



# EKSPERTYZA TECHNICZNA

Temat:	SPRAWDZENIE WYTRZYMAŁOŚCI WIEŻBY DACHOWEJ POD KĄTEM WYMIANY POKRYCIA DACHU
Obiekt:	BUDYNEK PRZEDSZKOLA NR 4 W USTRONIU
Adres:	43-450 USTRÓŃ, ul. WIŚNIOWA 13, dz.nr 384/275
Jednostka autorska:	PP IWEX BRONISŁAW NOWAK
Adres jedn. autorskiej:	43-400 CIESZYN, ul. HAŻŁASKA 67A

## Autor opracowania:

Tytuł:	Imię i nazwisko:	Nr uprawnień:
MGR INŻ.	BRONISŁAW NOWAK	106/80 BB, CRRB 326/02/R/C
Podpis/pieczętka:		Nr wpisu do IIB:
		SLK/BO/0081/01

Data:
2025-12-11

# ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA

	Strona
1. Podstawa opracowania.....	3
2. Przedmiot i cel opracowania .....	3
3. Ogólna charakterystyka obiektu .....	3
4. Ocena stanu technicznego budynku .....	3
5. Planowane zmiany .....	3
6. Podstawowe wyniki obliczeń .....	4
7. Wnioski i zalecenia .....	20
8. Rysunek nr 1 - rzut więźby dachowej - zalecenia .....	22
9. Uprawnienia nr 326/02 .....	23
10. Uprawnienia nr 106/80 BB .....	24
11. Zaświadczenie SLK-XP1-SLR-ZL6* .....	25

# EKSPERTYZA TECHNICZNA

## dotycząca sprawdzenia wytrzymałości więźby dachowej pod kątem wymiany pokrycia dachu

### 1. Podstawa opracowania

- [1] Zamawiający: Firma Projektowo-Kosztorysowa Marek Węglorz, 43-400 Cieszyn, ul. Jastrzębia 33
- [2] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (t.j. Dz.U. z 2025 r. poz. 418)
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 15 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2022 r. poz. 1225 z późn. zm.)
- [4] Inwentaryzacja budowlana sporządzona przez Zamawiającego [1]
- [5] Wizja lokalna obiektu

### 2. Przedmiot i cel opracowania

Przedmiotem opracowania jest ekspertyza techniczna więźby dachowej budynku Przedszkola Nr 4 w Ustroniu, zlokalizowanego na dz.nr 384/275 przy ul. Wiśniowej 13 w Ustroniu. Celem opracowania jest sprawdzenia wytrzymałości więźby dachowej pod kątem wymiany pokrycia dachu.

### 3. Ogólna charakterystyka obiektu

Budynek przedszkola jest obiektem dwukondygnacyjnym, częściowo podpiwniczonym wielobryłowym o zróżnicowanej wysokości z dachem wielopołaciowym o konstrukcji drewnianej. Według inwentaryzacji budowlanej sporządzonej przez Zamawiającego [1] konstrukcja obiektu jest następująca:

- ławy fundamentowe – betonowe
- ściany nośne – cegła pełna na zaprawie cem. – wap.
- stropy – stalo ceramiczne i drewniane
- schody – żelbetowe
- dach – więźba drewniana

### 4. Ocena stanu technicznego budynku

Ocenę stanu technicznego obiektu dokonano na podstawie oględzin z natury, które wykazały, że stan techniczny konstrukcji nośnej obiektu jest odpowiedni z wyjątkiem niektórych elementów więźby dachowej, które wymagają naprawy lub wymiany na mocniejsze.

### 5. Planowane zmiany

Planowana jest termomodernizacja budynku wraz z remontem dachu. Na połaciach dachowych zamierzona jest instalacja paneli fotowoltaicznych. W związku z niepewnym stanem konstrukcji dachowej i planowanym wzrostem obciążenia połaci wykonano obliczenia statyczne sprawdzające wytrzymałość elementów więźby.

## 6. Podstawowe wyniki obliczeń

Obliczenia statyczne wykonano przy pomocy programu „KONSTRUKTOR 6.5.2.2” oraz Interaktywnych Tablic Inżynierskich firmy ArcADiasoft Chudzik sp.j. w oparciu normy:

- PN-EN 1990:2004 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji
- PN-EN 1991-1-1:2004 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-1: Oddziaływania ogólne - Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach
- PN-EN 1991-1-3:2005 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-3: Oddziaływania ogólne - Obciążenie śniegiem
- PN-EN 1991-1-4:2008 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-4: Oddziaływania ogólne - Oddziaływania wiatru
- PN-82/B-02001: Obciążenia budowli. Obciążenia stałe
- PN-82/B-02003: Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe
- PN-80/B-02010: Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem
- PN-77/B-02011: Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenia wiatrem
- PN-B-03150:2000: Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie

### Obciążenia

#### 1. Obciążenie dachu nad częścią starszą

##### 1.1. Obciążenia stałe

nr	Rodzaj obciążenia	Wartość	Jedn.	Mnożnik [m]	obciążenie charakter. [kN/m <sup>2</sup> ]	współ. obc.	Obciążenie oblicz. [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Pokrycie - blacha stalowa ocynkowana powlekana gr. 0,7 mm	0.110	[kN/m <sup>2</sup> ]	1.000	0.110	1.200	0.132
2	Mata strukturalna z warsywą folii paroprzep.	0.010	[kN/m <sup>2</sup> ]	1.000	0.010	1.200	0.012
3	Deskowanie pełne gr. 25 mm	6.000	[kN/m <sup>3</sup> ]	0.025	0.150	1.200	0.180
					$g^k_1=0.270$	1.200	$g^d_1=0.324$

##### 1.2. Obciążenie śniegiem

1	Obciążenie śniegiem	1.640	[kN/m <sup>2</sup> ]	1.000	1.640	1.500	2.460
					$s^k_2=1.640$	1.500	$s^d_2=2.460$

##### 1.3. Obciążenie wiatrem - lewa płac

1	Obciążenie wiatrem	-0.364	[kN/m <sup>2</sup> ]	1.000	-0.364	1.500	-0.546
					$w^k_3=-0.364$	1.500	$w^d_3=-0.546$

##### 1.4. Obciążenie wiatrem - prawa płac

1	Obciążenie wiatrem	0.110	[kN/m <sup>2</sup> ]	1.000	0.110	1.500	0.165
					$w^k_4=0.110$	1.500	$w^d_4=0.165$

##### 1.5. Obciążenie technologiczne

1	Fotowoltaika	0.250	[kN/m <sup>2</sup> ]	1.000	0.250	1.500	0.375
					$p^k_5=0.250$	1.500	$p^d_5=0.375$

#### 2 Obciążenie krokwi K4

##### 2.1. Obciążenia stałe

1	Pokrycie - blacha stalowa ocynkowana powlekana gr. 0,7 mm	0.110	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.900	0.099	1.200	0.119
2	Mata strukturalna z warsywą folii paroprzep.	0.010	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.900	0.009	1.200	0.011
3	Deskowanie pełne gr. 25 mm	0.150	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.900	0.135	1.200	0.162
					$g^k_0=0.243$	1.200	$g^d_0=0.292$

## 2.2. Obciążenie śniegiem

nr	Rodzaj obciążenia	Wartość	Jedn.	Mnożnik [m]	obciążenie charakter. [kN/m <sup>2</sup> ]	współ. obc.	Obciążenie oblicz. [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Obciążenie śniegiem	3.570	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.900	3.213	1.500	4.819
					$s^k_0=3.213$	1.500	$s^d_0=4.819$

## 2.3. Obciążenie wiatrem - prawa płaszczyzna

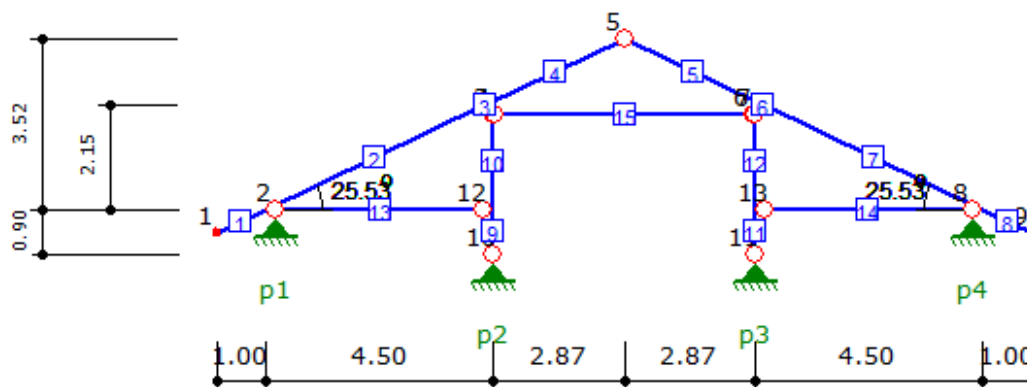
1	Obciążenie wiatrem	-0.281	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.900	-0.253	1.500	-0.379
					$w^k_0=-0.253$	1.500	$w^d_0=-0.379$

## 2.3. Obciążenie technologiczne

1	Fotowoltaika	0.250	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.900	0.225	1.500	0.338
					$p^k_0=0.225$	1.500	$p^d_0=0.338$

## Poz.1. Sprawdzenie krokwi K1

### Geometria układu



### Lista materiałów

Nr materiału	Typ	Klasa	$E_{0,mean}$ [MPa]
1	Lite	C18	9000

Ciężar własny	[kN/m <sup>3</sup> ]	5.5
$\alpha_t$	[1/°K]	0.000005

### Lista przekrojów

Nr przekroju	h [cm]	b [cm]	Liczba elementów	A [cm <sup>2</sup> ]	$J_z$ [cm <sup>4</sup> ]	$J_y$ [cm <sup>4</sup> ]	Nr materiału
1	16.0	12.0	1	192.0	4096	2304	1
2	20.0	18.0	1	360.0	12000	9720	1
3	12.0	15.0	2	360.0	4320	3375	1
4	15.0	12.0	1	180.0	3375	2160	1

### Lista prętów

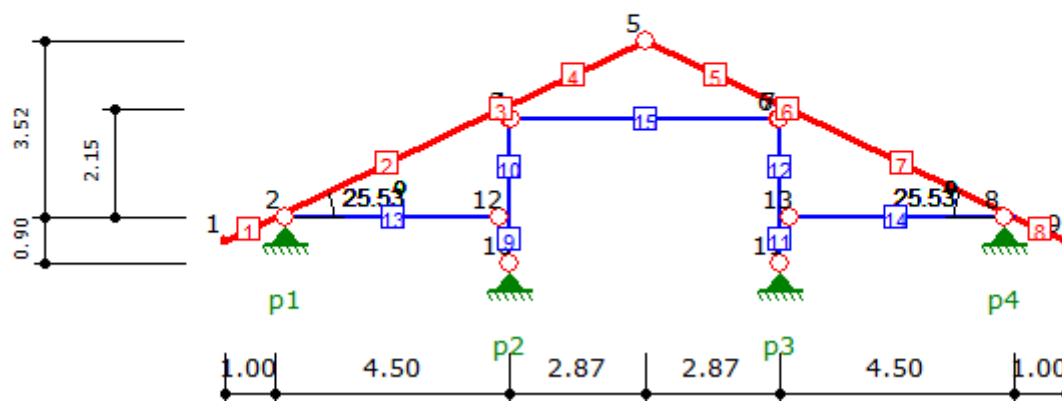
Nr pręta	Typ pręta	Nr węzła pocz.	Nr węzła końc.	Nr przekroju	Połączenie (węzeł pocz.)	Połączenie (węzeł końc.)	Długość [m]
1-8	krokiew	1	2	1	szttywne	szttywne	1.11
9-12	słup	12	10	2	szttywne	przegub	0.90
13, 14	kleszcze	2	12	3	przegub	przegub	4.50
15	jętka	4	6	4	przegub	przegub	5.74

Rozstaw krokwi	[m]	1.20
----------------	-----	------

## Zbiornicze zestawienie wyników

Tabela wykorzystania nośności przekroju pręta

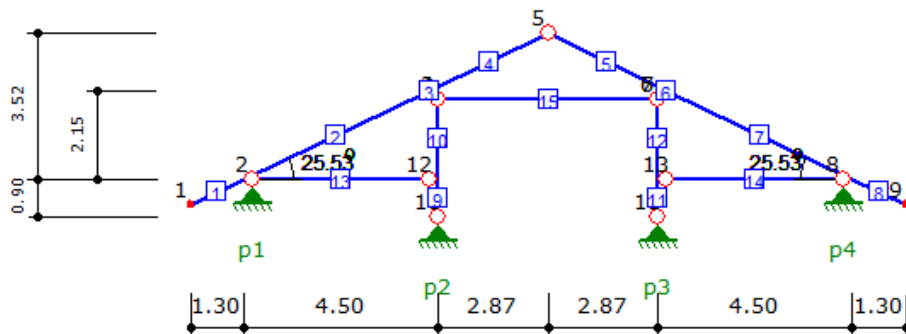
Nr	Typ pręta	Zgin. i statecz.	Zgin. ze ścisk.	Ścisk. ze zgin.	Ścisk.	Rozciąg. ze zgin.	Rozciąg.	Ścin.	$u_{fin}$ [cm]	Uwagi
1	krokiew	0.33A1	-	-	-	0.35A1	-	0.13A1	<b>2.12&gt;0.55</b>	-
2	krokiew	<b>1.20&gt;1</b>	-	0.39A1	-	<b>1.22&gt;1</b>	-	0.32A1	<b>2.92&gt;2.49</b>	-
3	krokiew	<b>1.20&gt;1</b>	<b>1.20&gt;1</b>	-	-	-	-	0.33A1	-	-
4	krokiew	-	-	<b>1.27&gt;1</b>	-	-	-	0.26A1	0.21A1.59	-
5	krokiew	-	-	<b>1.27&gt;1</b>	-	-	-	0.26A1	0.21A1.59	-
6	krokiew	<b>1.20&gt;1</b>	<b>1.20&gt;1</b>	-	-	-	-	0.33A1	-	-
7	krokiew	<b>1.20&gt;1</b>	-	0.39A1	-	<b>1.22&gt;1</b>	-	0.32A1	<b>2.92&gt;2.49</b>	-
8	krokiew	0.33A1	-	-	-	0.35A1	-	0.13A1	<b>2.12&gt;0.55</b>	-
9	słup	-	-	0.01A1	0.07A1	-	-	0.00A1	0.00A0.45	-
10	słup	-	-	0.06A1	-	-	-	0.00A1	0.02A1.07	-
11	słup	-	-	0.01A1	0.07A1	-	-	0.00A1	0.00A0.45	-
12	słup	-	-	0.06A1	-	-	-	0.00A1	0.02A1.07	-
13	kleszcze	0.06A1	-	0.06A1	-	0.06A1	-	0.00A1	0.37A2.25	-
14	kleszcze	0.06A1	-	0.06A1	-	0.06A1	-	0.00A1	0.37A2.25	-
15	jętka	0.39A1	-	-	-	0.39A1	0.02A1	0.03A1	2.75A2.87	-



Wytrzymałość krokwi K1 jest nieodpowiednia. Przy założonym obciążeniu przekroczone zostaną stany graniczne nośności i użytkowości krokwi. Konieczne jest wzmocnienie lub wymiana krokwi na mocniejsze.

## Poz.2. Wzmocnienie krokwi K1

### Geometria układu



Zwiększono grubość krokwi K1 z 12 cm do 18 cm poprzez przykręcenie do boku krokwi bali o wymiarach 63/160 mm.

### Lista przekrojów

Nr przekroju	h [cm]	b [cm]	Liczba elementów	A [cm <sup>2</sup> ]	J <sub>z</sub> [cm <sup>4</sup> ]	J <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]	Nr materiału
1	16.0	18.0	1	288.0	6144	7776	1
2	20.0	18.0	1	360.0	12000	9720	1
3	12.0	15.0	2	360.0	4320	3375	1
4	15.0	12.0	1	180.0	3375	2160	1

### Lista prętów

Nr pręta	Typ pręta	Nr węzła pocz.	Nr węzła końc.	Nr przekroju	Połączenie (węzeł pocz.)	Połączenie (węzeł końc.)	Długość [m]
1-8	krokiew	1	2	1	szttywne	szttywne	1.44
9-12	słup	12	10	2	szttywne	przegub	0.90
13,14	kleszcze	2	12	3	przegub	przegub	4.50
15	jętka	4	6	4	przegub	przegub	5.74

Rozstaw krokwi	[m]	1.20
----------------	-----	------

### Zbiórce zestawienie wyników

#### Tabela wykorzystania nośności przekroju pręta

Nr	Typ pręta	Zgin. i statecz.	Zgin. ze ścisk.	Ścisk. ze zgin.	Ścisk.	Rozciąg. ze zgin.	Rozciąg.	Ścin.	u <sub>fin</sub> [cm]	Uwagi
1	krokiew	0.38A1	-	-	-	0.39A1	-	0.11A1	1.12A0.72	-
2	krokiew	0.76A1	-	0.77A1	-	0.77A1	-	0.21A1	1.74A2.49	-
4	krokiew	-	-	0.81A1	-	-	-	0.17A1	0.11A1.59	-
5	krokiew	-	-	0.81A1	-	-	-	0.17A1	0.11A1.59	-
7	krokiew	0.76A1	-	0.77A1	-	0.77A1	-	0.21A1	1.74A2.49	-
8	krokiew	0.38A1	-	-	-	0.39A1	-	0.11A1	1.12A0.72	-
9	słup	-	-	0.01A1	0.06A1	-	-	0.00A1	0.00A0.45	-
10	słup	-	-	0.06A1	-	-	-	0.00A1	0.02A1.07	-
11	słup	-	-	0.01A1	0.06A1	-	-	0.00A1	0.00A0.45	-
12	słup	-	-	0.06A1	-	-	-	0.00A1	0.02A1.07	-
13	kleszcze	-	-	0.06A1	0.00A1	-	0.00A1	0.00A1	0.37A2.25	-
14	kleszcze	0.06A1	-	0.06A1	-	0.06A1	-	0.00A1	0.37A2.25	-
15	jętka	0.39A1	-	-	-	0.39A1	-	0.03A1	2.75A2.87	-

#### Obwiednia reakcji dla podpory nr 1, 4

Reakcja ekstremalna	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$M_z$ [kNm]	Grupy obciążeń
$R_x$ max	<b>7.50</b>	15.03	0.00	1 2 3 4
$R_x$ min	<b>0.07</b>	5.15	0.00	1 5
$R_y$ max	3.89	<b>16.89</b>	0.00	1 2 3 5
$R_y$ min	3.69	<b>3.29</b>	0.00	1 4

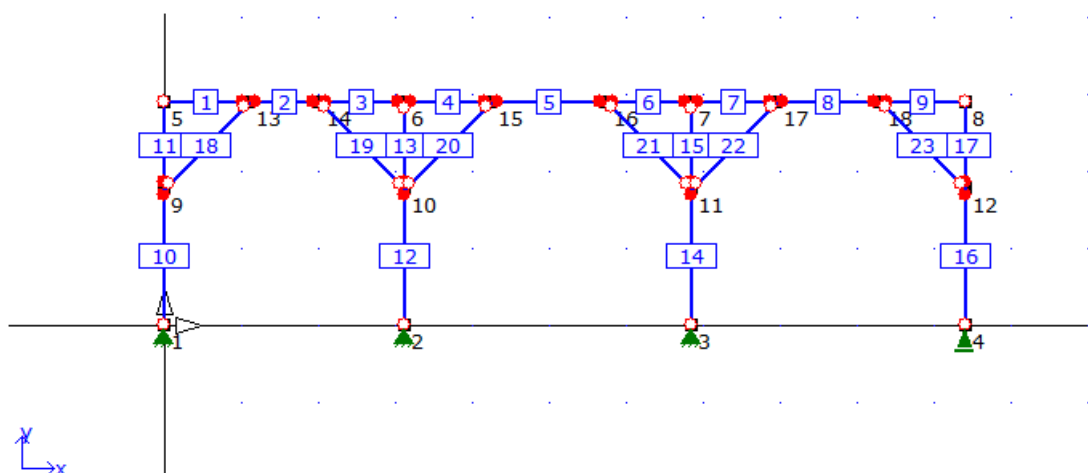
#### Obwiednia reakcji dla podpory nr 2, 3

$R_x$ max	<b>0.03</b>	21.97	0.00	1 2 5
$R_x$ min	<b>-0.05</b>	4.09	0.00	1 3 4
$R_y$ max	0.00	<b>22.32</b>	0.00	1 2 3 5
$R_y$ min	-0.02	<b>3.74</b>	0.00	1 4

Wytrzymałość wzmocnionych krokwi K1 jest odpowiednia. Przy założonym obciążeniu nie zostaną przekroczone stany graniczne nośności i użytkowości krokwi.

### Poz.3. Sprawdzenie ramy głównej

#### Geometria układu



#### Lista elementów

Nr Elementu	Nr Węzła Pocz.	Nr Węzła Końcowego	Typ przekroju	Połączenie (węzeł pocz.)	Połączenie (węzeł końc.)	Długość [m]
1-9	5	8	Płatew 18/20 C18	przegub	-	1.10
10-17	1, 2, 3, 4	5, 6, 7, 8	2 -Stolec 18/20 C18	przegub	-	1.75
18-23	9, 10, 11, 12	13, 14, 15, 16, 17, 18	3 -Miecz 12/15 C18	przegub	przegub	1.56

#### 3.1. Płatew P1

##### Pręt 8

$N = 0.00$  kN  
 $M = 11.65$  kNm

WYNIKI ROZCIĄGANIA ZE ZGINANIEM:

$$\frac{\sigma_2}{f_{td}} + \frac{\sigma_1}{f_{td}} = \frac{0.00}{7.62} + \frac{9.71}{12.46} = 0.00 + 0.78 = 0.78 \leq 1$$

Naprężenia OK:



SPRAWDZENIE STATECZNOŚCI:

$$\frac{\sigma^1}{k_{csit} * f_{td}} = \frac{9.71}{1.00 * 12.46} = 0.78 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

$$V = 24.78 \text{ kN}$$

WYNIKI ŚCINANIA:

$$\frac{\tau}{f_{vd}} = \frac{1.03}{2.35} = 0.44 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

**3.2. Stolce S1**

**Pręt 14**

$$N = -84.77 \text{ kN}$$

$$M = -2.43 \text{ kNm}$$

WYNIKI ŚCISKANIA ZE ZGINANIEM:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cs} * f_{cd}} + \frac{\sigma^1}{f_{td}} = \frac{2.35}{0.99 * 12.46} + \frac{2.25}{12.46} = 0.19 + 0.18 = 0.37 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

$$\frac{\sigma^2}{k_{cy} * f_{cd}} + k_m * \frac{\sigma^1}{f_{td}} = \frac{2.35}{1.00 * 12.46} + 0.7 * \frac{2.25}{12.46} = 0.19 + 0.13 = 0.32 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

$$N = -85.15 \text{ kN}$$

$$M = 0.00 \text{ kNm}$$

WYNIKI ŚCISKANIA:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cs} * f_{cd}} = \frac{2.37}{0.99 * 12.46} = 0.19 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

$$\frac{\sigma^2}{k_{cy} * f_{cd}} = \frac{2.37}{1.00 * 12.46} = 0.19 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

$$V = -1.39 \text{ kN}$$

WYNIKI ŚCINANIA:

$$\frac{\tau}{f_{vd}} = \frac{0.06}{2.35} = 0.02 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

**3.3. Miecze M1**

**Pręt 22**

$$N = -15.85 \text{ kN}$$

$$M = 0.02 \text{ kNm}$$

WYNIKI ŚCISKANIA ZE ZGINANIEM:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cs} * f_{cd}} + \frac{\sigma^1}{f_{td}} = \frac{0.88}{0.98 * 12.46} + \frac{0.05}{12.46} = 0.07 + 0.00 = 0.08 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

$$\frac{\sigma^2}{k_{cy} * f_{cd}} + k_m * \frac{\sigma^1}{f_{md}} = \frac{0.88}{0.94 * 12.46} + 0.7 * \frac{0.05}{12.46} = 0.08 + 0.00 = 0.08 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

$$N = -53.64 \text{ kN}$$

$$M = 0.00 \text{ kNm}$$

WYNIKI ŚCISKANIA:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cs} * f_{cd}} = \frac{2.98}{0.98 * 12.46} = 0.24 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

$$\frac{\sigma^2}{k_{cy} * f_{cd}} = \frac{2.98}{0.94 * 12.46} = 0.26 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

$$V = 0.06 \text{ kN}$$

WYNIKI ŚCINANIA:

$$\frac{\tau}{f_{vd}} = \frac{0.00}{2.35} = 0.00 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

**Wytrzymałość płytwi P1 oraz stolców i mieczy jest odpowiednia. Przy założonym obciążeniu nie zostaną przekroczone stany graniczne nośności i użytkowości tych elementów.**

#### Poz.4. Sprawdzenie krokwi K2 na połąci naczółkowej

#### Zbiorcze zestawienie wyników

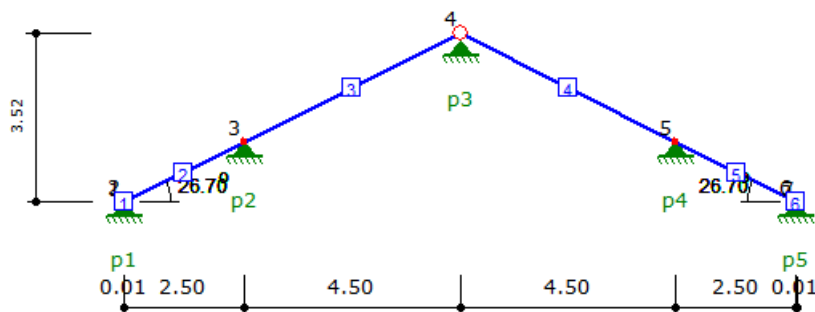
**Tabela wykorzystania nośności przekroju pręta**

Nr	Typ pręta	Zgin. i statecz.	Zgin. ze ścisk.	Ścisk. ze zgin.	Ścisk.	Rozciąg. ze zgin.	Rozciąg.	Ścin.	u <sub>fin</sub> [cm]	Uwagi
1	krokiew	0.00A1	-	-	-	0.00A1	-	0.00A1	0.00A0.01	-
2	krokiew	<b>1.28&gt;1</b>	-	0.01A1	-	<b>1.29&gt;1</b>	-	0.26A1	0.38A1.40	-
3	krokiew	-	-	<b>1.34&gt;1</b>	-	-	0.03A1	0.34A1	<b>3.60&gt;2.52</b>	-
4	krokiew	-	-	<b>1.34&gt;1</b>	-	-	0.03A1	0.34A1	<b>3.60&gt;2.52</b>	-
5	krokiew	<b>1.28&gt;1</b>	-	0.01A1	-	<b>1.29&gt;1</b>	-	0.26A1	0.38A1.40	-
6	krokiew	0.00A1	-	-	-	0.00A1	-	0.00A1	0.00A0.01	-

**Wytrzymałość krokwi K2 jest nieodpowiednia. Przy założonym obciążeniu przekroczone zostaną stany graniczne nośności i użytkowości krokwi. Konieczne jest wzmocnienie lub wymiana krokwi na mocniejsze.**

## Poz.5. Wzmocnienie krokwi K2 na połaci naczółkowej

### Geometria układu



Zwiększono grubość krokwi K2 z 12 cm do 24 cm poprzez przykręcenie do obu boków krokwi K2 bali o wymiarach 63/160 mm.

### Lista przekrojów

Nr przekroju	h [cm]	b [cm]	Liczba elementów	A [cm <sup>2</sup> ]	J <sub>z</sub> [cm <sup>4</sup> ]	J <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]	Nr materiału
1	16.0	24.0	1	384.0	8192	18432	1

Rozstaw krokwi	[m]	1.20
----------------	-----	------

### Zbiornicze zestawienie wyników

#### Tabela wykorzystania nośności przekroju pręta

Nr	Typ pręta	Zgin. i statecz.	Zgin. ze ścisk.	Ścisk. ze zgin.	Ścisk.	Rozciąg. ze zgin.	Rozciąg.	Ścin.	u <sub>fin</sub> [cm]	Uwagi
1	krokiew	0.00A1	-	-	-	0.00A1	-	0.00A1	0.00A0.01	-
2	krokiew	0.57A1	-	0.00A1	-	0.58A1	-	0.11A1	0.17A1.40	-
3	krokiew	-	-	0.60A1	-	-	0.01A1	0.15A1	1.64A2.52	-
4	krokiew	-	-	0.60A1	-	-	0.01A1	0.15A1	1.64A2.52	-
5	krokiew	0.57A1	-	0.00A1	-	0.58A1	-	0.11A1	0.17A1.40	-
6	krokiew	0.00A1	-	-	-	0.00A1	-	0.00A1	0.00A0.01	-

#### Obwiednia reakcji dla podpory nr 1,5

Reakcja ekstremalna	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	M <sub>z</sub> [kNm]	Grupy obciążeń
R <sub>x</sub> max	<b>1.44</b>	2.38	0.00	1 2 5
R <sub>x</sub> min	<b>0.32</b>	0.88	0.00	1 4
R <sub>y</sub> max	1.22	<b>2.81</b>	0.00	1 2 4
R <sub>y</sub> min	0.53	<b>0.45</b>	0.00	1 5

#### Obwiednia reakcji dla podpory nr 2, 4

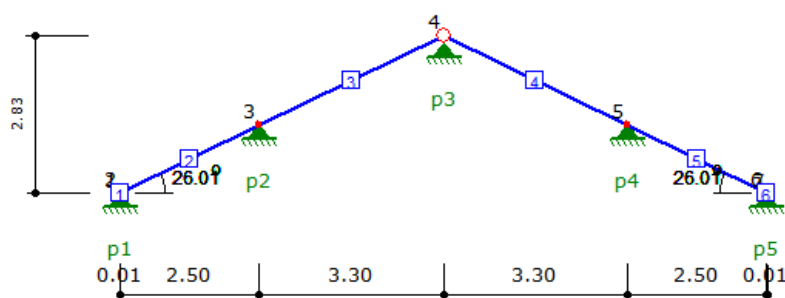
R <sub>x</sub> max	<b>0.98</b>	2.24	0.00	1 5
R <sub>x</sub> min	<b>-2.46</b>	19.42	0.00	1 2 4
R <sub>y</sub> max	-2.46	<b>19.42</b>	0.00	1 2 4
R <sub>y</sub> min	0.98	<b>2.24</b>	0.00	1 5

#### Obwiednia reakcji dla podpory nr 3

R <sub>x</sub> max	<b>1.30</b>	9.40	0.00	1 2 5
R <sub>x</sub> min	<b>-1.30</b>	9.40	0.00	1 3 4
R <sub>y</sub> max	0.00	<b>15.88</b>	0.00	1 2 3
R <sub>y</sub> min	-0.79	<b>3.76</b>	0.00	1 4

Wytrzymałość wzmocnionej krokwi K2 jest odpowiednia. Przy założonym obciążeniu nie zostaną przekroczone stany graniczne nośności i użytkowości krokwi.

#### Poz.6. Sprawdzenie krokwi K3 na połąci naczółkowej



#### Zbiorcze zestawienie wyników

Tabela wykorzystania nośności przekroju pręta

Nr	Typ pręta	Zgin. i statecz.	Zgin. ze ścisk.	Ścisk. ze zgin.	Ścisk.	Rozciąg. ze zgin.	Rozciąg.	Ścin.	$u_{fin}$ [cm]	Uwagi
1	krokiew	0.00A1	-	-	-	0.00A1	-	0.00A1	0.00A0.01	-
2	krokiew	0.74A1	-	0.01A1	-	0.76A1	-	0.22A1	0.13A1.39	-
3	krokiew	-	-	0.77A1	-	-	0.02A1	0.25A1	0.96A1.84	-
4	krokiew	-	-	0.77A1	-	-	0.02A1	0.25A1	0.96A1.84	-
5	krokiew	0.74A1	-	0.01A1	-	0.76A1	-	0.22A1	0.13A1.39	-
6	krokiew	0.00A1	-	-	-	0.00A1	-	0.00A1	0.00A0.01	-

#### Obwiednia reakcji dla podpory nr 1, 5

Reakcja ekstremalna	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$M_z$ [kNm]	Grupy obciążeń
$R_x$ max	<b>0.97</b>	3.08	0.00	1 2 5
$R_x$ min	<b>0.11</b>	1.12	0.00	1 4
$R_y$ max	0.62	<b>3.78</b>	0.00	1 2 4
$R_y$ min	0.45	<b>0.42</b>	0.00	1 5

#### Obwiednia reakcji dla podpory nr 2,4

Reakcja ekstremalna	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$M_z$ [kNm]	Grupy obciążeń
$R_x$ max	<b>0.86</b>	1.33	0.00	1 5
$R_x$ min	<b>-1.60</b>	14.93	0.00	1 2 4
$R_y$ max	-1.60	<b>14.93</b>	0.00	1 2 4
$R_y$ min	0.86	<b>1.33</b>	0.00	1 5

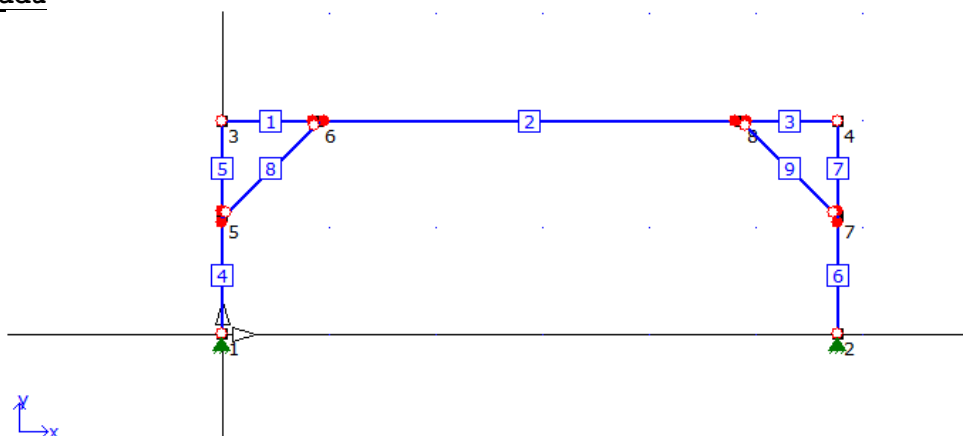
#### Obwiednia reakcji dla podpory nr 3

Reakcja ekstremalna	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$M_z$ [kNm]	Grupy obciążeń
$R_x$ max	<b>0.95</b>	6.40	0.00	1 2 5
$R_x$ min	<b>-0.95</b>	6.40	0.00	1 3 4
$R_y$ max	0.00	<b>11.07</b>	0.00	1 2 3
$R_y$ min	-0.55	<b>2.33</b>	0.00	1 4

Wytrzymałość pozostałych krokwi na połąci naczółkowej jest odpowiednia. Przy założonym obciążeniu nie zostaną przekroczone stany graniczne nośności i użytkowości krokwi.

## Poz.7. Sprawdzenie ramy naczółkowej

### Geometria układu



### Lista elementów

Nr Elementu	Nr Węzła Pocz.	Nr Węzła Końcowego	Typ przekroju	Połączenie (węzeł pocz.)	Połączenie (węzeł końc.)	Długość [m]
1-3	3	4	Płatew 18/18 C18	przegub	-	0.90
4-7	1,2	3,4	2 -Stolec 18/18	przegub	-	1.08
8,9	5,7	6,8	3 -Miecz 15/12	przegub	przegub	1.27

### Obwiednia reakcji w węźle nr 1, 2

Reakcja ekstremalna	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$M_z$ [kNm]	Grupy obciążeń
$R_x$ max	<b>20.78</b>	37.39	0.00	1 2
$R_x$ min	<b>5.32</b>	9.93	0.00	1
$R_y$ max	20.78	<b>37.39</b>	0.00	1 2
$R_y$ min	5.32	<b>9.93</b>	0.00	1

### 7.1. Płatew P2

#### Pręt 2

$N = -20.78$  kN

$M = 15.90$  kNm

WYNIKI ŚCISKANIA ZE ZGINANIEM:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cs} \cdot f_{cd}} + \frac{\sigma^1}{f_{td}} = \frac{0.64}{0.52 \cdot 12.46} + \frac{16.36}{12.46} = 0.10 + 1.31 = 1.41 > 1$$

**Naprężenia przekroczone!!!**

$$\frac{\sigma^2}{k_{cy} \cdot f_{cd}} + k_m \cdot \frac{\sigma^1}{f_{td}} = \frac{0.64}{0.52 \cdot 12.46} + 0.7 \cdot \frac{16.36}{12.46} = 0.10 + 0.92 = 1.02 > 1$$

**Naprężenia przekroczone!!!**

$N = -20.78$  kN

$M = -12.30$  kNm

WYNIKI ŚCISKANIA ZE ZGINANIEM:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cs} \cdot f_{cd}} + \frac{\sigma^1}{f_{td}} = \frac{0.64}{0.52 \cdot 12.46} + \frac{12.65}{12.46} = 0.10 + 1.02 = 1.11 > 1$$

**Naprężenia przekroczone!!!**

$$\frac{\sigma^2}{k_{cy} * f_{cd}} + k_m * \frac{\sigma^1}{f_{td}} = \frac{0.64}{0.52 * 12.46} + 0.7 * \frac{12.65}{12.46} = 0.10 + 0.71 = 0.81 \leq 1$$

Naprężenia OK:

$$V = 26.80 \text{ kN}$$

WYNIKI ŚCINANIA:

$$\frac{\tau}{f_{vd}} = \frac{1.24}{2.35} = 0.53 \leq 1$$

Naprężenia OK:

## 7.2. Stolce S2

### Pręt 4

$$N = -37.17 \text{ kN}$$

$$M = -22.44 \text{ kNm}$$

WYNIKI ZGINANIA ZE ŚCISKANIEM:

$$\left( \frac{\sigma^2}{f_{cd}} \right)^2 + \frac{\sigma^1}{f_{td}} = \left( \frac{1.15}{12.46} \right)^2 + \frac{23.09}{12.46} = 0.01 + 1.85 = 1.86 > 1$$

**Naprężenia przekroczone!!!**

SPRAWDZENIE STATECZNOŚCI:

$$\frac{\sigma^1}{k_{csit} * f_{td}} = \frac{23.09}{1.00 * 12.46} = 1.85 > 1$$

**Naprężenia przekroczone!!!**

$$N = -37.39 \text{ kN}$$

$$M = 0.00 \text{ kNm}$$

WYNIKI ŚCISKANIA:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cs} * f_{cd}} = \frac{1.15}{1.02 * 12.46} = 0.09 \leq 1$$

Naprężenia OK:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cy} * f_{cd}} = \frac{1.15}{1.02 * 12.46} = 0.09 \leq 1$$

Naprężenia OK:

$$V = -20.78 \text{ kN}$$

WYNIKI ŚCINANIA:

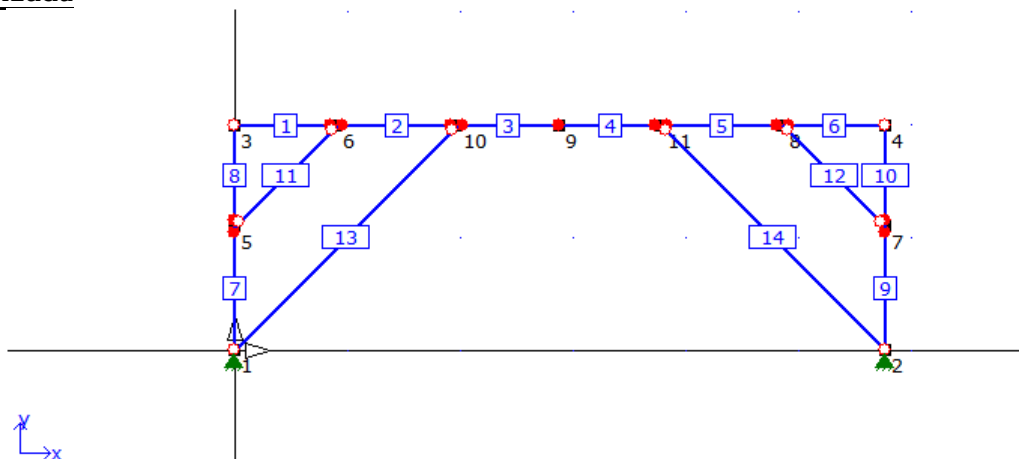
$$\frac{\tau}{f_{vd}} = \frac{0.96}{2.35} = 0.41 \leq 1$$

Naprężenia OK:

**Wytrzymałość płatwi P2 oraz stolców jest nieodpowiednia. Przy założonym obciążeniu zostaną przekroczone stany graniczne nośności i użytkowości tych elementów.**

## Poz.8. Wzmocnienie ramy naczółkowej

### Geometria układu



Wzmocniono płatew P2 poprzez dodatkowe podparcie zastrzałami o przekroju 12/12 cm.

### Lista elementów

Nr Elementu	Nr Węzła Pocz.	Nr Węzła Końcowego	Typ przekroju	Połączenie (węzeł pocz.)	Połączenie (węzeł końc.)	Długość [m]
1-6	3	4	Płatew 18/18 C18	przegub	-	0.90
7-10	1,2	3,4	2 -Stolec 18/18	przegub	-	1.08
11	5	6	3 -Miecz 15/12	przegub	przegub	1.27
12	7	8				
13	1	10	5 -Miecz 12/12 C24	przegub	przegub	2.79
14	2	11				

### Obwiednia reakcji w węźle nr 1, 2

Reakcja ekstremalna	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	M <sub>z</sub> [kNm]	Grupy obciążeń
R <sub>x</sub> max	<b>40.94</b>	63.10	0.00	1 2
R <sub>x</sub> min	<b>19.15</b>	34.23	0.00	1
R <sub>y</sub> max	40.94	<b>63.10</b>	0.00	1 2
R <sub>y</sub> min	19.15	<b>34.23</b>	0.00	1

### 8.1. Płatew P2

#### Pręt 4

N = -40.94 kN

M = -4.37 kNm

WYNIKI ZGINANIA ZE ŚCISKANIEM:

$$\left(\frac{\sigma_2}{f_{cd}}\right)^2 + \frac{\sigma_1}{f_{cd}} = \left(\frac{1.26}{12.46}\right)^2 + \frac{4.50}{12.46} = 0.01 + 0.36 = 0.37 \leq 1$$

Naprężenia OK:

SPRAWDZENIE STATECZNOŚCI:

$$\frac{\sigma_1}{k_{csit} * f_{cd}} = \frac{4.50}{1.00 * 12.46} = 0.36 \leq 1$$

Naprężenia OK:

N = -40.94 kN

M = 2.05 kNm

WYNIKI ZGINANIA ZE ŚCISKANIEM:

$$\left(\frac{\sigma^2}{f_{cd}}\right)^2 + \frac{\sigma^1}{f_{td}} = \left(\frac{1.26}{12.46}\right)^2 + \frac{2.11}{12.46} = 0.01 + 0.17 = 0.18 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

SPRAWDZENIE STATECZNOŚCI:

$$\frac{\sigma^1}{k_{csit} * f_{td}} = \frac{2.11}{1.00 * 12.46} = 0.17 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

$$V = -13.98 \text{ kN}$$

WYNIKI ŚCINANIA:

$$\frac{\tau}{f_{vd}} = \frac{0.65}{2.35} = 0.28 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

## **8.2. Stolce S2**

### **Pręt 7**

$$N = -11.38 \text{ kN}$$

$$M = -2.04 \text{ kNm}$$

WYNIKI ZGINANIA ZE ŚCISKANIEM:

$$\left(\frac{\sigma^2}{f_{cd}}\right)^2 + \frac{\sigma^1}{f_{td}} = \left(\frac{0.35}{12.46}\right)^2 + \frac{2.10}{12.46} = 0.00 + 0.17 = 0.17 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

SPRAWDZENIE STATECZNOŚCI:

$$\frac{\sigma^1}{k_{csit} * f_{td}} = \frac{2.10}{1.00 * 12.46} = 0.17 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

$$N = -11.59 \text{ kN}$$

$$M = 0.00 \text{ kNm}$$

WYNIKI ŚCISKANIA:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cs} * f_{cd}} = \frac{0.36}{1.02 * 12.46} = 0.03 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

$$\frac{\sigma^2}{k_{cy} * f_{cd}} = \frac{0.36}{1.02 * 12.46} = 0.03 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

$$V = -1.89 \text{ kN}$$

WYNIKI ŚCINANIA:

$$\frac{\tau}{f_{vd}} = \frac{0.09}{2.35} = 0.04 \leq 1$$

**Napężenia OK:**

## **8.3. Miecze M2**

### **Pręt 13 - Pręt**

$$N = -26.51 \text{ kN}$$

$$M = 5.97 \text{ kNm}$$



WYNIKI ŚCISKANIA ZE ZGINANIEM:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cs} * f_{cd}} + \frac{\sigma^1}{f_{md}} = \frac{0.02}{1.00 * 14.54} + \frac{0.00}{16.62} = 0.00 + 0.00 = 0.00 \leq 1$$

Napężenia OK:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cy} * f_{cd}} + k_m * \frac{\sigma^1}{f_{md}} = \frac{0.02}{0.49 * 14.54} + 0.7 * \frac{0.00}{16.62} = 0.00 + 0.00 = 0.00 \leq 1$$

Napężenia OK:

$$N = -64.07 \text{ kN}$$

$$M = 0.00 \text{ kNm}$$

WYNIKI ŚCISKANIA:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cs} * f_{cd}} = \frac{0.04}{1.00 * 14.54} = 0.00 \leq 1$$

Napężenia OK:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cy} * f_{cd}} = \frac{0.04}{0.49 * 14.54} = 0.01 \leq 1$$

Napężenia OK:

$$V = 8.56 \text{ kN}$$

WYNIKI ŚCINANIA:

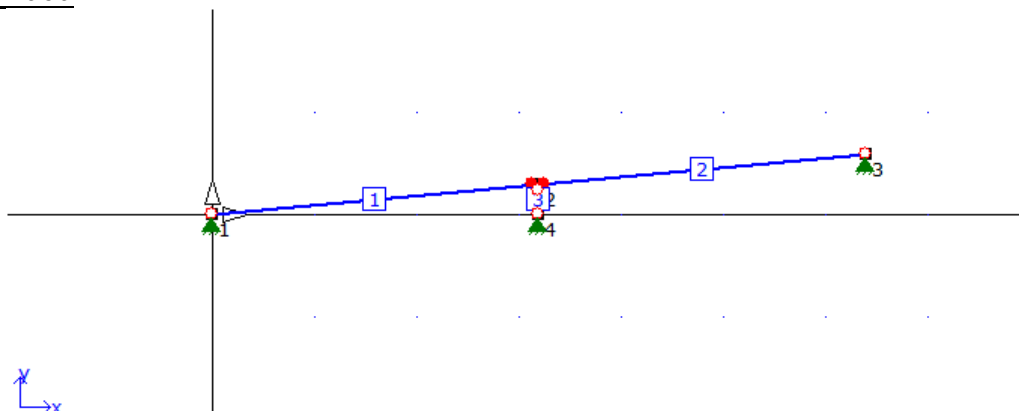
$$\frac{\tau}{f_{vd}} = \frac{0.01}{2.77} = 0.00 \leq 1$$

Napężenia OK:

Wytrzymałość wzmocnionej płatwi P2 oraz stolców i mieczy jest odpowiednia. Przy założonym obciążeniu nie zostaną przekroczone stany graniczne nośności i użytkowości tych elementów.

### Poz.9. Sprawdzenie krokwi K4

Geometria układu



Lista materiałów

Nr Materiału	Nazwa	E[kPa]	Ciężar własny [kN/m³]	Alfa t
1	Lite C18	9000000.00	5.50	0.000005

Lista przekrojów

Nr Przekroju	Nazwa	A[m²]	Jx[m⁴]	Jy[m⁴]	Nazwa materiału
1	Krokiew	0.013500	0.00002531	0.00000911	Lite C18
2	2 -Słupek S3	0.022500	0.00004219	0.00004219	Lite C18

### Lista elementów

Nr Elementu	Nr Węzła Pocz.	Nr Węzła Końcowego	Typ przekroju	Połączenie (węzeł pocz.)	Połączenie (węzeł końc.)	Długość[m]
1	1	2	Krokiew	przegub	-	3.21
2	2	3	Krokiew	-	przegub	3.21
3	4	2	2 -Słupek S3	przegub	przegub	0.29

### 9.1. Krokiew K4

#### Pręt 2

N = 0.00 kN  
M = 5.30 kNm

WYNIKI ŚCISKANIA ZE ZGINANIEM:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cs} * f_{cd}} + \frac{\sigma^1}{f_{md}} = \frac{0.00}{0.54 * 12.46} + \frac{15.69}{12.46} = 0.00 + 1.26 = 1.26 > 1$$

**Naprężenia przekroczone!!!**

$$\frac{\sigma^2}{k_{cy} * f_{cd}} + k_m * \frac{\sigma^1}{f_{md}} = \frac{0.00}{0.21 * 12.46} + 0.7 * \frac{15.69}{12.46} = 0.00 + 0.88 = 0.88 \leq 1$$

Naprężenia OK:

N = 0.81 kN  
M = 0.00 kNm

WYNIKI ROZCIĄGANIA:

$$\frac{\sigma^2}{f_{td}} = \frac{0.06}{7.62} = 0.01 \leq 1$$

Naprężenia OK:

N = -0.86 kN  
M = -5.19 kNm

WYNIKI ŚCISKANIA ZE ZGINANIEM:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cs} * f_{cd}} + \frac{\sigma^1}{f_{md}} = \frac{0.06}{0.54 * 12.46} + \frac{15.37}{12.46} = 0.01 + 1.23 = 1.24 > 1$$

**Naprężenia przekroczone!!!**

$$\frac{\sigma^2}{k_{cy} * f_{cd}} + k_m * \frac{\sigma^1}{f_{md}} = \frac{0.06}{0.21 * 12.46} + 0.7 * \frac{15.37}{12.46} = 0.02 + 0.86 = 0.89 \leq 1$$

Naprężenia OK:

V = 9.52 kN

WYNIKI ŚCINANIA:

$$\frac{\tau}{f_{vd}} = \frac{1.06}{2.35} = 0.45 \leq 1$$

Naprężenia OK:

### 9.2. Słupek S3

#### Pręt 3

N = -15.49 kN  
M = 0.00 kNm

WYNIKI ŚCISKANIA:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cs} * f_{cd}} = \frac{0.69}{1.00 * 12.46} = 0.06 \leq 1$$

Naprężenia OK:

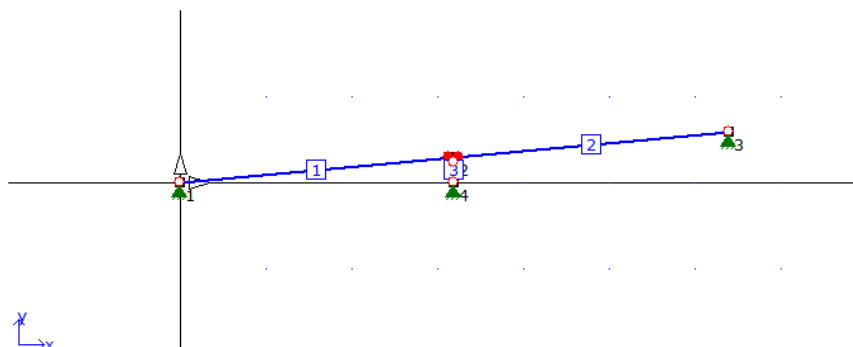
$$\frac{\sigma^2}{k_{cy} \cdot f_{cd}} = \frac{0.69}{1.00 \cdot 12.46} = 0.06 \leq 1$$

Naprężenia OK:

**Wytrzymałość krokwi K4 jest nieodpowiednia. Przy założonym obciążeniu przekroczone zostaną stany graniczne nośności i użytkowalności krokwi. Konieczne jest wzmocnienie lub wymiana krokwi.**

## Poz.10. Wzmocnienie krokwi K4

### Geometria układu



Zwiększono grubość krokwi K4 z 9 cm do 15 cm poprzez przykręcenie do boku krokwi bali o wymiarach 63/150 mm.

### Lista elementów

Nr Elementu	Nr Węzła Pocz.	Nr Węzła Końcowego	Typ przekroju	Połączenie (węzeł pocz.)	Połączenie (węzeł końc.)	Długość [m]
1	1	2	3 -Krokiew 15/15	przegub	-	3.21
2	2	3	3 -Krokiew 15/15	-	przegub	3.21
3	4	2	2 -Słupek S3	przegub	przegub	0.29

### Obwiednia reakcji w węźle nr 1,3

Reakcja ekstremalna	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	M <sub>z</sub> [kNm]	Grupy obciążeń
R <sub>x</sub> max	<b>0.00</b>	0.46	0.00	1
R <sub>x</sub> min	<b>0.00</b>	0.46	0.00	1
R <sub>y</sub> max	0.00	<b>2.11</b>	0.00	1 2
R <sub>y</sub> min	0.00	<b>0.46</b>	0.00	1

### Obwiednia reakcji w węźle nr 4

Reakcja ekstremalna	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	M <sub>z</sub> [kNm]	Grupy obciążeń
R <sub>x</sub> max	<b>0.00</b>	1.56	0.00	1
R <sub>x</sub> min	<b>0.00</b>	1.56	0.00	1
R <sub>y</sub> max	0.00	<b>15.71</b>	0.00	1 2
R <sub>y</sub> min	0.00	<b>1.56</b>	0.00	1

## 10.1. Krokiew K4

### Pręt 2

N = 0.00 kN

M = 5.34 kNm

WYNIKI ŚCISKANIA ZE ZGINANIEM:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cs} * f_{cd}} + \frac{\sigma^1}{f_{td}} = \frac{0.00}{0.54 * 12.46} + \frac{9.49}{12.46} = 0.00 + 0.76 = 0.76 \leq 1$$

Napężenia OK:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cy} * f_{cd}} + k_m * \frac{\sigma^1}{f_{td}} = \frac{0.00}{0.54 * 12.46} + 0.7 * \frac{9.49}{12.46} = 0.00 + 0.53 = 0.53 \leq 1$$

Napężenia OK:

$$N = 0.82 \text{ kN}$$

$$M = 0.00 \text{ kNm}$$

WYNIKI ROZCIĄGANIA:

$$\frac{\sigma^2}{f_{td}} = \frac{0.04}{7.62} = 0.00 \leq 1$$

Napężenia OK:

$$N = -0.87 \text{ kN}$$

$$M = -5.26 \text{ kNm}$$

WYNIKI ŚCISKANIA ZE ZGINANIEM:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cs} * f_{cd}} + \frac{\sigma^1}{f_{td}} = \frac{0.04}{0.54 * 12.46} + \frac{9.34}{12.46} = 0.01 + 0.75 = 0.76 \leq 1$$

Napężenia OK:

$$\frac{\sigma^2}{k_{cy} * f_{cd}} + k_m * \frac{\sigma^1}{f_{td}} = \frac{0.04}{0.54 * 12.46} + 0.7 * \frac{9.34}{12.46} = 0.01 + 0.52 = 0.53 \leq 1$$

Napężenia OK:

$$V = 9.63 \text{ kN}$$

WYNIKI ŚCINANIA:

$$\frac{\tau}{f_{vd}} = \frac{0.64}{2.35} = 0.27 \leq 1$$

Napężenia OK:

Wytrzymałość wzmocnionej krokwi K4 jest odpowiednia. Przy założonym obciążeniu nie zostaną przekroczone stany graniczne nośności i użyteczności krokwi.

## 7. Wnioski i zalecenia

7.1. Wytrzymałość krokwi K1, K2, K4 (wg oznaczeń na rysunku) jest nieodpowiednia. Przy założonym obciążeniu przekroczone zostaną stany graniczne nośności i użyteczności krokwi. Konieczne jest wzmocnienie lub wymiana krokwi.

7.2. Zaleca się wzmocnienie krokwi zwiększając ich grubość w następujący sposób:

- krokwie K1 (z 12 do 18 cm) - poprzez przykręcenie do boku krokwi - bali o wymiarach 63/160 mm
- krokiew K2 (z 12 do 24 cm) - poprzez przykręcenie do obu boków krokwi - bali o wymiarach 63/160 mm
- krokwie K4 (z 9 do 15 cm) - poprzez przykręcenie do boku krokwi bali o wymiarach 63/150 mm.

7.3. Wytrzymałość płatwi P1 (wg oznaczeń na rysunku) oraz stolców i mieczy jest odpowiednia. Przy założonym obciążeniu nie zostaną przekroczone stany graniczne nośności i użyteczności tych elementów.

7.4. Wytrzymałość płatwi P2 jest nieodpowiednia. Przy założonym obciążeniu zostaną przekroczone stany graniczne nośności i użytkowości tych elementów. Płatew P2 zaleca się wzmocnić poprzez dodatkowe podparcie zastrzałami o przekroju 12/12 cm.

7.5. Do wykonania wzmocnień zastosować drewno sosnowe lub świerkowe klasy min. C24.

**Cieszyn, dnia 11 grudnia 2025 r.**

**OPRACOWAŁ:**