

nazwa elementu projektu budowlanego	EKSPERTYZA KONSTRUKCYJNA PROJEKT WZMOCNIENÍ
nazwa zamierzenia budowlanego	REMONT ELEWACJI, DACHU, WIĘŻBY DACHOWEJ BUDYNKU MIESZKALNEGO, WIELORODZINNEGO MIESZCZĄCEGO SIĘ PRZY UL. DR JÓZEFA BABIŃSKIEGO 23 W KRAKOWIE.
adres	KRAKÓW, UL. DR JÓZEFA BABIŃSKIEGO 29/23
kategoria obiektu budowlanego	XIII
nazwa jednostki ewidencyjnej nazwa i nr obrębu ewidencyjnego nr działki ewidencyjnej objętej wnioskiem identyfikator działki	PODGÓRZE OBRĘB 0070 DZIAŁKA NR 1/31 126104_9.0070.1/31
dane inwestora:	MAŁOPOLSKIE PARKI PRZEMYSŁOWE SP. Z O O.
adres inwestora:	KRAKÓW, UL. BABIŃSKIEGO 29/24/2A



ZAKRES OPRACOWANA	PEŁNIONA FUNKCJA PROJEKTANTA	IMIĘ I NAZWISKO, SPECJALNOŚĆ NR UPRAWNIEŃ BUDOWLANÝCH	DATA OPRACOWANIA /SPRAWDZENIA	PODPIS
KONSTRUKCJA	PROJEKTANT	mgr inż. Rafał Grzywacz	KWIECIEŃ 2023	
	SPEC. UPRAWNIEŃ	Konstrukcyjno-budowlane do projektowania bez ograniczeń		
	NR UPRAWNIEŃ	MAP/0018/POOK/06		



MAŁOPOLSKA
OKRĘGOWA
IZBA
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA

Kraków, dnia 21 czerwca 2006 r.

MAP OIIB/KK/0054-0021/06

DECYZJA

Na podstawie art.24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów (*Dz. U. z 2001 r. Nr 5 poz. 42, z późn. zm.*), art. 12 ust. 1 pkt 1 i 5, art. 12 ust. 3, art. 13 ust. 1 pkt 1 oraz art. 13 ust. 4, art. 14 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (*tekst jednolity: Dz. U. z 2003 r. Nr 207 poz. 2016 z późn. zm.*), § 3 ust. 1, § 12 ust 1 i § 17 ust. 1 pkt 1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 18 maja 2005 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (*Dz. U. z 2005 r. Nr 96, poz. 817*), w związku z § 28 ust. 1 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (*Dz. U. z 2006 r. Nr 83 poz. 578*) oraz art. 104 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego (*tekst jednolity: Dz. U. z 2000 r. Nr 98, poz. 1071 z późn. zm.*).

Małopolska Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna stwierdza, że

Pan mgr inż. **Rafał Grzywacz**
urodzony dnia 30.10.1975 r. w Radomiu
uzyskał

UPRAWNIENIA BUDOWLANE

numer ewidencyjny MAP/0018/POOK/06

**do projektowania bez ograniczeń
w specjalności konstrukcyjno - budowlanej.**

UZASADNIENIE

Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Krakowie na podstawie protokołów z postępowania kwalifikacyjnego oraz z przeprowadzonego egzaminu, stwierdziła, że Pan Rafał Grzywacz posiada wymagane prawem wykształcenie i praktykę zawodową konieczną do uzyskania uprawnień budowlanych w wyżej wymienionej specjalności i uzyskał pozytywny wynik egzaminu na uprawnienia budowlane. Szczegółowy zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na odwozie decyzji.

POUCZENIE

Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Krakowie w terminie 14 dni od daty jej doręczenia.

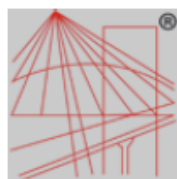
Skład Orzekający
Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej:

1. Przewodniczący Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej
dr inż. Stanisław Karczmarczyk
2. Członek Składu Orzekającego
mgr inż. arch. Elżbieta Gabrys
3. Członek Składu Orzekającego
dr inż. Marian Plachecki

Otrzymują:

1. Pan Rafał Grzywacz
ul. Prof. Bartla 19C/10
30-389 Kraków
2. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego
3. a/a





P O L S K A
I Z B A
I N Ż Y N I E R Ó W
B U D O W N I C T W A

Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

MAP-5E7-DWG-7GW *

Pan Rafał Grzywacz o numerze ewidencyjnym MAP/BO/0677/06
adres zamieszkania ul. Siodowa 11/21, 30-376 Kraków
jest członkiem Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2022-10-01 do 2023-09-30.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2022-09-13 roku przez:

Mirosław Boryczko, Przewodniczący Rady Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78¹ K.c.

§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarczy złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej i opatrzenie go
kwalifikowanym podpisem elektronicznym.

§ 2. Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie pisemnej.

* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na
stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa www.piib.org.pl lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów
Budownictwa.



Weryfikacja poprawności danych
zaświadczenia
dokonała się pomyślnie

Spis Treści

1	Wprowadzenie i podstawy opracowania	2
2	Cel ekspertyzy	2
3	Opis i lokalizacja inwestycji.....	3
4	Ocena techniczna elementów konstrukcji	5
5	Analiza statyczno-wytrzymałościowa	10
6	Wnioski ekspertyzy technicznej i sposób wzmocnienia.....	45

1 Wprowadzenie i podstawy opracowania

Niniejsza ekspertyza techniczna jest integralną częścią projektu architektonicznego „Remont elewacji, dachu, więźby dachowej budynku mieszkalnego, wielorodzinnego mieszczącego się przy ul. Dr Józefa Babińskiego 23 w Krakowie” i została wykonana w kwietniu 2023 roku na podstawie:

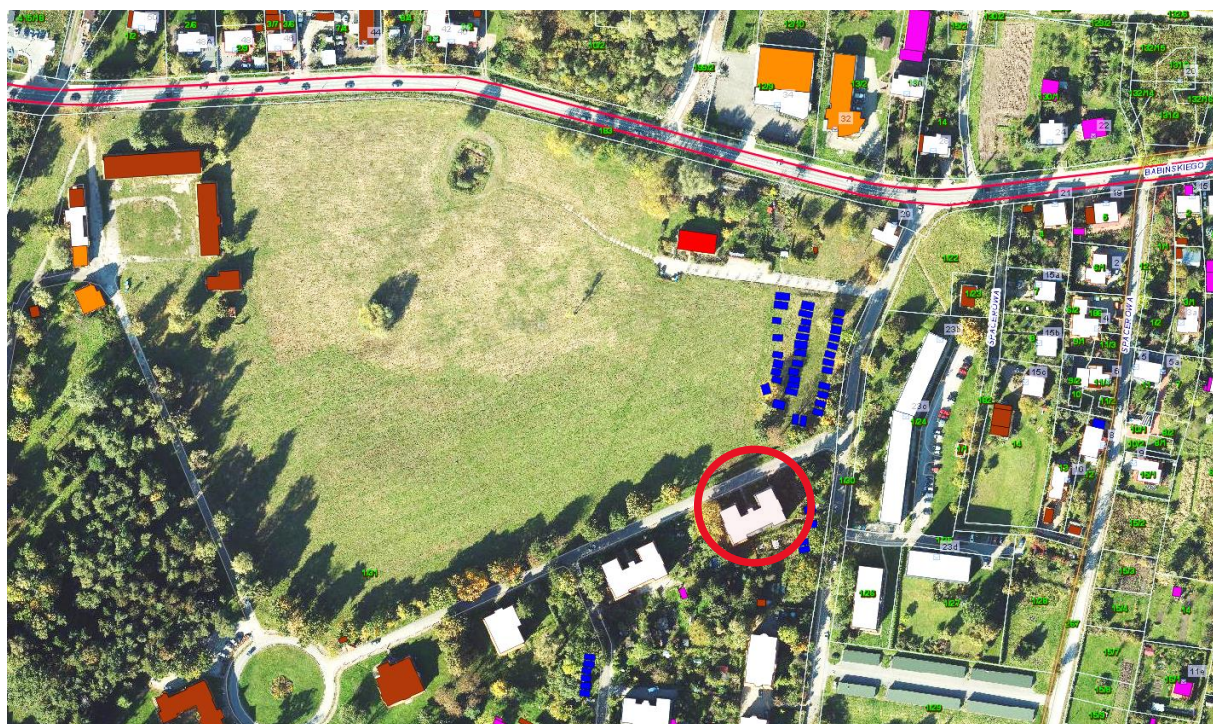
- [1] Projektu architektonicznego FHU Koliber autorstwa mgr inż. arch. Ewa Janik;
- [2] Udostępnionej inwentaryzacji architektonicznej;
- [3] Wizji lokalnych i dokumentacji zdjęciowej wykonanej na miejscu inwestycji w miesiącu kwietniu 2023 roku;
- [4] Obowiązujących norm obciążeniowych budowli oraz norm do projektowania i wymiarowania konstrukcji drewnianych, murowych, betonowych i żelbetowych, normy określające warunki posadowienia bezpośredniego budowli,
- [5] Literatury przedmiotowej, tablic projektowych, kart materiałowych oraz zasad sztuki budowlanej.

2 Cel ekspertyzy

Ekspertyza techniczna konstrukcji dotyczy oceny stanu technicznego oraz zgodność z aktualnymi normami głównych elementów konstrukcji drewnianej dachu w budynku przy ul. Babińskiego 23 w Krakowie.

Elementy konstrukcyjne będące w zakresie zmian poddano ocenie stanu technicznego, a następnie analizie statyczno-wytrzymałościowej, na podstawie, której sformułowano wnioski i zalecenia.

3 Opis i lokalizacja inwestycji



Orientacyjna lokalizacja budynku

Przedmiotowy budynek jest budynkiem mieszkalnym, wielorodzinnym dwukondygnacyjnym, podpiwniczonym z poddaszem nieużytkowym. Budynek zlokalizowany jest na terenie założenia szpitalno–parkowego w Krakowie-Kobierzynie, przy ul. dr Józefa Babińskiego 29 wpisanego do rejestru zabytków pod numerem A-893 w 1991r.

Budynek w rzucie podstawy jest w kształcie litery H – część środkowa frontowa, z poszerzeniami części po bokach. Kondygnacje niższe budynku wzniesiono w technologii tradycyjnej ze ścianami murowanymi z cegły pełnej. Całość budynku przekryta jest dachem dwuspadowym, wielopołaciowym o drewnianych wiązarach wieszarowych i pokrytym dachówką ceramiczną.



Fot. 1 Elewacja frontowa budynku



Fot. 2 Elewacja wschodnia



Fot. 3 Elewacja zachodnio-północna

4 Ocena techniczna elementów konstrukcji

Ocena techniczna obejmowała elementy konstrukcji dachu drewnianego poddasza dostępne w chwili wykonywania wizji lokalnej.

W chwili wykonywania wizji lokalnych na połaciach dachu nie stwierdzono żadnych warstw izolacji. Istniejące stare dachówki posiadają liczne uszkodzenia i nieszczelności. Częściowo na połaciach zachodnich i południowych wymieniono starą dachówkę na nową ceramiczną.

Na elementach konstrukcji drewnianych widoczne lokalne ślady zacieków i korozji biologicznej. Lokalne występują ślady przecieków wskazujące na nieszczelności w okresie wzmożonych opadów atmosferycznych w szczególności w rejonie obróbki okien i kominów.

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji in situ można stwierdzić, że zasadniczo stan ogólny tych elementów konstrukcyjnych jest dostateczny (poza miejscami zacieków).



Fot. 4 Widok połaci z wymienioną dachówką



Fot. 5 Widok połaci z niewymienioną dachówką



Fot. 6 Widok elementów porażonych korozją biologiczną w rejonie komina



Fot. 7 Widoczne ślady zacieków na elementach pod oknami



Fot. 8 Widok wiązara wieszarowego w części frontowej



Fot. 9 Układ tramów w części skrzydłowej budynku



Fot. 10 Oparcie belki drewnianej w okolicy muru ścianki kolankowej



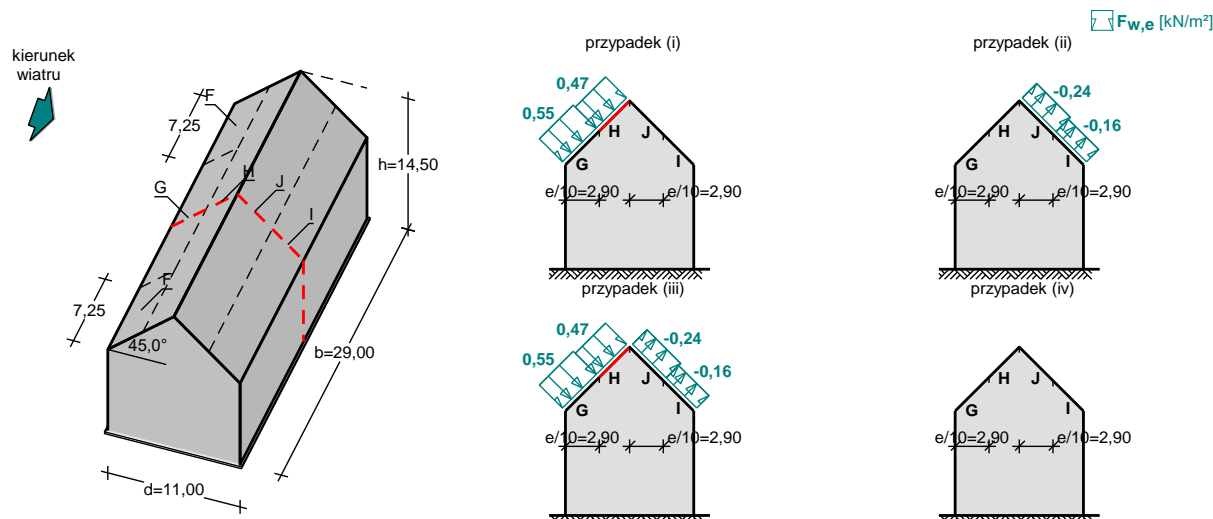
Fot. 11 Nieprawidłowe, uszkodzone mocowanie wymianów

5 Analiza statyczno-wytrzymałościowa

Obciążenia Stałe

L.p.	Opis oddziaływania	Wartość char. kN/m^2
1.	Dachówka ceramiczna holenderska i klasztorna, karpiówka (pojedyncza) $[0,900\text{kN/m}^2]$	0,90
2.	Warstwy	0,20
$\Sigma:$		1,10

Obciążenie wiatrem wg PN-EN 1991-1-4 / Dachy dwuspadowe - ciśnienie zewnętrzne (7.2.5)



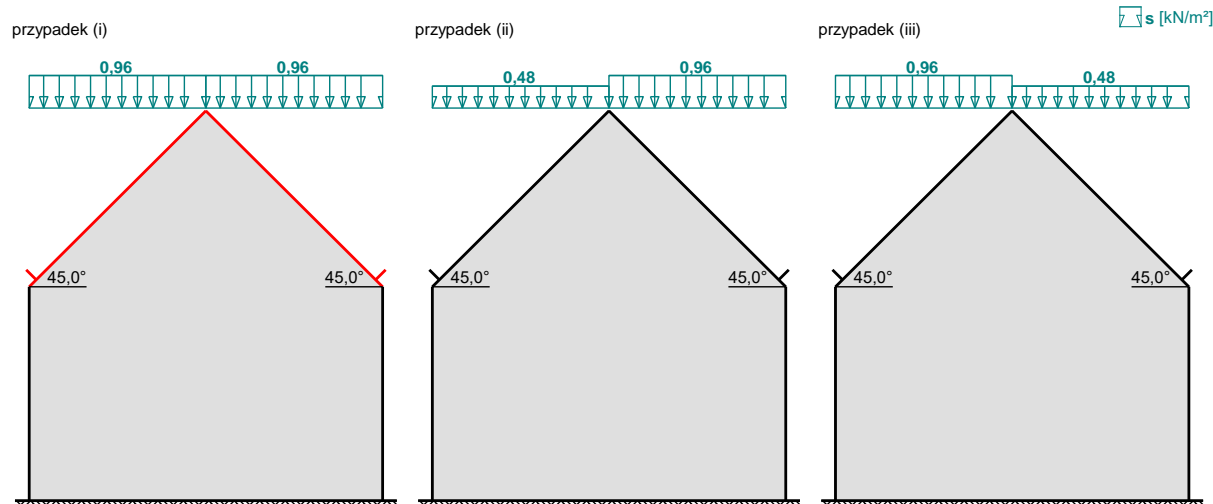
Połąć w przekroju $x/b = 0,50$ - pole H - parcie:

- Dach dwuspadowy o wymiarach: $b = 29,00$ m, $d = 11,00$ m, kąt nachylenia połaci $\alpha = 45,0^\circ$
- Budynek o wysokości $h = 14,50$ m
- Wymiar $e = \min(b, 2 \cdot h) = 29,0$ m
- Wiatr wiejący na ścianę boczną ($\theta = 0^\circ$)
- Obliczany element: element konstrukcyjny
- Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru:
 - Strefa obciążenia wiatrem 1; $A = 250$ m n.p.m.
 - $v_{b,0} = 22$ m/s (wg załącznika krajowego)
- 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
- Kategoria terenu II $\rightarrow z_0 = 0,05$ m, $z_{min} = 2$ m
- Wysokość odniesienia: $z_e = h = 14,50$ m
- Współczynnik orografii: $c_o(z_e) = 1$
- Współczynnik turbulencji: $k_l = 1,0$
- Współczynnik terenu: $k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,190$
- Współczynnik chropowatości: $c_r(z_e) = k_r \cdot \ln(z_e/z_0) = 0,190 \cdot \ln(14,50/0,05) = 1,08$ (wg p.4.3.2 normy)
- Średnia prędkość wiatru: $v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_o(z_e) \cdot v_b = 23,70$ m/s
- Intensywność turbulencji: $I_v(z_e) = k_l / (c_o(z_e) \cdot \ln(z_e/z_0)) = 0,176$
- Gęstość powietrza: $\rho = 1,25$ kg/m³
- Szczytowe ciśnienie prędkości: $q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = 784,5$ Pa = 0,784 kPa
- Współczynnik konstrukcyjny: $c_{sCd} = 1,000$
- Współczynnik ciśnienia zewnętrznego: $c_{pe} = c_{pe,10} = 0,6$

Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:

$$F_{w,e} = c_{sCd} \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1,000 \cdot 0,784 \cdot 0,6 = \mathbf{0,47 \text{ kN/m}^2}$$

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



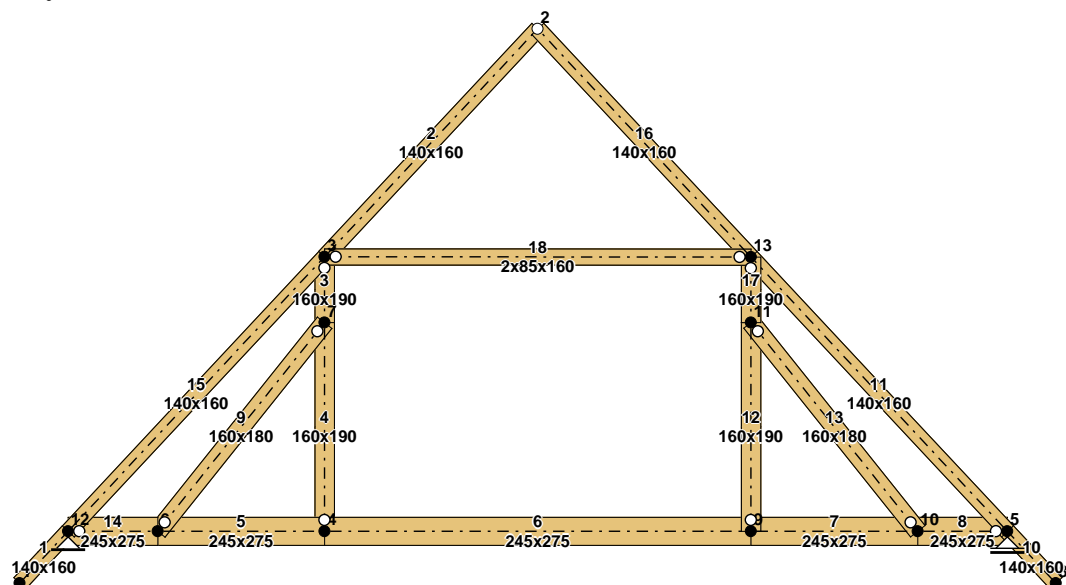
Cały dach - przypadek (i) - równomierny układ obciążenia:

- Dach dwupołaciowy
- Warunki lokalizacyjne: normalne, przypadek A (brak wyjątkowo obfitych opadów śniegu i brak wyjątkowych zamieci)
- Sytuacja obliczeniowa: trwała lub przejściowa
- Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu (wg załącznika krajowego):
 $s_k = 0,006 \cdot A - 0,6 = 0,900 \text{ kN/m}^2 < 1,2 \text{ kN/m}^2 \rightarrow s_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$
- Współczynnik ekspozycji:
Teren: normalny
 $C_e = 1,0$
- Współczynnik termiczny: $C_t = 1,0$
- Współczynnik kształtu dachu:
Kąt nachylenia połaci dachowej: $\alpha = 45,0^\circ$
Zabezpieczenie przed zsunięciem się śniegu z dachu
 $\mu_2 = 0,8 \cdot (60^\circ - \alpha) / 30^\circ = 0,8 \cdot (60^\circ - 45,0^\circ) / 30^\circ = 0,400 < 0,8 \rightarrow \mu_1 = 0,8$

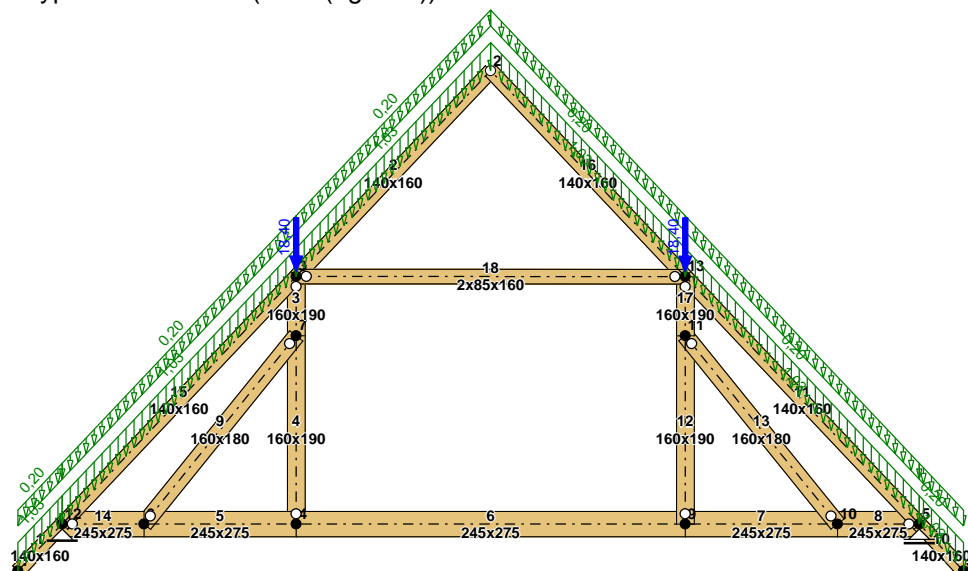
Obciążenie charakterystyczne śniegiem:

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

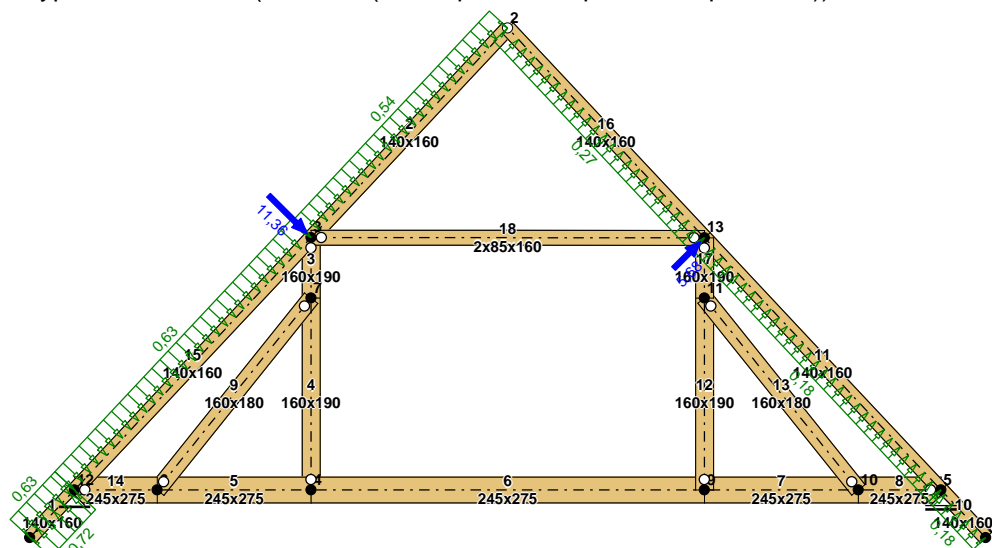
WIĄZAR WIESZAROWY GŁÓWNY



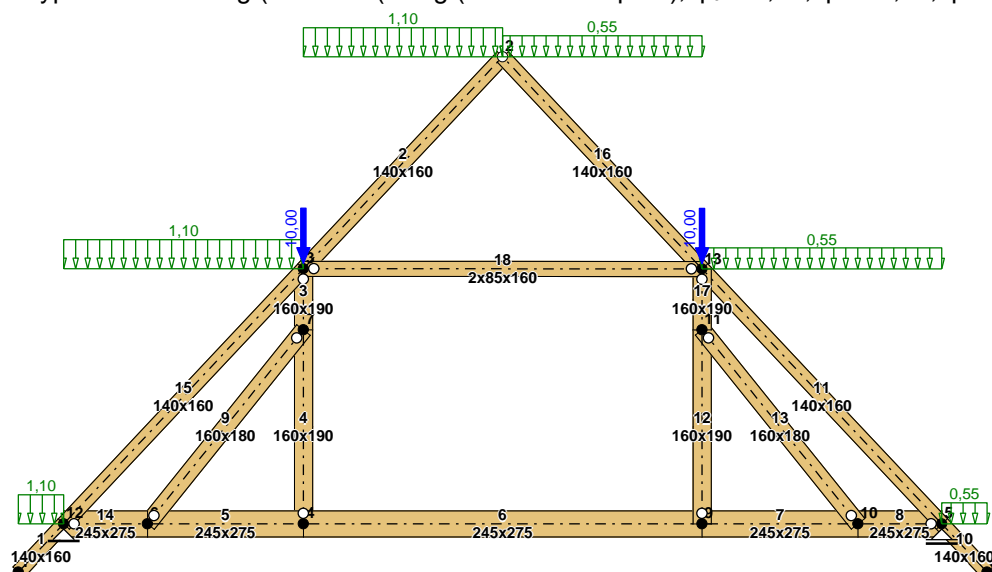
OBCIĄŻENIA: (wartości charakterystyczne)
Przypadek **G1**: Stałe (stałe (ogólnie))



Przypadek **Q1**: Wiatr (zmiennie (wiatr, $\psi_0 = 0,60$, $\psi_1 = 0,20$, $\psi_2 = 0,00$))



Przypadek **Q2**: Śnieg (zmiennie (śnieg ($H \leq 1000$ m n.p.m.), $\psi_0 = 0,50$, $\psi_1 = 0,20$, $\psi_2 = 0,00$))

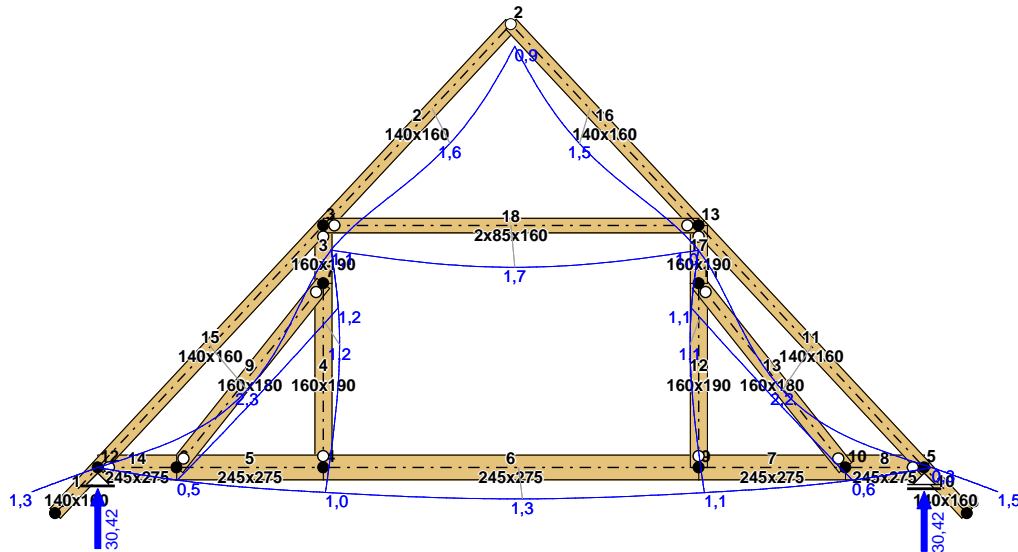


OBWIEDNIA EFEKTÓW ODDZIAŁYWAŃ dla kombinacji SGN podstawowa STR

[illegible]

OBWIEDNIA EFEKTÓW ODDZIAŁYWAŃ dla kombinacji SGU quasi-stała

Obwiednia przemieszczeń:



Wymiarowanie SGN/SGU wg PN-EN 1995-1-1

Pręt nr 2 (140x160)

→ $A = 224 \text{ cm}^2$, $W_y = 597 \text{ cm}^3$, $W_z = 523 \text{ cm}^3$, $J_y = 4779 \text{ cm}^4$, $J_z = 3659 \text{ cm}^4$, $J_{\text{tor}} = 6958 \text{ cm}^4$, $m = 9,41 \text{ kg/m}$

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 ze ściskaniem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K12**: 0,85·1,35·Stałe+1,5·Śnieg → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$N_{c,d} = 7,30 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,33 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -2,28 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 3,81 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,001 + 0,344 = 0,345 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyoboczenie:

Decyduje kombinacja: **K12**: 0,85·1,35·Stałe+1,5·Śnieg → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$N_{c,d} = 7,30 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,33 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -2,28 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 3,81 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ey} = 3,066 \text{ m}; \quad k_{c,y} = 0,596; \quad l_{ez} = 3,066 \text{ m}; \quad k_{c,z} = 0,490$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,056 + 0,344 = 0,400 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_{m,y} \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,069 + 0,241 = 0,310 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwężenie:

Decyduje kombinacja: **K12**: 0,85·1,35·Stałe+1,5·Śnieg → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$N_{c,d} = 7,30 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,33 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -2,28 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 3,81 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 3,07 \text{ m}; \quad k_{\text{crit}} = 1,000$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / (k_{\text{crit}} \cdot f_{m,y,d}) = 0,056 + 0,344 = 0,400 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d} / (k_{\text{crit}} \cdot f_{m,y,d}))^2 = 0,069 + 0,118 = 0,187 < 1$$

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K13**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Śnieg} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Wiatr} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,60$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,000 m**:

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

$$V_{z,d} = -4,15 \text{ kN}, \quad T_{z,d} = 0,41 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$

$$T_{z,d} = 0,41 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (22,5\%)$$

SGU - Ugięcie chwilowe:

Decyduje kombinacja: **K21**: $\text{Stałe} + \text{Wiatr} + 0,5 \cdot \text{Śnieg}$

Wartości dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$U_{inst} = (-) 10,0 \text{ mm} < U_{inst,lim} = 3066 / 300 = 10,2 \text{ mm} \quad (97,4\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K24**: Stałe

Wartości dla przekroju **x = 1,779 m**:

$$U_{fin} = (-) 1,5 \text{ mm} < U_{fin,lim} = 1,5 \cdot 3066 / 250 = 18,4 \text{ mm} \quad (8,2\%)$$

Pręt nr 3 (160x190)

$\rightarrow A = 304 \text{ cm}^2, W_y = 963 \text{ cm}^3, W_z = 811 \text{ cm}^3, J_y = 9145 \text{ cm}^4, J_z = 6485 \text{ cm}^4, J_{tor} = 12750 \text{ cm}^4, m = 12,8 \text{ kg/m}$

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

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

SGN - Zginanie ze ściskaniem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K15**: $1,0 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,644 m**:

$$N_{c,d} = 15,73 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,52 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 2,34 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 2,43 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,003 + 0,219 = 0,222 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

Decyduje kombinacja: **K15**: $1,0 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,644 m**:

$$N_{c,d} = 15,73 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,52 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 2,34 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 2,43 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ey} = 0,300 \text{ m}; l_{ez} = 2,300 \text{ m}; k_{c,z} = 0,798; k_m = 0,7$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,003 + 0,219 = 0,222 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,067 + 0,154 = 0,220 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

element zabezpieczony przed zwichrzeniem

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K15**: $1,0 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,60$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,000 m**:

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

$$V_{z,d} = -3,63 \text{ kN}, \quad T_{z,d} = 0,27 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$

$$T_{z,d} = 0,27 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (14,5\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K24**: Stałe

Wartości dla przekroju **x = 0,644 m**:

$$U_{fin} = 0,6 \text{ mm} < U_{fin,lim} = 1,5 \cdot 644 / 150 = 6,4 \text{ mm} \quad (9,5\%)$$

Pręt nr 4 (160x190)

$\rightarrow A = 304 \text{ cm}^2, W_y = 963 \text{ cm}^3, W_z = 811 \text{ cm}^3, J_y = 9145 \text{ cm}^4, J_z = 6485 \text{ cm}^4, J_{tor} = 12750 \text{ cm}^4, m =$

12,8 kg/m

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

→ $f_{t,0,k} = 14,5$ MPa, $f_{c,0,k} = 21$ MPa, $f_{m,k} = 24$ MPa, $f_{v,k} = 4$ MPa, $E_{0,mean} = 11$ GPa, $\rho_k = 350$ kg/m³, $\rho_{mean} = 420$ kg/m³

SGN - Zginanie ze ściskaniem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K15**: 1,0·Stałe+1,5·Wiatr → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$N_{c,d} = 21,86 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,72 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 2,34 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 2,43 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,006 + 0,219 = 0,225 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

Decyduje kombinacja: **K15**: 1,0·Stałe+1,5·Wiatr → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$N_{c,d} = 21,86 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,72 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 2,34 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 2,43 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ey} = 2,000 \text{ m}; \quad k_{c,y} = 0,911; \quad l_{ez} = 2,300 \text{ m}; \quad k_{c,z} = 0,798; \quad k_m = 0,7$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,081 + 0,219 = 0,301 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,093 + 0,154 = 0,247 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

element zabezpieczony przed zwichrzeniem

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K15**: 1,0·Stałe+1,5·Wiatr → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,000 m**:

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

$$V_{z,d} = 1,14 \text{ kN}, \quad \tau_{z,d} = 0,08 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$

$$\tau_{z,d} = 0,08 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (4,6\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K24**: Stałe

Wartości dla przekroju **x = 0,410 m**:

$$u_{fin} = 0,7 \text{ mm} < u_{fin,lim} = 1,5 \cdot 2051 / 250 = 12,3 \text{ mm} \quad (5,4\%)$$

Pręt nr 5 (245x275)

→ $A = 674$ cm², $W_y = 3088$ cm³, $W_z = 2751$ cm³, $J_y = 42460$ cm⁴, $J_z = 33702$ cm⁴, $J_{tor} = 63078$ cm⁴, $m = 28,3$ kg/m

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

→ $f_{t,0,k} = 14,5$ MPa, $f_{c,0,k} = 21$ MPa, $f_{m,k} = 24$ MPa, $f_{v,k} = 4$ MPa, $E_{0,mean} = 11$ GPa, $\rho_k = 350$ kg/m³, $\rho_{mean} = 420$ kg/m³

SGN - Zginanie z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K11**: 0,85·1,35·Stałe+1,5·Wiatr+1,5·0,5·Śnieg → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 1,638 m**:

$$N_{t,d} = 52,06 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,77 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 24,93 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 8,07 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,115 + 0,729 = 0,844 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

w elemencie nie występują siły ściskające

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

Decyduje kombinacja: **K11**: 0,85·1,35·Stałe+1,5·Wiatr+1,5·0,5·Śnieg → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 1,638 m**:

$$N_{t,d} = 52,06 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,77 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 24,93 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 8,07 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 2,19 \text{ m}; \quad k_{crit} = 1,000; \quad k_{c,y} = 0,989; \quad k_{c,z} = 0,204$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,69 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}) = 0,115 + 0,729 = 0,844 < 1$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + (\sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}))^2 = 0,115 + 0,531 = 0,647 < 1$$

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K16**: 1,0·Stałe+1,5·Wiatr+1,5·0,5·Śnieg → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,000 m**:

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

$$V_{z,d} = -11,83 \text{ kN}, \quad \tau_{z,d} = 0,39 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$

$$\tau_{z,d} = 0,39 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (21,3\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K24**: Stałe

Wartości dla przekroju **x = 1,638 m**:

$$u_{fin} = (-) 1,0 \text{ mm} < u_{fin,lim} = 1,5 \cdot 1638 / 250 = 9,8 \text{ mm} \quad (10,4\%)$$

Pręt nr 6 (245x275)

→ $A = 674 \text{ cm}^2$, $W_y = 3088 \text{ cm}^3$, $W_z = 2751 \text{ cm}^3$, $J_y = 42460 \text{ cm}^4$, $J_z = 33702 \text{ cm}^4$, $J_{tor} = 63078 \text{ cm}^4$,
 $m = 28,3 \text{ kg/m}$

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

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

SGN - Zginanie z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K11**: 0,85·1,35·Stałe+1,5·Wiatr+1,5·0,5·Śnieg → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$N_{t,d} = 53,04 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,79 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 24,93 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 8,07 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,118 + 0,729 = 0,846 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

w elemencie nie występują siły ściskające

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

Decyduje kombinacja: **K11**: 0,85·1,35·Stałe+1,5·Wiatr+1,5·0,5·Śnieg → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$N_{t,d} = 53,04 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,79 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 24,93 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 8,07 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 4,74 \text{ m}; \quad k_{crit} = 1,000; \quad k_{c,y} = 0,765; \quad k_{c,z} = 0,204$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,69 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}) = 0,118 + 0,729 = 0,846 < 1$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + (\sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}))^2 = 0,118 + 0,531 = 0,649 < 1$$

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K16**: 1,0·Stałe+1,5·Wiatr+1,5·0,5·Śnieg → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 4,187 m**:

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

$$V_{z,d} = 12,31 \text{ kN}, \quad \tau_{z,d} = 0,41 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$

$$\tau_{z,d} = 0,41 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (22,2\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K24**: Stałe

Wartości dla przekroju **x = 2,093 m**:

$$U_{fin} = (-) 1,3 \text{ mm} < U_{fin,lim} = 1,5 \cdot 4187 / 250 = 25,1 \text{ mm} \quad (5,1\%)$$

Pręt nr 7 (245x275)

→ $A = 674 \text{ cm}^2$, $W_y = 3088 \text{ cm}^3$, $W_z = 2751 \text{ cm}^3$, $J_y = 42460 \text{ cm}^4$, $J_z = 33702 \text{ cm}^4$, $J_{tor} = 63078 \text{ cm}^4$, $m = 28,3 \text{ kg/m}$

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

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

SGN - Zginanie z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$N_{t,d} = 55,31 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,82 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -24,18 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 7,83 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,123 + 0,707 = 0,830 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

w elemencie nie występują siły ściskające

SGN - Warunek stateczności - zwężenie:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$N_{t,d} = 55,31 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,82 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -24,18 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 7,83 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 1,64 \text{ m}; \quad k_{crit} = 1,000; \quad k_{c,y} = 0,989; \quad k_{c,z} = 0,204$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,69 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}) = 0,123 + 0,707 = 0,830 < 1$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + (\sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}))^2 = 0,123 + 0,500 = 0,622 < 1$$

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,000 m**:

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

$$V_{z,d} = -14,16 \text{ kN}, \quad \tau_{z,d} = 0,47 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$

$$\tau_{z,d} = 0,47 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (25,5\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K24**: Stałe

Wartości dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$U_{fin} = (-) 1,0 \text{ mm} < U_{fin,lim} = 1,5 \cdot 1638 / 250 = 9,8 \text{ mm} \quad (10,5\%)$$

Pręt nr 8 (245x275)

→ $A = 674 \text{ cm}^2$, $W_y = 3088 \text{ cm}^3$, $W_z = 2751 \text{ cm}^3$, $J_y = 42460 \text{ cm}^4$, $J_z = 33702 \text{ cm}^4$, $J_{tor} = 63078 \text{ cm}^4$, $m = 28,3 \text{ kg/m}$

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

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

SGN - Zginanie z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K12**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Śnieg}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$N_{t,d} = 44,03 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,65 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 2,40 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 0,78 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,098 + 0,070 = 0,168 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

w elemencie nie występują siły ściskające

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

Decyduje kombinacja: **K12**: 0,85·1,35·Stałe+1,5·Śnieg → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$N_{t,d} = 44,03 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,65 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 2,40 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 0,78 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 1,43 \text{ m}; \quad k_{crit} = 1,000; \quad k_{c,y} = 1,000; \quad k_{c,z} = 0,204$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,69 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}) = 0,098 + 0,070 = 0,168 < 1$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + (\sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}))^2 = 0,098 + 0,005 = 0,103 < 1$$

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K12**: 0,85·1,35·Stałe+1,5·Śnieg → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,879 m**:

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

$$V_{z,d} = 2,86 \text{ kN}, \quad \tau_{z,d} = 0,09 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$

$$\tau_{z,d} = 0,09 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (5,1\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K24**: Stałe

Wartości dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$u_{fin} = (-) 0,5 \text{ mm} < u_{fin,lim} = 1,5 \cdot 879 / 250 = 5,3 \text{ mm} \quad (9,9\%)$$

Pręt nr 9 (160x180)

→ $A = 288 \text{ cm}^2$, $W_y = 864 \text{ cm}^3$, $W_z = 768 \text{ cm}^3$, $J_y = 7776 \text{ cm}^4$, $J_z = 6144 \text{ cm}^4$, $J_{tor} = 11523 \text{ cm}^4$, $m = 12,1 \text{ kg/m}$

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

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

SGN - Zginanie z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K15**: 1,0·Stałe+1,5·Wiatr → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 1,365 m**:

$$N_{t,d} = 7,66 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,27 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 0,06 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 0,07 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,040 + 0,007 = 0,046 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

Decyduje kombinacja: **K12**: 0,85·1,35·Stałe+1,5·Śnieg → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 1,207 m**:

$$N_{c,d} = 4,41 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,15 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 0,06 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 0,07 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ey} = 2,625 \text{ m}; \quad k_{c,y} = 0,791; \quad l_{ez} = 2,625 \text{ m}; \quad k_{c,z} = 0,716; \quad k_m = 0,7$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,020 + 0,007 = 0,027 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,022 + 0,005 = 0,027 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

Decyduje kombinacja: **K15**: 1,0·Stałe+1,5·Wiatr → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 1,365 m**:

$$N_{t,d} = 7,66 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,27 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 0,06 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 0,07 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 2,98 \text{ m}; \quad k_{crit} = 1,000$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,69 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}) = 0,040 + 0,007 = 0,046 < 1$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + (\sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}))^2 = 0,040 + 0,000 = 0,040 < 1$$

SGN - Ścinanie:

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

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,000 m**:

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

$$V_{z,d} = -0,10 \text{ kN}, \quad T_{z,d} = 0,01 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$

$$T_{z,d} = 0,01 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (0,4\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K24**: Stałe

Wartości dla przekroju **x = 1,312 m**:

$$u_{fin} = (-) 0,1 \text{ mm} < u_{fin,lim} = 1,5 \cdot 2625 / 150 = 26,2 \text{ mm} \quad (0,2\%)$$

Pręt nr 10 (140x160)

→ $A = 224 \text{ cm}^2$, $W_y = 597 \text{ cm}^3$, $W_z = 523 \text{ cm}^3$, $J_y = 4779 \text{ cm}^4$, $J_z = 3659 \text{ cm}^4$, $J_{tor} = 6958 \text{ cm}^4$, $m = 9,41 \text{ kg/m}$

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

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

SGN - Zginanie z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K12**: 0,85·1,35·Stałe+1,5·Śnieg → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,699 m**:

$$N_{t,d} = 1,06 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,05 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 0,34 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 0,58 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,007 + 0,052 = 0,059 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

w elemencie nie występują siły ściskające

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

Decyduje kombinacja: **K12**: 0,85·1,35·Stałe+1,5·Śnieg → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,699 m**:

$$N_{t,d} = 1,06 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,05 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 0,34 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 0,58 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 1,02 \text{ m}; \quad k_{crit} = 1,000; \quad k_{c,y} = 1,000; \quad k_{c,z} = 1,000$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,69 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}) = 0,007 + 0,052 = 0,059 < 1$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + (\sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}))^2 = 0,007 + 0,003 = 0,010 < 1$$

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K12**: 0,85·1,35·Stałe+1,5·Śnieg → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,699 m**:

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

$$V_{z,d} = -0,99 \text{ kN}, \quad T_{z,d} = 0,10 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$

$$T_{z,d} = 0,10 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (5,3\%)$$

SGU - Ugięcie chwilowe:

Decyduje kombinacja: **K22**: Stałe+Śnieg

Wartości dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$u_{inst} = (-) 1,9 \text{ mm} < u_{inst,lim} = 699 / 150 = 4,7 \text{ mm} \quad (41,3\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K24**: Stałe

Wartości dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$u_{fin} = (-) 1,5 \text{ mm} < u_{fin,lim} = 1,5 \cdot 699 / 150 = 7,0 \text{ mm} \quad (21,9\%)$$

Pręt nr 12 (160x190)

→ $A = 304 \text{ cm}^2$, $W_y = 963 \text{ cm}^3$, $W_z = 811 \text{ cm}^3$, $J_y = 9145 \text{ cm}^4$, $J_z = 6485 \text{ cm}^4$, $J_{\text{tor}} = 12750 \text{ cm}^4$, $m = 12,8 \text{ kg/m}$

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 z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$N_{t,d} = 26,73 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,88 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 4,65 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 4,83 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,131 + 0,436 = 0,568 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

w elemencie nie występują siły ściskające

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

element zabezpieczony przed zwichrzeniem

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,60$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,000 m**:

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

$$V_{z,d} = 2,27 \text{ kN}, \quad \tau_{z,d} = 0,17 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$

$$\tau_{z,d} = 0,17 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (9,0\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K24**: Stałe

Wartości dla przekroju **x = 0,410 m**:

$$u_{\text{fin}} = (-) 0,4 \text{ mm} < u_{\text{fin,lim}} = 1,5 \cdot 2051 / 250 = 12,3 \text{ mm} \quad (2,9\%)$$

Pręt nr 13 (160x180)

→ $A = 288 \text{ cm}^2$, $W_y = 864 \text{ cm}^3$, $W_z = 768 \text{ cm}^3$, $J_y = 7776 \text{ cm}^4$, $J_z = 6144 \text{ cm}^4$, $J_{\text{tor}} = 11523 \text{ cm}^4$, $m = 12,1 \text{ kg/m}$

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 ze ściskaniem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 1,312 m**:

$$N_{c,d} = 15,22 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,53 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -0,06 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 0,07 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,003 + 0,007 = 0,010 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 1,207 m**:

$$N_{c,d} = 15,23 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,53 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -0,06 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 0,07 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ey} = 2,625 \text{ m}; \quad k_{c,y} = 0,791; \quad l_{ez} = 2,625 \text{ m}; \quad k_{c,z} = 0,716$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,069 + 0,007 = 0,076 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,076 + 0,005 = 0,081 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,60$
Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$N_{c,d} = 15,34 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,53 \text{ MPa}$$
$$M_{y,d} = 0,00 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 0,00 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 2,62 \text{ m}; \quad k_{crit} = 1,000$$
$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$
$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,y,d}) = 0,070 + 0,000 = 0,070 < 1$$
$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,y,d}))^2 = 0,077 + 0,000 = 0,077 < 1$$

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K18**: $1,0 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Śnieg} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Wiatr} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,60$
Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$k_{cr} = 0,67$$
$$V_{z,d} = 0,10 \text{ kN}, \quad \tau_{z,d} = 0,01 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$
$$\tau_{z,d} = 0,01 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (0,4\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K24**: Stałe

Wartości dla przekroju **x = 1,312 m**:

$$u_{fin} = 0,1 \text{ mm} < u_{fin,lim} = 1,5 \cdot 2625 / 150 = 26,2 \text{ mm} \quad (0,2\%)$$

Pręt nr 14 (245x275)

$\rightarrow A = 674 \text{ cm}^2, W_y = 3088 \text{ cm}^3, W_z = 2751 \text{ cm}^3, J_y = 42460 \text{ cm}^4, J_z = 33702 \text{ cm}^4, J_{tor} = 63078 \text{ cm}^4,$
 $m = 28,3 \text{ kg/m}$

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

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

SGN - Zginanie z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,60$
Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,879 m**:

$$N_{t,d} = 56,16 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,83 \text{ MPa}$$
$$M_{y,d} = 6,05 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 1,96 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$
$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,69 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,125 + 0,177 = 0,302 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

w elemencie nie występują siły ściskające

SGN - Warunek stateczności - zwirzenie:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,60$
Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,879 m**:

$$N_{t,d} = 56,16 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,83 \text{ MPa}$$
$$M_{y,d} = 6,05 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 1,96 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 1,43 \text{ m}; \quad k_{crit} = 1,000; \quad k_{c,y} = 1,000; \quad k_{c,z} = 0,204$$
$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,69 \text{ MPa}$$
$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,y,d}) = 0,125 + 0,177 = 0,302 < 1$$
$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + (\sigma_{m,y,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,y,d}))^2 = 0,125 + 0,031 = 0,156 < 1$$

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,60$
Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$k_{cr} = 0,67$$
$$V_{z,d} = -7,01 \text{ kN}, \quad \tau_{z,d} = 0,23 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$
$$\tau_{z,d} = 0,23 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (12,6\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K24**: Stałe

Wartości dla przekroju **x = 0,879 m**:

$$u_{fin} = (-) 0,5 \text{ mm} < u_{fin,lim} = 1,5 \cdot 879 / 250 = 5,3 \text{ mm} \quad (9,8\%)$$

Pręt nr 15 (140x160)

→ $A = 224 \text{ cm}^2$, $W_y = 597 \text{ cm}^3$, $W_z = 523 \text{ cm}^3$, $J_y = 4779 \text{ cm}^4$, $J_z = 3659 \text{ cm}^4$, $J_{tor} = 6958 \text{ cm}^4$, $m = 9,41 \text{ kg/m}$

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

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

SGN - Zginanie ze ściskaniem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 1,696 m**:

$$N_{c,d} = 48,60 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 2,17 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 3,18 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 5,33 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,050 + 0,481 = 0,531 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 1,696 m**:

$$N_{c,d} = 48,60 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 2,17 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 3,18 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 5,33 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$k_m = 0,7$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,050 + 0,481 = 0,531 < 1$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,050 + 0,337 = 0,387 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwężenie:

Decyduje kombinacja: **K13**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Śnieg} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Wiatr}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 1,622 m**:

$$N_{c,d} = 62,86 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 2,81 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 2,84 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 4,75 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 4,01 \text{ m}; \quad k_{crit} = 1,000; \quad k_{c,y} = 1,000; \quad k_{c,z} = 1,000$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}) = 0,290 + 0,429 = 0,719 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}))^2 = 0,290 + 0,184 = 0,474 < 1$$

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K13**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Śnieg} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Wiatr}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 3,687 m**:

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

$$V_{z,d} = 4,79 \text{ kN}, \quad \tau_{z,d} = 0,48 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$

$$\tau_{z,d} = 0,48 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (25,9\%)$$

SGU - Ugięcie chwilowe:

Decyduje kombinacja: **K21**: $\text{Stałe} + \text{Wiatr} + 0,5 \cdot \text{Śnieg}$

Wartości dla przekroju **x = 2,434 m**:

$$u_{inst} = (-) 11,5 \text{ mm} < u_{inst,lim} = 3687 / 300 = 12,3 \text{ mm} \quad (93,7\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K24**: Stałe

Wartości dla przekroju **x = 1,844 m**:

$$u_{fin} = (-) 2,3 \text{ mm} < u_{fin,lim} = 1,5 \cdot 3687 / 250 = 22,1 \text{ mm} \quad (10,5\%)$$

Pręt nr 16 (140x160)

→ $A = 224 \text{ cm}^2$, $W_y = 597 \text{ cm}^3$, $W_z = 523 \text{ cm}^3$, $J_y = 4779 \text{ cm}^4$, $J_z = 3659 \text{ cm}^4$, $J_{tor} = 6958 \text{ cm}^4$, $m =$

9,41 kg/m

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

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

SGN - Zginanie ze ściskaniem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$N_{c,d} = 6,95 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,31 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 2,91 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 4,87 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,001 + 0,440 = 0,441 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$N_{c,d} = 6,95 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,31 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 2,91 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 4,87 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ey} = 3,687 \text{ m}; \quad k_{c,y} = 0,451; \quad l_{ez} = 3,687 \text{ m}; \quad k_{c,z} = 0,359; \quad k_m = 0,7$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,071 + 0,440 = 0,511 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,089 + 0,308 = 0,397 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$N_{c,d} = 6,95 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,31 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 2,91 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 4,87 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 3,39 \text{ m}; \quad k_{crit} = 1,000$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,y,d}) = 0,071 + 0,440 = 0,511 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,y,d}))^2 = 0,089 + 0,194 = 0,283 < 1$$

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K12**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Śnieg}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,60$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,000 m**:

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

$$V_{z,d} = 2,79 \text{ kN}, \quad T_{z,d} = 0,28 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$

$$T_{z,d} = 0,28 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (15,1\%)$$

SGU - Ugięcie chwilowe:

Decyduje kombinacja: **K21**: $\text{Stałe} + \text{Wiatr} + 0,5 \cdot \text{Śnieg}$

Wartości dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$U_{inst} = (-) 7,7 \text{ mm} < U_{inst,lim} = 3068 / 300 = 10,2 \text{ mm} \quad (75,0\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K24**: Stałe

Wartości dla przekroju **x = 1,779 m**:

$$U_{fin} = 1,3 \text{ mm} < U_{fin,lim} = 1,5 \cdot 3068 / 250 = 18,4 \text{ mm} \quad (7,0\%)$$

Pręt nr 17 (160x190)

→ $A = 304 \text{ cm}^2$, $W_y = 963 \text{ cm}^3$, $W_z = 811 \text{ cm}^3$, $J_y = 9145 \text{ cm}^4$, $J_z = 6485 \text{ cm}^4$, $J_{tor} = 12750 \text{ cm}^4$, $m = 12,8 \text{ kg/m}$

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

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

SGN - Zginanie z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,60$
Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,643 m**:

$$N_{t,d} = 14,99 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,49 \text{ MPa}$$
$$M_{y,d} = 4,65 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 4,83 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$
$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,69 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,074 + 0,436 = 0,510 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

Decyduje kombinacja: **K12**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Śnieg} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,643 m**:

$$N_{c,d} = 0,42 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,01 \text{ MPa}$$
$$M_{y,d} = 1,64 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 1,71 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ey} = 0,300 \text{ m}; \quad l_{ez} = 2,300 \text{ m}; \quad k_{c,z} = 0,798; \quad k_m = 0,7$$
$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$
$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$
$$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,000 + 0,154 = 0,154 < 1$$
$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,002 + 0,108 = 0,110 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

element zabezpieczony przed zwichrzeniem

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Wiatr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,60$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,000 m**:

$$k_{cr} = 0,67$$
$$V_{z,d} = -7,23 \text{ kN}, \quad \tau_{z,d} = 0,53 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$
$$\tau_{z,d} = 0,53 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (28,8\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K24**: Stałe

Wartości dla przekroju **x = 0,643 m**:

$$u_{fin} = (-) 0,3 \text{ mm} < u_{fin,lim} = 1,5 \cdot 643 / 250 = 3,9 \text{ mm} \quad (7,9\%)$$

Pręt nr 18 (2x85x160)

$\rightarrow A = 272 \text{ cm}^2, \quad W_y = 725 \text{ cm}^3, \quad W_z = 385 \text{ cm}^3, \quad J_y = 5803 \text{ cm}^4, \quad J_z = 1638 \text{ cm}^4, \quad J_{tor} = 4373 \text{ cm}^4, \quad m = 11,4 \text{ kg/m}$

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

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

SGN - Zginanie ze ściskaniem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K13**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Śnieg} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Wiatr} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 2,094 m**:

$$N_{c,d} = 48,61 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 1,79 \text{ MPa}$$
$$M_{y,d} = 0,25 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 0,34 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$
$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$
$$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,034 + 0,031 = 0,065 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

Decyduje kombinacja: **K13**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{Stałe} + 1,5 \cdot \text{Śnieg} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Wiatr} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,60$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 2,094 m**:

$$N_{c,d} = 48,61 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 1,79 \text{ MPa}$$
$$M_{y,d} = 0,25 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 0,34 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ey} = 4,000 \text{ m}; \quad k_{c,y} = 0,393; \quad l_{ez} = 2,931 \text{ m}; \quad k_{c,z} = 0,220; \quad k_m = 0,7$$
$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 9,69 \text{ MPa}$$
$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,08 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,469 + 0,031 = 0,499 < 1$$
$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,838 + 0,021 = 0,859 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

element zabezpieczony przed zwichrzeniem

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K5**: 1,0·Stałe $\rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,60$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 4,187 m**:

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

$$V_{z,d} = 0,23 \text{ kN}, \quad T_{z,d} = 0,02 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$

$$T_{z,d} = 0,02 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (1,0\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

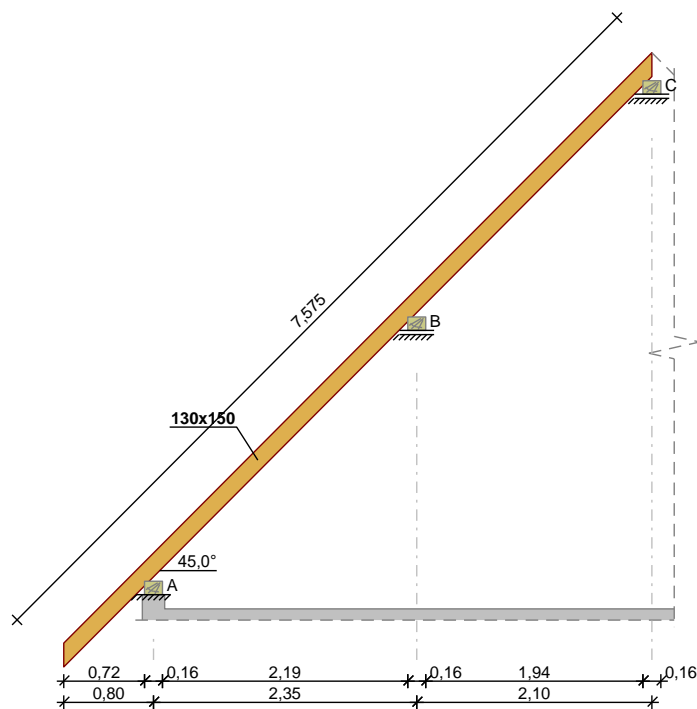
Decyduje kombinacja: **K24**: Stałe

Wartości dla przekroju **x = 2,094 m**:

$$U_{fin} = (-) 0,7 \text{ mm} < U_{fin,lim} = 1,5 \cdot 4187 / 150 = 41,9 \text{ mm} \quad (1,7\%)$$

KROKIE GŁÓWNE

Szkic



Kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 45,0^\circ$

Odcinek wspornika $l_1 = 0,80 \text{ m}$

Odcinek A-B $l_2 = 2,35 \text{ m}$

Odcinek B-C $l_3 = 2,10 \text{ m}$

Rozstaw osiowy krokwi $a = 1,15 \text{ m}$

Podpora A: nieprzesuwna; $b = 0,16 \text{ m}$

Podpora B: przesuwna; $b = 0,16 \text{ m}$

Podpora C: przesuwna; $b = 0,16 \text{ m}$

Usztywnienia boczne krokwi - brak

Dane materiałowe:

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

Krokiew 130x150 mm

Obciążenia:

Pokrycie dachu (Dachówka ceramiczna holenderska i klasztorna, karpiówka (pojedyncza)
[0,900kN/m²])

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

Uwzględniono ciężar własny elementu

Obciążenie warstwami wykończeniowymi:

- na całej długości krokwi bez wsporników $g_2 = 0,20 \text{ kN/m}^2$
- na pozostałej części krokwi $g_3 = 0,00 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie śniegiem wyznaczono automatycznie

- Iloczyn współczynnika ekspozycji, współczynnika termicznego i obciążenia charakterystycznego śniegiem gruntu

Obciążenie wiatrem wyznaczono automatycznie jak dla części okapowych dachu dwuspadowego

- Parametry dachu:

- Wysokość całkowita $h = 14,50 \text{ m}$
- Długość dachu $c = 29,00 \text{ m}$
- Długość okapów $c_1 = 0,00 \text{ m}$
- Szerokość dachu przyjęto wg zdefiniowanych wymiarów obliczanego elementu
- Szczytowe ciśnienie prędkości wiatru $q_{p(z)} = 0,784 \text{ kPa}$

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

Założenia obliczeniowe:

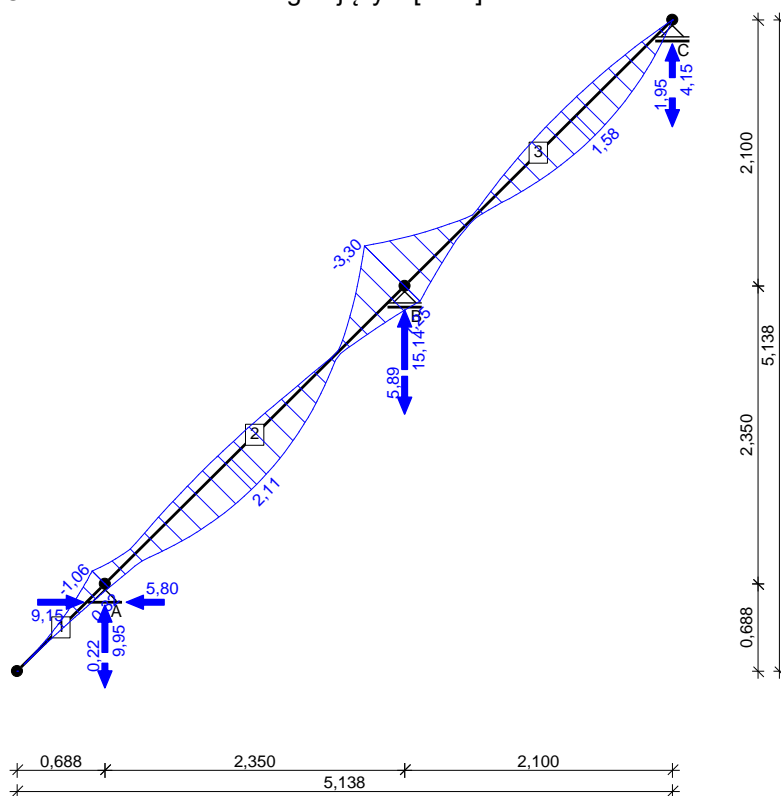
Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)

Klasa niezawodności konstrukcji - RC2

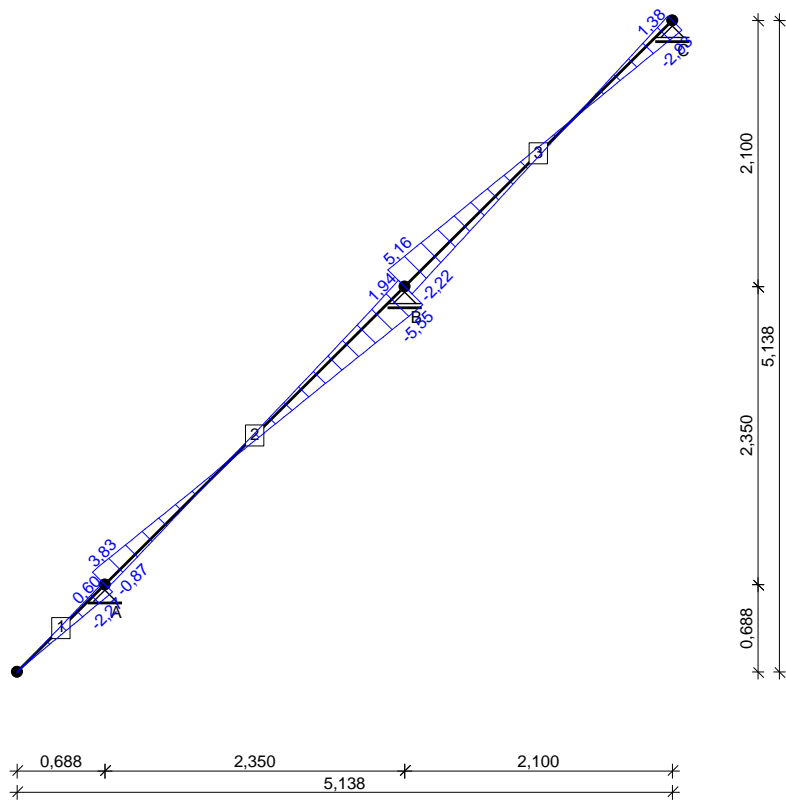
Klasa użytkowania konstrukcji - 2

WYNIKI:

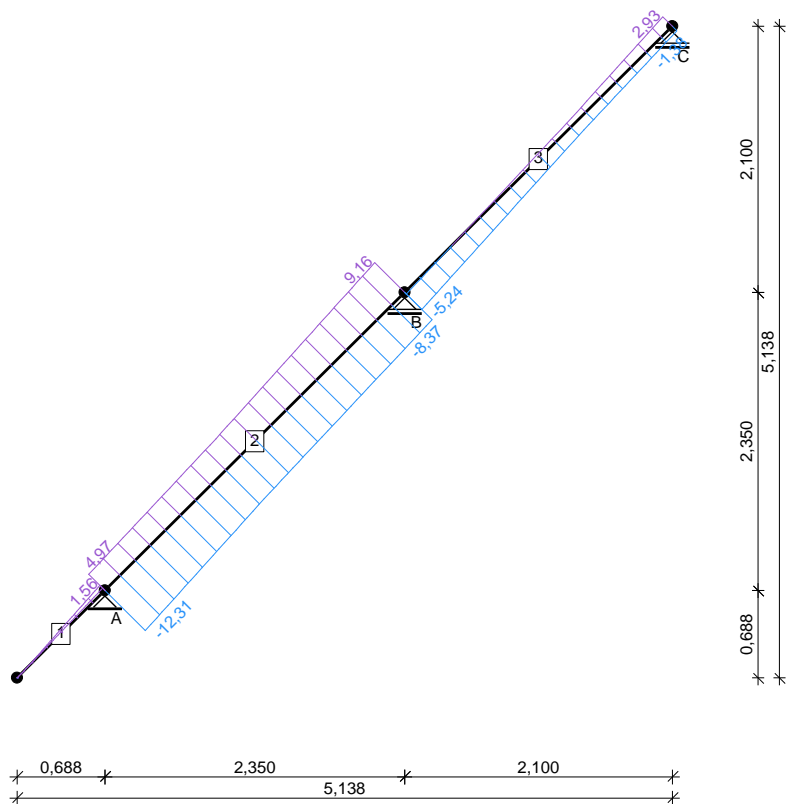
Obwiednia momentów zginających[kNm]:



Obwiednia sił poprzecznych [kN]:



Obwiednia sił osiowych [kN]:



Krokiew 130x150 mm

→ $A = 195 \text{ cm}^2$, $W_y = 488 \text{ cm}^3$, $W_z = 423 \text{ cm}^3$, $J_y = 3656 \text{ cm}^4$, $J_z = 2746 \text{ cm}^4$, $J_{\text{tor}} = 5266 \text{ cm}^4$, $m = 8,19 \text{ kg/m}$

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 z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K98**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stała} + (1,5 \cdot \text{wiatr z lewej, strefa FH} + 1,5 \cdot \text{ciśnienie wewnętrzne (ii)}) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{śnieg równomierny}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 3,32 m** na pręcie **2**:

$$N_{t,d} = 9,16 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,47 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -3,30 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 6,78 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 10,04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,047 + 0,408 = 0,455 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

Decyduje kombinacja: **K98**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stała} + (1,5 \cdot \text{wiatr z lewej, strefa FH} + 1,5 \cdot \text{ciśnienie wewnętrzne (ii)}) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{śnieg równomierny}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,00 m** na pręcie **3**:

$$N_{c,d} = 1,54 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,08 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -3,30 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 6,78 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ey} = 2,97 \text{ m}; \quad k_{c,y} = 0,570; \quad l_{ez} = 2,97 \text{ m}; \quad k_{c,z} = 0,458$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 14,54 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,010 + 0,408 = 0,417 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,012 + 0,285 = 0,297 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

Decyduje kombinacja: **K98**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stała} + (1,5 \cdot \text{wiatr z lewej, strefa FH} + 1,5 \cdot \text{ciśnienie wewnętrzne (ii)}) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{śnieg równomierny}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 3,32 m** na pręcie **2**:

$$N_{t,d} = 9,16 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,47 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -3,30 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 6,78 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 3,32 \text{ m}; \quad k_{\text{crit}} = 1,000$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 10,04 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / (k_{\text{crit}} \cdot f_{m,y,d}) = 0,047 + 0,408 = 0,455 < 1$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + (\sigma_{m,y,d} / (k_{\text{crit}} \cdot f_{m,y,d}))^2 = 0,047 + 0,166 = 0,213 < 1$$

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K98**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stała} + (1,5 \cdot \text{wiatr z lewej, strefa FH} + 1,5 \cdot \text{ciśnienie wewnętrzne (ii)}) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{śnieg równomierny}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,90$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 3,32 m** na pręcie **2**:

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

$$V_{z,d} = 5,55 \text{ kN}, \quad \tau_{z,d} = 0,64 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 2,77 \text{ MPa}$$

$$\tau_{z,d} = 0,64 \text{ MPa} < f_{v,d} = 2,77 \text{ MPa} \quad (23,0\%)$$

SGN - Docisk na podporze:

Decyduje kombinacja: **K98**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stała} + (1,5 \cdot \text{wiatr z lewej, strefa FH} + 1,5 \cdot \text{ciśnienie wewnętrzne (ii)}) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{śnieg równomierny}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,90$

Podpora B → Reakcja $R_{V,B} = 15,14 \text{ kN}$; $a_p = 42,4 \text{ mm}$; $b_e = 130 \text{ mm}$

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

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 14,54 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,90,k} / \gamma_M = 1,73 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,45,d} = 2,74 \text{ MPa} < f_{c,0,d} / [(f_{c,0,d} / (k_{c,90} \cdot f_{c,90,d})) \cdot \sin^2 45^\circ + \cos^2 45^\circ] = 3,09 \text{ MPa} \quad (88,7\%)$$

SGU - Ugięcie chwilowe:

Decyduje kombinacja: **K210**: $\text{stała} + (\text{wiatr z lewej, strefa FH} + \text{ciśnienie wewnętrzne (ii)}) + 0,5 \cdot \text{śnieg równomierny}$

Wartości dla przekroju $x = 1,46$ m na pręcie 2:

$$u_{inst} = (-) 3,7 \text{ mm} < u_{inst,lim} = 3323 / 350 = 9,5 \text{ mm} \quad (39,2\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K266**: 1,8·stała+(1,0·wiatr z lewej, strefa FH+1,0·ciśnienie wewnętrzne (ii))+0,5·śnieg równomierny

Wartości dla przekroju $x = 1,46$ m na pręcie 2:

$$u_{fin} = (-) 4,9 \text{ mm} < u_{fin,lim} = 1,5 \cdot 3323 / 200 = 24,9 \text{ mm} \quad (19,6\%)$$

Krokiew w miejscu oparcia na podporze 130x120 mm

→ $A = 156 \text{ cm}^2$, $W_y = 312 \text{ cm}^3$, $W_z = 338 \text{ cm}^3$, $J_y = 1872 \text{ cm}^4$, $J_z = 2197 \text{ cm}^4$, $J_{tor} = 3394 \text{ cm}^4$, $m = 6,55 \text{ kg/m}$

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

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

SGN - Zginanie z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K98**: 0,85·1,35·stała+(1,5·wiatr z lewej, strefa FH+1,5·ciśnienie wewnętrzne (ii))+1,5·0,5·śnieg równomierny → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju $x = 3,32$ m na pręcie 2:

$$N_{t,d} = 9,16 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,59 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -3,30 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 10,59 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

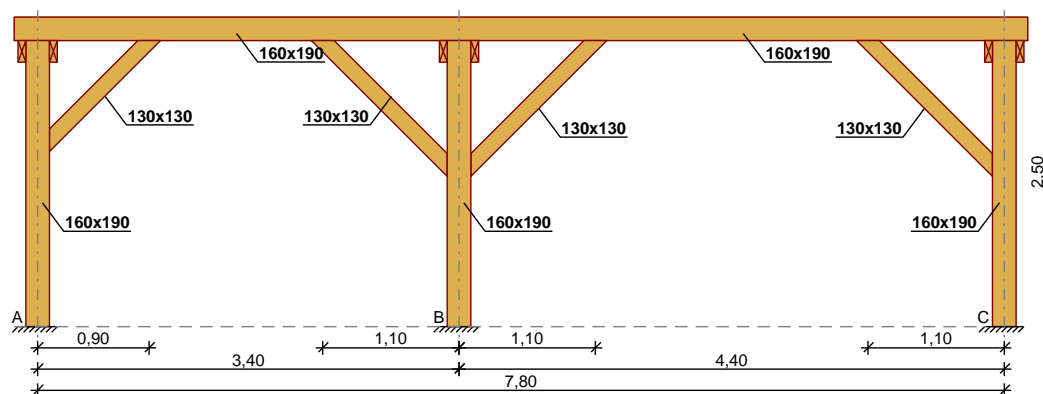
$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 10,04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,059 + 0,637 = 0,696 < 1$$

PLATEW CZĘŚCI ŚRODKOWEJ DACHU

Szkic



Dane materiałowe:

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

Platew 160x190 mm

Słup 160x190 mm

Miecz 130x130 mm

Obciążenia:

Obciążenie stałe $g_z = 0,000 \text{ kN/m}$

Uwzględniono ciężar własny elementu

Przypadki obciążenia śniegiem i odpowiadające wartości obciążeń:

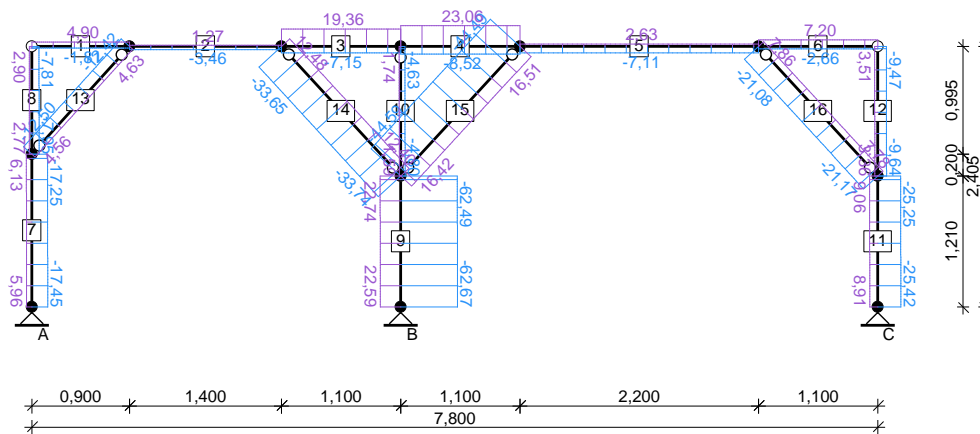
- śnieg równomierny $s_z = 2,546 \text{ kN/m}$; $s_y = 0,000 \text{ kN/m}$

Przypadki obciążenia wiatrem i odpowiadające wartości obciążeń:

- wiatr z lewej, strefa FH $w_z = 2,889 \text{ kN/m}$; $w_y = 0,000 \text{ kN/m}$

- Strona 31 | 46

Obwiednia sił osiowych [kN]:
Kierunek pionowy:



Platew 160x190 mm (Odcinek A-B)

→ $A = 304 \text{ cm}^2$, $W_y = 963 \text{ cm}^3$, $W_z = 811 \text{ cm}^3$, $J_y = 9145 \text{ cm}^4$, $J_z = 6485 \text{ cm}^4$, $J_{\text{tor}} = 12750 \text{ cm}^4$, $m = 12,8 \text{ kg/m}$

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 z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K98**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stała} + (1,5 \cdot \text{wiatr z lewej, strefa FH} + 1,5 \cdot \text{ciśnienie wewnętrzne (ii)}) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{śnieg równomierny}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,90$

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

$$N_{t,d} = 19,36 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,64 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -4,45 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 4,62 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 10,04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,063 + 0,278 = 0,341 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

Decyduje kombinacja: **K98**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stała} + (1,5 \cdot \text{wiatr z lewej, strefa FH} + 1,5 \cdot \text{ciśnienie wewnętrzne (ii)}) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{śnieg równomierny}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju $x = 1,40 \text{ m}$ na pręcie 2:

$$N_{c,d} = 3,46 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,11 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -4,45 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 4,62 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ey} = 1,18 \text{ m}; \quad k_{c,y} = 0,985; \quad l_{ez} = 1,18 \text{ m}; \quad k_{c,z} = 0,968$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 14,54 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,008 + 0,278 = 0,286 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,008 + 0,195 = 0,203 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

Decyduje kombinacja: **K98**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stała} + (1,5 \cdot \text{wiatr z lewej, strefa FH} + 1,5 \cdot \text{ciśnienie wewnętrzne (ii)}) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{śnieg równomierny}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,90$

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

$$N_{t,d} = 19,36 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,64 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -4,45 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 4,62 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 1,18 \text{ m}; \quad k_{\text{crit}} = 1,000$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 10,04 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / (k_{\text{crit}} \cdot f_{m,y,d}) = 0,063 + 0,278 = 0,341 < 1$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + (\sigma_{m,y,d} / (k_{\text{crit}} \cdot f_{m,y,d}))^2 = 0,063 + 0,077 = 0,141 < 1$$

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K98**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stała} + (1,5 \cdot \text{wiatr z lewej, strefa FH} + 1,5 \cdot \text{ciśnienie wewnętrzne (ii)}) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{śnieg równomierny}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,90$

Siły poprzeczne i odpowiadające naprężenia dla przekroju $x = 1,40$ m na pręcie 2:

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

$$V_{z,d} = 13,67 \text{ kN}, \quad T_{z,d} = 1,01 \text{ MPa}$$

$$V_{y,d} = 0,00 \text{ kN}, \quad T_{y,d} = 0,00 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 2,77 \text{ MPa}$$

$$T_{z,d} = 1,01 \text{ MPa} < f_{v,d} = 2,77 \text{ MPa} \quad (36,4\%)$$

SGU - Ugięcie chwilowe:

Decyduje kombinacja: **K210**: stałe+(wiatr z lewej, strefa FH+ciśnienie wewnętrzne (ii))+0,5·śnieg równomierny

Wartości dla przekroju $x = 0,90$ m na pręcie 1:

$$U_{inst} = (U_{inst,z}^2 + U_{inst,y}^2)^{0,5} = (-) 0,9 \text{ mm} < U_{inst,lim} = 900 / 200 = 4,5 \text{ mm} \quad (20,2\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K266**: 1,8·stałe+(1,0·wiatr z lewej, strefa FH+1,0·ciśnienie wewnętrzne (ii))+0,5·śnieg równomierny

Wartości dla przekroju $x = 0,90$ m na pręcie 1:

$$U_{fin} = (U_{fin,z}^2 + U_{fin,y}^2)^{0,5} = (-) 1,2 \text{ mm} < U_{fin,lim} = 1,5 \cdot 900 / 200 = 6,8 \text{ mm} \quad (18,4\%)$$

Platew 160x190 mm (Odcinek B-C)

→ $A = 304 \text{ cm}^2$, $W_y = 963 \text{ cm}^3$, $W_z = 811 \text{ cm}^3$, $J_y = 9145 \text{ cm}^4$, $J_z = 6485 \text{ cm}^4$, $J_{tor} = 12750 \text{ cm}^4$, $m = 12,8 \text{ kg/m}$

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

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

SGN - Zginanie z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K98**: 0,85·1,35·stałe+(1,5·wiatr z lewej, strefa FH+1,5·ciśnienie wewnętrzne (ii))+1,5·0,5·śnieg równomierny → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju $x = 1,10$ m na pręcie 4:

$$N_{t,d} = 23,06 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,76 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -7,30 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 7,59 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 10,04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,076 + 0,457 = 0,532 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

Decyduje kombinacja: **K98**: 0,85·1,35·stałe+(1,5·wiatr z lewej, strefa FH+1,5·ciśnienie wewnętrzne (ii))+1,5·0,5·śnieg równomierny → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,90$

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

$$N_{c,d} = 7,11 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,23 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -7,30 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 7,59 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ey} = 1,18 \text{ m}; \quad k_{c,y} = 0,985; \quad l_{ez} = 1,18 \text{ m}; \quad k_{c,z} = 0,968$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 14,54 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,016 + 0,457 = 0,473 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_{m} \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,017 + 0,320 = 0,336 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

Decyduje kombinacja: **K98**: 0,85·1,35·stałe+(1,5·wiatr z lewej, strefa FH+1,5·ciśnienie wewnętrzne (ii))+1,5·0,5·śnieg równomierny → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju $x = 1,10$ m na pręcie 4:

$$N_{t,d} = 23,06 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,76 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -7,30 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 7,59 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 1,18 \text{ m}; \quad k_{crit} = 1,000$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 10,04 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,y,d}) = 0,076 + 0,457 = 0,532 < 1$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + (\sigma_{m,y,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,y,d}))^2 = 0,076 + 0,209 = 0,284 < 1$$

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K98**: 0,85·1,35·stałe+(1,5·wiatr z lewej, strefa FH+1,5·ciśnienie

wewnętrzne (ii))+1,5·0,5·śnieg równomierny → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,90$

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

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

$$V_{z,d} = -19,06 \text{ kN}, \quad T_{z,d} = 1,40 \text{ MPa}$$

$$V_{y,d} = 0,00 \text{ kN}, \quad T_{y,d} = 0,00 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 2,77 \text{ MPa}$$

$$T_{z,d} = 1,40 \text{ MPa} < f_{v,d} = 2,77 \text{ MPa} \quad (50,7\%)$$

SGU - Ugięcie chwilowe:

Decyduje kombinacja: **K210**: stałe+(wiatr z lewej, strefa FH+ciśnienie wewnętrzne

(ii))+0,5·śnieg równomierny

Wartości dla przekroju $x = 0,00$ m na pręcie 6:

$$u_{inst} = (u_{inst,z}^2 + u_{inst,y}^2)^{0,5} = (-) 4,0 \text{ mm} < u_{inst,lim} = 1100 / 200 = 5,5 \text{ mm} \quad (73,1\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K266**: 1,8·stałe+(1,0·wiatr z lewej, strefa FH+1,0·ciśnienie wewnętrzne

(ii))+0,5·śnieg równomierny

Wartości dla przekroju $x = 0,00$ m na pręcie 6:

$$u_{fin} = (u_{fin,z}^2 + u_{fin,y}^2)^{0,5} = (-) 5,5 \text{ mm} < u_{fin,lim} = 1,5 \cdot 1100 / 200 = 8,2 \text{ mm} \quad (66,6\%)$$

Słup 160x190 mm

→ $A = 304 \text{ cm}^2$, $W_y = 963 \text{ cm}^3$, $W_z = 811 \text{ cm}^3$, $J_y = 9145 \text{ cm}^4$, $J_z = 6485 \text{ cm}^4$, $J_{tor} = 12750 \text{ cm}^4$, $m = 12,8 \text{ kg/m}$

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

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

SGN - Zginanie ze ściskaniem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K98**: 0,85·1,35·stałe+(1,5·wiatr z lewej, strefa FH+1,5·ciśnienie

wewnętrzne (ii))+1,5·0,5·śnieg równomierny → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju $x = 1,21$ m na pręcie 11:

$$N_{c,d} = 25,25 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,83 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 8,60 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 8,93 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 14,54 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,003 + 0,538 = 0,541 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

Decyduje kombinacja: **K98**: 0,85·1,35·stałe+(1,5·wiatr z lewej, strefa FH+1,5·ciśnienie

wewnętrzne (ii))+1,5·0,5·śnieg równomierny → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju $x = 1,21$ m na pręcie 11:

$$N_{c,d} = 25,25 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,83 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 8,60 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 8,93 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ey} = 3,42 \text{ m}; \quad k_{c,y} = 0,647; \quad l_{ez} = 2,40 \text{ m}; \quad k_{c,z} = 0,773; \quad k_m = 0,7$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 14,54 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,088 + 0,538 = 0,626 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,074 + 0,376 = 0,450 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

Decyduje kombinacja: **K98**: 0,85·1,35·stałe+(1,5·wiatr z lewej, strefa FH+1,5·ciśnienie

wewnętrzne (ii))+1,5·0,5·śnieg równomierny → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju $x = 1,21$ m na pręcie 11:

$$N_{c,d} = 25,25 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,83 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 8,60 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 8,93 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 2,88 \text{ m}; \quad k_{crit} = 1,000$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 14,54 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,y,d}) = 0,088 + 0,538 = 0,626 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,y,d}))^2 = 0,074 + 0,289 = 0,363 < 1$$

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K98**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stała} + (1,5 \cdot \text{wiatr z lewej, strefa FH} + 1,5 \cdot \text{ciśnienie wewnętrzne (ii)}) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{śnieg równomierny} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,90$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,00 m** na pręcie **12**:

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

$$V_{z,d} = 7,20 \text{ kN}, \quad T_{z,d} = 0,53 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 2,77 \text{ MPa}$$

$$T_{z,d} = 0,53 \text{ MPa} < f_{v,d} = 2,77 \text{ MPa} \quad (19,1\%)$$

Miecz 130x130 mm

$\rightarrow A = 169 \text{ cm}^2, W_y = 366 \text{ cm}^3, W_z = 366 \text{ cm}^3, J_y = 2380 \text{ cm}^4, J_z = 2380 \text{ cm}^4, J_{tor} = 4018 \text{ cm}^4, m = 7,10 \text{ kg/m}$

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

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

SGN - Zginanie z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K179**: $1,0 \cdot \text{stała} + (1,5 \cdot \text{wiatr na ścianę szczytową, strefa FG} + 1,5 \cdot \text{ciśnienie wewnętrzne}) \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,00 m** na pręcie **15**:

$$N_{t,d} = 16,51 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,98 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -0,02 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 0,04 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$k_{h,y} = 1,029; f_{m,y,d} = k_{h,y} \cdot (k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 17,10 \text{ MPa}$$

$$k_h = 1,029; f_{t,0,d} = k_h \cdot (k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M) = 10,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,095 + 0,002 = 0,097 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

Decyduje kombinacja: **K98**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stała} + (1,5 \cdot \text{wiatr z lewej, strefa FH} + 1,5 \cdot \text{ciśnienie wewnętrzne (ii)}) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{śnieg równomierny} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,84 m** na pręcie **15**:

$$N_{c,d} = 44,54 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 2,64 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -0,02 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 0,05 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ey} = 1,62 \text{ m}; k_{c,y} = 0,861; l_{ez} = 1,62 \text{ m}; k_{c,z} = 0,861$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 14,54 \text{ MPa}; k_{h,y} = 1,029$$

$$f_{m,y,d} = k_{h,y} \cdot (k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 17,10 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,211 + 0,003 = 0,213 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,211 + 0,002 = 0,213 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

element zabezpieczony przed zwichrzeniem

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K1**: $1,35 \cdot \text{stała} \rightarrow \gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,60$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,00 m** na pręcie **14**:

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

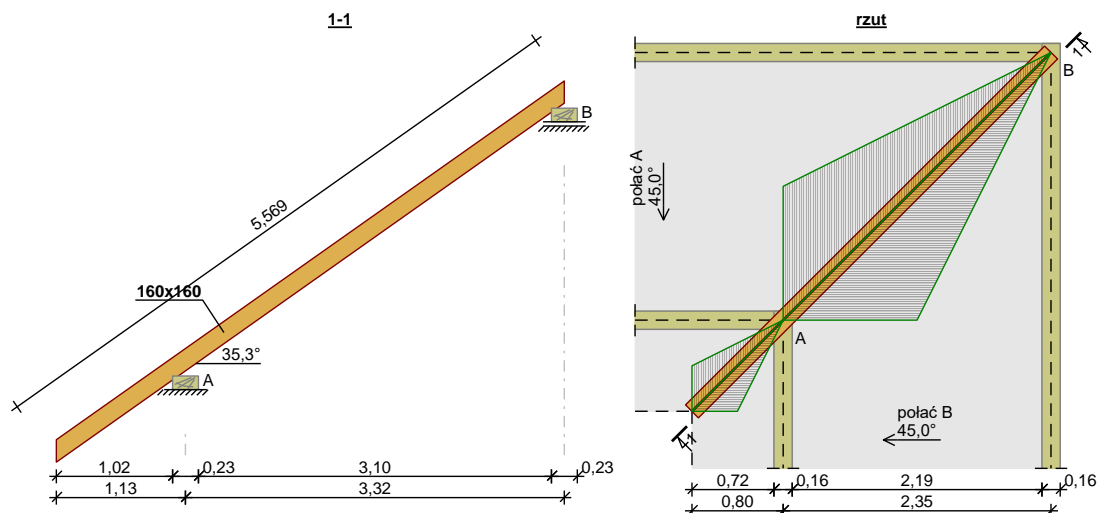
$$V_{z,d} = -0,05 \text{ kN}, \quad T_{z,d} = 0,01 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ MPa}$$

$$T_{z,d} = 0,01 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa} \quad (0,4\%)$$

Szkic



Dane materiałowe:

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

Obciążenia:

Pokrycie dachu (Dachówka ceramiczna holenderska i klasztorna, karpiówka (pojedyncza) [0,900 kN/m²])

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

Uwzględniono ciężar własny elementu

Obciążenie warstwami wykończeniowymi:

- na całej długości krokwi $g_2 = 0,20 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie śniegiem $s = 0,768 \text{ kN/m}^2$

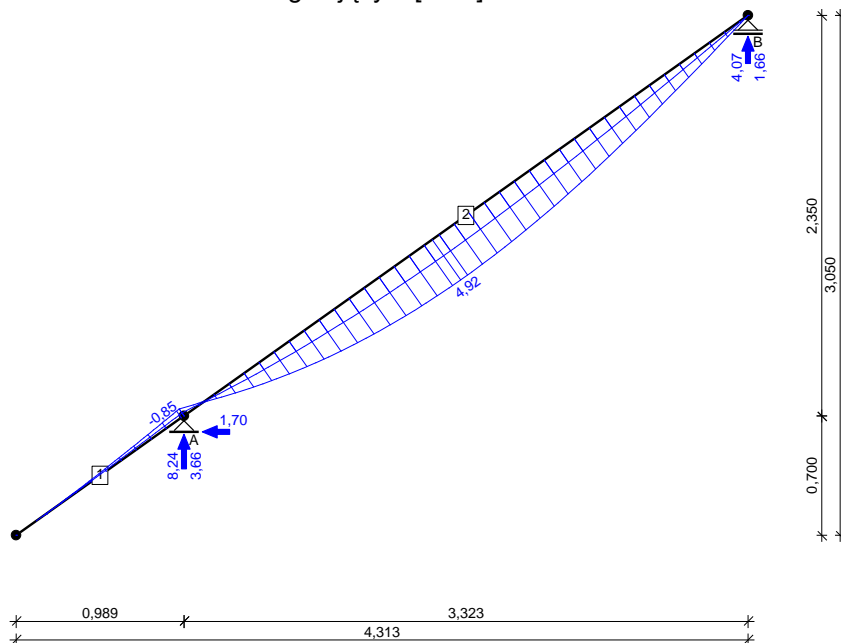
Obciążenie wiatrem - przypadek (i)

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=250 m n.p.m. → $v_{b,0}=22 \text{ m/s}$, teren II, $z_e=h=14,5 \text{ m}$, $c_o=1$, $c_r=1,08$, wymiary dachu $h=14,5 \text{ m}$, $d=11,0 \text{ m}$, $b=29,0 \text{ m}$, nachylenie połaci $\alpha=45,0^\circ$, $\theta=0^\circ$ → $q_p=0,784 \text{ kPa}$, $c_{scd}=1,000$, $c_{pe}=0,70$) [0,55 kN/m²])

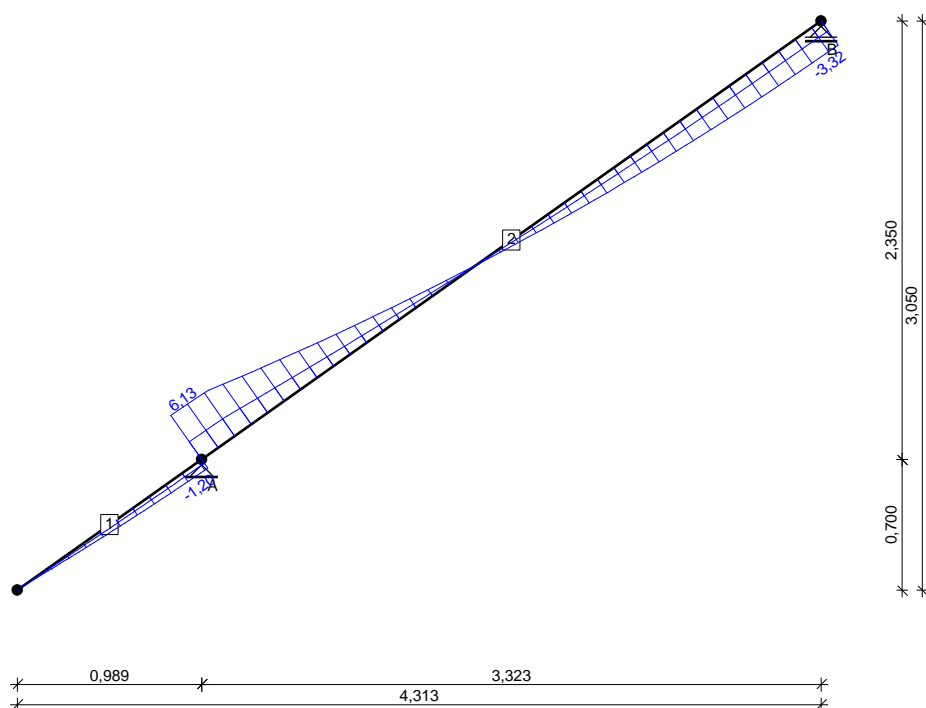
$$w_e = 0,549 \text{ kN/m}^2$$

WYNIKI:

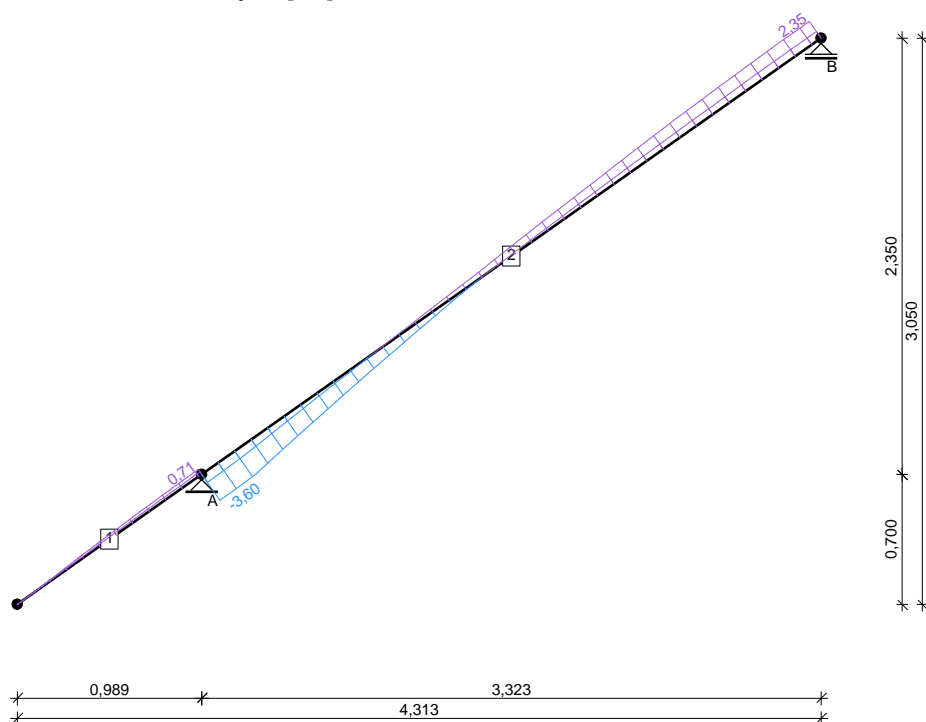
Obwiednia momentów zginających [kNm]:



Obwiednia sił poprzecznych [kN]:



Obwiednia sił osiowych [kN]:



Krokiew 160x160 mm

→ $A = 256 \text{ cm}^2$, $W_y = 683 \text{ cm}^3$, $W_z = 683 \text{ cm}^3$, $J_y = 5461 \text{ cm}^4$, $J_z = 5461 \text{ cm}^4$, $J_{\text{tor}} = 9219 \text{ cm}^4$, $m = 10,8 \text{ kg/m}$

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 z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stała} + 1,5 \cdot \text{śnieg} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{wiatr}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 1,87 m** na pręcie **2**:

$N_{t,d} = 0,48 \text{ kN}$, $\sigma_{t,0,d} = 0,02 \text{ MPa}$

$$M_{y,d} = 4,91 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 7,20 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 10,04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,002 + 0,433 = 0,435 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

Decyduje kombinacja: **K11**: 0,85·1,35·stałe+1,5·śnieg+1,5·0,6·wiatr → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 1,55 m** na przęcie **2**:

$$N_{c,d} = 0,08 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,00 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 4,82 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 7,05 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ey} = 4,07 \text{ m}; \quad k_{c,y} = 0,382; \quad l_{ez} = 0,00 \text{ m}; \quad k_m = 0,7$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 14,54 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,001 + 0,425 = 0,425 < 1$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,000 + 0,297 = 0,297 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

element zabezpieczony przed zwichrzeniem

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K11**: 0,85·1,35·stałe+1,5·śnieg+1,5·0,6·wiatr → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,90$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 0,00 m** na przęcie **2**:

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

$$V_{z,d} = -6,13 \text{ kN}, \quad T_{z,d} = 0,54 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 2,77 \text{ MPa}$$

$$T_{z,d} = 0,54 \text{ MPa} < f_{v,d} = 2,77 \text{ MPa} \quad (19,3\%)$$

SGN - Docisk na podporze:

Decyduje kombinacja: **K10**: 0,85·1,35·stałe+1,5·śnieg → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,80$

Podpora A → Reakcja $R_{V,A} = 7,47 \text{ kN}$; $a_p = 52 \text{ mm}$; $b_e = 160 \text{ mm}$

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

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot f_{c,90,k} / \gamma_M = 1,54 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,54,7,d} = 0,90 \text{ MPa} < f_{c,0,d} / [(f_{c,0,d}/(k_{c,90} \cdot f_{c,90,d})) \cdot \sin^2 54,7^\circ + \cos^2 54,7^\circ] = 2,18 \text{ MPa} \quad (41,3\%)$$

SGU - Ugięcie chwilowe:

Decyduje kombinacja: **K21**: stałe+śnieg+0,6·wiatr

Wartości dla przekroju **x = 1,95 m** na przęcie **2**:

$$u_{inst} = (-) 10,7 \text{ mm} < u_{inst,lim} = 4070 / 350 = 11,6 \text{ mm} \quad (91,7\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K26**: 1,8·stałe+1,0·śnieg+0,6·wiatr

Wartości dla przekroju **x = 1,95 m** na przęcie **2**:

$$u_{fin} = (-) 15,1 \text{ mm} < u_{fin,lim} = 1,5 \cdot 4070 / 200 = 30,5 \text{ mm} \quad (49,6\%)$$

Krokiew w miejscu oparcia na podporze 160x130 mm

→ $A = 208 \text{ cm}^2$, $W_y = 451 \text{ cm}^3$, $W_z = 555 \text{ cm}^3$, $J_y = 2929 \text{ cm}^4$, $J_z = 4437 \text{ cm}^4$, $J_{tor} = 5935 \text{ cm}^4$, $m = 8,74 \text{ kg/m}$

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

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

SGN - Zginanie z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K11**: 0,85·1,35·stałe+1,5·śnieg+1,5·0,6·wiatr → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 1,21 m** na przęcie **1**:

$$N_{t,d} = 0,71 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,03 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -0,85 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 1,88 \text{ MPa}$$

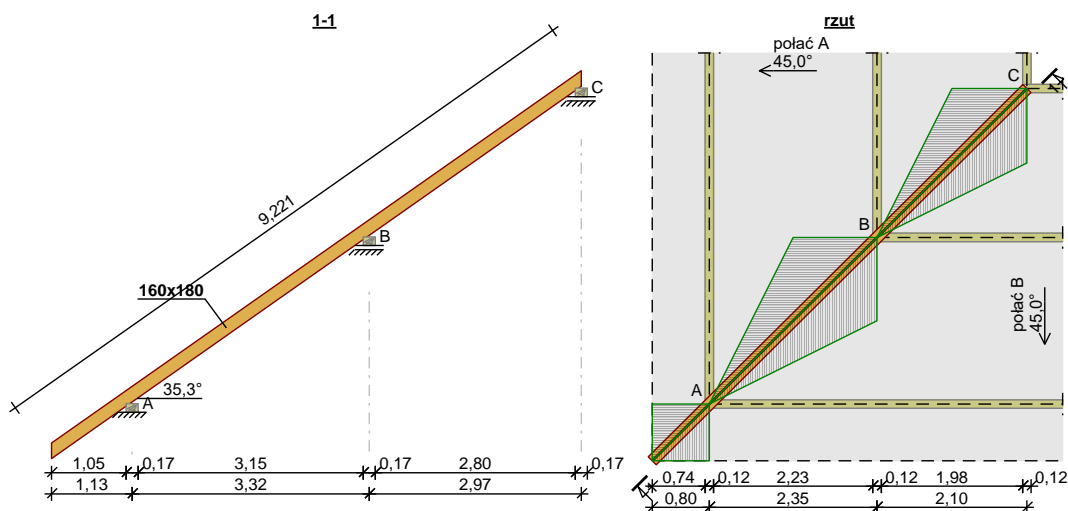
Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 10,04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,003 + 0,113 = 0,116 < 1$$

KROKIEW NAROŻNA



Dane materiałowe:

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

Obciążenia:

Pokrycie dachu (Dachówka ceramiczna holenderska i klasztorna, karpiówka (pojedyncza) [0,900kN/m²])

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

Uwzględniono ciężar własny elementu

Obciążenie warstwami wykończeniowymi:

- na całej długości krokwi $g_2 = 0,20 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie śniegiem $s = 0,960 \text{ kN/m}^2$

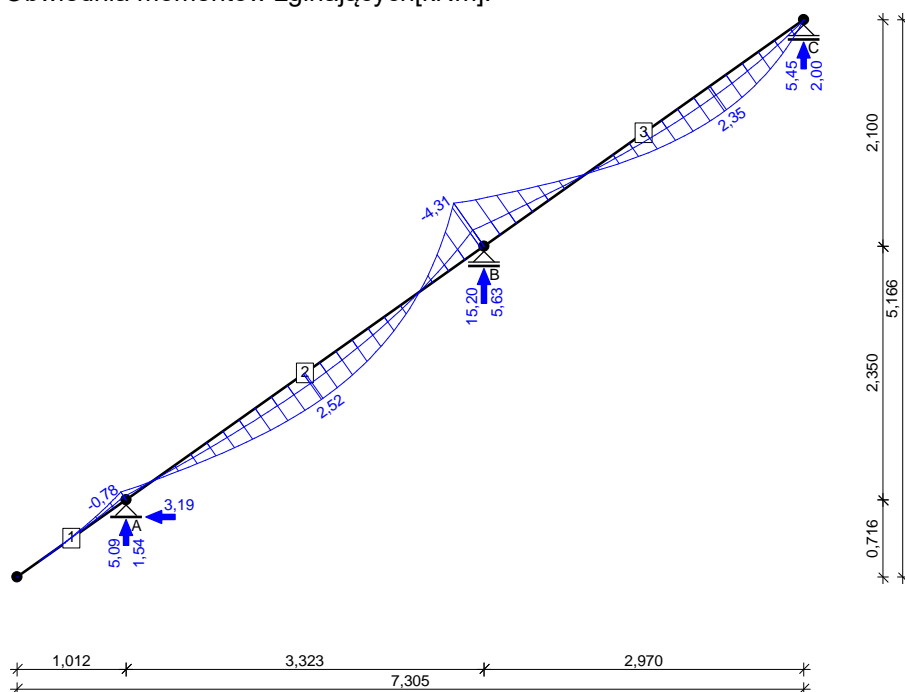
Obciążenie wiatrem - przypadek (i)

ciśnienie zewnętrzne (Obciążenie wiatrem na powierzchnię zewnętrzną w polu F połaci dachu dwuspadowego wg PN-EN 1991-1-4/7.2.5 (strefa 1, $A=250 \text{ m n.p.m.} \rightarrow v_{b,0}=22 \text{ m/s}$, teren II, $z_e=h=14,5 \text{ m}$, $co=1$, $cr=1,08$, wymiary dachu $h=14,5 \text{ m}$, $d=11,0 \text{ m}$, $b=29,0 \text{ m}$, nachylenie połaci $\alpha=45,0^\circ$, $\theta=0^\circ \rightarrow q_p=0,784 \text{ kPa}$, $c_{scd}=1,000$, $c_{pe}=0,70$) [0,55kN/m²])

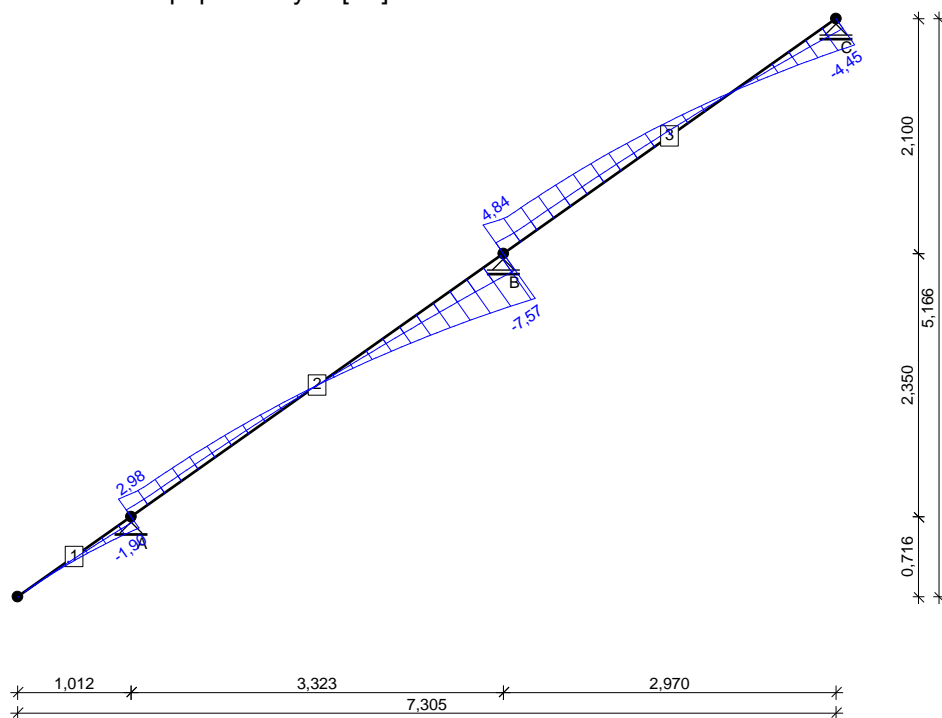
$$w_e = 0,549 \text{ kN/m}^2$$

WYNIKI:

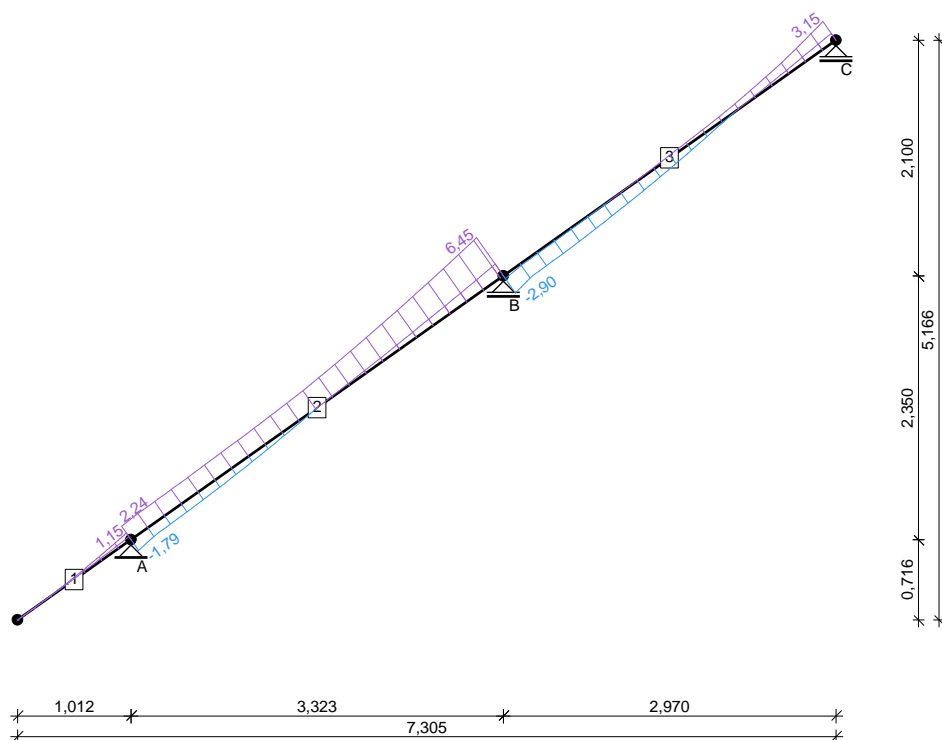
Obwiednia momentów zginających[kNm]:



Obwiednia sił poprzecznych [kN]:



Obwiednia sił osiowych [kN]:



Krokiew 160x180 mm

→ $A = 288 \text{ cm}^2$, $W_y = 864 \text{ cm}^3$, $W_z = 768 \text{ cm}^3$, $J_y = 7776 \text{ cm}^4$, $J_z = 6144 \text{ cm}^4$, $J_{\text{tor}} = 11523 \text{ cm}^4$, $m = 12,1 \text{ kg/m}$

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 z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K11**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stałe} + 1,5 \cdot \text{śnieg} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{wiatr}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 4,07 m** na pręcie **2**:

$$N_{t,d} = 6,36 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,22 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -4,31 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 4,98 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 10,04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,022 + 0,300 = 0,322 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - wyboczenie:

Decyduje kombinacja: **K11**: 0,85·1,35·stałe+1,5·śnieg+1,5·0,6·wiatr → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,00 m** na pręcie **3**:

$$N_{c,d} = 2,41 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 0,08 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -4,31 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 4,98 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ey} = 3,64 \text{ m}; \quad k_{c,y} = 0,554; \quad l_{ez} = 0,00 \text{ m}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 14,54 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,010 + 0,300 = 0,310 < 1$$

$$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,000 + 0,210 = 0,210 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

element zabezpieczony przed zwichrzeniem

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K11**: 0,85·1,35·stałe+1,5·śnieg+1,5·0,6·wiatr → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,90$

Siła poprzeczna i odpowiadające naprężenie dla przekroju **x = 4,07 m** na pręcie **2**:

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

$$V_{z,d} = 7,57 \text{ kN}, \quad \tau_{z,d} = 0,59 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 2,77 \text{ MPa}$$

$$\tau_{z,d} = 0,59 \text{ MPa} < f_{v,d} = 2,77 \text{ MPa} \quad (21,2\%)$$

SGN - Docisk na podporze:

Decyduje kombinacja: **K11**: 0,85·1,35·stałe+1,5·śnieg+1,5·0,6·wiatr → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,90$

Podpora B → Reakcja $R_{V,B} = 15,20 \text{ kN}$; $a_p = 52 \text{ mm}$; $b_e = 160 \text{ mm}$

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

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 14,54 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot f_{c,90,k} / \gamma_M = 1,73 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,54,7,d} = 1,83 \text{ MPa} < f_{c,0,d} / [(f_{c,0,d} / (k_{c,90} \cdot f_{c,90,d})) \cdot \sin^2 54,7^\circ + \cos^2 54,7^\circ] = 2,45 \text{ MPa} \quad (74,6\%)$$

SGU - Ugięcie chwilowe:

Decyduje kombinacja: **K21**: stałe+śnieg+0,6·wiatr

Wartości dla przekroju **x = 1,95 m** na pręcie **2**:

$$u_{inst} = (-) 3,3 \text{ mm} < u_{inst,lim} = 4070 / 350 = 11,6 \text{ mm} \quad (28,5\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K26**: 1,8·stałe+1,0·śnieg+0,6·wiatr

Wartości dla przekroju **x = 1,95 m** na pręcie **2**:

$$u_{fin} = (-) 4,6 \text{ mm} < u_{fin,lim} = 1,5 \cdot 4070 / 200 = 30,5 \text{ mm} \quad (15,1\%)$$

Krokiew w miejscu oparcia na podporze 160x150 mm

→ $A = 240 \text{ cm}^2$, $W_y = 600 \text{ cm}^3$, $W_z = 640 \text{ cm}^3$, $J_y = 4500 \text{ cm}^4$, $J_z = 5120 \text{ cm}^4$, $J_{tor} = 8047 \text{ cm}^4$, $m = 10,1 \text{ kg/m}$

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

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

SGN - Zginanie z rozciąganiem osiowym:

Decyduje kombinacja: **K11**: 0,85·1,35·stałe+1,5·śnieg+1,5·0,6·wiatr → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 0,90$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 4,07 m** na pręcie **2**:

$$N_{t,d} = 6,36 \text{ kN}, \quad \sigma_{t,0,d} = 0,26 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = -4,31 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 7,18 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

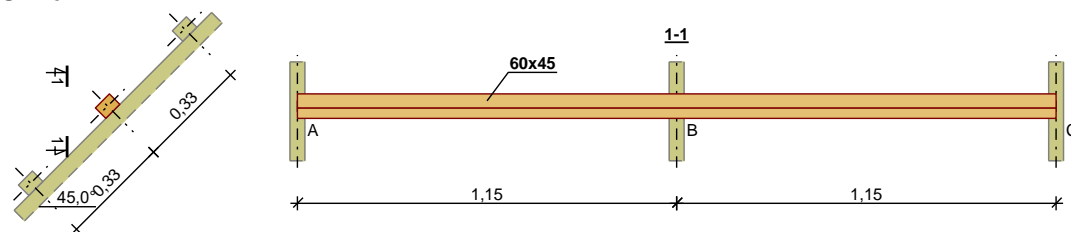
$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 10,04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,026 + 0,432 = 0,458 < 1$$

ŁATY

Szkic



Kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 45,0^\circ$

Rozstaw łąt $l = 0,33$ m

Rozstaw osiowy podpór $a = 1,15$ m

Dane materiałowe:

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

Łata 60x45 mm

Obciążenia:

Pokrycie dachu (Dachówka ceramiczna holenderska i klasztorna, karpiówka (pojedyncza) [0,900kN/m²])

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

Uwzględniono ciężar własny elementu

Obciążenie warstwami wykończeniowymi

$$g_2 = 0,000 \text{ kN/m}^2$$

Obciążenie śniegiem $s = 0,960 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie wiatrem - przypadek (i)

- ciśnienie zewnętrzne (Obciążenie wiatrem na powierzchnię zewnętrzną w polu G połaci dachu dwuspadowego wg PN-EN 1991-1-4/7.2.5 (strefa 1, $A=220$ m n.p.m. $\rightarrow v_{b,0}=22$ m/s, teren II, $z_e=h=14,5$ m, $c_o=1$, $c_r=1,08$, wymiary dachu $h=14,5$ m, $d=10,0$ m, $b=29,0$ m, nachylenie połaci $\alpha=45,0^\circ$, $\theta=0^\circ \rightarrow q_p=0,784$ kPa, $c_{pe}=0,70$) [0,55kN/m²])

$$w_e = 0,549 \text{ kN/m}^2$$

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

Obciążenie wiatrem - przypadek (ii)

- 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, $b=29,0$ m, nachylenie połaci $\alpha=45,0^\circ$, $\theta=0^\circ \rightarrow q_p=0,712$ kPa, $c_{pe}=0,70$) [0,50kN/m²])

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

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

Obciążenie użytkowe powierzchni dachu

$$q = 0,100 \text{ kN/m}^2$$

Obciążenie montażowe $F = 1,00$ kN

Założenia obliczeniowe:

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)

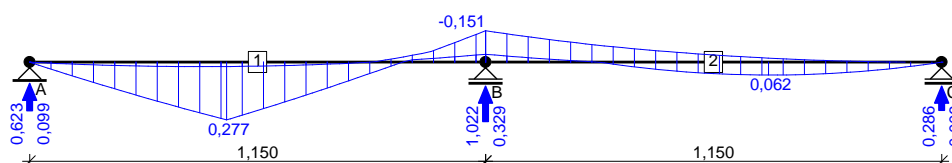
Klasa niezawodności konstrukcji - RC2

Klasa użytkowania konstrukcji - 2

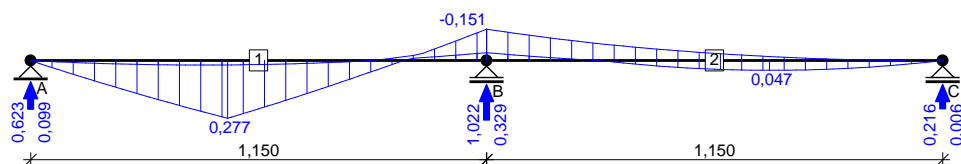
WYNIKI:

Obwiednia momentów zginających[kNm]:

Płaszczyzna xz:

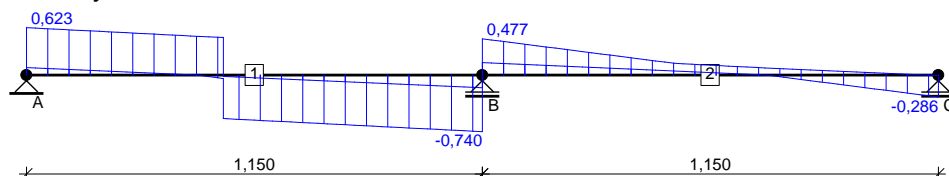


Płaszczyzna xy:

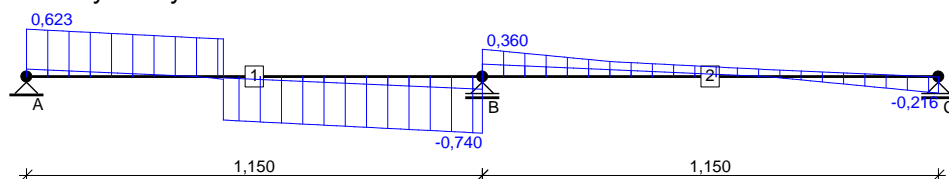


Obwiednia sił poprzecznych [kN]:

Płaszczyzna xz:



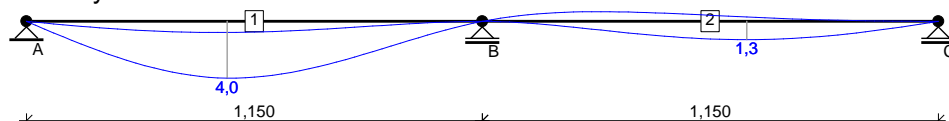
Płaszczyzna xy:



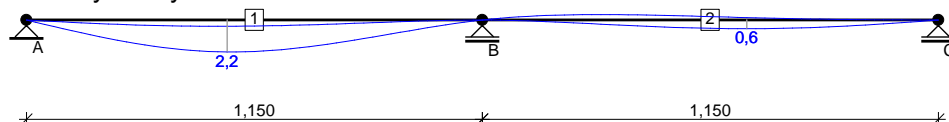
Obwiednia SGU quasi-stała:

Wykres przemieszczeń końcowych [mm]:

Płaszczyzna xz:



Płaszczyzna xy:



Łata 60x45 mm

→ $A = 27,0 \text{ cm}^2$, $W_y = 20,2 \text{ cm}^3$, $W_z = 27,0 \text{ cm}^3$, $J_y = 45,6 \text{ cm}^4$, $J_z = 81,0 \text{ cm}^4$, $J_{\text{tor}} = 98,4 \text{ cm}^4$, $m = 1,13 \text{ kg/m}$

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: **K22**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stałe} + 1,5 \cdot \text{montażowe}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 1,10$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,50 m** na pręcie 1:

$$M_{y,d} = 0,277 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 13,67 \text{ MPa}$$

$$M_{z,d} = 0,277 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,z,d} = 10,25 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

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

$$k_{h,z} = 1,201; \quad f_{m,z,d} = k_{h,z} \cdot (k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 24,39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,529 + 0,294 = 0,823 < 1$$

$$k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,370 + 0,420 = 0,791 < 1$$

SGN - Warunek stateczności - zwichrzenie:

Decyduje kombinacja: **K22**: $0,85 \cdot 1,35 \cdot \text{stałe} + 1,5 \cdot \text{montażowe}$ → $\gamma_M = 1,3$; $k_{\text{mod}} = 1,10$

Siły wewnętrzne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 0,50 m** na pręcie 1:

$$M_{y,d} = 0,277 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 13,67 \text{ MPa}$$

$$M_{z,d} = 0,277 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,z,d} = 10,25 \text{ MPa}$$

Warunek stateczności elementu:

$$l_{ef} = 1,15 \text{ m}; \quad k_{crit} = 1,000; \quad k_{c,y} = 0,379; \quad k_{c,z} = 0,596; \quad k_{h,y} = 1,272$$

$$f_{m,y,d} = k_{h,y} \cdot (k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 25,84 \text{ MPa}; \quad k_{h,z} = 1,201$$

$$f_{m,z,d} = k_{h,z} \cdot (k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 24,39 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d})^2 + \sigma_{m,z,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,z,d}) = 0,280 + 0,420 = 0,700 < 1$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + (\sigma_{m,z,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,z,d}))^2 = 0,529 + 0,177 = 0,706 < 1$$

SGN - Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K22**: 0,85·stała+1,5·montażowe → $\gamma_M = 1,3$; $k_{mod} = 1,10$

Siły poprzeczne i odpowiadające naprężenia dla przekroju **x = 1,15 m** na pręcie **1**:

$$k_{cr} = 1,0$$

$$V_{z,d} = 0,740 \text{ kN}, \quad T_{z,d} = 0,41 \text{ MPa}$$

$$V_{y,d} = 0,740 \text{ kN}, \quad T_{y,d} = 0,41 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

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

$$(T_{z,d}/f_{v,d})^2 + (T_{y,d}/f_{v,d})^2 = 0,015 + 0,015 = 0,030 < 1$$

SGU - Ugięcie chwilowe:

Decyduje kombinacja: **K35**: stała+śnieg+0,6·wiatr

Wartości dla przekroju **x = 0,48 m** na pręcie **1**:

$$u_{inst} = (u_{inst,z}^2 + u_{inst,y}^2)^{0,5} = 1,0 \text{ mm} < u_{inst,lim} = 1150 / 350 = 3,3 \text{ mm} \quad (31,2\%)$$

SGU - Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K45**: 1,8·stała+1,0·śnieg+0,6·wiatr

Wartości dla przekroju **x = 0,48 m** na pręcie **1**:

$$u_{fin} = (u_{fin,z}^2 + u_{fin,y}^2)^{0,5} = 1,4 \text{ mm} < u_{fin,lim} = 1,5 \cdot 1150 / 200 = 8,6 \text{ mm} \quad (16,5\%)$$

6 Wnioski ekspertyzy technicznej i sposób wzmocnienia

Na podstawie wizji lokalnej przeprowadzonej w obiekcie, wykonanych podczas niej oględzin, stwierdzono, że stan ogólny konstrukcji głównej jest dostateczny. Nośność elementów konstrukcyjnych objętych zakresem ekspertyzy jest wystarczająca i nie zagraża bezpieczeństwu użytkowania.

Z uwagi na stan techniczny, lokalnie elementy porażone korozją biologiczną lub uszkodzone należy wymienić o takim samym przekroju.

Należy również uzupełnić:

- elementy stalowe (klamry) połączeń rozciąganych wieszaków (słupów) i tramów;
- zastosować przekładkę izolującą elementy drewniane leżące na murze;
- należy wykonać lokalne wzmocnienia i wymianę elementów drewnianych konstrukcji dachu skazanych na załączniku graficznym;
- wszystkie elementy drewniane oczyścić i pomalować farbami ochronnymi przed dalszą korozją biologiczną, owadami i w razie potrzeby również farbami ogniochronnymi;
- na całej połaci dachu należy wymienić łaty o przekroju poprzecznym min. 45x60mm w układzie co najmniej dwuprzęsłowym;
- wymianę pokrycia należy wykonać z uwzględnieniem w szczególności szczelnej obróbki połączeń połaci z kominami, załamań połaci oraz przy oknach dachowych;

Wszystkie roboty remontowe i budowlane w istniejącym budynku muszą być prowadzone pod stałym nadzorem Kierownika Budowy oraz Inspektora Nadzoru Inwestorskiego.

Ponadto:

- W trakcie robót nie należy dopuszczać do nadmiernego obciążania stropów poprzez składowanie ciężkich materiałów czy sprzętu – nie należy przekraczać łącznego obciążenia 50kg/m² dla stropu poddasza nieużytkowego. Nie zastosowanie się do zalecenia grozi uszkodzeniem stropu;
- podczas robót należy obserwować zachowanie konstrukcji – w razie zaobserwowania jakichkolwiek niekorzystnych zjawisk (nadmierne ugięcie stropu, zarysowania powierzchni tynków na fragmentach ścian nie objętych robotami, itp.) należy niezwłocznie powiadomić autora niniejszej ekspertyzy w celu ustalenia przyczyn i ewentualnych skutków zjawiska;
- wszelkie prace należy prowadzić zgodnie z zasadami wiedzy technicznej i sztuki budowlanej, stosując się do przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz bezpieczeństwa i ochrony zdrowia.

Kraków 04.2023

Rafał Grzywacz

ELEMNTY PRZEWIDZIANE DO WZMOCNIENIA I UZUPEŁNIENIA

