

Tēraudbetona konstrukcijas

tēraudbetona kolonnu projektēšana pēc EN 1994-1-1

lektors:

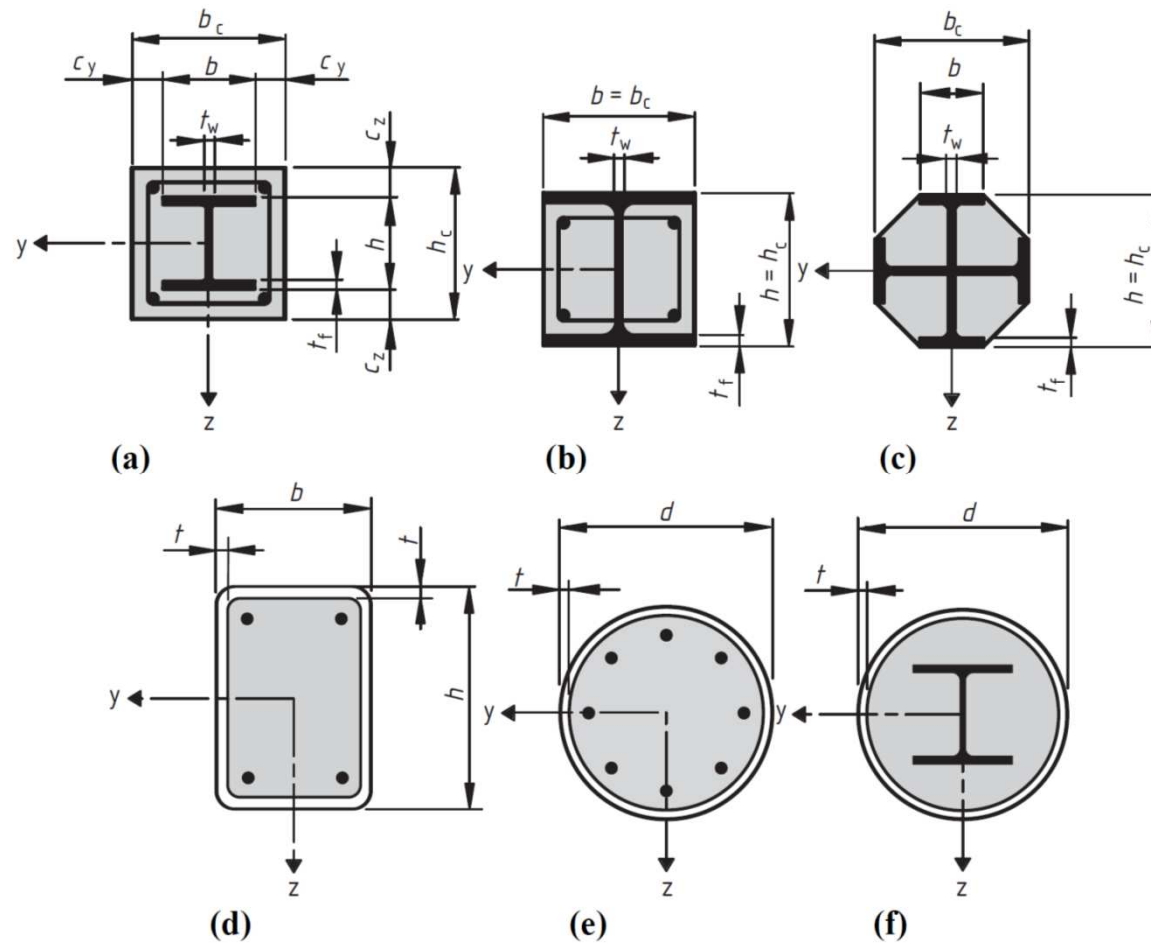
Gatis Vilks, SIA «BALTIC INTERNATIONAL CONSTRUCTION PARTNERSHIP»

Saturs

1. Vispārīga informācija par kompozītām kolonnām
2. Šķērsriezumu nestspējas vienkāršotais aprēķins un šķērsriezumu nestspējas līknes
3. Vienkāršotais noturības aprēķins
4. Ārējas slodzes pārnese uz elementa daļām un elementa daļu savstarpējās kopdarbības nodrošināšana

1. Vispārīga informācija par kompozītām kolonnām

Biežāk sastopamie kolonu veidi



Kolonnu aprēķins saskaņā ar 4. Eirokodeksu

Vispārīgā aprēķina metode

Elementa noturības
pārbaude

Vienkāršotā aprēķina metode

Kolonnu
aprēķinā
veicamās
pārbaudes

Lokālās noturības pārbaude

Ārējas slodzes pārnese uz elementa daļām

Elementa daļu savstarpējās kopdarbības nodrošināšana

Elementa noturības pārbaude

Vispārīgā
metode

Jebkāda šķērsriezuma nestspējas aprēķinam
(Metode ir komplicēta, tādēļ to šajā prezentācijā neapskatām)

Noturības
pārbaudes
metodes

Vienkāršotā
metode

Pielietojama tikai pret abām asīm simetriskiem
šķērsgriezumiem

Pielietojama tikai elementiem ar konstantu šķērsgriezumu

Pielietojama tikai elementiem ar relatīvo lokanumu $\bar{\lambda} \leq 2$

Pielietojama tikai ar stiegrojuma daudzumu $\rho_s \leq 6\%$

Pielietojama tikai pie augstuma un platuma attiecības

$$0.2 \leq h/b \leq 5$$

Lokālās noturības pārbaude

Šķērsriezuma nestspējas aprēķinos ir jāievērtē tērauda lokālās noturības zuduma ietekme

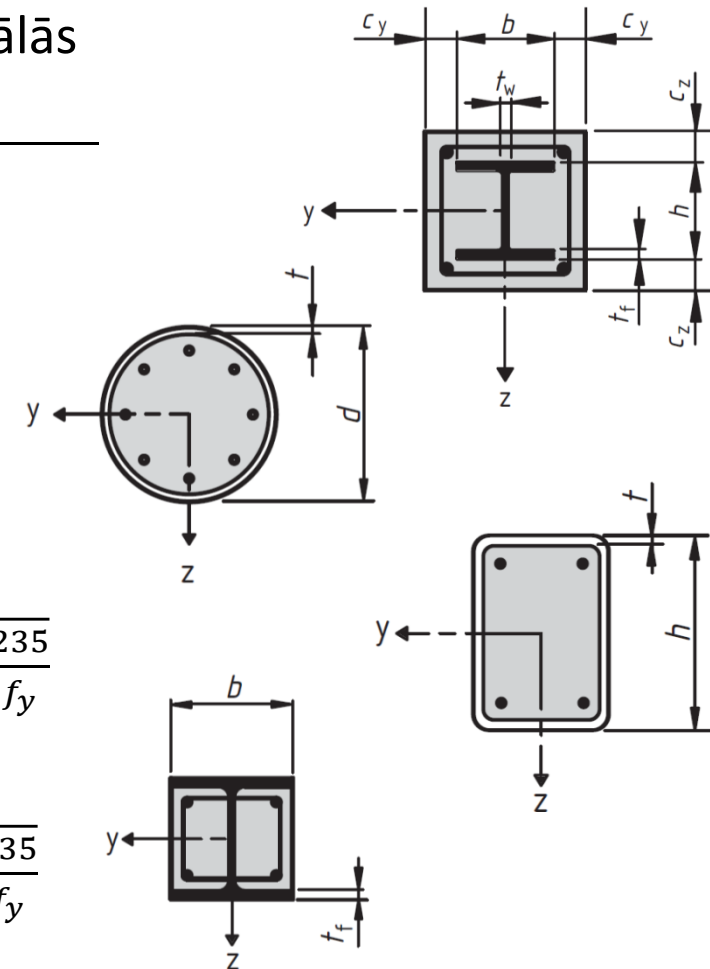
$$\text{Apbetonētiem profiliem } c \geq \begin{cases} 40 \text{ mm} \\ b/6 \end{cases}$$

Lokālo noturību var neapskatīt, ja izpildās nosacījumi

$$\text{Aizpildītām apaļām caurulēm } d/t \leq 90 \cdot \frac{235}{f_y}$$

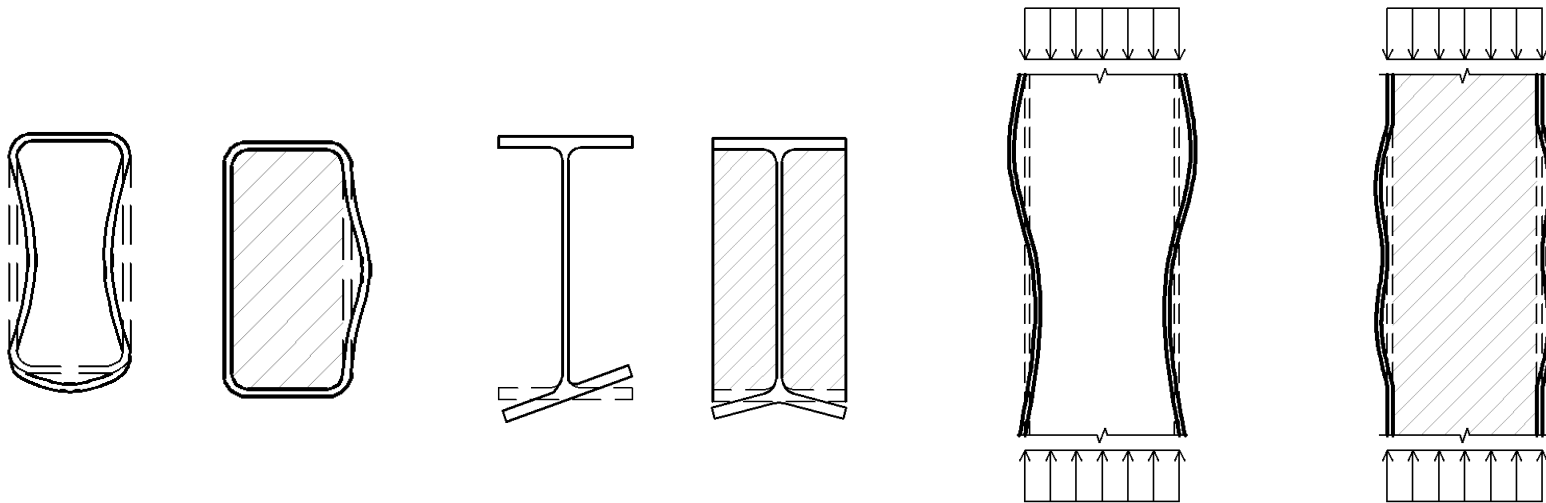
$$\text{Aizpildītām taisnstūra caurulēm } h/t \leq 52 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

$$\text{Daļēji apbetonētiem profiliem } b/t_f \leq 44 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$



Sieniņu izklaušanās raksturs

Aizpildot vai apbetonējot tērauda profilu, samazinās iespējamība izklauties profila plauktiņam/sieniņai, tādējādi var būtiski palielināt elementa nestspēju.



Aprēķinos izmantojamie materiālu parametri

Betona un stiegrojuma tērauda mehāniskās īpašības saskaņā ar LVS EN 1992-1-1

Tērauda mehāniskās īpašības saskaņā ar LVS EN 1993-1-1

Aprēķina pretestības:

betonam $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$

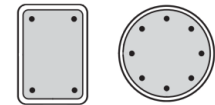
stiegrojumam $f_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_s}$

tēraudam $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_a}$

Aprēķina saskaņā ar LVS EN 1992-1-1,

bet rēķinās ar 25% no šļūdes koeficienta

$$\varphi_{t,eff} = 0,25\varphi(t, t_0)$$

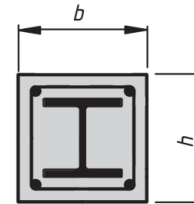


Betona šļūdes koeficients

Aprēķina saskaņā ar

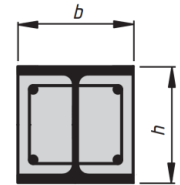
LVS EN 1992-1-1

Standartvērtība



Aprēķinā jāizmanto:

$$U \approx 2h + 0,5b$$

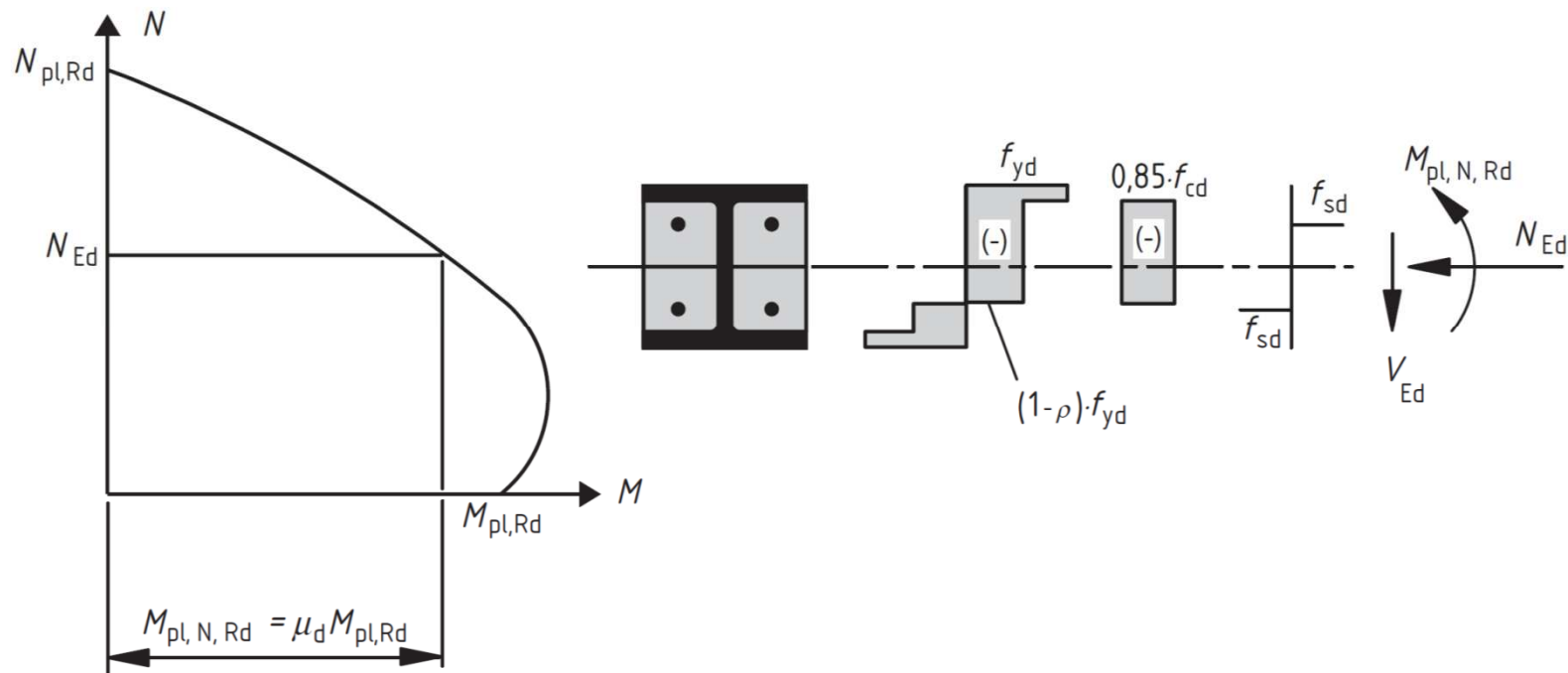


Efektīvais elastības modulis betonam

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \frac{N_{G,Ed}}{N_{Ed}} \varphi(t, t_0)}$$

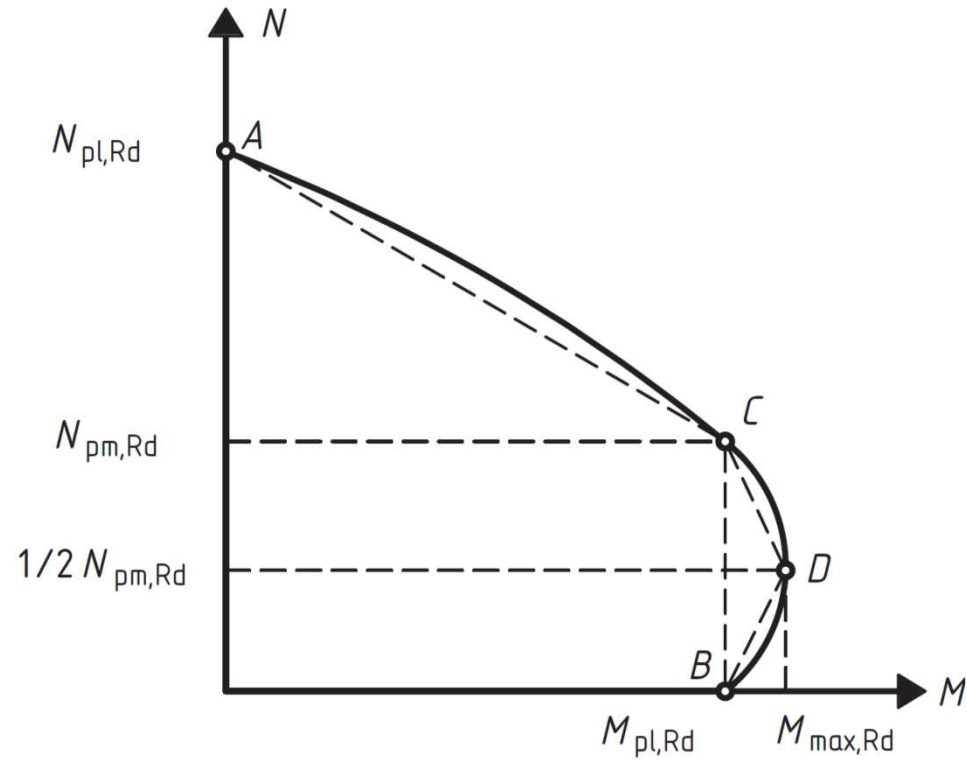
2. Šķērsgrīzumu nestspējas vienkāršotais aprēķins un šķērsgrīzumu nestspējas līknes

Šķērsriezuma nestspējas aprēķins



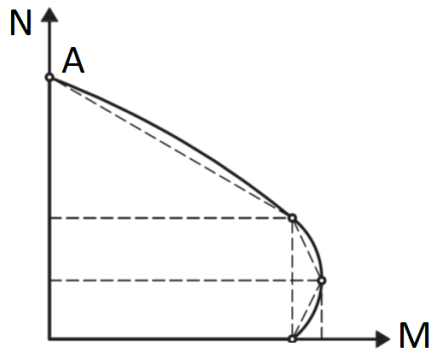
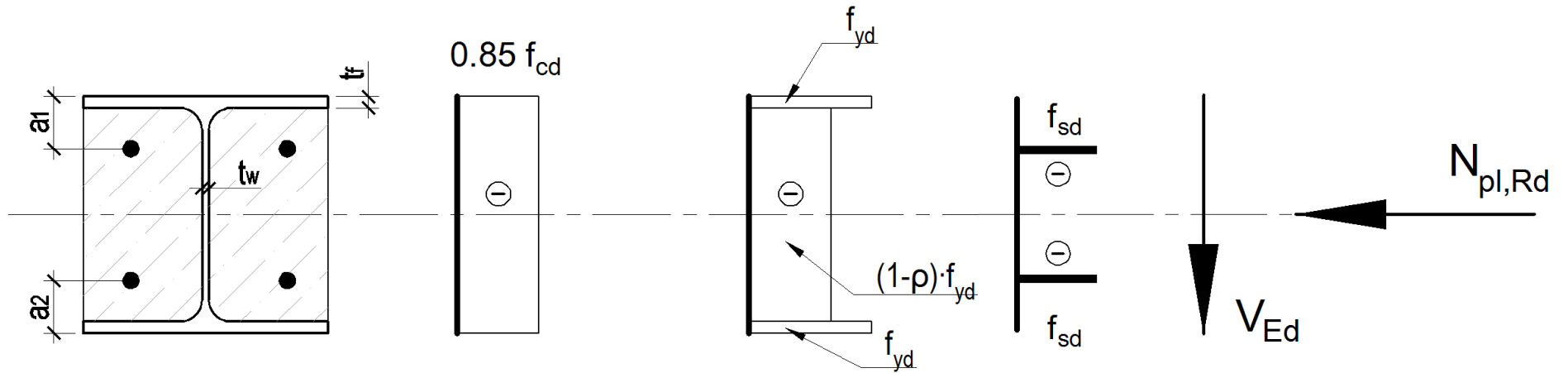
Sieniņai jāievērtē samazināta nestspēja gadījumā, ja $V_{Ed} > 0,5V_{Rd}$ $\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$

Vienkāršotā šķērsriezuma nestspējas līkne



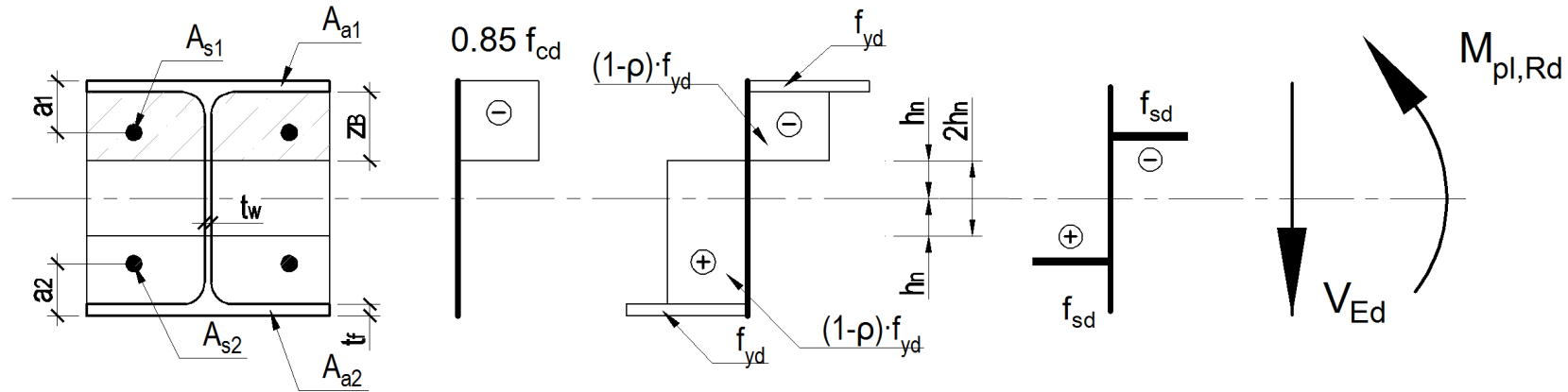
Vienkāršotajā līknes izveidē apskata vismaz četrus punktus.

Nestspējas līknes punkta A aprēķins



$$N_{pl,Rd} = A_a \cdot f_{yd} + 0.85 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{sd}$$

Nestspējas līknes punkta B aprēķins



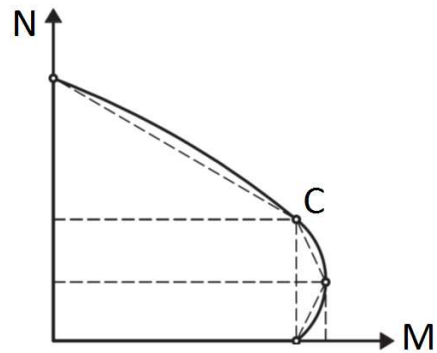
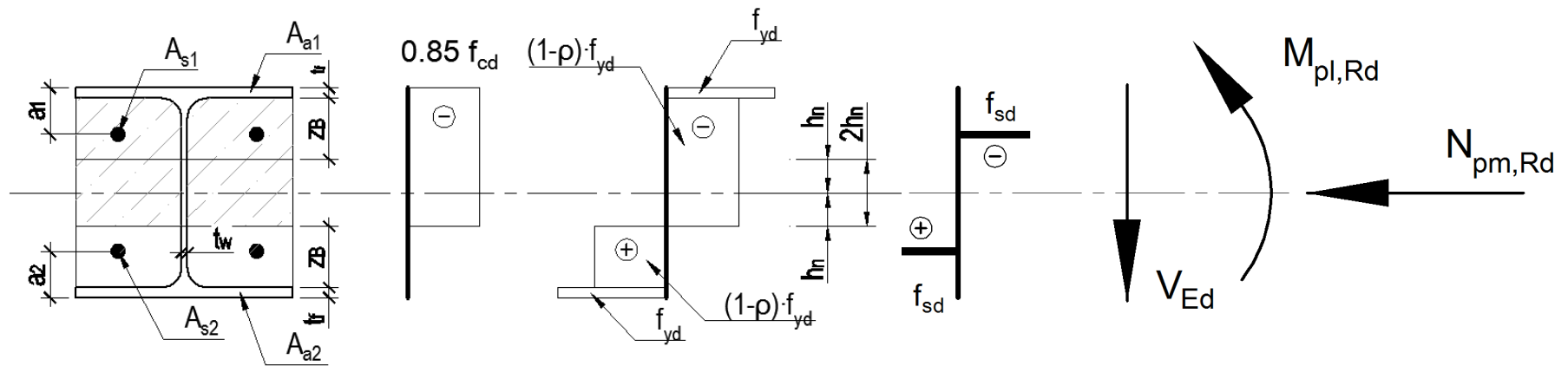
$$N_{Ed} = 0 \quad A_{a1} = A_{a2}$$

$$\Sigma N = 0 \quad \Rightarrow \quad t_w \cdot z_B \cdot f_{yd}(1 - \rho) - t_w \cdot (h_w - z_B) \cdot f_{yd} \cdot (1 - \rho) + 0.85 \cdot (b - t_w) \cdot z_B \cdot f_{cd} = 0$$

$$z_B = \frac{t_w \cdot h_w \cdot f_{yd} \cdot (1 - \rho)}{2 \cdot t_w \cdot f_{yd} \cdot (1 - \rho) + 0.85 \cdot (b - t_w) \cdot f_{cd}} \quad h_n = \frac{h_w}{2} - z_B$$

$$M_{pl,Rd} = A_{a1} \cdot \left(z_B + \frac{t_{f1}}{2} \right) \cdot f_{yd} + A_{a2} \cdot \left(h_w - z_B + \frac{t_{f2}}{2} \right) \cdot f_{yd} + t_w \cdot z_B \cdot f_{yd} \cdot (1 - \rho) \cdot \frac{z_B}{2} + t_w \cdot (h_w - z_B) \cdot f_{yd} \cdot (1 - \rho) \cdot \frac{(h_w - z_B)}{2} + A_{s1} \cdot f_{sd} \cdot (z_B + t_{f1} - a_1) + A_{s2} \cdot f_{sd} \cdot (h_w - z_B + t_{f2} - a_2) + (b - t_w) \cdot z_B - 0.85 \cdot f_{cd} \cdot \frac{z_B}{2}$$

Nestspējas līknes punkta C aprēķins



$$N_{pm,Rd} = 2 \cdot h_n \cdot t_w \cdot f_{yd} \cdot (1 - \rho) + 2 \cdot h_w \cdot (b - t_w) + 0.85 \cdot f_{cd}$$

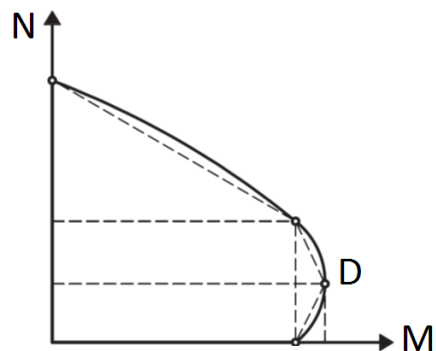
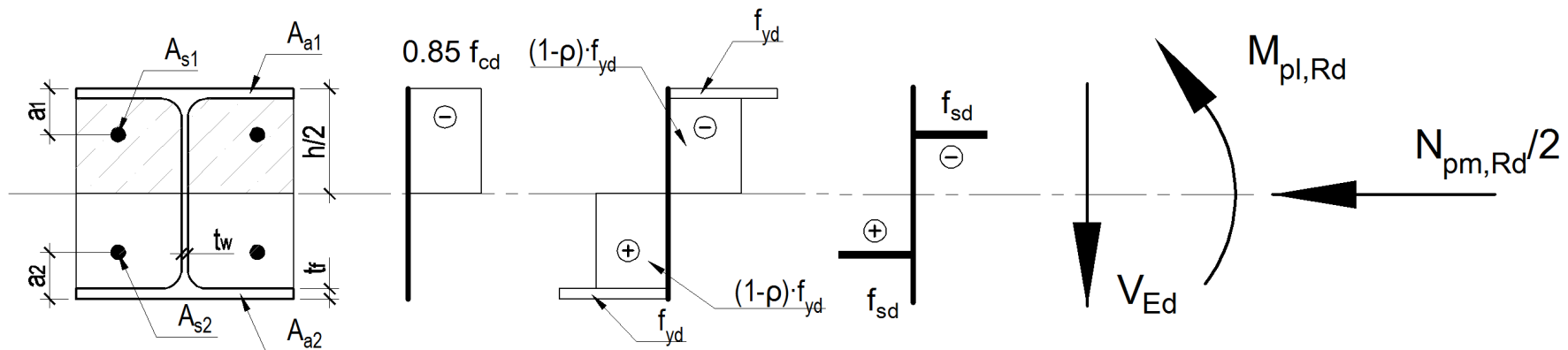
$$M_{pl,Rd} = 0.85 \cdot f_{cd} \cdot (b - t_w) \cdot z_B \cdot \left(h_n + \frac{z_B}{2} \right) + A_{a1} \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{h}{2} + \frac{t_{f1}}{2} \right) +$$

$$+ A_{a2} \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{t_{f2}}{2} \right) + t_w \cdot z_B \cdot f_{yd} \cdot (1 - \rho) \cdot \left(\frac{h_w}{2} - \frac{z_B}{2} \right) +$$

$$+ t_w \cdot z_B \cdot f_{yd} \cdot (1 - \rho) \cdot \left(\frac{h_w}{2} - \frac{z_B}{2} \right) + A_{s1} \cdot f_{sd} \cdot \left(\frac{h}{2} - a_1 \right) +$$

$$+ A_{s1} \cdot f_{sd} \cdot \left(\frac{h}{2} - a_1 \right) + A_{s2} \cdot f_{sd} \cdot \left(\frac{h}{2} - a_2 \right)$$

Nestspējas līknes punkta D aprēķins



$$\begin{aligned}
 M_{pl,Rd} = & 0.85 \cdot f_{cd} \cdot (b - t_w) \cdot \frac{h_w}{2} \cdot \frac{h_w}{4} + A_{a1} \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{t_{f1}}{2}\right) + \\
 & + A_{a2} \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{t_f}{2}\right) + t_w \cdot \frac{h_w}{2} \cdot f_{yd} \cdot (1 - \rho) \cdot \frac{h_w}{4} + t_w \cdot \frac{h_w}{2} \cdot f_{yd} \cdot (1 - \rho) \cdot \frac{h_w}{4} \\
 & + \\
 & + A_{s1} \cdot f_{sd} \cdot \left(\frac{h}{2} - a_1\right) + A_{s2} \cdot f_{sd} \cdot \left(\frac{h}{2} - a_2\right)
 \end{aligned}$$

3. Vienkāršotais noturības aprēķins

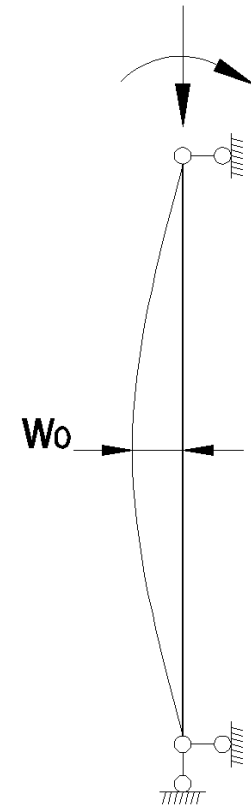
Vienkāršotās noturības aprēķina metodes

Centriski
spiesta
elementa
aprēķins

Elementa relatīvais lokanums tiek aprēķināts
atbilstoši LVS EN 1993-1-1, saskaņā ar 6.3. sadaļu

Spiesti liekta
elementa
pretestības
aprēķins

Tiek ievērēts elementu nepilnību radīts lieces moments,
kā arī deformētā stāvoķļa papildus radītie lieces
momenti. Metode pielietojama arī centriski spiestu
elementu aprēķinā.



Relatīvā lokanuma pārbaude

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{cr}}} \leq 2,0$$

$$N_{pl,Rk} = A_a f_{yk} + 0,85 A_c f_{ck} + A_s f_{sk}$$

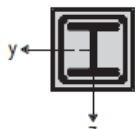
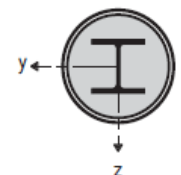
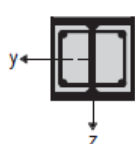
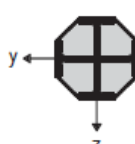
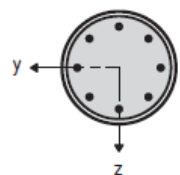
$$N_{cr} = \frac{\pi^2 (EJ)_{eff,I}}{(\beta L)^2}$$

$$(EJ)_{eff,I} = (E_a J_a + 0,6 E_{c,eff} J_c + E_s J_s)$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

Aprēķinam izmantojamās elementu nepilnības

Table 6.5 : Buckling curves and member imperfections for composite columns

Cross-section	Limits	Axis of buckling	Buckling curve	Member imperfection	Cross-section	Limits	Axis of buckling	Buckling curve	Member imperfection
concrete encased section 		y-y	b	$L/200$	circular hollow steel sections with additional I-section 		y-y	b	$L/200$
		z-z	c	$L/150$			z-z	b	$L/200$
partially concrete encased section 		y-y	b	$L/200$	partially concrete encased section with crossed I-sections 		any	b	$L/200$
		z-z	c	$L/150$					
circular and rectangular hollow steel section 	$\rho_s \leq 3\%$	any	a	$L/300$					
	$3\% < \rho_s \leq 6\%$	any	b	$L/200$					

w_0

Elementa nepilnību (pielaižu) papildus radītais lieces moments

$$M_{i,Ed} = N_{Ed} \cdot w_0$$

Deformētā stāvokļa ievērtēšana

$$M_{Ed} = M_{0,Ed} \cdot k_0 + M_{i,Ed} \cdot k_i$$

$$k = \frac{\beta}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{Cr,eff}}} \geq 1$$

$$N_{Cr,eff} = \frac{\pi^2 \cdot (EI)_{eff,II}}{(\beta \cdot L)^2}$$

$$(EI)_{eff,II} = 0.9 \cdot (E_a \cdot I_a + E_s \cdot I_s + 0.5 \cdot E_{c,eff} \cdot I_c)$$


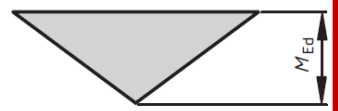
$M_{i,Ed}$ – elementu nepilnību radītais lieces moments;

$M_{0,Ed}$ – ārējo slodžu radītais lieces moments;

M_{Ed} – lieces momenta aprēķina vērtība.

$\beta_i = 1$ β_0 – atkarīgs no slogojuma.

Table 6.4 Factors β for the determination of moments to second order theory

Moment distribution	Moment factors β	Comment
	<p>First-order bending moments from member imperfection or lateral load:</p> <p style="text-align: center;">$\beta = 1,0$</p>	<p>M_{Ed} is the maximum bending moment within the column length ignoring second-order effects</p>
	<p>End moments:</p> <p style="text-align: center;">$\beta = 0,66 + 0,44r$</p> <p style="text-align: center;">but $\beta \geq 0,44$</p>	<p>M_{Ed} and $r M_{Ed}$ are the end moments from first-order or second-order global analysis</p>

Elementa nestspējas pārbaude

Elementa nestspējas pārbaudē jāizpildās nosacījumiem:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{pl,y,N,Rd}} = \frac{M_{Ed,y}}{\mu_{dy} M_{pl,y,Rd}} \leq \alpha_{M,y} \quad \alpha_{M,y} = \alpha_{M,z} = \alpha_M$$

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{pl,z,N,Rd}} = \frac{M_{Ed,z}}{\mu_{dz} \cdot M_{pl,z,Rd}} \leq \alpha_{M,z}$$

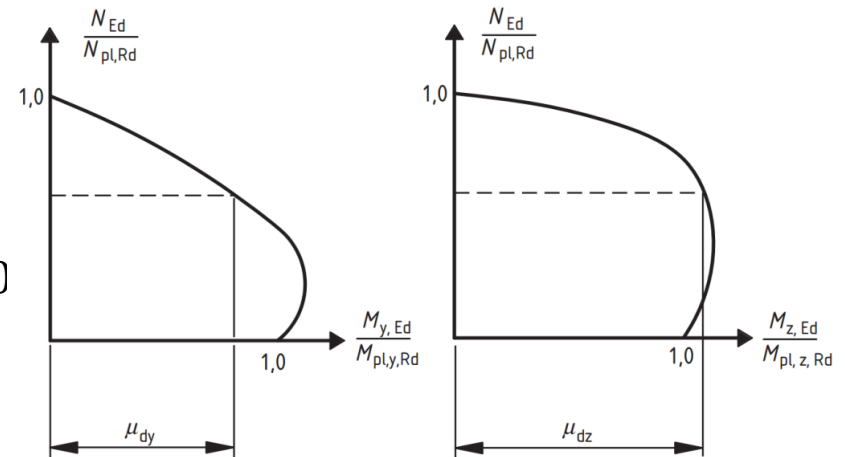
Tēraudiem S235 līdz S355 $\alpha_m = 0.9$
Tēraudiem S420 līdz S460 $\alpha_m = 0.8$

Elementi, kas ir ekscentriski slogoti divās plaknēs:

$$\frac{M_{y,Ed}}{\mu_{dy} \cdot M_{pl,y,Rd}} \leq \alpha_{M,y}$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{\mu_{dz} \cdot M_{pl,z,Rd}} \leq \alpha_{M,z}$$

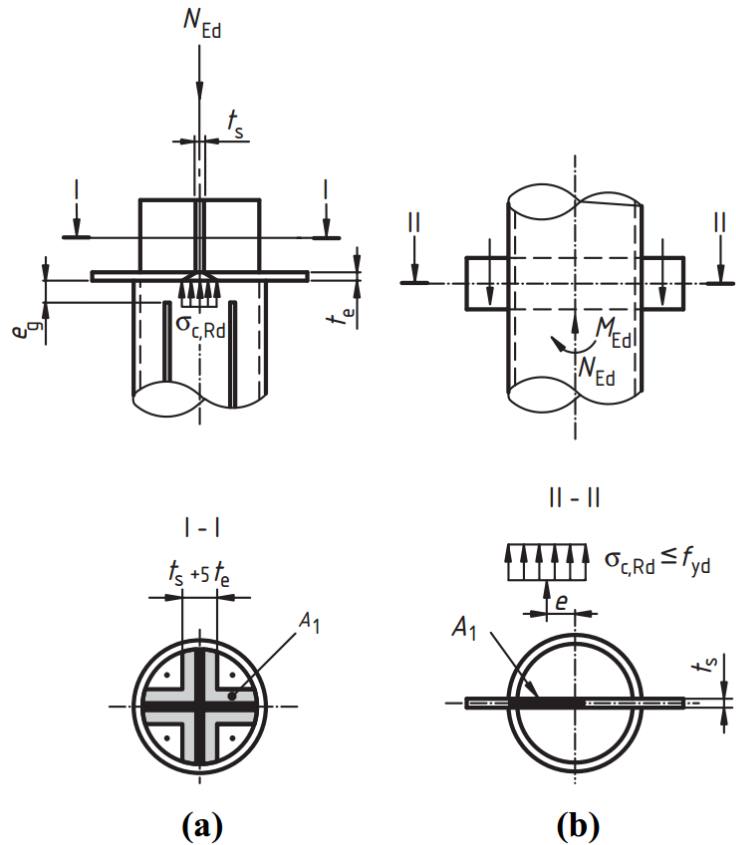
$$\frac{M_{y,Ed}}{\mu_{dy} \cdot M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{\mu_{dz} \cdot M_{pl,z,Rd}} \leq 1.0$$



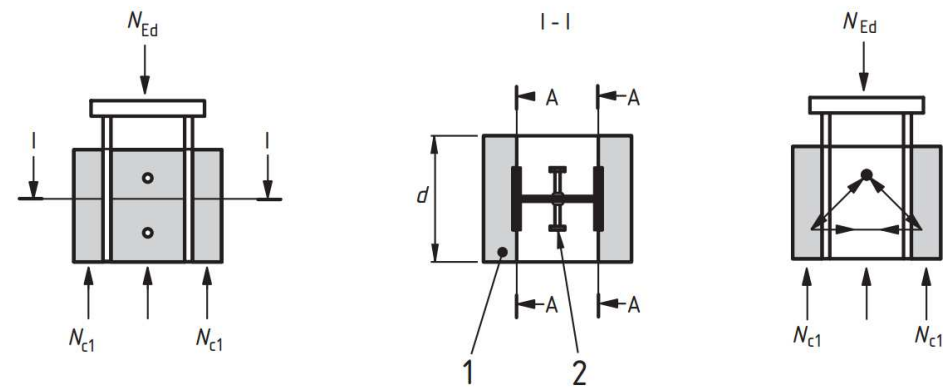
$M_{y,Ed}$ un $M_{z,Ed}$ - elementu nepilnību radītie lieces momenti

4. Ārējas slodzes pārnese uz elementa daļām un
elementa daļu savstarpējās kopdarbības
nodrošināšana

Ārējās slodzes pārnese

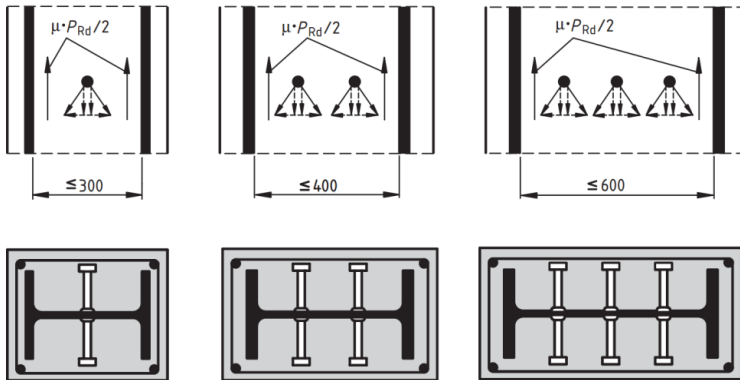


Netiešas ārējās slodzes pārnese uz dzelzsbetonu



Ārējās slodzes pārnese cauruļveida šķērsriezuma kolonnām

Kopdarbības nodrošināšana



Kopdarbības nodrošināšana, izmantojot „Nelsona” tapas

Table 6.6 : Design shear strength τ_{Rd}

Type of cross section	τ_{Rd} (N/mm ²)
Completely concrete encased steel sections	0,30
Concrete filled circular hollow sections	0,55
Concrete filled rectangular hollow sections	0,40
Flanges of partially encased sections	0,20
Webs of partially encased sections	0,00

Kopdarbības nodrošināšana, caur saisti. Jāizpilda priekšnosacījumi saistes nodrošināšanai.

PALDIES PAR UZMANĪBU!