

**ZESPÓŁ BUDYNKÓW MIESZKLANYCH  
WIELORODZINNYCH**  
Etap II i III bud B i C

Warszawa ul. Grzybowska 85

**OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE  
PODKONSTRUKCJI ELEWACYJNYCH OKŁADZIN WENTYLOWANYCH**

**Rev.00**

AUTOR OPRACOWANIA



**INCO PROJECT**  
ul. Bonifacego 92 lok. 7  
02-940 Warszawa

**mgr inż. Łukasz Bogacki**  
upr. proj.-bud. nr  
MAZ/0212/POOK/14

## Spis treści

<b>1</b>	<b>OPIS TECHNICZNY .....</b>	<b>3</b>
1.1	Zastosowane materiały budowlane .....	3
1.2	Wykaz norm: .....	3
1.3	Przedmiot opracowania .....	3
1.4	Przyjęte założenia .....	3
1.5	Przepisy .....	4
<b>2</b>	<b>ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ .....</b>	<b>5</b>
2.1	Obciążenia wiatrem .....	5
2.1.1	Parcie .....	5
2.1.2	Ssanie .....	5
2.1.3	Ssanie krawędziowe .....	6
2.2	Obciążenia stałe .....	6
<b>3</b>	<b>OBLICZENIA ELEMENTÓW .....</b>	<b>7</b>
3.1	Profil KWR .....	7
3.1.1	Obliczenia profilu podkonstrukcji- partery .....	7
3.1.2	Obliczenia profilu podkonstrukcji- klatka schodowa .....	9
3.2	Konsola stała- partery .....	11
3.2.1	Obciążenia .....	11
3.2.2	Weryfikacja naprężenia .....	12
3.2.3	Weryfikacja przemieszczenia .....	13
3.3	Konsola stała- klatki schodowe. ....	14
3.3.1	Obciążenia .....	14
3.3.2	Sprawdzenie naprężenia .....	14
3.3.3	Obliczenia blachy podstawy .....	15
3.4	Konsola wiatrowa .....	16
3.4.1	Obciążenia .....	16
3.4.2	Sprawdzenie naprężenia .....	16
3.4.3	Obliczenia blachy podstawy .....	16

REV_00	Pierwsza wersja opracowania.	22.01.2018
--------	------------------------------	------------

## 1 OPIS TECHNICZNY

### 1.1 Zastosowane materiały budowlane

Elementy aluminiowe, ekstrudowane, wykonane ze stopu EN AW-6060 wg PN-EN 573-3:2004, stan T66 wg PN-EN 515:1996 co jest równoważne ze stopem AlMgSi 0,5 F22 ( wg DIN 1725.T.1 ).

Właściwości mechaniczne:

- wytrzymałość na rozciąganie -  $f_u = 195\text{MPa}$
- granica plastyczności  $f_0 = 150\text{MPa}$
- moduł sprężystości  $E = 72\ 000\text{MPa}$
- moduł Kirchoffa  $G = 27\ 000\text{MPa}$
- współczynnik Poissona  $\nu = 0,3$
- współczynnik rozszerzalności termicznej  $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
- gęstość  $\rho = 2700\text{kg/m}^3$

### 1.2 Wykaz norm:

- PN-EN-1990 Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji.
- PN-EN-1991-1-1 Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
- PN-EN-1991-1-4 Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru.
- PN-EN 1999 Eurokod 9: Projektowanie konstrukcji aluminiowych.

### 1.3 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest obliczenie podkonstrukcji okładzin wykonanych z płyt Equitone gr 8mm.

### 1.4 Przyjęte założenia

Płyty elewacyjne mocowane są do podkonstrukcji aluminiowej zgodnie z wytycznymi systemu producenta płyt. Mocowanie to ma zapewnić swobodną pracę termiczną okładziny, bez dodatkowego oddziaływania na projektowaną podkonstrukcję.

Jako podkonstrukcję zastosowano profile aluminiowe oraz konsole firmy BSP Bracket System. Maksymalny rozstaw profili i konsol oraz detale poszczególnych węzłów zgodnie z dokumentacją rysunkową.

Każdy profil mocowany jest do konstrukcji budynku za pomocą jednej konsoli stałej oraz pośrednich konsol przesuwanych. Profile skrócone są z konsolami w sposób umożliwiający swobodną pracę termiczną elementów. Zastosowano systemowe konsole aluminiowe i systemowe konsole pasywne. Konsole z belkami skręcane są za pomocą wkrętów samowiercących natomiast konsole z konstrukcją mocowane są za pomocą kotw mechanicznych.

## **1.5 Przepisy**

Wszelkie prace elewacyjne należy wykonać zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa budowlanego, warunkami technicznymi, zasadami wiedzy technicznej, ochrony środowiska, przepisami mającymi zastosowanie do Robót Budowlanych stanowiących przedmiot niniejszego opracowania.

W kwestiach nieuregulowanych polskimi przepisami, normami należy stosować przepisy i normy europejskie EN, DIN, ISO. Wszelkie zastosowane w realizacji urządzenia, systemy i materiały muszą posiadać odpowiednie i ważne atesty, aprobaty oraz dopuszczenia obowiązujące w budownictwie na terenie Polski. Dla wyrobów budowlanych, które nie są objęte aktualnymi aprobatami technicznymi Wykonawca zobowiązany jest dostarczyć potwierdzenie zgodności z aktualną ustawą o wyrobach budowlanych (np. Deklaracja zgodności, Deklaracja właściwości użytkowych lub w formie indywidualnej dokumentacji technicznej).

## 2 Zestawienie obciążeń

### 2.1 Obciążenia wiatrem

#### 2.1.1 Parcie

- Budynek o wymiarach:  $d = 24,0 \text{ m}$ ,  $b = 32,0 \text{ m}$ ,  $h = 20,0 \text{ m}$
- Wymiar  $e = \min(b, 2 \cdot h) = 32,0 \text{ m}$
- Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru (wg Załącznika krajowego NA):
  - strefa obciążenia wiatrem 1;  $A = 300 \text{ m n.p.m.} \rightarrow v_{b,0} = 22 \text{ m/s}$
- Współczynnik kierunkowy:  $c_{dir} = 1,0$
- Współczynnik sezonowy:  $c_{season} = 1,00$
- Bazowa prędkość wiatru:  $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 22,00 \text{ m/s}$
- Wysokość odniesienia:  $z_e = h - h_{dis} = 19,00 \text{ m}$
- Kategoria terenu IV  $\rightarrow$  współczynnik chropowatości:  $c_r(z_e) = 0,6 \cdot (19,0/10)^{0,24} = 0,70$  (wg Załącznika krajowego NA.6)
- Współczynnik rzeźby terenu (orografii):  $c_o(z_e) = 1,00$
- Średnia prędkość wiatru:  $v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_o(z_e) \cdot v_b = 15,40 \text{ m/s}$
- Intensywność turbulencji:  $I_v(z_e) = 0,340$
- Gęstość powietrza:  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
- Wartość szczytowa ciśnienia prędkości:
  - $q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = 500,5 \text{ Pa} = 0,501 \text{ kPa}$
- Współczynnik konstrukcyjny:  $c_s c_d = 1,000$
- Współczynnik ciśnienia zewnętrznego  $c_{pe} = c_{pe,10} = +0,778$

Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1,000 \cdot 0,501 \cdot 0,778 = \mathbf{0,389 \text{ kN/m}^2}$$

#### 2.1.2 Ssanie

- Budynek o wymiarach:  $d = 24,0 \text{ m}$ ,  $b = 32,0 \text{ m}$ ,  $h = 20,0 \text{ m}$
- Wymiar  $e = \min(b, 2 \cdot h) = 32,0 \text{ m}$
- Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru (wg Załącznika krajowego NA):
  - strefa obciążenia wiatrem 1;  $A = 300 \text{ m n.p.m.} \rightarrow v_{b,0} = 22 \text{ m/s}$
- Współczynnik kierunkowy:  $c_{dir} = 1,0$
- Współczynnik sezonowy:  $c_{season} = 1,00$
- Bazowa prędkość wiatru:  $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 22,00 \text{ m/s}$
- Wysokość odniesienia:  $z_e = h - h_{dis} = 19,00 \text{ m}$
- Kategoria terenu IV  $\rightarrow$  współczynnik chropowatości:  $c_r(z_e) = 0,6 \cdot (19,0/10)^{0,24} = 0,70$  (wg Załącznika krajowego NA.6)
- Współczynnik rzeźby terenu (orografii):  $c_o(z_e) = 1,00$
- Średnia prędkość wiatru:  $v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_o(z_e) \cdot v_b = 15,40 \text{ m/s}$
- Intensywność turbulencji:  $I_v(z_e) = 0,340$
- Gęstość powietrza:  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
- Wartość szczytowa ciśnienia prędkości:
  - $q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = 500,5 \text{ Pa} = 0,501 \text{ kPa}$
- Współczynnik konstrukcyjny:  $c_s c_d = 1,000$
- Współczynnik ciśnienia zewnętrznego  $c_{pe} = c_{pe,10} = -0,8$

Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1,000 \cdot 0,501 \cdot (-0,8) = \mathbf{-0,400 \text{ kN/m}^2}$$

### 2.1.3 Ssanie krawędziowe

- Budynek o wymiarach:  $d = 24,0$  m,  $b = 32,0$  m,  $h = 20,0$  m
- Wymiar  $e = \min(b, 2 \cdot h) = 32,0$  m
- Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru (wg Załącznika krajowego NA):
  - strefa obciążenia wiatrem 1;  $A = 300$  m n.p.m.  $\rightarrow v_{b,0} = 22$  m/s
- Współczynnik kierunkowy:  $c_{dir} = 1,0$
- Współczynnik sezonowy:  $c_{season} = 1,00$
- Bazowa prędkość wiatru:  $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 22,00$  m/s
- Wysokość odniesienia:  $z_e = h - h_{dis} = 19,00$  m
- Kategoria terenu IV  $\rightarrow$  współczynnik chropowatości:  $c_r(z_e) = 0,6 \cdot (19,0/10)^{0,24} = 0,70$  (wg Załącznika krajowego NA.6)
- Współczynnik rzeźby terenu (orografii):  $c_o(z_e) = 1,00$
- Średnia prędkość wiatru:  $v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_o(z_e) \cdot v_b = 15,40$  m/s
- Intensywność turbulencji:  $I_v(z_e) = 0,340$
- Gęstość powietrza:  $\rho = 1,25$  kg/m<sup>3</sup>
- Wartość szczytowa ciśnienia prędkości:
  - $q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = 500,5$  Pa = 0,501 kPa
- Współczynnik konstrukcyjny:  $c_{scd} = 1,000$
- Współczynnik ciśnienia zewnętrznego  $c_{pe} = c_{pe,10} = -1,2$

Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:

$$F_{w,e} = c_{scd} \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1,000 \cdot 0,501 \cdot (-1,2) = \mathbf{-0,601 \text{ kN/m}^2}$$

## 2.2 Obciążenia stałe

Ciężar okładziny płyta Equitone gr 8mm

$$g_k = 0,16 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

### 3 Obliczenia elementów

#### 3.1 Profil KWR

Jako podkonstrukcję zastosowano profil pionowy KWR2 i KWR1. Profil mocowany do budynku konsolą stałą i konsol przesuwnych.

##### 3.1.1 Obliczenia profilu podkonstrukcji- partery

Rozpiętość obliczeniowa belki:  $l = 0,22 + 1,26 + 1,26 + 0,15 = 2,89\text{m}$

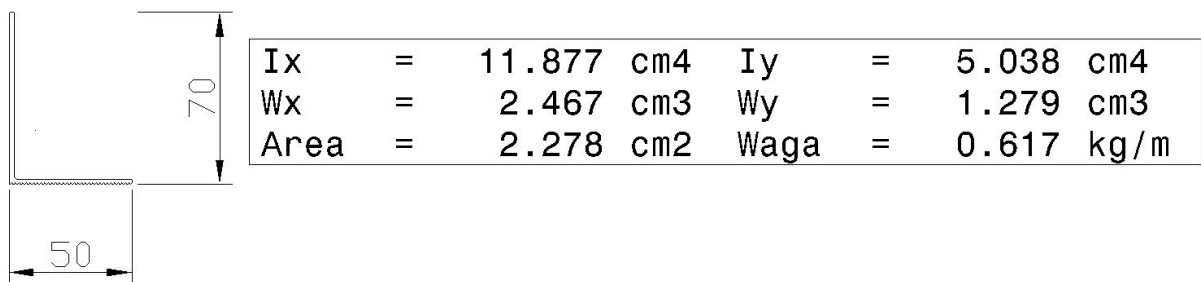
Maksymalna szerokość obciążenia:  $s = 0,53\text{m}$

Obciążenia:

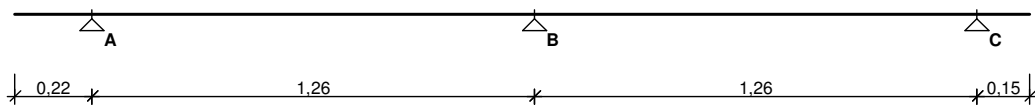
- obciążenie wiatrem (strefa krawędziowa)  $w_k = 0,60 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,53\text{m} = 0,32 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Obliczenia wykonano dla profilu KRW2 ze względu na mniejsze nośność niż KWR1.

Profil KRW2:



#### SCHEMAT BELKI



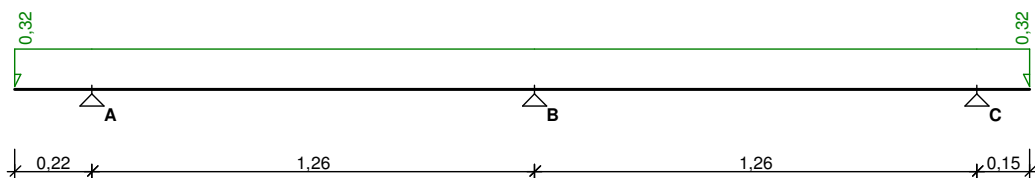
Parametry belki

- moment bezwładności przekroju  $J_y = 11,8 \text{ cm}^4$ ; moduł sprężystości podłużnej  $E = 70 \text{ GPa}$ ;

#### OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI

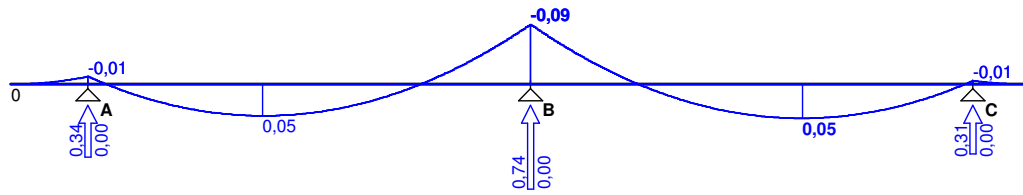
Przypadek **Q1: wiatr** (zmienne,  $\Psi_0 = 0,60$ ,  $\Psi_1 = 0,20$ ,  $\Psi_2 = 0,00$ )

Schemat statyczny:

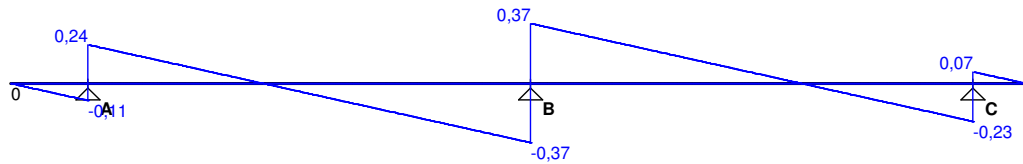


## OBWIEDNIA EFEKTÓW ODDZIAŁYWAŃ dla kombinacji SGN podstawowa STR

Momenty zginające [kNm]:

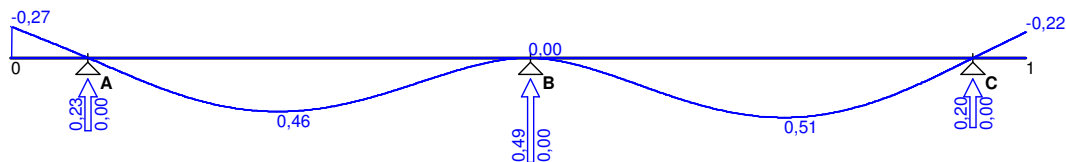


Siły poprzeczne [kN]:



## OBWIEDNIA EFEKTÓW ODDZIAŁYWAŃ dla kombinacji SGU charakterystyczna

Ugięcia [mm]:



Warunek granicznego naprężenia.

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W} = \frac{9kNcm}{2,46cm^4} = 3,66 \frac{kN}{cm^2} = 36,6 MPa < \sigma_{dop} = \frac{150MPa}{1,1} = 136,4 MPa$$

**Warunek naprężenia spełniony !**

Warunek graniczny ugięć

$$U_{dop} = \frac{L}{200} = \frac{1260}{200} = 6,30mm$$

$$U_{max} = 0,46mm < 6,30mm$$

**Ugięcia belki prawidłowe !**



### 3.1.2 Obliczenia profilu podkonstrukcji- klatka schodowa

Rozpiętość obliczeniowa belki:  $l = 1,52 + 1,52 = 3,04\text{m}$

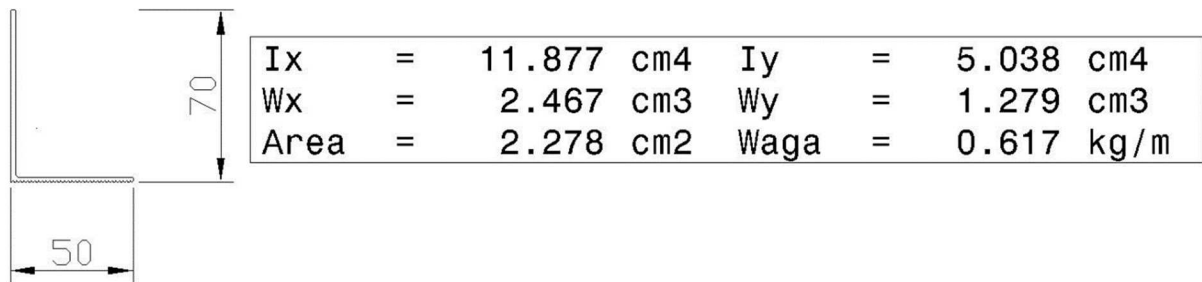
Maksymalna szerokość obciążenia:  $s = 0,53\text{m}$

Obciążenia:

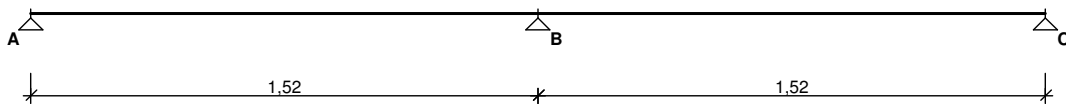
- obciążenie wiatrem (strefa krawędziowa)  $w_k = 0,60 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,53\text{m} = 0,32 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Obliczenia wykonano dla profilu KRW2 ze względu na mniejsze nośność niż KWR1.

Profil KRW2:



#### SCHEMAT BELKI



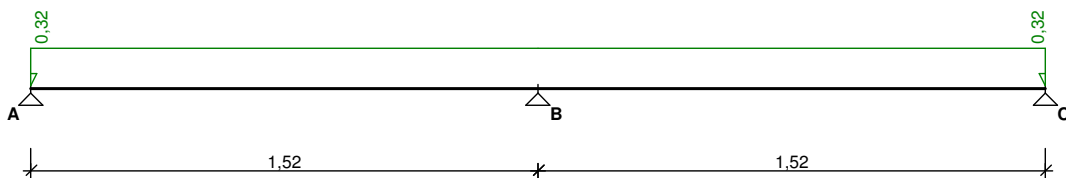
Parametry belki

- moment bezwładności przekroju  $J_y = 11,8 \text{ cm}^4$ ; moduł sprężystości podłużnej  $E = 70 \text{ GPa}$ ;

#### OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI

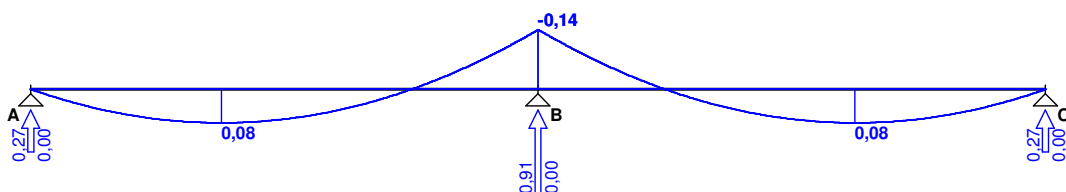
Przypadek **Q1: wiatr** (zmienne,  $\Psi_0 = 0,60$ ,  $\Psi_1 = 0,20$ ,  $\Psi_2 = 0,00$ )

Schemat statyczny:

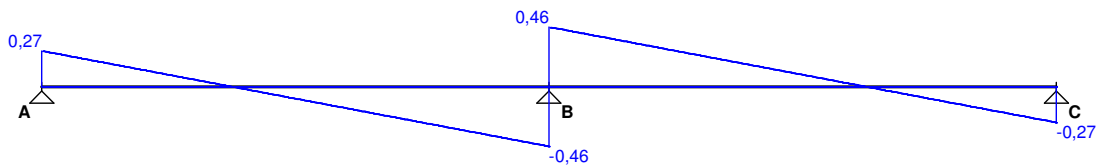


#### OBWIEDNIA EFEKTÓW ODDZIAŁYWAŃ dla kombinacji SGN podstawowa STR

Momenty zginające [kNm]:

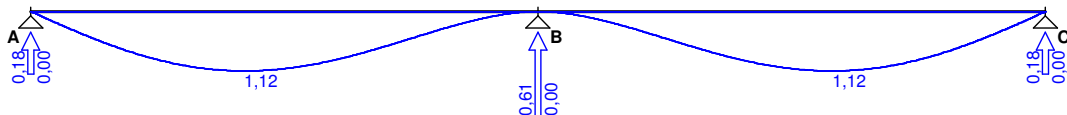


Siły poprzeczne [kN]:



**OBWIEDNIA EFEKTÓW ODDZIAŁYWAŃ dla kombinacji SGU charakterystyczna**

Ugięcia [mm]:



Warunek granicznego naprężenia.

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W} = \frac{14kNcm}{2,46cm^4} = 5,69 \frac{kN}{cm^2} = 56,9 MPa < \sigma_{dop} = \frac{150MPa}{1,1} = 136,4 MPa$$

**Warunek naprężenia spełniony !**

Warunek graniczny ugięć

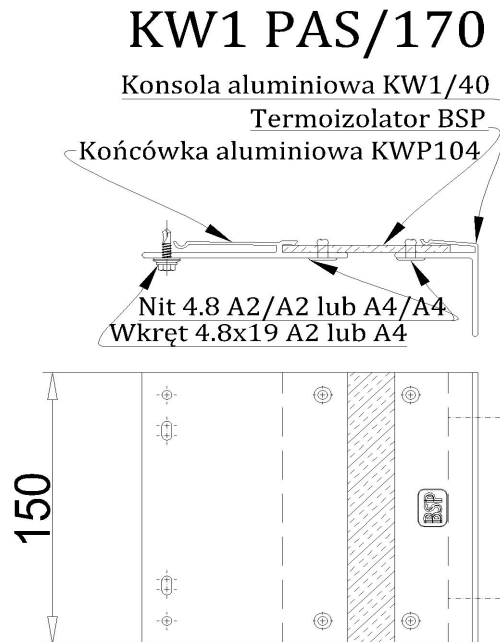
$$U_{dop} = \frac{L}{200} = \frac{1520}{200} = 7,60mm$$

$$U_{max} = 1,12mm < 7,60mm$$

**Ugięcia belki prawidłowe !**

### 3.2 Konsola stała- partery

Jako konsolę stałą pod okładziny na partery zastosowano konsolę pasywną. Schemat typowej konsoli stałej pasywnej.



#### 3.2.1 Obciążenia

Siła pionowa- ciężar okładziny

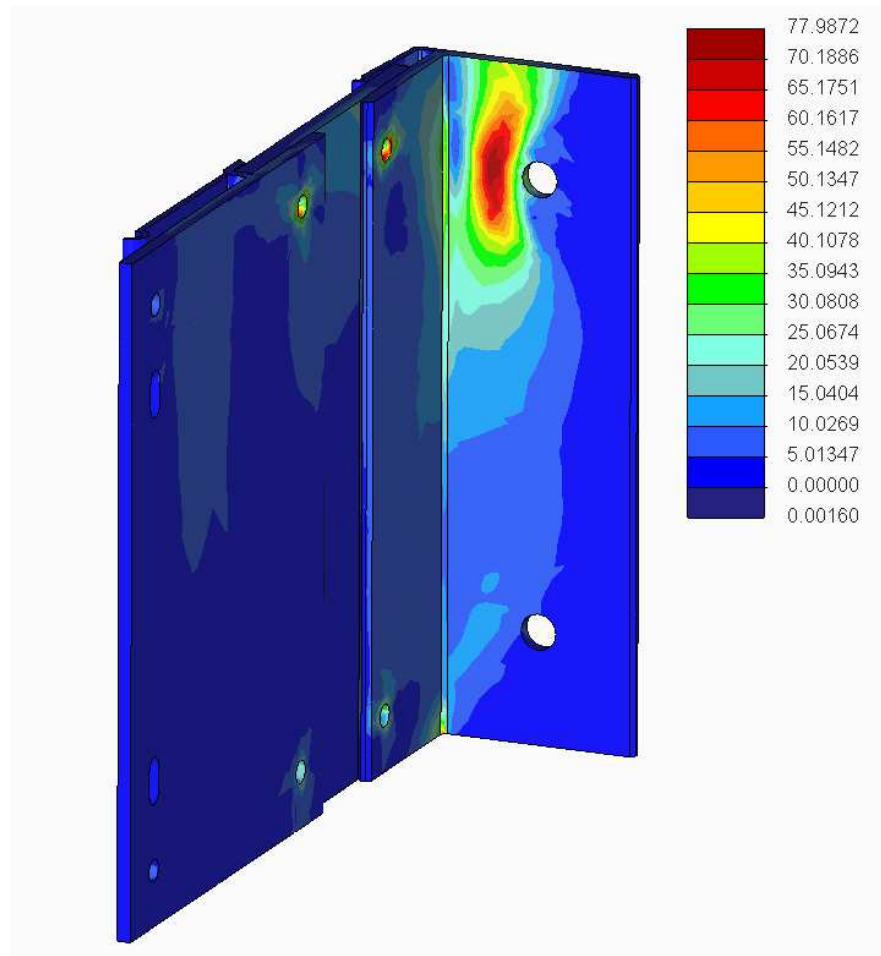
$$V = 1,35 \cdot 0,16 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,53 \cdot 2,90m = 0,33 kN$$

Siła pozioma- oddziaływania wiatru

$$N = 0,31 kN$$

### 3.2.2 Weryfikacja naprężenia.

Do obliczeń elementów wykorzystano Metodę Elementów Skończonych.

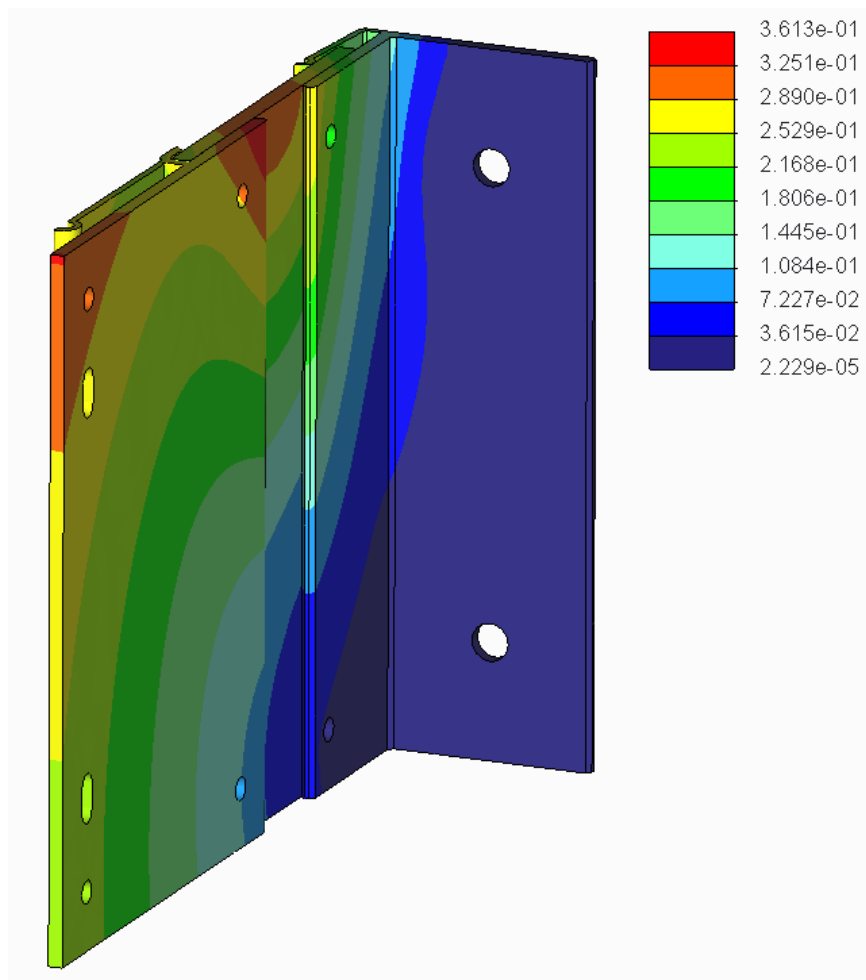


Warunek graniczny naprężenia

$$\sigma_{max} = 77,98 \text{ MPa} < \sigma_{dop} = \frac{150 \text{ MPa}}{1,1} = 136,36 \text{ MPa}$$

**Warunek spełniony.**

### 3.2.3 Weryfikacja przemieszczenia.



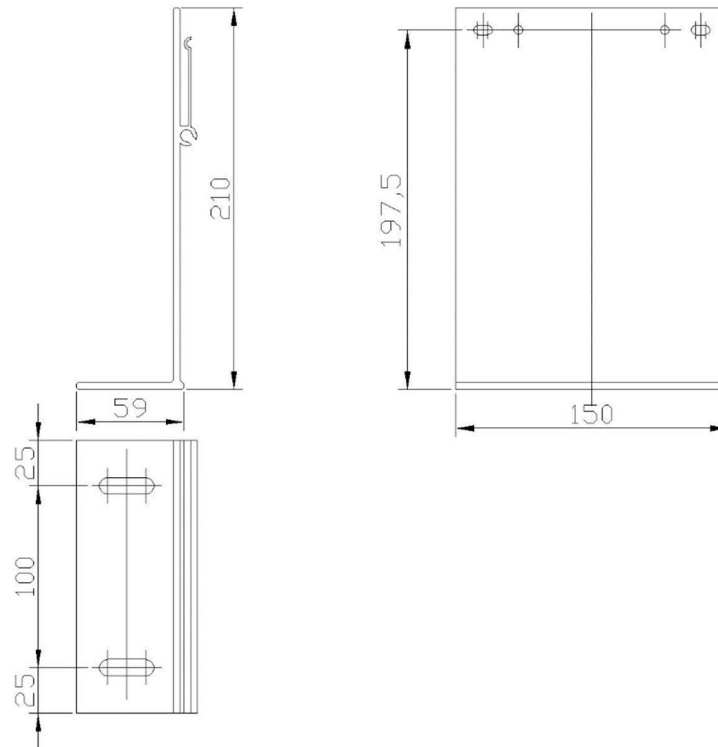
Warunek:

$$U_{max} = 0,36mm < u_{dop} = \frac{L}{100} = \frac{170}{100} = 1,70mm$$

**Element zaprojektowany prawidłowo!**

### 3.3 Konsola stała- klatki schodowe.

Systemowa konsola KW1/210-150



#### 3.3.1 Obciążenia

Siła pionowa- ciężar okładziny.

$$V = 1,35 \cdot 0,16 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,53m \cdot 3,05m = 0,35 kN$$

Siła pozioma- oddziaływania wiatru (konsola stało- przesuwna)

$$N = 2 \cdot 0,27kN = 0,54 kN$$

Moment zginający w podstawie

$$M = 0,35kN \cdot 19,7cm = 6,89 kNcm$$

#### 3.3.2 Sprawdzenie naprężenia.

Pole powierzchni  $A = 0,4cm \cdot 15 = 6,0 cm^2$

Wskaźnik wytrzymałości  $W = \frac{0,4 \cdot 15^2}{6} = 15,0cm^3$

Naprężenia normalne:

$$\sigma = \frac{M}{W} + \frac{N}{A} = \frac{6,89}{15,0} + \frac{0,54}{6,0} = 5,49 MPa$$

Naprężenia styczne:

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{0,35}{6,0} = 0,58MPa$$

Naprężenia zastępcze:

$$\sigma_1 = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{5,49^2 + 3 \cdot 0,58^2} = 5,58 \text{ MPa} < 136,36 \text{ MPa}$$

**Warunek spełniony.**

### 3.3.3 Obliczenia blachy podstawy

Maksymalna siła wrywająca w górnej kotwie:

$$S = \frac{M}{e} + \frac{N}{2} = \frac{6,89}{10} + \frac{0,54}{2} = 0,96 \text{ kN}$$

Maksymalna siła ścinająca w kotwie:

$$V = 0,18 \text{ kN}$$

Minimalna grubość blachy podstawy:

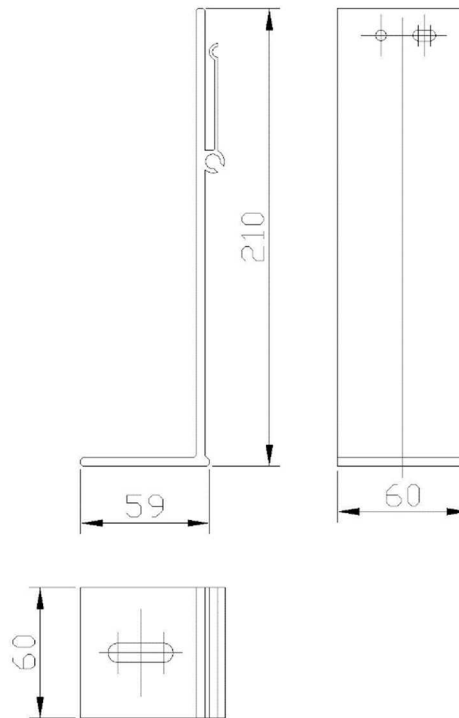
$$t_{min} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{S \cdot c_a}{b \cdot f_y}} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{0,96 \cdot 2,5}{6 \cdot 13,6}} = 2,05 \text{ mm} < t_p = 4,0 \text{ mm}$$

**Warunek spełniony.**

### 3.4 Konsola wiatrowa.

Na budynku zastosowano systemowe konsole aluminiowe firmy BSP. Obliczenia przeprowadzono dla konsoli najbardziej wytężonej.

Systemowa konsola KW1/210-60



#### 3.4.1 Obciążenia

Siła pozioma- maksymalna siła od oddziaływania wiatru

$$N = 0,91 \text{ kN}$$

#### 3.4.2 Sprawdzenie naprężenia.

Pole powierzchni  $A = 0,4 \text{ cm} \cdot 6 = 2,4 \text{ cm}^2$

Naprężenia normalne:

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{0,91}{2,4} = 3,79 \text{ MPa} < 136,36 \text{ MPa}$$

**Warunek spełniony.**

#### 3.4.3 Obliczenia blachy podstawy

Minimalna grubość blachy podstawy:

$$t_{min} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{S \cdot c_a}{b \cdot f_y}} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{0,91 \cdot 2,5}{6 \cdot 13,6}} = 2,00 \text{ mm} < t_p = 4,0 \text{ mm}$$

**Warunek spełniony.**