

**ČSN EN 1993**  
**Navrhování ocelových konstrukcí**

**Část 1-1**  
**Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby**



Zdeněk Sokol  
České vysoké učení technické v Praze

# Obsah lekce

→ Úvodem

Kapitola 1: Všeobecně

Kapitola 2: Zásady navrhování

Kapitola 3: Materiály

Kapitola 4: Trvanlivost

Kapitola 5: Analýza konstrukce

Kapitola 6: Mezní stavy únosnosti

Kapitola 7: Mezní stavy použitelnosti

Přílohy A, B, AB, BB

Národní příloha NA, NB

Shrnutí



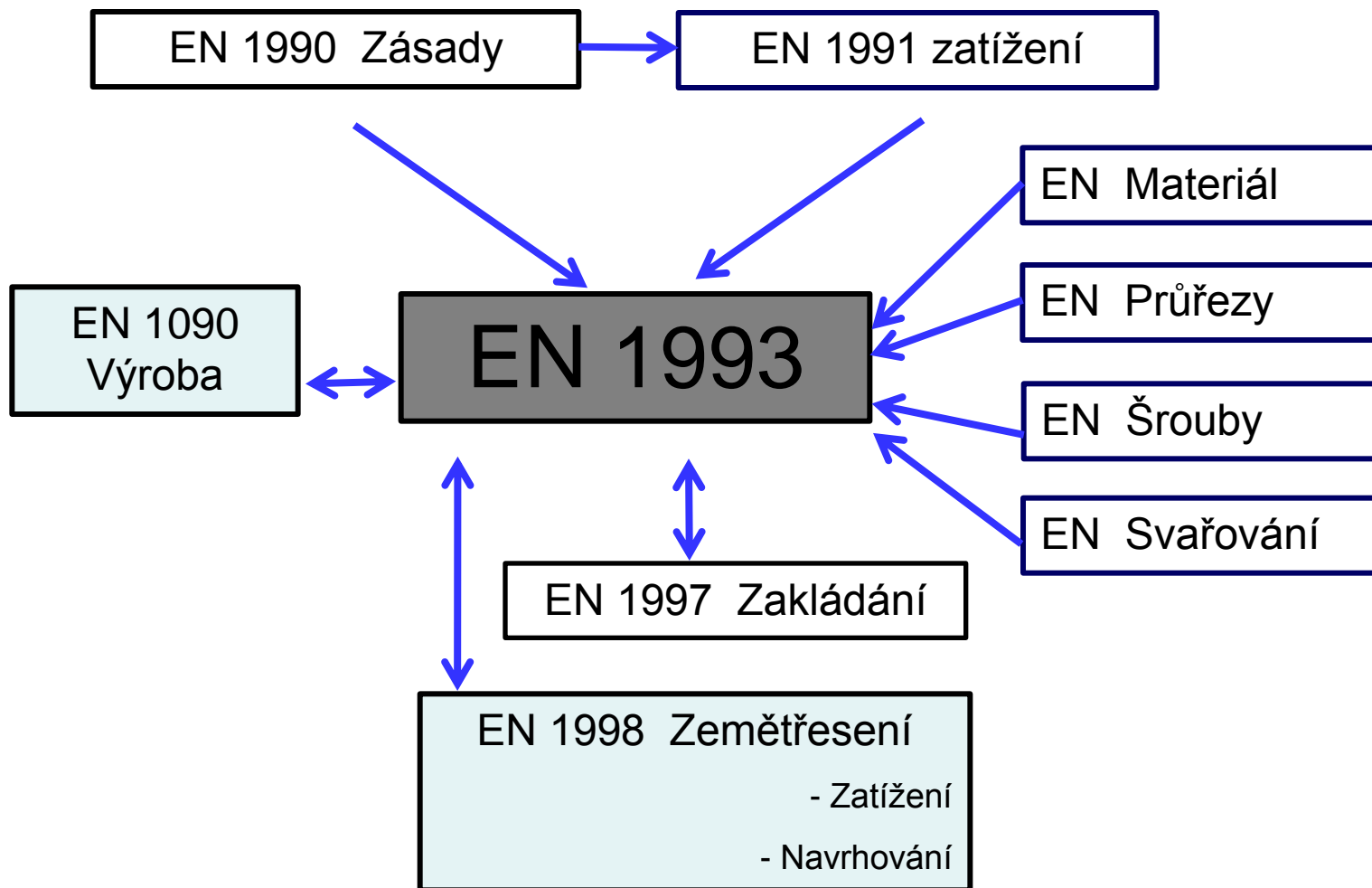
# Normy pro navrhování konstrukcí

- **V soustavě CEN**
  - Návrhové normy - výjimečná pozice
  - Příležitost pro Evropu v globálním světě
- **Betonové/dřevěné konstrukce: 3 dokumenty**
- **Ocelové konstrukce: 20 dokumentů**
  - Část 1 - Pozemní stavby (12 částí)
  - Část 2 - Mosty (1)
  - Část 3 - Stožáry, komíny (2)
  - Část 4, 5 a 6 - Technologické konstrukce (5)
- **Navazující ETA, ETAG**

# Normy pro navrhování ocelových konstrukcí

ČSN EN 1993-1-1	Obecná pravidla, pozemní stavby
ČSN EN 1993-1-2	Požár
ČSN EN 1993-1-3	Tenkostěnné
ČSN EN 1993-1-4	Korozivzdorné oceli
ČSN EN 1993-1-5	Deskostěny 1
ČSN EN 1993-1-6	Skořepiny
ČSN EN 1993-1-7	Deskostěny 2
ČSN EN 1993-1-8	Spoje a styčníky
ČSN EN 1993-1-9	Únava
ČSN EN 1993-1-10	Křehký lom
ČSN EN 1993-1-11	Lana
ČSN EN 1993-1-12	Oceli vysokých pevností
ČSN EN 1993-2	Mosty
ČSN EN 1993-3-1	Stožáry
ČSN EN 1993-3-2	Komíny
ČSN EN 1993-4-1	Zásobníky
ČSN EN 1993-4-2	Nádrže
ČSN EN 1993-4-3	Potrubí
ČSN EN 1993-5	Piloty
ČSN EN 1993-6	Jeřábové dráhy

# Vztah ČSN EN 1993 a ostatních předpisů



# Obsah normy ČSN EN 1993-1-1

## Navrhování ocelových konstrukcí

### Část 1.1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

Úvod

Kapitola 1: Všeobecně

Kapitola 2: Zásady navrhování

Kapitola 3: Materiály

Kapitola 4: Trvanlivost

Kapitola 5: Analýza konstrukce

Kapitola 6: Mezní stavy únosnosti

Kapitola 7: Mezní stavy použitelnosti

Přílohy A, B, AB, BB

Národní příloha NA, NB

# Obsah lekce

Úvodem

→ Kapitola 1: Všeobecně  
Kapitola 2: Zásady navrhování  
Kapitola 3: Materiály  
Kapitola 4: Trvanlivost  
Kapitola 5: Analýza konstrukce  
Kapitola 6: Mezní stavy únosnosti  
Kapitola 7: Mezní stavy použitelnosti  
Přílohy A, B, AB, BB  
Národní příloha NA, NB

Shrnutí



# 1. Všeobecně

**Eurokód 3 se používá spolu s ostatními Eurokódami, zejména:**

**ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí,  
ČSN EN 1991 Zatížení stavebních konstrukcí,  
ČSN EN 1090 Provádění ocelových konstrukcí  
a hliníkových konstrukcí,**

**normami EN (materiály, výrobky),  
technickými schváleními a směrnici ETA, ETAG.**

**Jakékoliv kombinace norem EN, ENV, ČSN, DIN, BS apod.  
jsou vyloučeny.**

**V zemích CEN bude jednotné navrhování: některé parametry  
však zůstávají v kompetenci státu – uvedeny v Národní příloze.**



# Obsah lekce

Úvodem

Kapitola 1: Všeobecně

 Kapitola 2: Zásady navrhování

Kapitola 3: Materiály

Kapitola 4: Trvanlivost

Kapitola 5: Analýza konstrukce

Kapitola 6: Mezní stavy únosnosti

Kapitola 7: Mezní stavy použitelnosti

Přílohy A, B, AB, BB

Národní příloha NA, NB

Shrnutí



## 2. Zásady navrhování

Část 1-1 platí pro prvky s tloušťkou  $t \geq 3$  mm  
tenkostěnné prvky se posuzují podle části 1-3

Návrhem podle Eurokódu 3 se dosáhne spolehlivosti podle ČSN EN 1990:

- pravděpodobnost selhání pro MSÚ  $p \approx 10^{-5}$
- pravděpodobnost překročení MSP  $p \approx 10^{-1}$  až  $10^{-2}$

Návrhová životnost staveb v ČR:

- budovy 80 let
- mosty 100 let
- dočasné stavby méně (viz ČSN EN 1990)

### 2.2 Metodika:

- navrhování podle mezních stavů,
- obvykle zjednodušeně, pomocí dílčích součinitelů

## Zatížení:

- podle Eurokódu 1 (ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí), má mnoho částí,
- dílčí součinitele zatížení a kombinace zatížení podle ČSN EN 1990 (Zásady navrhování konstrukcí),
- při nelineárních výpočtech MKP lze postupovat přírůstkově, všechna zatížení zvyšovat úměrně,
- uvažuje-li se sedání – jde o stálé zatížení, bere se odhad.

## 2.4 Metoda dílčích součinitelů v MS:

- materiály: uvažují se jmenovité hodnoty z norem,
- rozměry prvků: uvažují se jmenovité hodnoty z norem.
- odtud plyne charakteristická únosnost  $R_k$ ,
- pro návrhovou únosnost: 
$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$$

# Obsah lekce

Úvodem

Kapitola 1: Všeobecně

Kapitola 2: Zásady navrhování

 Kapitola 3: Materiály

Kapitola 4: Trvanlivost

Kapitola 5: Analýza konstrukce

Kapitola 6: Mezní stavy únosnosti

Kapitola 7: Mezní stavy použitelnosti

Přílohy A, B, AB, BB

Národní příloha NA, NB

Shrnutí



# 3. Materiály

Vlastnosti ocelí: běžné oceli (S235 až S460) - z této normy,  
jiné - z norem EN, vlastnosti prokázat.

Část tabulky 3.1 normy: obsahuje běžné oceli pro konstrukce a trubky (H)

Pevnostní třída	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_y$ [MPa]	$f_u$ [MPa]	$f_y$ [MPa]	$f_u$ [MPa]
S235	235	360	215	360
S355	355	510	335	470
S355W	355	510	335	490
S460N/NL	460	540	430	540

# Nejdůležitější oceli pro stavební konstrukce:

- nelegované oceli jakostní, třídy: **S235, S275, S355**

**S235JR, S235J0** (běžné konstrukční oceli)  $f_y = 235$  MPa,  $f_u = 360$  MPa

**S355J0, S355J2** (běžné konstrukční oceli)  $f_y = 355$  MPa,  $f_u = 510$  MPa

- legované ušlechtilé jemnozrnné oceli s vyšší mezí kluzu, třídy:

**S420, S460, S500, S550, S620, S690, S890, S960**

Značení stavu: N, M, NL, ML, Q, Q1. Např. S420ML, S460Q.

- legované ušlechtilé oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi

Tzv. patinující oceli, příměs Cr, Ni, Cu, Mo ... typ „Corten“ (USA).

V ČR: **S355J0W** (ocel Atmofix A), **S355J2W** (ocel Atmofix B).

### 3.2.3 Lomová houževnatost:

Vyžaduje se k zabránění křehkému lomu tažených prvků při nejnižší předpokládané provozní teplotě ( $T_{md} = - 35 \text{ °C}$ ).

Postup podle ČSN EN 1993-1-10. Určí se:

- $\sigma_{max}$  pro mimořádnou kombinaci zatížení,
- $T_{Ed}$  referenční teplota v místě potenciální trhliny ( $\sigma_{max}$ ),
- **jakostní stupeň oceli** z tabulky 2.1 uvedené normy:

**JR, J0, J2, K2, M, N, ML, NL, Q, QL, QL1**

### 3.2.4 Vlastnosti kolmo k povrchu:

U **plechů** namáhaným tahem kolmo k povrchu a v místech svarových spojů v důsledku jejich smršťování může dojít k lamelárnímu rozdělení plechů.

Obecně je proto nutné vybrat třídu jakosti  $Z_{Rd} > Z_{Ed}$  podle ČSN EN 10164. Postupuje se podle ČSN EN 1993-1-10.

ČSN EN 1993-1-1 Tabulka 3.2 – Výběr tříd jakosti podle EN 10164

Požadovaná hodnota $Z_{Ed}$ podle EN 1993-1-10	Třída jakosti $Z_{Rd}$ podle EN 10164
$Z_{Ed} \leq 10$	--- (nepožadována)
$10 < Z_{Ed} \leq 20$	Z 15
$20 < Z_{Ed} \leq 30$	Z 25
$Z_{Ed} > 30$	Z 35



### 3.2.5 Tolerance:

Tolerance rozměrů, hmotnosti apod. mají být v souladu s příslušnou normou výrobku EN, směrnice ETAG nebo schválení ETA.

### 3.2.6 Návrhové hodnoty fyzikálních veličin ocelí:

Platí obvyklé hodnoty ( $E = 210\,000\text{ MPa}$ ;  $\nu = 0,3$ ;  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ ).

### 3.3 Spojovací prostředky:

Veškeré požadavky a postupy při dimenzování jsou uvedeny v ČSN EN 1993-1-8.

# Obsah lekce

Úvodem

Kapitola 1: Všeobecně

Kapitola 2: Zásady navrhování

Kapitola 3: Materiály

Kapitola 4: Trvanlivost

 Kapitola 5: Analýza konstrukce

Kapitola 6: Mezní stavy únosnosti

Kapitola 7: Mezní stavy použitelnosti

Přílohy A, B, AB, BB

Národní příloha NA, NB

Shrnutí



# 5. Analýza konstrukce

## 5.1.1 Modelování konstrukce a základní předpoklady:

Výpočetní model má vystihovat globální chování konstrukce i chování prvků a spojů. Volí se s ohledem na uvažovaný mezní stav.

## 5.1.2 Modelování spojů:

Předpokládají se spoje: kloubové, tuhé, polotuhé.

## 5.1.3 Interakce podloží a konstrukce:

Uvažuje se pouze tehdy, pokud je deformace podpěr významná. Postupuje se podle ČSN EN 1997 (Navrhování geotechnických konstrukcí).

## 5.2 Globální analýza (výpočet vnitřních sil):

### Druhy analýz:

#### Pružnostní

LA: lineární analýza

LBA: lineární bifurkační analýza

GNA: geometricky nelineární analýza  
(teorie 2.řádu: lineární geometrické vztahy)

GNIA: geometricky nelineární analýza s imperfekcemi

#### Plasticitní

MNA: materiálově nelineární analýza

GMNA: geometricky a materiálově nelineární analýza

GMNIA: geometricky a materiálově nelineární analýza  
s imperfekcemi

**Běžnou LA lze použít, pokud zvýšení vnitřních sil nebo jiné změny v chování konstrukce vznikající v důsledku deformací lze zanedbat. Předpokládá se splnění této podmínky, jestliže je dodržen následující vztah:**

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 10 \quad (\text{pro plasticitní analýzu } \geq 15)$$

$F_{Ed}$       návrhové zatížení konstrukce;  
 $F_{cr}$       kritické zatížení získané např. LBA.

**Při nesplnění se mají uvažovat účinky přetvořené geometrie (účinky 2. řádu):**

- obvykle problémy stability,
- lanové konstrukce.

## 5.3 Imperfekce:

Analýza má zahrnovat nedokonalosti:

- geometrické,
- materiálové,
- konstrukční.

Eurokód 3 dovoluje všechny tyto nedokonalosti nahradit ekvivalentními **geometrickými imperfekcemi**.

Uvažují se imperfekce:

- **globální** (obvykle náklon patrové soustavy),
- **lokální** (jednotlivých prutů).

(ostatní imperfekce jsou pokryty dílčími součiniteli spolehlivosti)

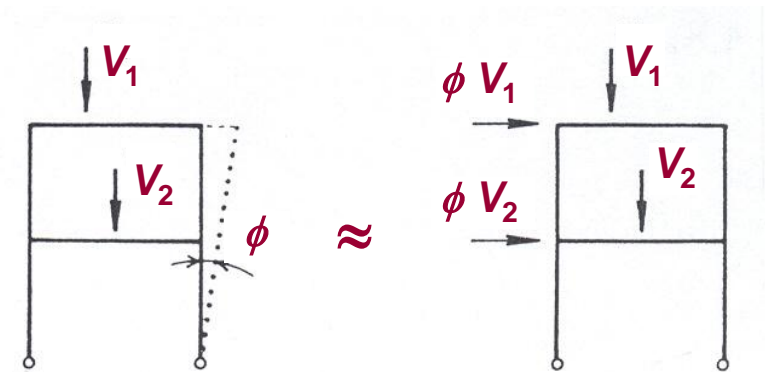
## 5.3.2 Imperfekce pro globální analýzu:

a) Obecně lze zavést ekvivalentní imperfekce v prvním vlastním tvaru konstrukce („kritický tvar“), s amplitudou určenou tak, aby byla zajištěna žádaná spolehlivost nejnepříznivěji namáhaného průřezu (podle rov. (5.9)).

b) Běžně se však zavádějí **imperfekce soustavy** a **lokální imperfekce prutů**.

**Imperfekce soustavy:**  
(náklon patrové konstrukce)

$$\phi = \phi_0 \alpha_h \alpha_m \quad (\text{viz norma})$$

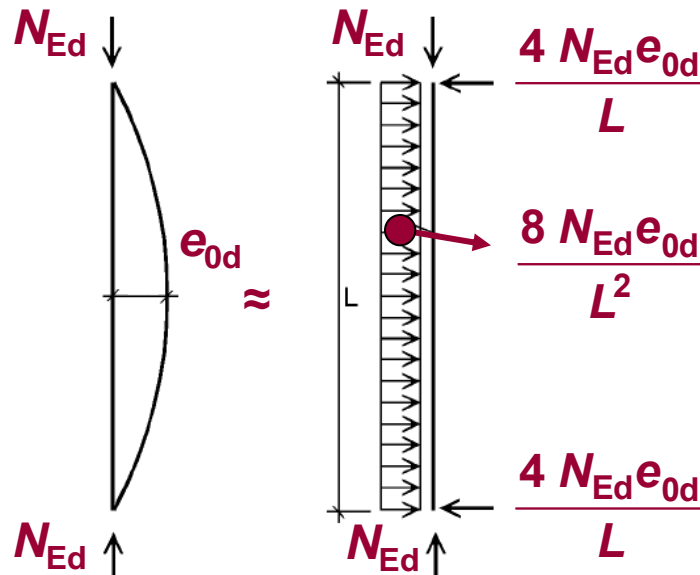


**Pro velké vodorovné zatížení**  
 $H_{Ed} \geq 0,15 V_{Ed}$  lze náklon zanedbat.

## Imperfekce prutů:

Uvažují se ve tvaru průhybu při vzpěru, amplitudy  $e_0/L$  jsou uvedeny v tab. 5.1 normy.

Pro analýzu je lze nahradit ekvivalentním rovnoměrným zatížením:



Obvykle lze ale lokální imperfekce při globální analýze zanedbat. Výjimka: prut alespoň na jedné straně vetknutý a velmi štíhlý.

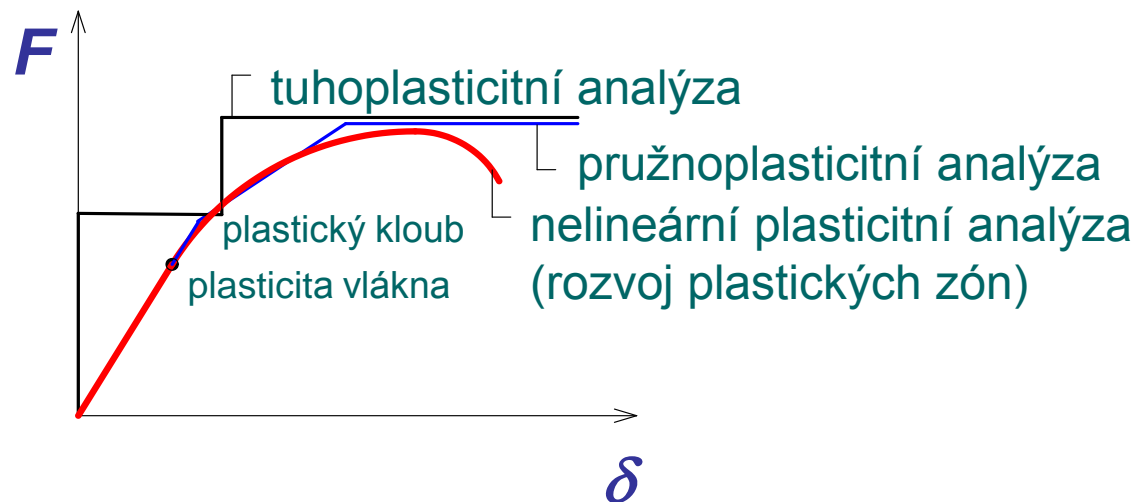


## 5.4 Analýza s nelinearitou materiálu (plasticitní):

**Pružnostní globální analýzu lze použít vždy (neekonomická, omezena dosažením návrhové meze kluzu).**

**Plasticitní globální analýzu lze použít při splnění požadavků na materiál (viz 3.2.2), průřez (třída 1, viz 5.6), prut (stabilita, viz 6.3.5.)**

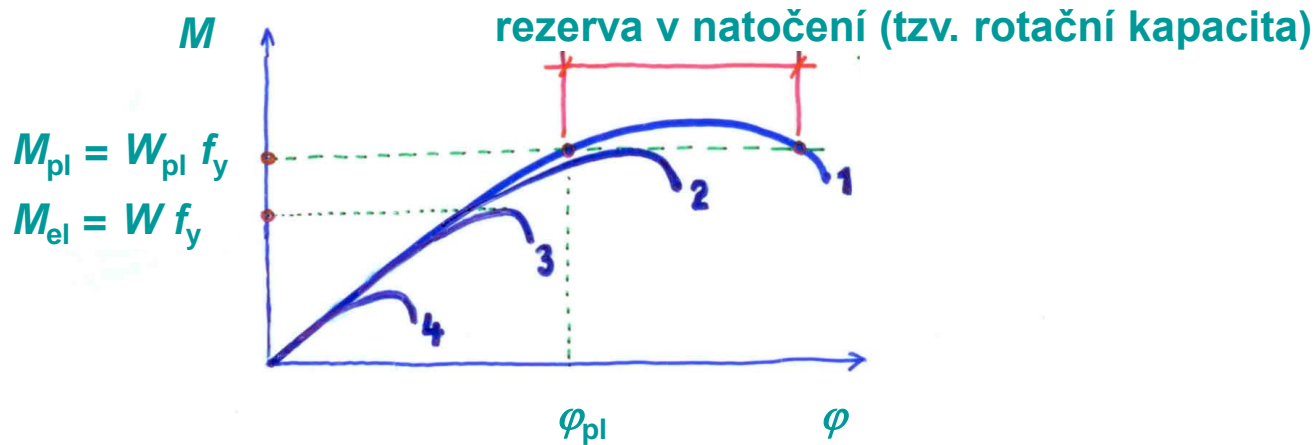
Zjednodušené schéma:



## 5.5 Klasifikace průřezů:

Určuje, v jakém rozsahu lokální boulení stěn omezuje rotační kapacitu průřezů.

Např. pro ohýbaný nosník:

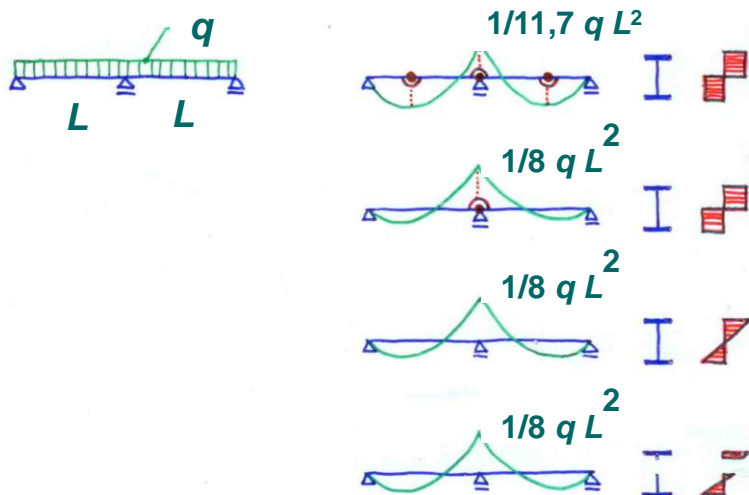


Zatřídění do tříd se provede na základě štíhlosti tlačných částí průřezu ( tj. poměru  $c/t$ ) podle Tab. 5.2 normy.

Záleží na průběhu napětí - tzn. pro různé zatížení může být různá třída.

## Aplikace pro globální analýzu a posouzení průřezů:

Třída	Metoda výpočtu vnitřních sil (globální analýza)	Způsob posouzení příčného řezu
1	plasticitní	plastický
2	pružnostní	plastický
3	pružnostní	pružný
4	pružnostní	pružný s účinným průřezem



Určení třídy:

- Třída 1    plastické průřezy
- Třída 2    kompaktní průřezy
- Třída 3    pružné průřezy
- Třída 4    tenkostěnné průřezy

Průřez zatřídit podle nejvyšší třídy všech částí.

# Obsah lekce

Úvodem

Kapitola 1: Všeobecně

Kapitola 2: Zásady navrhování

Kapitola 3: Materiály

Kapitola 4: Trvanlivost

Kapitola 5: Analýza konstrukce

 Kapitola 6: Mezní stavy únosnosti

Kapitola 7: Mezní stavy použitelnosti

Přílohy A, B, AB, BB

Národní příloha NA, NB

Shrnutí



# 6. Mezní stavy únosnosti (MSÚ)

Podle doporučení CEN platí v ČR následující dílčí součinitele spolehlivosti:

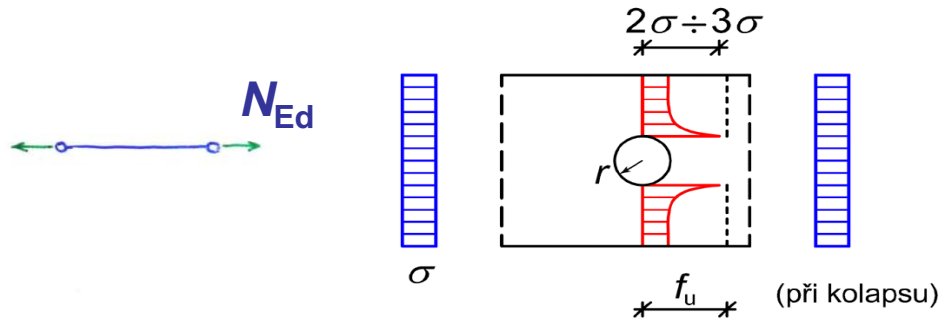
- únosnost průřezů kterékoliv třídy  $\gamma_{M0} = 1,0$
- únosnost průřezů při posuzování stability  $\gamma_{M1} = 1,0$
- únosnost průřezů pro oslabený průřez v tahu  $\gamma_{M2} = 1,25$
- únosnost spojů (viz ČSN EN 1993-1-8)  $\gamma_{M2} = \gamma_{M3} = 1,25$

## 6.2 Únosnost průřezů

Obecně pro pružné posouzení platí Misesova podmínka plasticity:

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

## 6.2.3 Tah



Posouzení pro všechny třídy:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

Únosnost  $N_{t,Rd}$  : pro neoslabenou plochu

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = A f_y / \gamma_{M0}$$

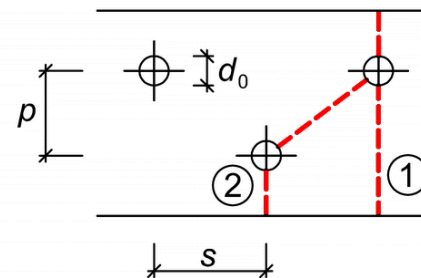
pro oslabenou plochu

$$N_{t,Rd} = N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} f_u / \gamma_{M2}$$

Oslabení:

lom v nejslabším místě  $\Rightarrow$  kontrolovat:

- přímý řez ①
- lomený řez ②



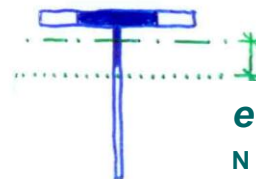
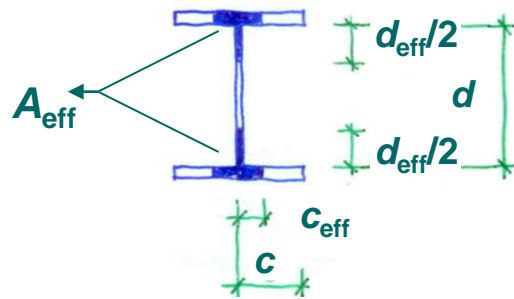
## 6.2.4 Prostý tlak

(pro  $\bar{\lambda} \leq 0,2$ )

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

Prostá návrhová únosnost v tlaku:  $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}}$

- oslabení otvory pro šrouby lze zanedbat,
- u průřezů tř. 4 se bere  $A_{eff}$ ,
- u nesymetrických průřezů tř. 4 je nutné v místě bolení uvažovat přídatný moment  $\Delta M_{Ed} = N_{Ed} e_N$



posun neutrální osy  $e_N$   
v místě vybolení

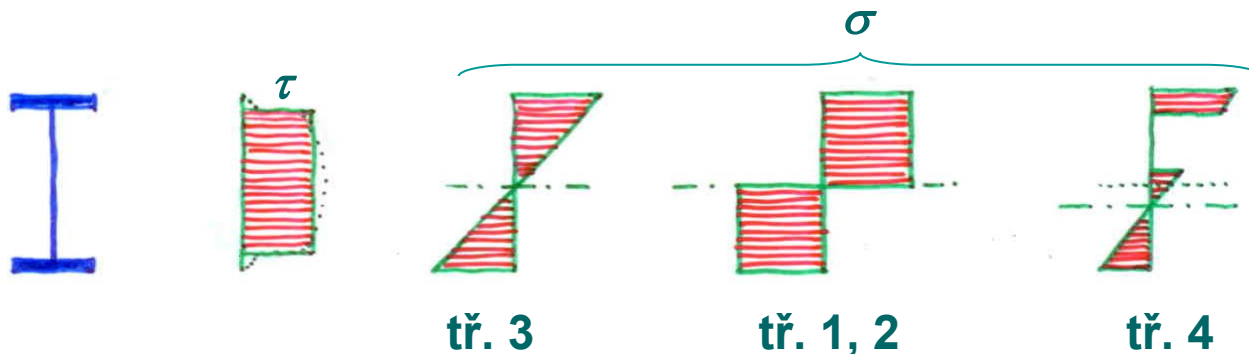
## 6.2.5 Ohybový moment

(nedochází-li ke ztrátě příčné a torzní stability - "klopení", viz 6.3.2)

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

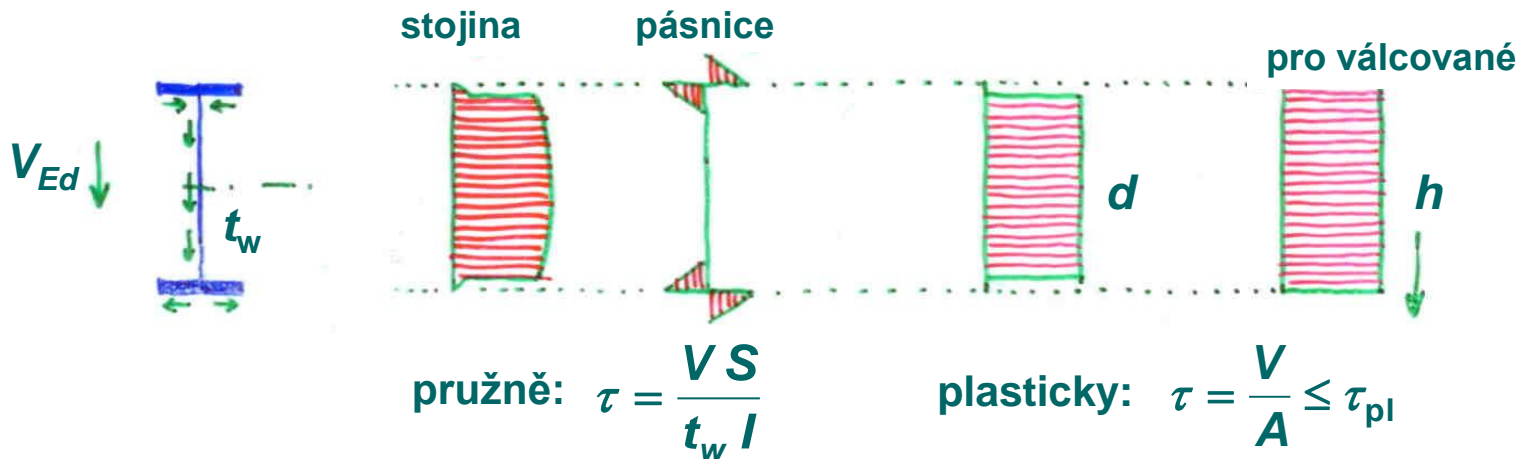
Návrhová momentová únosnost:

$$M_{c,Rd} \begin{cases} \text{tř. 1, 2:} & W_{pl} f_y / \gamma_{M0} \\ \text{tř. 3:} & W f_y / \gamma_{M0} \\ \text{tř. 4:} & W_{eff} f_y / \gamma_{M1} \end{cases} \left. \vphantom{M_{c,Rd}} \right\} \begin{matrix} f_y / \gamma_M = f_{yd} \\ \text{(návrhová pevnost)} \end{matrix}$$





## 6.2.6 Smyk



$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$$

Plastická smyková únosnost (lze použít pro všechny třídy 1, 2, 3, 4):

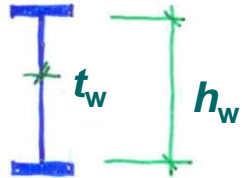
$$V_{pl,Rd} = A_v \frac{(f_y / \sqrt{3})}{\underbrace{\gamma_{M0}}_{\tau_{pl,Rd}}} \geq V_{Ed}$$

plocha přenášející smyk:

$A_v$  = plocha stojin (svař. průřezy)

$A_v = h t_w$  (válcované průřezy)

## Při velké štíhlosti stojiny dochází k boulení při smyku:

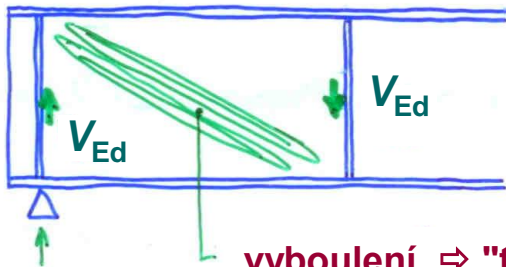


Stojina pro  $\frac{h_w}{t_w} > \frac{72}{\eta} \varepsilon$  boulí (pro ocel S235 při hodnotě 60).  
 $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} ; \eta = 1,2$

Postupuje se podle ČSN EN 1993-1-5.

Pozn.:

Únosnost v boulení zvýší výztuhy (musí být alespoň nad podporami):



výztuha (plochá, úhelník)

vyboulení  $\Rightarrow$  "tahová diagonála" (tzv. příhradové chování)

## 6.2.7 Kroucení

Eurokód používá obvyklé vztahy pro pružné rozdělení napjatosti.

Pro návrhovou hodnotu kroučícího momentu  $T_{Ed}$  musí obecně platit:

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} \leq 1,0$$

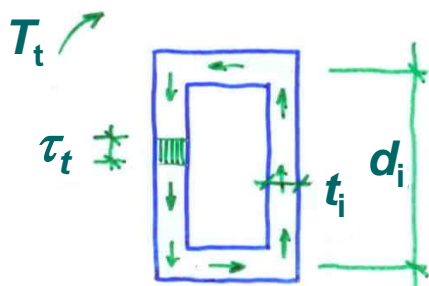
**Otevřené průřezy** (např. I, U, L) - podle Vlasovovy teorie:

$$T_{Ed} = T_{t,Ed} + T_{w,Ed}$$

Návrhové složky prostého a ohybového kroucení lze stanovit obvyklým způsobem z analogie s ohybem (vztahy viz 6.2.7).

**Posouzení se provede ve složkách napětí  $\tau_{t,Ed}$ ,  $\tau_{w,Ed}$ ,  $\sigma_{w,Ed}$  a jejich kombinaci.**

## Uzavřené průřezy (pouze smyková napětí podle Bredta):



$$\tau_{t,Ed} = \frac{T_{t,Ed}}{2 A_s t}$$



Při kombinaci smykové síly a krouťícího momentu lze plastickou únosnost ve smyku  $V_{pl,Rd}$  redukovat (vztahy viz 6.2.7).  
Posudek je potom pro smykovou sílu:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

Např. pro uzavřené průřezy platí:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[ 1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{\left( f_y / \sqrt{3} \right) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

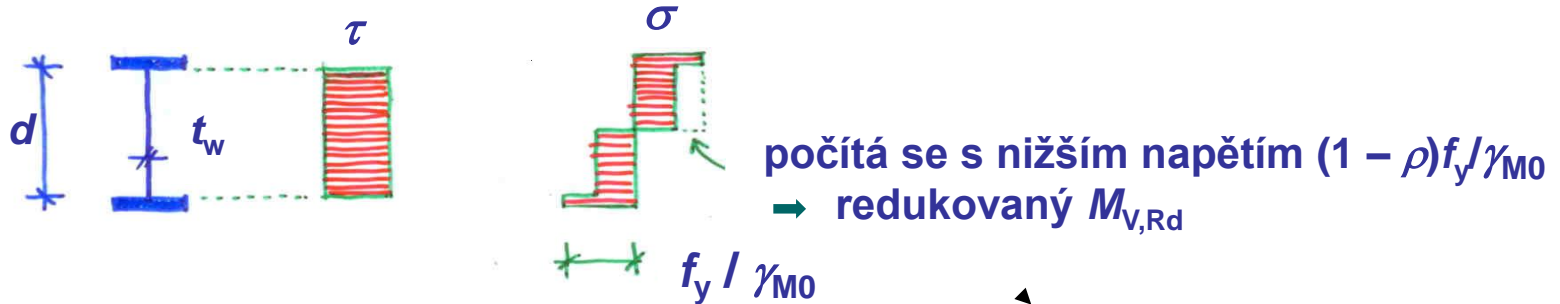
## 6.2.8 Moment a smyk

Ohyb s malým smykem:

platí  $V_{Ed} \leq \frac{1}{2} V_{pl,Rd}$  ... neovlivňuje momentovou únosnost

Ohyb s velkým smykem:

pokud  $V_{Ed} > \frac{1}{2} V_{pl,Rd}$  ... je nutné zahrnout interakci napětí  $\sigma$  a  $\tau$  ve stojině průřezu:



Posouzení:  $\frac{M_{Ed}}{M_{V,Rd}} \leq 1$

## 6.2.9 Moment a osová síla

V této kapitole jsou uvedeny interakce (kombinace) namáhání v tahu, prostém tlaku a prostém ohybu (tzn. pro případy neovlivněné vzpěrem a klopením).

V pružnosti (třída 3, event. 4 s účinnými parametry) platí lineární superpozice:

$$\frac{N_{Ed}}{\underbrace{A f_y / \gamma_{M0}}_{N_{pl,Rd}}} + \frac{\overbrace{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}}{\underbrace{W_y f_y / \gamma_{M0}}_{M_{c,y,Rd}}} + \frac{\overbrace{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}}{\underbrace{W_z f_y / \gamma_{M0}}_{M_{c,z,Rd}}} \leq 1$$

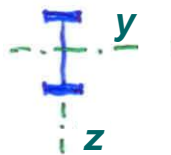
jen pro tř. 4

## V plasticitě (třídy 1 a 2):

- lze opět použít lineární interakci (konzervativní přístup),
- nebo přibližné interaktivní vztahy v plasticitě:

Např.:

- šikmý ohyb dvojose symetrického průřezu I :


$$\left( \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right)^2 + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

- osová síla a moment pro válcovaný průřez I, H:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a) \quad \text{ale} \quad M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd}$$

$$\text{kde} \quad n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} \\ a = (A-2bt_f)/A \quad \text{ale} \quad a \leq 0,5$$

## 6.3 Vzpěrná únosnost prutů

### Tlačené pruty stálého průřezu

- Návrhová vzpěrná únosnost tlačeného prutu

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{pro průřezy třídy 1, 2 a 3}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{\text{eff}} f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{pro průřezy třídy 4}$$



## Součinitel vzpěrnosti

### štíhlost prutu

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \rightarrow \chi$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{E/f_y} = 93,9 \varepsilon$$

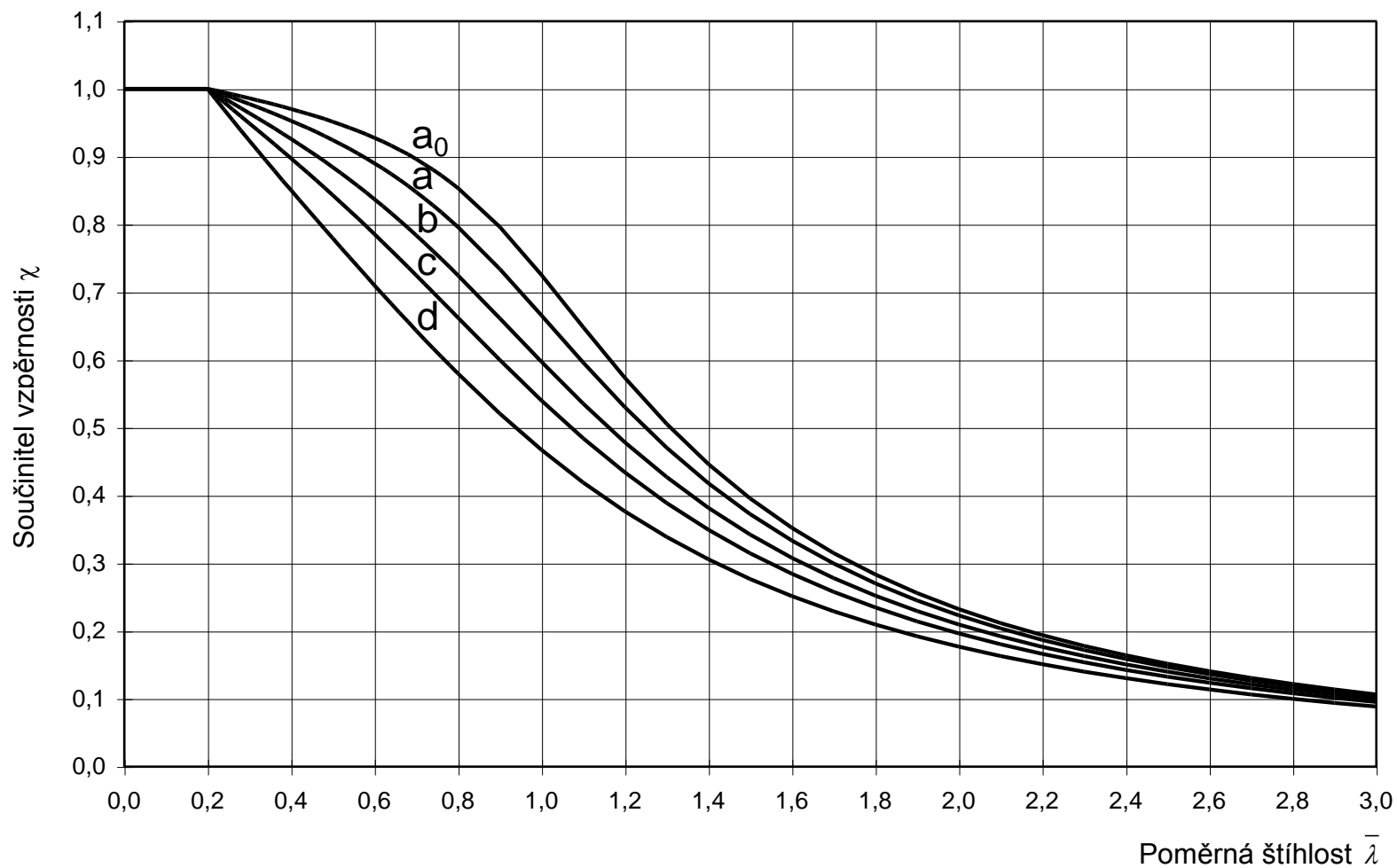
$$\varepsilon = \sqrt{235 / f_y}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

$$\phi = 0,5 \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$\alpha$  součinitel imperfekce  
ze zkoušek a numerického modelování  
v závislosti na tvaru průřezu

# Křivky vzpěrné pevnosti



## Ohyb prutů stálého průřezu

- Návrhová únosnost příčně nepodepřeného nosníku

$$M_{b.Rd} = \frac{\chi_{LT} W_y f_y}{\gamma_{M1}} = \chi_{LT} M_{c.Rd}$$

$$W_y = W_{y,pl} \quad \text{pro průřezy třídy 1 a 2}$$

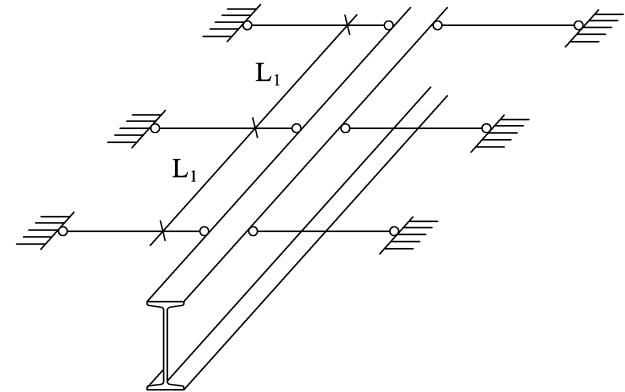
$$W_y = W_{y,el} \quad \text{pro průřezy třídy 3}$$

$$W_y = W_{y,eff} \quad \text{pro průřezy třídy 4}$$

- $\chi_{LT}$  se určí podobně jako vzpěrnostní součinitel pro štíhlost  $\lambda_{LT}$
- Nalezení kritického zatížení – teoretický problém
- Návod v národní příloze NB

## Kdy nosník neklopí

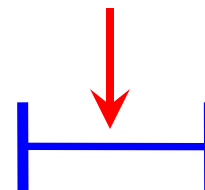
- tlačená pásnice příčně držena



- průřez tuhý v kroucení (uzavřený průřez)



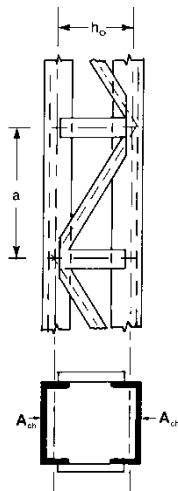
- ohyb v rovině menší tuhosti



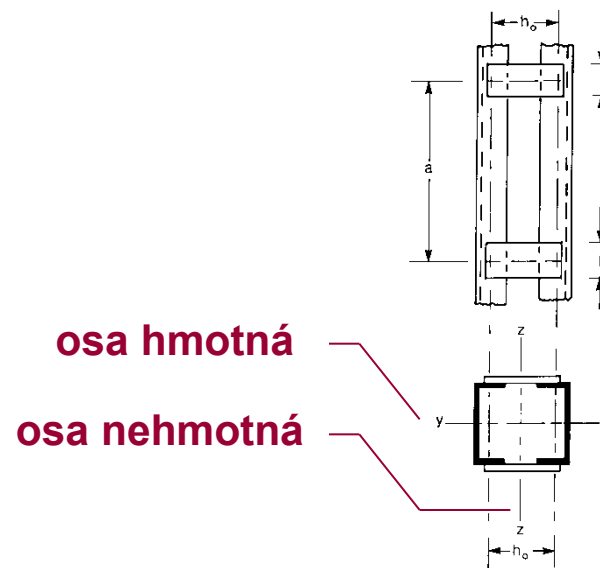
## 6.4 Členěné tlačené pruty stálého průřezu v tlaku:

Rozlišují se členěné pruty:

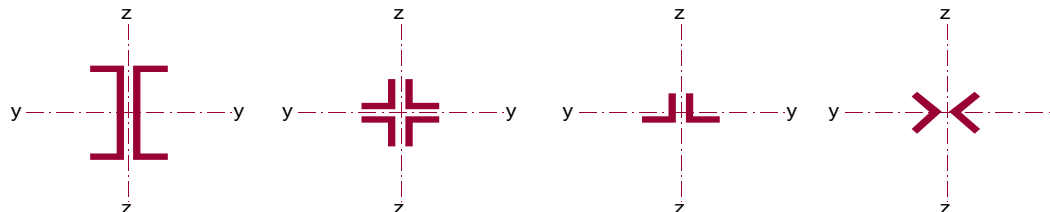
1. s příhradovými spojkami,



2. s rámovými spojkami,



3. s vložkami ("složené" členěné pruty).

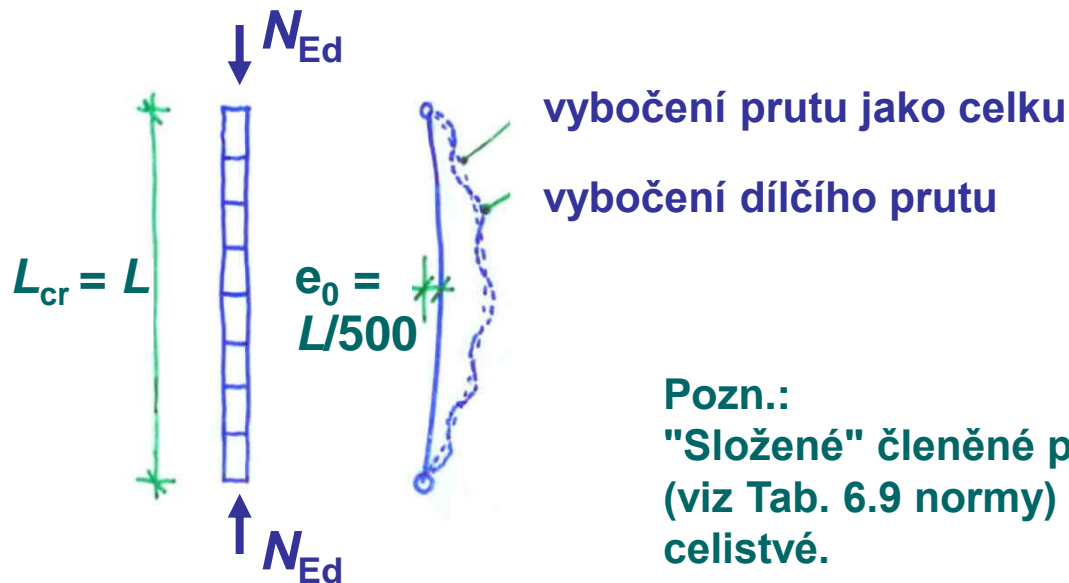


## 6.4.1 Všeobecně:

1. Pro vybočení  $\perp$  ke hmotné ose se posuzuje jako celistvý prut.
2. Pro vybočení  $\perp$  k nehmotné ose je únosnost nižší ze 2 důvodů:

a) menší smyková tuhost při vybočování (chybí stěna průřezu)

b) může vybočit  $\left\{ \begin{array}{l} \text{celý prut} \\ \text{dílčí prut} \end{array} \right\}$  interakce



Pozn.:  
"Složené" členěné pruty hustě spojené (viz Tab. 6.9 normy) se posuzují jako celistvé.

# Obsah lekce

Úvodem

Kapitola 1: Všeobecně

Kapitola 2: Zásady navrhování

Kapitola 3: Materiály

Kapitola 4: Trvanlivost

Kapitola 5: Analýza konstrukce

Kapitola 6: Mezní stavy únosnosti

→ Kapitola 7: Mezní stavy použitelnosti

Přílohy A, B, AB, BB

Národní příloha NA, NB

Shrnutí



## 7 Mezní stavy použitelnosti (MSP):

Mezní stavy uvedeny v ČSN EN 1990 (řádná funkce, pohoda, vzhled).  
Pro ocelové konstrukce **se mají dohodnout s objednatelem.**

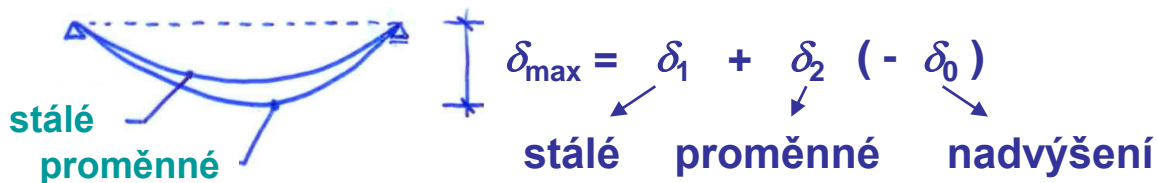
Nevylučuje se plastická globální analýza a plastické rozdělení napětí,  
je však nutné s tím počítat.

Výpočty se provádějí pro **provozní = charakteristické** zatížení.

### 7.2 MSP pozemních staveb:

#### 7.2.1 Svislé průhyby:

V ČR jsou omezeny doporučenými hodnotami v Národní příloze.



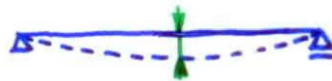
Vesměs se omezuje pouze průhyb od proměnného zatížení ( $\delta_2$ ).



## 7.2.2 Vodorovné průhyby:

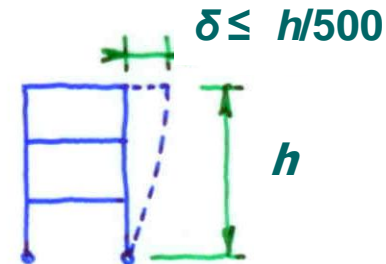
V ČR jsou omezeny doporučenými hodnotami v Národní příloze.

Příklady:



např. stropnice:  $\delta_2 \leq L/250$

průvlaky:  $\delta_2 \leq L/400$



## 7.2.3 Dynamické účinky:

Má se zabránit možnosti vzniku rezonančních účinků. V ČR uvádí Národní příloha:

- pro pochozí stropy  $f_1 \geq 3 \text{ Hz}$   $\approx \delta_1 + \delta_2 \leq 28 \text{ mm}$ ,
- pro rytmický pohyb  $f_1 \geq 6 \text{ Hz}$   $\approx \delta_1 + \delta_2 \leq 10 \text{ mm}$ .

# Obsah lekce

Úvodem

Kapitola 1: Všeobecně

Kapitola 2: Zásady navrhování

Kapitola 3: Materiály

Kapitola 4: Trvanlivost

Kapitola 5: Analýza konstrukce

Kapitola 6: Mezní stavy únosnosti

Kapitola 7: Mezní stavy použitelnosti

→ Přílohy A, B, AB, BB

→ Národní příloha NA, NB

Shrnutí



## **Příloha A a B**

součinitele  $k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zz}$  a  $k_{LT}$  pro interakční vztahy tlaku s ohybem  
2 metody

## **Příloha AB**

doplňující informace pro nelineární analýzu konstrukcí  
zjednodušená analýza spojitých nosníků

## **Příloha BB**

rovinný vzpěr prutů příhradových konstrukcí  
pruty se souvislým příčným držením  
klopení prutů s plastickými klouby

## **Národní příloha NA**

národně stanovené parametry, mezní průhyby

## **Národní příloha NB**

výpočet kritického momentu  $M_{Cr}$

# Obsah lekce

Úvodem

Kapitola 1: Všeobecně

Kapitola 2: Zásady navrhování

Kapitola 3: Materiály

Kapitola 4: Trvanlivost

Kapitola 5: Analýza konstrukce

Kapitola 6: Mezní stavy únosnosti

Kapitola 7: Mezní stavy použitelnosti

Přílohy A, B, AB, BB

Národní příloha NA, NB



 Shrnutí

# Shrnutí

## Sborníky ze seminářů katedry

- Navrhování ocelových a dřevěných konstrukcí  
2005
- Ocelové a dřevěné konstrukce, Navrhování podle evropských norem  
2006
- Navrhování ocelových a dřevěných konstrukcí podle evropských norem  
2007
- Ocelové, hliníkové a dřevěné konstrukce v evropských normách  
2008
- Ocelové a dřevěné konstrukce – řešené příklady  
2009
- Software pro ocelové a dřevěné konstrukce  
2010

URL: [www.ocel-drevo.fsv.cvut.cz](http://www.ocel-drevo.fsv.cvut.cz)