	Dokument č.	<i>SX003a-CZ-EU</i>	Strana	<i>1 z 8</i>
	Název	<i>Řešený příklad: Prostě uložený nosník s mezilehlým příčným podepřením</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1:2004</i>		
	Připravil	<i>Valérie LEMAIRE</i>	Datum	<i>květen 2005</i>
	Zkontroloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>květen 2005</i>

Řešený příklad: Prostě uložený nosník s mezilehlým příčným podepřením

Tento příklad podrobně popisuje posouzení prostého nosníku s rovnoměrným zatížením. Nosník je příčně držen vaznicemi.

Rozsah

Příklad se týká prostě podepřeného střešního nosníku s mezilehlými podporami a rovnoměrným zatížením od:

- vlastní tíhy nosníku
- střešní krytiny s vaznicemi
- klimatických zatížení

Jedná se o válcovaný nosník I , ohýbaný okolo tuhé osy.

Tento příklad zahrnuje :

- klasifikaci průřezu,
- výpočet momentové únosnosti,
- výpočet smykové únosnosti,
- výpočet průhybu v mezním stavu použitelnosti.

Dílčí součinitele spolehlivosti

$$\gamma_{G,sup} = 1,35 \quad (\text{stálé zatížení})$$

$$\gamma_{G,inf} = 1,0 \quad (\text{stálé zatížení})$$

$$\gamma_Q = 1,50 \quad (\text{nahodilé zatížení})$$

$$\gamma_{M0} = 1,0$$


$$\gamma_{M1} = 1,0$$

EN 1990

[Tabulka A1.2\(B\)](#)

EN 1993-1-1

[§ 6.1 \(1\)](#)

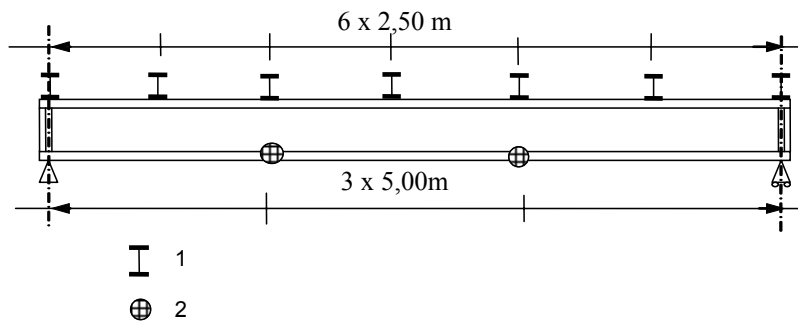
<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX003a-CZ-EU</i>	Strana	2 z 8
	Název	<i>Řešený příklad: Prostě uložený nosník s mezilehlým příčným podepřením</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1:2004</i>		
	Připravil	<i>Valérie LEMAIRE</i>	Datum	<i>květen 2005</i>
	Zkontroloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>květen 2005</i>

Základní data

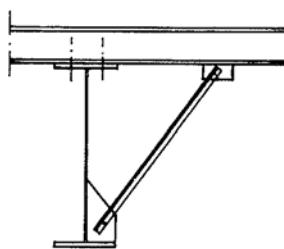
Navrhněte nespřážený střešní nosník pro níže uvedená data. Na koncích je nosník příčně podepřen.

Rozpětí : 15,00 m
 Rozteč : 6,00 m
 Krytina : 0,30 kN/m²
 Klimatické zatížení : sníh 0,60 kN/m²
 Klimatické zatížení : vítr -0,50 kN/m² (sání)
 Pevnostní třída oceli : S235

Klimatická zatížení jsou dána charakteristickými hodnotami stanovenými podle EN 1991.




- 1 : Příčné podpory (vaznice)
 2 : Příčné podpory (ztužidla)



Ztužující systém

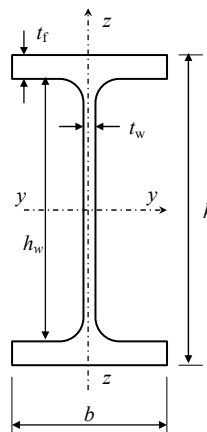
Nosník je příčně držen v podporách, vaznicemi v místě horních pásnic (rozteč 2,50 m) a vzpěrami v místě dolních pásnic (rozteč 5,00 m).

Nosník je vyroben s nadvýšením rovným $l/500$, $w_c = 30$ mm.

VÝPOČET 	Dokument č.	<i>SX003a-CZ-EU</i>	Strana	3 z 8
	Název	Řešený příklad: Prostě uložený nosník s mezilehlým příčným podepřením		
	Eurokód	EN 1993-1-1:2004		
	Připravil	Valérie LEMAIRE	Datum	květen 2005
	Zkontroloval	Alain BUREAU	Datum	květen 2005

Návrh IPE 400 – Pevnostní třída oceli S235

Výška	$h = 400$ mm
Výška stojiny	$h_w = 373$ mm
Šířka	$b = 180$ mm
Tloušťka stojiny	$t_w = 8,6$ mm
Tloušťka pásnice	$t_f = 13,5$ mm
Zaoblení	$r = 21$ mm
Hmotnost	66,3 kg/m



Euronorm
19-57

Plocha průřezu	$A = 84,46$ cm ²
Moment setrvačnosti /yy	$I_y = 23130$ cm ⁴
Moment setrvačnosti /zz	$I_z = 1318$ cm ⁴
Moment setrvačnosti v kroucení	$I_t = 51,08$ cm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti.	$I_w = 490\,000$ cm ⁶
Pružný modul průřezu /yy	$W_{el,y} = 1156$ cm ³
Plastický modul průřezu /yy	$W_{pl,y} = 1307$ cm ³

Vlastní tíha nosníku : $(66,3 \times 9,81) \times 10^{-3} = 0,65$ kN/m

Stálé zatížení :

$$G = 0,65 + 0,30 \times 6,00 = 2,45 \text{ kN/m}$$

Klimatické zatížení :

$$Q_s = 0,60 \times 6,0 = 3,60 \text{ kN/m}$$

$$Q_w = -0,50 \times 6,0 = -3,00 \text{ kN/m}$$

Kombinace MSÚ :


Kombinace 1 $\gamma_{G,sup} G + \gamma_Q Q_s = 1,35 \times 2,45 + 1,50 \times 3,60 = 8,71$ kN/m

Kombinace 2 $\gamma_{G,inf} G + \gamma_Q Q_w = 1,00 \times 2,45 - 1,50 \times 3,00 = -2,05$ kN/m

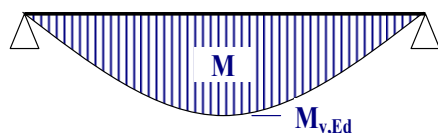
EN 1990

§ [6.4.3.2](#)

Výraz 6.10

VÝPOČET 	Dokument č.	<i>SX003a-CZ-EU</i>	Strana	<i>4 z 8</i>
	Název	<i>Řešený příklad: Prostě uložený nosník s mezilehlým příčným podepřením</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1:2004</i>		
	Připravil	<i>Valérie LEMAIRE</i>	Datum	<i>květen 2005</i>
	Zkontroloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>květen 2005</i>

Průběh momentu

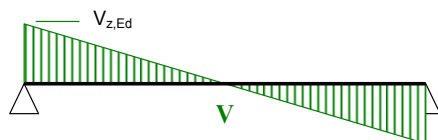


Maximální moment uprostřed rozpětí :

Kombinace 1 $M_{y,Ed} = 0,125 \times 8,71 \times 15^2 = 244,97 \text{ kNm}$

Kombinace 2 $M_{y,Ed} = 0,125 \times -2,05 \times 15^2 = -57,66 \text{ kNm}$

Průběh smykové síly



Maximální smyková síla v podporách :

Kombinace 1 $V_{z,Ed} = 0,5 \times 8,71 \times 15 = 65,33 \text{ kN}$

Kombinace 2 $V_{z,Ed} = 0,5 \times -2,05 \times 15 = -15,38 \text{ kN}$

Mez kluzu

Pevnostní třída oceli S235

Maximální tloušťka je 13,5 mm < 40 mm, takže : $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$

Poznámka : Národní příloha může žádat hodnoty f_y podle tabulky 3.1, nebo hodnoty z materiálových listů.

Klasifikace průřezu :

Parametr ε vyplývá z meze kluzu : $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y [\text{N/mm}^2]}} = 1$

Přečnívající části pásnic : rovnoměrně tlačena pásnice

$$c = (b - t_w - 2r) / 2 = (180 - 8,6 - 2 \times 21) / 2 = 64,7 \text{ mm}$$

$$c/t_f = 64,7 / 13,5 = 4,79 \leq 9 \quad \varepsilon = 9 \quad \text{Třída 1}$$


EN 1993-1-1


[Tabulka 3.1](#)


EN 1993-1-1


[Tabulka 5.2](#)

(list 2 ze 3)

	Dokument č.	<i>SX003a-CZ-EU</i>	Strana	<i>5 z 8</i>
	Název	<i>Řešený příklad: Prostě uložený nosník s mezilehlým příčným podepřením</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1:2004</i>		
	Připravil	<i>Valérie LEMAIRE</i>	Datum	<i>květen 2005</i>
	Zkontroloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>květen 2005</i>
<p>Vnitřní tlačené části : stojina v prostém ohybu</p> $c = h - 2 t_f - 2 r = 400 - 2 \times 13,5 - 2 \times 21 = 331 \text{ mm}$ $c / t_w = 331 / 8,6 = 38,49 < 72 \quad \varepsilon = 72 \quad \text{Třída 1}$ <p>Třidu průřezu určuje nejvyšší ze tříd (tj. nejméně příznivá) stanovených pro pásnici a stojinu, zde : Třída 1</p> <p>Posouzení MSÚ tak má být provedeno pro plastickou únosnost průřezu, neboť jde o první třídu</p> <p><u>Moment únosnosti</u></p> <p>Moment únosnosti průřezu je :</p> $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0} = (1307 \times 235 / 1,0) / 1000$ $M_{c,Rd} = 307,15 \text{ kNm}$ <p>Kombinace 1 $M_{y,Ed} / M_{c,Rd} = 244,97 / 307,15 = 0,798 < 1$ VYHOVÍ</p> <p>Kombinace 2 $M_{y,Ed} / M_{c,Rd} = 57,66 / 307,15 = 0,188 < 1$ VYHOVÍ</p> <p>Posouzení klopení (ztráty příčné a torzní stability), použije-li se zjednodušená metoda posuzování příčně podepřených nosníků pozemních staveb :</p> <p>Pruty s jednotlivými příčnými podporami tlačené pásnice nejsou citlivé na klopení, jestliže vzdálenost L_c mezi příčnými podporami nebo výsledná štíhlost $\bar{\lambda}_f$ ekvivalentní tlačené pásnice vyhovuje podmínce:</p> $\bar{\lambda}_f = \frac{k_c L_c}{i_{f,z} \lambda_1} \leq \bar{\lambda}_{c0} \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}}$ <p>Kde:</p> <p>$M_{y,Ed}$ je největší návrhová hodnota ohybového momentu v úseku mezi příčnými podporami;</p> <p>k_c opravný součinitel štíhlosti pro rozdělení momentů mezi příčnými podporami, viz EN 1993-1-1, tabulku 6.6;</p> <p>$i_{f,z}$ je poloměr setrvačnosti průřezu ekvivalentní tlačené pásnice složené z tlačené pásnice a 1/3 tlačené části plochy stojiny, počítané k netuhé ose průřezu;</p> <p>$\bar{\lambda}_{c0}$ je největší štíhlost ekvivalentní tlačené pásnice, definované výše:</p> $\bar{\lambda}_{c0} = \bar{\lambda}_{LT,0} + 0,10$				
EN 1993-1-1 Tabulka 5.2 (list 1 ze 3)				
EN 1993-1-1 § 6.2.5				
EN 1993-1-1 6.3.2.4 (1)B				

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX003a-CZ-EU</i>	Strana	6 z 8
	Název	Řešený příklad: Prostě uložený nosník s mezilehlým příčným podepřením		
	Eurokód	EN 1993-1-1:2004		
	Připravil	Valérie LEMAIRE	Datum	květen 2005
	Zkontroloval	Alain BUREAU	Datum	květen 2005
<p>Pro válcované profily $\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,40$</p> <p>Poznámka: Štíhlostní limit $\bar{\lambda}_{c0}$ může určit národní příloha.</p> $\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9\varepsilon \quad \text{a} \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y [\text{N/mm}^2]}} = 1$ <p>Výpočet:</p> $I_{f,z} = [1318 - (2 \times 37,3 / 3) \times 0,86^3 / 12] / 2 = 658,34 \text{ cm}^4$ $A_{f,z} = [84,46 - (2 \times 37,3 / 3) \times 0,86] / 2 = 31,54 \text{ cm}^2$ $i_{f,z} = \sqrt{\frac{658,34}{31,54}} = 4,57 \text{ cm}$ $W_y = W_{pl,y} = 1307 \text{ cm}^3$ $\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9$ $\bar{\lambda}_{c0} = 0,40 + 0,10 = 0,50$ $M_{c,Rd} = W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = (1307 \times \frac{235}{1,0}) / 1000 = 307,15 \text{ kNm}$ <p>Kombinace 1</p> <p>Poznámka: pro centrální část nosníku mezi příčným podepřením, kde je největší moment, lze předpokládat konstantní průběh momentu:</p> $k_c = 1$ $L_c = 2,50 \text{ m}$ $\bar{\lambda}_f = \frac{1 \times 250}{4,57 \times 93,9} = 0,583$ $\bar{\lambda}_{c0} M_{c,Rd} / M_{y,Ed} = 0,50 \times \frac{307,15}{244,97} = 0,627$ $\bar{\lambda}_f = 0,583 \leq \bar{\lambda}_{c0} M_{c,Rd} / M_{y,Ed} = 0,627 \quad \text{VYHOVÍ}$				
				EN 1993-1-1 6.3.2.3 (1)
				EN 1993-1-1 6.3.2.3
				EN 1993-1-1 Tabulka 6.6

	Dokument č.	<i>SX003a-CZ-EU</i>	Strana	7 z 8
	Název	<i>Řešený příklad: Prostě uložený nosník s mezilehlým příčným podepřením</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1:2004</i>		
	Připravil	<i>Valérie LEMAIRE</i>	Datum	<i>květen 2005</i>
	Zkontroloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>květen 2005</i>
<p>Kombinace 2</p> $k_c = 1$ $L_c = 5,00 \text{ m}$ $\bar{\lambda}_f = \frac{1 \times 500}{4,57 \times 93,9} = 1,165$ $\bar{\lambda}_{c0} M_{c,Rd} / M_{y,Ed} = 0,50 \times \frac{307,15}{57,66} = 2,663$ $\bar{\lambda}_f = 1,165 \leq \bar{\lambda}_{c0} M_{c,Rd} / M_{y,Ed} = 2,663 \quad \text{VYHOVÍ}$ <p>Únosnost ve smyku</p> <p>Není-li průřez kroucen, závisí plastická smyková únosnost na smykové ploše, která činí :</p> $A_{v,z} = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$ $A_{v,z} = 8446 - 2 \times 180 \times 13,5 + (8,6 + 2 \times 21) \times 13,5 = 4269 \text{ mm}^2$ <p>Smyková plastická únosnost</p> $V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{v,z} (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{4269 \times (235 / \sqrt{3})}{1,0} / 1000 = 579,21 \text{ kN}$ $V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd} = 65,33 / 579,21 = 0,113 < 1 \quad \text{VYHOVÍ}$ <p>Je vhodné připomenout, že posouzení na boulení při smyku není nutné, pokud:</p> $h_w / t_w \leq 72 \varepsilon / \eta$ <p>η lze konzervativně brát rovné 1.0</p> $h_w / t_w = (400 - 2 \times 13,5) / 8,6 = 43,37 < 72 \times 1 / 1,0 = 72$ <p>Poznámka : Interakci $M-V$ není nutné posuzovat, neboť maximální moment je uprostřed rozpětí a maximální posouvající síla v podporách. Obecně lze kombinaci momentu a smyku posoudit podle EN1993-1-1 § 6.2.8.</p>				
		EN 1993-1-1	§ 6.2.6 (3)	
		EN 1993-1-1	§ 6.2.6 (2)	
		EN 1993-1-1	§ 6.2.6 (6)	

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX003a-CZ-EU</i>	Strana	8 z 8	
	Název	Řešený příklad: Prostě uložený nosník s mezilehlým příčným podepřením			
	Eurokód	EN 1993-1-1:2004			
	Připravil	Valérie LEMAIRE	Datum	květen 2005	
	Zkontroloval	Alain BUREAU	Datum	květen 2005	
<p><u>Mezní stav použitelnosti</u></p> <p>Kombinace MSP</p> <p>Charakteristická kombinace:</p> $G + Q_s = 2,45 + 3,60 = 6,05 \text{ kN/m}$ <p>Průhyb od $G+Q_s$:</p> $w_{\text{tot}} = \frac{5(G + Q_s)L^4}{384 E I_y} = \frac{5 \times 6,05 \times (15000)^4}{384 \times 210000 \times 23130 \times 10^4} = 82,10 \text{ mm}$ <p>$w_c = 30 \text{ mm}$ (nadvýšení)</p> $w_{\text{max}} = w_{\text{tot}} - w_c = 82,10 - 30 = 52,10 \text{ mm}$ <p>Průhyb od $(G+Q_s)$ činí $L/288$.</p> <p>Průhyb od Q_s :</p> $w_3 = \frac{5(Q_s)L^4}{384 E I_y} = \frac{5 \times 3,60 \times (15000)^4}{384 \times 210000 \times 23130 \times 10^4} = 48,90 \text{ mm}$ <p>Průhyb od Q_s činí $L/307$.</p> <p>Poznámka : Omezení průhybu má být specifikováno klientem. Některá omezení může stanovit národní příloha.</p>					<p>EN 1990</p> <p>§ 6.5.3</p> <p>§ A1.4.2</p> <p>EN 1990</p> <p>§ A1.4.3</p> <p>EN 1993-1-1</p> <p>§ 7.2.1</p>

Quality Record

RESOURCE TITLE	Example: Simply supported beam with intermediate lateral restraints		
Reference(s)			
ORIGINAL DOCUMENT			
	Name	Company	Date
Created by	Valérie LEMAIRE	CTICM	13/03/2005
Technical content checked by	Alain BUREAU	CTICM	27/05/2005
Editorial content checked by	D C Iles	SCI	11/7/05
Technical content endorsed by the following STEEL Partners:			
1. UK	G W Owens	SCI	30/06/05
2. France	A Bureau	CTICM	30/06/05
3. Germany	C Müller	RWTH	30/06/05
4. Sweden	A Olsson	SBI	30/06/05
5. Spain	J Chica	Labein	30/06/05
Resource approved by Technical Coordinator	G W Owens	SCI	21/05/06
TRANSLATED DOCUMENT			
This Translation made and checked by:	J. Macháček	CTU in Prague	31/7/07
Translated resource approved by:	F. Wald	CTU in Prague	31/7/07
National technical contact	F. Wald	CTU in Prague	