


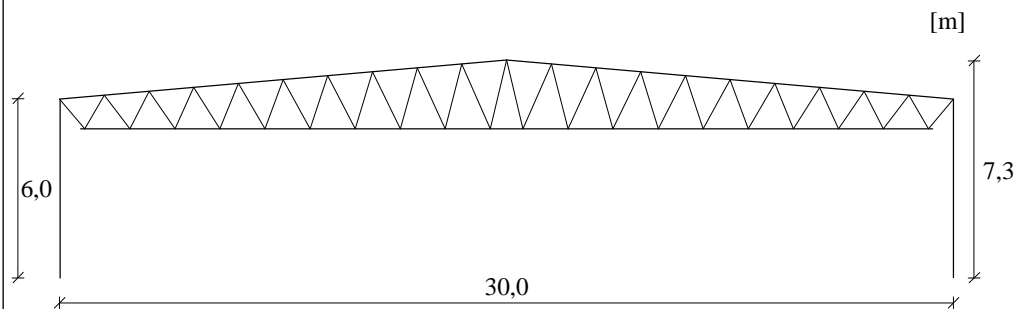
<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b> 	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<i>1 z 23</i>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

## Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami

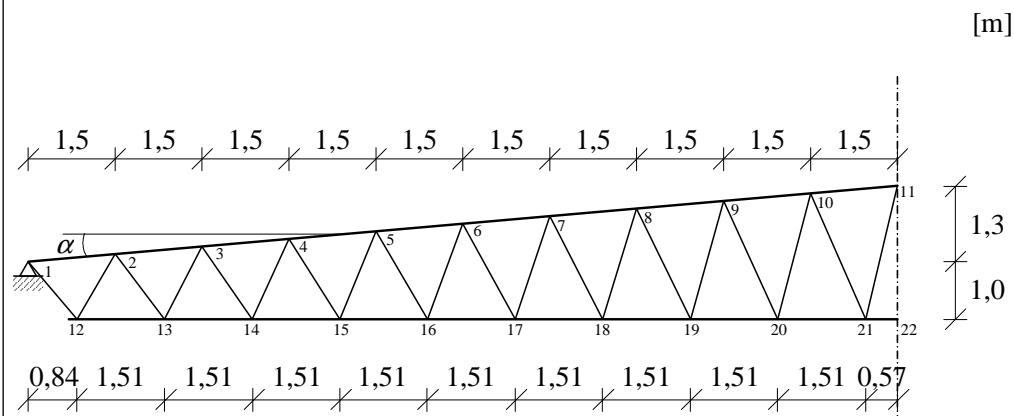
*Ten przykład przedstawia sprawdzanie nośności kratownicy dachowej. Kratownica ta jest częścią konstrukcji dachu płatwiowego nad jednokondygnacyjnym budynkiem o wymiarach 72 x 30 m. Rozstaw kratownic wynosi 7,2 m. Konstrukcja dachu składa się z płyt ocieplonych, opartych na płatwiach.*


Budynek nad którym znajduje się kratownica został przedstawiony w przykładzie obliczeniowym SX016. Na poniższym rysunku przedstawiono główny układ konstrukcyjny budynku.

[SX016](#)



Rozpatrywana kratownica jest symetryczna. Na poniższym rysunku pokazano wymiary geometryczne kratownicy. Kąt nachylenia górnego pasa wynosi 5st. Konstrukcja dachu zapewnia boczne usztywnienie pasa górnego kratownicy przez stężenia lub przez przepony z blachy fałdowej klasy I lub II, zgodnie z EN 1993-1-3.



<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  Eurocodes made easy	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	2 z 23
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

### Częściowe współczynniki bezpieczeństwa

- $\gamma_G = 1,35$  or  $1,0$  (obciążenia stałe)
- $\gamma_Q = 1,5$  (obciążenia zmienne)
- $\gamma_{M0} = 1,0$
- $\gamma_{M1} = 1,0$
- $\gamma_{M2} = 1,25$

EN 1990

EN 1993-1-1

### Obciążenia

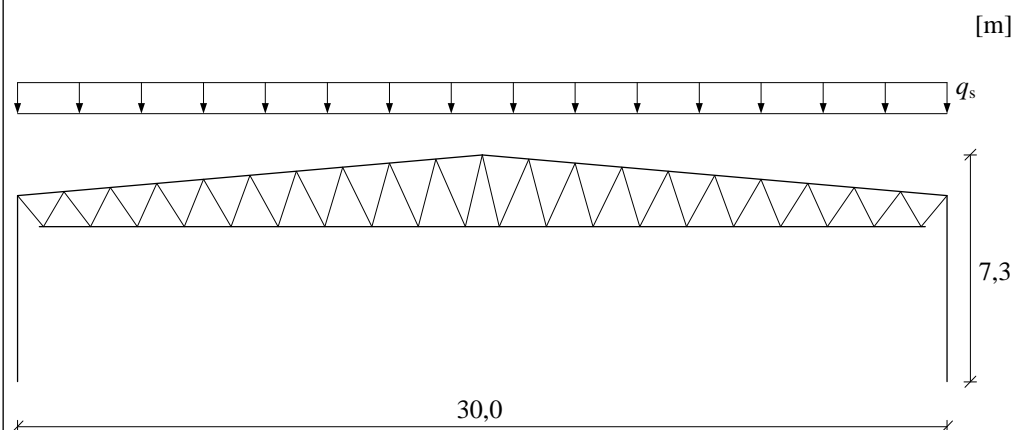
#### Obciążenia stałe


Pokrycie dachowe i warstwy izolacyjne	0,35 kN/m <sup>2</sup>
Płatwie	0,05 kN/m <sup>2</sup>
Ciężar kratownicy	0,12 kN/m <sup>2</sup>
$g = (0,35 + 0,05 + 0,12) \cdot 7,2 = 3,74$ kN/m	

#### Obciążenie śniegiem

Obciążenie śniegiem,  $q_s$ , przedstawiono na poniższym rysunku. W przykładzie [SX016](#) przedstawiono szczegółowy opis procedury zestawiania obciążenia śniegiem dachu.

$$q_s = 4,45 \text{ kN/m}$$



<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  Eurocodes made easy	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<b>3</b> z <b>23</b>	
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>			
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>			
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>	
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>	

### Obciążenie wiatrem

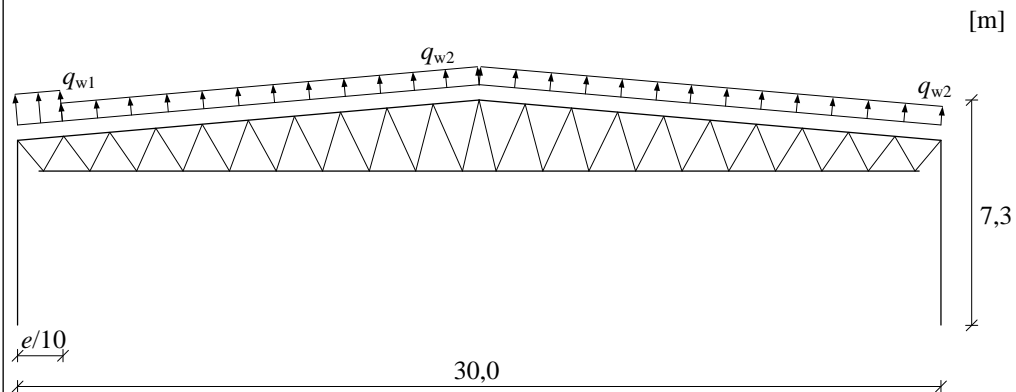
Obciążenie wiatrem kratownicy dachowej pokazano poniżej. Procedurę zestawienia obciążeń przedstawiono w SX016.

$$q_{w1} = -9,18 \text{ kN/m}$$

$$q_{w2} = -5,25 \text{ kN/m}$$

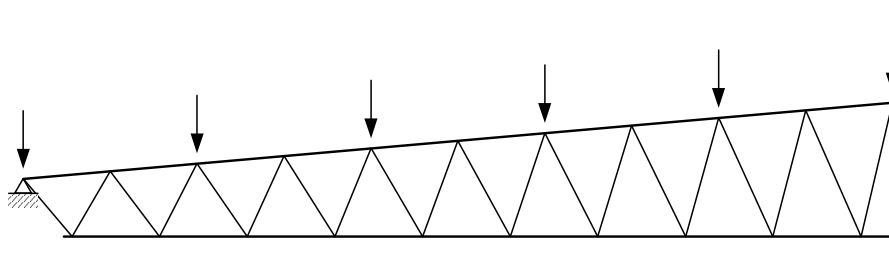
$$e = \min(b; 2h) = \min(72,0; 14,6) = 14,6 \text{ m}$$


patrz [SX016](#)



### Siły w prętach

Połączenie dachu jest zamocowane do płatwi opartych w co drugim węzle kratownicy. Schemat obciążenia kratownicy pokazano na poniższym rysunku.



<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  Eurocodes made easy	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<b>4</b> z <b>23</b>	
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>			
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>			
	Wykonał	<i>Jonas Gozji</i>	Data	<i>August 2005</i>	
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>	

Siły w prętach kratownicy zostały wyznaczone przy założeniu węzłów przegubowych. To uproszczenie jest dopuszczalne gdy pas ściskany kratownicy jest klasy 1. Obliczenia wykonano przy zastosowaniu metod komputerowych.

Dwa przypadki obciążenia zostały wzięte pod uwagę.

- ciężar własny + śnieg
- ciężar własny + wiatr

*DL + SL*


$$\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q_s = 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q_s$$

*DL + WL*

$$\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q_w = 1,0 \cdot g + 1,5 \cdot q_w$$

Siły w prętach kratownicy przedstawiono w poniższej tabelicy. Siły wyrażono w kN. Wartości ujemne oznaczają siły ściskające.

Member	DL+SL	DL+WL	Member	DL+SL	DL+WL
1-2	-139	52	1-12	214,	-77
2-3	-344	126	12-2	-189	68
3-4	-487	179	2-13	183	-66
4-5	-588	213	13-3	-164	59
5-6	-653	238	3-14	119	-41
6-7	-695	252	14-4	-108	37
7-8	-715	260	4-15	106	-36
8-9	-721	262	15-5	-96	33
9-10	-711	260	5-16	56	-19
10-11	-693	253	16-6	-52	17
12-13	233	-84	6-17	51	-17
13-14	418	-151	17-7	-47	16
14-15	530	-189	7-18	9,0	-2,3
15-16	622	-221	18-8	-8,4	2,1
16-17	668	-237	8-19	8,3	-2,1
17-18	708	-250	19-9	-7,8	2,0
18-19	714	-252	9-20	-29	11
19-20	720	-253	20-10	28	-11
20-21	701	-246	10-21	-28	11
21-22	684	-239	21-11	26	-10

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b> 	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	5 z 23
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

### **Projektowanie prętów kratownicy**

Pręty kratownicy wykonano z profili ceowych. Górny i dolny pas składają się z dwóch kształtowników połączonych ze sobą tak, że tworzą złożony przekrój.

#### Nośność elementów ściskanych na wyboczenie

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

Współczynnik redukcyjny,  $\chi$ , wyznaczono według wzoru

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1,0$$

gdzie

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

i


$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\alpha$  jest współczynnikiem imperfekcji odpowiadającym przyjętej krzywej wyboczenia.

Długość wyboczeniowa  $L_{cr}$  powinna być przyjęta jako odległość pomiędzy węzłami kratownicy ze względu na wyboczenie pasa w płaszczyźnie kratownicy i jako odległość pomiędzy płatwiami ze względu na wyboczenie z płaszczyzny kratownicy. Przy wyboczeniu w płaszczyźnie kratownicy, długość wyboczeniowa może być zredukowana do 90% odległości pomiędzy węzłami.

[EN 1993-1-1 §6.3.1](#)

[EN 1993-1-1 Annex BB](#)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  Eurocodes made easy	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<b>6</b> z <b>23</b>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

### Sprawdzenie nośności ściskanego pasa kratownicy

Wyboczenie z płaszczyzny kratownicy

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI_{eff}}{L_{cr}^2}$$

gdzie  $I_{eff}$  dla dwugałęziowego pasa kratownicy (z przewiązkami) wyznacza się według wzoru:

$$I_{eff} = 0,5 \cdot h_0^2 \cdot A_{ch} + 2 \cdot \mu \cdot I_{ch}$$

gdzie

$A_{ch}$  pole powierzchni pojedynczej gałęzi pasa kratownicy

$I_{ch}$  moment bezwładności pojedynczej gałęzi pasa kratownicy

$\mu$  współczynnik określony w Tab. 6.8 EN 1993-1-1

$h_0$  odległość pomiędzy środkami ciężkości gałęzi pasa

Sprawdzenie nośności z uwzględnieniem wyboczenia przedstawiono poniżej.

Sprawdzenie nośności pasa jako całości (przekrój złożony).

W przypadku pasa złożonego z dwóch identycznych kształtowników (gałęzi) wartość siły ściskającej w pojedynczej gałęzi  $N_{ch,Ed}$  wyznacza się według wzoru:

$$N_{ch,Ed} = 0,5 \cdot N_{Ed} + \frac{M_{Ed} \cdot h_0 \cdot A_{ch}}{2 \cdot I_{eff}}$$

gdzie

$$M_{Ed} = \frac{N_{Ed} \cdot e_0 + M_{Ed}^I}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr}} - \frac{N_{Ed}}{S_v}}$$

$$S_v = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot EI_{ch}}{a^2} \quad (\text{sztywność postaciowa})$$

$$e_0 = \frac{L}{500}$$

$M_{Ed}^I$  wartość maksymalnego momentu zginającego w środku pasa

$a$  rozstaw przewiązek

$L$  odległość pomiędzy punktami podparcia lub długość wyboczeniowa,  $L_{cr}$

[EN 1993-1-1](#)

[§6.4](#)

Eq. (6.74)

[Tab. 6.8](#)

[EN 1993-1-1](#)

[§6.4](#)

wzór. (6.69)

wzór. (6.73)

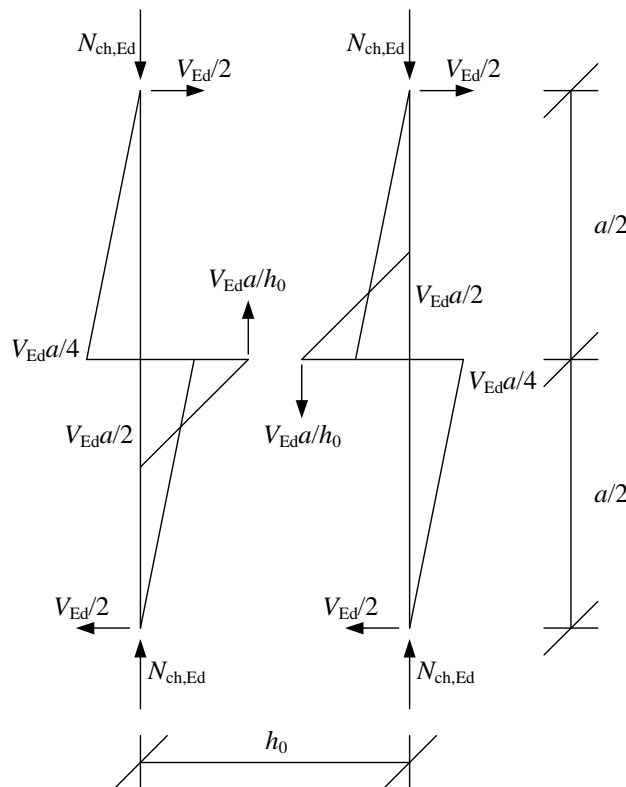


Siłę ścinającą w przewiązce wyznacza się według wzoru:

$$V_{Ed} = \frac{\pi \cdot M_{Ed}}{L}$$

wzór. (6.70)

Siły ścinające powodują powstanie momentów zginających w gałęziach pasa, jak na rysunku.



Nośność pojedynczej gałęzi sprawdza się przyjmując jej obciążenie: osiową siłą ściskającą, momentem zginającym i siłą poprzeczną, zgodnie z powyższym rysunkiem.


#### Nośność elementów na rozciąganie

Nośność na rozciąganie wyznacza się według wzoru:

$$N_{b,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

[EN 1993-1-1](#)  
[Rys. 6.11](#)

[EN 1993-1-1](#)  
[§6.2.3](#)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b> 	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	8 z 23
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

### Pas górny

W pasie górnym kratownicy, największa siła występuje na odcinku pomiędzy węzłami 8-9.

Ściskanie:  $N_{Ed} = -721 \text{ kN}$  (ciężar własny + śnieg)

Rozciąganie:  $N_{Ed} = 262 \text{ kN}$  (ciężar własny + wiatr)

Sprawdzenie nośności zostanie wykonane tylko dla tego elementu, gdyż w pozostałych elementach pasa wartości sił wewnętrznych są mniejsze.

Pas górny składa się z dwóch kształtowników UPE 160 wykonanych ze stali klasy S355. Przewiązki wykonano z tego samego typu profilu.

$$f_y = 355 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$E = 210 \cdot 10^9 \text{ Pa}$$

$$A = A_{ch} = 2,17 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ (jeden profil)}$$

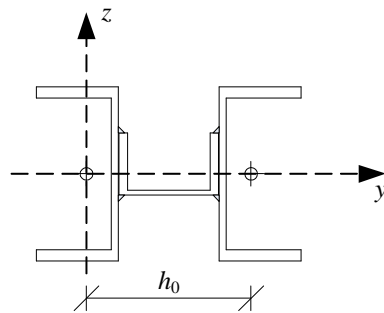
$$I_y = 9,11 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4 \text{ (jeden profil)}$$

$$I_z = I_{ch} = 1,07 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4 \text{ (jeden profil)}$$

$$W_{pl} = 40,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ (jeden profil)}$$


$h_0 = 0,1254 \text{ m}$  (UPE 80 pomiędzy gałęziami)

$$\alpha = 0,49 \text{ (krzywa wyboczeniowa c)}$$



[EN 1993-1-1](#)  
[§6.3.1.2](#)



<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b> 	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<b>9</b> z <b>23</b>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

Wyboczenie w płaszczyźnie kratownicy:

$$L_{cr} = L / \cos(5^\circ) = 1,5 / \cos(5^\circ) = 1,51 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI_y}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-6}}{1,51^2}$$

$$N_{cr} = 16\,562\,000 \text{ N} = 16\,562 \text{ kN}$$


$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,17 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{16562 \cdot 10^3}} = 0,305$$

$$\Phi = 0,5 \left[ 1 + 0,49(0,305 - 0,2) + 0,305^2 \right] = 0,572$$

$$\chi = \frac{1}{0,572 + \sqrt{0,572^2 - 0,305^2}} = 0,947$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,947 \cdot 2 \cdot 2,17 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$N_{cr} = 1\,459\,000 \text{ N} = 1459 \text{ kN} > 721 \text{ kN} = N_{Ed}$$

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b> 	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<i>10 z 23</i>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

### Projektowanie pręta z przewiązkami

Pas górny kratownicy zaprojektowano jako dwugąłziowy, z przewiązkami o długości 200mm w rozstawie  $a \sim 1,0$  m. co znaczy, że przewiązka występuje pod każdą płatwią oraz dwie pomiędzy płatwiami.

Płatwie stanowią boczne podparcie górnego pasa kratownicy, są oparte w co drugim węźle. Długość wybocheniowa pasa z płaszczyzny kratownicy jest więc odległością pomiędzy dwoma węzłami.

$$L_{cr} = L / \cos(5^\circ) = 3,0 / \cos(5^\circ) = 3,01 \text{ m}$$

$$I_1 = 0,5 \cdot h_0^2 \cdot A_{ch} + 2 \cdot I_{ch} = 0,5 \cdot 0,1254^2 \cdot 2,17 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 1,07 \cdot 10^{-6}$$

$$I_1 = 19,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$i_0 = \sqrt{\frac{I_1}{2 \cdot A_{ch}}} = \sqrt{\frac{19,2 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 2,17 \cdot 10^{-3}}} = 0,067 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i_0} = \frac{3,01}{0,067} = 44,9 \rightarrow \mu = 1,0$$

$$I_{eff} = I_1 = 19,2 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^4$$


$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 19,2 \cdot 10^{-6}}{3,01^2} = 4\,392\,000 \text{ N} = 4392 \text{ kN}$$

$$S_v = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot EI_{ch}}{a^2} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,07 \cdot 10^{-6}}{1,0^2} = 4\,435\,000 \text{ N} = 4435 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = \frac{N_{Ed} \cdot e_0 + M_{Ed}^I}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr}} - \frac{N_{Ed}}{S_v}} = \frac{721 \cdot \frac{3,01}{500} + 0}{1 - \frac{721}{4392} - \frac{721}{4435}} = 6,6 \text{ kNm}$$

$$N_{ch,Ed} = 0,5 \cdot N_{Ed} + \frac{M_{Ed} \cdot h_0 \cdot A_{ch}}{2 \cdot I_{eff}} = 0,5 \cdot 721 + \frac{6,4 \cdot 0,1254 \cdot 2,17 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 19,2 \cdot 10^{-6}}$$

$$N_{ch,Ed} = 405,9 \text{ kN}$$

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b> 	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<i>11 z 23</i>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

Siłę ścinającą na jaką należy projektować przewiązki wyznacza się według wzoru:

$$V_{Ed} = \frac{\pi \cdot M_{Ed}}{L} = \frac{\pi \cdot 6,6}{3,01} = 6,9 \text{ kN}$$

Moment zginający od siły ścinającej:

$$M_{ch,Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot a}{4} = \frac{6,9 \cdot 1,0}{4} = 1,7 \text{ kNm}$$

Nośność pojedynczej gałęzi na wyoboczenie z płaszczyzny kratownicy

$$L_{cr} = a = 1,0 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI_{ch}}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,07 \cdot 10^{-6}}{1,0^2} = 2\,218\,000 \text{ N} = 2218 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{2,17 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{2218 \cdot 10^3}} = 0,589$$

$$\Phi = 0,5 \left[ 1 + 0,49(0,589 - 0,2) + 0,589^2 \right] = 0,769$$


$$\chi = \frac{1}{0,769 + \sqrt{0,769^2 - 0,589^2}} = 0,792$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,792 \cdot 2,17 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$N_{b,Rd} = 610\,000 \text{ N} = 610 \text{ kN} > 405,9 \text{ kN} = N_{ch,Ed}$$

[EN 1993-1-1 §6.4.3](#)

[Rys. 6.11](#)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b> 	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<i>12 z 23</i>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

Obydwie siły osiowe i siła ścinająca występują jednocześnie. Jeżeli obliczeniowa wartość siły ścinającej  $V_{Ed}$ , nie przekracza 50% nośności plastycznej przekroju przy ścinaniu, jej wpływ na nośność na ściskanie (rozciąganie) może być pominięty.

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}}$$

gdzie

$A_v$  pole powierzchni czynne przy ścinaniu, w tym przypadku pole powierzchni pólek ceowników

$$A_v = 2 \cdot h_f \cdot t_f = 2 \cdot (70 - 5,5 - 12) \cdot 9,5 \cdot 10^{-6} = 9,975 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{2 \cdot 9,975 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 / \sqrt{3}}{1,0}$$

$$V_{pl,Rd} = 408\,900 \text{ N} = 409 \text{ kN} > 6,7 \text{ kN} = V_{Ed}$$

$$0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 409 = 204,5 \text{ kN} > 6,7 \text{ kN} = V_{Ed}$$

Nie ma konieczności redukcji nośności gałęzi pasa górnego kratownicy.

W miejscu przewiązek należy sprawdzić nośność profilu, ze względu na ściskanie i zginanie. Wzór (6.62), in EN 1993-1-1.

$$\frac{N_{ch,Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{ch,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{z,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{40,7 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$M_{z,Rd} = 14\,450 \text{ N} = 14,4 \text{ kNm}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{ch,Ed}}{N_{b,Rd}} \right) \leq C_{mz} \left( 1 + 1,4 \frac{N_{ch,Ed}}{N_{b,Rd}} \right)$$

$$C_{mz} = 0,9 \quad (\text{wyboczenie przechyłowe})$$

$$k_{zz} = 0,9 \left( 1 + (2 \cdot 0,589 - 0,6) \frac{405,9}{610} \right) = 1,25$$


$$\frac{405,9}{610} + 1,25 \cdot \frac{1,7}{14,4} = 0,81 < 1,0$$

[EN 1993-1-1 §6.2.10 \(2\)](#)

[EN 1993-1-1 §6.3.3 \(4\)](#)

[§6.2.5](#)

[Annex B](#)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  Eurocodes made easy	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<i>13 z 23</i>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

Przewiązki wykonano z UPE 80, o długości 200mm

$$t_w = 4 \text{ mm.}$$

$$W_{pl} = \frac{t_w \cdot l^2}{4} = \frac{0,004 \cdot 0,200^2}{4} = 40 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$V_{b,Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot a}{h_0} = \frac{6,7 \cdot 1,0}{0,1254} = 53,4 \text{ kN}$$

$$A_v = l \cdot t_w = 0,20 \cdot 0,004 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{8 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 / \sqrt{3}}{1,0} = 164 \text{ 000 N} = 164 \text{ kN} > 53,4 \text{ kN} = V_{b,Ed}$$

$$M_{Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot a}{2} = \frac{6,7 \cdot 1,0}{2} = 3,35 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$M_{pl,Rd} = 14 \text{ 200 Nm} = 14,2 \text{ kNm} > 3,35 \text{ kNm} = M_{Ed}$$

Nośność pasa górnego na rozciąganie

$$N_{b,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2 \cdot 2,17 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1541 \text{ kN} > 262 \text{ kN} = N_{Ed}$$

### Pręty skratowania


Najbardziej wyteżone pręty skratowania

Ściskanie: 12-2  $N_{Ed} = -189 \text{ kN}$  (ciężar własny + śnieg)

Rozciąganie: 1-12  $N_{Ed} = 214 \text{ kN}$  (Ciężar własny + wiatr)

Pręty skratowania umieszczono w taki sposób, że ich oś większej bezwładności jest prostopadła do płaszczyzny kratownicy.

[EN 1993-1-1](#)  
[Rys. 6.11](#)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  access <b>steel</b> Eurocodes made easy	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<i>14 z 23</i>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

Jako pręty skratowania zastosowano profil UPE80.

$$A = 1,01 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = 1,07 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_z = 25 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\alpha = 0,49 \text{ (krzywa wyboczeniowa c)}$$

$$L = 1,31 \text{ m}$$

[EN 1993-1-1 §6.3.1.2](#)

Wyboczenie w płaszczyźnie kratownicy

$$L_{cr} = 0,9 \cdot L = 0,9 \cdot 1,31 = 1,18 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 25 \cdot 10^{-8}}{1,18^2} = 372 \text{ 100 N} = 372,1 \text{ kN}$$


$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{1,01 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{372,1 \cdot 10^3}} = 0,982$$

$$\Phi = 0,5 \left[ 1 + 0,49(0,982 - 0,2) + 0,982^2 \right] = 1,17$$

$$\chi = \frac{1}{1,17 + \sqrt{1,17^2 - 0,982^2}} = 0,554$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,554 \cdot 1,01 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$N_{b,Rd} = 198 \text{ 600 N} = 199 \text{ kN} > 189 \text{ kN} = N_{Ed}$$

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  Eurocodes made easy	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<i>15 z 23</i>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

Wyboczenie z płaszczyzny kratownicy

$$L_{cr} = L = 1,31 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,07 \cdot 10^{-6}}{1,31^2} = 1\,292\,000 \text{ N} = 1292 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{1,01 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1292 \cdot 10^3}} = 0,527$$

$$\Phi = 0,5 \left[ 1 + 0,49(0,527 - 0,2) + 0,527^2 \right] = 0,719$$

$$\chi = \frac{1}{0,719 + \sqrt{0,719^2 - 0,527^2}} = 0,828$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,828 \cdot 1,01 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$N_{b,Rd} = 297\,000 = 297 \text{ kN} > 189 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Nośność na rozciąganie

$$N_{b,Rd} = \frac{1010 \cdot 355}{1,0} = 358\,600 \text{ N} = 359 \text{ kN} > 214 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Nośność została zachowana.

Pas dolny kratownicy

Najbardziej wyęzione fragment pasa: element pomiędzy węzłami 19-20.

Ściskanie:  $N_{Ed} = -253 \text{ kN}$  (ciężar własny + śnieg)

Rozciąganie:  $N_{Ed} = 720 \text{ kN}$  (ciężar własny + wiatr)

Pas dolny zaprojektowano z dwóch UPE 140.

$$A_{ch} = 1,84 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ (jeden profil)}$$


$$I_y = 5,99 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4 \text{ (jeden profil)}$$

$$I_z = I_{ch} = 79 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4 \text{ (jeden profil)}$$

$$h_0 = 0,1234 \text{ m}$$

$$\alpha = 0,49 \text{ (krzywa wyboczeniowa c)}$$

[EN 1993-1-1](#)  
[§6.3.1.2](#)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b> 	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<i>16 z 23</i>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

### In-plane buckling

$$L_{cr} = L = 1,51 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 5,99 \cdot 10^{-6}}{1,51^2} = 10\,890\,000 \text{ N} = 10890 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,84 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{10889 \cdot 10^3}} = 0,346$$

$$\Phi = 0,5 \left[ 1 + 0,49(0,346 - 0,2) + 0,346^2 \right] = 0,596$$

$$\chi = \frac{1}{0,596 + \sqrt{0,596^2 - 0,346^2}} = 0,925$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,925 \cdot 2 \cdot 1,84 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$N_{b,Rd} = 1\,208\,000 \text{ N} = 1208 \text{ kN} > 253 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Wyboczenie pasa dolnego z płaszczyzny kratownicy.

W rozpatrywanym przypadku pas dolny kratownicy nie posiada bocznego podparcia i powinien być zaprojektowany przy założeniu sprężystego podparcia. Podparcie to zależy od sztywności płatwi  $k_p$ , śrub pomiędzy płatwią i pasem górnym  $k_c$  oraz sztywności skratowania  $k_w$ .

[SN027](#)

Płatwie wykonano z kształtownika Z250x2,0.


$$I_z = 7,33 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$h = 1,9 \text{ m}$  (wysokość kratownicy w najbardziej wyężonym przekroju)

$l_p = 7,2 \text{ m}$  (odległość pomiędzy pasami)

Sztywność  $k_p$ , dla płatwi



<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b> 	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<i>17 z 23</i>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

Przyjęto siłę wynoszącą 1 N na jednostkę długości, wywołującą moment zginający o wartości

$$M = 3 \cdot h$$

dla rozstawu płatwi 3 m.

Kąt obrotu  $\theta$  odpowiadający powyższemu momentowi wynosi:

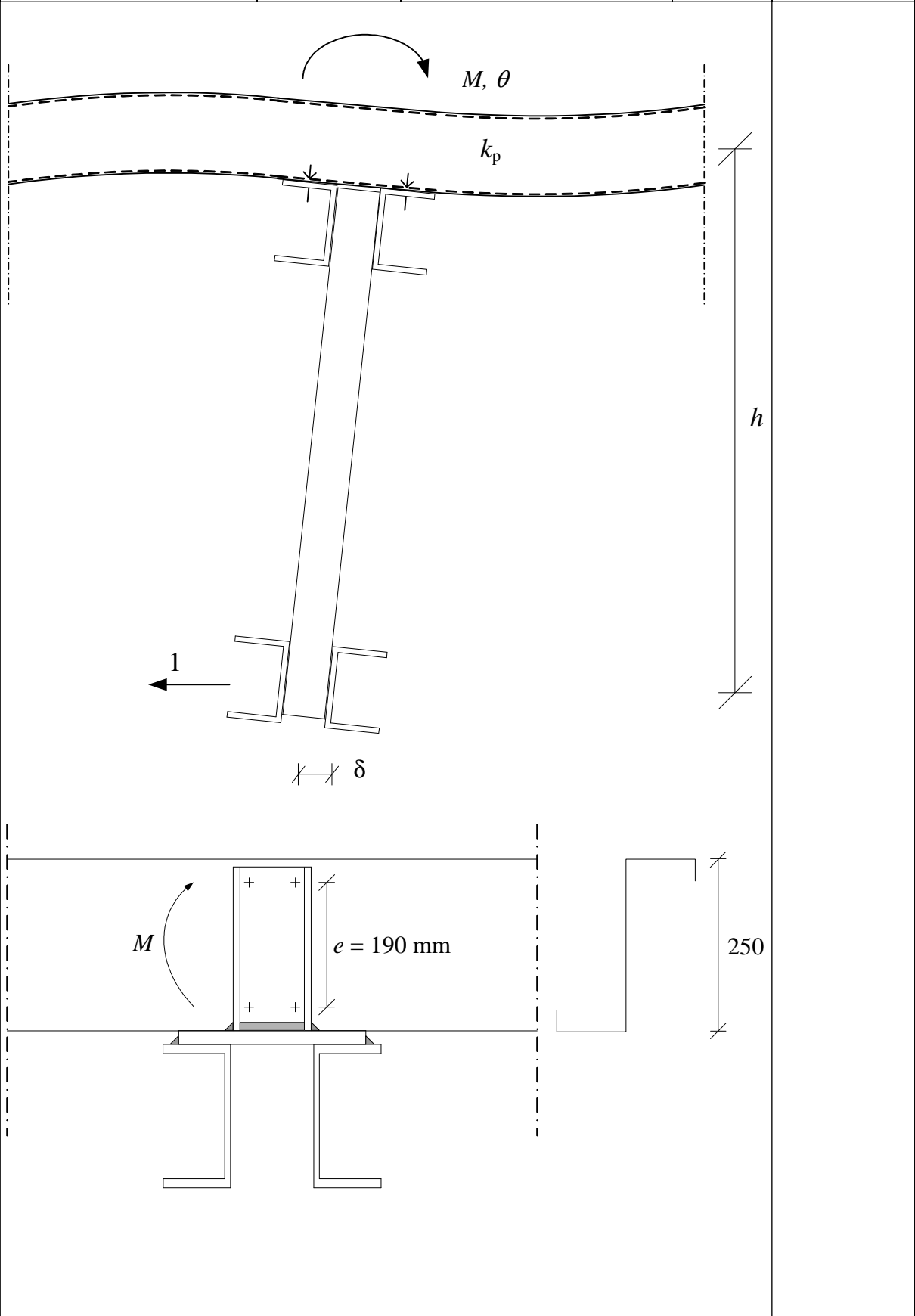
$$\theta = \frac{M \cdot l_p}{2 \cdot EI_p} = \frac{3 \cdot h \cdot l_p}{2 \cdot EI_p}$$


Przemieszczenie pasa dolnego spowodowane siłą jednostkową wynosi:

$$\delta = h \cdot \theta = h \cdot \frac{3 \cdot h \cdot l_p}{2 \cdot EI_p} = 1,9 \cdot \frac{3 \cdot 1,9 \cdot 7,2}{2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 7,33 \cdot 10^{-6}} = 2,53 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$k_p = \frac{1}{\delta} = \frac{1}{2,53 \cdot 10^{-5}} = 39\,500 \text{ N/m}^2 = 39,5 \text{ kN/m}^2$$

Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<i>18 z 23</i>
Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>



<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b> 	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<i>19 z 23</i>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

Sztywność połączenia pomiędzy płatiwą i pasem górnym kratownicy.

Połączenie wykonano przy zastosowaniu czterech wkrętów samogwintujących o średnicy  $d = 6,3$  mm

Siła we wkręcie

$$F_s = \frac{3 \cdot h}{2 \cdot e} = \frac{3 \cdot 1,9}{2 \cdot 0,19} = 15 \text{ N}$$

Grubość obliczeniowa blachy płatwi

$$t = (2,0 - 0,05) \cdot 0,98 = 1,91 \text{ mm}$$

Deformacja od ścinania  $v$  w połączeniu, może być wyznaczona według poniższego równania, na podstawie literatury szwedzkiej, dotyczącej profili zinnogiętych (siła w  $N_d$ ,  $t$  w mm).

$$v = \frac{F_s}{d \sqrt{t} \cdot 10^3} = \frac{15}{6,3 \sqrt{1,91} \cdot 10^3} = 1,72 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$$

$$\theta = \frac{v}{e/2} = \frac{1,72 \cdot 10^{-3}}{190/2} = 1,81 \cdot 10^{-5}$$

$$\delta = h \cdot \theta = 1,9 \cdot 1,81 \cdot 10^{-5} = 3,44 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$k_c = \frac{1}{3,44 \cdot 10^{-5}} = 29\,070 \text{ N/m}^2 = 29,1 \text{ kN/m}^2$$

Sztywność,  $k_w$ , prętów skratowania.

Tylko pręty skratowania które są połączone z płatwiami, są brane pod uwagę przy wyznaczaniu sztywności, tzn. dwa pręty krzyżulców.

$$I_w = 1,07 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$


$$l_1 = 3,0 \text{ m (rozstaw płatwi)}$$

$$l_w = 2,2 \text{ m (długość krzyżulca)}$$

$$k_w = 2 \cdot \frac{3 \cdot EI_w}{l_1 \cdot l_w^3} = 2 \cdot \frac{3 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,07 \cdot 10^{-6}}{3,0 \cdot 2,2^3}$$

$$k_w = 42\,200 \text{ N/m}^2 = 42,2 \text{ kN/m}^2$$

[SN027](#)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  Eurocodes made easy	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	20 z 23
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

Sztywność całkowita wynosi

$$k_s = \frac{1}{\frac{1}{k_p} + \frac{1}{k_c} + \frac{1}{k_w}} = \frac{1}{\frac{1}{39,5} + \frac{1}{29,1} + \frac{1}{42,2}} = 12,0 \text{ kN/m}^2$$

Efektywny moment bezwładności pasa dolnego

$$I_1 = 0,5 \cdot h_0^2 \cdot A_{ch} + 2 \cdot I_{ch} = 0,5 \cdot 0,1234^2 \cdot 1,84 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 79 \cdot 10^{-8}$$

$$I_1 = 15,59 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$i_0 = \sqrt{\frac{I_1}{2 \cdot A_{ch}}} = \sqrt{\frac{15,59 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 1,84 \cdot 10^{-3}}} = 0,065 \text{ m}$$

Długość fali,  $l_0$ , wyznacza się według wzoru:

$$l_c = \pi^4 \sqrt{\frac{EI_1}{k_s}} = \pi^4 \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 15,59 \cdot 10^{-6}}{12 \cdot 10^3}} = 12,8 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{l_c}{i_0} = \frac{12,8}{0,065} = 187 \rightarrow \mu = 0$$

$$I_{eff} = 0,5 \cdot 0,1234^2 \cdot 1,84 \cdot 10^{-3} = 14,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$


Nowa wartość efektywnego momentu bezwładności prowadzi do długości fali  $l_c$

$$l_c = \pi^4 \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 14,0 \cdot 10^{-6}}{12 \cdot 10^3}} = 12,4 \text{ m}$$

[EN 1993-1-1 §6.4](#)

[Tab. 6.8](#)

[SN027](#)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  Eurocodes made easy	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<i>21 z 23</i>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

Rozstaw przewiązek  $a \approx 1,0$  m.

$$S_v = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot EI_{ch}}{a^2} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 79 \cdot 10^{-8}}{1,0^2} = 3\,275\,000 \text{ N} = 3275 \text{ kN}$$

$$N_{cr} = \sqrt{k_s \cdot EI_{eff}} \left[ 2 - \frac{\sqrt{k_s \cdot EI_{eff}}}{S_v} \right] \text{ if } S_v / \sqrt{k_s \cdot EI_{eff}} > 1$$

$$\sqrt{k_s \cdot EI_{eff}} = \sqrt{12 \cdot 10^3 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 14,0 \cdot 10^{-6}} = 187\,800 \text{ N} = 187,8 \text{ kN}$$

$$S_v / \sqrt{k_s \cdot EI_{eff}} = 17,4 > 1$$

$$N_{cr} = 187,8 \left( 2 - \frac{1}{17,4} \right) = 365 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,84 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{365 \cdot 10^3}} = 1,89$$

$$\Phi = 0,5 \left[ 1 + 0,49(1,89 - 0,2) + 1,89^2 \right] = 2,70$$

$$\chi = \frac{1}{2,70 + \sqrt{2,70^2 - 1,89^2}} = 0,216$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,216 \cdot 2 \cdot 1,84 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$N_{b,Rd} = 282\,000 \text{ N} = 282 \text{ kN} > 253 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Sprawdzenie pręta przewiązkami na ściskanie i zginanie.

$$S_v = 3275 \text{ kN}$$


$$M_{Ed} = \frac{N_{Ed} \cdot e_0 + M_{Ed}^I}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr}}} = \frac{253 \cdot \frac{12,4}{500} + 0}{1 - \frac{253}{365}} = 20,4 \text{ kNm}$$

$$N_{ch,Ed} = 0,5 \cdot N_{Ed} + \frac{M_{Ed} \cdot h_0 \cdot A_{ch}}{2 \cdot I_{eff}} = 0,5 \cdot 253 + \frac{20,4 \cdot 0,1234 \cdot 1,84 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 14,0 \cdot 10^{-6}}$$

$$N_{ch,Ed} = 292 \text{ kN}$$

[SN027](#)

[SN027](#)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  Eurocodes made easy	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	22 z 23
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

Wartość siły ścinającej, na jaką należy projektować pręt z przewiązkami:

$$V_{Ed} = \frac{\pi \cdot M_{Ed}}{l_c} = \frac{\pi \cdot 20,4}{12,4} = 5,2 \text{ kN}$$

Moment zginający od siły ścinającej:

$$M_{ch,Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot a}{4} = \frac{5,2 \cdot 1,0}{4} = 1,3 \text{ kNm}$$

Nośność jednej gałęzi pasa na wyboczenie z płaszczyzny kratownicy.

$$L_{cr} = a = 1,0 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI_{ch}}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 79 \cdot 10^{-8}}{1,0^2} = 1\,637\,000 \text{ N} = 1637 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{1,84 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1637 \cdot 10^3}} = 0,632$$

$$\Phi = 0,5 \left[ 1 + 0,49(0,632 - 0,2) + 0,632^2 \right] = 0,806$$

$$\chi = \frac{1}{0,806 + \sqrt{0,806^2 - 0,632^2}} = 0,766$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,766 \cdot 1,84 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$N_{b,Rd} = 500\,000 \text{ N} = 500 \text{ kN} > 293 \text{ kN} = N_{ch,Ed}$$


Podobnie jak w pasie górnym kratownicy – wpływ siły ścinającej można pominąć.

W miejscu przewiązek, nośność profilu ze względu na interakcję momentu zginającego i siły osiowej powinna być sprawdzona.

$$\frac{N_{ch,Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{ch,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{z,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{32,6 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 11\,600 \text{ N} = 11,6 \text{ kNm}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{ch,Ed}}{N_{b,Rd}} \right) \leq C_{mz} \left( 1 + 1,4 \frac{N_{ch,Ed}}{N_{b,Rd}} \right)$$

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  Eurocodes made easy	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	23 z 23
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

$$C_{mz} = 0,9 \quad (\text{sway buckling})$$

$$k_{zz} = 0,9 \left( 1 + (2 \cdot 0,632 - 0,6) \frac{293}{500} \right) = 1,25$$

$$\frac{293}{500} + 1,25 \cdot \frac{1,3}{11,6} = 0,73 < 1,0$$

Rozciąganie

$$N_{b,Rd} = \frac{2 \cdot 1,84 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$N_{b,Rd} = 1\,306\,000 \text{ N} = 1306 \text{ kN} > 720 \text{ kN} = N_{Ed} \quad \text{OK}$$

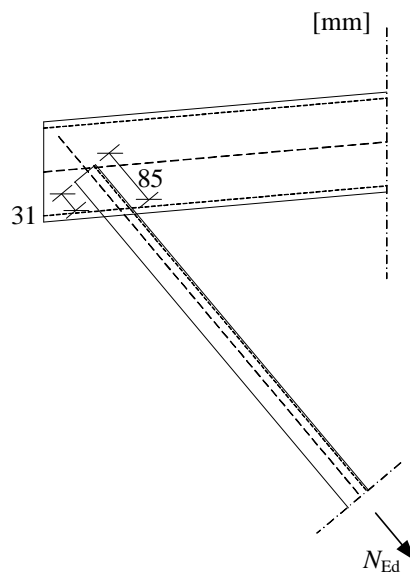
Przewiązki są wykonane z takiego samego kształtownika jak w przypadku pasa górnego, więc nośność ich jest zapewniona.


Nośność dwugąździowego pasa dolnego wykonanego z UPE 140 z przewiązkami jest zapewniona.

### Połączenia

Połączenia prętów skratowania z górnym i dolnym pasem wykonano jako spawane. Sprawdzenie nośności przykładowego połączenia przedstawiono poniżej.

Połączenie 1



<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b> 	Dokument Ref:	<i>SX017a-PL-EU</i>	Str.	<i>24 z 23</i>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami.....</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-1, EN 1993-1-8 &amp; EN 1990</i>		
	Wykonał	<i>Jonas Gozzi</i>	Data	<i>August 2005</i>
	Sprawdził	<i>Bernt Johansson</i>	Data	<i>August 2005</i>

Siła w pręcie skratowania:

$$N_{Ed} = 214 \text{ kN}$$

Siła ta jest przenoszona przez spoiny pachwinowe na pas górny kratownicy. Przyjęto spoiny o grubości:

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$f_u = 510 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Nośność spoin wyznaczono według wzoru:

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

gdzie

$$f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$\beta_w$  jest współczynnikiem korelacji,  $\beta_w = 0,9$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$F_{w,Rd} = \frac{510 \cdot 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 \cdot 1,25} \cdot 0,004 = 1\,047\,000 \text{ N} = 1047 \text{ kN/m}$$

Kryterium nośności

$$F_{w,Rd} \cdot l \geq N_{Ed}$$

gdzie

$l$  jest wymaganą długością spoiny

$$l \geq \frac{214}{1047} = 204 \text{ mm}$$

Zgodnie z powyższym rysunkiem, długość spoiny po jednej stronie krzyżulca przyjęto równą:

$$l = 85 + 31 = 116 \text{ mm}$$

Ponieważ pas górny jest dwugałęziowy, pręty skratowania przyspawano do obydwu kształtowników. Całkowita długość spoiny wynosi:

$$l = 2 \cdot 116 = 232 \text{ mm}$$

Kratownica wykonana jest z dwóch profili UPE160 (dwugałęziowy pas górny), UPE 80 (pręty skratowania) i dwóch profili UPE140 (dwugałęziowy pas dolny).

[EN 1993-1-8 §4.5.3.3](#)

[Tab. 4.1](#)



## Protokół jakości

TYTUŁ ZASOBU	Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami		
Odniesienie(a)			
ORYGINAŁ DOKUMENTU			
	<b>Nazwisko</b>	<b>Instytucja</b>	<b>Data</b>
Stworzony przez	Jonas Gozzi	SBI	28/07/2005
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Bernt Johansson	SBI	16/08/2005
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez			
Techniczna zawartość zaaprobowana przez następujących partnerów STALE:			
1. UK	G W Owens	SCI	27/1/06
2. France	A Bureau	CTICM	27/1/06
3. Germany	A Olsson	SBI	27/1/06
4. Sweden	C Müller	RWTH	27/1/06
5. Spain	J Chica	Labein	27/1/06
Zasób zatwierdzony przez technicznego koordynatora	G W Owens	SCI	27/07/06
DOKUMENT TŁUMACZONY			
Tłumaczenie wykonane przez:		A. Wojnar, PRz	
Przetłumaczony zasób zatwierdzony przez:		A. Kozłowski, PRz	

## Informacje ramowe

<b>Tytuł*</b>	Przykład obliczeniowy: Kratownica wolnopodparta z prętów o przekroju złożonym łączonych przewiązkami	
<b>Seria</b>		
<b>Opis*</b>	Ten przykład przedstawia sprawdzanie nośności kratownicy dachowej. Kratownica ta jest częścią konstrukcji dachu płatwiowego nad jednokondygnacyjnym budynkiem o wymiarach 72 x 30 m. Rozstaw kratownic wynosi 7,2 m. Konstrukcja dachu składa się z płyt ocieplonych, opartych na płatwiach.	
<b>Poziom dostępu*</b>	Ekspertyza	Praktyka
<b>Identyfikator*</b>	Nazwa pliku	C:\Documents and Settings\awojnar\Moje dokumenty\2009\Acces Steel\2009-02-19\SX017\SX017a-PL-EU.doc
<b>Format</b>	Microsoft Office Word; 25 Pages; 690kb;	
<b>Kategoria*</b>	Tytuł zasobu	Przykład obliczeniowy
	Punkt widzenia	Inżynier
<b>Przedmiot*</b>	Obszar zastosowania	Budynki jednokondygnacyjne
<b>Daty</b>	Data utworzenia	02/06/2006
	Data ostatniej modyfikacji	15/12/2005
	Data sprawdzenia	
	Ważny od	
	Ważny do	
<b>Język(i)*</b>		Polski
<b>Kontakt</b>	Autor	Jonas Gozzi
	Sprawdzony przez	Bernt Johansson
	Zatwierdzony przez	
	Redaktor	
	Ostatnio modyfikowany przez	
<b>Słowa kluczowe*</b>	Kratownica, elementy ściskane osiowo	
<b>Zobacz też</b>	Odniesienie do Eurocodu	
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	Inne	
<b>Omówienie</b>	Narodowa przydatność	EU
<b>Szczególne instrukcje</b>		