \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$
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 περίπτωση ενός μοναδικού κοχλία ή κοχλιών σε μη κανονικές οπές πρέπει να τροποποιείται σύμφωνα με τις ακόλουθες διατάξεις.	

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

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

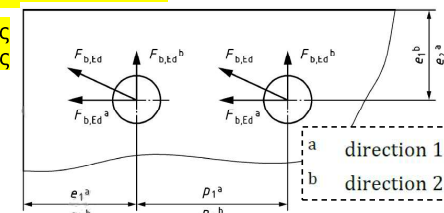


Σε επιμήκειες οπές, όπου ο διαμήκης άξονας της οπής είναι κάθετος στη διεύθυνση μεταφοράς του φορτίου, λαμβάνεται:

$$k_b = \begin{cases} 0,9 & \rightarrow \text{Για επιμήκειες οπές μικρού μήκους} \\ 0,375 \cdot a_b + 0,15 \leq 0,9 & \rightarrow \text{Για επιμήκειες οπές μήκους έως } 2,5 \cdot d \\ 0,375 \cdot a_b \leq 0,9 & \rightarrow \text{Για επιμήκειες οπές μήκους έως } 3,5 \cdot d \end{cases}$$

Όταν το φορτίο σε έναν κοχλία δεν είναι παράλληλο προς την ακμή του μέλους, η αντοχή σε σύνθλιψη άντυνας πρέπει να ικανοποιεί την ακόλουθη συνθήκη:

$$\left[\frac{F_{b,Ed}^{(1)}}{F_{b,Rd}^{(1)}} \right]^2 + \left[\frac{F_{b,Ed}^{(2)}}{F_{b,Rd}^{(2)}} \right]^2 \leq 1$$

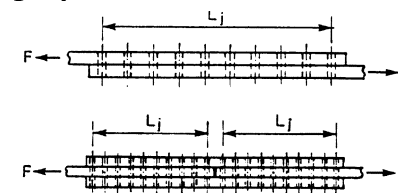


5.3 Συνδέσεις μεγάλου μήκους (EN 1993-1-8 §3.8)

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

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 : αμβολισμένες μεταλλικές επιφάνειες	0,50
B : γαλβανισμένες επιφάνειες σε πάχος 50-80 mm	0,40
C : επιφάνειες καθαρισμένες με συρματόβουρτσα ή φλογοβολή	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.

Για ομάδα κοχλίων στην οποία ο εφελκυσμός ασκείται ομοιόμορφα στην αντίστοιχη επιφάνεια:	Για ομάδα κοχλίων στην οποία ο εφελκυσμός δεν ασκείται ομοιόμορφα στην αντίστοιχη επιφάνεια:
$V_{eff,1,Rd} = \left[A_{nt} \cdot f_u + \frac{\min(A_{gv} \cdot f_y; A_{nv} \cdot f_u)}{\sqrt{3}} \right] / \gamma_{M2}$	$V_{eff,1,Rd} = \left[0,5 \cdot A_{nt} \cdot f_u + \frac{\min(A_{gv} \cdot f_y; A_{nv} \cdot f_u)}{\sqrt{3}} \right] / \gamma_{M2}$

όπου A_{nt} η καθαρή επιφάνεια που υπόκειται σε εφελκυσμό (1)

A_{nv} η καθαρή επιφάνεια που υπόκειται σε διάτμηση (2)

A_{gv} η πλήρης επιφάνεια που υπόκειται σε διάτμηση (2)

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

Έλεγχος 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 d ₀ 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} = $\pi \cdot d^3 / 32$ 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 ΟΚΑ ($\gamma_{M6,ser} = 1,0$):

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

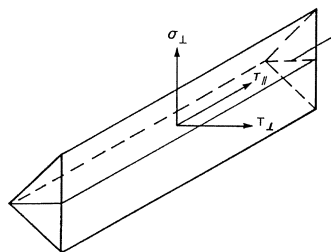
Τάση επαφής άντυγας:
$$\sigma_{h,Ed} \leq f_{h,Ed} \Leftrightarrow 0,591 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot F_{Ed,ser} \cdot (d_0 - d)}{d^2 \cdot t}} \leq 2,5 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M6,ser}}$$

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)

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \text{και} \quad \sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$



- $\sigma_{\perp}$ 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	0,88	0,85

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:

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

όπου $f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$ 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: $\max\{30 \text{ mm} ; 6 \cdot a\}$ (EN 1993-1-8 §4.5.1.2)

Σε εξωραφές μεγάλου μήκους ($L_j > 150 \cdot a$), η αντοχή της συγκόλλησης πρέπει να πολλαπλασιάζεται με το μειωτικό συντελεστή:

$$\beta_{Lw} = 1,2 - \frac{0,2 \cdot L_j}{150 \cdot a} \leq 1,0$$

Σύμβολα:

APPLICATION	DESIRED WELD	SECTION OR END	ELEVATION	PLAN
ARROW-SIDE FILLET WELD				
OTHER-SIDE FILLET WELD				
BOTH-SIDES FILLET WELD, ONE JOINT				
BOTH-SIDES FILLET WELD, TWO JOINTS				
ARROW-SIDE SQUARE GROOVE WELD				
BOTH-SIDES SQUARE GROOVE WELD				
ARROW-SIDE BEVEL GROOVE WELD				
BOTH-SIDES BEVEL GROOVE WELD				

APPLICATION	DESIRED WELD	SECTION OR END	ELEVATION
ARROW-SIDE V-GROOVE WELD			
BOTH-SIDES V-GROOVE WELD			
ARROW-SIDE J-GROOVE WELD			
BOTH-SIDES J-GROOVE WELD			
ARROW-SIDE U-GROOVE WELD			
BOTH-SIDES U-GROOVE WELD			

7. Κόμβοι σύνδεσης διατομών Η ή Ι (EN 1993-1-8 §6)

7.1 Ισοδύναμο βραχύ ταυ 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)
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 ταυ

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 = $e_{\min}$ 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 ταυ

$\Sigma \ell_{eff,1}$ 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

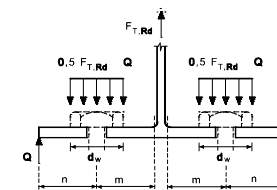
$f_{y,bp}$ είναι το όριο διαρροής των ενισχυτικών ελασμάτων

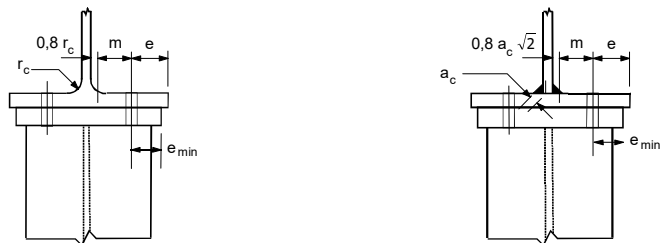
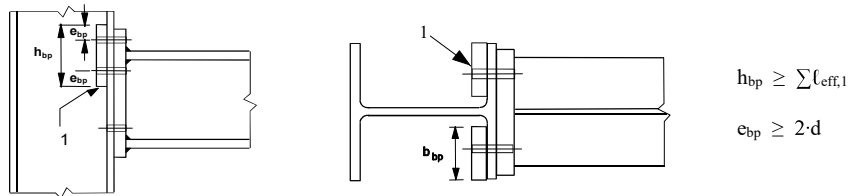
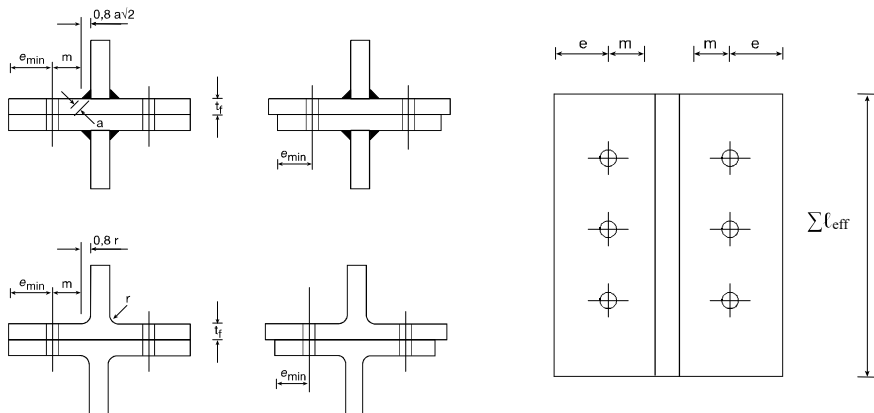
t_{bp} είναι το πάχος των ενισχυτικών ελασμάτων

$$e_w = d_w / 4$$

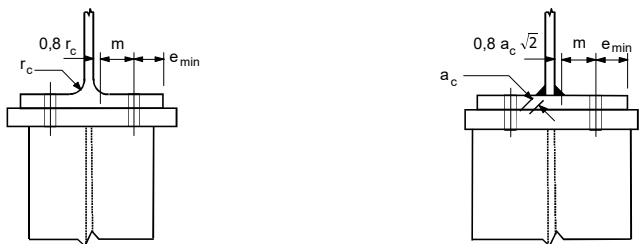
d_w είναι η διάμετρος του δακτυλίου ή η απόσταση μεταξύ ανηδιαμετρικών σημείων της κεφαλής του κοχλία ή του περικοχλίου, ανάλογα με την περίπτωση.

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)

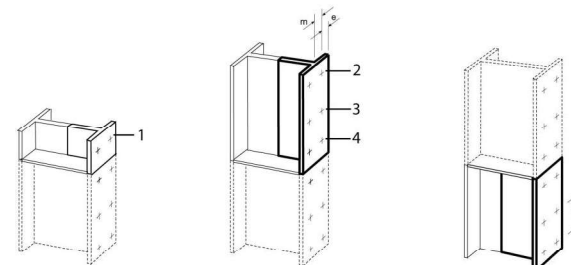
Ενεργά μήκη μη ενισχυμένου πέλματος υποστυλώματος (EN 1993-1-8 Πίν. 6.4)

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	$2\pi m$	$4m + 1,25e$	$2p$	p
Ακραία σειρά κοχλιών	Το μικρότερο από: $2\pi m$ $\pi m + 2e_1$	Το μικρότερο από: $4m + 1,25e$ $2m + 0,625e + e_1$	Το μικρότερο από: $\pi m + p$ $2e_1 + p$	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)

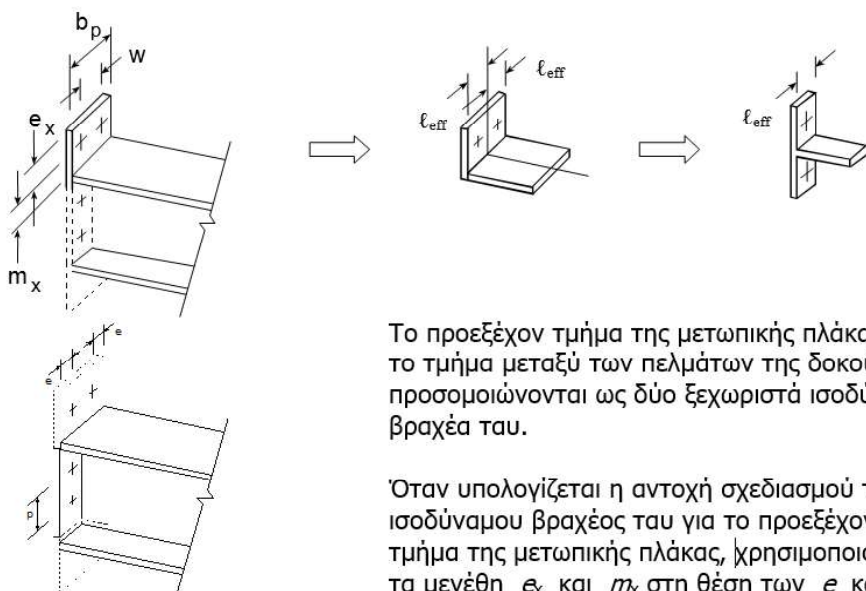
Θέση σειράς κοχλιών	Σειρά κοχλιών θεωρούμενη ως μεμονωμένη		Σειρά κοχλιών θεωρούμενη ως μέλος ομάδας σειρών κοχλιών	
	Κυκλικές μορφές $l_{eff,cp}$	Μη κυκλικές μορφές $l_{eff,nc}$	Κυκλικές μορφές $l_{eff,cp}$	Μη κυκλικές μορφές $l_{eff,nc}$
Σειρά κοχλιών πλησίον νεύρωσης	$2\pi m$	a_m	$\pi m + p$	$0,5p + a_m - (2m + 0,625e)$
Άλλη εσωτερική σειρά κοχλιών	$2\pi m$	$4m + 1,25e$	$2p$	p
Άλλη ακραία σειρά κοχλιών	Το μικρότερο από: $2\pi m$ $\pi m + 2e_1$	Το μικρότερο από: $4m + 1,25e$ $2m + 0,625e + e_1$	Το μικρότερο από: $\pi m + p$ $2e_1 + p$	Το μικρότερο από: $2m + 0,625e + 0,5p$ $e_1 + 0,5p$
Ακραία σειρά κοχλιών πλησίον νεύρωσης	Το μικρότερο από: $2\pi m$ $\pi m + 2e_1$	$e_1 + a_m - (2m + 0,625e)$	—	—
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 a λαμβάνεται από το Σχήμα 6.11



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

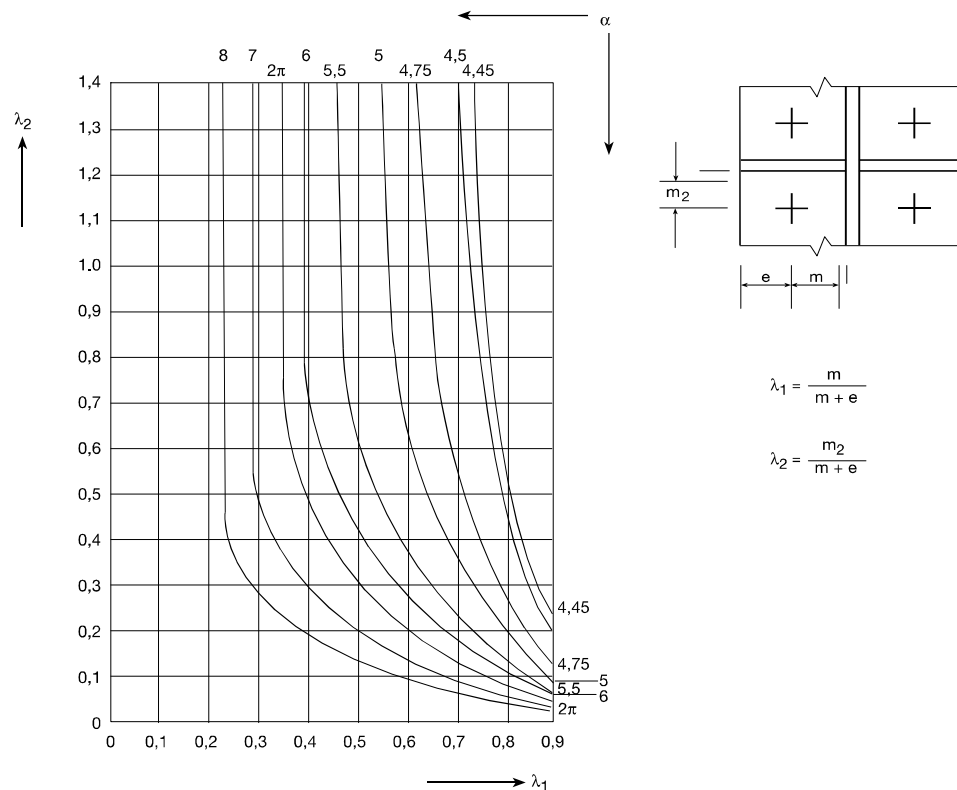
Θέση σειράς κοχλιών	Σειρά κοχλιών θεωρούμενη ως μεμονωμένη		Σειρά κοχλιών θεωρούμενη ως μέλος ομάδας σειρών κοχλιών	
	Κυκλικές μορφές $\ell_{eff,cp}$	Μη κυκλικές μορφές $\ell_{eff,nc}$	Κυκλικές μορφές $\ell_{eff,cp}$	Μη κυκλικές μορφές $\ell_{eff,nc}$
Σειρά κοχλιών εκτός εφελκυσμένου πέλματος δοκού	Το 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 εφελκυσόμενο 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 (EN 1998-1)

8.1 Φάσματα σχεδιασμού (EN 1998-1 §3.2.2.5(4))

Τα φάσματα σχεδιασμού των οριζόντιων συνιστωσών του σεισμού καθορίζονται από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$0 \leq T < T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \quad \text{με } S_d(T) \geq 0,2 \cdot a_g$$

$$T > T_D : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right) \quad \text{με } S_d(T) \geq 0,2 \cdot a_g$$

Τιμή σχεδιασμού σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους τύπου Α: $a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$ (EN 1998-1/ΕΠ Πίν. 1)

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας	Z1	Z2	Z3
Τιμή αναφοράς σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους Α: a_{gR}	0,16·g	0,24·g	0,36·g

Συντελεστής σπουδαιότητας: γ_I (EN 1998-1 Πίν. 4.3)

Κατηγορία σπουδαιότητας κτιρίων		γ_I
I	Κτίρια μικρής σπουδαιότητας ως προς την ασφάλεια του κοινού, π.χ. αγροτικά οικήματα κλπ.	0,80
II	Συνήθη κτίρια που δεν ανήκουν στις λοιπές κατηγορίες	1,00
III	Κτίρια των οποίων η αντισεισμική αντοχή είναι σημαντική ως προς τις συνέπειες μιας πιθανής αστοχίας, π.χ. σχολεία, χώροι συνάθροισης κοινού, μουσεία κλπ.	1,20
IV	Κτίρια των οποίων η λειτουργία κατά την διάρκεια του σεισμού είναι ζωτικής σημασίας για την πολιτική προστασία, π.χ. νοσοκομεία, πυροσβεστικοί σταθμοί, σταθμοί παραγωγής ενέργειας κλπ.	1,40

Μέγιστες τιμές συντελεστή συμπεριφοράς: q (EN 1998-1 Πίν. 6.2)

Δομικό σύστημα	Κατηγορία Πλαστιμότητας	
	Μέση	Υψηλή
α) Πλαίσια ροπής	4,0	6,0
β) Πλαίσια με κεντρικούς συνδέσμους δυσκαμψίας	4,0	4,0
	- Διαγώνιοι	2,0
	- Σχήματος V	2,5
γ) Πλαίσια με έκκεντρους συνδέσμους δυσκαμψίας	4,0	6,0
Για Χαμηλή Κατηγορία Πλαστιμότητας μπορεί να λαμβάνεται $q = 1,5$ χωρίς την απαίτηση πραγματοποίησης ικανοτικών ελέγχων.		

Τιμές παραμέτρων εδαφικού τύπου: T_B, T_C, T_D, S (EN 1998-1/ΕΠ Πίν. 3.2)

Κατηγορία εδάφους	A	B	C	D	E
S [-]	1,0	1,20	1,15	1,35	1,40
T_B [sec]	0,15	0,15	0,20	0,20	0,15
T_C [sec]	0,40	0,50	0,60	0,80	0,50
T_D [sec]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50

Το φάσμα της κατακόρυφης συνιστώσας του σεισμού, καθώς και τα ελαστικά φάσματα είναι διαφορετικά και θα δίνονται εφόσον απαιτείται.

8.2 Ειδικό κανόνες για κτίρια από χάλυβα (EN1998-1 Κεφ. 6)

8.2.1 Μειονωμένα στοιχεία και συνδέσεις (EN1998-1 §6.5.3-§6.5.5)

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 (EN1998-1 Πίν. 6.3):

Κατηγορία Πλαστιμότητας	Τιμή αναφοράς συντελεστή συμπεριφοράς q	Απαιτούμενη κατηγορία διατομής
ΚΠΜ	$1,5 < q \leq 2,0$	1, 2 ή 3
	$2,0 < q \leq 4,0$	1 ή 2
ΚΠΤ	$4,0 < q$	1

Σε εφελκόμενα στοιχεία πρέπει να ικανοποιείται η απαίτηση πλαστιμότητας:

$$N_{pl,Rd} \leq N_{u,Rd} \Leftrightarrow A_{net} / A \geq 1,389 \cdot f_y / f_u$$

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

$$R_d \geq 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot R_{fy}$$

όπου R_d είναι η οριακή αντοχή της σύνδεσης,
 R_{fy} η πλαστική αντοχή του συνδεόμενου πλάστμου μέλους, και
 γ_{ov} συντελεστής υπεραντοχής που μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 1,25.

Σε κοχλιωτές συνδέσεις, η αντοχή λόγω αστοχίας σε διάτμηση των κοχλιών πρέπει να είναι μεγαλύτερη κατά 20% από την αντοχή λόγω αστοχίας σε σύνθλιψη άντυγας. Σε ζώνες απορρόφησης ενέργειας, οι συνδέσεις πρέπει να πραγματοποιούνται με προεντεταμένους κοχλίες, κατηγορίας Β, C ή Ε. Οι επιφάνειες τριβής πρέπει να είναι Α ή Β.

8.2.2 Πλαίσια παραλαβής ροπών (EN1998-1 §6.6)

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

$M_{Ed} / M_{pl,Rd} \leq 1,00$	$N_{Ed} / N_{pl,Rd} \leq 0,15$	$(V_{Ed,G} + V_{Ed,M}) / V_{pl,Rd} \leq 0,50$
όπου: M_{Ed}	είναι η ροπή σχεδιασμού, η οποία προκύπτει από τους σεισμικούς συνδυασμούς, προσαυξανόντας τα σεισμικά εντατικά μεγέθη ώστε να σχηματιστεί άρθρωση στο ένα άκρο της δοκού,	
N_{Ed}	είναι η αξονική δύναμη σχεδιασμού,	
$V_{Ed,G}$	είναι η τέμνουσα σχεδιασμού λόγω των μη σεισμικών δράσεων των σεισμικών συνδυασμών,	
$V_{Ed,M} = (M_{pl,Rd,A} + M_{pl,Rd,B}) / L$	η τέμνουσα σχεδιασμού λόγω της εφαρμογής με αντίθετη φορά των πλαστικών ροπών αντοχής των διατομών στα άκρα Α και Β της δοκού,	
L	είναι το άνοιγμα της δοκού, και	
$N_{pl,Rd}, M_{pl,Rd}, V_{pl,Rd}$	είναι οι πλαστικές αντοχές αξονικής, ροπής και τέμνουσας της διατομής στη θέση της πλαστικής άρθρωσης (σε περίπτωση διατομών κατηγορίας 3 αντικαθίσταται με τις αντίστοιχες ελαστικές αντοχές).	

Τα υποστυλώματα θα ελέγχονται σε θλίψη για τον πιο δυσμενή συνδυασμό των ικανοτικών εντατικών μεγεθών, τα οποία υπολογίζονται ως:

$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E}$	$M_{Ed} = M_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot M_{Ed,E}$	$V_{Ed} = V_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot V_{Ed,E}$
όπου: $N_{Ed,G}, M_{Ed,G}, V_{Ed,G}$	είναι τα εντατικά μεγέθη του υποστυλώματος λόγω των μη σεισμικών δράσεων των σεισμικών συνδυασμών,	
$N_{Ed,E}, M_{Ed,E}, V_{Ed,E}$	είναι τα εντατικά μεγέθη του υποστυλώματος λόγω των σεισμικών δράσεων των σεισμικών συνδυασμών, και	
$\Omega = \min\{M_{pl,Rd,i} / M_{Ed,i}\}$	η ελάχιστη τιμή υπεραντοχής για όλες τις θέσεις πλαστικών αρθρώσεων.	

Σε περίπτωση υποστυλωμάτων που επιτρέπεται ο σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων (π.χ. βάση πρώτου ορόφου), τα εντατικά μεγέθη αυξάνονται κατάλληλα ώστε να αντιστοιχούν στο σχηματισμό πλαστικής άρθρωσης στη θέση αυτή.

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

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} \leq 0,50$$

Στις συνδέσεις δοκού - υποστυλώματος και στο έλασμα του κόμβου μεταξύ πελμάτων και ενισχύσεων απαιτούνται πρόσθετοι ελέγχους έναντι τέμνουσας, που δεν παρουσιάζονται στο παρόν.

Σε όλους τους κόμβους του πλαισίου, εξαιρουμένης της κορυφής των υποστυλωμάτων, πρέπει να εξασφαλίζεται η ακόλουθη συνθήκη (EN1998-1 §4.4.2.3(4)):

$$\Sigma M_{Rc} \geq 1,3 \cdot \Sigma M_{Rb}$$

όπου: ΣM_{Rc} είναι το άθροισμα των τιμών σχεδιασμού των ροπών αντοχής των υποστυλωμάτων που συμβάλλουν στον κόμβο, στον υπολογισμό των οποίων λαμβάνεται υπόψη η αλληλεπίδραση με τις αξονικές δυνάμεις, και

ΣM_{Rb} είναι το άθροισμα των τιμών σχεδιασμού των ροπών αντοχής των δοκών που συμβάλλουν στον κόμβο.

8.2.3 Πλαίσια με συνδέσμους χωρίς εκκεντρότητα (EN 1998-1 §6.7)

Η ανάλυση των πλαισίων με διαγώνιους συνδέσμους δυσκαμψίας σχήματος Χ γίνεται λαμβάνοντας υπόψη μόνο τις εφελκόμενες διαγώνιους. Στην περίπτωση πλαισίων με συνδέσμους σχήματος V απαιτείται να ληφθούν υπόψη και οι θλιβόμενοι σύνδεσμοι. Ο σχεδιασμός τους γίνεται κατ' αντιστοιχία με τα στατικά φορτία:

$N_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$	για εφελκόμενους συνδέσμους
$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$	για θλιβόμενους συνδέσμους

Σε πλαίσια με διαγώνιους συνδέσμους δυσκαμψίας, η ανηγμένη λυγηρότητα πρέπει να περιορίζεται ως εξής: $1,3 \leq \bar{\lambda} = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr}} \leq 2,0$

όπου: A είναι το εμβαδόν της διατομής,
 f_y είναι το όριο διαρροής και

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

Σε πλαίσια με συνδέσμους δυσκαμψίας σχήματος V, η ανηγμένη λυγηρότητα πρέπει να περιορίζεται ως εξής: $\bar{\lambda} \leq 2,0$

Για πλαίσια μέχρι δύο ορόφους, δεν απαιτείται ο περιορισμός της λυγηρότητας.

Για να εξασφαλιστεί ομοιογενής πλάσιμη συμπεριφορά των διαγωνίων καθ' ύψος του πλαισίου πρέπει η μέγιστη τιμή της υπεραντοχής να μην ξεπερνάει την ελάχιστη τιμή κατά περισσότερο από 25%:

$$(\Omega_{\max} - \Omega_{\min}) / \Omega_{\min} \leq 0,25, \quad \text{όπου } \Omega_i = N_{pl,Rd,i} / N_{Ed,i} \text{ η υπεραντοχή κάθε διαγωνίου}$$

Οι δοκοί και τα υποστυλώματα πρέπει να ελέγχονται με προσαυξημένες αξονικές δυνάμεις:

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E} \leq N_{pl,Rd}(M_{Ed})$$

όπου: $N_{pl,Rd}(M_{Ed})$ είναι η αντοχή σε λυγισμό της δοκού ή του υποστυλώματος, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της δρώσας ροπής M_{Ed} ,

$N_{Ed,G}$ είναι η αξονική δύναμη στη δοκό ή το υποστυλώμα λόγω των μη σεισμικών δράσεων των σεισμικών συνδυασμών,

$N_{Ed,E}$ είναι η αξονική δύναμη στη δοκό ή το υποστυλώμα λόγω της σεισμικής δράσης, και

Ω είναι η ελάχιστη τιμή Ω_i , για όλες τις διαγώνιες του εξεταζόμενου πλαισίου

Σε πλαίσια με συνδέσμους δυσκαμψίας σχήματος V, οι δοκοί θα πρέπει να σχεδιάζονται υπό τα μη σεισμικά φορτία χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η ενδιάμεση στήριξη η οποία παρέχεται στο σημείο τομής των διαγωνίων, καθώς και από τα εντατικά μεγέθη τα οποία προκύπτουν μετά το λυγισμό του θλιβόμενου συνδέσμου. Αυτά μπορούν να λαμβάνονται ίσα με $N_{pl,Rd}$ για τον εφελκόμενο σύνδεσμο και $0,3 \cdot N_{pl,Rd}$ για το θλιβόμενο σύνδεσμο.

8.2.4 Πλαίσια με έκκεντρους συνδέσμους (EN 1998-1 §6.8)

Τα πλαίσια με έκκεντρους συνδέσμους δυσκαμψίας σχεδιάζονται έτσι ώστε η ενέργεια τους σεισμού να απορροφάται μέσω πλαστικοποίησης του σεισμικού συνδέσμου σε κάμψη και/ή διάτμηση. Για διατομές σχήματος I του σεισμικού συνδέσμου (ο οποίος ονομάζεται εναλλακτικά δοκός σύζευξης), ορίζονται οι ακόλουθες παράμετροι:

$$M_{p,link} = f_y \cdot b \cdot t_f \cdot (d - t_f) \quad V_{p,link} = (f_y / \sqrt{3}) \cdot t_w \cdot (d - t_f)$$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Μόνο για την παρούσα παράγραφο, με **d** συμβολίζεται το συνολικό ύψος της διατομής I.

Έλεγχος για $N_{Ed}/N_{pl,Rd} \leq 0,15$:

$$M_{Ed} \leq M_{p,link} \quad V_{Ed} \leq V_{p,link}$$

όπου: N_{Ed} , V_{Ed} , M_{Ed} , είναι τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού στα δύο άκρα του συνδέσμου.

Για $N_{Ed}/N_{pl,Rd} > 0,15$, ο έλεγχος γίνεται με τις απομειωμένες αντοχές:

$$M_{Ed} \leq M_{p,link,r} = M_{p,link} \cdot \left[1 - (N_{Ed}/N_{pl,Rd}) \right] \quad V_{Ed} \leq V_{p,link,r} = V_{p,link} \cdot \left[1 - (N_{Ed}/N_{pl,Rd})^2 \right]^{0,5}$$

Στην περίπτωση αυτή ($N_{Ed}/N_{pl,Rd} > 0,15$), το μήκος του συνδέσμου πρέπει να είναι μικρότερο από:

$$e \leq 1,6 \cdot (M_{p,link} / V_{p,link}) \quad \text{για } R < 0,3$$

$$e \leq 1,6 \cdot (M_{p,link} / V_{p,link}) \cdot (1,15 - 0,5 \cdot R) \quad \text{για } R \geq 0,3$$

όπου: $R = N_{Ed} \cdot t_w \cdot (d - 2 \cdot t_f) / (V_{Ed} \cdot A)$,

A το συνολικό εμβαδόν του σεισμικού συνδέσμου.

Στην περίπτωση κατά την οποία αναπτύσσονται ίσες ροπές ταυτόχρονα στα δύο άκρα του σεισμικού συνδέσμου σχήματος I, αυτός μπορεί να κατηγοριοποιηθεί με βάση το μήκος του:

$$e < e_s = 1,6 \cdot (M_{p,link} / V_{p,link}) \quad \text{σύνδεσμος μικρού μήκους}$$

$$e > e_L = 3,0 \cdot (M_{p,link} / V_{p,link}) \quad \text{σύνδεσμος μεγάλου μήκους}$$

$$e_s < e < e_L \quad \text{ενδιάμεσος σύνδεσμος}$$

Στην περίπτωση κατά την οποία αναπτύσσεται πλαστική άρθρωση μόνο στο ένα άκρο του σεισμικού συνδέσμου, η κατηγοριοποίηση γίνεται ως εξής:

$$e < e_s = 0,8 \cdot (1 + \alpha) \cdot (M_{p,link} / V_{p,link}) \quad \text{σύνδεσμος μικρού μήκους}$$

$$e > e_L = 1,5 \cdot (1 + \alpha) \cdot (M_{p,link} / V_{p,link}) \quad \text{σύνδεσμος μεγάλου μήκους}$$

$$e_s < e < e_L \quad \text{ενδιάμεσος σύνδεσμος}$$

όπου: $\alpha = |M_{Ed,min}| / |M_{Ed,max}|$ ο λόγος της ελάχιστης προς τη μέγιστη, κατ'απόλυτη τιμή, ροπή των άκρων του συνδέσμου

Για να εξασφαλιστεί ομοιογενής πλαστική συμπεριφορά των συνδέσμων καθ' ύψος του πλαισίου πρέπει η μέγιστη τιμή της υπεραντοχής να μην ξεπερνάει την ελάχιστη τιμή κατά περισσότερο από 25%:

$$(\Omega_{max} - \Omega_{min}) / \Omega_{min} \leq 0,25,$$

όπου $\Omega_i = 1,5 \cdot V_{p,link,i} / V_{Ed,i}$ για συνδέσμους μικρού μήκους

$$\Omega_i = 1,5 \cdot M_{p,link,i} / M_{Ed,i} \quad \text{για συνδέσμους μεσαίου και μεγάλου μήκους}$$

Ανάλογα με την κατηγορία του σεισμικού συνδέσμου, πρέπει να τοποθετηθούν κατάλληλες νευρώσεις στον κορμό του, ώστε να εξασφαλιστεί η σωστή συμπεριφορά του κατά το σεισμό.

Τα υπόλοιπα μέλη, όπως τα υποστυλώματα, οι διαγώνιοι σύνδεσμοι και τα τμήματα των δοκών εξωτερικά των σεισμικών συνδέσμων πρέπει να ελέγχονται με προσαυξημένες αξονικές δυνάμεις:

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1,1 \cdot V_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E} \leq N_{Rd}(M_{Ed}, V_{Ed})$$

όπου: $N_{Rd}(M_{Ed}, V_{Ed})$ είναι η αξονική αντοχή σχεδιασμού του μέλους, λαμβάνοντας υπόψη την αλληλε-

πίδραση της ροπής κάμψης M_{Ed} και της διάτμησης V_{Ed} στο σεισμικό συνδυασμό,

$N_{Ed,G}$ είναι αξονική δύναμη του μέλους λόγω των μη σεισμικών δράσεων των σεισμικών συνδυασμών,

$N_{Ed,E}$ είναι αξονική δύναμη του μέλους λόγω της σεισμικής δράσης, και

Ω είναι η ελάχιστη τιμή Ω_i για όλες τις διαγώνιες του εξεταζόμενου πλαισίου.

Οι συνδέσεις των σεισμικών συνδέσμων, εφόσον υπάρχουν θα πρέπει να διαστασιολογούνται επίσης για προσαυξημένα εντατικά μεγέθη:

$$E_d \geq E_{d,G} + 1,1 \cdot V_{ov} \cdot \Omega_i \cdot E_{d,E}$$

όπου: $E_{d,G}$ είναι το εντατικό μέγεθος της σύνδεσης λόγω των μη σεισμικών δράσεων των σεισμικών συνδυασμών,

$E_{d,E}$ είναι το εντατικό μέγεθος της σύνδεσης λόγω της σεισμικής δράσης, και

Ω_i είναι ο συντελεστής υπεραντοχής του εξεταζόμενου συνδέσμου.

8.2.5 Διαφράγματα και οριζόντιοι δικτυωτοί σύνδεσμοι (EN 1998-1 §4.4.2.5)

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:

$\gamma_d = 1,30$ για ψαθυρές μορφές αστοχίας, και

$\gamma_d = 1,10$ για όλκιμες μορφές αστοχίας.

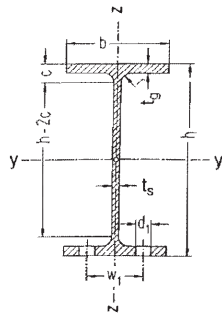
8.2.6 Συνδυασμοί δράσεων (EN 1990 §A1.2.2)

Σε περίπτωση που δεν αναφέρεται διαφορετικά, οι συντελεστές ψ για τους συνδυασμούς φορτίσεων θα λαμβάνονται από τον παρακάτω πίνακα.

Συντελεστές ψ για κτιριακά έργα (EN 1990 Πίν. A1.1)

Δράσεις	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Επιβαλλόμενα φορτία:			
A - Κατοικίες, συνήθη κτήρια κατοικιών	0,7	0,5	0,3
B - χώροι γραφείων	0,7	0,5	0,3
C - χώροι συνάθροισης	0,7	0,7	0,6
D - χώροι καταστημάτων	0,7	0,7	0,6
E - χώροι αποθήκευσης	1,0	0,9	0,8
H - στέγες	0	0	0
Χιόνι (για την Ελλάδα σε υψόμετρο < 1000 m)	0,5	0,2	0
Άνεμος	0,6	0,2	0
Θερμοκρασία (όχι λόγω πυρκαγιάς)	0,6	0,5	0

Σημείωση: Οι τιμές M_{pl} , N_{pl} και V_{pl} προκύπτουν για $f_y = 240 \text{ MPa}$ και δεν πρέπει να λαμβάνονται υπόψη



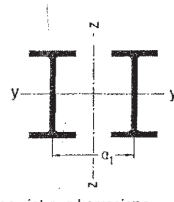
Mittelbreite I-Träger

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 EURONORM 19-57 Grenzabmaße und Formtoleranzen nach DIN EN 10034, Ausgabe März 1994																			
80 100 120 140 160 180 200 220 240 270 300 330 360 400 450 500 550 600	80 100 120 140 160 180 200 220 240 270 300 330 360 400 450 500 550 600	46 55 64 73 82 91 100 110 120 135 150 160 170 180 190 200 210 220	3,8 4,1 4,4 4,7 5,0 5,3 5,6 5,9 6,2 6,6 7,1 7,5 8,0 8,6 9,4 10,2 11,1 12,0	5,2 5,7 6,3 6,9 7,4 8,0 8,5 9,2 9,8 10,2 10,7 11,5 12,7 13,5 14,6 16,0 17,2 19,0	5 7 7 7 9 9 12 12 15 15 15 18 18 21 21 21 24 24 24	59 74 93 112 127 146 159 177 190 219 248 271 298 331 378 426 467 514	2,84 3,87 5,00 6,26 7,63 9,12 10,7 12,4 14,3 17,1 20,5 23,9 27,8 32,1 33,2 40,9 49,4 59,1 69,7	7,64 10,3 13,2 16,4 20,1 23,9 28,5 33,4 39,1 45,9 53,8 62,6 72,7 84,5 98,8 116 134 156	6,00 8,10 10,4 12,9 15,8 18,8 22,4 26,2 30,7 36,1 42,2 49,1 57,1 66,3 77,6 90,7 106 122	80,1 171 318 541 869 1320 1940 252 373 3890 429 5790 8360 11770 16270 23130 33740 48200 67120 92080	20,0 34,2 53,0 77,3 109 146 194 252 324 329 429 557 713 904 1160 1500 1930 2440 2840 3390	3,24 4,07 4,90 5,74 6,58 7,42 8,26 9,11 9,97 11,2 12,5 13,7 15,0 16,5 18,5 20,4 22,3 24,3 26,5	8,49 15,9 27,7 44,9 68,3 74,2 96 105 125 142 160 178 198 215 240 254 2670 308	3,69 5,79 8,65 12,3 16,7 20,5 28,5 37,3 47,3 62,2 80,5 98,5 123 146 168 176 214 254 308	1,05 1,24 1,45 1,65 1,84 2,05 2,24 2,48 2,69 3,02 3,35 3,55 3,79 3,95 4,12 4,31 4,45 4,66	6,9 8,6 10,5 12,3 14,0 15,8 17,6 19,4 21,2 23,9 26,6 29,3 31,9 35,4 40,1 43,9 48,2 52,4	6,4 8,4 8,4 11 13 14 15 16 17 18 20 21 23 25 28 28 28 28	26 30 36 40 44 50 56 60 68 72 80 86 90 96 106 110 120 120		
I PEo I PEv	Mittelbreite I-Träger, I PEo-Reihe und I PEv-Reihe (nicht genormt)																			
180 o 200 o 220 o 240 o 270 o 300 o 330 o 360 o 400 o 400 v 450 o 450 v 500 o 500 v 550 o 550 v 600 o 600 v	182 202 222 242 274 304 334 364 404 408 456 460 506 514 556 566 610 618	92 102 112 122 136 152 162 172 182 188 192 194 204 204 212 216 224 228	6,0 6,2 6,6 7,0 7,5 8,0 8,5 9,2 9,7 10,6 11,0 12,4 12,0 12,7 13,0 15,0 18,0	9,0 9,5 10,2 10,8 12,2 12,7 13,5 14,7 15,5 17,5 17,6 19,6 19,0 20,2 21,2 24,0 28,0	9 12 12 15 15 19 18 18 21 21 21 24 21 24 24 24 24 24	146 159 177 190 219 248 271 298 331 331 378 378 426 426 467 467 514 514	10,3 11,9 14,0 16,2 19,6 23,3 27,2 32,1 37,6 41,4 48,2 54,6 58,4 69,7 68,0 92,4 87,9 106	21,3 25,1 37,4 43,7 53,8 62,8 72,6 84,1 96,4 107 118 132 137 164 156 202 197 234	1510 2210 3130 4370 6950 9990 13910 19050 26750 30140 40920 46200 57780 70720 79160 102300 118300 141600	165 219 282 361 650 958 833 1050 1320 1480 1790 2010 2280 2750 2850 3620 3880 4580	7,45 8,32 9,16 10,0 11,4 12,6 13,8 15,1 16,7 16,8 18,7 20,6 20,8 22,5 22,5 24,5 24,6	117 169 240 329 507 658 960 1250 1560 1770 2090 2400 2620 3270 304 426 4520 5570	25,5 33,1 42,8 53,9 75,5 98,1 119 146 172 194 217 247 260 321 304 395 404 489	2,08 2,30 2,53 2,74 3,09 3,45 3,64 3,86 4,03 4,06 4,21 4,26 4,38 4,46 4,55 4,59 4,79 4,88	15,9 17,7 19,5 21,3 24,2 26,9 29,5 32,1 35,6 35,8 38,0 39,8 44,2 44,7 48,5 48,7 52,9 53,2	13 13 17 17 21 23 25/23 25 25 28/25 28 28 28 28 28 28 28 28	50 56 62 68 72 80 86 90 98 98 106 106 110 110 120 120 120 120			

*) 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 „Tabeln 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
450 o	491	2824	668	2046	341	1023	109	997600	4,81	450 o
450 v	552	3168	757	2301	389	1151	150	1156000	4,88	450 v
500 o	627	3281	810	2613	408	1306	143	1548000	5,04	500 o
500 v	760	3938	966	3168	507	1584	243	1961000	5,13	500 v
550 o	783	3746	943	3263	480	1632	188	2302000	5,25	550 o
550 v	1009	4847	1281	4205	632	2102	380	3095000	5,34	550 v
600 o	1073	4722	1218	4471	640	2236	318	3860000	5,56	600 o
600 v	1278	5611	1472	5324	780	2662	512	4813000	5,66	600 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

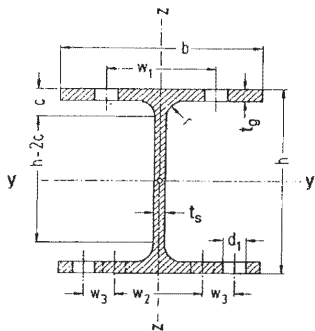
Besonders leichte Ausführung

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 mm	w_1 mm	w_2 mm	w_3 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													
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

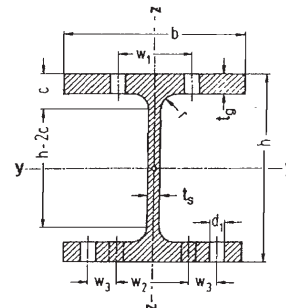
Σημείωση: Οι τιμές M_{pl} , N_{pl} και V_{pl} προκύπτουν για $f_y = 240$ MPa και δεν πρέπει να λαμβάνονται υπόψη



Breite I-Träger

Reihe HE-B = I PB

Normallängen	
bei Profilhöhen unter 300 mm	8 bis 16 m
300 mm und mehr	8 bis 18 m



Breite I-Träger

Reihe HE-M = I PBv

Verstärkte Ausführung

Normallängen	
bei Profilhöhen unter 300 mm	8 bis 16 m
300 mm und mehr	8 bis 18 m

Plastische Schnittgrößen M_{pl} N_{pl} V_{pl} und
Rechenwerte W_{pl} S_y I_T I_w $i_{z,g}$ siehe Seite 9
Mantelfläche U siehe Seite 38

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				
HE-B I PB	Breite I-Träger mit parallelen Flanschenflächen, Reihe HE-B = I PB nach DIN 1025 Teil 2, Ausgabe November 1995, und EURONORM 53-62 Grenzabmaße und Formtoleranzen nach DIN EN 10034, Ausgabe März 1994																				
100	100	100	6	10	12	56	5,40	26,0	20,4	450	89,9	4,16	167	33,5	2,53	8,63	13	56	-	-	
120	120	120	6,5	11	12	74	7,08	34,0	26,7	864	144	5,04	318	52,9	3,06	10,5	17	66	-	-	
140	140	140	7	12	12	92	8,96	43,0	33,7	1510	216	5,93	550	78,5	3,58	12,3	21	76	-	-	
160	160	160	8	13	15	104	11,8	54,3	42,6	2490	311	6,78	889	111	4,05	14,1	23	86	-	-	
180	180	180	8,5	14	15	122	14,1	65,3	51,2	3830	426	7,66	1360	151	4,57	15,9	25	100	-	-	
200	200	200	9	15	18	134	16,6	78,1	61,3	5700	570	8,54	2000	200	5,07	17,7	25	110	-	-	
220	220	220	9,5	16	18	152	19,4	91,0	71,5	8090	736	9,43	2840	258	5,59	19,6	25	120	-	-	
240	240	240	10	17	21	164	22,3	106	83,2	11260	938	10,3	3920	327	6,08	21,4	25	96	35	35	
260	260	260	10	17,5	24	177	24,2	118	93,0	14920	1150	11,2	5130	395	6,58	23,3	25	106	40	40	
280	280	280	10,5	18	24	196	27,5	131	103	19270	1380	12,1	6590	471	7,09	25,1	25	110	45	45	
300	300	300	11	19	27	208	30,9	149	117	25170	1680	13,0	8560	571	7,58	26,9	28	120	45	45	
320	320	300	11,5	20,5	27	225	34,4	161	127	30820	1930	13,8	9240	616	7,57	28,7	28	120	45	45	
340	340	300	12	21,5	27	243	38,2	171	134	36660	2160	14,6	9690	646	7,53	30,4	28	120	45	45	
360	360	300	12,5	22,5	27	261	42,2	181	142	43190	2400	15,5	10140	676	7,49	32,2	28	120	45	45	
400	400	300	13,5	24	27	298	50,8	198	155	57680	2880	17,1	11020	721	7,40	35,7	28	120	45	45	
450	450	300	14	26	27	344	59,4	218	171	79890	3550	19,1	11720	781	7,33	40,1	28	120	45	45	
500	500	300	14,5	28	27	390	68,4	239	187	107200	4290	21,2	12620	842	7,27	44,5	28	120	45	45	
550	550	300	15	29	27	438	78,1	254	199	136700	4970	23,2	13080	872	7,17	48,9	28	120	45	45	
600	600	300	15,5	30	27	486	88,3	270	212	171000	5700	25,2	13530	902	7,08	53,2	28	120	45	45	
650	650	300	16	31	27	534	99,0	286	225	210600	6480	27,1	13980	932	6,99	57,5	28	120	45	45	
700	700	300	17	32	27	582	114	306	241	256900	7340	29,0	14400	963	6,87	61,7	28	126	45	45	
800	800	300	17,5	33	30	674	134	334	262	359100	8980	32,8	14900	994	6,68	70,2	28	130	40	40	
900	900	300	18,5	35	30	770	160	371	291	494100	10980	36,5	15820	1050	6,53	78,5	28	130	40	40	
1000	1000	300	19	36	30	868	183	400	314	644700	12890	40,1	16280	1090	6,38	86,8	28	130	40	40	

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

Rechenwerte $W_{pl} S_y I_T I_\omega i_{z,q}$ siehe Seite 9

Mantelfläche U siehe Seite 38

Frühere Bezeichnungen

Kurz- zei- chen	Maße in mm für						A _{Steg}	A	G	Für die Biegeachsen							S _y	Flanschenfläche nach DIN 997 Ausg. Okt. 1970 *)		
	h	b	t _s	t _g	r	h-2c				y-y			z-z							
							I _y	W _y	i _y	I _z	W _z	i _z	d ₁	w ₁ w ₂	w ₃					
	cm ²	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm	mm	mm	mm							
	s	t				F	J _x	W _x	i _x	J _y	W _y	i _y	S _x							
Breite I-Träger mit parallelen Flanschenflächen, verstärkte Ausführung, Reihe HE-M = I PBv nach DIN 1025 Teil 4, Ausgabe März 1994, und Euronorm 53-62 Grenzabmaße und Formtoleranzen nach DIN EN 10034, Ausgabe März 1994																				
100	120	106	12	20	12	56	53,2	41,8	1140	4,63	399	75,3	2,74	9,69	13	60	-			
120	140	126	12,5	21	12	74	66,4	52,1	2020	288	5,51	703	3,25	11,5	17	68	-			
140	160	146	13	22	12	92	77	80,6	63,2	3290	411	6,39	1140	15,7	3,77	13,3	21			
160	180	166	14	23	15	104	22,0	97,1	76,2	5100	566	7,25	1760	21,2	4,26	15,1	23			
180	200	186	14,5	24	15	122	25,5	113	88,9	7480	748	8,13	2580	27,7	4,77	16,9	25			
200	220	206	15	25	18	134	29,2	131	103	10640	967	9,00	3650	35,4	5,27	18,7	25			
220	240	226	15,5	26	18	152	33,2	149	117	14600	1220	9,89	5010	44,4	5,79	20,6	25			
240	270	248	18	32	21	164	42,8	200	157	24290	1800	11,50	657	63,9	22,9	25/23	100			
260	290	268	18	32,5	24	177	46,3	220	172	31310	2160	11,9	10450	780	6,90	24,8	25			
280	310	288	18,5	33	24	196	51,2	240	189	39550	2550	12,8	13160	914	7,40	26,7	25			
300	340	310	21	39	27	208	63,2	303	238	59200	3480	14,0	19400	1250	8,00	29,0	25			
320/305*)	320	305	16	29	27	208	46,6	225	177	40950	2560	13,5	13740	901	7,81	28,0	28			
320	359	309	21	40	27	225	67,0	312	245	68130	3800	14,8	19710	1280	7,95	30,7	28			
340	377	309	21	40	27	243	70,8	316	248	76370	4050	15,6	19710	1280	7,90	32,4	28			
360	395	308	21	40	27	261	74,6	319	250	84870	4300	16,3	19520	1270	7,83	34,0	28			
400	432	307	21	40	27	298	82,3	326	256	104100	4820	17,9	19340	1260	7,70	37,4	28			
450	478	307	21	40	27	344	92,0	335	263	131500	5500	19,8	19340	1260	7,59	41,5	28			
500	524	306	21	40	27	390	102	344	270	161900	6180	21,7	19150	1250	7,46	45,7	28			
550	572	306	21	40	27	438	112	354	278	198000	6920	23,6	19150	1250	7,35	49,9	28			
600	620	305	21	40	27	486	122	364	285	237400	7660	25,6	18980	1240	7,22	54,1	28			
650	668	305	21	40	27	534	132	374	293	281700	8430	27,5	18980	1240	7,13	58,3	28			
700	716	304	21	40	27	582	142	383	301	329300	9200	29,3	18800	1240	7,01	62,5	28			
800	814	303	21	40	30	674	163	404	317	442600	10870	33,1	18630	1230	6,79	70,9	28			
900	910	302	21	40	30	770	183	424	333	570400	12540	36,7	18450	1220	6,60	79,0	28			
1000	1008	302	21	40	30	868	203	444	349	722300	14330	40,3	18460	1220	6,45	87,2	28			

*) Nach EURONORM 53-62 (HE-C).

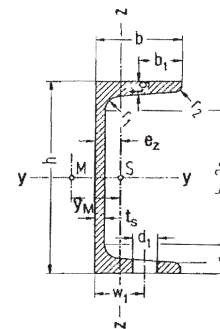
Bei mehreren Werten für d_1 siehe Seite 3.

Σημείωση: Οι τιμές M_{pl} , N_{pl} και V_{pl} προκύπτουν για $f_y = 240 \text{ MPa}$ και δεν πρέπει να λαμβάνονται υπόψη

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

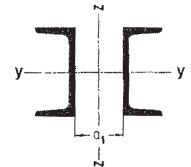
Normallängen
bei Profilhöhen unter 300 mm 8 bis 16 m
300 mm und mehr 8 bis 18 m
(für U 30 × 15 bis U 65 6 bis 12 m)



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 korrosionsschutztechnischen 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

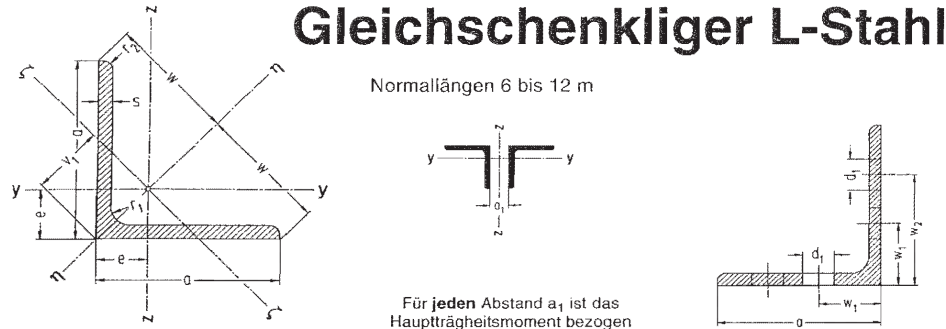
Bezeichnungen in DIN 1026

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							
										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 $t_g = 5,5 \text{ mm}$, $r_1 = 5 \text{ mm}$.

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



Normallängen 6 bis 12 m

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

Mantelfläche U siehe Seite 39

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

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

Frühere Bezeichnungen

Maße in mm		A	G	Abstände für die Achsen			Für die Biegeachsen							Schenkelhöhen*) nach DIN 997 Ausg. Okt. 1970)		
a	s															
Kurzzeichen		cm ²	kg/m	e	w	v ₁	$I_y=I_z$	$I_y=I_z$	$I_y=I_z$	I_η	I_η	I_ζ	I_ζ	i_ζ	d_1	w_1
				cm	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm ³	cm	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																
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	4,3
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	6,4
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	6,4
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	8,4
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	8,4
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	11
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	11
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	11
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	13
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	13
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	13
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	13
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	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	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	17
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	21
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	21
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	21
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	23
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	23
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	23
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	23
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	25
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	25
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	25
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	25
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	25
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	25
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	25

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							Schenkelhöher*) 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 cm ⁴	W _x =W _y cm ³	i _x =i _y cm	I _ξ cm ⁴	i _ξ cm	I _η cm ⁴	W _η cm ³	i _η cm		
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	5,54	638	43,3	4,27	1010	5,38	262	47,3	2,74	28	55	95	
13*	15	7,5	30,0	23,0	4,00	9,90	5,66	723	72,3	4,25	1150	5,36	298	52,7	2,73	28	55	95	
15	15	7,5	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	
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	6,17	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	3094	217	6,09	4931	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 $M_{pl,y}$, $W_{pl,y}$, I_T , C_I siehe Seiten 27, 29, 31
Mantelfläche U siehe Seite 39

B	T	A	M	I_y	W_y	I_z	B	T	A	M	I_y	W_y	I_z	B	T	A	M	I_y	W_y	I_z
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	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	4,34	3,41	9,78	4,89	1,50	120	10	42,9	33,7	852	142	4,46	220	8	67,2	52,7	5 002	455	8,63
	4	5,59	4,39	11,8	5,91	1,45		10	56,7	21,0	807	115	5,50		10	82,9	65,1	6 050	550	8,54
50	3	5,54	4,35	20,2	8,08	1,91	140	6,3	33,3	26,1	984	141	5,44	125	102	80,1	7 254	659	8,43	
	4	7,19	5,64	25,0	9,99	1,86		8	41,6	32,6	1 195	171	5,36		6,3	61,0	47,9	6 014	481	9,93
60	3	6,74	5,29	36,2	12,1	2,32	150	10	50,9	40,0	1 416	202	5,27	10	76,8	60,3	7 455	596	9,77	
	4	8,79	6,90	45,4	15,1	2,27		10	58,7	22,6	1 002	134	5,90		10	94,9	74,5	9 055	724	9,86
70	5	10,7	8,42	53,3	17,8	2,23	160	6,3	35,8	28,1	1 223	163	5,85	16	147	115	13 267	1 061	9,50	
	3	7,94	6,24	59,0	16,9	2,73		8	44,8	35,1	1 491	199	5,77		8	80,0	62,8	8 423	648	10,3
80	4	10,4	8,15	74,7	21,3	2,68	180	10	54,9	43,1	1 773	236	5,68	10	89,9	77,7	10 242	788	10,2	
	5	12,7	9,99	88,5	25,3	2,64		6,3	38,3	30,1	1 499	187	6,26		12,5	122	95,8	12 365	951	10,1
90	4	12,0	9,41	114	28,6	3,09	200	8	48,0	37,6	1 831	229	6,18	16	153	120	15 061	1 159	9,91	
	5	14,7	11,6	137	34,2	3,05		10	58,9	46,3	2 186	273	6,09		8	92,8	72,8	13 128	875	11,9
100	6,3	18,1	14,2	156	40,5	2,99	220	12,5	72,1	56,6	2 576	322	5,98	300	10	115	90,2	16 026	1 068	11,8
	4	13,6	10,7	166	37,0	3,50		6,3	43,3	34,0	2 168	241	7,07		12,5	142	112	19 442	1 296	11,7
120	5	16,7	13,1	200	44,4	3,45	250	8	54,4	42,7	2 661	296	7,00	16	179	141	23 855	1 590	11,5	
	6,3	20,7	16,2	238	53,0	3,40		10	66,9	52,5	3 193	355	6,91		8	109	85,4	21 129	1 207	13,9
140	4	15,2	11,9	232	46,4	3,91	280	12,5	82,1	64,4	3 790	421	6,80	350	10	135	106	25 884	1 479	13,9
	5	18,7	14,7	279	55,9	3,86		6,3	48,4	38,0	3 011	301	7,89		12,5	167	131	31 541	1 802	13,7
160	6,3	23,2	18,2	336	67,1	3,80	320	8	60,8	47,7	3 709	371	7,81	16	211	166	38 942	2 225	13,6	
	5	22,7	17,8	498	83,0	4,68		10	74,9	58,8	4 471	447	7,72		10	155	122	39 128	1 956	15,9
180	6,3	28,2	22,2	603	100	4,62	360	12,5	92,1	72,3	5 336	534	7,61	400	12,5	192	151	47 839	2 392	15,8
	8	35,2	27,6	726	121	4,55		6,3	53,4	41,9	4 049	368	8,71		16	243	191	59 344	2 967	15,6

H × B mm	T mm	A cm ²	M kg/m	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _z cm ⁴	W _z cm ³	i _z cm	H × B mm	T mm	A cm ²	M kg/m	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _z cm ⁴	W _z cm ³	i _z cm
 Rechteck-Hohlprofile (warmgefertigt, nahtlos oder geschweißt), Auswahl aus DIN EN 10210-2, Ausgabe November 1997*																			
50 × 30	3	4,34	3,41	13,6	5,43	1,77	5,94	3,96	1,17	200 × 100	6,3	35,8	28,1	1 829	183	7,15	613	123	4,14
	4	5,59	4,39	16,5	6,60	1,72	7,08	4,72	1,13		8	44,8	35,1	2 234	223	7,06	739	148	4,06
60 × 40	3	5,54	4,35	26,5	8,82	2,18	13,9	6,95	1,58	250 × 150	10	54,9	43,1	2 664	266	6,96	869	174	3,98
	4	7,19	5,64	32,8	10,9	2,14	17,0	8,52	1,54		12,5	67,1	52,7	3 136	314	6,84	1 004	201	3,87
80 × 40	3	6,74	5,29	54,2	13,6	2,84	18,0	9,50	1,63	300 × 120	6,3	38,3	30,1	2 065	207	7,34	929	155	3,92
	4	8,79	6,90	68,2	17,1	2,79	22,2	11,1	1,59		8	48,0	37,6	2 529	253	7,26	1 128	188	4,85
90 × 50	5	10,7	8,42	80,3	20,1	2,74	25,7	12,9	1,55	350 × 150	10	58,9	46,3	3 026	303	7,17	1 337	223	4,76
	3	7,94	6,24	84,4	18,8	3,26	33,5	13,4	2,05		12,5	72,1	56,6	3 576	358	7,04	1 562	280	4,66
100 × 50	4	10,4	8,15	107	23,8	3,21	41,9	16,8	2,01	250 × 150	8	48,4	38,0	4 143	331	9,25	1 874	250	6,22
	5	12,7	9,99	127	28,3	3,16	49,2	19,7	1,97		8	60,8	47,7	5 111	409	9,17	2 298	306	6,15
100 × 50	4	11,2	8,78	140	27,9	3,53	46,2	18,5	2,03	300 × 120	10	74,9	58,6	6 174	494	9,08	2 755	367	6,06
	5	13,7	10,8	167	33,3	3,48	54,3	21,7	1,99		12,5	92,1	72,3	7 378	591	8,96	3 265	435	5,96
100 × 60	6,3	16,9	13,3	197	39,4	3,42	63,0	25,2	1,93	260 × 180	6,3	53,4	41,9	5 166	397	8,83	2 929	325	7,40
	4	12,0	9,41	158	31,6	3,63	70,5	23,5	2,43		8	67,2	52,7	6 390	492	9,75	3 608	401	7,33
100 × 60	5	14,7	11,6	189	37,8	3,58	83,6	27,9	2,38	300 × 200	10	82,9	65,1	7 741	595	9,66	4 351	483	7,24
	6,3	18,1	14,2	225	45,0	3,52	98,1	32,7	2,33		12,5	102	80,1	9 299	715	9,54	5 196	577	7,13
120 × 60	4	13,6	10,7	249	41,5	4,28	83,1	27,7	2,47	350 × 250	6,3	61,0	47,9	8 829	522	11,3	4 193	419	8,29
	5	16,7	13,1	299	49,9	4,23	98,8	32,9	2,43		8	76,8	60,3	9 717	648	11,3	5 184	518	8,22
120 × 80	6,3	20,7	16,2	358	59,7	4,16	116	38,8	2,37	400 × 200	10	94,9	74,5	11 819	788	11,2	6 278	628	8,13
	4	15,2	11,9	303	50,4	4,46	161	40,2	3,25		12,5	117	91,9	14 273	952	11,0	7 537	754	10,02
140 × 80	5	18,7	14,7	365	60,9	4,42	193	48,2	3,21	350 × 250	8	92,8	72,8	16 449	940	13,3	9 798	784	10,3
	6,3	23,2	18,2	440	73,3	4,36	230	57,6	3,15		10	115	90,2	20 102	1 149	13,2	11 937	955	10,2
140 × 80	4	16,8	13,2	441	62,9	5,12	184	46,0	3,31	450 × 250	12,5	142	112	24 419	1 395	13,1	14 444	1 156	10,1
	5	20,7	16,3	534	76,3	5,08	222	55,3	3,27		16	179	141	30 011	1 715	12,9	17 654	1 412	9,93
150 × 100	6,3	25,7	20,2	646	92,3	5,01	265	66,2	3,21	400 × 200	8	92,8	72,8	18 562	978	14,5	6 660	666	8,47
	6,3	29,5	23,1	898	120	5,52	474	94,8	4,01		10	115	90,2	23 814	1 496	14,4	8 084	808	8,39
150 × 100	8	36,8	28,9	1 087	145	5,44	569	114	3,94	500 × 200	12,5	142	112	29 063	1 453	14,3	9 738	974	8,28
	10	44,9	35,3	1 282	171	5,34	665	133	3,85		16	179	141	35 738	1 787	14,1	11 824	1 182	8,13
160 × 80	5	22,7	17,8	744	93,0	5,72	249	62,3	3,31	450 × 250	8	109	85,4	30 082	1 337	16,6	12 142	971	10,6
	6,3	28,2	22,2	903	113	5,66	299	74,8	3,26		10	135	106	36 889	1 640	16,5	14 819	1 185	10,5
160 × 80	8	35,2	27,6	1 091	136	5,57	356	89,0	3,18	500 × 200	12,5	167	131	45 026	2 001	16,4	17 973	1 438	10,0
	10	42,9	33,7	1 284	161	5,47	411	103	3,10		16	211	166	55 705	2 476	16,2	22 041	1 763	10,2
180 × 100	5	26,7	21,1	1 153	128	6,57	460	92,0	4,15	500 × 300	10	155	122	53 762	2 150	18,6	24 439	1 629	12,6
	6,3	33,3	26,0	1 407	156	6,50	557	111	4,09		12,5	192	151	65 813	2 633	18,5	29 780	1 985	12,5
180 × 100	8	41,6	32,6	1 713	190	6,42	671	134	4,02	600 × 300	16	243	191	81 783	3 271	18,3	36 768	2 451	12,3
	10	50,9	40,0	2 036	226	6,32	787	157	3,93		20	300	235	98 777	3 951	18,2	44 078	2 939	12,1

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) DIN EN 10219-2 (kaltgefertigt, geschweißt) Ausgabe 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	12,5	434	341	259 351	7 295	24,4
	10	49,7	39,0	1 564	186	5,61		20	420	341	259 351	7 295	24,4
	12,5	61,2	48,0	1 868	222	5,53		25	539	423	317 357	8 927	24,3
	6,3	33,9	26,6	1 250	141	6,07		30	642	504	372 790	10 486	24,1
177,8	8	42,7	33,5	1 541	173	6,01	711	40	843	662	476 242	13 396	23,8
	10	52,7	41,4	1 862	209	5,94		50	1 038	815	570 312	16 043	23,4
	12,5	64,9	51,0	2 230	251	5,86		60	1 227	963	655 583	18 441	23,1
	6,3	37,1	29,1	1 630	168	6,63	762	10	236	185	167 028	4 386	26,6
193,7	8	46,7	36,6	2 016	208	6,57		16	375	294	260 973	6 850	26,4
	10	57,7	45,3	2 442	252	6,50		20	466	366	321 083	8 427	26,2
	12,5	69,0	53,1	2 911	304	6,43		25	579	454	393 461	10 327	26,1
219,1	6,3	42,1	33,1	2 386	218	7,53	813	30	690	542	462 853	12 148	25,9
	8	53,1	41,6	2 960	270	7,47		40	907	712	593 011	15 565	25,6
	10	65,7	51,6	3 598	328	7,40		50	1 118	878	712 207	18 693	25,2
	16	102	80,1	5 297	483	7,20		10	252	198	203 364	5 003	28,4
244,5	20	127	98,2	6 261	572	7,07	813	16	401	314	318 222	7 828	28,2
	6,3	47,1	37,0	3 346	274	8,42		20	498	391	391 909	9 641	28,0
	8	59,4	46,7	4 160	340	8,37		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
273	12,5	91,1	71,5	6 947	503	8,21	914	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
	20	141	111	8 957	733	7,97		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
323,9	6,3	52,8	41,4	4 696	344	9,43	1016	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
	10	82,6	64,9	7 154	524	9,31		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
355,6	16	129	101	10 707	784	9,10	1067	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
	25	195	153	15 127	1 108	8,81		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
355,6	10	98,6	77,4	12 158	751	11,1	1168	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
	16	155	121	18 390	1 136	10,9		25	898	705	1 466 717	25 115	40,4
	20	191	150	22 139	1 367	10,8		30	1 104	864	1 814 111	31 387	40,2
355,6	25	235	184	26 400	1 630	10,6	1219	10	380	298	694 014	11 387	42,7
	8	87,4	68,6	13 201	742	12,3		16	605	475	1 094 091	17 951	42,5
	10	109	85,2	16 223	912	12,2		25	938	736	1 671 873	27 430	42,2

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	1,56	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	46,9	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	1 647	6 864	258 346	10 171		30
139,7	5	14,4	59,8	514	89,9	610	40	2 108	8 782	324 376	12 771	610	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		10	864	3 600	169 693	5 564		10
168,3	4	17,7	73,7	786	112	610	12,5	1 071	4 463	209 509	6 869	610	12,5
	5	21,8	90,8	961	139		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	711	25	2 055	8 561	393 813	12 912	711	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	185	2 107	250	711	50	3 380	15 722	695 140	22 791	711	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	762	25	2 825	11 770	634 715	1 785	762	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	762	50	4 706	21 888	1 140 623	32 085	762	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	813	16	2 137	8 906	521 947	13 699	813	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	6,3	68,4	285	4 772	436	813	30	3 860	16 084	925 706	24 297	813	30
	8	85,7	357	5 919	540		40	5 010	20 873	1 186 021	31 129		40
	10	438	105	7 197	657		50	5 519	25 389	1 424 414	37 366		50
355,6	16	159	661	10 593	967	914	10	1 548	6 448	406 728	10 006	914	10
	20	191	795	12 523	1 143		16	2 440	10 165	636 443	15 657		16
	6,3	85,9	358	6 692	547		20	3 019	12 580	783 819	19 282		20
406,4	8	108	448	8 321	681	1016	25	3 727	15 529	961 713	23 658	1016	25
	10	132	550	10 146	830		30	4 416	18 402	1 132 748	27 866		30
	12,5	162	673	12 295	1 006		10	1 961	8 172	580 294	12 698		10
457	16	201	837	15 066	1 232	1067	16	3 097	12 904	910 284	19 919	1067	16
	20	243	1 011	17 914	1 465		25	4 743	19 763	1 380 634	30 211		25
	25	290	1 210	21 034	1 721		30	5 629	23 453	1 629 550	35 658		30
508	6,3	108	448	9 392	688	1067	10	2 429	10 121	799 699	15 742	1067	10
	8	135	562	11 703	857		16	3 840	16 001	1 256 959	24 743		16
	10	166	692	14 308	1 048		25	5 894	24 557	1 912 173	37 641		25
559,6	12,5	204	849	17 395	1 274	1168	30	7 002	29 175	2 260 704	44 502	1168	30
	16	254	1 058	21 414	1 569		10	2 682	11 173	927 585	17 387		10
	20	308	1 283	25 597	1 875		16	4 242	17 675	1 459 213	27 352		16
610	25	370	1 543	30 234	2 216	1219	25	6 516	27 149	2 222 711	41 663	1219	25
	6,3	192	799	19 820	1 224		30	7 745	32 270	2 629 727	49 292		30
	8	237	986	24 317	1 501		10	3 218	13 410	1 019 686	20 885		10
651,6	10	291	1 213	29 693	1 833	1219	16	5 096	21 235	1 921 547	32 903	1219	16
	16	364	1 518	36 780	2 271		25	7 840	32 666	2 933 434	50 230		25
	20	444	1 850	44 278	2 734		10	3 508	14 617	1 388 029	22 773		10
711	25	537	2 239	52 800	3 260	1219	16	5 558	23 157	2 188 123	35 901	1219	16
	6,3	232	967	26 403	1 485		25	8 555	35 646	3 343 746	54 800		25
	8	287	1 195	32 447	1 825								