

Obiekt :

**BUDYNEK WIELOFUNKCYJNY  
GLIWICE – ŁABĘDY  
UL. RÓŻANA nr 7**

Temat :

**EKSPERTYZA TECHNICZNA  
KONSTRUKCJI DACHU**



Inwestor :

**NIEPUBLICZNY ZAKŁAD OPIEKI ZDROWOTNEJ  
„VITAMED” SP. Z O.O.  
UL. RÓŻANA 7  
44-109 GLIWICE**

Autorzy opracowania :

**mgr inż. Grzegorz Komraus**  
upr. bud. nr 204/90/kt  
rzeczoznawca budowlany  
upr. nr RZE/X/0017/11

**mgr inż. Tomasz Kozielski**  
upr. bud. nr 325/01

## **SPIS TREŚCI**

<b>1. PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. PODSTAWA OPRACOWANIA .....</b>	<b>3</b>
<b>3 OPIS PRZEDMIOTU OPRACOWANIA, ANALIZA DOKUMENTACJI PROJEKTOWEJ.....</b>	<b>4</b>
<b>4 SZCZEGÓŁOWY OPIS KONSTRUKCJI DACHU.....</b>	<b>8</b>
<b>5. OPIS WIDOCZNYCH USZKODZEŃ.....</b>	<b>13</b>
<b>6. ANALIZA OBLICZENIOWA WYBRANYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCJI .....</b>	<b>17</b>
<b>7. WNIOSKI.....</b>	<b>34</b>
<b>8. ZALECENIA.....</b>	<b>34</b>

## **CZĘŚĆ RYSUNKOWA**

RYS. NR 1 RZUT PODDASZA NIEUŻYTKOWEGO, SCHEMAT KONSTRUKCJI DACHU.

RYS. NR 2 RZUT II PIĘTRA – SCHEMAT KONSTRUKCJI.

RYS. NR 3 RZUT I PIĘTRA – SCHEMAT KONSTRUKCJI.

RYS. NR 4 PRZEKRÓJ POPRZECZNY A-A , SCHEMAT.

## **ZAŁĄCZNIKI**

ODPIS UPRAWNIEŃ AUTORÓW OPRACOWANIA.

ZAŚWIADCZENIE O WPISIE DO WŁAŚCIWEJ IZBY INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA.

## 1. PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

**Przedmiotem** niniejszego opracowania jest budynek mieszczący Niepubliczny Zakład Opieki Zdrowotnej „Vitamed”. Obiekt zlokalizowany jest w Gliwicach – Łabędach przy ul. Różanej nr 7.

**Zakres** opracowania wynika z założeń zamawiającego i dotyczy oceny stanu technicznego konstrukcji dachu budynku wraz z powiązanymi konstrukcyjnie z dachem pomieszczeniami poddasza.

Szczegółowy zakres opracowania obejmuje ocenę dostępnych do analizy (odkrywek i inwentaryzacji) fragmentów konstrukcji.

**Celem jest** podanie wytycznych dotyczących zakresu remontów i wzmocnień niezbędnych dla dalszej bezpiecznej eksploatacji obiektu. Zakres niezbędnych prac związany z zapewnieniem bezpieczeństwa konstrukcji i jej zgodności z wymogami obowiązujących obecnie Norm Projektowych należy uwzględnić w zamierzeniu budowlanym związanym modernizacją i termomodernizacją obiektu.

### Uwaga :

Opracowanie nie może być podstawą do prowadzenia prac budowlanych remontu budynku. Ekspertyza zawiera wytyczne dla opracowania projektu technicznego remontu. Podstawą do realizacji napraw powinien być opracowany na bazie projektu budowlanego (technicznego) oraz projekt wykonawczy.

## 1. PODSTAWA OPRACOWANIA

2.1 Termomodernizacja budynku przychodni Vitamed, NZOZ Vitamed, ul. Różana 7 Gliwice. Architekci Aleksandra Nurek, ul. Fabryczna 15 Katowice. Lipiec 2023r.

2.2 Prawo budowlane.

2.3 Obowiązujące normy i Instrukcje budowlane

2.28 Obecnie obowiązujący zbiór Norm PN-EN

PN-EN 1990:2004 Eurokod 0. Podstawy projektowania konstrukcji

PN-EN 1991:2004 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje

PN-EN 1993:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych

PN-EN 1995:2010 Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych

PN-EN 1996:2010 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych

2.29 Zbiór norm dopuszczonych do stosowania w okresie użytkowania obiektu :

PN-82/B-02000 Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości.

PN-82/B-02001 Obciążenia budowli. Obciążenia stałe.

PN-82/B-02003 Obciążenia budowli. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe.

PN-80/B-02010/Az1 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem.

PN-77/B-02011/Az1 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.

PN-B-03150:2000 Konstrukcje drewniane . Obliczenia statyczne i projektowanie.

PN-90/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.

PN-B-03002:2007 Konstrukcje murowe. Obliczenia statyczne i projektowanie

### 3 OPIS PRZEDMIOTU OPRACOWANIA, ANALIZA DOKUMENTACJI PROJEKTOWEJ.

#### 3.1 OPIS OGÓLNY OBIEKTU

##### Adres.

Ocenie podlega budynek mieszczący NZOZ „Vitamed” w Gliwicach przy ulicy Różanej nr 7.

Przedmiotowy budynek składa się z 6 niezależnych, rozdzielonych dylatacjami segmentów.

##### Usytuowanie obiektu.

Obiekt usytuowany jest w linii zabudowy ulicy miejskiej, w ramach zabudowy miejskiej średniej intensywności.

Plan orientacyjny oraz usytuowanie przedmiotowego obiektu pokazano na rysunkach :

*Rys.1 Lokalizacja przedmiotowego budynku (źródło Openstreetmap)*



*Rys.2 Usytuowanie obiektu na działce.*





### **Stan użytkowy.**

Budynek wielofunkcyjny, w całości użytkowany.

Zasadniczo mieści gabinety lekarskie, poczekalnie itp. pomieszczenia związane z funkcją medyczną obiektu. Pomieszczenia znajdujące się w poziomie poddaszy (kondygnacja 2-go i 3-go piętra) mieszczą pomieszczenia biurowe.

### **Wiek obiektu, ochrona konserwatorska.**

Brak informacji na temat roku budowy obiektu. Kształt architektoniczny obiektu oraz typ zastosowanych konstrukcji są charakterystyczne dla okresu międzywojennego, lat 20 i 30-tych XX wieku. Przyjmuje się, że wiek budynku wynosi ok. 90 lat. Obiekt frontowy będący przedmiotem opracowania znajduje się w strefie ochrony konserwatorskiej.

### **Powiązanie z inną zabudową.**

Do budynku frontowego przylega od strony północnej oficyna oraz podpiwniczony taras. Obiekty te są związane konstrukcyjnie i funkcjonalnie z budynkiem frontowym.

### **Widok budynku pokazano na fotografiach :**

Fot. 1 Elewacja frontowa.



Fot. 2 Elewacja wschodnia, narożnik południowo-wschodni.



Fot. 3 Elewacja frontowa, narożnik południowo-zachodni.



Fot. 4 Elewacja zachodnia.



Fot. 5 Elewacja północna, tylna.



Oficyna

Budynek frontowy

Taras

### Opis konstrukcji obiektu.

Budynek wykonano w technologii tradycyjnej, charakterystycznej dla lat 20,30-tych XX wieku.

**Budynek frontowy** podpiwniczony, o trzech kondygnacjach nadziemnych.

Dach dwuspadowy kryty dachówką ceramiczną, karpiówką, podwójnie w koronkę.

Nachylenie połaci dachowych ok. 52°. Połacie dachu nie są symetryczne.

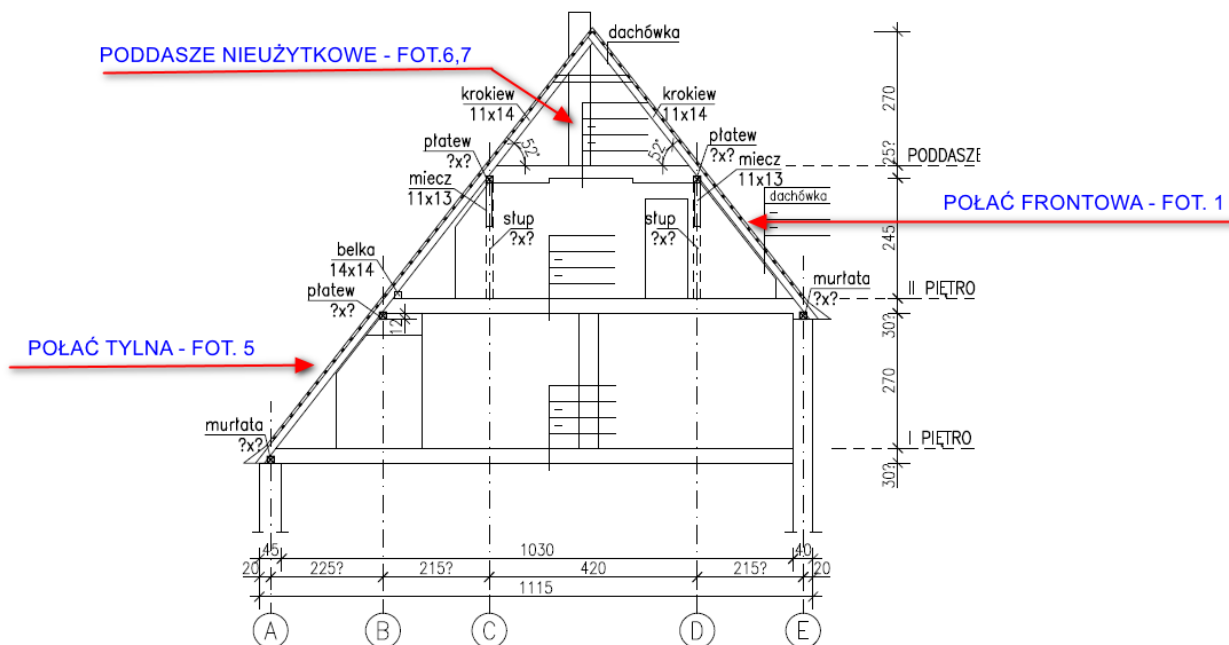
Połąc frontowa, południowa dachu opiera się na ścianie w poziomie stropu nad I-szym piętrem.

Połąc tylna, północna schodzi do poziomu stropu nad parterem.

Z powyższej analizy wynika, że wszystkie pomieszczenia znajdujące się w poziomie II-go piętra oraz część pomieszczeń I-go piętra, od strony północnej traktować należy jako pomieszczenia poddaszy użytkowych o konstrukcji związanej z konstrukcją więźby dachowej.

Charakterystyczny przekrój poprzeczny pokazano na rysunku :

Rys. nr 3 Przekrój poprzeczny, A-A.





Fot. 6,7 Widok konstrukcji więźby dachowej, poddasze nieużytkowe nad II piętrem.



## 4 SZCZEGÓŁOWY OPIS KONSTRUKCJI DACHU.

### Opis konstrukcji więźby dachowej.

Więźba dachowa o konstrukcji krokwiowo-płatwiowej.  
Pochylenie obu połaci 52°

**Łaty** o przekroju 32/50mm o rozstawie jak pod krycie karpówką w koronkę – ok. 27-30cm,  
Folii paro przepuszczalnej, kontrłat – w przestrzeni poddasza nieużytkowego brak – fot. 6,7.

**Grzędy** z desek 25/150mm, belki kalenicowej brak.

**Krokwie** o przekroju 11/14cm rozmieszczono co 90 do 105cm.  
Krokwie ciągłe do poziomemu stropu nad I piętrem.  
Brak możliwości stwierdzenia czy w poziomie stropu nad I piętrem krokwie połaci tylnej są łączone.

**Murłata – płatew** w poziomie stropu poddasza – 14/15cm.

**W przestrzeni poddaszy użytkowych** więźba dachowa obudowana płytami gipsowo-kartonowymi.

W odkrywcę [1] stwierdzono następujący układ warstw :

- dachówka karpówką, podwójnie, w koronkę
- łaty 32/50mm
- kontrłaty
- folia dachowa



- wełna mineralna ok. 15cm
- krokiew 11/14cm
- płyty gipsowo-kartonowe 9mm – mocowane bezpośrednio do krokwi.

**Strop nad II piętrem (strop poddasza nieużytkowego)**  
Strop belkowy, drewniany ze ślepym pułapem.

Fot. 8,9 Odkrywka [2] stropu poddasza nieużytkowego.



W odkrywce [2] stwierdzono następujący układ warstw :

- wełna mineralna miękka lub wata szklana 5cm
- wełna mineralna miękka do 10cm
- folia budowlana
- deskowanie 25mm
- polepa, zaprawa wapienna, ok. 5-6cm
- deskowanie pośrednie 25mm
- pustka
- deskowanie dolne 25mm
- tynk wapienny

Konstrukcję nośną stropu stanowią :

- **belki stropowe**, drewniane o przekroju 17/18cm rozmieszczone co 90-105cm.

Ponieważ strop dostępny jest poprzez wyłaz rewizyjny-opuszczane systemowe schody drabiniaste obciążenie użytkowe należy przyjąć  $0,5 \text{ kN/m}^2$ .

Płatew w poziomie stropu poddasza (nad II piętrem).

Z uwagi na warunki użytkowania pomieszczeń, zgodnie z ustaleniami z użytkownikiem obiektu, nie wykonano odkrywki płatwi.

Na podstawie możliwych do wykonania pomiarów do dalszych analiz przyjęto :

**Płatew** 16/18cm – do dalszej weryfikacji w trakcie prowadzenia prac remontowych

Rozstaw osiowy podparć płatwi (rozstaw słupów) = 4,45 + 3,60 + 4,40m.

Dodatkowo podparcie obustronnie mieczami.

**Miecze** 11/13cm.

**Słupy** drewniane w poziomie kondygnacji II piętra = 14/14cm.

**Murłaty** 14/14cm-14/15cm.

Uwaga : Stan techniczny murłat oraz miejsca oparc krokwi na murłatach należy ocenić po otwarciu dachu w trakcie prac remontowych. W przypadku stwierdzenia uszkodzeń elementy uszkodzone wymienić lub wzmocnić.

**Płatew** w poziomie stropu nad I piętrzem.

Ze względu na warunki użytkowania obiektu, w uzgodnieniu z Użytkownikiem nie wykonano odkrywek płatwi w poziomie I piętra. Do dalszych analiz przyjęto płatew jak w poziomie II piętra. Przekrój i stan zachowania płatwi należy zweryfikować i ocenić w trakcie prowadzenia prac remontowych (po „otwarciu” dachu w trakcie przekładki pokrycia i napraw obróbek mansardy).

**Strop w poziomie II piętra (nad I piętrzem)**

Fot. 9 Odkrywka [3] stropu II piętra.



Strop belkowy, drewniany ze ślepym pułapem.

W odkrywcę [3] stwierdzono następujący układ warstw :

- posadzka, płytki gress na kleju 8mm
- sklejka 18 mm
- deskowanie 25mm
- pustka ok. 3cm
- polepa, zaprawa wapienna, ok. 5-6cm
- deskowanie pośrednie 25mm
- pustka
- deskowanie dolne 25mm
- tynk wapienny
- płyty gipsowo-kartonowe na ruszcie

Konstrukcję nośną stropu stanowią :

- **belki stropowe**, drewniane o przekroju 14-16cm/23-24cm rozmieszczone co 90-105cm.

Ponieważ pomieszczenia pełnią funkcję biurową obciążenie użytkowe należy przyjąć minimum  $2,0 \text{ kN/m}^2$ .

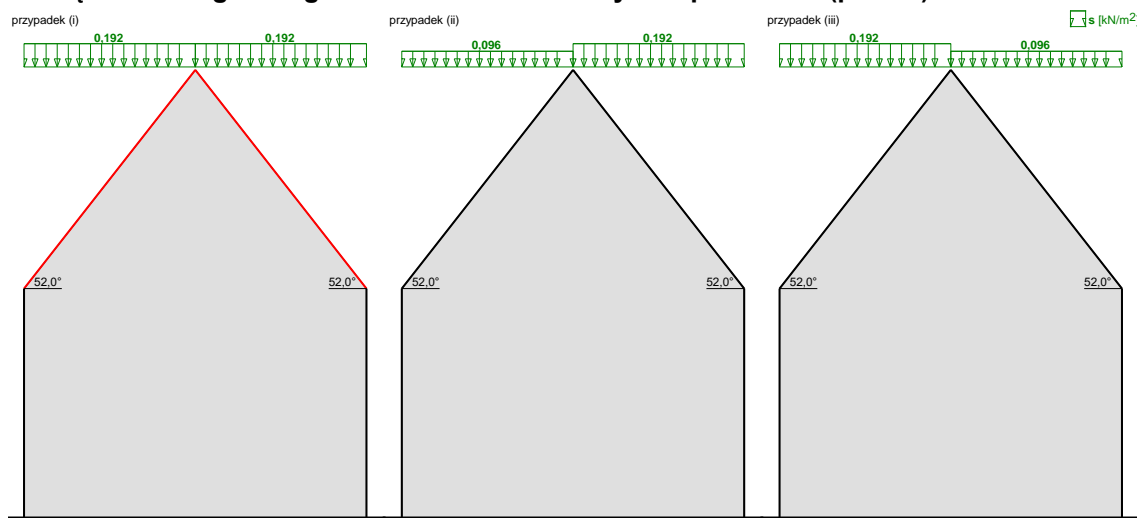
Dodatkowo uwzględnić należy lekkie ścianki działowe, gipsowo-kartonowe  $0,75 \text{ kN/m}^2$ .

Łącznie obciążenie użytkowe należy przyjmować  $\geq 2,75 \text{ kN/m}^2$

### Obciążenia konstrukcji dachu.

### Obciążenia klimatyczne.

#### Obciążenie śniegiem wg PN-EN 1991-1-3 / Dachy dwupołaciowe (p.5.3.3)



#### Połąć dachu obciążonego równomiernie - przypadek (i):

- Dach dwupołaciowy
- Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu (wg Załącznika krajowego NA):
  - strefa obciążenia śniegiem 2  $\rightarrow s_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$
- Warunki lokalizacyjne: normalne, przypadek A (brak wyjątkowych opadów i brak wyjątkowych zamieci)
- Sytuacja obliczeniowa: trwała lub przejściowa
- Współczynnik ekspozycji:
  - teren normalny  $\rightarrow C_e = 1,0$
- Współczynnik termiczny  $\rightarrow C_t = 1,0$



- Współczynnik kształtu dachu:

nachylenie połaci  $\alpha = 52,0^\circ$

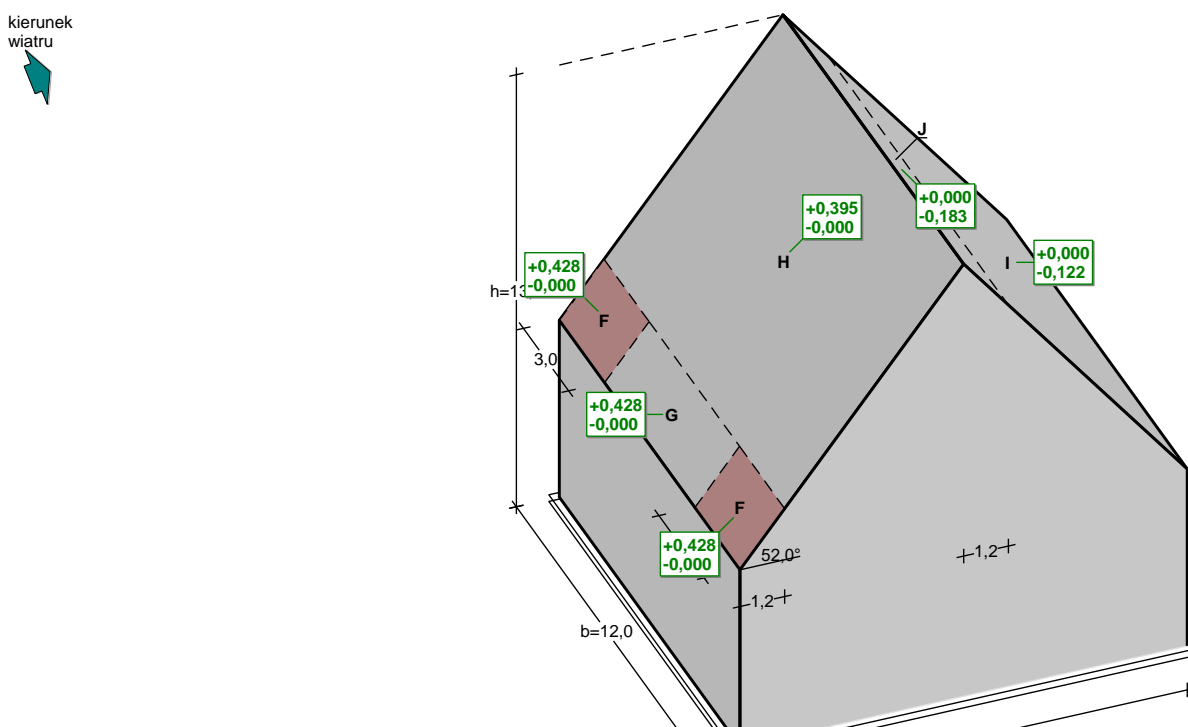
$$\mu_1 = 0,8 \cdot (60^\circ - \alpha) / 30^\circ = 0,8 \cdot (60^\circ - 52,0^\circ) / 30^\circ = 0,213$$

Obciążenie charakterystyczne:

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,213 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,900 = \mathbf{0,192 \text{ kN/m}^2}$$

**Obciążenie wiatrem wg PN-EN 1991-1-4 / Dachy dwuspadowe (p.7.2.5)**

kierunek  
wiatru



**Połąć - pole F - parcie:**

- Dach dwuspadowy o wymiarach:  $b = 12,0 \text{ m}$ ,  $d = 12,0 \text{ m}$ , kąt nachylenia połaci  $\alpha = 52,0^\circ$

- Budynek o wysokości  $h = 13,0 \text{ m}$

- Wymiar  $e = \min(b, 2 \cdot h) = 12,0 \text{ m}$

- Wiatr wiejący na ścianę boczną,  $\theta = 0^\circ$

- Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru (wg Załącznika krajowego NA):

- strefa obciążenia wiatrem 1;  $A = 265 \text{ m n.p.m.} \rightarrow v_{b,0} = 22 \text{ m/s}$

- 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:  $z_e = h = 13,00 \text{ m}$

- Kategoria terenu III  $\rightarrow$  współczynnik chropowatości:  $c_r(z_e) = 0,8 \cdot (13,0/10)^{0,19} = 0,84$  (wg Załącznika krajowego NA.6)

- Współczynnik rzeźby terenu (orografii):  $c_o(z_e) = 1,00$

- Średnia prędkość wiatru:  $v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_o(z_e) \cdot v_b = 18,50 \text{ m/s}$

- Intensywność turbulencji:  $I_v(z_e) = 0,265$

- Gęstość powietrza:  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

- Wartość szczytowa ciśnienia prędkości:

$$q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = 611,2 \text{ Pa} = 0,611 \text{ kPa}$$

- Współczynnik konstrukcyjny:  $c_s c_d = 1,000$

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznego  $c_{pe} = c_{pe,10} = 0,7$

Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1,000 \cdot 0,611 \cdot 0,7 = \mathbf{0,428 \text{ kN/m}^2}$$

**Obciążenie pokryciem – dachówka ceramiczna, karpiówka podwójnie (w koronkę).**

$$g_k = 0,900 \text{ kN/m}^2 \text{ połaci dachowej, } \gamma_f = 1,35$$

#### **Obciążenie połaci w częściach użytkowych poddasza**

Przyjęto jak dla istniejących warstw ocieplenia i płyt gk pojedynczo :

$$g_k = 0,20 \text{ kN/m}^2 \text{ połaci dachowej, } \gamma_f = 1,35$$

Uwaga :

W przypadku zmiany warstw ocieplenia i wykończenia (np. na dwie warstwy płyt GKF) obciążenia przyjmowane w projekcie remontu należy odpowiednio zwiększyć.

#### **Istniejące warstwy wykończeniowe stropu poddasza (bez belki)**

- ocieplenie do 15 cm	= 0,06 kN/m <sup>2</sup>
- deskowania 3*25mm,	= 0,41 --/--
- polepa 6 cm	= 0,72 --/--
- tynk wap. 2 cm	= 0,38 --/--
- sufit z płyt gk	= 0,15 --/--

$$\text{Razem : } g_k = 1,72 \text{ kN/m}^2, \gamma_f = 1,35$$

$$\text{Obć. użytkowe } p_k = 0,50 \text{ kN/m}^2, \gamma_f = 1,50$$

#### **Istniejące warstwy wykończeniowe stropu II piętra (bez belki)**

- posadzka, np. płytki gres na kleju	= 0,21 kN/m <sup>2</sup>
- sklejka 18mm	= 0,14 kN/m <sup>2</sup>
- deskowania 3*25mm,	= 0,41 --/--
- polepa 6 cm	= 0,72 --/--
- tynk wap. 2 cm	= 0,38 --/--
- sufit z płyt gk	= 0,15 --/--

$$\text{Razem : } g_k = 2,01 \text{ kN/m}^2, \gamma_f = 1,35$$

$$\text{Obć. użytkowe } p_k = 2,75 \text{ kN/m}^2, \gamma_f = 1,50$$

Uwaga :

W przypadku podjęcia decyzji o zabudowie na połaci dachu paneli fotowoltaicznych montowanych wprost do połaci, należy dodatkowo uwzględnić ich ciężar w zestawieniu obciążeń stałych :

$$\text{Razem : } g_k = 0,15 \text{ kN/m}^2, \gamma_f = 1,35$$

## **5. OPIS WIDOCZNYCH USZKODZEŃ.**

W trakcie wizji lokalnych stwierdzono następujące grupy uszkodzeń i wad konstrukcji oraz elementów wykończeniowych :

- A. Uszkodzenia pokrycia
- B. Uszkodzenia obróbek blacharskich, tynków
- C. Punktowe zalania sufitów wynikające z nieszczelności pokrycia
- D. Uszkodzenia tynków na kominach oraz na połączeniu połaci dachów z ścianami szczytowymi
- E. Brak zgodnej z normą izolacji termicznej połaci dachów
- F. Brak zgodnej z normą izolacji termicznej stropodachu (stropu poddasza)
- G. Brak zgodnej z wymogami odporności pożarowej konstrukcji pomieszczeń poddaszy.

#### **Ad. A,B,C**

Stwierdzono miejscowe uszkodzenia :

- wyłamanie pojedynczych dachówek,
- nieuszczelności i uszkodzenia obróbek blacharskich,
- lokalne przecieki, zwłaszcza w rejonie mansardy na połaci tylnej,
- uszkodzenia pojedynczych gąsiorów kalenicowych.

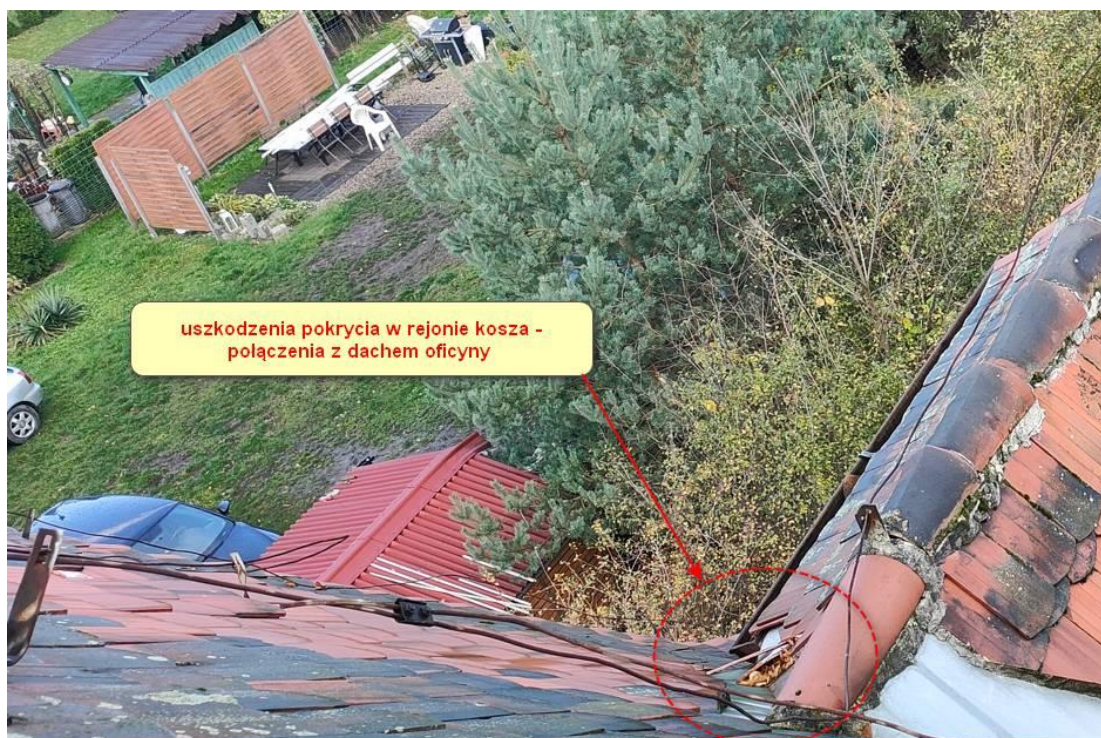
Przykłady uszkodzeń i wad pokrycia pokazano na fotografiach :

Fot. 10,11 Fragment dachu połaci tylnej, rejon mansardy.



Fot. 11 Fragment dachu połaci tylnej, rejon kosza na połączeniu z dachem oficyny.





#### **Ad. D Uszkodzenia tynków.**

Fot. 12,13 Uszkodzenia tynków ścian szczytowych na styku z połacią dachu. W przypadku układania ocieplenia ściany połacie dachu wymagać będzie przedłużenia.



Uszkodzenia tynków



Uszkodzenia komina , tynków ścian szczytowych.

#### **E,F. Brak zgodnej z normą izolacji termicznej połaci dachów**

Dla opisanych w pkt. 4 warstw można wstępnie przyjąć :

Dla połaci dachowych :  $U \geq 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Dla stropodachu :  $U \geq 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Wartości wymagane zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury :

- okna:  $0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ;
- okna połaciowe:  $1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ;
- drzwi zewnętrzne:  $1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ;
- ściany zewnętrzne:  $0,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ;
- podłoga na gruncie:  $0,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ;
- dachy i stropodachy:  $0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ .

W ramach termomodernizacji obiektu należy przegrody budowlane doprowadzić do zgodności z obowiązującymi przepisami. Projekt termomodernizacji zawierać powinien szczegółową analizę cieplno-wilgotnościową przegród budowlanych.

#### **G. Brak zgodnej z wymogami odporności pożarowej elementów konstrukcji w pomieszczeniach poddaszy.**

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010r w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów.

Budynek powinien spełniać wymagania klasy B (ZLII – dla funkcji medycznej pomieszczeń, gabinetów lekarskich, dostępu osób z niepełnosprawnościami) odporności pożarowej.

Odporność ogniowa poszczególnych elementów budynku powinna wynosić odpowiednio:

- |   |             |
|---|-------------|
| • główna konstrukcja nośna  | R 120       |
| • stropy  | REI 60      |
| • konstrukcja dachu w pomieszczeniach użytkowych                              | R 30        |
| • przekrycie dachu  | RE 30       |
| • strop poddasza nieużytkowego  | REI 30      |
| • konstrukcja dachu nad poddaszem nieużytkowy oddzielona stropem j.w. (REI30) | bez wymogów |

- ściany wewnętrzne EI 30
- ściany zewnętrzne EI 60"

W przypadku wydzielenia funkcji biurowej – ZLI, wymagania klasy C :

- główna konstrukcja nośna R 60
- stropy REI 60
- konstrukcja dachu w pomieszczeniach użytkowych R 15
- strop poddasza nieużytkowego REI 30
- konstrukcja dachu nad poddaszem nieużytkowy oddzielona stropem j.w. (REI30) bez wymogów
- ściany wewnętrzne EI 15
- ściany zewnętrzne EI 30"

Oznaczenia, wymogi :

R – nośność ogniowa (w minutach)

E – szczelność ogniowa (w minutach)

I – izolacyjność ogniowa (w minutach)

Dostosowania do obowiązujących wymogów wymagają w szczególności stropy belkowe o konstrukcji drewnianej oraz stropodachu.

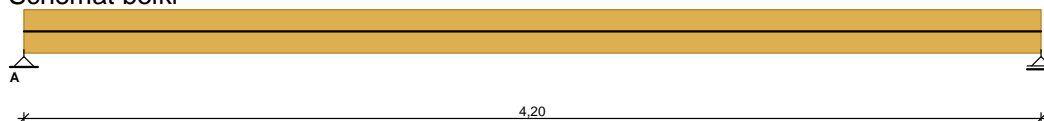
Ostateczną klasyfikację pożarową powinien zawierać projekt architektoniczno - budowlany termomodernizacji obiektu.

## 6. ANALIZA OBLICZENIOWA WYBRANYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCJI

### Poz. 1 Belka stropodachu.

#### GEOMETRIA

Schemat belki



Przekrój: prostokątny

Szerokość  $b = 170 \text{ mm}$

Wysokość  $h = 180 \text{ mm}$

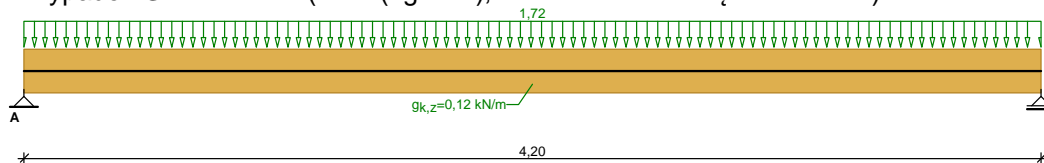
Podpora skrajna lewa: długość oparcia  $a_p = 50 \text{ mm}$

Podpora skrajna prawa: długość oparcia  $a_p = 50 \text{ mm}$

Drewno lite iglaste **C22** wg PN-EN 338:2016-06

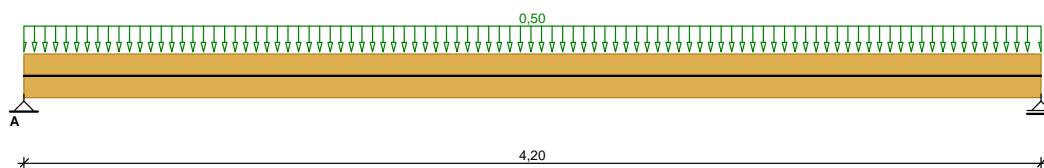
#### ODDZIAŁYWANIA CHARAKTERYSTYCZNE

Przypadek **G1**: obc.stałe (stałe (ogólnie), klasa trwania obciążenia - stałe)



Przypadek **Q1**: obc.zmienne A (zmienne (użytkowe stropu,  $\psi_0 = 1,00$ ,  $\psi_1 = 1,00$ ,  $\psi_2 = 1,00$ ), klasa trwania obciążenia - średiotrwale)





#### WARUNKI POŻAROWE:

Nośność ogniowa R30

→ Czas oddziaływania pożaru  $t = 30$  min

Zabezpieczenie elementu przed oddziaływaniem pożaru:

Brak zabezpieczeń, oddziaływanie pożaru z 4 stron

#### ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)

Klasa niezawodności konstrukcji - RC2

Klasa użytkowania konstrukcji - 2

Uwzględniono wpływ sił poprzecznych na przemieszczenia

Miejsce przyłożenia obciążeń:

- obciążenia pionowe: na górnej powierzchni

Parametry analizy zwichrzenia:

- belka zabezpieczona przed zwichrzeniem na całej swojej długości

Usztywnienia belki zabezpieczające przed zwichrzeniem ulegają uszkodzeniu w ciągu wymaganego czasu oddziaływania pożaru

Graniczne ugięcie chwilowe:

- w przęsłach  $w_{inst,lim} = l / 300$

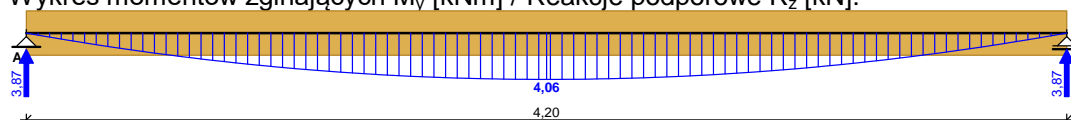
Graniczne ugięcie końcowe:

- w przęsłach  $w_{fin,lim} = l / 300$

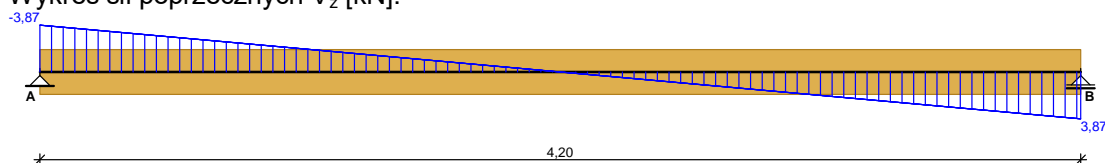
#### EFEKTY ODDZIAŁYWAŃ dla poszczególnych przypadków (wartości charakterystyczne)

Przypadek **G1**: obc.stałe

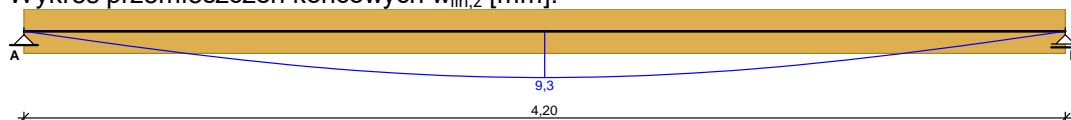
Wykres momentów zginających  $M_y$  [kNm] / Reakcje podporowe  $R_z$  [kN]:



Wykres sił poprzecznych  $V_z$  [kN]:

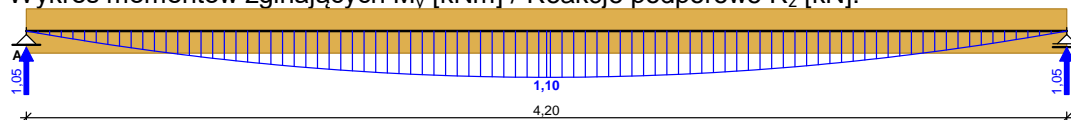


Wykres przemieszczeń końcowych  $w_{fin,z}$  [mm]:

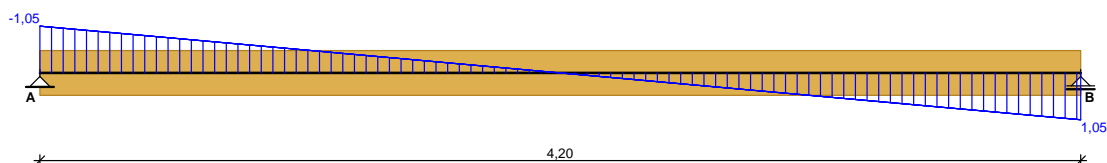


Przypadek **Q1**: obc.zmienne A

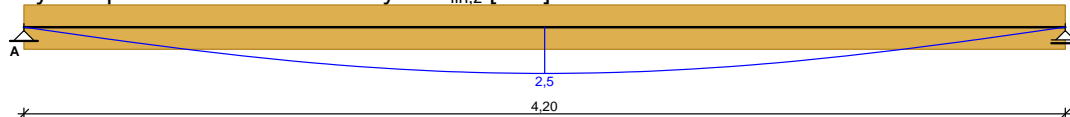
Wykres momentów zginających  $M_y$  [kNm] / Reakcje podporowe  $R_z$  [kN]:



Wykres sił poprzecznych  $V_z$  [kN]:

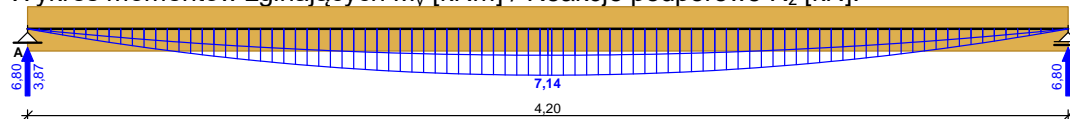


Wykres przemieszczeń końcowych  $w_{fin,z}$  [mm]:

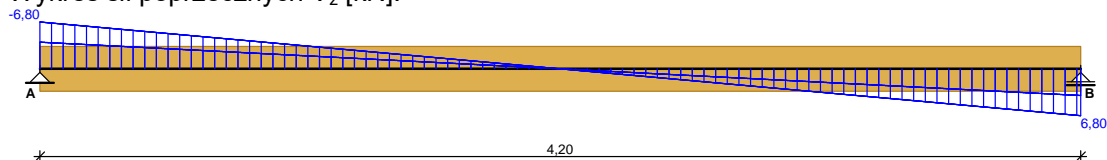


### OBWIEDNIA EFEKTÓW ODDZIAŁYWAŃ dla kombinacji SGN podstawowa STR

Wykres momentów zginających  $M_y$  [kNm] / Reakcje podporowe  $R_z$  [kN]:

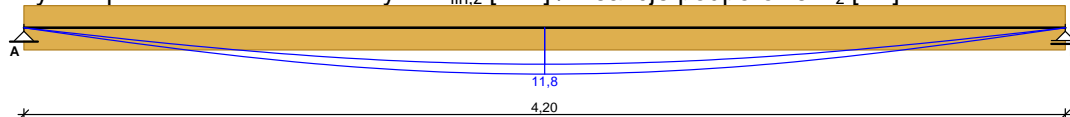


Wykres sił poprzecznych  $V_z$  [kN]:

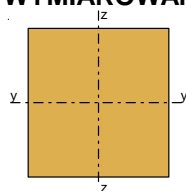


### OBWIEDNIA EFEKTÓW ODDZIAŁYWAŃ dla kombinacji SGU charakterystyczna

Wykres przemieszczeń końcowych  $w_{fin,z}$  [mm] / Reakcje podporowe  $R_z$  [kN]:



### WYMIAROWANIE SGN/SGU WG PN-EN 1995-1-1



Przekrój: prostokątny **170x180**

→  $A = 306 \text{ cm}^2$ ,  $W_y = 918 \text{ cm}^3$ ,  $J_y = 8262 \text{ cm}^4$ ,  $J_{tor} = 13090 \text{ cm}^4$ ,  $m = 12,5 \text{ kg/m}$

Drewno lite iglaste **C22** wg PN-EN 338:2016-06

→  $f_{c,90,k} = 2,4 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,k} = 22 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 3,8 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,mean} = 10 \text{ GPa}$ ,  $E_{0,05} = 6,7 \text{ GPa}$ ,  $G_{mean} = 0,63 \text{ GPa}$ ,  $G_{0,05} = 0,42 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 340 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_{mean} = 410 \text{ kg/m}^3$

**Belka;  $l = 4,20 \text{ m}$**

SGN - Zginanie:

Decyduje kombinacja: **K1**: 1,35·obc.stałe →  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{mod} = 0,60$

Moment zginający i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 2,10 m**:

$M_{y,d} = 5,49 \text{ kNm}$ ,  $\sigma_{m,y,d} = 5,98 \text{ MPa}$

Warunek nośności:

$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 10,15 \text{ MPa}$

$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,589 < 1$

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

belka zabezpieczona przed zwichrzeniem

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K1**: 1,35·obc.stałe →  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{mod} = 0,60$   
 Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,00 m**:

$$k_{cr} = 0,67$$

$$V_{z,d} = -5,23 \text{ kN}, \quad T_{z,d} = 0,38 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,75 \text{ MPa}$$

$$T_{z,d} = 0,38 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,75 \text{ MPa} \quad (21,8\%)$$

SGN - Docisk na podporze pionowej:

Decyduje kombinacja: **K1**: 1,35·obc.stałe →  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{mod} = 0,60$   
 Podpora A → Reakcja  $R_{A,z,d} = 5,23 \text{ kN}$ ;  $a_p = 50 \text{ mm}$ ;  $b_e = 170 \text{ mm}$

Warunek nośności:

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot f_{c,90,k} / \gamma_M = 1,11 \text{ MPa}$$

$$k_{c,90} = 1,00$$

$$\sigma_{c,90,d} = 0,61 \text{ MPa} < k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,11 \text{ MPa} \quad (55,5\%)$$

SGU - Ugięcie chwilowe:

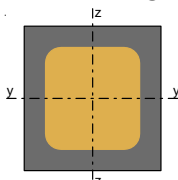
Decyduje kombinacja: **K10**: obc.stałe+obc.zmienne A

Przekrój **x = 2,10 m** →  $w_{inst} = 11,8 \text{ mm}$

Warunek ugięć:

$$w_{inst} = 11,8 \text{ mm} < w_{inst,lim} = 4200 / 300 = 14,0 \text{ mm} \quad (84,4\%)$$

## ANALIZA POŻAROWA WG PN-EN 1995-1-2 / PN-EN 1995-1-1



Przekrój: prostokątny **170x180**

Efektywna głębokość zwęglenia:

$$\beta_0 = 0,65 \text{ mm/min}$$

$$d_{char,0} = \beta_0 \cdot t = 19,5 \text{ mm}; \quad k_0 = 1; \quad d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$d_{ef} = d_{char,0} + k_0 \cdot d_0 = 26,5 \text{ mm}$$

Parametry przekroju efektywnego:

$$\rightarrow A_{fi} = 145 \text{ cm}^2, \quad W_{y,fi} = 296 \text{ cm}^3, \quad J_{y,fi} = 1879 \text{ cm}^4, \quad J_{tor,fi} = 3089 \text{ cm}^4$$

Drewno lite iglaste **C22** wg PN-EN 338:2016-06

$$\rightarrow f_{c,90,k} = 2,4 \text{ MPa}, \quad f_{m,k} = 22 \text{ MPa}, \quad f_{v,k} = 3,8 \text{ MPa}, \quad E_{0,mean} = 10 \text{ GPa}, \quad E_{0,05} = 6,7 \text{ GPa}, \quad G_{mean} = 0,63 \text{ GPa}, \quad G_{0,05} = 0,42 \text{ GPa}, \quad \rho_k = 340 \text{ kg/m}^3, \quad \rho_{mean} = 410 \text{ kg/m}^3$$

**Belka; l = 4,20 m**

Analiza pożarowa - Zginanie:

Decyduje kombinacja: **K6**: 0,85·1,35·obc.stałe+1,5·obc.zmienne A

Moment zginający i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 2,10 m**:

$$M_{y,d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{y,d} = 0,818 \cdot 6,32 = 5,17 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d,fi} = 17,46 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$\gamma_{M,fi} = 1,0; \quad k_{mod,fi} = 1,00; \quad k_{fi} = 1,25; \quad f_{m,y,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi} = 27,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} / f_{m,y,d,fi} = 0,635 < 1$$

Analiza pożarowa - Warunek stateczności - zwichrzenie:

Decyduje kombinacja: **K6**: 0,85·1,35·obc.stałe+1,5·obc.zmienne A

Moment zginający i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 2,10 m**:

$$M_{y,d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{y,d} = 0,818 \cdot 6,32 = 5,17 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d,fi} = 17,46 \text{ MPa}$$

$$l_{ef} = 4,45 \text{ m}; \quad k_{crit} = 1,000$$

Warunek stateczności elementu:

$$\gamma_{M,fi} = 1,0; \quad k_{mod,fi} = 1,00; \quad k_{fi} = 1,25; \quad f_{m,y,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi} = 27,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = 17,46 \text{ MPa} < k_{crit} \cdot f_{m,y,d,fi} = 27,50 \text{ MPa} \quad (63,5\%)$$

Analiza pożarowa - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K6**: 0,85·1,35·obc.stałe+1,5·obc.zmienne A

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,00 m**:

$$k_{cr} = 0,67$$



$$V_{z,d,fi} = \eta_{fi} \cdot V_{z,d} = 0,818 \cdot (-6,02) = -4,92 \text{ kN}, \quad T_{z,d} = 0,75 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$\gamma_{M,fi} = 1,0; \quad k_{mod,fi} = 1,00; \quad k_{fi} = 1,25; \quad f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi} = 4,75 \text{ MPa}$$

$$T_{z,d,fi} = 0,75 \text{ MPa} < f_{v,d,fi} = 4,75 \text{ MPa} \quad (15,9\%)$$

**Wniosek :**

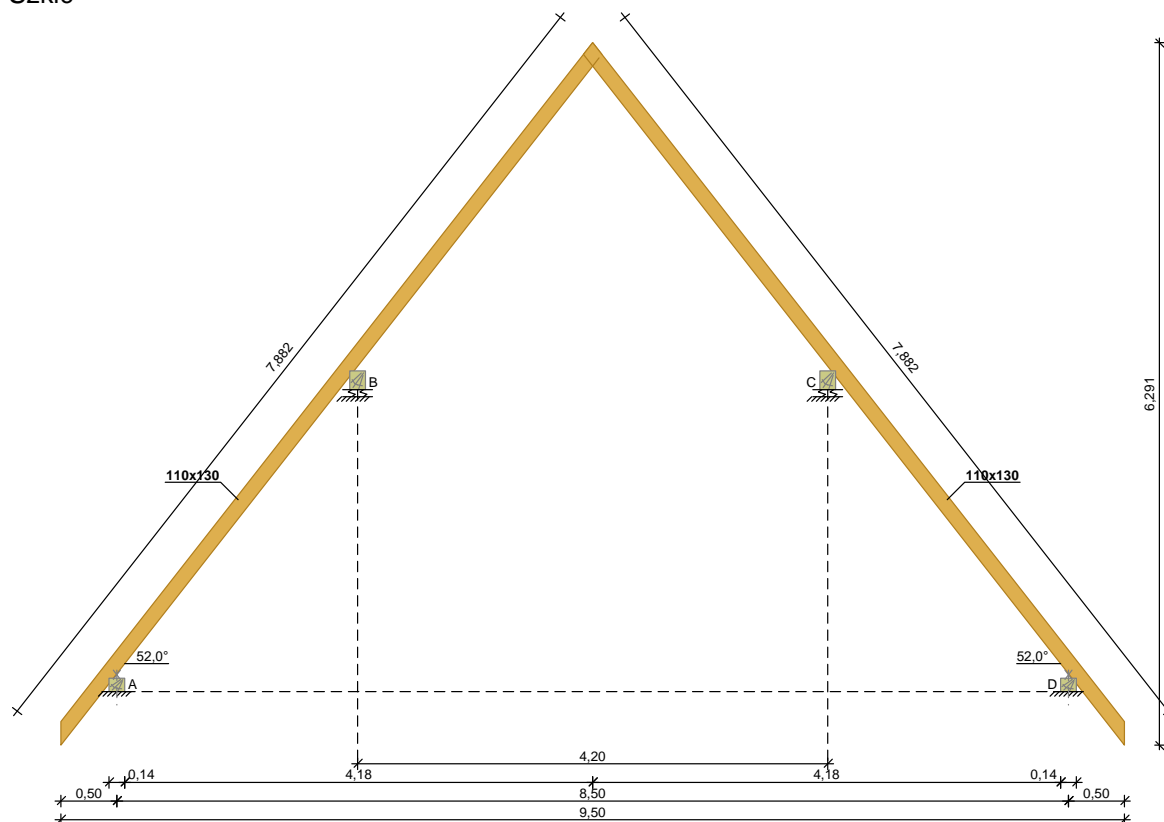
Belka spełnia wymogi.

Dla zapewnienia odporności pożarowej całego stropodachu należy górną powierzchnię pokryć np. płytami Promatect. Grubości zabezpieczeń dla R30 uzgodnić z dostawcą systemu.

## Poz. 2 Wiązar krokwiowo-płatwiowy

### DANE:

Szkic



Kąt nachylenia połaci dachowej  $\alpha = 52,0^\circ$

Osiowy rozstaw płatwi  $l_3 = 4,20$  m

Osiowy rozstaw murłat  $l = 8,50$  m

Wysięg wsporników  $l_1 = 0,57$  m

Rozstaw osiowy wiązarów  $a = 1,05$  m

Podparcie - lewa murłata: nieprzesuwna;  $b = 0,14$  m

Podparcie - prawa murłata: nieprzesuwna;  $b = 0,14$  m

Uwaga :

Zamocowanie i stan techniczny murłat należy sprawdzić po odkryciu połaci dachu w trakcie prac remontowych.

Podparcie - lewa płatew: podatna pionowo,  $k_z = 1896,3$  kN/m;  $b = 0,14$  m

Podparcie - prawa płatew: podatna pionowo,  $k_z = 1896,3$  kN/m;  $b = 0,14$  m

Usztywnienia boczne krokwi – brak

**Uwaga :**

W kierunku poziomym przyjęto usztywnienie płatwi „tarczą” stropową stropodachu.

**Dane materiałowe:**

Drewno lite iglaste **C18** wg PN-EN 338:2016-06

Krokiew 110x130 mm

**Obciążenia:**

Pokrycie dachu  $g_1 = 0,900$  kN/m<sup>2</sup>

Uwzględniono ciężar własny elementu

**Obciążenia warstwami wykończeniowymi:**

Uwaga :

Obciążenia przyjęto jak dla istniejących warstw ocieplenia i płyt gk pojedynczo :

$g_k = 0,20$  kN/m<sup>2</sup> połaci dachowej,  $\gamma_f = 1,35$

W przypadku zmiany warstw ocieplenia i wykończenia (np. na dwie warstwy płyt GKF) obciążenia przyjmowane w projekcie remontu należy odpowiednio zwiększyć.

- dolnych odcinków krokwi do płatwi  $g_2 = 0,20 \text{ kN/m}^2$
- na wsporniku  $g_3 = 0,00 \text{ kN/m}^2$

**Obciążenie śniegiem** wyznaczono automatycznie

- Iloczyn współczynnika ekspozycji, współczynnika termicznego i obciążenia charakterystycznego śniegiem gruntu  $C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,900 \text{ kN/m}^2$

**Obciążenie wiatrem** wyznaczono automatycznie jak dla strefy środkowej dachu dwuspadowego

- Parametry dachu:

- Wysokość całkowita  $h = 12,00 \text{ m}$
- Długość dachu  $c = 12,00 \text{ m}$
- Długość okapów  $c_1 = 0,50 \text{ m}$
- Szerokość dachu przyjęto wg zdefiniowanych wymiarów obliczanego elementu
- Szczytowe ciśnienie prędkości wiatru  $q_{p(z)} = 0,553 \text{ kPa}$

Obciążenie użytkowe powierzchni dachu (stałe)

$$q = 0,150 \text{ kN/m}^2$$

Uwaga :

Do obliczeń sprawdzających przyjęto

**Założenia obliczeniowe:**

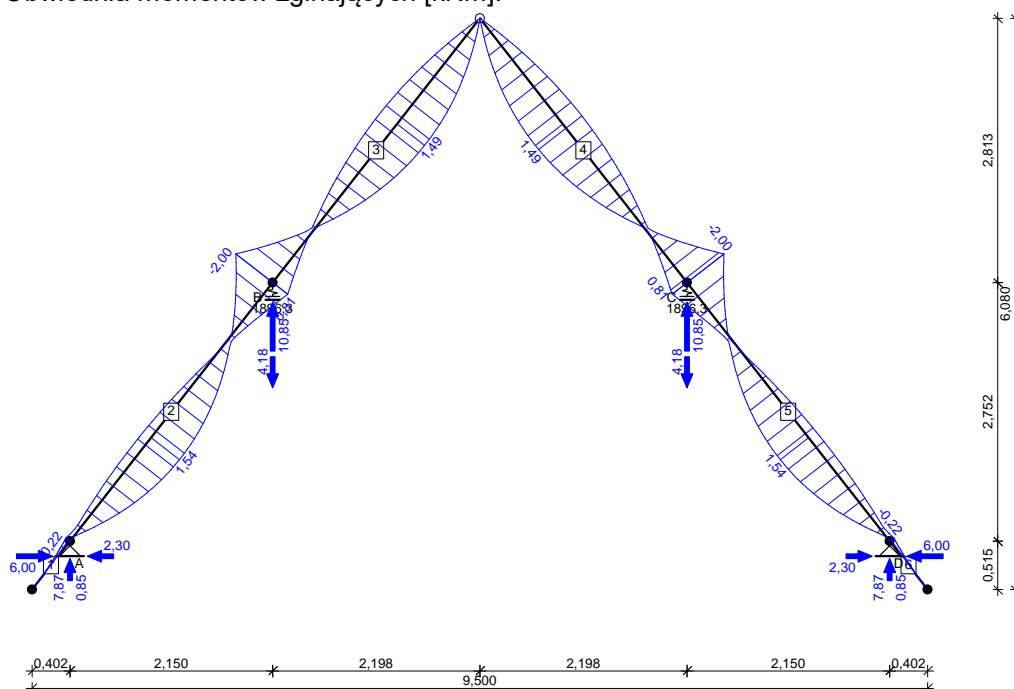
Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)

Klasa niezawodności konstrukcji - RC2

Klasa użytkowania konstrukcji - 2

### **WYNIKI:**

Obwiednia momentów zginających [kNm]:



Reakcje podporowe dla poszczególnych przypadków:

podpora	$R_v$ [kN]	$R_H$ [kN]
stałe		
A	3,79	1,09
B	4,64	0,00
C	4,64	0,00
D	3,79	-1,09
śnieg równomierny		
A	0,44	0,14
B	0,52	0,00
C	0,52	0,00

D	0,44	-0,14
śnieg max. z lewej		
A	0,39	0,10
B	0,52	0,00
C	0,26	0,00
D	0,26	-0,10
śnieg max. z prawej		
A	0,26	0,10
B	0,26	0,00
C	0,52	0,00
D	0,39	-0,10
wiatr z lewej, strefa FHJI		
A	-1,66	-1,84
B	2,62	0,00
C	-0,89	0,00
D	1,05	-0,79
wiatr z lewej, strefa GHJI		
A	-1,66	-1,84
B	2,62	0,00
C	-0,89	0,00
D	1,05	-0,79
wiatr z prawej, strefa FHJI		
A	1,05	0,79
B	-0,89	0,00
C	2,62	0,00
D	-1,66	1,84
wiatr z prawej, strefa GHJI		
A	1,05	0,79
B	-0,89	0,00
C	2,62	0,00
D	-1,66	1,84
wiatr na ścianę szczytową, strefa FG		
A	1,67	2,46
B	-4,68	0,00
C	-4,68	0,00
D	1,67	-2,46
wiatr ściana szczytowa, strefa H		
A	1,30	1,82
B	-3,42	0,00
C	-3,42	0,00
D	1,30	-1,82
wiatr ściana szczytowa, strefa I		
A	0,88	0,95
B	-2,03	0,00
C	-2,03	0,00
D	0,88	-0,95
ciśnienie wewnętrzne		
A	-0,31	-0,42
B	0,80	0,00
C	0,80	0,00
D	-0,31	0,42
ciśnienie wewnętrzne (ii)		
A	0,46	0,63
B	-1,20	0,00
C	-1,20	0,00
D	0,46	-0,63
użytkowe dachu		
A	0,34	0,11
B	0,41	0,00
C	0,41	0,00
D	0,34	-0,11

Ekstremalne reakcje podporowe:

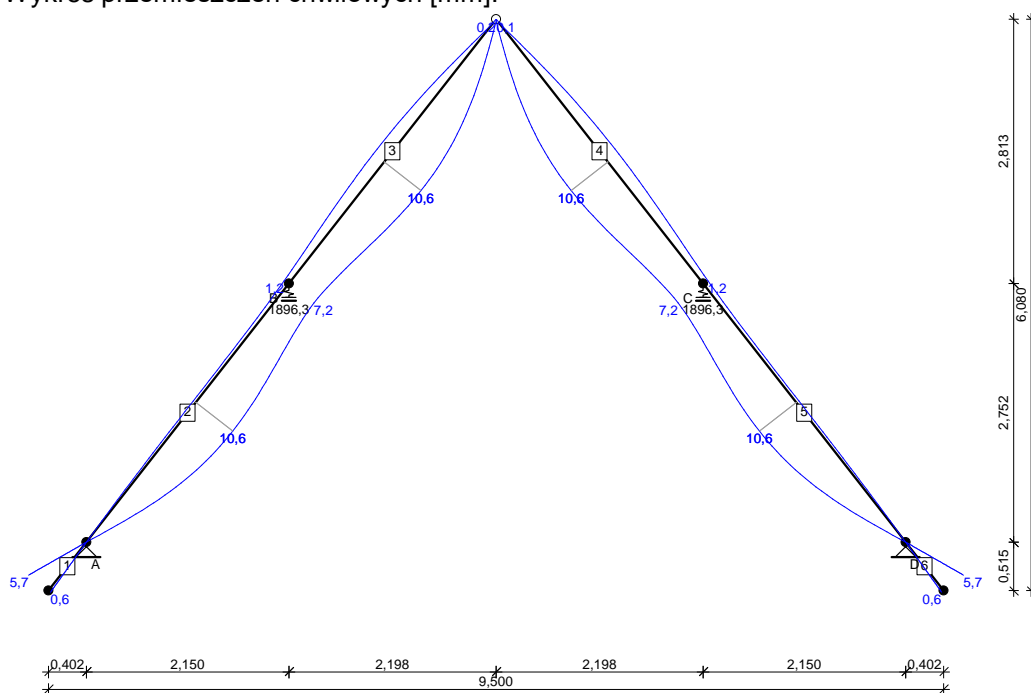
podpora	$R_v$ [kN]	$R_H$ [kN]	kombinacja
A	<b>7,87</b> 0,85	<b>6,00</b> <b>-2,30</b>	<b>K200:</b> $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stała} + (1,5 \cdot \text{wiatr na ścianę szczytową, strefa FG} + 1,5 \cdot \text{ciśnienie wewnętrzne (ii)}) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{śnieg równomierny}$



			<b>K284:</b> 1,0·stałe+(1,5·wiatr z lewej, strefa GHJI+1,5·ciśnienie wewnętrzne)
B	10,85 -4,18	0,00	<b>K175:</b> 0,85·1,35·stałe+(1,5·wiatr z lewej, strefa GHJI+1,5·ciśnienie wewnętrzne)+1,5·0,5·śnieg równomierny <b>K309:</b> 1,0·stałe+(1,5·wiatr na ścianę szczytową, strefa FG+1,5·ciśnienie wewnętrzne (ii))
C	10,85 -4,18	0,00	<b>K183:</b> 0,85·1,35·stałe+(1,5·wiatr z prawej, strefa FHJI+1,5·ciśnienie wewnętrzne)+1,5·0,5·śnieg równomierny <b>K309:</b> 1,0·stałe+(1,5·wiatr na ścianę szczytową, strefa FG+1,5·ciśnienie wewnętrzne (ii))
D	7,87 0,85	-6,00 2,30	<b>K200:</b> 0,85·1,35·stałe+(1,5·wiatr na ścianę szczytową, strefa FG+1,5·ciśnienie wewnętrzne (ii))+1,5·0,5·śnieg równomierny <b>K292:</b> 1,0·stałe+(1,5·wiatr z prawej, strefa FHJI+1,5·ciśnienie wewnętrzne)

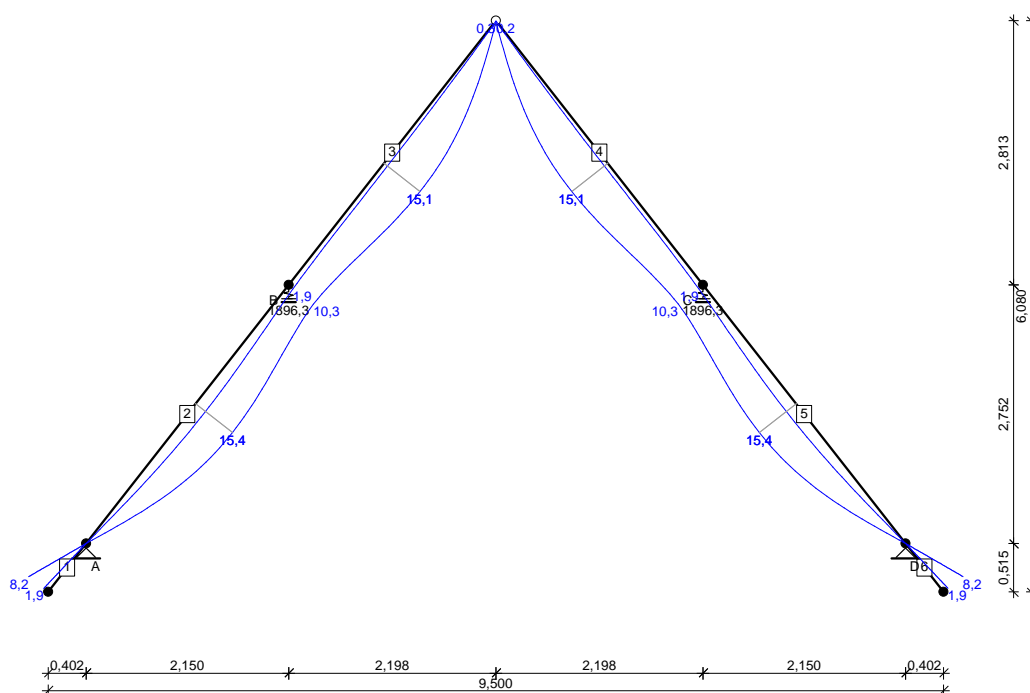
**Obwiednia SGU charakterystyczna:**

Wykres przemieszczeń chwilowych [mm]:



**Obwiednia SGU quasi-stała + p.2.2.3(3) EN 1995-1-1:**

Wykres przemieszczeń końcowych [mm]:



#### Krokiew 110x130 mm

→  $A = 143,0 \text{ cm}^2$ ,  $W_y = 309,8 \text{ cm}^3$ ,  $W_z = 262,2 \text{ cm}^3$ ,  $J_y = 2013,9 \text{ cm}^4$ ,  $J_z = 1441,9 \text{ cm}^4$ ,  $J_{\text{tor}} = 2823,1 \text{ cm}^4$ ,  $m = 5,4 \text{ kg/m}$

Drewno lite iglaste **C18** wg PN-EN 338:2016-06

→  $f_{t,0,k} = 10 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,k} = 18 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,k} = 18 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 3,4 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,\text{mean}} = 9 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 320 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_{\text{mean}} = 380 \text{ kg/m}^3$

SGN - Zginanie z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K187**:  $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stała} + (1,5 \cdot \text{wiatr z prawej, strefa FHJI} + 1,5 \cdot \text{ciśnienie wewnętrzne}) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{śnieg max. z prawej}$  →  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{\text{mod}} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju  $x = 0,00 \text{ m}$  na pręcie 5:

$$N_{t,d} = 4,61 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,32 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -2,00 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$k_{h,y} = 1,029; \quad f_{m,y,d} = k_{h,y} \cdot (k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 12,82 \text{ MPa}$$

$$k_h = 1,029; \quad f_{t,0,d} = k_h \cdot (k_{\text{mod}} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M) = 7,12 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,045 + 0,504 = 0,549 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

Decyduje kombinacja: **K167**:  $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stała} + (1,5 \cdot \text{wiatr z lewej, strefa FHJI} + 1,5 \cdot \text{ciśnienie wewnętrzne}) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{śnieg równomierny}$  →  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{\text{mod}} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju  $x = 0,00 \text{ m}$  na pręcie 3:

$$N_{c,d} = 3,98 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,28 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -2,00 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{e,y} = 3,57 \text{ m}; \quad k_{c,y} = 0,318; \quad l_{e,z} = 3,57 \text{ m}; \quad k_{c,z} = 0,234$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 12,46 \text{ MPa}; \quad k_{h,y} = 1,029$$

$$f_{m,y,d} = k_{h,y} \cdot (k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 12,82 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,070 + 0,504 = 0,574 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,095 + 0,353 = 0,448 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwirzenie:

Decyduje kombinacja: **K167**:  $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stała} + (1,5 \cdot \text{wiatr z lewej, strefa FHJI} + 1,5 \cdot \text{ciśnienie wewnętrzne}) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{śnieg równomierny}$  →  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{\text{mod}} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju  $x = 0,00 \text{ m}$  na pręcie 3:

$$N_{c,d} = 3,98 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,28 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -2,00 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 3,57 \text{ m}; \quad k_{crit} = 1,000$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 12,46 \text{ MPa}; \quad k_{h,y} = 1,029$$

$$f_{m,y,d} = k_{h,y} \cdot (k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 12,82 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,y,d}) = 0,070 + 0,504 = 0,574 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d} / (k_{crit} \cdot k_{m,\alpha} \cdot f_{m,y,d}))^2 = 0,095 + 0,254 = 0,349 < 1$$

#### SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K183**: 0,85·1,35·stała+(1,5·wiatr z prawej, strefa FHJI+1,5·ciśnienie wewnętrzne)+1,5·0,5·śnieg równomierny →  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{mod} = 0,90$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,00 m** na pręcie **5**:

$$k_{cr} = 0,67$$

$$V_{z,d} = -3,42 \text{ kN}, \quad T_{z,d} = 0,53 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 2,35 \text{ MPa}$$

$$T_{z,d} = 0,53 \text{ MPa} < f_{v,d} = 2,35 \text{ MPa} \quad (22,7\%)$$

#### SGN - Docisk na podporze:

Decyduje kombinacja: **K200**: 0,85·1,35·stała+(1,5·wiatr na ścianę szczytową, strefa FG+1,5·ciśnienie wewnętrzne (ii))+1,5·0,5·śnieg równomierny →  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{mod} = 0,90$

Podpora B → Reakcja  $R_{V,B} = 7,87 \text{ kN}$ ;  $a_p = 38,1 \text{ mm}$ ;  $b_e = 110 \text{ mm}$

$$k_{c,90} = 1,00$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 12,46 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot f_{c,90,k} / \gamma_M = 1,52 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,38,d} = 1,88 \text{ MPa} < f_{c,0,d} / [(f_{c,0,d} / (k_{c,90} \cdot f_{c,90,d})) \cdot \sin^2 38^\circ + \cos^2 38^\circ] = 3,35 \text{ MPa} \quad (56,2\%)$$

#### SGU - Ugięcie chwilowe:

Decyduje kombinacja: **K375**: stała+(wiatr z lewej, strefa FHJI+ciśnienie wewnętrzne)+0,5·śnieg max. z lewej

Wartości dla przekroju **x = 1,89 m** na pręcie **2**:

$$u_{inst} = (-) 10,6 \text{ mm} > u_{inst,lim} = 3492 / 350 = 10,0 \text{ mm} \quad (106,4\%)$$

#### SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K478**: 1,8·stała+(1,0·wiatr z lewej, strefa FHJI+1,0·ciśnienie wewnętrzne)+0,5·śnieg max. z lewej

Wartości dla przekroju **x = 1,89 m** na pręcie **2**:

$$u_{fin} = (-) 15,4 \text{ mm} < u_{fin,lim} = 3492 / 200 = 17,5 \text{ mm} \quad (88,2\%)$$

#### **Krokiew w miejscu oparcia na podporze 110x100 mm**

→  $A = 110,0 \text{ cm}^2$ ,  $W_y = 183,3 \text{ cm}^3$ ,  $W_z = 201,7 \text{ cm}^3$ ,  $J_y = 916,7 \text{ cm}^4$ ,  $J_z = 1109,2 \text{ cm}^4$ ,  $J_{tor} = 1685,1 \text{ cm}^4$ ,  $m = 4,2 \text{ kg/m}$

Drewno lite iglaste **C18** wg PN-EN 338:2016-06

→  $f_{t,0,k} = 10 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,k} = 18 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,k} = 18 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 3,4 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,mean} = 9 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 320 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_{mean} = 380 \text{ kg/m}^3$

#### SGN - Zginanie z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K187**: 0,85·1,35·stała+(1,5·wiatr z prawej, strefa FHJI+1,5·ciśnienie wewnętrzne)+1,5·0,5·śnieg max. z prawej →  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{mod} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,00 m** na pręcie **5**:

$$N_{t,d} = 4,61 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,42 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -2,00 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 10,92 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$k_{h,y} = 1,084; \quad f_{m,y,d} = k_{h,y} \cdot (k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 13,51 \text{ MPa}$$

$$k_h = 1,064; \quad f_{t,0,d} = k_h \cdot (k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M) = 7,37 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,057 + 0,808 = 0,865 < 1$$

#### **Wniosek :**

Dla zwiększenia sztywności krokwi, ograniczenia ugięć chwilowych i zwiększenia ich nośności zaleca się wykonać wzmocnienie za pomocą np. nadbitek z desek szerokości 110 i grubości 38mm. Tak rozbudowana krokiew posiadać będzie przekrój 110/178mm.

### Poz. 3 Słup.

#### Słup 14/14 cm

Smukłość (słup B)

$$\lambda_y = 113,2 < 150$$

$$\lambda_z = 71,1 < 150$$

Maksymalne siły i naprężenia (słup B)

decyduje kombinacja: stałe-max+śnieg+0,90·obc.zmienne+0,80·wiatr-parcie

$$M_y = 0,00 \text{ kNm}, \quad N = 53,85 \text{ kN}$$

$$f_{c,0,d} = 9,23 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0,00 \text{ MPa}, \quad \sigma_{c,0,d} = 2,75 \text{ MPa}$$

$$k_{c,y} = 0,235, \quad k_{c,z} = 0,541$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 1,267 > 1$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,550 < 1$$

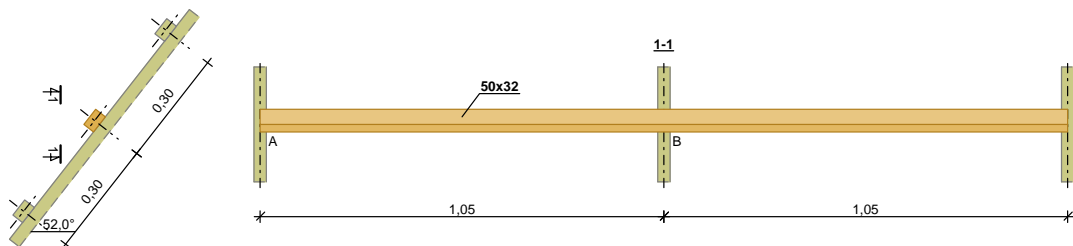
#### Wniosek.

Słup o przekroju 14/14, obciążony dwustronnie płatwiami rozpiętości 3,60m wymagać będzie wzmocnienia.

### Poz. 4 Łata

#### DANE:

Szkic



Kąt nachylenia połaci dachowej  $\alpha = 52,0^\circ$

Rozstaw łat  $l = 0,30 \text{ m}$

Rozstaw osiowy podparć  $a = 1,05 \text{ m}$

#### Dane materiałowe:

Drewno lite iglaste **C18** wg PN-EN 338:2016-06

Łata 50x32 mm

#### Obciążenia:

Pokrycie dachu  $g_1 = 0,900 \text{ kN/m}^2$

Uwzględniono ciężar własny elementu

Obciążenie warstwami wykończeniowymi  $g_2 = 0,150 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie śniegiem  $s = 0,192 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie wiatrem - przypadek (i)

- ciśnienie zewnętrzne (Obciążenie wiatrem na powierzchnię zewnętrzną w polu F połaci dachu dwuspadowego wg PN-EN 1991-1-4/7.2.5 (strefa 1,  $A=300 \text{ m n.p.m.} \rightarrow v_{b,0}=22 \text{ m/s}$ , teren II,  $z_e=h=10,0 \text{ m}$ ,  $co=1$ ,  $cr=1,01$ , wymiary dachu  $h=10,0 \text{ m}$ ,  $d=10,0 \text{ m}$ ,  $b=10,0 \text{ m}$ , nachylenie połaci  $\alpha=52,0^\circ$ ,  $\theta=0^\circ \rightarrow qp=0,712 \text{ kPa}$ ,  $cscd=1,000$ ,  $cpe=0,70$ ) [ $0,50 \text{ kN/m}^2$ ])

$$w_e = 0,498 \text{ kN/m}^2$$

- ciśnienie wewnętrzne  $w_i = 0,000 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie wiatrem - przypadek (ii)

- ciśnienie zewnętrzne  $w_e = 0,000 \text{ kN/m}^2$

- ciśnienie wewnętrzne  $w_i = 0,000 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie użytkowe powierzchni dachu  $q = 0,000 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie montażowe  $F = 1,00 \text{ kN}$

#### Założenia obliczeniowe:

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)



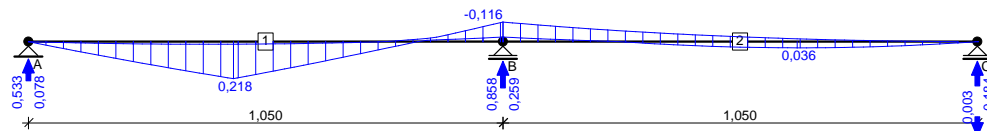
Klasa niezawodności konstrukcji - RC2

Klasa użytkowania konstrukcji - 2

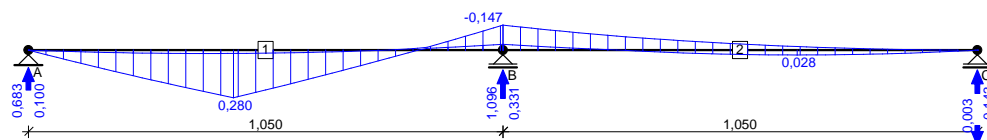
**WYNIKI:**

Obwiednia momentów zginających [kNm]:

Płaszczyzna xz:



Płaszczyzna xy:



Reakcje podporowe dla poszczególnych przypadków:

podpora	$R_z$ [kN]	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]
stałe			
A	0,078	0,000	0,100
B	0,259	--	0,331
C	0,078	--	0,100
śnieg			
A	0,009	0,000	0,011
B	0,029	--	0,037
C	0,009	--	0,011
wiatr			
A	0,059	0,000	0,000
B	0,196	--	0,000
C	0,059	--	0,000
montażowe			
A	0,296	0,000	0,379
B	0,374	--	0,477
C	-0,054	--	-0,068

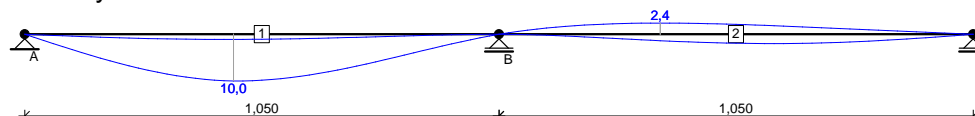
Ekstremalne reakcje podporowe:

	$R_z$ [kN]	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	kombinacja
A	<b>0,533</b>	0,000	<b>0,683</b>	<b>K14:</b> 0,85·1,35·stałe+1,5·montażowe
B	<b>0,858</b>	--	<b>1,096</b>	<b>K14:</b> 0,85·1,35·stałe+1,5·montażowe
C	<b>0,184</b>	--	0,123	<b>K13:</b> 0,85·1,35·stałe+1,5·wiatr+1,5·0,5·śnieg
	<b>-0,003</b>	--	<b>-0,003</b>	<b>K20:</b> 1,0·stałe+1,5·montażowe
	0,112	--	<b>0,143</b>	<b>K2:</b> 1,35·stałe+1,5·0,5·śnieg

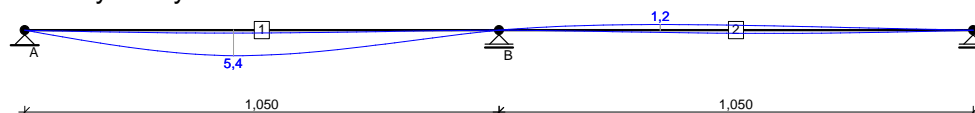
**Obwiednia SGU charakterystyczna:**

Wykres przemieszczeń chwilowych [mm]:

Płaszczyzna xz:



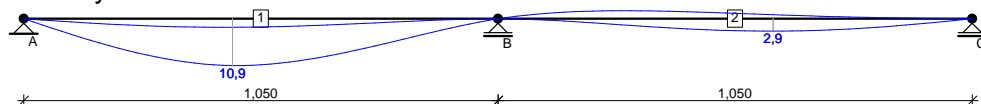
Płaszczyzna xy:



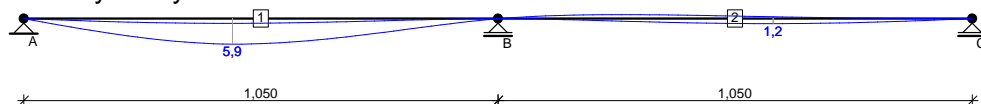
### Obwiednia SGU quasi-stała + p.2.2.3(3) EN 1995-1-1:

Wykres przemieszczeń końcowych [mm]:

Płaszczyzna xz:



Płaszczyzna xy:



### Lata 50x32 mm

→  $A = 16,0 \text{ cm}^2$ ,  $W_y = 8,5 \text{ cm}^3$ ,  $W_z = 13,3 \text{ cm}^3$ ,  $J_y = 13,7 \text{ cm}^4$ ,  $J_z = 33,3 \text{ cm}^4$ ,  $J_{\text{tor}} = 32,9 \text{ cm}^4$ ,  $m = 0,6 \text{ kg/m}$

Drewno lite iglaste **C18** wg PN-EN 338:2016-06

→  $f_{t,0,k} = 10 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,k} = 18 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,k} = 18 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 3,4 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,\text{mean}} = 9 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 320 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_{\text{mean}} = 380 \text{ kg/m}^3$

### SGN - Zginanie:

Decyduje kombinacja: **K14**: 0,85·1,35·stałe+1,5·montażowe →  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{\text{mod}} = 1,10$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju  $x = 0,45 \text{ m}$  na pręcie 1:

$$M_{y,d} = 0,218 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 25,60 \text{ MPa}$$

$$M_{z,d} = 0,280 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,z,d} = 21,01 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$k_{h,y} = 1,300; \quad f_{m,y,d} = k_{h,y} \cdot (k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 19,80 \text{ MPa}$$

$$k_{h,z} = 1,246; \quad f_{m,z,d} = k_{h,z} \cdot (k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 18,97 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 1,293 + 0,775 = 2,068 > 1$$

$$k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,905 + 1,107 = 2,012 > 1$$

### SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

Decyduje kombinacja: **K14**: 0,85·1,35·stałe+1,5·montażowe →  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{\text{mod}} = 1,10$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju  $x = 0,45 \text{ m}$  na pręcie 1:

$$M_{y,d} = 0,218 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 25,60 \text{ MPa}$$

$$M_{z,d} = 0,280 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,z,d} = 21,01 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{\text{ef}} = 1,05 \text{ m}; \quad k_{\text{crit}} = 1,000; \quad k_{c,y} = 0,229; \quad k_{c,z} = 0,501; \quad k_{h,y} = 1,300$$

$$f_{m,y,d} = k_{h,y} \cdot (k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 19,80 \text{ MPa}; \quad k_{h,z} = 1,246$$

$$f_{m,z,d} = k_{h,z} \cdot (k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 18,97 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d})^2 + (\sigma_{m,z,d} / (k_{\text{crit}} \cdot f_{m,z,d}))^2 = 1,672 + 1,107 = 2,779 > 1$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + (\sigma_{m,z,d} / (k_{\text{crit}} \cdot f_{m,z,d}))^2 = 1,293 + 1,226 = 2,519 > 1$$

### SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K14**: 0,85·1,35·stałe+1,5·montażowe →  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{\text{mod}} = 1,10$

Siły poprzeczne i odpowiadające naprężenia dla przekroju  $x = 1,05 \text{ m}$  na pręcie 1:

$$k_{\text{cr}} = 0,67$$

$$V_{z,d} = 0,628 \text{ kN}, \quad \tau_{z,d} = 0,88 \text{ MPa}$$

$$V_{y,d} = 0,803 \text{ kN}, \quad \tau_{y,d} = 1,12 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 2,88 \text{ MPa}$$

$$(\tau_{z,d} / f_{v,d})^2 + (\tau_{y,d} / f_{v,d})^2 = 0,093 + 0,153 = 0,246 < 1$$

### SGU - Ugięcie chwilowe:

Decyduje kombinacja: **K26**: stałe+montażowe

Wartości dla przekroju  $x = 0,46 \text{ m}$  na pręcie 1:

$$u_{\text{inst}} = (u_{\text{inst},z}^2 + u_{\text{inst},y}^2)^{0,5} = 11,4 \text{ mm} > u_{\text{inst},\text{lim}} = 1050 / 350 = 3,0 \text{ mm} \quad (379,5\%)$$

### SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K32**: 1,8·stałe+1,0·montażowe

Wartości dla przekroju  $x = 0,46 \text{ m}$  na pręcie 1:

$$u_{\text{fin}} = (u_{\text{fin},z}^2 + u_{\text{fin},y}^2)^{0,5} = 12,4 \text{ mm} > u_{\text{fin},\text{lim}} = 1050 / 200 = 5,3 \text{ mm} \quad (236,0\%)$$

### Wniosek :

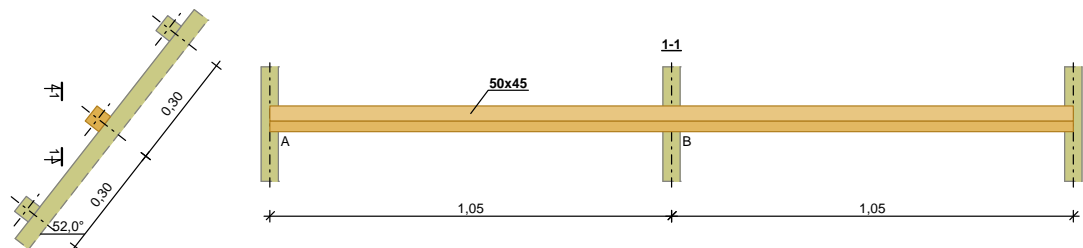
Łaty nie spełniają wymogów SGN i SGU , wymagają wymiany.

### Łata – wymagany przekrój : Łata 50x45 mm

Sprawdzenie proponowanej łaty :

DANE – j.w. :

Szkic



Kąt nachylenia połaci dachowej  $\alpha = 52,0^\circ$

Rozstaw łąt  $l = 0,30$  m

Rozstaw osiowy podparć  $a = 1,05$  m

### Dane materiałowe:

Drewno lite iglaste - przyjęto dla materiału użytego do remontu **C24** wg PN-EN 338:2016-06

### Łata 50x45 mm

#### Obciążenia:

Pokrycie dachu  $g_1 = 0,900$  kN/m<sup>2</sup>

Uwzględniono ciężar własny elementu

Obciążenie warstwami wykończeniowymi  $g_2 = 0,150$  kN/m<sup>2</sup>

Obciążenie śniegiem  $s = 0,192$  kN/m<sup>2</sup>

Obciążenie wiatrem - przypadek (i)

- ciśnienie zewnętrzne (Obciążenie wiatrem na powierzchnię zewnętrzną w polu F połaci dachu dwuspadowego wg PN-EN 1991-1-4/7.2.5 (strefa 1,  $A=300$  m n.p.m.  $\rightarrow v_{b,0}=22$  m/s, teren II,  $z_e=h=10,0$  m,  $c_o=1$ ,  $c_r=1,01$ , wymiary dachu  $h=10,0$  m,  $d=10,0$  m,  $b=10,0$  m, nachylenie połaci  $\alpha=52,0^\circ$ ,  $\theta=0^\circ \rightarrow q_p=0,712$  kPa,  $c_{scd}=1,000$ ,  $c_{pe}=0,70$ ) [ $0,50$  kN/m<sup>2</sup>])

$w_e = 0,498$  kN/m<sup>2</sup>

- ciśnienie wewnętrzne  $w_i = 0,000$  kN/m<sup>2</sup>

Obciążenie wiatrem - przypadek (ii)

- ciśnienie zewnętrzne  $w_e = 0,000$  kN/m<sup>2</sup>

- ciśnienie wewnętrzne  $w_i = 0,000$  kN/m<sup>2</sup>

Obciążenie użytkowe powierzchni dachu  $q = 0,000$  kN/m<sup>2</sup>

Obciążenie montażowe  $F = 1,00$  kN

#### Założenia obliczeniowe:

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)

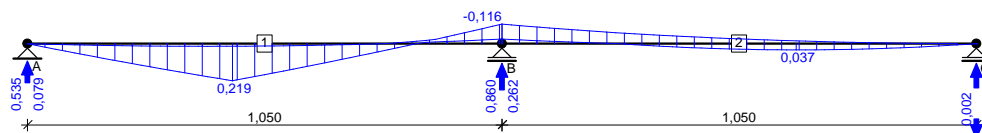
Klasa niezawodności konstrukcji - RC2

Klasa użytkowania konstrukcji - 2

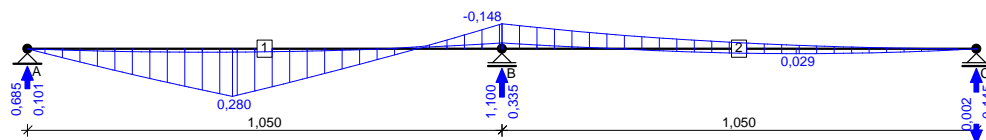
### WYNIKI:

Obwiednia momentów zginających [kNm]:

Płaszczyzna xz:



Płaszczyzna xy:



Reakcje podporowe dla poszczególnych przypadków:

podpora	$R_z$ [kN]	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]
stałe			
A	0,079	0,000	0,101
B	0,262	--	0,335
C	0,079	--	0,101
śnieg			
A	0,009	0,000	0,011
B	0,029	--	0,037
C	0,009	--	0,011
wiatr			
A	0,059	0,000	0,000
B	0,196	--	0,000
C	0,059	--	0,000
montażowe			
A	0,296	0,000	0,379
B	0,373	--	0,477
C	-0,054	--	-0,068

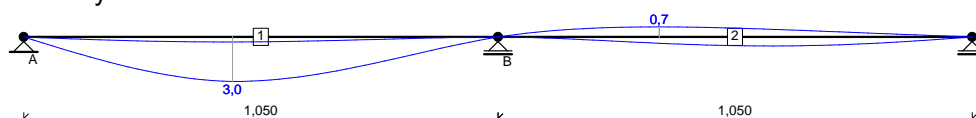
Ekstremalne reakcje podporowe:

	$R_z$ [kN]	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	kombinacja
A	<b>0,535</b>	0,000	<b>0,685</b>	<b>K14</b> : 0,85·1,35·stałe+1,5·montażowe
B	<b>0,860</b>	--	<b>1,100</b>	<b>K14</b> : 0,85·1,35·stałe+1,5·montażowe
C	<b>0,185</b>	--	0,124	<b>K13</b> : 0,85·1,35·stałe+1,5·wiatr+1,5·0,5·śnieg
	<b>-0,002</b>	--	<b>-0,002</b>	<b>K20</b> : 1,0·stałe+1,5·montażowe
	0,113	--	<b>0,145</b>	<b>K2</b> : 1,35·stałe+1,5·0,5·śnieg

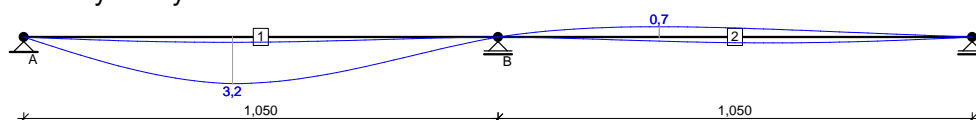
**Obwiednia SGU charakterystyczna:**

Wykres przemieszczeń chwilowych [mm]:

Płaszczyzna xz:



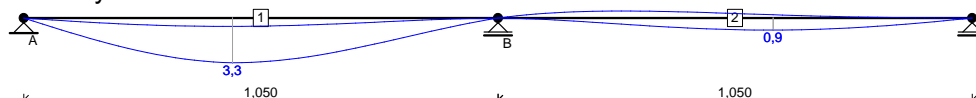
Płaszczyzna xy:



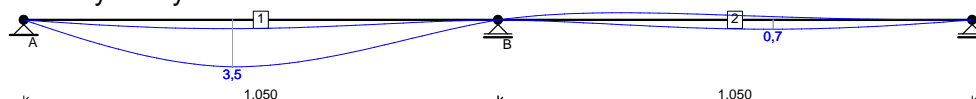
**Obwiednia SGU quasi-stała + p.2.2.3(3) EN 1995-1-1:**

Wykres przemieszczeń końcowych [mm]:

Płaszczyzna xz:



Płaszczyzna xy:



**Łata 50x45 mm**

→  $A = 22,5 \text{ cm}^2$ ,  $W_y = 16,9 \text{ cm}^3$ ,  $W_z = 18,8 \text{ cm}^3$ ,  $J_y = 38,0 \text{ cm}^4$ ,  $J_z = 46,9 \text{ cm}^4$ ,  $J_{\text{tor}} = 70,4 \text{ cm}^4$ ,  $m = 0,9 \text{ kg/m}$

Drewno lite iglaste **C24** wg PN-EN 338:2016-06

→  $f_{t,0,k} = 14,5 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 4 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,\text{mean}} = 11 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_{\text{mean}} = 420 \text{ kg/m}^3$



SGN - Zginanie:

Decyduje kombinacja: **K14**: 0,85·1,35·stałe+1,5·montażowe →  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{mod} = 1,10$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,45 m** na pręcie 1:

$$M_{y,d} = 0,219 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 12,97 \text{ MPa}$$

$$M_{z,d} = 0,280 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,z,d} = 14,95 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$k_{h,y} = 1,272; \quad f_{m,y,d} = k_{h,y} \cdot (k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 25,84 \text{ MPa}$$

$$k_{h,z} = 1,246; \quad f_{m,z,d} = k_{h,z} \cdot (k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 25,30 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,502 + 0,414 = 0,916 < 1$$

$$k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,351 + 0,591 = 0,942 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwężenie:

Decyduje kombinacja: **K14**: 0,85·1,35·stałe+1,5·montażowe →  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{mod} = 1,10$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,45 m** na pręcie 1:

$$M_{y,d} = 0,219 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 12,97 \text{ MPa}$$

$$M_{z,d} = 0,280 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,z,d} = 14,95 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 1,05 \text{ m}; \quad k_{crit} = 1,000; \quad k_{c,y} = 0,442; \quad k_{c,z} = 0,523; \quad k_{h,y} = 1,272$$

$$f_{m,y,d} = k_{h,y} \cdot (k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 25,84 \text{ MPa}; \quad k_{h,z} = 1,246$$

$$f_{m,z,d} = k_{h,z} \cdot (k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 25,30 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d})^2 + \sigma_{m,z,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,z,d}) = 0,252 + 0,591 = 0,843 < 1$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + (\sigma_{m,z,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,z,d}))^2 = 0,502 + 0,349 = 0,851 < 1$$

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K14**: 0,85·1,35·stałe+1,5·montażowe →  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{mod} = 1,10$

Siły poprzeczne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 1,05 m** na pręcie 1:

$$k_{cr} = 0,67$$

$$V_{z,d} = 0,629 \text{ kN}, \quad \tau_{z,d} = 0,63 \text{ MPa}$$

$$V_{y,d} = 0,805 \text{ kN}, \quad \tau_{y,d} = 0,80 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 3,38 \text{ MPa}$$

$$(\tau_{z,d} / f_{v,d})^2 + (\tau_{y,d} / f_{v,d})^2 = 0,034 + 0,056 = 0,090 < 1$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K32**: 1,8·stałe+1,0·montażowe

Wartości dla przekroju **x = 0,46 m** na pręcie 1:

$$u_{fin} = (u_{fin,z}^2 + u_{fin,y}^2)^{0,5} = 4,8 \text{ mm} < u_{fin,lim} = 1050 / 200 = 5,3 \text{ mm} \quad (90,9\%)$$

**Uwaga :**

Ze względu na brak możliwości wykonania odkrywek nie sprawdzono nośności płatwi. Nośność płatwi należy sprawdzić w ramach projektu remontu, modernizacji obiektu.

## **7. WNIOSKI**

- 7.1 Istniejące pokrycie dachu wykonane z dachówki ceramicznej, karpiówki układanej podwójnie w koronkę jest w złym stanie technicznym i wymaga naprawy.  
Naprawy wymagają również obróbki blacharskie i rynny.
- 7.2 Istniejące warstwy ocieplenia połaci dachowych i stropodachy w częściach poddaszy użytkowych nie spełniają obowiązujących warunków technicznych. Połacie dachu oraz stropodach wymaga dodatkowego ocieplenia.
- 7.3 Przekroje elementów konstrukcyjnych : łąt, słupów drewnianych, są niewystarczające w świetle obecnie obowiązujących warunków normowych, elementy te wymagają wzmocnienia. Dodatkowo dla zwiększenia sztywności krokwi, ograniczenia ugięć chwilowych i zwiększenia ich nośności zaleca się wykonać wzmocnienie za pomocą np. nadbitek z desek szerokości 110 i grubości 38mm.  
W analizie przyjęto obciążenia jak dla istniejących warstw ocieplenia sufitów :  $g_k = 0,20 \text{ kN/m}^2$  .W przypadku zmiany warstw ocieplenia i wykończenia (np. na dwie warstwy płyt GKF) obciążenia przyjmowane w projekcie remontu należy odpowiednio zwiększyć.  
Ze względu na brak możliwości wykonania odkrywek nie sprawdzono nośności płatwi.  
Nośność płatwi należy sprawdzić w ramach projektu remontu, modernizacji obiektu.
- 7.4 Obecny stan techniczny konstrukcji dachu nie pozwala na obciążenie jej dodatkowo ciężarem paneli fotowoltaicznych.
- 7.5 Obiekt, w szczególności pomieszczenia znajdujące się w obszarze poddaszy użytkowych, należy dostosować do obowiązujących wymogów dot. ochrony p.pożarowej : nośności ogniowej (R), szczelności ogniowej (E) oraz izolacyjności ogniowej (I). Warunki ochrony p.pożarowej należy uzgodnić z Rzeczoznawcą ds. zabezpieczeń pożarowych.

## **8. ZALECENIA.**

Zaleca się uwzględnieni w projekcie remontu i termomodernizacji obiektu następujących prac związanych z konstrukcją dachu :

- 8.1 Prac związanych z pokryciem dachu :
- Przełożenie i uzupełnienia całości pokrycia z dachówki.
  - Przedłużenie pokrycia dachu nad projektowane grubości ocieplenie ścian szczytowych.
  - Wykonanie nowych obróbek blacharskich oraz kołnierzy szczelnych przy kominach i oknach dachowych.
- 8.2 Wykonanie nowych warstw izolacji połaci dachowych w pomieszczeniach użytkowych :
- Wymianę łąt, ułożenie kontrłąt.

- Wykonanie nadbitek krokwi.
  - Ułożenie membrany dachowej. Zaleca się dobrać membranę o parametrach : przepuszczalności (min. 1000 g/m<sup>2</sup>/24h), gramaturze  $\geq 200$  g/m<sup>2</sup>, odporności na rozerwanie minimum 200N w kierunku wzdłużnym i poprzecznym. Membranę łączyć odpowiednimi, systemowymi taśmami.
  - Zabudowanie wymaganej dla zapewnienia normowego współczynnika przenikania ciepła izolacji termicznej.
  - Wykonanie sufitów z płyt gipsowo-kartonowych o podwyższonej odporności pożarowej.
- 8.3 Zaleca się wzmocnienie konstrukcji dachu np. poprzez wykonanie nadbitek krokwi z desek 110/38mm, rozbudowanie przekroju słupów i płatwi.
- 8.4 Zaleca się, aby odciążyć stropy poddaszy poprzez usunięcie warstw polepy. Dla zapewnienia odporności pożarowej całego stropodachu należy górną powierzchnię stropu II piętra pokryć np. płytami Promatect lub równoważnych. Grubości zabezpieczeń dla R30 uzgodnić z dostawcą przyjętego systemu.
- 8.5 W trakcie prowadzenia prac należy ocenić stan techniczny wszystkich odsłanianych elementów drewnianej konstrukcji : belki stropowe, płatwie, murlaty. Elementy uszkodzone należy wzmocnić lub wymienić.
- 8.6 Uszkodzone tynki ścian zewnętrznych oraz kominów należy wymienić. Należy rozważyć możliwość wyburzenia komina wyprowadzonego w połaci tylnej (fot. 13). Przewody wentylacyjne wyprowadzić można w tym wypadku w postaci dedykowanych dla pokryć z dachówki, systemowych kształtek (kominków) wentylacyjnych.
- 8.7 Ze względu na zakres wymaganych prac wzmacniających, prace te należy prowadzić w oparciu o szczegółowy projekt techniczny i wykonawczy branży konstrukcyjnej. W przypadku podjęcia decyzji o montażu paneli fotowoltaicznych w projekcie wzmocnienia i remontu dachu należy dodatkowo uwzględnić tę instalację w zestawieniu obciążeń.
- 8.8 Zaleca się , w ramach termomodernizacji, wykonanie dla całego obiektu wentylacji mechanicznej z odpowiednim systemem rekuperacji.

Opracował :                      mgr inż. Grzegorz Komraus                      .....

   mgr inż. Tomasz Kozielski                      .....

Orzesze , 05 grudzień 2023r.