

## **OBLICZENIA STATYCZNE I WYMIAROWANIE KONSTRUKCJI DACHU**

INWESTOR: **GMINA NIEPOŁOMICE  
Z SIEDZIBĄ W NIEPOŁOMICACH  
PLAC ZWYCIĘSTWA NR 13  
32 – 005 NIEPOŁOMICE**

AUTOR: **mgr inż. Waldemar POTONIEC**

DATA OPRACOWANIA: **GRUDZIEŃ 2015**

**OBLICZENIA STATYCZNE I WYMIAROWANIE KONSTRUKCJI DACHU.****I. INFORMACJE WSTĘPNE DO OBLICZEŃ.****1. Założenia.**

- materiał: drewno klasy C24
- obciążenia klimatyczne:
  - śnieg – III strefa
  - wiatr – I strefa
- kąt nachylenia połaci dachowej: 15deg
- rozstaw wiązarów: 1,1m

**1.2. Zestawienie obciążeń.**

Warstwy dachowe – sytuacja istniejąca			
Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne $q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Współczynnik obciążenia $g_f$	Obciążenie obliczeniowe $q_o$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Blacha TR 18 gr. 0.75	0.076	1.2	0.088
Łaty 6x2.5 w rozstawie co 40cm	0.043	1.2	0.052
Suma	<b>0.119</b>		<b>0.143</b>

Warstwy dachowe – sytuacja projektowana			
Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne $q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Współczynnik obciążenia $g_f$	Obciążenie obliczeniowe $q_o$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Blacha TR 18 gr. 0.75	0.076	1.2	0.088
Łaty 6x2.5 w rozstawie co 40cm	0.043	1.2	0.052
Ciężar baterii fotowoltaicznych wraz z podkonstrukcją	0.15	1.1	0.165
Suma	<b>0.269</b>		<b>0.308</b>

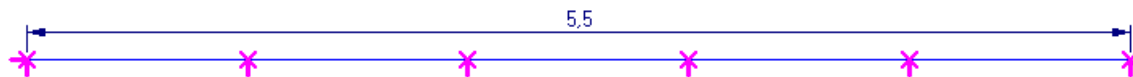
Obciążeni klimatyczne			
Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne $q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Współczynnik obciążenia $g_f$	Obciążenie obliczeniowe $q_o$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Śnieg $s_k=1.2$ [kN/m <sup>2</sup> ], $\mu_1=0.8$ , $C_e=1.0$ , $C_t=1.0$	0.96	1.5	1.44
Wiatr – połac nawietrzna ssanie $q_k=0.25$ [kN/m <sup>2</sup> ], $C_z=-0.9$ , $C_e=1.0$ , $\beta=1.8$	-0.504	1.3	-0.655
Wiatr – połac nawietrzna ssanie $q_k=0.25$ [kN/m <sup>2</sup> ], $C_z=-0.4$ , $C_e=1.0$ , $\beta=1.8$	-0.18	1.3	-0.234

## II. SZKOŁA PODSTAWOWA - Obliczenia statyczne elementu dachu w stanie istniejącym.

### 1. Łaty.

#### 1.1. Przedstawienie konstrukcji.

##### 1.1.1. Gabaryty.



##### 1.1.2. Przekroje elementów:



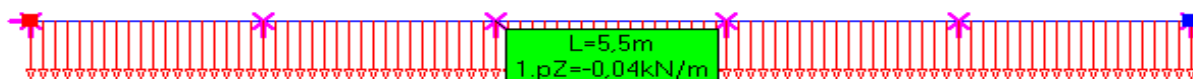
- łąty: 6x2.5

### 1.2. Obciążenia.

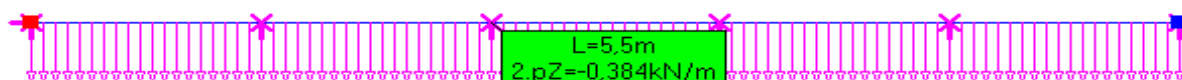
#### 1.2.1. Ciężar własny konstrukcji (obciążenie charakterystyczne).



#### 1.2.2. Ciężar warstw dachowych (obciążenie charakterystyczne).

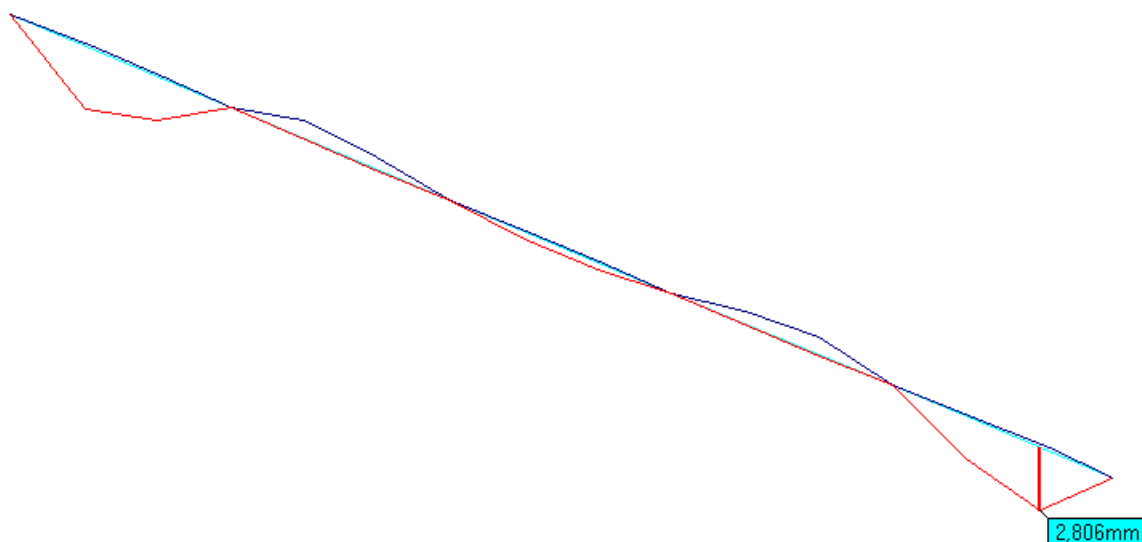


#### 1.2.3. Obciążenie klimatyczne – śnieg (obciążenie charakterystyczne).

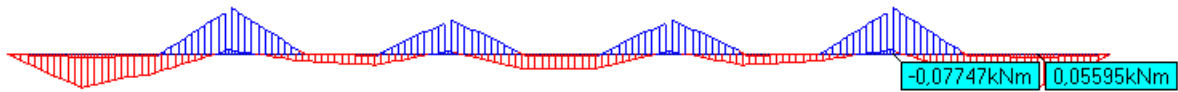
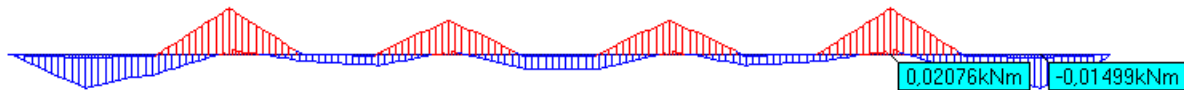
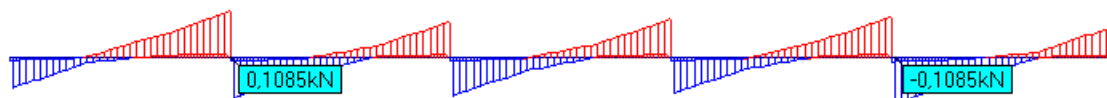
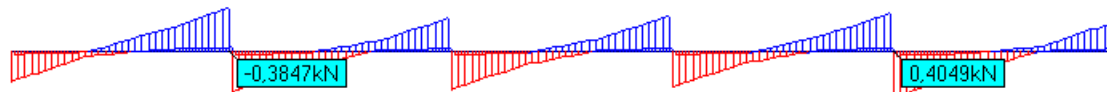


### 1.3. Wyniki obliczeń statycznych.

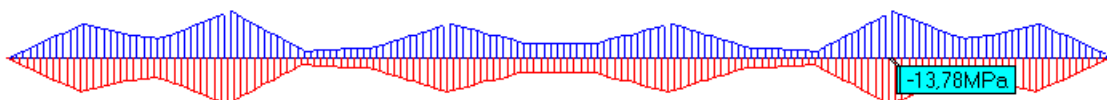
#### 1.3.1. Ugięcie konstrukcji (wartości charakterystyczne).



## 1.4. Siły wewnętrzne (wartości obliczeniowe).

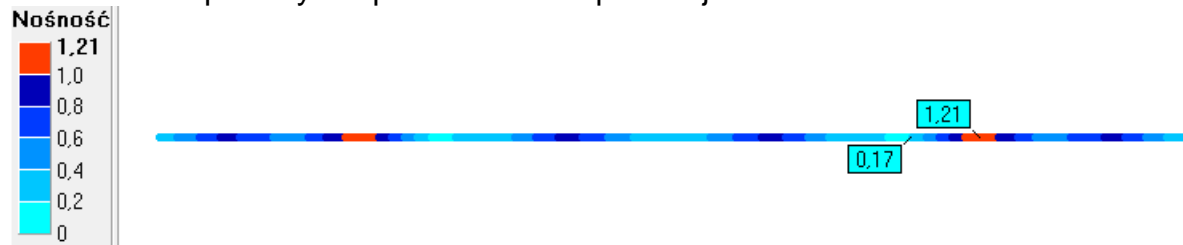
1.4.1. Siły wewnętrzne – moment zginający  $M_z$ .1.4.2. Siły wewnętrzne – moment zginający  $M_y$ .1.4.3. Siły wewnętrzne – moment siły poprzecznej  $T_z$ .1.4.4. Siły wewnętrzne – moment siły poprzecznej  $T_y$ .

## 1.4.5. Naprężenia.



## 1.5. Wymiarowanie najbardziej wyężonych elementów drewnianych.

## 1.5.1. Stopień wyczerpania nośności przekroju.



## 1.5.2. Wymiarowanie łąt (przęsło środkowe).

OBIEKT: Belka (6x2,5)

Od węzła: 3 do węzła: 4 ( $L = 1,1$  m)

Przekrój nr: 1 (6x2,5)

Materiał: C24

Klasa użytkowania konstrukcji: 1

Odległość między przekrojami &lt; 0,5 m

STRZAŁKA UGIĘCIA

 $f = 0,5512$  mm < 5,5 mm ( $L/200$ )

CECHY GEOMETRYCZNE PRZĘSKROJU

Pole ścinania ( $b \times h$ ) = 15 cm<sup>2</sup>Wsk.na zginanie ( $W_z$ ) = 6 cm<sup>3</sup> ( $W_y$ ) = 15 cm<sup>3</sup>

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE

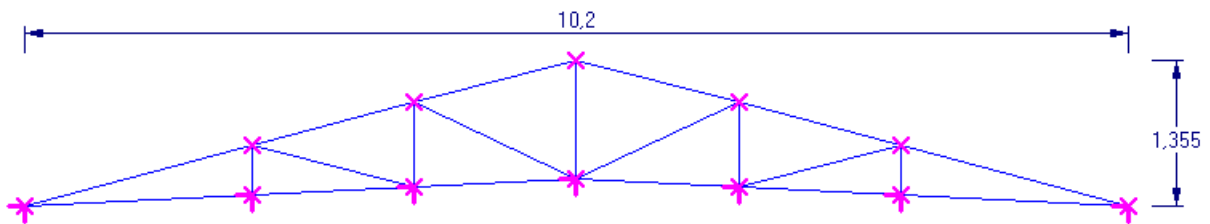
Nrr: 1,2,3

Ścinanie ( $V_y$ )= 0,3345 kN    Ścinanie ( $V_x$ )= 0,08963 kN  
 Zginanie ( $M_z$ )= 0,0581 kNm    Zginanie ( $M_y$ )= 0,01557 kNm  
**STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU**  
 Zginanie:  $S_z/f_{md}+0,7*S_y/f_{md}= 0,90$   
 Zginanie:  $0,7*S_z/f_{md}+S_y/f_{md}= 0,68$   
 Ścinanie:  $t_z/f_{vd}= 0,08$   
 Ścinanie:  $t_y/f_{vd}= 0,29$   
**STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE**  
 Długość obliczeniowa ( $L_d$ )= 1,1 m  
 Wsp.zwichrzenia  $k_{crit}= 1$   
**STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU**  
 Zwichrzenie:  $S_{my}/(k_{crit}*f_{md})= 0,09$

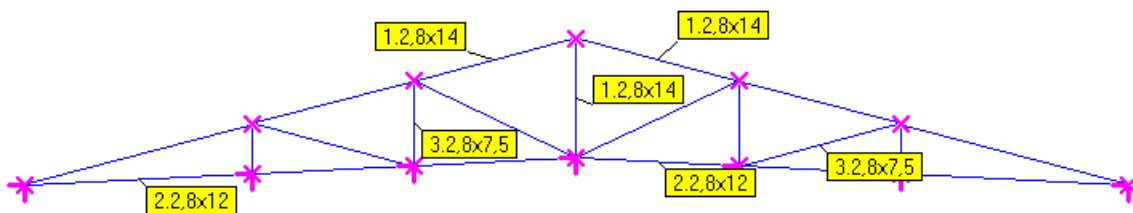
### 1.5.3. Wymiarowanie łąt (przęsło skrajne).

**OBIEKT:** Belka (6x2,5)  
 Od węzła: 5 do węzła: 6 ( $L= 1,1$  m)  
 Przekrój nr: 1 (6x2,5)  
 Materiał: C24  
 Klasa użytkowania konstrukcji: 1  
 Odległość między przekrojami < 0,5 m  
**STRZAŁKA UGIĘCIA**  
 $f= 4,594$  mm < 5,5 mm ( $L/200$ )  
**CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU**  
 Pole ścinania ( $b_x h$ )= 15 cm<sup>2</sup>  
 Wsk.na zginanie ( $W_z$ )= 6 cm<sup>3</sup>                      ( $W_y$ )= 15 cm<sup>3</sup>  
**OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE**  
 Nrr: 1,2,3  
 Ścinanie ( $V_y$ )= 0,4049 kN    Ścinanie ( $V_x$ )= 0,1085 kN  
 Zginanie ( $M_z$ )= 0,07747 kNm    Zginanie ( $M_y$ )= 0,02076 kNm  
**STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU**  
 Zginanie:  $S_z/f_{md}+0,7*S_y/f_{md}= 1,21$                       (ZA DUŻO)  
 Zginanie:  $0,7*S_z/f_{md}+S_y/f_{md}= 0,91$   
 Ścinanie:  $t_z/f_{vd}= 0,09$   
 Ścinanie:  $t_y/f_{vd}= 0,35$   
**STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE**  
 Długość obliczeniowa ( $L_d$ )= 1,1 m  
 Wsp.zwichrzenia  $k_{crit}= 1$   
**STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU**  
 Zwichrzenie:  $S_{my}/(k_{crit}*f_{md})= 0,12$

2. Kratownice drewniane.  
 2.1. Przedstawienie konstrukcji.  
 2.1.1. Gabaryty. (rozstaw 110cm).



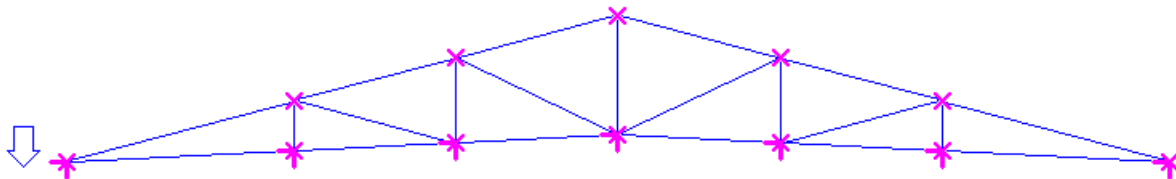
2.1.2. Przekroje elementów:



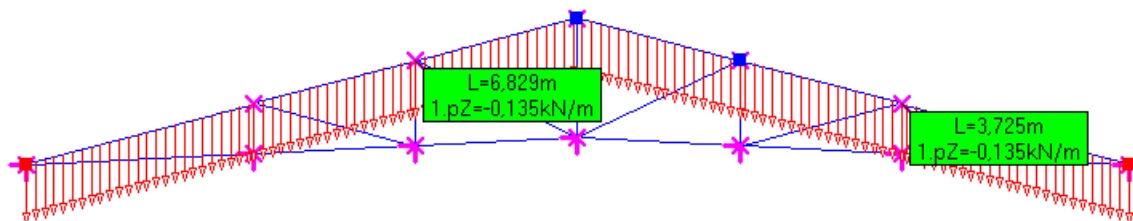
- pas górny: 2.8x14,
- pas dolny: 2.8x12,
- słupek kalenicowy: 2.8x14,
- słupki, zastrzały: 2.8x7,5,

2.2. Obciążenia.

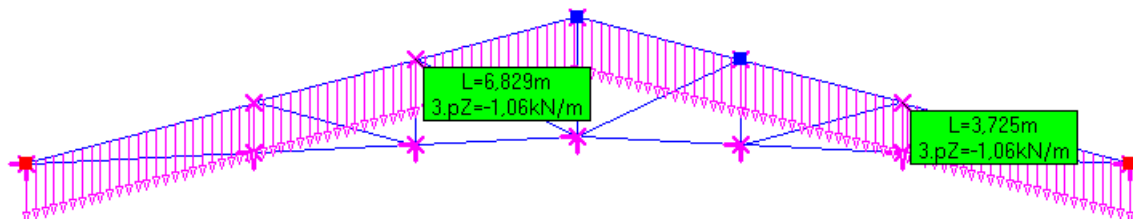
2.2.1. Ciężar własny konstrukcji (obciążenie charakterystyczne).



2.2.2. Ciężar warstw (obciążenie charakterystyczne).

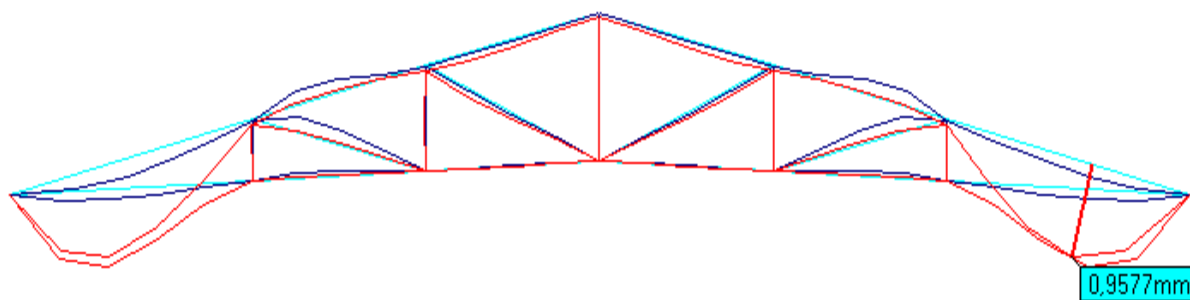


2.2.3. Obciążenie klimatyczne – śnieg (obciążenie charakterystyczne).



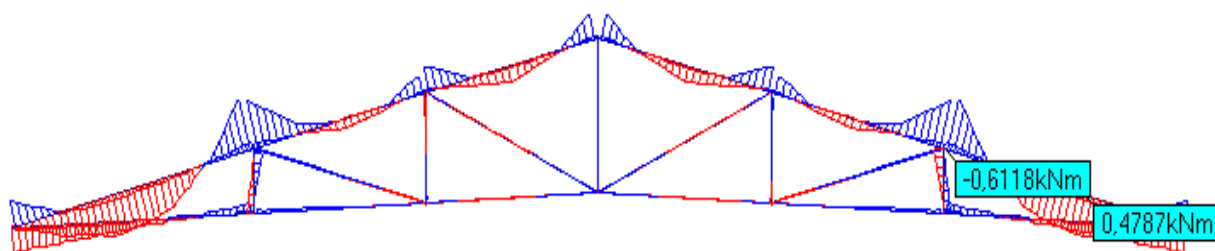
## 2.3. Wyniki obliczeń statycznych.

### 2.3.1. Ugięcie konstrukcji (wartości charakterystyczne).

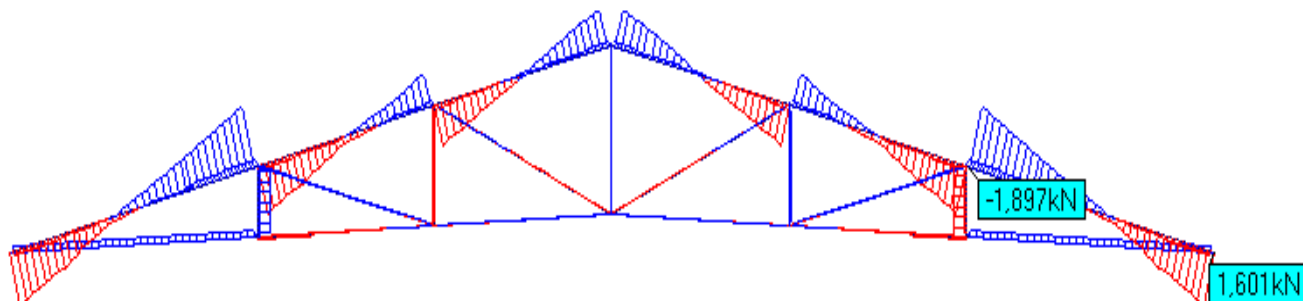


## 2.4. Siły wewnętrzne (wartości obliczeniowe).

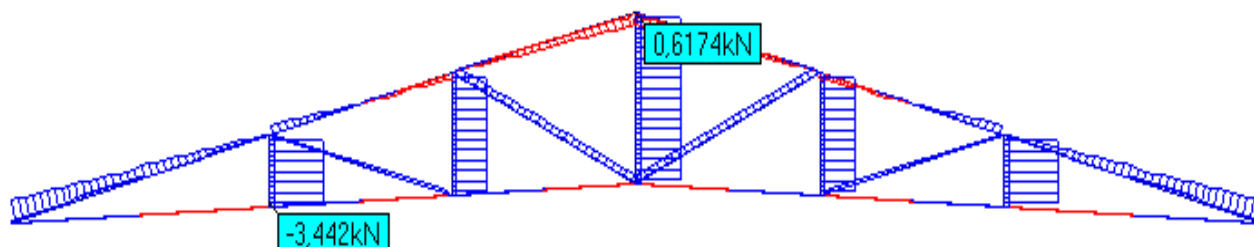
### 2.4.1. Siły wewnętrzne – moment zginający.



### 2.4.2. Siły wewnętrzne – siły poprzeczne.

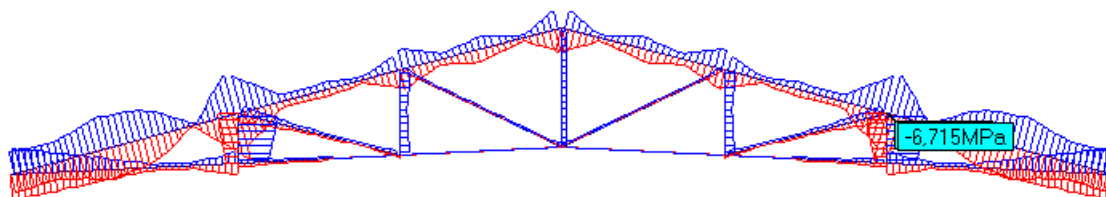


### 2.4.3. Siły wewnętrzne – siły osiowe.



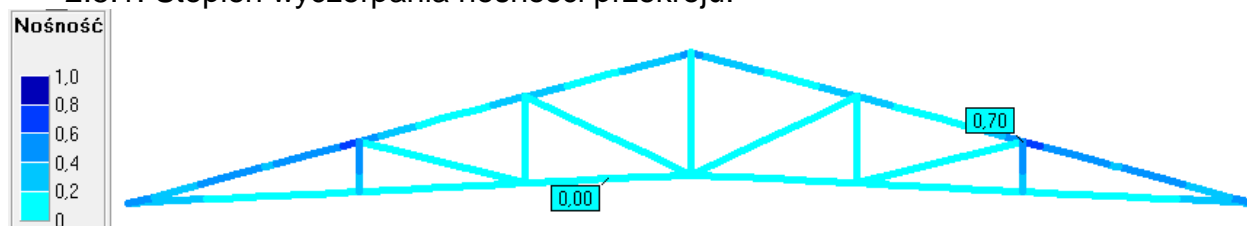


## 2.4.4. Naprężenia.



## 2.5. Wymiarowanie najbardziej wyężonych elementów drewnianych.

## 2.5.1. Stopień wyczerpania nośności przekroju.



## 2.5.2 Wymiarowanie pasa górnego.

OBIEKT: Belka (2,8x14)

Od węzła: 12 do węzła: 10 ( $L = 2,173$  m)

Przekrój nr: 1 (2,8x14)

Materiał: C24

Klasa użytkowania konstrukcji: 1

Odległość między przekrojami  $< 0,5$  m

STRZAŁKA UGIĘCIA

$f = 1,505$  mm  $< 10,87$  mm ( $L/200$ )

CECHY GEOMETRYCZNE PRZĘKROJU

Pole przek.poprz.netto ( $A$ ) =  $39$  cm<sup>2</sup>

Pole ścinania ( $b \times h$ ) =  $39$  cm<sup>2</sup>

Wsk.na zginanie ( $W_z$ ) =  $91$  cm<sup>3</sup>

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE

Nrr: 1,2,3

Ściskanie ( $N_c$ ) =  $0,06936$  kN

Ścinanie ( $V_y$ ) =  $1,997$  kN

Zginanie ( $M_z$ ) =  $0,7104$  kNm

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZĘKROJU

Ściskanie:  $Sc/f_{cd} = 0,00$

Ściskanie+Zginanie:  $(Sc/f_{cd})^2 + Sz/f_{md} = 0,70$

Ścinanie:  $ty/f_{vd} = 0,66$

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - WYBOCZENIE

Długość pręta ( $L_{oz}$ ) =  $2,173$  m ( $L_{oy}$ ) =  $2,173$  m

Wsp.dł.wyobczen. ( $m_{iz}$ ) =  $2,35$  ( $m_{iy}$ ) =  $0,8$

Smukłość pręta ( $l_z$ ) =  $126,4$  ( $l_y$ ) =  $215,1$  (ZA DUŻO)

Wsp.wyobczeniowy ( $k_{c,z}$ ) =  $0,2$  ( $k_{c,y}$ ) =  $0,07154$

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE

Zabezpieczenie przed zwichrzeniem

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU

Wyobczenie:  $Sc/(k_c \cdot f_{cd}) =$  brak wyniku

Wyobczenie+Zginanie:  $Sc/(k_{cz} \cdot f_{cd}) + Sz/f_{md} = 0,71$

## 2.5.3 Wymiarowanie pasa dolnego.

OBIEKT: Belka (2,8x12)

Od węzła: 4 do węzła: 3 ( $L = 2,103 \text{ m}$ )

Przekrój nr: 2 (2,8x12)

Materiał: C24

Klasa użytkowania konstrukcji: 1

Odległość między przekrojami  $< 0,5 \text{ m}$ 

STRZAŁKA UGIĘCIA

 $f = 1,252 \text{ mm} < 10,52 \text{ mm} (L/200)$ 

CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU

Pole ścinania ( $b \times h$ ) =  $34 \text{ cm}^2$ Wsk.na zginanie ( $W_z$ ) =  $67 \text{ cm}^3$ 

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE

Nrr: 1,2,3

Ścinanie ( $V_y$ ) =  $0,2066 \text{ kN}$ Zginanie ( $M_z$ ) =  $0,2803 \text{ kNm}$ 

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU

Zginanie:  $S_z/f_{md} = 0,38$ Ścinanie:  $t_y/f_{vd} = 0,08$ 

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE

Zabezpieczenie przed zwichrzeniem

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU

Nośność elementu taka sama jak przekroju

## 2.5.4 Wymiarowanie słupka.

OBIEKT: Słup (2,8x7,5)

Od węzła: 3 do węzła: 7 ( $L = 0,4529 \text{ m}$ )

Przekrój nr: 3 (2,8x7,5)

Materiał: C24

Klasa użytkowania konstrukcji: 1

Odległość między przekrojami  $< 0,5 \text{ m}$ 

STRZAŁKA UGIĘCIA

 $f = 0,0 \text{ mm} < 2,264 \text{ mm} (L/200)$ 

CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU

Pole przek.poprz.netto ( $A$ ) =  $21 \text{ cm}^2$ Pole ścinania ( $b \times h$ ) =  $21 \text{ cm}^2$ Wsk.na zginanie ( $W_z$ ) =  $26 \text{ cm}^3$ 

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE

Nrr: 1,2,3

Ściskanie ( $N_c$ ) =  $3,438 \text{ kN}$ Ścinanie ( $V_y$ ) =  $0,4939 \text{ kN}$ Zginanie ( $M_z$ ) =  $0,1344 \text{ kNm}$ 

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU

Ściskanie:  $S_c/f_{cd} = 0,17$ Ściskanie+Zginanie:  $(S_c/f_{cd})^2 + S_z/f_{md} = 0,49$ Ścinanie:  $t_y/f_{vd} = 0,31$ 

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - WYBOCZENIE

Długość pręta  $(L_{oz}) = 0,4529 \text{ m}$   $(L_{oy}) = 0,4529 \text{ m}$   
 Wsp. dł. wyboczen.  $(m_{iz}) = 0,91$   $(m_{iy}) = 0,91$   
 Smukłość pręta  $(I_z) = 19,04$   $(I_y) = 50,99$   
 Wsp. wyboczeniowy  $(k_{c,z}) = 1,041$   $(k_{c,y}) = 0,837$   
**STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE**  
 Zabezpieczenie przed zwichrzeniem  
**STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU**  
 Wyboczenie:  $Sc/(k_c \cdot f_{cd}) = 0,20$   
 Wyboczenie+Zginanie:  $Sc/(k_{cz} \cdot f_{cd}) + Sz/f_{md} = 0,62$

### 2.5.5 Wymiarowanie słupka kalenicowego.

**OBIEKT:** Słup (2,8x14)  
 Od węzła: 6 do węzła: 2 ( $L = 1,1 \text{ m}$ )  
 Przekrój nr: 1 (2,8x14)  
 Materiał: C24  
 Klasa użytkowania konstrukcji: 1  
 Odległość między przekrojami  $< 0,5 \text{ m}$   
**STRZAŁKA UGIĘCIA**  
 $f = 0,0 \text{ mm} < 5,5 \text{ mm} (L/200)$   
**CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU**  
 Pole przek.poprz.netto  $(A) = 39 \text{ cm}^2$   
 Wskaźnik na skręcanie  $= 32 \text{ cm}^3$   
**OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE**  
 Warianty i siły dla maksymalnych naprężeń  
 Nrr: 1,2  
 Ściskanie  $(N_c) = 0,3105 \text{ kN}$   
 Warianty i siły dla minimalnych naprężeń  
 Nrr: 1,2,3  
 Ściskanie  $(N_c) = 2,898 \text{ kN}$   
 Skręcanie  $(M_t) = 0,0 \text{ kNm}$   
**STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU**  
 Ściskanie:  $Sc/f_{cd} = 0,08$   
 Skręcanie:  $tt/f_{vd} = 0,00$   
**STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - WYBOCZENIE**  
 Długość pręta  $(L_{oz}) = 1,1 \text{ m}$   $(L_{oy}) = 1,1 \text{ m}$   
 Wsp. dł. wyboczen.  $(m_{iz}) = 1$   $(m_{iy}) = 1$   
 Smukłość pręta  $(I_z) = 27,22$   $(I_y) = 136,1$   
 Wsp. wyboczeniowy  $(k_{c,z}) = 1,01$   $(k_{c,y}) = 0,1735$   
**STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU**  
 Wyboczenie:  $Sc/(k_c \cdot f_{cd}) = 0,05$   
 Wyboczenie:  $Sc/(k_c \cdot f_{cd}) = 0,44$

### 2.5.6 Wymiarowanie krzyżulca.

**OBIEKT:** Belka (2,8x7,5)  
 Od węzła: 8 do węzła: 12 ( $L = 1,547 \text{ m}$ )  
 Przekrój nr: 3 (2,8x7,5)  
 Materiał: C24

Klasa użytkowania konstrukcji: 1

Odległość między przekrojami < 0,5 m

#### STRZAŁKA UGIĘCIA

$f = 0,3029 \text{ mm} < 7,735 \text{ mm} (L/200)$

#### CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU

Pole przek.poprz.netto (A)= 21 cm<sup>2</sup>

Pole ścinania (bxh)= 21 cm<sup>2</sup>

Wsk.na zginanie (Wz)= 26 cm<sup>3</sup>

#### OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE

Nrr: 1,2,3

Ściskanie (Nc)= 0,09087 kN

Ścinanie (Vy)= 0,03596 kN

Zginanie (Mz)= 0,03424 kNm

#### STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU

Ściskanie:  $Sc/fcd = 0,00$

Ściskanie+Zginanie:  $(Sc/fcd)^2 + Sz/fmd = 0,12$

Ścinanie:  $ty/fvd = 0,02$

#### STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - WYBOCZENIE

Długość pręta (Loz)= 1,547 m (Loy)= 1,547 m

Wsp.dł.wyboezen. (miz)= 1 (miy)= 1

Smukłość pręta (I<sub>z</sub>)= 71,45 (I<sub>y</sub>)= 191,4 (ZA DUŻO)

Wsp.wyboczeniowy (kc,z)= 0,5585 (kc,y)= 0,0898

#### STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE

Zabezpieczenie przed zwichrzeniem

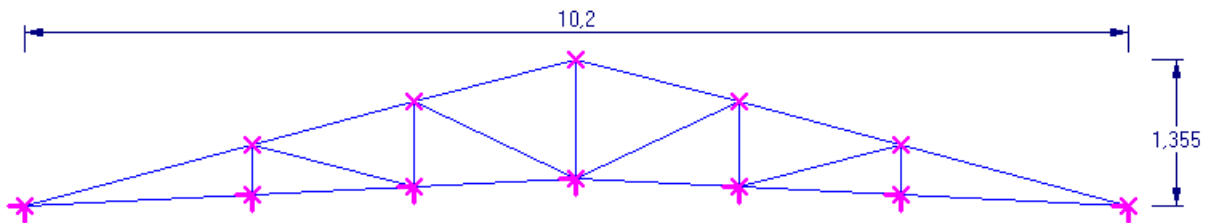
#### STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU

Wyboczenie:  $Sc/(kc \cdot fcd) = 0,05$

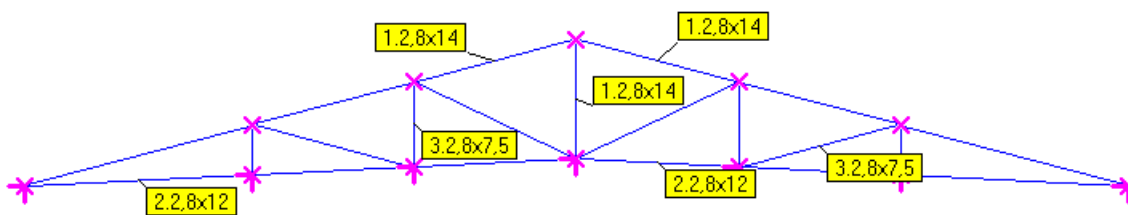
Wyboczenie+Zginanie:  $Sc/(kc \cdot fcd) + Sz/fmd = 0,13$

### III. SZKOŁA PODSTAWOWA - Obliczenia statyczne elementu dachu w stanie projektowanym.

1. Kratownice drewniane.
- 1.1. Przedstawienie konstrukcji.
- 1.1.2. Gabaryty. (rozstaw 110cm).

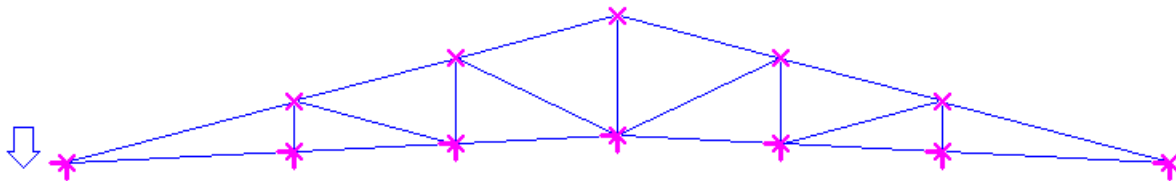


1.1.2. Przekroje elementów:

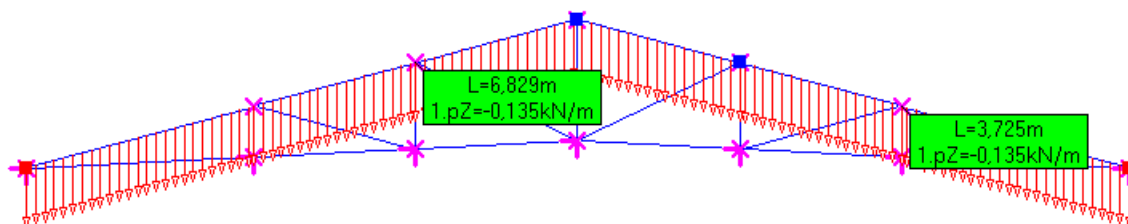


- pas górny: 2.8x14,
- pas dolny: 2.8x12,
- słupek kalenicowy: 2.8x14,
- słupki, zastrzały: 2.8x7,5,

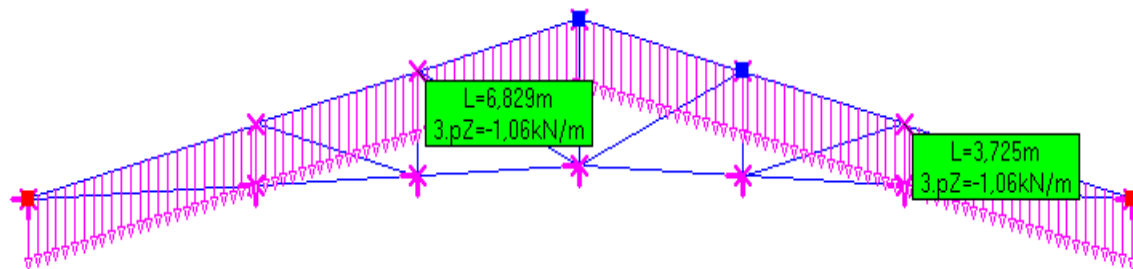
- 1.2. Obciążenia.
- 1.2.1. Ciężar własny konstrukcji (obciążenie charakterystyczne).



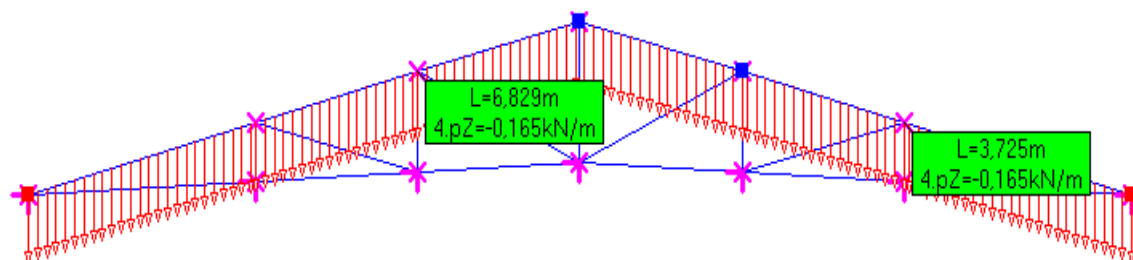
1.2.2. Ciężar warstw (obciążenie charakterystyczne).



### 1.2.3. Obciążenie klimatyczne – śnieg (obciążenie charakterystyczne).

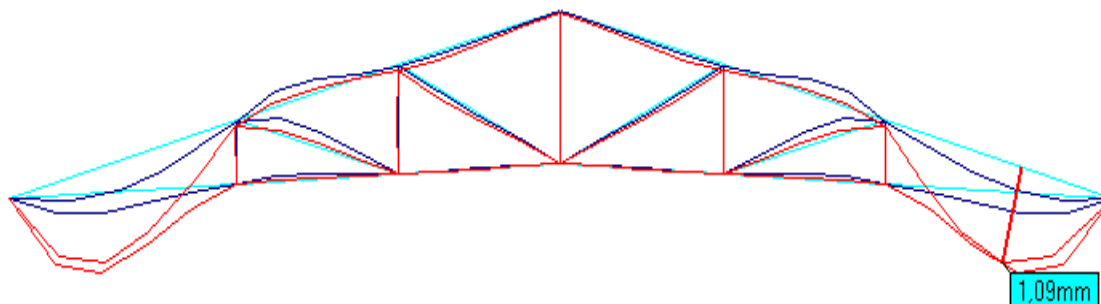


### 1.2.4. Ciężar baterii fotowoltaicznych (obciążenie charakterystyczne).



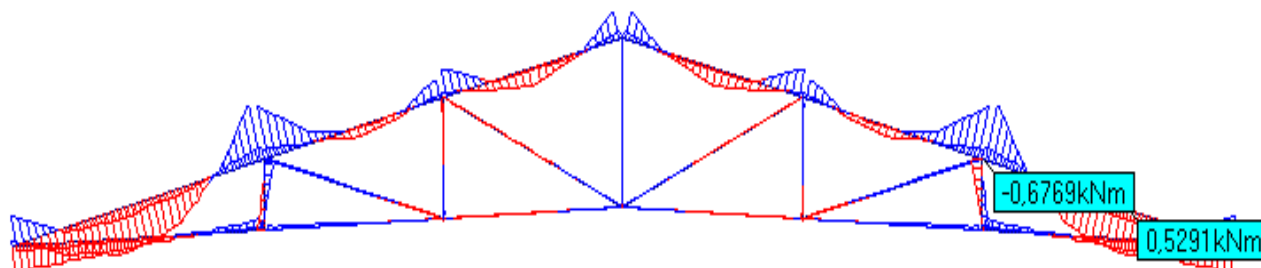
## 1.3. Wyniki obliczeń statycznych.

### 1.3.1. Ugięcie konstrukcji (wartości charakterystyczne).

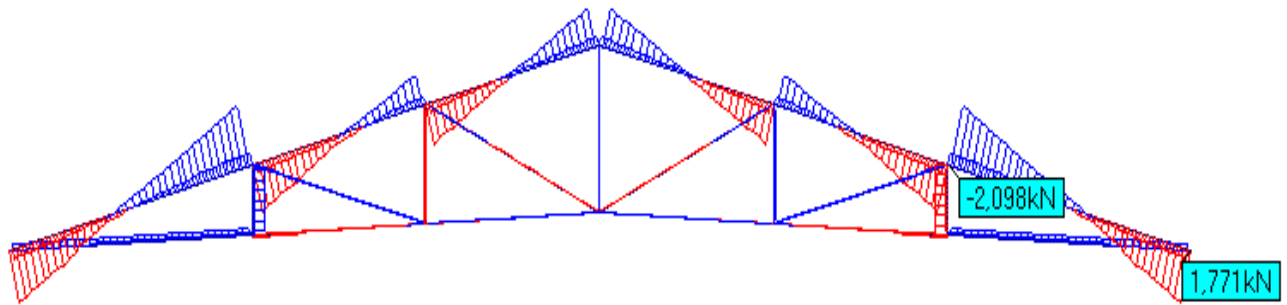


## 1.4. Siły wewnętrzne (wartości obliczeniowe).

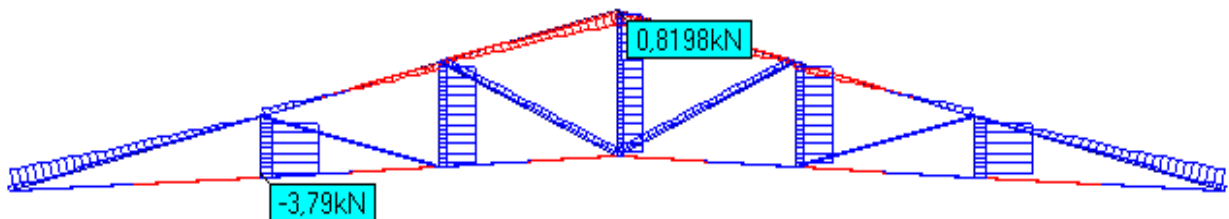
### 1.4.1. Siły wewnętrzne – moment zginający.



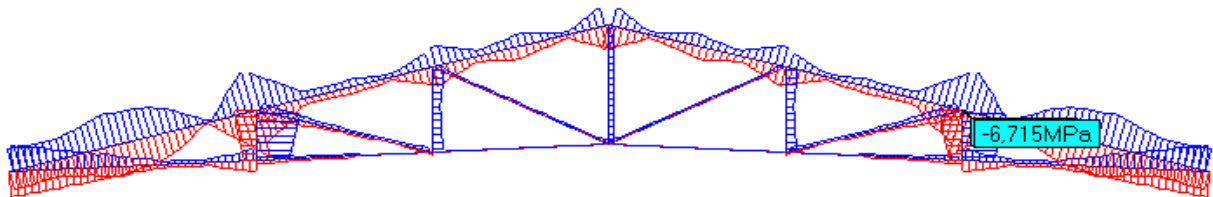
## 1.4.2. Siły wewnętrzne – siły poprzeczne.



## 1.4.2. Siły wewnętrzne – siły osiowe.

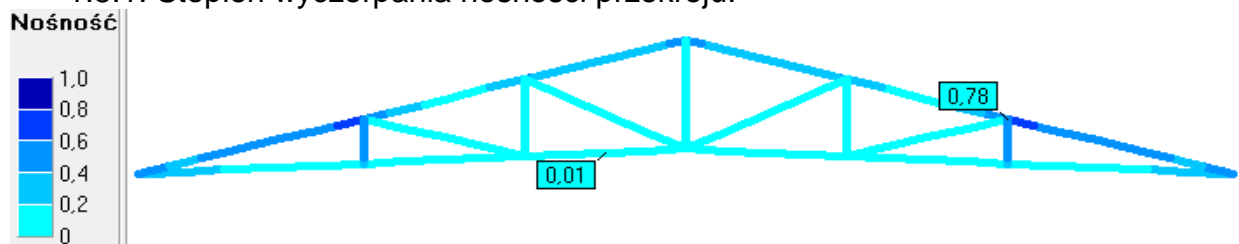


## 1.4.3. Naprężenia.



## 1.5. Wymiarowanie najbardziej wyężonych elementów drewnianych.

## 1.5.1. Stopień wyczerpania nośności przekroju.



## 1.5.2 Wymiarowanie pasa górna.

OBIEKT: Belka (2,8x14)

Od węzła: 4 do węzła: 7 ( $L = 2,173 \text{ m}$ )

Przekrój nr: 1 (2,8x14)

Materiał: C24

Klasa użytkowania konstrukcji: 1

Odległość między przekrojami  $< 0,5 \text{ m}$

STRZAŁKA UGIĘCIA

$f = 1,713 \text{ mm} < 10,87 \text{ mm} (L/200)$

CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU

Pole przek.poprz.netto ( $A$ ) =  $39 \text{ cm}^2$

Pole ścinania ( $b \cdot h$ ) =  $39 \text{ cm}^2$

Wsk.na zginanie ( $W_z$ )= 91 cm<sup>3</sup>

#### OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE

Nrr: 1,2,4,3

Ściskanie ( $N_c$ )= 0,02978 kN

Ścinanie ( $V_y$ )= 2,209 kN

Zginanie ( $M_z$ )= 0,786 kNm

#### STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU

Ściskanie:  $Sc/f_{cd}$ = 0,00

Ściskanie+Zginanie:  $(Sc/f_{cd})^2 + Sz/f_{md}$ = 0,78

Ścinanie:  $ty/f_{vd}$ = 0,73

#### STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - WYBOCZENIE

Długość pręta ( $L_{oz}$ )= 2,173 m ( $L_{oy}$ )= 2,173 m

Wsp.dł.wyboezen. ( $m_{iz}$ )= 0,8 ( $m_{iy}$ )= 0,8

Smukłość pręta ( $I_z$ )= 43,01 ( $I_y$ )= 215,1 (ZA DUŻO)

Wsp.wyboezeniowy ( $k_{c,z}$ )= 0,9177 ( $k_{c,y}$ )= 0,07154

#### STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE

Zabezpieczenie przed zwichrzeniem

#### STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU

Wyboczenie:  $Sc/(k_c \cdot f_{cd})$ = brak wyniku

Wyboczenie+Zginanie:  $Sc/(k_{cz} \cdot f_{cd}) + Sz/f_{md}$ = 0,78

### 1.5.3 Wymiarowanie pasa dolnego.

OBIEKT: Belka (2,8x12)

Od węzła: 4 do węzła: 3 ( $L$ = 2,103 m)

Przekrój nr: 2 (2,8x12)

Materiał: C24

Klasa użytkowania konstrukcji: 1

Odległość między przekrojami < 0,5 m

#### STRZAŁKA UGIĘCIA

$f$ = 1,425 mm < 10,52 mm ( $L/200$ )

#### CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU

Pole ścinania ( $b \cdot h$ )= 34 cm<sup>2</sup>

Wsk.na zginanie ( $W_z$ )= 67 cm<sup>3</sup>

#### OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE

Nrr: 1,2,4,3

Ścinanie ( $V_y$ )= 0,227 kN

Zginanie ( $M_z$ )= 0,3103 kNm

#### STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU

Zginanie:  $Sz/f_{md}$ = 0,42

Ścinanie:  $ty/f_{vd}$ = 0,09

#### STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE

Zabezpieczenie przed zwichrzeniem

#### STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU

Nośność elementu taka sama jak przekroju

### 1.5.4 Wymiarowanie słupka.

OBIEKT: Słup (2,8x7,5)

Od węzła: 3 do węzła: 7 ( $L$ = 0,4529 m)



Przekrój nr: 3 (2,8x7,5)  
 Materiał: C24  
 Klasa użytkowania konstrukcji: 1  
 Odległość między przekrojami < 0,5 m  
**STRZAŁKA UGIĘCIA**  
 $f = 0,0 \text{ mm} < 2,264 \text{ mm (L/200)}$   
**CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU**  
 Pole przek.poprz.netto (A)= 21 cm<sup>2</sup>  
 Pole ścinania (bxh)= 21 cm<sup>2</sup>  
 Wsk.na zginanie (Wz)= 26 cm<sup>3</sup>  
**OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE**  
 Nrr: 1,2,4,3  
 Ściskanie (Nc)= 3,787 kN  
 Ścinanie (Vy)= 0,5472 kN  
 Zginanie (Mz)= 0,1488 kNm  
**STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU**  
 Ściskanie:  $Sc/fcd = 0,19$   
 Ściskanie+Zginanie:  $(Sc/fcd)^2 + Sz/fmd = 0,55$   
 Ścinanie:  $ty/fvd = 0,34$   
**STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - WYBOCZENIE**  
 Długość pręta (Loz)= 0,4529 m (Loy)= 0,4529 m  
 Wsp.dł.wyboezen. (miz)= 0,91 (miy)= 0,91  
 Smukłość pręta (I<sub>z</sub>)= 19,04 (I<sub>y</sub>)= 50,99  
 Wsp.wyboezeniowy (kc,z)= 1,041 (kc,y)= 0,837  
**STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE**  
 Zabezpieczenie przed zwichrzeniem  
**STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU**  
 Wyboczenie:  $Sc/(kc*fcd) = 0,22$   
 Wyboczenie+Zginanie:  $Sc/(kc*fcd) + Sz/fmd = 0,69$

#### 1.5.5 Wymiarowanie słupka kalenicowego.

**OBIEKT:** Słup (2,8x14)  
 Od węzła: 6 do węzła: 6 (L= 0,0 m)  
 Przekrój nr: 1 (2,8x14)  
 Materiał: C24  
 Klasa użytkowania konstrukcji: 1  
 Odległość między przekrojami < 0,5 m  
**STRZAŁKA UGIĘCIA**  
 $f = 0,0 \text{ mm} < 11 \text{ mm (L/200)}$   
**CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU**  
 Pole przek.poprz.netto (A)= 39 cm<sup>2</sup>  
 Wskaźnik na skręcanie= 32 cm<sup>3</sup>  
**OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE**  
 Warianty i siły dla maksymalnych naprężeń  
 Nrr: 1,2,4  
 Ściskanie (Nc)= 0,3212 kN  
 Warianty i siły dla minimalnych naprężeń  
 Nrr: 1,2,4,3  
 Ściskanie (Nc)= 1,648 kN

Skręcanie ( $M_t$ )= 0,0 kNm

#### STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU

Ściskanie:  $Sc/f_{cd}$ = 0,04

Skręcanie:  $tt/f_{vd}$ = 0,00

#### STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - WYBOCZENIE

Długość pręta ( $L_{oz}$ )= 2,2 m ( $L_{oy}$ )= 2,2 m

Wsp.dł.wyboczen. ( $m_{iz}$ )= 1 ( $m_{iy}$ )= 1,35

Smukłość pręta ( $I_{_z}$ )= 54,44 ( $I_{_y}$ )= 367,4 (ZA DUŻO)

Wsp.wyboczeniowy ( $k_{c,z}$ )= 0,7931 ( $k_{c,y}$ )= 0,025

#### 1.5.6 Wymiarowanie krzyżulca.

OBIEKT: Belka (2,8x7,5)

Od węzła: 1 do węzła: 7 ( $L$ = 1,547 m)

Przekrój nr: 3 (2,8x7,5)

Materiał: C24

Klasa użytkowania konstrukcji: 1

Odległość między przekrojami < 0,5 m

#### STRZAŁKA UGIĘCIA

$f$ = 0,3448 mm < 7,735 mm ( $L/200$ )

#### CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU

Pole przek.poprz.netto ( $A$ )= 21 cm<sup>2</sup>

Pole ścinania ( $b_x h$ )= 21 cm<sup>2</sup>

Wsk.na zginanie ( $W_z$ )= 26 cm<sup>3</sup>

#### OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE

Nrr: 1,2,4,3

Ściskanie ( $N_c$ )= 0,1337 kN

Ścinanie ( $V_y$ )= 0,03897 kN

Zginanie ( $M_z$ )= 0,03755 kNm

#### STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU

Ściskanie:  $Sc/f_{cd}$ = 0,01

Ściskanie+Zginanie:  $(Sc/f_{cd})^2 + Sz/f_{md}$ = 0,13

Ścinanie:  $ty/f_{vd}$ = 0,02

#### STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - WYBOCZENIE

Długość pręta ( $L_{oz}$ )= 1,547 m ( $L_{oy}$ )= 1,547 m

Wsp.dł.wyboczen. ( $m_{iz}$ )= 1 ( $m_{iy}$ )= 1

Smukłość pręta ( $I_{_z}$ )= 71,45 ( $I_{_y}$ )= 191,4 (ZA DUŻO)

Wsp.wyboczeniowy ( $k_{c,z}$ )= 0,5585 ( $k_{c,y}$ )= 0,0898

#### STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRRZENIE

Zabezpieczenie przed zwichrzeniem

#### STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU

Wyboczenie:  $Sc/(k_c \cdot f_{cd})$ = 0,07

Wyboczenie+Zginanie:  $Sc/(k_{cz} \cdot f_{cd}) + Sz/f_{md}$ = 0,14

KONIEC OBLICZEŃ