

JEDNOSTKA OPRACOWUJĄCA:



BIURO OBSŁUGI INWESTYCJI BUDOWLANYCH PATRYK GÓRGUREWICZ

84-351 Nowa Wieś Lęborska, ul. Dworcowa 19

Tel. 603 46 90 80; NIP 841-159-68-89

TEMAT OPRACOWANIA:

**REMONT KONSTRUKCJI DACHU WRAZ Z WYMIANĄ POKRYCIA  
I ROBOTAMI TOWARZYSZĄCYMI BUDYNKU PAWILONU SZKOLNEGO**

Adres inwestycji: j. ewid. Cewice [220803\_2],  
obr. Bukowina [0001],  
dz. nr 476

Inwestor: Gmina Cewice  
ul. W. Witosa 16,  
84-312 Cewice

**Zawartość opracowania:**

**CZĘŚĆ OPISOWA**

- EKSPERTYZA TECHNICZNA- OPIS USZKODZEŃ
- OPIS PRAC DO WYKONANIA
- OBLICZENIA WIĄZARA DACHOWEGO WD-1
- OBLICZENIA WIĘŻBY DACHOWEJ

**CZĘŚĆ RYSUNKOWA**

- WIĄZAR WD-1
- TĘŻNIK
- RZUT KONSTRUKCJI DACHOWEJ

OPRACOWANIE:

mgr inż. Patryk Górgurewicz  
POM/0198/WBKb/16

PROJEKTOWAŁ:

**SIERPIEŃ 2020**

## OŚWIADCZENIE

Działając zgodnie z art. 20 ust. 4 Prawo Budowlane (Dz. U. z 019 r. poz. 1186 z późn. zm.)  
oświadczam, że dokumentacja:

### **REMONT KONSTRUKCJI DACHU WRAZ Z WYMIANĄ POKRYCIA I ROBOTAMI TOWARZYSZĄCYMI BUDYNKU PAWILONU SZKOLNEGO**

została wykonana zgodnie z obowiązującymi przepisami w tym techniczno-budowlanymi, normami  
i wytycznymi oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej.

Adres inwestycji: j. ewid. Cewice [220803\_2],  
obr. Bukowina [0001],  
dz. nr 476

Inwestor: Gmina Cewice  
ul. W. Witosy 16,  
84-312 Cewice

*OPRACOWANIE:*  
mgr inż. Patryk Górgurewicz  
POM/0198/WBKb/16

*PROJEKTOWAŁ:*

**SIERPIEŃ 2020**

# KOPIA UPRAWNIEN I ZAŚWIADCZENIA O PRZYNALEŻNOŚCI DO IZBY



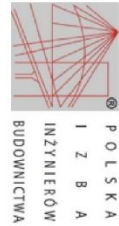
\* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zamieszczonego na stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa [www.pibb.org.pl](http://www.pibb.org.pl) lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2020-07-29 roku przez:  
**Franciszek Rogowicz, Przewodniczący Rady Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.**

(Zgodnie art. 5 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr. 130 poz. 1450) dane w postaci elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonego podpisem własnoręcznym.)

Pan **Patryk Michał Górgurewicz** o numerze ewidencyjnym **POM/BO/0222/16** adres zamieszkania **ul. Dworcowa 19, 84-351 Nowa Wieś Lęborska** jest członkiem Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2020-08-01 do 2021-07-31.

**Zaświadczenie**  
o numerze weryfikacyjnym:  
**POM-773-3W9-RU4 \***



POMORSKA OKRĘGOWA  
IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA  
83-303 Szamotuły, ul. Wodociągowa 14/155  
tel. 58-242-89-77, fax 58-501-44-98

Gdańsk, dnia 28 czerwca 2016 r.

sygn. akt. 221/POM/OKK/16

## DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (t.j. Dz. U. z 2014 r. poz. 1946 ze zm.) i art. 12 ust. 2, ust. 3 i ust. 4c pkt 2, art. 14 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (t.j. Dz. U. z 2016 r. poz. 290) oraz § 12 ust. 1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 11 września 2014 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. z 2014 r. poz. 1278) i art. 104 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego (t.j. Dz. U. z 2016 r. poz. 23), po ustaleniu, że spełnione zostały warunki w zakresie przygotowania zawodowego oraz po złożeniu egzaminu na uprawnienia budowlane z wynikiem pozytywnym,

**Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna  
Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa**  
stwierdza, że:

**Pan PATRYK MICHAŁ GÓRGUREWICZ**  
magister inżynier budownictwa  
urodzony dnia 14.07.1983 w Lęborku

otrzymuje

**UPRAWNIENIA BUDOWLANE**  
numer ewidencyjny: **POM/0198/WBKb/16**

do kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń  
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

## UZASADNIENIE

W związku z uwzględnieniem w całości zdania strony, na podstawie art. 107 § 4 K.p.a. odstępuje się od uzasadnienia decyzji. Zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na odwrocie decyzji.

1

Pan **Patryk Michał Górgurewicz** upoważniony jest:

- I. Na podstawie art. 12 ust.1 pkt 2-5, art. 13 ust. 3 i 4 ustawy Prawo budowlane (t.j. Dz. U. z 2016 r., poz. 290), w specjalności konstrukcyjno-budowlanej, bez ograniczeń do:
  - a) kierowania budową lub innymi robotami budowlanymi,
  - b) kierowania wytwarzaniem konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz nadzoru i kontroli technicznej wytwarzania tych elementów,
  - c) wykonywania nadzoru inwestorskiego,
  - d) sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych.
- II. Na podstawie § 12 ust. 1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 11 września 2014 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. z 2014 r. poz. 1278) uprawnienia niniejsze uprawniają do kierowania robotami budowlanymi w odniesieniu do konstrukcji oraz architektury obiektu.

### Pouczenie

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

Skład orzekający Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej:



**ZASTĘPCA PRZEWODNICZĄCEGO**  
Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej

dr inż. **Marek Waszowski**

**ZASTĘPCA PRZEWODNICZĄCEGO**  
Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej

mgr inż. **Wojciech Malinowski**

**CZŁONEK**  
Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej

prof. dr hab. inż. **Ziemowit Suligowski**

Otrzymują:  
1. Pan Patryk Michał Górgurewicz  
84-351 Nowa Wieś Lęborska, ul. Dworcowa 19  
2. Okręgowa Rada Izby  
3. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego  
4. aa

2

# EKSPERTYZA TECHNICZNA - OPIS USZKODZEŃ

## Podstawa opracowania

- Zlecenie właściciela obiektu
- Wizja lokalna – oględziny przeprowadzone w lipcu 2020 r.
- Aktualnie obowiązujące normatywy techniczne i inne przepisy dotyczące przeglądu obiektów budowlanych oraz robót remontowych i rozbiórkowych

## Cel wykonania ekspertyzy

Celem wykonania ekspertyzy jest zbadanie aktualnego stanu technicznego dachu budynku pawilonu szkolnego pod kątem bezpieczeństwa jego użytkowania. W celu wykonania ekspertyzy dokonano oględzin budynku oraz jego konstrukcji. Budynek zlokalizowany jest przy ul. Szkolnej 5A w Bukowinie, gm. Cewice (dz. nr 476, obr. 0001 Bukowina)

## Stan techniczny obiektu

Przedmiotowy budynek jest parterowy, wolnostojący, rzut budynku w kształcie litery L. Ściany nośne murowane, dach dwuspadowy o konstrukcji drewnianej wykonany z dźwigarów kratowych pokrytych papą. Jest to budynek użyteczności publicznej – w budynku znajdują się sale lekcyjne szkoły podstawowej.

Więźbę dachową stanowią więzary kratowe drewniane o skratowaniu typu N w rozstawie osiowym ok. 1,20 m. Pas górny i dolny stanowi podwójna deska 2,5 x 15,0 cm. Słupki i krzyżulce to elementy jednogąździowe, z pojedynczej deski 2,5x15,0 cm. Rozstaw słupków wynosi ok. 1,0 m. Wiązary pokryte pełnym deskowaniem na których ułożone zostały warstwy papy. Wiązary oparte na wieńcu żelbetowym.

W trakcie przeprowadzonych oględzin stwierdzono liczne nieprawidłowości w zakresie stanu technicznego konstrukcji, a co za tym idzie stanu sufitów i ścian pomieszczeń, stanowiących sale lekcyjne.





Widoczne plamy po zalaniu wodą opadową oraz w niektórych pomieszczeniach widoczny odspojony tynk na suficie – świadczą to o nieszczelności pokrycia dachowego.

W korytarzu budynku widoczne są ugięcia sufitu, świadczące o przekroczonym stanie granicznym ugięć.

Konstrukcje drewniane narażone na silne nagrzewanie promieniami słonecznymi lub poddane działaniu niskich temperatur doznają wahań wymiarów przestrzennych. W związku z tym powstają deformacje na powierzchni belek w postaci zwichrzeń i wybrzuszeń, ukazują się drobne rysy i spękania.

Połączenia dachowe są wyraźnie pofałdowane, co może wynikać z wątpliwej jakości wykonania wiązarów, wad materiałowych oraz przekroczonych stanów granicznych nośności.



Część dźwigarów w miejscu występowania okapu dachowego jest skorodowana biologicznie, widoczne jest zjawisko starzenia się elementów. Zjawisko starzenia się

w materiałach i konstrukcjach drewnianych rozwija się pod wpływem długotrwałego działania otaczającego środowiska bez przebiegu określonych reakcji chemicznych wywołanych czynnikami zewnętrznymi. Wpływ na starzenie się wywierają głównie czynniki fizyczne występujące przede wszystkim w konstrukcjach narażonych na okresowe zmiany wilgotności względnej otaczającego powietrza, zmian temperatury, opadów atmosferycznych w postaci deszczu i śniegu. Proces starzenia się budowli z konstrukcją drewnianą przebiega więc naturalnym biegiem rzeczy i trudny jest do zahamowania. Ruchy termiczne sprzyjają przedwczesnemu starzeniu się warstw ochronnych, a więc wypraw i izolacji które oddzielają się od powierzchni zewnętrznych, obnażają je i ułatwiają przenikanie do wnętrza wilgoci w postaci rosy.

W konsekwencji zmiennych operacji klimatycznych w materiałach i konstrukcjach daje się zauważyć osłabienie spójności struktury i wzrost kruchości materiałów. Drewno konstrukcyjne staje się bardziej porowate, zaczyna pęcznieć lub kruszeć, ujawniają ubytki substancji i w związku z tym zmniejsza się ich ciężar właściwy i obniżają się własności mechaniczne. Działanie to powoduje z kolei powstawanie naprężeń wewnętrznych, które przy jednoczesnym działaniu nierównomiernie rozłożonych sił zewnętrznych prowadzi do lokalnej koncentracji naprężeń, deformacji, spadku wytrzymałości i ostatecznie zniszczenia lub ugięcia belek.

Geometria przedmiotowego dachu wykazuje liczne ugięcia. Konstrukcja drewniana upływem czasu ulegała procesom destrukcyjnym. Niektóre z procesów destrukcyjnych przebiegają powoli, wywołując w elementach konstrukcyjnych i zastosowanych materiałach nie zawsze nawet uchwytnie i dostrzegalne zmiany lub odkształcenia. Do takich między innymi należą również odkształcenia, które powstają wskutek nieprzerwanie działającej siły ciężkości. W przypadku owego budynku po dłuższym czasie powstały nieznaczne ugięcia, Czas w dłuższym wymiarze jest tu czynnikiem niezwykle istotnym dla pracy konstrukcji, szczególnie takiej jak w omawianym budynku. Odkształcenia te nie są groźne w budynkach wykonanych poprawnie pod względem technicznym, jeśli nie towarzyszą temu inne czynniki, a zwłaszcza zjawisko starzenia się i rozkładu materiału. W przedmiotowym budynku wykonanie połączeń elementów konstrukcyjnych pasów z krzyżulcami i słupkami odbiega dalece od prawidłowego sposobu łączenia elementów drewnianych zgodnie ze sztuką budowlaną.

Przeprowadzone obliczenia potwierdzają ocenę stanu obecnego przeprowadzonego na podstawie oględzin. Zgodnie z wynikami obliczeń, stanowiącymi załącznik nr 1 do niniejszej ekspertyzy – najbardziej obciążony jest słupek (ozn. jako nr 21 w obliczeniach), gdzie warunek stanu granicznego nośności jest niespełniony – wyężenie przekroju wynosi ok. 120% (zakładając osiowy rozstaw wiązarów 1,0 m – w rzeczywistości rozstaw dochodzi do 1,20 m), stan graniczny ugięcia jest spełniony natomiast jest to wartość zbliżona do maksymalnej dopuszczalnej wartości.

## Wnioski końcowe

Niniejszą ekspertyzę wykonano w oparciu o przeprowadzone oględziny obiektu i inwentaryzację wykonanych robót, dokonano także obliczeń sprawdzających stany graniczne nośności i stan graniczny użytkowości z uwagi na dopuszczalne ugięcia.

Konstrukcja więźarów dachowych oraz pokrycie – są w złym stanie technicznym.

Dalsza eksploatacja w obecnym stanie może pogłębić odkształcenia konstrukcji, jej degradację i zwiększyć obszar uszkodzeń ścian i sufitów w pomieszczeniach z uwagi na nieszczelność pokrycia dachowego. Projektant zwraca uwagę na pilną konieczność wymiany konstrukcji dachowej, wraz z jej pokryciem oraz naprawą uszkodzonych elementów wykończenia ścian i sufitu w ramach remontu generalnego dachu. Zalecany sposób naprawy przedstawiono w dalszej części opracowania.

W chwili obecnej, budynek pawilonu szkoły podstawowej stwarza zagrożenie dla zdrowia i życia jego użytkowników, nie nadaje się do dalszej eksploatacji i powinien pozostać wyłączony z użytkowania do czasu wykonania w/w prac budowlanych

OPRACOWANIE:  
mgr inż. Patryk Górgurewicz  
POM/0198/WBKb/16

## Zalecany sposób naprawy

### I. PRZEDMIOT PRAC REMONTOWYCH

Głównym przedmiotem prac jest wymiana elementów konstrukcji budynku szkoły mająca na celu poprawę bezpieczeństwa budynku. Dodatkowymi pracami w ramach przeprowadzanych prac będą: wymiana pokrycia dachowego, rynien, opierzenia i innych elementów konstrukcji dachowej, które w trakcie robót zakwalifikowane zostaną do naprawy lub wymiany.

### II. ZAKRES PRAC DO WYKONANIA

- Demontaż pokrycia.
- Demontaż warstw izolacji przeciwwilgociowych i termicznych.
- Demontaż konstrukcji dachowej.
- Wykonanie wieńca.
- W razie konieczności wymiana elementów instalacji elektrycznej
- Wymiana elementów konstrukcji dachowej.
- Impregnacja elementów drewnianych.
- Ponowny montaż nowych wiązarów więźby.
- Wykonanie pokrycia dachowego.
- Wykonanie izolacji termicznych i przeciwwilgociowych.
- Prace wykończeniowe z zewnątrz i wewnątrz budynku (naprawa i uzupełnienie tynków i okładzin)
- Malowanie elementów.

### III. STAN ISTNIEJĄCY

#### Położenie

Budynek mieści się na dz. nr 476 obr. Bukowina o kształcie zbliżonym do trapezu, którego boki równoległe względem siebie to granice północno-wschodnia i południowo- zachodnia. Obszar od wschodu graniczy z drogą gminną natomiast od wschodu z działkami budowlanymi oraz rolnymi.

#### Zabudowa istniejąca

Działka objęta opracowaniem jest zabudowana budynkami szkolnymi.

#### Stan istniejący obiektu

Budynek, który jest przedmiotem niniejszego opracowania został wzniesiony jako niepodpiwniczony parterowy pawilon szkolny o prostej i bryle na planie litery „L”. Budynek wolnostojący. Fundamenty budynku w formie ław żelbetowych, ściany murowane z pustaków betonowych i ocieplone 10cm warstwą styropianu. Układ konstrukcyjny — podłużny. Przekrycie budynku stanowi drewniany dach kryty papą o kącie nachylenia równym 140. Konstrukcja oraz pokrycie dachu w złym stanie technicznym. Szacowana degradacja wiązarów dachowych - 80%. Liczne pęknięcia poszycia powodują zawilgocenie konstrukcji, a także zalewanie pomieszczeń w czasie opadów. Obiekt pełni funkcję szkoły podstawowej z salami lekcyjnymi oraz sanitariatami.



## Projekt zagospodarowania terenu

Elewacje gładkie, otynkowane tynkiem strukturalnym w dobrym stanie technicznym. W kilku miejscach występują zabrudzenia, drobne uszkodzenia tynku nie mające wpływu na pracę konstrukcji. Oryginalnie stolarkę okienną stanowiły okna drewniane, które zostały wymienione na stolarkę PCV. Rury spustowe oraz większość obróbek blacharskich wykonane z blachy powlekanej

## Wnioski

Ogólnie stan techniczny obiektu można uznać za dobry i nie zauważa się przeszkód technicznych w przeprowadzeniu prac remontowych konstrukcji dachowej oraz wieńca. Ściany zewnętrzne i dach, o słabych właściwościach termoizolacyjnych. Potrzeba remontu dachu niesie ze sobą korzyści związane z wydłużeniem czasu jego użytkowania oraz zwiększeniem komfortu użytkowników.

## **IV. OPIS ROBÓT BUDOWLANYCH I SPOSÓB ICH WYKONANIA**

### Obróbki blacharskie

- no nowe obróbki blacharskie należy dostosować do grubości ocieplanych ścian
- obróbki powinny wystawać poza lico ściany co najmniej 4cm i zabezpieczyć elewację przed zalewaniem wody deszczowej
- wymiana pozostałych i wykonanie nowych obróbek blacharskich z blachy ocynkowanej powlekanej gr. min. 0,5 mm, (m.in. obróbki zadaszeń, obróbki ogniomurów i pionowych dylatacji),

### Projektowany remont konstrukcji dachowej

Remont konstrukcji dachu polega na demontażu wszystkich elementów dachu z murłatą włącznie, wykonaniu niezbędnych napraw i wymian, a następnie ponownym montażu i wykończenia w dokładnie tej samej geometrii oraz wykonanie nowego pokrycia z blachy trapezowej [wzór oraz kolorystyka do uzgodnienia z inwestorem – wstępnie przyjęto kolor grafit, model blachy zbliżony do np. T18-Blachy Pruszyński]. Po wykonaniu nowego wieńca należy zamontować murłatę odizolowaną przeciwwilgociowo od części żelbetowej. Następnie na murłacie ułożyć nowe wiązary dachowe. Dopuszcza się montaż wiązarów bezpośrednio do wieńca – jednak szczegóły i dokładny sposób montażu należy uzgodnić z inspektorem nadzoru inwestorskiego na etapie realizacji prac.

### Warstwy:

Po ustawieniu konstrukcji dachu należy wykonać warstwy krycia oraz izolacji termicznej, opierzenia, obróbki blacharskie, montaż kominków wentylacyjnych oraz pozostałych elementów.

Warstwy pokrycia i elementów izolacyjno-wykończeniowych liczone od góry:

- blacha trapezowa np. T18 – Blachy Pruszyński kolor grafit
- elementy montażowe łączące blachę z konstrukcją – łaty 6x4cm, kontrłaty 2.50x4cm
- folia wysokoparoprzepuszczalna
- pas górny wiązara
- wiatroizolacja
- wełna mineralna w przestrzeni międzykonstrukcyjnej pasa dolnego 20cm
- wełna mineralna w przestrzeni stelaża 5 cm
- membrana paroizolacyjna

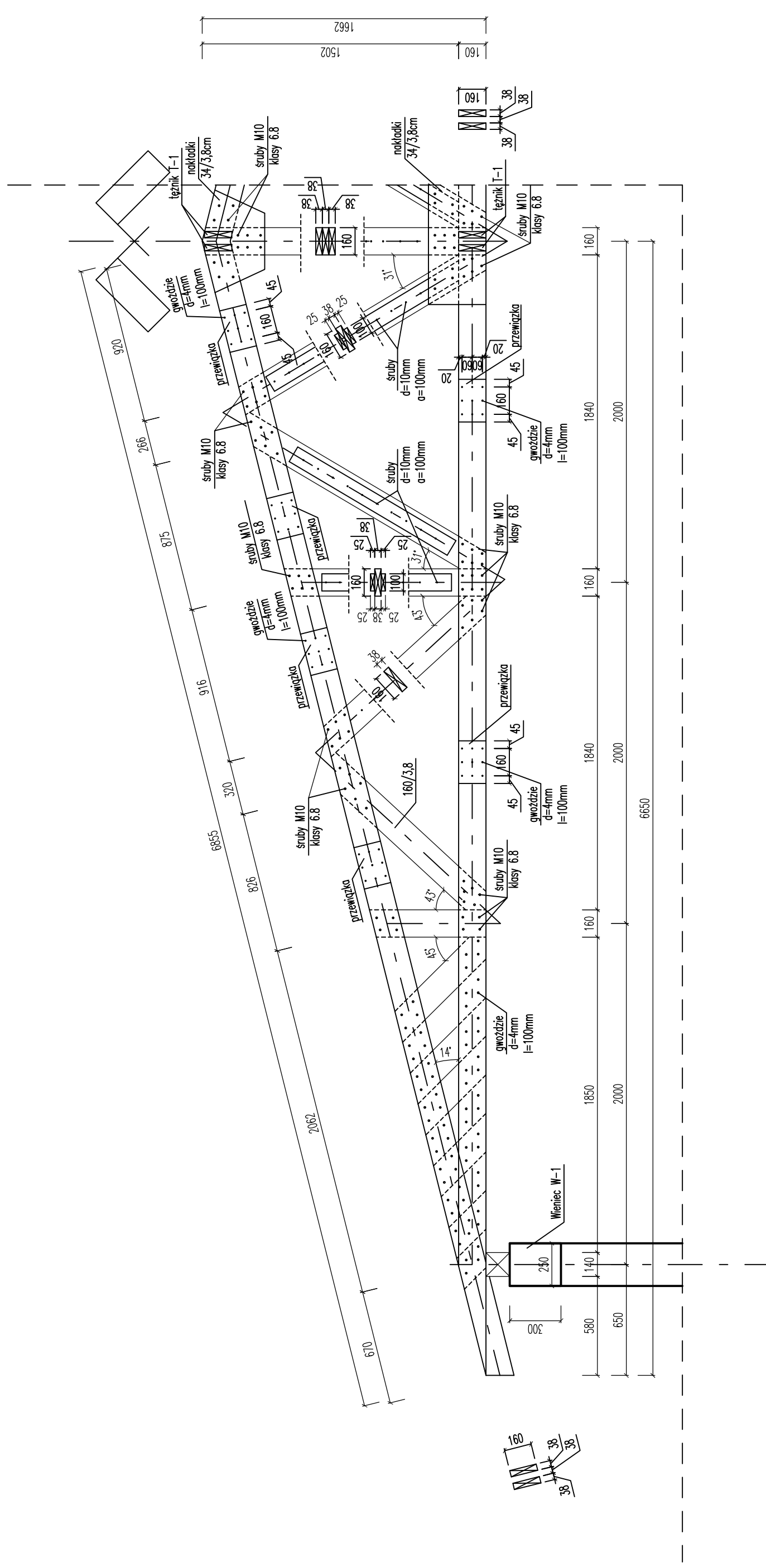
Po zakończeniu prac remontu dachu, należy naprawić wszelkie zniszczenia powstałe w jego skutku (tj. uzupełnienie tynków, naprawa sufitów, malowanie elementów, instalacja elektryczna)

#### Projektowany remont wieńca

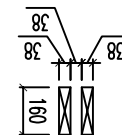
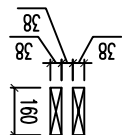
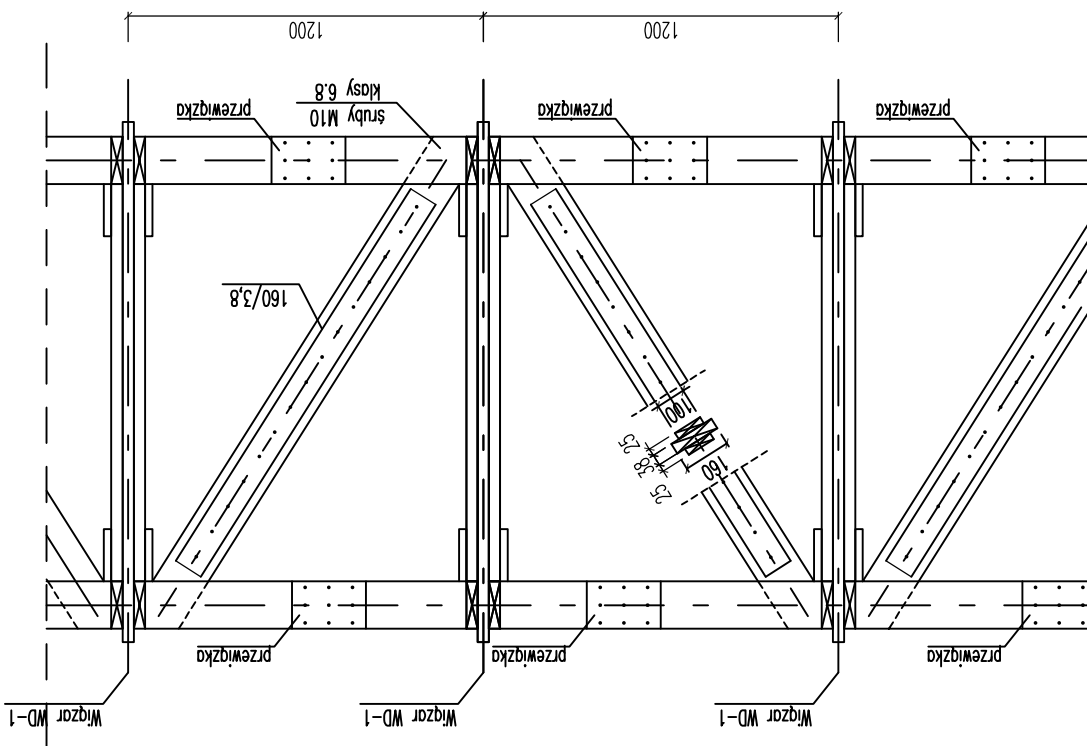
Po demontażu konstrukcji dachowej oczyścić wieńiec, skuć elementy spękanne w celu sprawdzenia stanu istniejącego. Wyciąć istniejące kotwy murłaty. W przypadku napotkania naruszenia konstrukcji należy wymieniać całe fragmenty wieńca wykonując nowy element monolitycznie na miejscu. Mocowanie murłaty na pręty gwintowane montowane na kotwy chemiczne. Murłatę ustawiać na warstwie izolacji przeciwwilgociowej w postaci papy lub folii budowlanej. Przed wykonaniem wieńca sprawdzić stan murów i wykonać niezbędne naprawy.

#### Prace remontowe towarzyszące

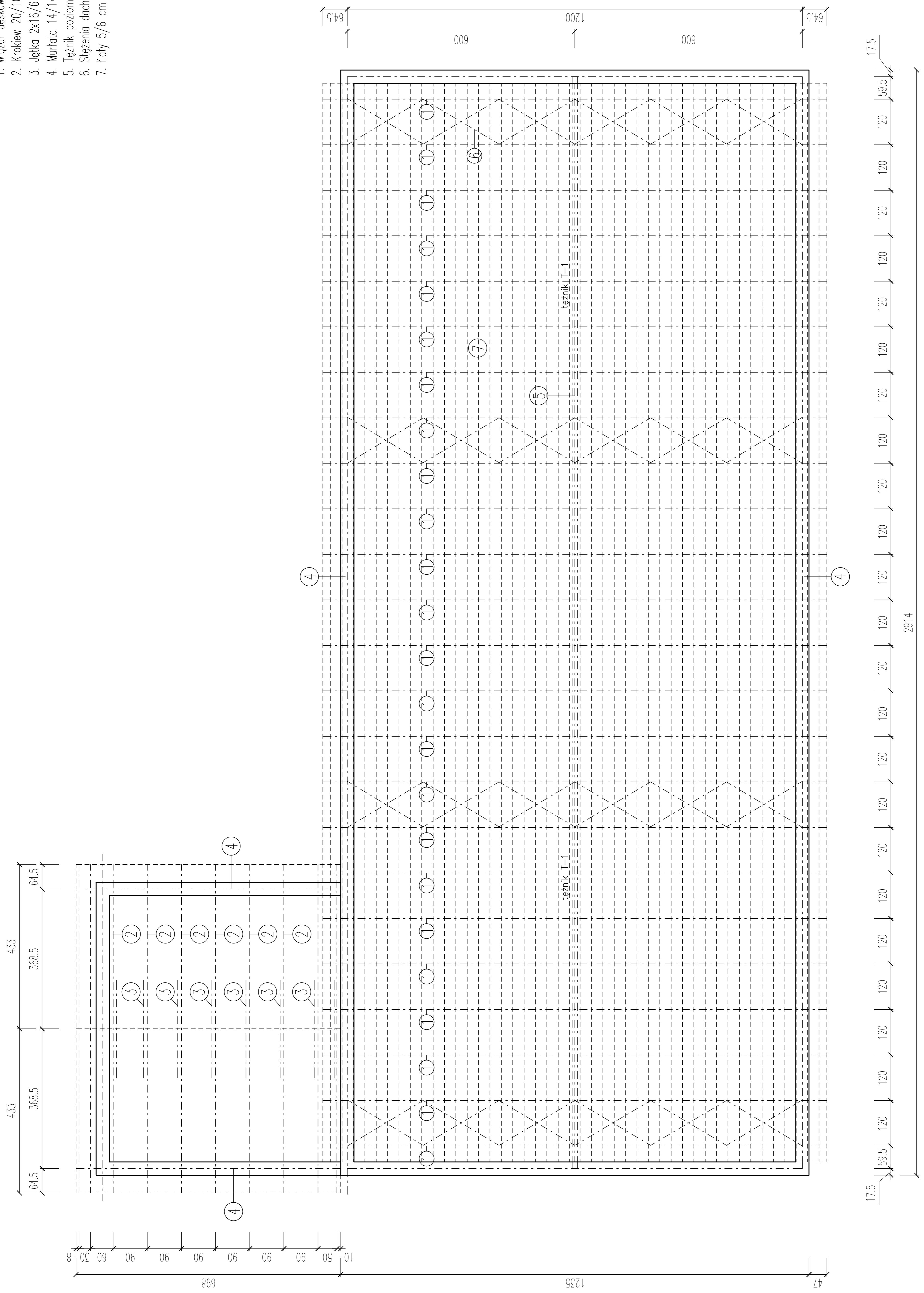
- Zabezpieczenie osłonami z folii okien w mieszkaniach na czas prac budowlano-remontowych.
- Po zakończonych pracach uporządkowanie terenu inwestycji, wywiezienie i utylizacja materiałów rozbiórkowych.
- Wykonanie kontroli wentylacji, istniejące kanały wentylacyjne udrożnić i zabezpieczyć po dociepleniu elewacji kratkami wentylacyjnymi.
- Zdemontowanie i ponowny montaż wszelkich opraw i osprzętu znajdującego się na elewacjach.
- Uporządkowanie pomieszczeń po wykonaniu prac wewnątrz budynku.



# Łącznik T-1



1. Wiązar deskowy WD-1
2. Krokiew 20/10 cm
3. Jętko 2x16/6 cm
4. Murlata 14/14 cm
5. Łeźnik poziomy T-1
6. Stężenia dachowe  $\phi 14$
7. Łaty 5/6 cm



## OBLICZENIA STATYCZNE

### Zawartość

1.0. WYMIAROWANIE KONSTRUKCJI STROPODACHU. ....	2
1.1. Obliczenia więzara dachowego WD-1.....	2
1.2. Obliczenia więzby dachowej.....	36

## 1.0. WYMIAROWANIE KONSTRUKCJI STROPODACHU.

### 1.1. Obliczenia więzara dachowego WD-1.

Tablica 1. Obciążenia na dach

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m <sup>2</sup>	g	k <sub>d</sub>	Obc. obl. kN/m <sup>2</sup>
1.	Blacha stalowa, cynkowa lub miedziana o grubości 0,55 mm [0,350kN/m <sup>2</sup> ]	0,35	1,30	--	0,45
2.	Jodła, lipa, olcha, osika, sosna, świerk, topola grub. 2,5 cm [5,5kN/m <sup>3</sup> ·0,025m]	0,14	1,30	--	0,18
3.	Wełna mineralna luzem grub. 2,5 cm [1,2kN/m <sup>3</sup> ·0,025m]	0,03	1,30	--	0,04
4.	Warstwa gipsowa bez piasku grub. 3 cm [12,0kN/m <sup>3</sup> ·0,03m]	0,36	1,30	--	0,47
5.	Obciążenie śniegiem połaci bardziej obciążonej dachu dwuspadowego wg PN-80/B-02010/Az1/Z1-1 (strefa 3, A=30 m n.p.m. -> Q <sub>k</sub> = 1,2 kN/m <sup>2</sup> , nachylenie połaci 12,0 st. -> C <sub>2</sub> =0,8) [0,960kN/m <sup>2</sup> ]	0,96	1,50	0,00	1,44
6.	Obciążenie wiatrem połaci nawietrznej dachu wg PN-B-02011:1977/Az1/Z1-3 (strefa II -> q <sub>k</sub> = 0,42kN/m <sup>2</sup> , teren A, z=H=8,0 m, -> C <sub>e</sub> =0,90, budowla zamknięta, wymiary budynku H=8,0 m, B=12,0 m, L=30,0 m, kąt nachylenia połaci dachowej alfa = 12,0 st. -> wsp. aerodyn. C=-0,9, beta=1,80) [-0,612kN/m <sup>2</sup> ]	-0,61	1,50	0,00	-0,91
S:		<b>1,23</b>	1,36	--	<b>1,67</b>

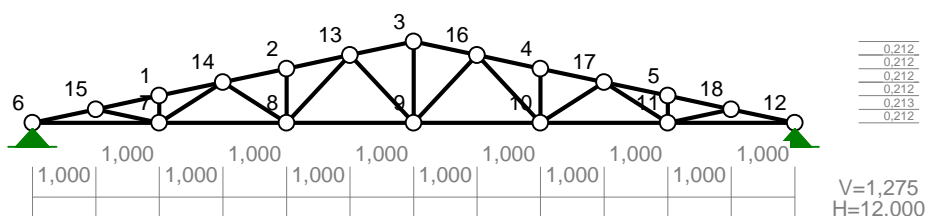
Tablica 4. Obc. na węzeł pasa górnego

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN	g	k <sub>d</sub>	Obc. obl. kN
1.	Blacha stalowa, cynkowa lub miedziana o grubości 0,55 mm szer. 1,40 m, dług. 1,10 m [((0,350kN/m <sup>2</sup> )·1,40m)·1,10m]	0,54	1,30	--	0,70
2.	Jodła, lipa, olcha, osika, sosna, świerk, topola grub. 2,5 cm, szer. 1,40 m, dług. 1,10 m [((5,5kN/m <sup>3</sup> ·0,025m)·1,40m)·1,10m]	0,22	1,30	--	0,29
3.	Obciążenie śniegiem połaci bardziej obciążonej dachu dwuspadowego wg PN-80/B-02010/Az1/Z1-1 (strefa 3, A=30 m n.p.m. -> Q <sub>k</sub> = 1,2 kN/m <sup>2</sup> , nachylenie połaci 12,0 st. -> C <sub>2</sub> =0,8) szer. 1,40 m, dług. 1,10 m [((0,960kN/m <sup>2</sup> )·1,40m)·1,10m]	1,47	1,50	0,00	2,20
4.	Obciążenie wiatrem połaci nawietrznej dachu wg PN-B-02011:1977/Az1/Z1-3 (strefa II -> q <sub>k</sub> = 0,42kN/m <sup>2</sup> , teren A, z=H=8,0 m, -> C <sub>e</sub> =0,90, budowla zamknięta, wymiary budynku H=8,0 m, B=12,0 m, L=30,0 m, kąt nachylenia połaci dachowej alfa = 12,0 st. -> wsp. aerodyn. C=-0,9, beta=1,80) szer.1,40 m i dług.1,10 m [-0,612kN/m <sup>2</sup> ·1,40m·1,10m]	-0,94	1,50	0,00	-1,41
S:		<b>1,29</b>	1,38	--	<b>1,78</b>

**Tablica 5. Obc. na węzeł pasa dolnego**

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN	g	k <sub>d</sub>	Obc. obl. kN
1.	Wełna mineralna luzem grub. 2,5 cm, szer. 1,40 m, dług. 2,00 m [[ $(1,2\text{kN/m}^3 \cdot 0,025\text{m}) \cdot 1,40\text{m}$ ]-2,00m]	0,08	1,30	--	0,10
2.	Warstwa gipsowa bez piasku grub. 3 cm, szer. 1,40 m, dług. 2,00 m [[ $(12,0\text{kN/m}^3 \cdot 0,03\text{m}) \cdot 1,40\text{m}$ ]-2,00m]	1,00	1,30	--	1,30
S:		<b>1,08</b>	1,30	--	<b>1,40</b>

WEZŁY:



WEZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:	Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	2,000	0,425	10	8,000	0,000
2	4,000	0,850	11	10,000	0,000
3	6,000	1,275	12	12,000	0,000
4	8,000	0,850	13	5,000	1,062
5	10,000	0,425	14	3,000	0,637
6	0,000	0,000	15	1,000	0,212
7	2,000	0,000	16	7,000	1,063
8	4,000	0,000	17	9,000	0,638
9	6,000	0,000	18	11,000	0,213

PODPORY:

Podatności

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx(Do*): [ m / k N ]	Dy:	DFi: [ rad/kNm ]
6	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	
12	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	

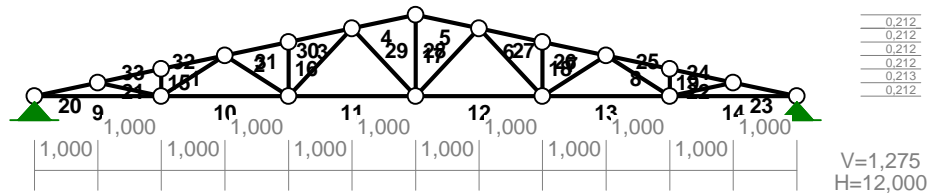
OSIADANIA:

Węzeł:	Kąt:	Wx(Wo*) [m]:	Wy[m]:	F <sub>Io</sub> [grad]:
--------	------	--------------	--------	-------------------------

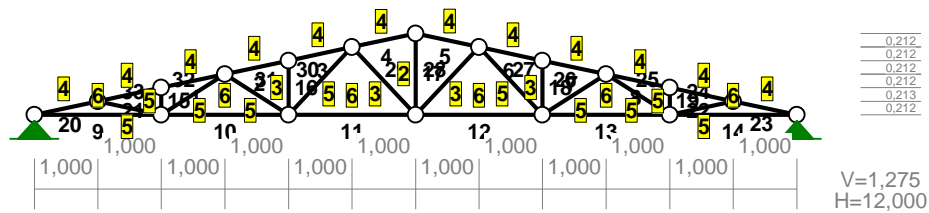
B r a k O s i a d a ń



PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;  
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub  
22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	11	1	14	1,000	0,212	1,022	1,000	4 IIIa 16x12
2	11	14	2	1,000	0,213	1,022	1,000	4 IIIa 16x12
3	11	2	13	1,000	0,212	1,022	1,000	4 IIIa 16x12
4	11	13	3	1,000	0,213	1,022	1,000	4 IIIa 16x12
5	11	3	16	1,000	-0,212	1,022	1,000	4 IIIa 16x12
6	11	16	4	1,000	-0,213	1,022	1,000	4 IIIa 16x12
7	11	4	17	1,000	-0,212	1,022	1,000	4 IIIa 16x12
8	11	17	5	1,000	-0,213	1,022	1,000	4 IIIa 16x12
9	11	6	7	2,000	0,000	2,000	1,000	6 IIIa 16x12
10	11	7	8	2,000	0,000	2,000	1,000	6 IIIa 16x12
11	11	8	9	2,000	0,000	2,000	1,000	6 IIIa 16x12
12	11	9	10	2,000	0,000	2,000	1,000	6 IIIa 16x12
13	11	10	11	2,000	0,000	2,000	1,000	6 IIIa 16x12
14	11	11	12	2,000	0,000	2,000	1,000	6 IIIa 16x12
15	11	7	1	0,000	0,425	0,425	1,000	5 B 16,0x4,0
16	11	8	2	0,000	0,850	0,850	1,000	3 Ib 16x9
17	11	9	3	0,000	1,275	1,275	1,000	2 IIb 16x12
18	11	10	4	0,000	0,850	0,850	1,000	3 Ib 16x9

19	11	11	5	0,000	0,425	0,425	1,000	5 B 16,0x4,0
20	11	6	15	1,000	0,212	1,022	1,000	4 IIIa 16x12
21	11	15	1	1,000	0,213	1,022	1,000	4 IIIa 16x12
22	11	5	18	1,000	-0,212	1,022	1,000	4 IIIa 16x12
23	11	18	12	1,000	-0,213	1,022	1,000	4 IIIa 16x12
24	11	18	11	-1,000	-0,213	1,022	1,000	5 B 16,0x4,0
25	11	11	17	-1,000	0,638	1,186	1,000	5 B 16,0x4,0
26	11	17	10	-1,000	-0,638	1,186	1,000	5 B 16,0x4,0
27	11	10	16	-1,000	1,063	1,459	1,000	5 B 16,0x4,0
28	11	16	9	-1,000	-1,063	1,459	1,000	3 Ib 16x9
29	11	9	13	-1,000	1,062	1,459	1,000	3 Ib 16x9
30	11	13	8	-1,000	-1,062	1,459	1,000	5 B 16,0x4,0
31	11	8	14	-1,000	0,637	1,186	1,000	5 B 16,0x4,0
32	11	14	7	-1,000	-0,637	1,186	1,000	5 B 16,0x4,0
33	11	7	15	-1,000	0,212	1,022	1,000	5 B 16,0x4,0

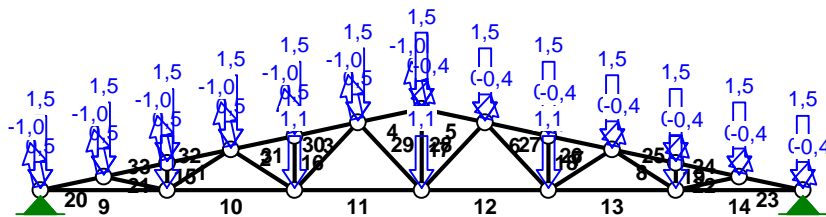
**WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:**

Nr.	A[cm <sup>2</sup> ]	I <sub>x</sub> [cm <sup>4</sup> ]	I <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>g</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>d</sub> [cm <sup>3</sup> ]	h[cm]	Materiał:
2	182,4	3891	2468	486	486	16,0	45 Drewno C24
3	110,8	1714	595	214	214	16,0	45 Drewno C24
4	128,0	2731	2219	341	341	16,0	45 Drewno C24
5	64,0	1365	85	171	171	16,0	45 Drewno C24
6	128,0	2731	2219	341	341	16,0	45 Drewno C24

**STAŁE MATERIAŁOWE:**

Materiał:	Moduł E: [N/mm <sup>2</sup> ]	Napręż.gr.: [N/mm <sup>2</sup> ]	AlfaT: [1/K]
45 Drewno C24	11000	24,000	5,00E-06

**OBCIĄŻENIA:**



**OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	A	"Obc. stałe"		Stałe	gf=	1,30

1	Skupione	0,0	0,54	1,02
2	Skupione	0,0	0,54	1,02
3	Skupione	0,0	0,54	1,02
4	Skupione	0,0	0,54	1,02
5	Skupione	0,0	1,50	0,00
6	Skupione	0,0	0,54	0,00
7	Skupione	0,0	0,54	0,00
8	Skupione	0,0	0,54	0,00
9	Skupione	0,0	1,08	1,99
10	Skupione	0,0	1,08	2,00
11	Skupione	0,0	1,08	2,00
12	Skupione	0,0	1,08	2,00
13	Skupione	0,0	1,08	2,00
20	Skupione	0,0	0,54	1,02
20	Skupione	0,0	0,54	0,00
21	Skupione	0,0	0,54	1,02
22	Skupione	0,0	0,54	0,00
23	Skupione	0,0	0,54	0,00
23	Skupione	0,0	0,54	1,02

Grupa: S "Obc. śniegiem" Zmienne gf= 1,50

1	Skupione	0,0	1,47	1,02
2	Skupione	0,0	1,47	1,02
3	Skupione	0,0	1,47	1,02
4	Skupione	0,0	1,47	1,02
6	Skupione	0,0	1,47	0,00
7	Skupione	0,0	1,47	0,00
8	Skupione	0,0	1,47	0,00
20	Skupione	0,0	1,47	1,02
20	Skupione	0,0	1,47	0,00
21	Skupione	0,0	1,47	1,02
22	Skupione	0,0	1,47	0,00
23	Skupione	0,0	1,47	0,00
23	Skupione	0,0	1,47	1,02

Grupa: W "Obc. wiatrem" Zmienne gf= 1,50

1	Skupione	12,0	-0,95	1,02
2	Skupione	12,0	-0,95	1,02
3	Skupione	12,0	-0,95	1,02
4	Skupione	12,0	-0,95	1,02
5	Skupione	-12,0	-0,42	0,00
6	Skupione	-12,0	-0,42	0,00
7	Skupione	-12,0	-0,42	0,00
8	Skupione	-12,0	-0,42	0,00
20	Skupione	12,0	-0,95	1,02
20	Skupione	12,0	-0,95	0,00
21	Skupione	12,0	-0,95	1,02
22	Skupione	-12,0	-0,42	0,00
23	Skupione	-12,0	-0,42	0,00
23	Skupione	-12,0	-0,42	1,02

=====

**W Y N I K I**

**Teoria I-go rzędu**

**Kombinatoryka obciążeń**

=====

**OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:**

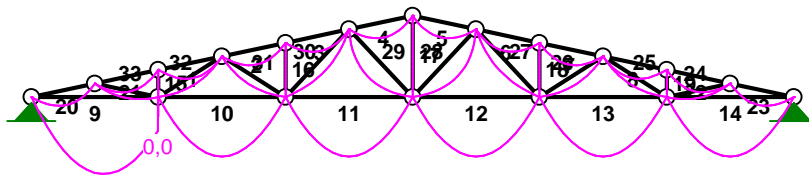
Grupa:	Znaczenie:	yd:	gf:
Ciężar wł.			1,10
A -"Obc. stałe"	Stałe		1,30
S -"Obc. śniegiem"	Zmienne	1 0,60	1,50
W -"Obc. wiatrem"	Zmienne	2 0,60	1,50

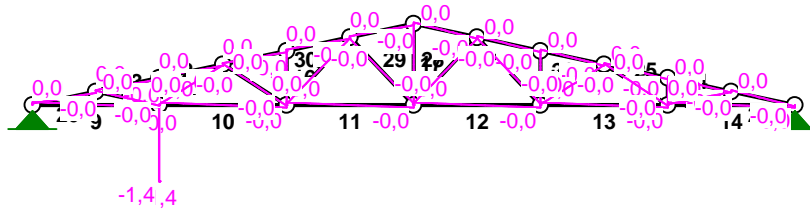
**RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:**

Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
A -"Obc. stałe"	ZAWSZE
S -"Obc. śniegiem"	EWENTUALNIE
W -"Obc. wiatrem"	EWENTUALNIE

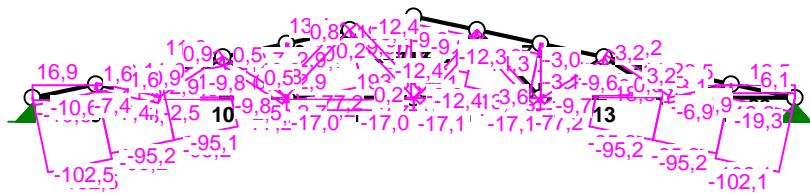
**KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:**

Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE : A EWENTUALNIE: S+W

**MOMENTY-OBWIEDNIE:****TNĄCE-OBWIEDNIE:**



NORMALNE-OBWIEDNIE :



**SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
 Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,511	<b>0,0*</b>	-0,0	-95,1	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-95,2	AS
	1,022	<b>-0,0*</b>	-0,0	-95,1	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-95,2	AS
	1,022	-0,0	<b>-0,0*</b>	-95,1	AS
	1,022	-0,0	-0,0	<b>-11,6*</b>	AW
	0,000	0,0	0,0	<b>-95,2*</b>	AS
2	0,511	<b>0,0*</b>	0,0	-77,2	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-77,2	AS
	1,022	<b>0,0*</b>	-0,0	-77,2	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-77,2	AS
	1,022	0,0	<b>-0,0*</b>	-77,2	AS
	1,022	0,0	-0,0	<b>-11,0*</b>	AW
	0,000	0,0	0,0	<b>-77,2*</b>	AS
3	0,511	<b>0,0*</b>	-0,0	-77,2	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-77,2	AS
	1,022	<b>-0,0*</b>	-0,0	-77,2	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-77,2	AS
	1,022	-0,0	<b>-0,0*</b>	-77,2	AS
	1,022	-0,0	-0,0	<b>-10,7*</b>	AW
	0,000	0,0	0,0	<b>-77,2*</b>	AS
4	0,511	<b>0,0*</b>	0,0	-59,1	AS

	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-59,1	AS
	1,022	<b>0,0*</b>	-0,0	-59,1	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-59,1	AS
	1,022	0,0	<b>-0,0*</b>	-59,1	AS
	1,022	0,0	-0,0	<b>-9,9*</b>	AW
	0,000	0,0	0,0	<b>-59,1*</b>	AS
5	0,511	<b>0,0*</b>	-0,0	-59,1	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-59,1	AS
	1,022	<b>-0,0*</b>	-0,0	-59,1	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-59,1	AS
	1,022	-0,0	<b>-0,0*</b>	-59,1	AS
	0,000	0,0	0,0	<b>-9,8*</b>	AW
	1,022	-0,0	-0,0	<b>-59,1*</b>	AS
6	0,511	<b>0,0*</b>	0,0	-77,2	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-77,2	AS
	1,022	<b>0,0*</b>	-0,0	-77,2	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-77,2	AS
	1,022	0,0	<b>-0,0*</b>	-77,2	AS
	0,000	0,0	0,0	<b>-14,2*</b>	AW
	1,022	0,0	-0,0	<b>-77,2*</b>	AS
7	0,511	<b>0,0*</b>	-0,0	-77,2	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-77,2	AS
	1,022	<b>-0,0*</b>	-0,0	-77,2	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-77,2	AS
	1,022	-0,0	<b>-0,0*</b>	-77,2	AS
	0,000	0,0	0,0	<b>-14,4*</b>	AW
	1,022	-0,0	-0,0	<b>-77,2*</b>	AS
8	0,511	<b>0,0*</b>	0,0	-95,2	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-95,2	AS
	1,022	<b>0,0*</b>	-0,0	-95,2	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-95,2	AS
	1,022	0,0	<b>-0,0*</b>	-95,2	AS
	0,000	0,0	0,0	<b>-18,8*</b>	AW
	1,022	0,0	-0,0	<b>-95,2*</b>	AS
9	1,120	<b>0,0*</b>	0,0	16,9	AS
	2,000	<b>0,0*</b>	-1,4	16,9	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,1	16,9	AS
	2,000	0,0	<b>-1,4*</b>	16,9	AS
	2,000	0,0	-1,4	<b>16,9*</b>	AS
	1,120	0,0	0,0	<b>16,9*</b>	AS
	0,000	0,0	0,1	<b>16,9*</b>	AS
	2,000	0,0	-1,4	<b>-3,4*</b>	AW
	1,120	0,0	0,0	<b>-3,4*</b>	AW
	0,000	0,0	0,1	<b>-3,4*</b>	AW
10	1,000	<b>0,0*</b>	0,0	-2,5	AW
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-2,5	AW
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-2,5	AW
	0,000	0,0	0,0	<b>0,4*</b>	AS
	1,000	0,0	0,0	<b>0,4*</b>	AS
	0,000	0,0	0,0	<b>-2,5*</b>	AW
	1,000	0,0	0,0	<b>-2,5*</b>	AW
11	1,000	<b>0,0*</b>	0,0	-17,0	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-17,0	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-17,0	AS

	0,000	0,0	0,0	-2,7*	AW
	1,000	0,0	0,0	-2,7*	AW
	0,000	0,0	0,0	-17,0*	AS
	1,000	0,0	0,0	-17,0*	AS
12	1,000	<b>0,0*</b>	0,0	-17,1	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-17,1	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-17,1	AS
	0,000	0,0	0,0	-0,8*	AW
	1,000	0,0	0,0	-0,8*	AW
	0,000	0,0	0,0	-17,1*	AS
	1,000	0,0	0,0	-17,1*	AS
13	1,000	<b>0,0*</b>	0,0	3,2	AW
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	3,2	AW
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	3,2	AW
	0,000	0,0	0,0	<b>3,2*</b>	AW
	1,000	0,0	0,0	<b>3,2*</b>	AW
	0,000	0,0	0,0	<b>0,3*</b>	AS
	1,000	0,0	0,0	<b>0,3*</b>	AS
14	1,000	<b>0,0*</b>	0,0	16,5	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	16,5	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	16,5	AS
	0,000	0,0	0,0	<b>16,5*</b>	AS
	1,000	0,0	0,0	<b>16,5*</b>	AS
	0,000	0,0	0,0	<b>6,1*</b>	AW
	1,000	0,0	0,0	<b>6,1*</b>	AW
15	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-2,9	AS
	0,425	<b>0,0*</b>	0,0	-2,9	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-2,9	AS
	0,425	<b>0,0*</b>	0,0	-2,9	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-2,9	AS
	0,425	0,0	<b>0,0*</b>	-2,9	AS
	0,425	0,0	0,0	<b>0,7*</b>	AW
	0,000	0,0	0,0	<b>-2,9*</b>	AS
16	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-2,9	AS
	0,850	<b>0,0*</b>	0,0	-2,9	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-2,9	AS
	0,850	<b>0,0*</b>	0,0	-2,9	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-2,9	AS
	0,850	0,0	<b>0,0*</b>	-2,9	AS
	0,850	0,0	0,0	<b>0,7*</b>	AW
	0,000	0,0	0,0	<b>-2,9*</b>	AS
17	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	19,6	AS
	1,275	<b>0,0*</b>	0,0	19,7	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	19,6	AS
	1,275	<b>0,0*</b>	0,0	19,7	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	19,6	AS
	1,275	0,0	<b>0,0*</b>	19,7	AS
	1,275	0,0	0,0	<b>19,7*</b>	AS
	0,000	0,0	0,0	<b>3,3*</b>	AW
18	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-3,1	AS
	0,850	<b>0,0*</b>	0,0	-3,0	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-3,1	AS
	0,850	<b>0,0*</b>	0,0	-3,0	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-3,1	AS

	0,850	0,0	<b>0,0*</b>	-3,0	AS
	0,850	0,0	0,0	<b>-0,1*</b>	AW
	0,000	0,0	0,0	<b>-3,1*</b>	AS
19	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-3,1	AS
	0,425	<b>0,0*</b>	0,0	-3,1	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-3,1	AS
	0,425	<b>0,0*</b>	0,0	-3,1	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-3,1	AS
	0,425	0,0	<b>0,0*</b>	-3,1	AS
	0,425	0,0	0,0	<b>-0,1*</b>	AW
	0,000	0,0	0,0	<b>-3,1*</b>	AS
20	0,511	<b>0,0*</b>	-0,0	-102,5	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-102,5	AS
	1,022	<b>-0,0*</b>	-0,0	-102,5	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-102,5	AS
	1,022	-0,0	<b>-0,0*</b>	-102,5	AS
	1,022	-0,0	-0,0	<b>-10,6*</b>	AW
	0,000	0,0	0,0	<b>-102,5*</b>	AS
21	0,511	<b>0,0*</b>	0,0	-95,2	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-95,2	AS
	1,022	<b>0,0*</b>	-0,0	-95,2	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-95,2	AS
	1,022	0,0	<b>-0,0*</b>	-95,2	AS
	1,022	0,0	-0,0	<b>-11,9*</b>	AW
	0,000	0,0	0,0	<b>-95,2*</b>	AS
22	0,511	<b>0,0*</b>	-0,0	-95,2	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-95,2	AS
	1,022	<b>-0,0*</b>	-0,0	-95,2	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-95,2	AS
	1,022	-0,0	<b>-0,0*</b>	-95,2	AS
	0,000	0,0	0,0	<b>-18,9*</b>	AW
	1,022	-0,0	-0,0	<b>-95,2*</b>	AS
23	0,511	<b>0,0*</b>	0,0	-102,1	AS
	0,000	<b>0,0*</b>	0,0	-102,1	AS
	1,022	<b>0,0*</b>	-0,0	-102,1	AS
	0,000	0,0	<b>0,0*</b>	-102,1	AS
	1,022	0,0	<b>-0,0*</b>	-102,1	AS
	0,000	0,0	0,0	<b>-19,3*</b>	AW
	1,022	0,0	-0,0	<b>-102,1*</b>	AS
24	0,000	<b>0,0*</b>	-0,0	-6,9	AS
	1,022	<b>0,0*</b>	0,0	-6,9	AS
	0,511	<b>-0,0*</b>	0,0	-6,9	AS
	0,000	0,0	<b>-0,0*</b>	-6,9	AS
	1,022	0,0	<b>0,0*</b>	-6,9	AS
	0,000	0,0	-0,0	<b>-0,2*</b>	AW
	1,022	0,0	0,0	<b>-6,9*</b>	AS
25	0,000	<b>0,0*</b>	-0,0	11,2	AS
	1,186	<b>0,0*</b>	0,0	11,2	AS
	0,593	<b>-0,0*</b>	0,0	11,2	AS
	0,000	0,0	<b>-0,0*</b>	11,2	AS
	1,186	0,0	<b>0,0*</b>	11,2	AS
	1,186	0,0	0,0	<b>11,2*</b>	AS
	0,000	0,0	-0,0	<b>3,2*</b>	AW



26	0,000	<b>0,0*</b>	-0,0	-9,6	AS
	1,186	<b>0,0*</b>	0,0	-9,7	AS
	0,593	<b>-0,0*</b>	0,0	-9,7	AS
	0,000	0,0	<b>-0,0*</b>	-9,6	AS
	1,186	0,0	<b>0,0*</b>	-9,7	AS
	0,000	0,0	-0,0	<b>-1,8*</b>	AW
	1,186	0,0	0,0	<b>-9,7*</b>	AS
27	0,000	<b>0,0*</b>	-0,0	13,4	AS
	1,459	<b>0,0*</b>	0,0	13,5	AS
	0,730	<b>-0,0*</b>	0,0	13,5	AS
	0,000	0,0	<b>-0,0*</b>	13,4	AS
	1,459	0,0	<b>0,0*</b>	13,5	AS
	1,459	0,0	0,0	<b>13,5*</b>	AS
	0,000	0,0	-0,0	<b>3,6*</b>	AW
28	0,000	<b>0,0*</b>	-0,0	-12,3	AS
	1,459	<b>0,0*</b>	0,0	-12,4	AS
	0,730	<b>-0,0*</b>	0,0	-12,3	AS
	0,000	0,0	<b>-0,0*</b>	-12,3	AS
	1,459	0,0	<b>0,0*</b>	-12,4	AS
	0,000	0,0	-0,0	<b>-2,6*</b>	AW
	1,459	0,0	0,0	<b>-12,4*</b>	AS
29	0,000	<b>0,0*</b>	-0,0	-12,4	AS
	1,459	<b>0,0*</b>	0,0	-12,4	AS
	0,729	<b>-0,0*</b>	0,0	-12,4	AS
	0,000	0,0	<b>-0,0*</b>	-12,4	AS
	1,459	0,0	<b>0,0*</b>	-12,4	AS
	1,459	0,0	0,0	<b>0,2*</b>	AW
	0,000	0,0	-0,0	<b>-12,4*</b>	AS
30	0,000	<b>0,0*</b>	-0,0	13,4	AS
	1,459	<b>0,0*</b>	0,0	13,3	AS
	0,729	<b>-0,0*</b>	0,0	13,3	AS
	0,000	0,0	<b>-0,0*</b>	13,4	AS
	1,459	0,0	<b>0,0*</b>	13,3	AS
	0,000	0,0	-0,0	<b>13,4*</b>	AS
	1,459	0,0	0,0	<b>0,8*</b>	AW
31	0,000	<b>0,0*</b>	-0,0	-9,8	AS
	1,186	<b>0,0*</b>	0,0	-9,8	AS
	0,593	<b>-0,0*</b>	0,0	-9,8	AS
	0,000	0,0	<b>-0,0*</b>	-9,8	AS
	1,186	0,0	<b>0,0*</b>	-9,8	AS
	1,186	0,0	0,0	<b>0,5*</b>	AW
	0,000	0,0	-0,0	<b>-9,8*</b>	AS
32	0,000	<b>0,0*</b>	-0,0	11,0	AS
	1,186	<b>0,0*</b>	0,0	11,0	AS
	0,593	<b>-0,0*</b>	0,0	11,0	AS
	0,000	0,0	<b>-0,0*</b>	11,0	AS
	1,186	0,0	<b>0,0*</b>	11,0	AS
	0,000	0,0	-0,0	<b>11,0*</b>	AS
	1,186	0,0	0,0	<b>0,9*</b>	AW
33	0,000	<b>0,0*</b>	-0,0	-7,4	AS
	1,022	<b>0,0*</b>	0,0	-7,4	AS
	0,511	<b>-0,0*</b>	0,0	-7,4	AS
	0,000	0,0	<b>-0,0*</b>	-7,4	AS
	1,022	0,0	<b>0,0*</b>	-7,4	AS

1,022	0,0	0,0	<b>1,6*</b>	AW
0,000	0,0	-0,0	<b>-7,4*</b>	AS

\* = Max/Min

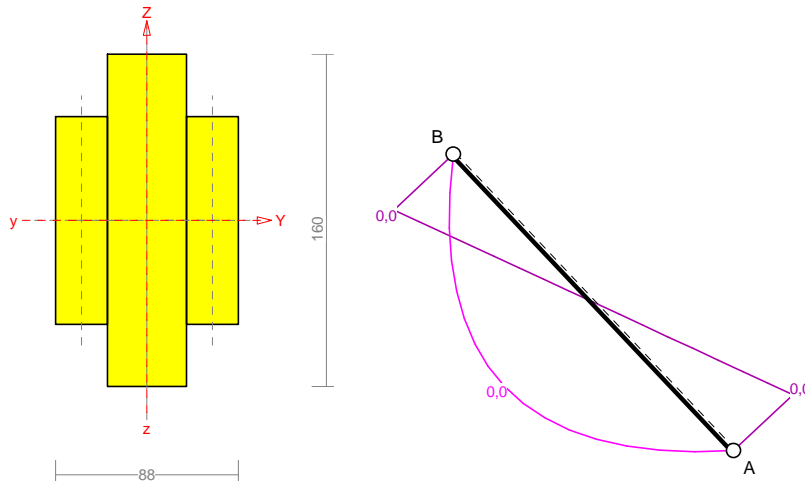
**REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
6	<b>83,4*</b>	24,3	86,8		AS
	<b>14,0*</b>	1,6	14,1		AW
	83,4	<b>24,3*</b>	86,8		AS
	14,0	<b>1,6*</b>	14,1		AW
	83,4	24,3	<b>86,8*</b>		AS
12	<b>-12,9*</b>	4,2	13,5		AW
	<b>-83,4*</b>	24,3	86,8		AS
	-83,4	<b>24,3*</b>	86,8		AS
	-12,9	<b>4,2*</b>	13,5		AW
	-83,4	24,3	<b>86,8*</b>		AS

\* = Max/Min

## Pręt nr 29

Zadanie: kratownica1



### Przekrój: 3 "Ib 16x9"

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=88,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=1713,7; \quad J_{yg}=595,3 \text{ cm}^4; \quad A=110,80 \text{ cm}^2; \quad i_x=3,9; \quad i_y=2,3 \text{ cm}; \quad W_x=214,2; \quad W_y=135,3 \text{ cm}^3.$$

### Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stale** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
f_{t,0,k} &= 14,00 & f_{t,0,d} &= 6,46 \text{ MPa} \\
f_{t,90,k} &= 0,40 & f_{t,90,d} &= 0,18 \text{ MPa} \\
f_{c,0,k} &= 21,00 & f_{c,0,d} &= 9,69 \text{ MPa} \\
f_{c,90,k} &= 5,30 & f_{c,90,d} &= 2,45 \text{ MPa} \\
f_{v,k} &= 2,50 & f_{v,d} &= 1,15 \text{ MPa} \\
E_{0,\text{mean}} &= 11000 \text{ MPa} \\
E_{90,\text{mean}} &= 370 \text{ MPa} \\
E_{0,05} &= 7400 \text{ MPa} \\
G_{\text{mean}} &= 690 \text{ MPa} \\
\rho_k &= 350 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

## Sprawdzenie nośności pręta nr 29

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000.

### Charakterystyka zastępcza przekroju:

Gałęzie przekroju połączone są łącznikami mechanicznymi w postaci śrub o średnicy 10,0 mm.

Podatność łączników:

$$K_u = 2/3 \rho_k^{1,5} d / 20 = 2/3 \cdot 350^{1,5} \times 10,0 / 20 = 2183 \text{ N/mm}$$

### Dla płaszczyzny prostopadłej do szwów:

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E A_1 s_i / (K l)^2]^{-1} = [1 + 3,142^2 \times 7400 \times 25,0 \times 100 / (2183 \times 1,459^2) \times 10^{-4}]^{-1} = 0,203$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_3 = [1 + \pi^2 E A_3 s_i / (K l)^2]^{-1} = [1 + 3,142^2 \times 7400 \times 25,0 \times 100 / (2183 \times 1,459^2) \times 10^{-4}]^{-1} = 0,203$$

Współrzędne środków elementów przekroju wynoszą:

$$a_1 = 3,15; \quad a_2 = 0,00; \quad a_3 = 3,15 \text{ cm}$$

Zastępczy moment bezwładności:

$$I_{ef} = \sum (I_i + \gamma_i A_i a_i^2) = 13,0 + 0,203 \times 25,0 \times 3,15^2 + 73,2 + 1,000 \times 60,8 \times 0,00^2 + 13,0 + 0,203 \times 25,0 \times 3,15^2 = 199,8 \text{ cm}^4$$

### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=0,73 \text{ m}$ ;  $x_b=0,73 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS".

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,459 = 1,459 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,459 = 1,459 \text{ m}$$

Długości wybocheniowe dla wybochenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 1,459 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 1,459 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / \sqrt{I_{ef,y} / A_{tot}} = 145,9 / \sqrt{1713,7 / 110,80} = 37,09$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / \sqrt{I_{ef,z} / A_{tot}} = 145,9 / \sqrt{199,8 / 110,80} = 108,63$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (37,09)^2 = 53,09 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (108,63)^2 = 6,19 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/53,09} = 0,629$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/6,19} = 1,842$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,629 - 0,5) + (0,629)^2] = 0,711$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,842 - 0,5) + (1,842)^2] = 2,331$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - 1_{rel,y}^2}) = 1 / (0,711 + \sqrt{0,711^2 - 0,629^2}) = 0,960$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - 1_{rel,z}^2}) = 1 / (2,331 + \sqrt{2,331^2 - 1,842^2}) = 0,266$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 110,80 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N/A_d = 12,4 / 110,80 \times 10 = \mathbf{1,1} < \mathbf{2,58} = 0,266 \times 9,69 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla  $x_a=0,73 \text{ m}$ ;  $x_b=0,73 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS":

$$\frac{S_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{S_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{S_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,1}{0,960 \times 9,69} + 1,0 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,124} < \mathbf{1}$$

$$\frac{S_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{S_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{S_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,1}{0,266 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 1,0 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,438} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=0,73 \text{ m}$ ;  $x_b=0,73 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS".

Największe naprężenia dla zginania:

$$\sigma_{m,i} + \sigma_i = (0,5 h'_i + \gamma'_i a'_i) M' / I'_{ef} = (0,5 \times 16,0 + 1,000 \times 0,0) \times 0,0 / 1713,7 \times 10^3 = \mathbf{0,0} < \mathbf{11,1} = f_{m,d}$$

Największe naprężenia dla ściskania:

$$\sigma_i = \gamma'_i a'_i M' / I'_{ef} = 1,000 \times 0,0 \times 0,0 / 1713,7 \times 10^3 = \mathbf{0,0} < \mathbf{9,7} = f_{c,0,d}$$

Największe naprężenia dla rozciągania:

$$\sigma_i = \gamma'_i a'_i M' / I'_{ef} = 1,000 \times 0,0 \times 0,0 / 1713,7 \times 10^3 = \mathbf{0,0} < \mathbf{6,46} = f_{c,0,t}$$

Nośność dla  $x_a=0,73 \text{ m}$ ;  $x_b=0,73 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS":

$$\frac{S_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{S_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,0}{11,08} + 1,0 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=0,73 \text{ m}$ ;  $x_b=0,73 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS":

$$\frac{S_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{S_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{S_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,1^2}{9,69^2} + \frac{0,0}{11,08} + 1,0 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

Nośność łączników:

Do połączenia gałęzi przekroju, przyjęto łączniki mechaniczne w postaci śrub o średnicy 10,0 mm.

$$f_{h,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times 10,0) \times 350 = 25,83$$

$$f_{h,d} = f_{h,k} k_{mod} / 1,3 = 25,83 \times 0,60 / 1,3 = 11,92 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = 0,8 \times 300 \times 10,0^3 / 6 = 40000,00$$

$$M_{y,d} = M_{y,k} / 1,1 = 36363,64 \text{ Nmm}$$

$$R_{d,1} = f_{h,1,d} t_1 d = 11,92 \times 25,0 \times 10,0 = 2980,4 \text{ N}$$

$$R_{d,2} = 0,5 f_{h,1,d} t_2 d \beta = 0,5 \times 11,92 \times 38,0 \times 10,0 \times 1,00 = 2265,1 \text{ N}$$

$$R_{d,3} = 1,1 f_{h,1,d} t_1 d / (2+b) [\sqrt{2b(1+b) + 4b(2+b) M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_1^2} - b] = 1,1 \times 11,92 \times 25,0 \times 10,0 / (2+1,00) \times [\sqrt{2 \times 1,00 \times (1+1,00) + 4 \times 1,00 \times (2+1,00) \times 36363,64 / (11,92 \times 10,0 \times 25,0^2)} - 1,00] = 2338,1 \text{ N}$$

$$R_{d,4} = 1,1 \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,1,d} d 2b / (1+b)} = 1,1 \times \sqrt{2 \times 36363,64 \times 11,92 \times 10,0 \times 2 \times 1,00 / (1+1,00)} = 3239,0 \text{ N}$$

Nośność łącznika na jedno cięcie  $R_d = 2265,1 \text{ N}$ .

Siła przypadająca na jeden łącznik pochodząca od siły rozwarstwiającej:

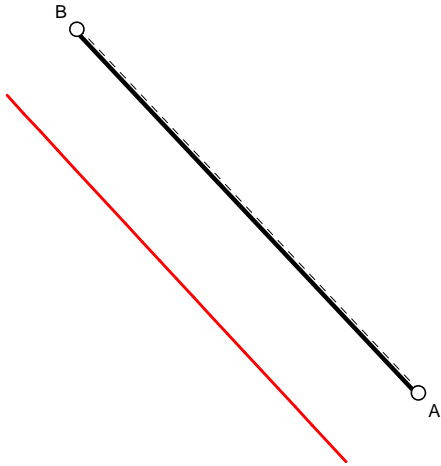
Dla prętów ściskanych należy uwzględnić dodatkową siłę poprzeczną przy wyboczeniu:

dla  $\lambda_{ef} > 60$   $V_d = F_{c,d} / (60 k_c) = 12,4 / (60 \times 0,266) = 0,8 \text{ kN}$

$$F_1 = \gamma_1 A_1 a_1 s V / I_{ef} = 0,203 \times 25,0 \times 3,15 \times 10,0 \times 0,8 / 199,8 \times 10^3 = 621,5 \text{ N}$$

$$F_1 = \mathbf{621,5} < \mathbf{2265,1} = R_d$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla  $x_a=0,73$  m;  $x_b=0,73$  m, przy obciążeniach “AS” liczone od ciężkiwy pręta.

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 9,7 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + “A”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 4,2 \times (1 + 0,60) = 6,7 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + \eta_1 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (88,0/1459)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych (“S”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -4,2 \times (1 + 0,60) = -6,7 \text{ mm}$$

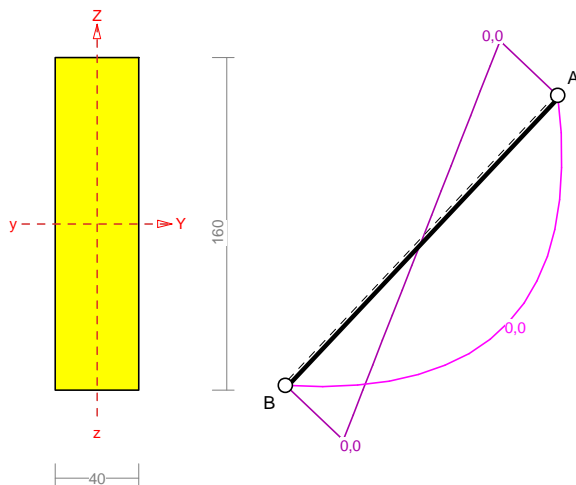
$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + \eta_1 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (88,0/1459)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 6,7 + -6,7 = \mathbf{0,0} < \mathbf{9,7} = u_{\text{net,fin}}$$

## Pręt nr 30

Zadanie: kratownica1



**Przekrój: 5** “B 16,0x4,0”

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=40,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_x=1365,3; J_y=85,3 \text{ cm}^4; A=64,00 \text{ cm}^2; i_x=4,6; i_y=1,2 \text{ cm}; W_x=170,7; W_y=42,7 \text{ cm}^3.$$

### Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stale** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60 \quad \gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00 \quad f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00 \quad f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40 \quad f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00 \quad f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30 \quad f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50 \quad f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

### Sprawdzenie nośności pręta nr 30

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000.

#### Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla  $x_a=0,73 \text{ m}$ ;  $x_b=0,73 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS".

Pole powierzchni przekroju netto  $A_n = 64,00 \text{ cm}^2$ .

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 13,3 / 64,00 \times 10 = \mathbf{2,1} < \mathbf{6,46} = f_{t,0,d}$$

#### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=0,73 \text{ m}$ ;  $x_b=0,73 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS".

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 1459 + 160 + 160 = 1779 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\rho b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1779 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 40^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,582$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

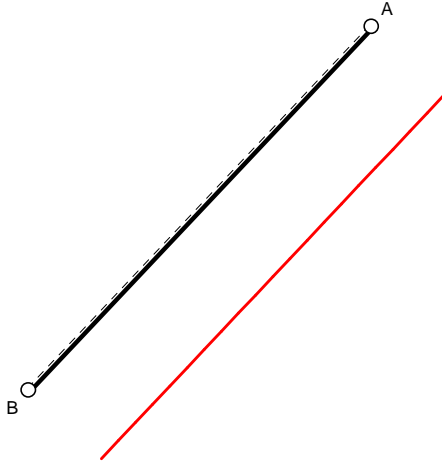
$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,0 / 170,67 \times 10^3 = \mathbf{0,0} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=0,73 \text{ m}$ ;  $x_b=0,73 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS":

$$\frac{S_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{S_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{S_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,1}{6,46} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,3} < \mathbf{1}$$

$$\frac{S_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{S_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{S_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,1}{6,46} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,3} < \mathbf{1}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla  $x_a=0,73$  m;  $x_b=0,73$  m, przy obciążeniach “AS” liczone od cięciwy pręta.

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 9,7 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + “A”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 4,3 \times [1 + 19,2 \times (160,0/1459)^2] (1 + 0,60) = 8,5 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych (“S”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = -4,3 \times [1 + 19,2 \times (160,0/1459)^2] (1 + 0,60) = -8,4 \text{ mm}$$

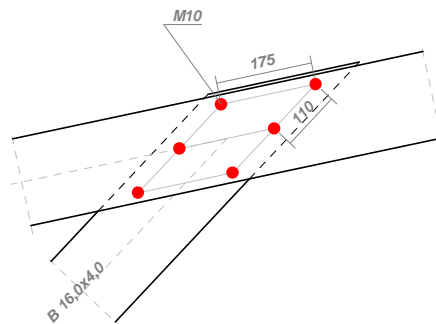
$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 8,5 + -8,4 = \mathbf{0,0} < \mathbf{9,7} = u_{\text{net,fin}}$$

### POŁĄCZENIE NA ŚRUBY W WĘZLE NR: 13

Zadanie: kratownica1; pręt nr: 30



Moment zginający:  $M = 0,0$  kNm

Siła poprzeczna:  $Q = 0,0$  kN

Siła osiowa:  $N = 13,4$  kN

Obciążenia: “AS”.

Przyjęto połączenie na jednocięte śruby o średnicy  $d = 10,0$  mm.

**Normowe wymagania dotyczące rozmieszczenia łączników** (odległości minimalne):

- rozstaw łączników w szeregu:  $a_1 = 70,0$  mm,

- rozstaw łączników w rzędach:  $a_2 = 40,0$  mm,

- odległość od krawędzi czołowej:  $a_3 = 80,0$  mm.

- odległość od krawędzi bocznych:  $a_4 = 30,0$  mm,

Przyjęte rozstawy łączników:  $s_1 = 110,0$  mm,  $s_2 = 100,0$  mm,

### Nośność łącznika na jedno cięcie:

$$f_{h,1,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times 10,0) \times 350 = 25,83$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 d = 1,50$$

$$f_{h,a,k} = f_{h,1,k} / (k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = 25,83 / (1,50 \times \sin^2 90 + \cos^2 90) = 17,22$$

$$f_{h,1,d} = f_{h,a,k} k_{mod} / 1,3 = 17,22 \times 0,60 / 1,3 = 7,95 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = 0,8 \times 300 \times 10,0^3 / 6 = 40000,00$$

$$M_{y,d} = M_{y,k} / 1,1 = 36363,64 \text{ Nmm}$$

$$R_{d,1} = f_{h,1,d} t_1 d = 7,95 \times 40,0 \times 10,0 = 3179,1 \text{ N}$$

$$R_{d,2} = f_{h,1,d} t_2 d \beta = 7,95 \times 40,0 \times 10,0 \times 1,00 = 3179,1 \text{ N}$$

$$R_{d,3} = f_{h,1,d} t_1 d / (1+b) [\sqrt{b + 2b^2 (1 + t_2/t_1 + t_2^2/t_1^2) + b^3 t_2^2/t_1^2} - b(1 + t_2/t_1)] = 7,95 \times 40,0 \times 10,0 / (1+1,00) \times [\sqrt{1,00 + 2 \times 1,00^2 \times (1 + 40,0/40,0 + 40,0^2/40,0^2) + 1,00^3 \times 40,0^2/40,0^2} - 1,00 \times (1 + 40,0/40,0)] = 1316,8 \text{ N}$$

$$R_{d,4} = 1,1 f_{h,1,d} t_2 d / (1+2b) [\sqrt{2b^2(1+b) + 4b(1+2b)M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_2^2} - b] = 1,1 \times 7,95 \times 40,0 \times 10,0 / (1+2 \times 1,00) \times [\sqrt{2 \times 1,00^2 \times (1+1,00) + 4 \times 1,00 \times (1+2 \times 1,00) \times 36363,64 / (7,95 \times 10,0 \times 40,0^2)} - 1,00] = 2012,0 \text{ N}$$

$$R_{d,5} = 1,1 f_{h,1,d} t_1 d / (2+b) [\sqrt{2b(1+b) + 4b(2+b)M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_1^2} - b] = 1,1 \times 7,95 \times 40,0 \times 10,0 / (2+1,00) \times [\sqrt{2 \times 1,00 \times (1+1,00) + 4 \times 1,00 \times (2+1,00) \times 36363,64 / (7,95 \times 10,0 \times 40,0^2)} - 1,00] = 2012,0 \text{ N}$$

$$R_{d,6} = 1,1 \sqrt{2M_{y,d} f_{h,1,d} d 2b / (1+b)} = 1,1 \times \sqrt{2 \times 36363,64 \times 7,95 \times 10,0 \times 2 \times 1,00 / (1+1,00)} = 2644,6 \text{ N}$$

Przyjęto  $R_d = 1316,8 \text{ N}$ .

Siły działające na najbardziej obciążony łącznik:

$$F_M = \frac{M e_{max}}{S e_i^2} = \frac{0,0 \times 188,8}{94562,2} \times 10^6 = 0,0 \text{ N};$$

$$F_{x,M} = 0,0; \quad F_{y,M} = 0,0$$

$$F_Q = Q / n = 0,0 / 6 \times 10^3 = -2,1 \text{ N}$$

$$F_N = N / n = 13,4 / 6 \times 10^3 = 2227,1 \text{ N}$$

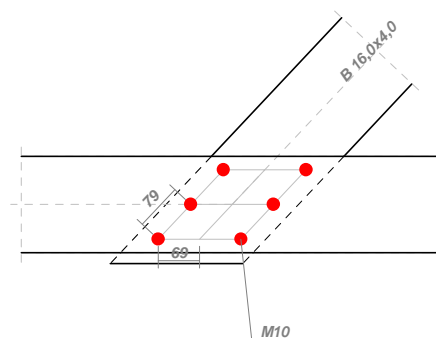
### Warunek nośności połączenia:

Liczba płaszczyzn ścinania łączników  $n_c = 2$ .

$$F = \sqrt{(F_{xM} + F_N)^2 + (F_{yM} + F_Q)^2} / n_c = \sqrt{(0,0 + 2227,1)^2 + (0,0 + -2,1)^2} / 2 = 1113,5 < 1316,8 = R_d$$

### POŁĄCZENIE NA ŚRUBY W WĘZLE NR: 8

Zadanie: kratownica1; pręt nr: 30



Moment zginający:  $M = 0,0 \text{ kNm}$

Siła poprzeczna:  $Q = 0,0 \text{ kN}$

Siła osiowa:  $N = 13,3 \text{ kN}$



Obciążenia: "AS".

Przyjęto połączenie na jednocięte śruby o średnicy  $d = 10,0$  mm.

**Normowe wymagania dotyczące rozmieszczenia łączników** (odległości minimalne):

- rozstaw łączników w szeregu:  $a_1 = 70,0$  mm,
- rozstaw łączników w rzędach:  $a_2 = 40,0$  mm,
- odległość od krawędzi czołowej:  $a_3 = 80,0$  mm,
- odległość od krawędzi bocznych:  $a_4 = 30,0$  mm,

Przyjęte rozstawy łączników:  $s_1 = 79,0$  mm,  $s_2 = 50,0$  mm,

**Nośność łącznika na jedno cięcie:**

$$f_{h,1,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times 10,0) \times 350 = 25,83$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 d = 1,50$$

$$f_{h,a,k} = f_{h,1,k} / (k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = 25,83 / (1,50 \times \sin^2 90 + \cos^2 90) = 17,22$$

$$f_{h,1,d} = f_{h,a,k} k_{\text{mod}} / 1,3 = 17,22 \times 0,60 / 1,3 = 7,95 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = 0,8 \times 300 \times 10,0^3 / 6 = 40000,00$$

$$M_{y,d} = M_{y,k} / 1,1 = 36363,64 \text{ Nmm}$$

$$R_{d,1} = f_{h,1,d} t_1 d = 7,95 \times 40,0 \times 10,0 = 3179,1 \text{ N}$$

$$R_{d,2} = f_{h,1,d} t_2 d \beta = 7,95 \times 40,0 \times 10,0 \times 1,00 = 3179,1 \text{ N}$$

$$R_{d,3} = f_{h,1,d} t_1 d / (1+b) [\sqrt{b^2 + 2b^2 \left(1 + t_2 / t_1 + t_2^2 / t_1^2\right) + b^3 t_2^2 / t_1^2} - b(1 + t_2 / t_1)] = 7,95 \times 40,0 \times 10,0 / (1+1,00) \times [\sqrt{1,00 + 2 \times 1,00^2 \times (1 + 40,0 / 40,0 + 40,0^2 / 40,0^2) + 1,00^3 \times 40,0^2 / 40,0^2} - 1,00 \times (1 + 40,0 / 40,0)] = 1316,8 \text{ N}$$

$$R_{d,4} = 1,1 f_{h,1,d} t_2 d / (1+2b) [\sqrt{2b^2(1+b) + 4b(1+2b)M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_2^2} - b] = 1,1 \times 7,95 \times 40,0 \times 10,0 / (1+2 \times 1,00) \times [\sqrt{2 \times 1,00^2 \times (1+1,00) + 4 \times 1,00 \times (1+2 \times 1,00) \times 36363,64 / (7,95 \times 10,0 \times 40,0^2)} - 1,00] = 2012,0 \text{ N}$$

$$R_{d,5} = 1,1 f_{h,1,d} t_1 d / (2+b) [\sqrt{2b(1+b) + 4b(2+b)M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_1^2} - b] = 1,1 \times 7,95 \times 40,0 \times 10,0 / (2+1,00) \times [\sqrt{2 \times 1,00 \times (1+1,00) + 4 \times 1,00 \times (2+1,00) \times 36363,64 / (7,95 \times 10,0 \times 40,0^2)} - 1,00] = 2012,0 \text{ N}$$

$$R_{d,6} = 1,1 \sqrt{2M_{y,d} f_{h,1,d} d 2b / (1+b)} = 1,1 \times \sqrt{2 \times 36363,64 \times 7,95 \times 10,0 \times 2 \times 1,00 / (1+1,00)} = 2644,6 \text{ N}$$

Przyjęto  $R_d = 1316,8$  N.

Siły działające na najbardziej obciążony łącznik:

$$F_M = \frac{M e_{\text{max}}}{S e_i^2} = \frac{0,0 \times 59,3}{53263,7} \times 10^6 = 0,0 \text{ N};$$

$$F_{x,M} = 0,0; \quad F_{y,M} = 0,0$$

$$F_Q = Q / n = 0,0 / 6 \times 10^3 = 2,1 \text{ N}$$

$$F_N = N / n = 13,3 / 6 \times 10^3 = 2222,7 \text{ N}$$

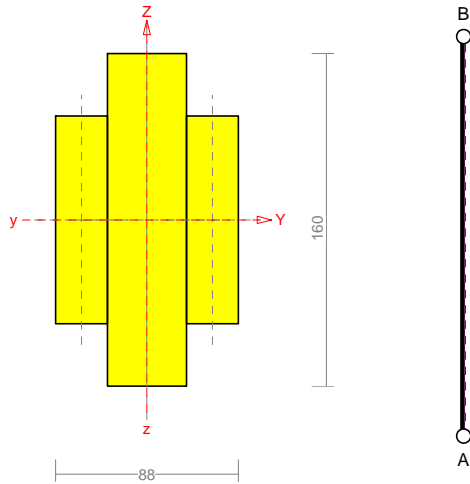
**Warunek nośności połączenia:**

Liczba płaszczyzn ścinania łączników  $n_c = 2$ .

$$F = \sqrt{(F_{xM} + F_N)^2 + (F_{yM} + F_Q)^2} / n_c = \sqrt{(0,0 + 2222,7)^2 + (0,0 + 2,1)^2} / 2 = 1111,4 < 1316,8 = R_d$$

## Pręt nr 16

Zadanie: kratownica1



### Przekrój: 3 "Ib 16x9"

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=88,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=1713,7; \quad J_{yg}=595,3 \text{ cm}^4; \quad A=110,80 \text{ cm}^2; \quad i_x=3,9; \quad i_y=2,3 \text{ cm}; \quad W_x=214,2; \quad W_y=135,3 \text{ cm}^3.$$

### Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stale** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

### Sprawdzenie nośności pręta nr 16

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000.

### Charakterystyka zastępcza przekroju:

Gałęzie przekroju połączone są łącznikami mechanicznymi w postaci śrub o średnicy 10,0 mm.

Podatność łączników:

$$K_u = 2/3 \rho_k^{1,5} d / 20 = 2/3 \cdot 350^{1,5} \times 10,0 / 20 = 2183 \text{ N/mm}$$

Dla płaszczyzny prostopadłej do szwów:

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E A_1 s_1 / (K l)^2]^{-1} = [1 + 3,142^2 \times 7400 \times 25,0 \times 100 / (2183 \times 0,850^2) \times 10^{-4}]^{-1} = 0,080$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_3 = [1 + \pi^2 E A_3 s_3 / (K l)^2]^{-1} = [1 + 3,142^2 \times 7400 \times 25,0 \times 100 / (2183 \times 0,850^2) \times 10^{-4}]^{-1} = 0,080$$

Współrzędne środków elementów przekroju wynoszą:

$$a_1 = 3,15; \quad a_2 = 0,00; \quad a_3 = 3,15 \text{ cm}$$

Zastępczy moment bezwładności:

$$I_{ef} = \Sigma (I_i + \gamma_i A_i a_i^2) = 13,0 + 0,080 \times 25,0 \times 3,15^2 + 73,2 + 1,000 \times 60,8 \times 0,00^2 + 13,0 + 0,080 \times 25,0 \times 3,15^2 = 138,6 \text{ cm}^4$$

### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=0,43 \text{ m}$ ;  $x_b=0,43 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS".

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 0,850 = 0,850 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 0,850 = 0,850 \text{ m}$$

Długości wybocheniowe dla wybochenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 0,850 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 0,850 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / \sqrt{I_{ef,y} / A_{tot}} = 85,0 / \sqrt{1713,7 / 110,80} = 21,61$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / \sqrt{I_{ef,z} / A_{tot}} = 85,0 / \sqrt{138,6 / 110,80} = 75,99$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (21,61)^2 = 156,35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (75,99)^2 = 12,65 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 156,35} = 0,366$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 12,65} = 1,288$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,366 - 0,5) + (0,366)^2] = 0,554$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,288 - 0,5) + (1,288)^2] = 1,409$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - 1_{rel,y}^2}) = 1 / (0,554 + \sqrt{0,554^2 - 0,366^2}) = 1,032$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - 1_{rel,z}^2}) = 1 / (1,409 + \sqrt{1,409^2 - 1,288^2}) = 0,505$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 110,80 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 2,9 / 110,80 \times 10 = \mathbf{0,3} < \mathbf{4,90} = 0,505 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

### Nośność łączników:

Do połączenia gałęzi przekroju, przyjęto łączniki mechaniczne w postaci śrub o średnicy 10,0 mm.

$$f_{h,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times 10,0) \times 350 = 25,83$$

$$f_{h,d} = f_{h,k} k_{mod} / 1,3 = 25,83 \times 0,60 / 1,3 = 11,92 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = 0,8 \times 300 \times 10,0^3 / 6 = 40000,00$$

$$M_{y,d} = M_{y,k} / 1,1 = 36363,64 \text{ Nmm}$$

$$R_{d,1} = f_{h,1,d} t_1 d = 11,92 \times 25,0 \times 10,0 = 2980,4 \text{ N}$$

$$R_{d,2} = 0,5 f_{h,1,d} t_2 d \beta = 0,5 \times 11,92 \times 38,0 \times 10,0 \times 1,00 = 2265,1 \text{ N}$$

$$R_{d,3} = 1,1 f_{h,1,d} t_1 d / (2 + b) [\sqrt{2b(1 + b) + 4b(2 + b) M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_1^2 - b}] = 1,1 \times 11,92 \times 25,0 \times 10,0 / (2 + 1,00) \times \sqrt{2 \times 1,00 \times (1 + 1,00) + 4 \times 1,00 \times (2 + 1,00) \times 36363,64 / (11,92 \times 10,0 \times 25,0^2) - 1,00} = 2338,1 \text{ N}$$

$$R_{d,4} = 1,1 \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,1,d} d 2b / (1 + b)} = 1,1 \times \sqrt{2 \times 36363,64 \times 11,92 \times 10,0 \times 2 \times 1,00 / (1 + 1,00)} = 3239,0 \text{ N}$$

Nośność łącznika na jedno cięcie  $R_d = 2265,1 \text{ N}$ .

Siła przypadająca na jeden łącznik pochodząca od siły rozwarstwiającej:

Dla prętów ściskanych należy uwzględnić dodatkową siłę poprzeczną przy wyboczeniu:

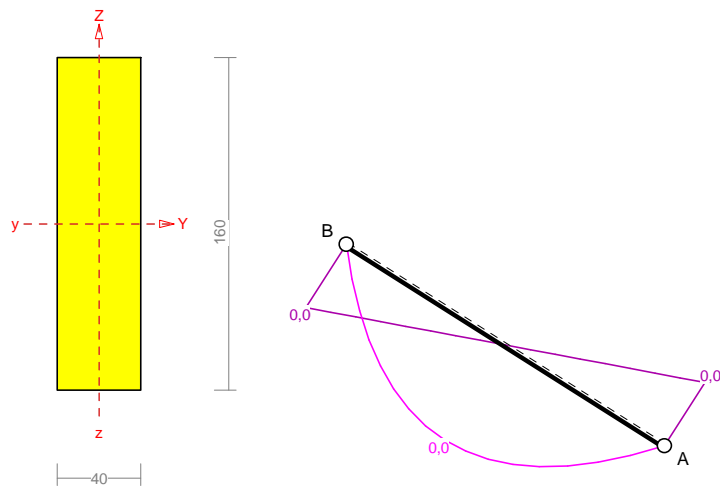
$$\text{dla } \lambda_{ef} > 60 \quad V_d = F_{c,d} / (60 k_c) = 2,9 / (60 \times 0,505) = 0,1 \text{ kN}$$

$$F_1 = \gamma_1 A_1 a_1 s V / I_{ef} = 0,080 \times 25,0 \times 3,15 \times 10,0 \times 0,1 / 138,6 \times 10^3 = 43,2 \text{ N}$$

$$F_1 = \mathbf{43,2} < \mathbf{2265,1} = R_d$$

### Pręt nr 31

Zadanie: kratownica 1



### Przekrój: 5 "B 16,0x4,0"

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=40,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=1365,3; \quad J_{yg}=85,3 \text{ cm}^4; \quad A=64,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=4,6; \quad i_y=1,2 \text{ cm}; \quad W_x=170,7; \quad W_y=42,7 \text{ cm}^3.$$

### Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stale** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60 \quad \gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$f_{m,k} = 24,00$	$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$
$f_{t,0,k} = 14,00$	$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$
$f_{t,90,k} = 0,40$	$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$
$f_{c,0,k} = 21,00$	$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$
$f_{c,90,k} = 5,30$	$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$
$f_{v,k} = 2,50$	$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$
$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$	
$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$	
$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$	
$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$	
$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$	

### Sprawdzenie nośności pręta nr 31

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

#### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,19 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS".

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,186 = 1,186 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,186 = 1,186 \text{ m}$$

Długości wybocheniowe dla wybochenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 1,186 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 1,186 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,186 / 0,0462 = 25,67$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 1,186 / 0,0115 = 102,68$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_{rel,y}^2 = 9,87 \times 7400 / (25,67)^2 = 110,83 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_{rel,z}^2 = 9,87 \times 7400 / (102,68)^2 = 6,93 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / s_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 110,83} = 0,435$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / s_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 6,93} = 1,741$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,435 - 0,5) + (0,435)^2] = 0,588$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,741 - 0,5) + (1,741)^2] = 2,140$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - 1_{rel,y}^2}) = 1 / (0,588 + \sqrt{0,588^2 - 0,435^2}) = 1,016$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - 1_{rel,z}^2}) = 1 / (2,140 + \sqrt{2,140^2 - 1,741^2}) = 0,296$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 64,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 9,8 / 64,00 \times 10 = \mathbf{1,5} < \mathbf{2,86} = 0,296 \times 9,69 = k_{c,z} f_{c,0,d}$$

**Ściskanie ze zginaniem** dla  $x_a=0,52 \text{ m}$ ;  $x_b=0,67 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS":

$$\frac{s_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{s_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{s_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,5}{1,016 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,157} < \mathbf{1}$$

$$\frac{s_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{s_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{s_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,5}{0,296 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,536} < \mathbf{1}$$

**Nośność na zginanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,59 \text{ m}$ ;  $x_b=0,59 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS".

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 1186 + 160 + 160 = 1506 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{p b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1506 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 40^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,535$$

Wartość współczynnika zwężenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,0 / 170,67 \times 10^3 = \mathbf{0,0} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=0,59 \text{ m}$ ;  $x_b=0,59 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS":

$$\frac{s_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{s_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{s_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{s_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=0,59 \text{ m}$ ;  $x_b=0,59 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS":

$$\frac{s_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{s_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{s_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,5^2}{9,69^2} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

$$\frac{s_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{s_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{s_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,5^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,19 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,0 / 64,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

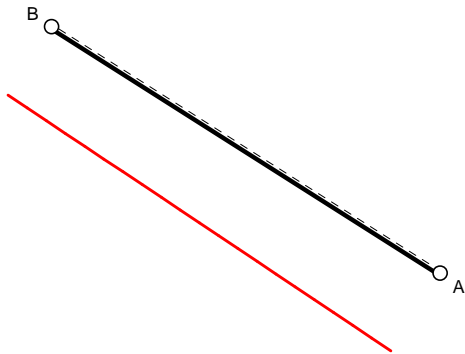
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 64,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{t_{z,d}^2 + t_{y,d}^2} = \sqrt{0,0^2 + 0,0^2} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla  $x_a=0,59$  m;  $x_b=0,59$  m, przy obciążeniach "AS" liczone od cięciwy pręta.

Ugięcia graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 7,9 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "A"):

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 4,8 \times [1 + 19,2 \times (160,0/1186)^2] (1 + 0,60) = 10,5 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1 + k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("S"):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = -4,8 \times [1 + 19,2 \times (160,0/1186)^2] (1 + 0,60) = -10,5 \text{ mm}$$

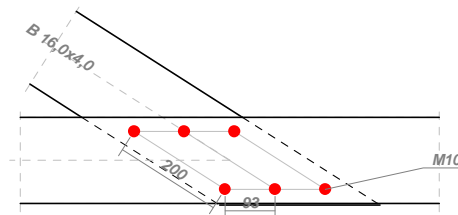
$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1 + k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia całkowite:

$$u_{z,fin} = 10,5 + -10,5 = \mathbf{0,0} < \mathbf{7,9} = u_{net,fin}$$

## POŁĄCZENIE NA ŚRUBY W WĘZLE NR: 8

Zadanie: kratownica1; pręt nr: 31



Moment zginający:  $M = 0,0$  kNm

Siła poprzeczna:  $Q = 0,0$  kN

Siła osiowa:  $N = -9,8$  kN

Obciążenia: "AS".

Przyjęto połączenie na jednocięte śruby o średnicy  $d = 10,0$  mm.

**Normowe wymagania dotyczące rozmieszczenia łączników** (odległości minimalne):

- rozstaw łączników w szeregu:  $a_1 = 70,0$  mm,

- rozstaw łączników w rzędach:  $a_2 = 40,0$  mm,

- odległość od krawędzi czołowej:  $a_3 = 80,0$  mm,

- odległość od krawędzi bocznych:  $a_4 = 30,0$  mm,

Przyjęte rozstawy łączników:  $s_1 = 200,0$  mm,  $s_2 = 50,0$  mm,

**Nośność łącznika na jedno cięcie:**

$$f_{h,1,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times 10,0) \times 350 = 25,83$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 d = 1,50$$

$$f_{h,a,k} = f_{h,1,k} / (k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = 25,83 / (1,50 \times \sin^2 90 + \cos^2 90) = 17,22$$

$$f_{h,1,d} = f_{h,a,k} k_{mod} / 1,3 = 17,22 \times 0,60 / 1,3 = 7,95 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = 0,8 \times 300 \times 10,0^3 / 6 = 40000,00$$

$$M_{y,d} = M_{y,k} / 1,1 = 36363,64 \text{ Nmm}$$

$$R_{d,1} = f_{h,1,d} t_1 d = 7,95 \times 40,0 \times 10,0 = 3179,1 \text{ N}$$

$$R_{d,2} = f_{h,1,d} t_2 d \beta = 7,95 \times 40,0 \times 10,0 \times 1,00 = 3179,1 \text{ N}$$

$$R_{d,3} = f_{h,1,d} t_1 d / (1+b) [\sqrt{b + 2b^2 (1 + t_2/t_1 + t_2^2/t_1^2) + b^3 t_2^2/t_1^2} - b(1 + t_2/t_1)] = 7,95 \times 40,0 \times 10,0 / (1+1,00) \times [\sqrt{1,00 + 2 \times 1,00^2 \times (1 + 40,0/40,0 + 40,0^2/40,0^2) + 1,00^3 \times 40,0^2/40,0^2} - 1,00 \times (1 + 40,0/40,0)] = 1316,8 \text{ N}$$

$$R_{d,4} = 1,1 f_{h,1,d} t_2 d / (1+2b) [\sqrt{2b^2(1+b) + 4b(1+2b)M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_2^2} - b] = 1,1 \times 7,95 \times 40,0 \times 10,0 / (1+2 \times 1,00) \times [\sqrt{2 \times 1,00^2 \times (1+1,00) + 4 \times 1,00 \times (1+2 \times 1,00) \times 36363,64 / (7,95 \times 10,0 \times 40,0^2)} - 1,00] = 2012,0 \text{ N}$$

$$R_{d,5} = 1,1 f_{h,1,d} t_1 d / (2+b) [\sqrt{2b(1+b) + 4b(2+b)M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_1^2} - b] = 1,1 \times 7,95 \times 40,0 \times 10,0 / (2+1,00) \times [\sqrt{2 \times 1,00 \times (1+1,00) + 4 \times 1,00 \times (2+1,00) \times 36363,64 / (7,95 \times 10,0 \times 40,0^2)} - 1,00] = 2012,0 \text{ N}$$

$$R_{d,6} = 1,1 \sqrt{2M_{y,d} f_{h,1,d} d 2b / (1+b)} = 1,1 \times \sqrt{2 \times 36363,64 \times 7,95 \times 10,0 \times 2 \times 1,00 / (1+1,00)} = 2644,6 \text{ N}$$

Przyjęto  $R_d = 1316,8 \text{ N}$ .

Siły działające na najbardziej obciążony łącznik:

$$F_M = \frac{M e_{max}}{S e_i^2} = \frac{0,0 \times 54,4}{94644,6} \times 10^6 = 0,0 \text{ N};$$

$$F_{x,M} = 0,0; \quad F_{y,M} = 0,0$$

$$F_Q = Q/n = 0,0 / 6 \times 10^3 = -2,1 \text{ N}$$

$$F_N = N/n = 9,8 / 6 \times 10^3 = -1634,8 \text{ N}$$

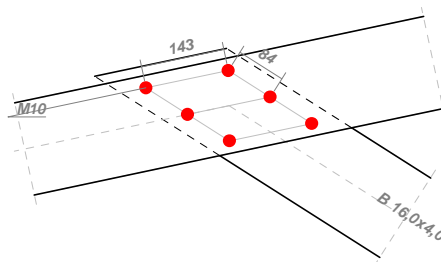
**Warunek nośności połączenia:**

Liczba płaszczyzn ścinania łączników  $n_c = 2$ .

$$F = \sqrt{(F_{xM} + F_N)^2 + (F_{yM} + F_Q)^2} / n_c = \sqrt{(0,0 + -1634,8)^2 + (0,0 + -2,1)^2} / 2 = \mathbf{817,4 < 1316,8 = R_d}$$

## POŁĄCZENIE NA ŚRUBY W WĘZLE NR: 14

Zadanie: kratownica1; pręt nr: 31



Moment zginający:  $M = 0,0 \text{ kNm}$

Siła poprzeczna:  $Q = 0,0 \text{ kN}$

Siła osiowa:  $N = -9,8 \text{ kN}$

Obciążenia: "AS".

Przyjęto połączenie na jednocięte śruby o średnicy  $d = 10,0 \text{ mm}$ .

**Normowe wymagania dotyczące rozmieszczenia łączników** (odległości minimalne):

- rozstaw łączników w szeregu:  $a_1 = 70,0 \text{ mm}$ ,

- rozstaw łączników w rzędach:  $a_2 = 40,0 \text{ mm}$ ,
- odległość od krawędzi czołowej:  $a_3 = 80,0 \text{ mm}$ .
- odległość od krawędzi bocznych:  $a_4 = 30,0 \text{ mm}$ ,

Przyjęte rozstawy łączników:  $s_1 = 84,0 \text{ mm}$ ,  $s_2 = 100,0 \text{ mm}$ ,

#### Nośność łącznika na jedno cięcie:

$$f_{h,1,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times 10,0) \times 350 = 25,83$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 d = 1,50$$

$$f_{h,a,k} = f_{h,1,k} / (k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = 25,83 / (1,50 \times \sin^2 90 + \cos^2 90) = 17,22$$

$$f_{h,1,d} = f_{h,a,k} k_{\text{mod}} / 1,3 = 17,22 \times 0,60 / 1,3 = 7,95 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = 0,8 \times 300 \times 10,0^3 / 6 = 40000,00$$

$$M_{y,d} = M_{y,k} / 1,1 = 36363,64 \text{ Nmm}$$

$$R_{d,1} = f_{h,1,d} t_1 d = 7,95 \times 40,0 \times 10,0 = 3179,1 \text{ N}$$

$$R_{d,2} = f_{h,1,d} t_2 d \beta = 7,95 \times 40,0 \times 10,0 \times 1,00 = 3179,1 \text{ N}$$

$$R_{d,3} = f_{h,1,d} t_1 d / (1+b) [\sqrt{b + 2b^2 (1 + t_2/t_1 + t_2^2/t_1^2) + b^3 t_2^2/t_1^2} - b(1 + t_2/t_1)] = 7,95 \times 40,0 \times 10,0 / (1+1,00) \times [\sqrt{1,00 + 2 \times 1,00^2 \times (1 + 40,0/40,0 + 40,0^2/40,0^2) + 1,00^3 \times 40,0^2/40,0^2} - 1,00 \times (1 + 40,0/40,0)] = 1316,8 \text{ N}$$

$$R_{d,4} = 1,1 f_{h,1,d} t_2 d / (1 + 2b) [\sqrt{2b^2(1+b) + 4b(1+2b)M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_2^2} - b] = 1,1 \times 7,95 \times 40,0 \times 10,0 / (1 + 2 \times 1,00) \times [\sqrt{2 \times 1,00^2 \times (1 + 1,00) + 4 \times 1,00 \times (1 + 2 \times 1,00) \times 36363,64 / (7,95 \times 10,0 \times 40,0^2)} - 1,00] = 2012,0 \text{ N}$$

$$R_{d,5} = 1,1 f_{h,1,d} t_1 d / (2 + b) [\sqrt{2b(1+b) + 4b(2+b)M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_1^2} - b] = 1,1 \times 7,95 \times 40,0 \times 10,0 / (2 + 1,00) \times [\sqrt{2 \times 1,00 \times (1 + 1,00) + 4 \times 1,00 \times (2 + 1,00) \times 36363,64 / (7,95 \times 10,0 \times 40,0^2)} - 1,00] = 2012,0 \text{ N}$$

$$R_{d,6} = 1,1 \sqrt{2M_{y,d} f_{h,1,d} d 2b / (1+b)} = 1,1 \times \sqrt{2 \times 36363,64 \times 7,95 \times 10,0 \times 2 \times 1,00 / (1 + 1,00)} = 2644,6 \text{ N}$$

Przyjęto  $R_d = 1316,8 \text{ N}$ .

Siły działające na najbardziej obciążony łącznik:

$$F_M = \frac{M e_{\text{max}}}{S e_i^2} = \frac{0,0 \times 143,9}{58793,1} \times 10^6 = 0,0 \text{ N};$$

$$F_{x,M} = 0,0; \quad F_{y,M} = 0,0$$

$$F_Q = Q / n = 0,0 / 6 \times 10^3 = 2,1 \text{ N}$$

$$F_N = N / n = 9,8 / 6 \times 10^3 = -1632,2 \text{ N}$$

#### Warunek nośności połączenia:

Liczba płaszczyzn ścinania łączników  $n_c = 2$ .

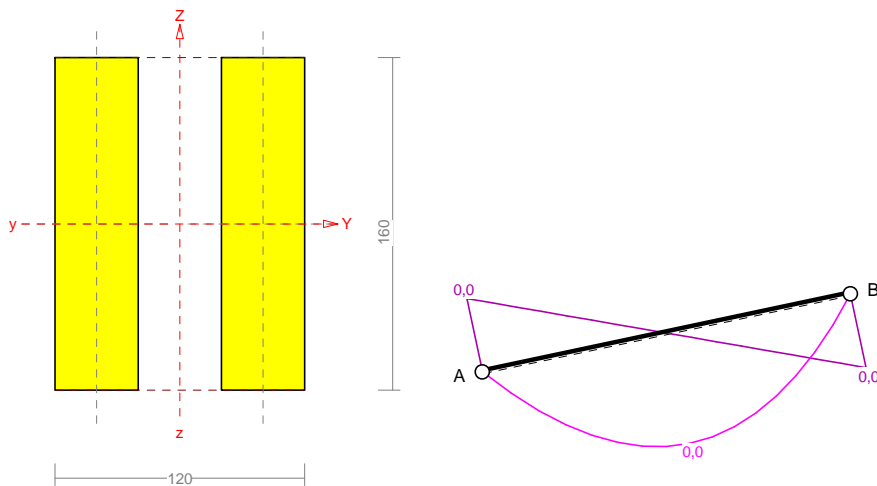
$$F = \sqrt{(F_{xM} + F_N)^2 + (F_{yM} + F_Q)^2} / n_c = \sqrt{(0,0 + -1632,2)^2 + (0,0 + 2,1)^2} / 2 = 816,1 < 1316,8 = R_d$$

Pas górny

#### Pręt nr 3

Zadanie: kratownica 1





### Przekrój: 4 "IIIa 16x12"

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=120,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=2730,7; \quad J_{yg}=2218,7 \text{ cm}^4; \quad A=128,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=4,6; \quad i_y=4,2 \text{ cm}; \quad W_x=341,3; \quad W_y=369,8 \text{ cm}^3.$$

### Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stale** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

### Sprawdzenie nośności pręta nr 3

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

### Charakterystyka zastępcza przekroju:

Moment bezwładności względem osi prostopadłej do przewiązek:

$$I_{tot} = b [(2h + a)^3 - a^3] / 12 = 16,0 \times [(2 \times 4,0 + 4,0)^3 - 4,0^3] / 12 = 2218,7 \text{ cm}^4$$

### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,02 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS".

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,022 = 1,022 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,022 = 1,022 \text{ m}$$

Długości wybocheniowe dla wybochenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 1,022 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 1,022 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / \sqrt{I_{tot,y} / A_{tot}} = 102,2 / \sqrt{2730,7 / 128,00} = 22,1$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / \sqrt{I_{tot,z} / A_{tot}} = 102,2 / \sqrt{2218,7 / 128,00} = 24,6$$

$$\lambda_1 = \sqrt{12} l_1 / h = 3,464 \times 20,4 / 4,0 = 17,7$$

$$\lambda_{ef} = \sqrt{l^2 + h l_1^2 n / 2} = \sqrt{24,6^2 + 4,0 \times 17,7^2 \times 2 / 2} = 43,1$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_{ef,y}^2 = 9,87 \times 7400 / (22,13)^2 = 149,11 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_{ef,z}^2 = 9,87 \times 7400 / (43,09)^2 = 39,33 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / s_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 149,11} = 0,375$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / s_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 39,33} = 0,731$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,375 - 0,5) + (0,375)^2] = 0,558$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,731 - 0,5) + (0,731)^2] = 0,790$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,558 + \sqrt{0,558^2 - 0,375^2}) = 1,030$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,790 + \sqrt{0,790^2 - 0,731^2}) = 0,917$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 128,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 77,2 / 128,00 \times 10 = \mathbf{6,0} < \mathbf{8,89} = 0,917 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

**Nośność na zginanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,51 \text{ m}$ ;  $x_b=0,51 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS".

Największe naprężenia dla gałęzi ściskanej:

$$\sigma_i = \gamma'_{i,a} M' / I'_{ef} = 1,000 \times 0,0 \times 0,0 / 2730,7 \times 10^3 = \mathbf{0,0} < \mathbf{9,7} = f_{c,0,d}$$

Największe naprężenia dla gałęzi rozciąganej:

$$\sigma_i = \gamma'_{i,a} M' / I'_{ef} = 1,000 \times 0,0 \times 0,0 / 2730,7 \times 10^3 = \mathbf{0,0} < \mathbf{6,46} = f_{c,0,t}$$

Nośność dla  $x_a=0,51 \text{ m}$ ;  $x_b=0,51 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS":

$$\frac{s_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{s_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,0}{11,08} + 1,0 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,02 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS":

$$\frac{s_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{s_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{s_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{6,0^2}{9,69^2} + \frac{0,0}{11,08} + 1,0 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,4} < \mathbf{1}$$

**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=1,02 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS".

Naprężenia tnące dla ścinania w płaszczyźnie równoległej do przewiązek:

$$\tau = 1,5 V / (n b h) = 1,5 \times 0,0 / (2 \times 16,0 \times 4,0) \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Naprężenia tnące dla ścinania w płaszczyźnie prostopadłej do przewiązek:

$$\tau' = 1,5 V' / (n b h) = 1,5 \times 0,0 / (2 \times 16,0 \times 4,0) \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Nośność na ścinanie:

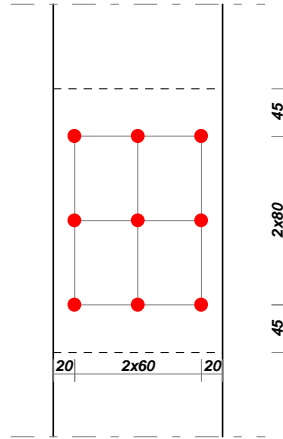
$$\sqrt{t^2 + t'^2} = \sqrt{0,0^2 + 0,0^2} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1,15} = f_{v,d}$$

**Nośność przewiązek:**

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,02 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS".

Do połączenia przewiązek, przyjęto łączniki mechaniczne w postaci gwoździ długości 100 mm o średnicy 4,0 mm.

Minimalne odległości łączników:  $a_1 = 40,0$ ;  $a_2 = 20,0$ ;  $a_3 = 60,0$ ;  $a_4 = 20,0 \text{ mm}$ .



Nośność łącznika obciążonego osiowo:

$$f_{1,k} = 18 \cdot 10^{-6} \rho_k^2 = 18 \times 10^{-6} \times 350^2 = 2,2$$

$$f_{1,d} = f_{1,k} k_{\text{mod}} / 1,3 = 2,2 \times 0,60 / 1,3 = 1,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{2,k} = 300 \cdot 10^{-6} \rho_k^2 = 300 \times 10^{-6} \times 350^2 = 36,8$$

$$f_{2,d} = f_{2,k} k_{\text{mod}} / 1,3 = 36,8 \times 0,60 / 1,3 = 17,0 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{x,d,1} = f_{1,d} d l = 1,0 \times 4,0 \times 60 = 244,2 \text{ N}$$

$$R_{x,d,2} = f_{1,d} d l + f_{2,d} d^2 = 1,0 \times 4,0 \times 60 + 17,0 \times 4,0^2 = 515,6$$

$$R_{x,d,3} = f_{2,d} d^2 = 17,0 \times 4,0^2 = 271,4$$

$$R_{x,d} = 244,2 \text{ N.}$$

Nośność łącznika obciążonego poprzecznie:

$$f_{h,k} = 0,082 \times 350 \times 4,0^{-0,3} = 18,93$$

$$f_{h,d} = f_{h,k} k_{\text{mod}} / 1,3 = 18,93 \times 0,60 / 1,3 = 8,74 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = 180 \times 4,0^{2,6} = 6616,50$$

$$M_{y,d} = M_{y,k} / 1,1 = 6015,00 \text{ Nmm}$$

$$R_{d,1} = f_{h,1,d} t_1 d = 8,74 \times 40,0 \times 4,0 = 1398,3 \text{ N}$$

$$R_{d,2} = f_{h,1,d} t_2 d \beta = 8,74 \times 40,0 \times 4,0 \times 1,00 = 1398,3 \text{ N}$$

$$R_{d,3} = \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{(1+b)} \left[ \sqrt{b + 2b^2 \left( 1 + t_2/t_1 + t_2^2/t_1^2 \right) + b^3 t_2^2/t_1^2} - b(1 + t_2/t_1) \right] = \frac{8,74 \times 40,0 \times 4,0}{(1+1,00)} \times \left[ \sqrt{1,00 + 2 \times 1,00^2 \times (1 + 40,0/40,0 + 40,0^2/40,0^2) + 1,00^3 \times 40,0^2/40,0^2} - 1,00 \times (1 + 40,0/40,0) \right] = 579,2 \text{ N}$$

$$R_{d,4} = \frac{1,1 f_{h,1,d} t_2 d}{(1+2b)} \left[ \sqrt{2b^2(1+b) + 4b(1+2b) M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_2^2} - b \right] = \frac{1,1 \times 8,74 \times 40,0 \times 4,0}{(1+2 \times 1,00)} \times \left[ \sqrt{2 \times 1,00^2 \times (1+1,00) + 4 \times 1,00 \times (1+2 \times 1,00) \times 6015,00 / (8,74 \times 4,0 \times 40,0^2)} - 1,00 \right] = 666,6 \text{ N}$$

$$R_{d,5} = \frac{1,1 f_{h,1,d} t_1 d}{(2+b)} \left[ \sqrt{2b(1+b) + 4b(2+b) M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_1^2} - b \right] = \frac{1,1 \times 8,74 \times 40,0 \times 4,0}{(2+1,00)} \times \left[ \sqrt{2 \times 1,00 \times (1+1,00) + 4 \times 1,00 \times (2+1,00) \times 6015,00 / (8,74 \times 4,0 \times 40,0^2)} - 1,00 \right] = 666,6 \text{ N}$$

$$R_{d,6} = \frac{1,1 \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,1,d} d 2b}}{(1+b)} = \frac{1,1 \times \sqrt{2 \times 6015,00 \times 8,74 \times 4,0 \times 2 \times 1,00}}{(1+1,00)} = 713,3 \text{ N}$$

$$R_d = 579,2 \text{ N.}$$

Dla prętów ściskanych należy uwzględnić dodatkową siłę poprzeczną przy wyoboczeniu:

$$\text{dla } 30 < \lambda_{ef} \leq 60 \quad V_d = F_{c,d} \lambda_{ef} / (3600 k_c) = 77,2 \times 43,09 / (3600 \times 0,917) = 1,0 \text{ kN}$$

Siły działające na łącznik:

$$V_p = V l_1 / (n a_1) = 1,0 \times 20,4 / (1 \times 8,0) = 2,6 \text{ kN}$$

$$M_p = V_p a_1 / 2 = 2,6 \times 0,080 / 2 = 0,1 \text{ kNm}$$

$$F_1 = \sqrt{(V_p / n + M_p r_y / S r^2)^2 + (M_p r_x / S r^2)^2} = \sqrt{(2,6 / 9 + 0,1 \times 0,0000 / 0,1152)^2 + (0,1 \times 0,0800 / 0,1152)^2} \times 10^3 = 0,3 \text{ N}$$

$$F_{1,x} = M_p r / \Sigma r^2 = 0,1 \times 8,00 / 11520,00 \times 10^5 = 71,5 \text{ N}$$

Nośność łączników:

$$F_1 / R_d + F_{1,x} / R_d = 0,3 / 579,2 + 71,5 / 244,2 = \mathbf{0,293} < 1 = 1$$

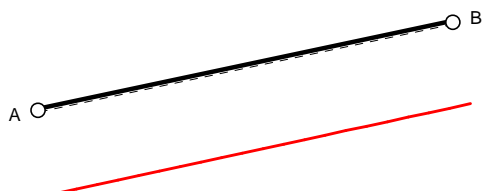
Przyjęto przewiązki szerokości  $l_2 = 250 \text{ mm}$ .

Nośność przewiązek:

$$\sigma = M_p / W = 0,1 / 1666,67 \times 10^3 = \mathbf{0,1} < \mathbf{11,08} = f_{m,d}$$

$$\tau = 1,5 V_p / A = 1,5 \times 2,6 / 400,00 \times 10 = \mathbf{0,1} < \mathbf{1,15} = f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**



Wyniki dla  $x_a=0,51 \text{ m}$ ;  $x_b=0,51 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS" liczone od cięciwy pręta.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 6,8 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "A"):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -6,1 \times (1 + 0,60) = -9,7 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("S"):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 6,1 \times (1 + 0,60) = 9,7 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

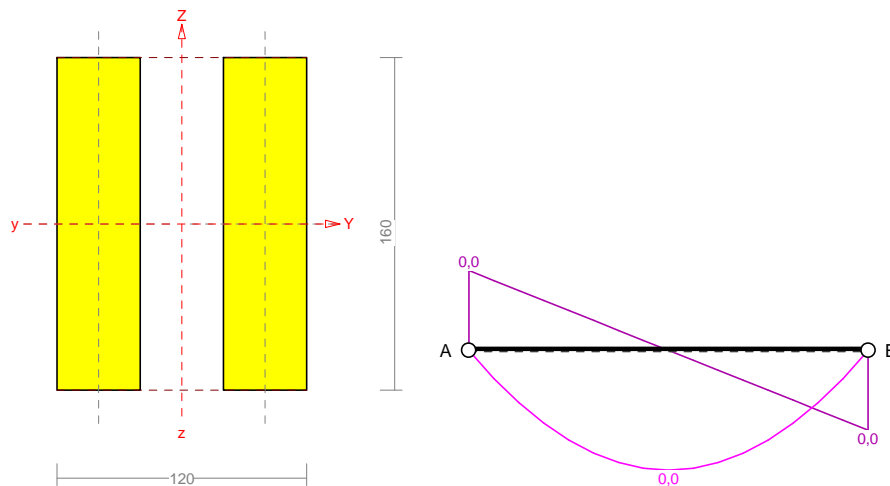
Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -9,7 + 9,7 = \mathbf{0,0} < \mathbf{6,8} = u_{\text{net,fin}}$$

Pas dolny

**Pręt nr 11**

Zadanie: kratownica1



### Przekrój: 6 "IIIa 16x12"

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=120,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=2730,7; \quad J_{yg}=2218,7 \text{ cm}^4; \quad A=128,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=4,6; \quad i_y=4,2 \text{ cm}; \quad W_x=341,3; \quad W_y=369,8 \text{ cm}^3.$$

### Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stale** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

### Sprawdzenie nośności pręta nr 11

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

### Charakterystyka zastępcza przekroju:

Moment bezwładności względem osi prostopadłej do przewiązek:

$$I_{tot} = b [(2h + a)^3 - a^3] / 12 = 16,0 \times [(2 \times 4,0 + 4,0)^3 - 4,0^3] / 12 = 2218,7 \text{ cm}^4$$

### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=2,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS".

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,000 = 2,000 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,000 = 2,000 \text{ m}$$

Długości wybocheniowe dla wybochenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,000 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,000 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / \sqrt{I_{tot,y} / A_{tot}} = 200,0 / \sqrt{2730,7 / 128,00} = 43,3$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / \sqrt{I_{tot,z} / A_{tot}} = 200,0 / \sqrt{2218,7 / 128,00} = 48,0$$

$$\lambda_1 = \sqrt{12} l_1 / h = 3,464 \times 40,0 / 4,0 = 34,6$$

$$\lambda_{ef} = \sqrt{l^2 + h l_1^2 n / 2} = \sqrt{48,0^2 + 4,0 \times 34,6^2 \times 2 / 2} = 84,3$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_{ef,y}^2 = 9,87 \times 7400 / (43,30)^2 = 38,95 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_{ef,z}^2 = 9,87 \times 7400 / (84,31)^2 = 10,28 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / s_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 38,95} = 0,734$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / s_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 10,28} = 1,430$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,734 - 0,5) + (0,734)^2] = 0,793$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,430 - 0,5) + (1,430)^2] = 1,615$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - 1_{rel,y}^2}) = 1 / (0,793 + \sqrt{0,793^2 - 0,734^2}) = 0,915$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - 1_{rel,z}^2}) = 1 / (1,615 + \sqrt{1,615^2 - 1,430^2}) = 0,423$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 128,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 17,0 / 128,00 \times 10 = \mathbf{1,3} < \mathbf{4,10} = 0,423 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

**Nośność na zginanie:**

Wyniki dla  $x_a=1,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS".

Największe naprężenia dla gałęzi ściskanej:

$$\sigma_i = \gamma'_{i,a} M' / I_{ef} = 1,000 \times 0,0 \times 0,0 / 2730,7 \times 10^3 = \mathbf{0,0} < \mathbf{9,7} = f_{c,0,d}$$

Największe naprężenia dla gałęzi rozciąganej:

$$\sigma_i = \gamma'_{i,a} M' / I_{ef} = 1,000 \times 0,0 \times 0,0 / 2730,7 \times 10^3 = \mathbf{0,0} < \mathbf{6,46} = f_{c,0,t}$$

Nośność dla  $x_a=1,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS":

$$\frac{s_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{s_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1}{11,08} + 1,0 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=1,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS":

$$\frac{s_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{s_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{s_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,3^2}{9,69^2} + \frac{0,0}{11,08} + 1,0 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=2,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS".

Naprężenia tnące dla ścinania w płaszczyźnie równoległej do przewiązek:

$$\tau = 1,5 V / (n b h) = 1,5 \times 0,0 / (2 \times 16,0 \times 4,0) \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Naprężenia tnące dla ścinania w płaszczyźnie prostopadłej do przewiązek:

$$\tau' = 1,5 V' / (n b h) = 1,5 \times 0,0 / (2 \times 16,0 \times 4,0) \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Nośność na ścinanie:

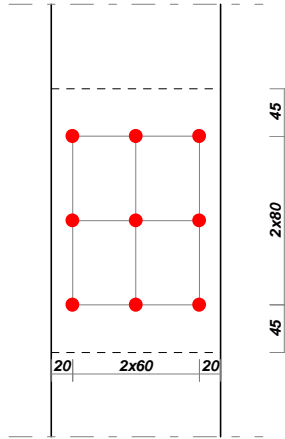
$$\sqrt{t^2 + t'^2} = \sqrt{0,0^2 + 0,0^2} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1,15} = f_{v,d}$$

**Nośność przewiązek:**

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=2,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach "AS".

Do połączenia przewiązek, przyjęto łączniki mechaniczne w postaci gwoździ długości 100 mm o średnicy 4,0 mm.

Minimalne odległości łączników:  $a_1 = 40,0$ ;  $a_2 = 20,0$ ;  $a_3 = 60,0$ ;  $a_4 = 20,0 \text{ mm}$ .



Nośność łącznika obciążonego osiowo:

$$f_{1,k} = 18 \cdot 10^{-6} \rho_k^2 = 18 \times 10^{-6} \times 350^2 = 2,2$$

$$f_{1,d} = f_{1,k} k_{\text{mod}} / 1,3 = 2,2 \times 0,60 / 1,3 = 1,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{2,k} = 300 \cdot 10^{-6} \rho_k^2 = 300 \times 10^{-6} \times 350^2 = 36,8$$

$$f_{2,d} = f_{2,k} k_{\text{mod}} / 1,3 = 36,8 \times 0,60 / 1,3 = 17,0 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{x,d,1} = f_{1,d} d l = 1,0 \times 4,0 \times 60 = 244,2 \text{ N}$$

$$R_{x,d,2} = f_{1,d} d l + f_{2,d} d^2 = 1,0 \times 4,0 \times 60 + 17,0 \times 4,0^2 = 515,6$$

$$R_{x,d,3} = f_{2,d} d^2 = 17,0 \times 4,0^2 = 271,4$$

$$R_{x,d} = 244,2 \text{ N.}$$

Nośność łącznika obciążonego poprzecznie:

$$f_{h,k} = 0,082 \times 350 \times 4,0^{-0,3} = 18,93$$

$$f_{h,d} = f_{h,k} k_{\text{mod}} / 1,3 = 18,93 \times 0,60 / 1,3 = 8,74 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = 180 \times 4,0^{2,6} = 6616,50$$

$$M_{y,d} = M_{y,k} / 1,1 = 6015,00 \text{ Nmm}$$

$$R_{d,1} = f_{h,1,d} t_1 d = 8,74 \times 40,0 \times 4,0 = 1398,3 \text{ N}$$

$$R_{d,2} = f_{h,1,d} t_2 d \beta = 8,74 \times 40,0 \times 4,0 \times 1,00 = 1398,3 \text{ N}$$

$$R_{d,3} = \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{(1+b)} \left[ \sqrt{b + 2b^2 \left( 1 + \frac{t_2}{t_1} + \frac{t_2^2}{t_1^2} \right) + b^3 \frac{t_2^2}{t_1^2}} - b \left( 1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] = \frac{8,74 \times 40,0 \times 4,0}{(1+1,00)} \times \left[ \sqrt{1,00 + 2 \times 1,00^2 \times (1 + 40,0/40,0 + 40,0^2/40,0^2) + 1,00^3 \times 40,0^2/40,0^2} - 1,00 \times (1 + 40,0/40,0) \right] = 579,2 \text{ N}$$

$$R_{d,4} = \frac{1,1 f_{h,1,d} t_2 d}{(1+2b)} \left[ \sqrt{2b^2(1+b) + 4b(1+2b) M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_2^2} - b \right] = \frac{1,1 \times 8,74 \times 40,0 \times 4,0}{(1+2 \times 1,00)} \times \left[ \sqrt{2 \times 1,00^2 \times (1+1,00) + 4 \times 1,00 \times (1+2 \times 1,00) \times 6015,00 / (8,74 \times 4,0 \times 40,0^2)} - 1,00 \right] = 666,6 \text{ N}$$

$$R_{d,5} = \frac{1,1 f_{h,1,d} t_1 d}{(2+b)} \left[ \sqrt{2b(1+b) + 4b(2+b) M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_1^2} - b \right] = \frac{1,1 \times 8,74 \times 40,0 \times 4,0}{(2+1,00)} \times \left[ \sqrt{2 \times 1,00 \times (1+1,00) + 4 \times 1,00 \times (2+1,00) \times 6015,00 / (8,74 \times 4,0 \times 40,0^2)} - 1,00 \right] = 666,6 \text{ N}$$

$$R_{d,6} = \frac{1,1 \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,1,d} d 2b}}{(1+b)} = \frac{1,1 \times \sqrt{2 \times 6015,00 \times 8,74 \times 4,0 \times 2 \times 1,00}}{(1+1,00)} = 713,3 \text{ N}$$

$$R_d = 579,2 \text{ N.}$$

Dla prętów ściskanych należy uwzględnić dodatkową siłę poprzeczną przy wyoboczeniu:

$$\text{dla } \lambda_{\text{ef}} > 60 \quad V_d = F_{c,d} / (60 k_c) = 17,0 / (60 \times 0,423) = 0,7 \text{ kN}$$

Siły działające na łącznik:

$$V_p = V l_1 / (n a_1) = 0,7 \times 40,0 / (1 \times 8,0) = 3,4 \text{ kN}$$

$$M_p = V_p a_1 / 2 = 3,4 \times 0,080 / 2 = 0,1 \text{ kNm}$$

$$F_1 = \sqrt{(V_p / n + M_p r_y / S r^2)^2 + (M_p r_x / S r^2)^2} = \sqrt{(3,4 / 9 + 0,1 \times 0,0000 / 0,1152)^2 + (0,1 \times 0,0800 / 0,1152)^2} \times 10^3 = 0,4 \text{ N}$$

$$F_{1,x} = M_p r / \Sigma r^2 = 0,1 \times 8,00 / 11520,00 \times 10^5 = 93,2 \text{ N}$$

Nośność łączników:

$$F_1 / R_d + F_{1,x} / R_d = 0,4 / 579,2 + 93,2 / 244,2 = \mathbf{0,382} < \mathbf{1} = 1$$

Przyjęto przewiązki szerokości  $l_2 = 250 \text{ mm}$ .

Nośność przewiązek:

$$\sigma = M_p / W = 0,1 / 1666,67 \times 10^3 = \mathbf{0,1} < \mathbf{11,08} = f_{m,d}$$

$$\tau = 1,5 V_p / A = 1,5 \times 3,4 / 400,00 \times 10 = \mathbf{0,1} < \mathbf{1,15} = f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

A ○ ————— ○ B



Wyniki dla  $x_a=1,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach “AS” liczone od cięciwy pręta.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 13,3 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + “A”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -6,2 \times (1 + 0,60) = -9,9 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych (“S”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 6,2 \times (1 + 0,60) = 9,9 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

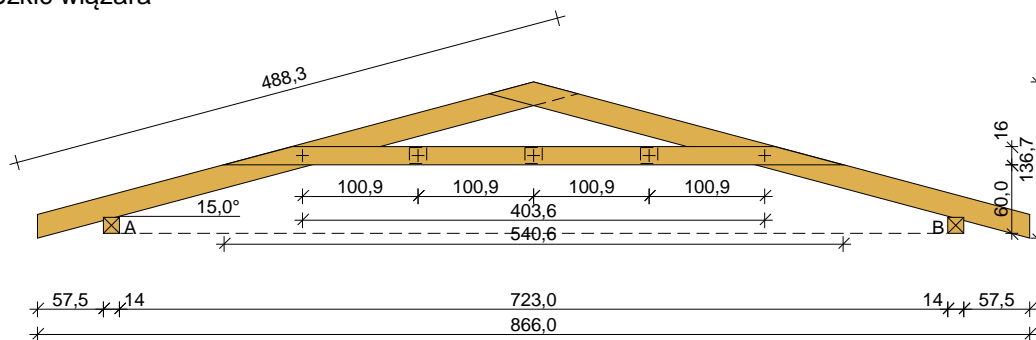
$$u_{z,\text{fin}} = -9,9 + 9,9 = \mathbf{0,0} < \mathbf{13,3} = u_{\text{net,fin}}$$



## 1.2. Obliczenia więźby dachowej.

### DANE:

Szkic więzara



### Geometria ustroju:

Kąt nachylenia połaci dachowej  $\alpha = 15,0^\circ$

Rozpiętość więzara  $l = 8,66$  m

Rozstaw murłat w świetle  $l_s = 7,23$  m

Poziom jętki  $h = 0,60$  m

Rozstaw wiązarów  $a = 0,90$  m

Odległość między usztywnieniami bocznymi krokwi = 0,50 m

Dodatkowe usztywnienia boczne jętki - brak

Rozstaw podparć poziomych murłaty  $l_{mo} = 1,20$  m

Wysięg wspornika murłaty  $l_{mw} = 0,50$  m

### Dane materiałowe:

- krokiew 10/20 cm (zaciosy: murłata - 3 cm, jętka -  $2 \cdot 2,5 = 5$  cm) z drewna C24

- jętka 2x 6,3/16 cm z drewna C24 z przewiązkami co 101 cm,

- murłata 14/14 cm z drewna C24

### Obciążenia (wartości charakterystyczne):

- pokrycie dachu (wg PN-82/B-02001:):

$$g_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$$

- uwzględniono ciężar własny więzara

- obciążenie śniegiem (wg PN-80/B-02010/Az1/Z1-1: połać bardziej obciążona, strefa 3,  $A=30$  m n.p.m., nachylenie połaci  $15,0$  st.):

$$\text{- na połaci lewej} \quad s_{kl} = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- na połaci prawej} \quad s_{kp} = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

- obciążenie śniegiem traktuje się jako obciążenie średniotrwale

- obciążenie wiatrem (wg PN-B-02011:1977/Az1:2009/Z1-3: strefa II, teren A, wys. budynku  $z=10,0$  m):

$$\text{- na połaci nawietrznej} \quad p_{kl} = -0,68 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- na połaci zawietrznej} \quad p_{kp} = -0,30 \text{ kN/m}^2$$

- obciążenie ociepleniem dolnego odcinka krokwi

$$g_{kk} = 0,50 \text{ kN/m}^2$$

- obciążenie stałe jętki:  $q_{jk} = 0,50 \text{ kN/m}^2$

- obciążenie zmienne jętki:  $p_{jk} = 0,00 \text{ kN/m}^2$

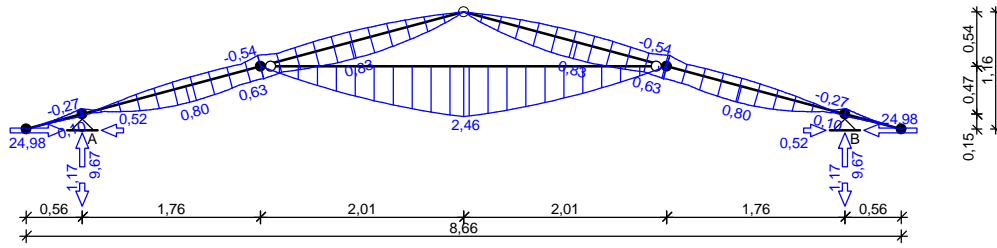
- obciążenie montażowe jętki  $F_k = 1,0 \text{ kN}$

### Założenia obliczeniowe:

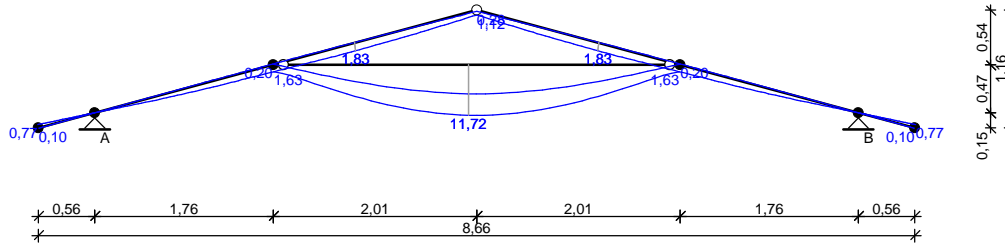
- klasa użytkowania konstrukcji: 2

### WYNIKI:

Obwiednia momentów [kNm]:



Obwiednia przemieszczeń [mm]:



Ekstremalne reakcje podporowe:

węzeł (podpora)	V [kN]	H [kN]	kombinacja SGN
2 (A)	9,67 -1,17 9,67 0,03	24,98 0,07 24,98 -0,52	K2: stałe-max+śnieg K16: stałe-min+wiatr z lewej K5: stałe-max+śnieg-wariant II K17: stałe-min+wiatr z prawej
6 (B)	9,67 -1,17 0,03 9,67	-24,98 -0,07 0,52 -24,98	K2: stałe-max+śnieg K17: stałe-min+wiatr z prawej K16: stałe-min+wiatr z lewej K5: stałe-max+śnieg-wariant II

### WYMIAROWANIE wg PN-B-03150:2000

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C24**

$$\textcircled{R} f_{m,k} = 24 \text{ MPa}, f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}, f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}, f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}, E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}, r_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

**Krokiew 10/20 cm** (zaciosy: murlata - 3 cm, jętka - 2·2,5 = 5 cm)

#### Smukłość

$$l_y = 54,1 < 150$$

$$l_z = 17,3 < 150$$

#### Maksymalne siły i naprężenia w przęśle

decyduje kombinacja: **K9** stałe-max+wiatr z lewej+0,90·śnieg

$$M = 0,80 \text{ kNm}, N = 16,72 \text{ kN}$$

$$f_{m,y,d} = 11,08 \text{ MPa}, f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$s_{m,y,d} = 1,19 \text{ MPa}, s_{c,0,d} = 0,84 \text{ MPa}$$

$$k_{c,y} = 0,797$$

$$s_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + s_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,216 < 1$$

$$(s_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + s_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,083 < 1$$

#### Maksymalne siły i naprężenia na podporze - murlacie

decyduje kombinacja: **K2** stałe-max+śnieg

$$M = -0,27 \text{ kNm}, N = 26,39 \text{ kN}$$

$$f_{m,y,d} = 14,77 \text{ MPa}, f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$s_{m,y,d} = 0,55 \text{ MPa}, s_{c,0,d} = 1,55 \text{ MPa}$$

$$(s_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + s_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,052 < 1$$

#### Maksymalne siły i naprężenia na podporze - jętce

decyduje kombinacja: **K3** stałe-max+śnieg+0,90·wiatr z lewej

$$M = -0,53 \text{ kNm}, N = 18,75 \text{ kN}$$

$$f_{m,y,d} = 14,77 \text{ MPa}, f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$s_{m,y,d} = 1,60 \text{ MPa}, s_{c,0,d} = 1,87 \text{ MPa}$$

$$(s_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + s_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,129 < 1$$

#### Maksymalne ugięcie krokwi (pomiędzy murlatą a kalenicą)

decyduje kombinacja: **K11** stałe-max+wiatr z prawej

$$u_{fin} = 1,17 \text{ mm} < u_{net,fin} = l / 200 = 3906 / 200 = 19,53 \text{ mm} \quad (6,0\%)$$

Maksymalne ugięcie wspornika krokwi

decyduje kombinacja: **K2** stałe-max+śnieg

$$u_{fin} = 0,77 \text{ mm} < u_{net,fin} = 2 \cdot l / 200 = 2 \cdot 577 / 200 = 5,77 \text{ mm} \quad (13,4\%)$$

**Jętką 2x 6,3/16 cm** z przewiązkami co 101 cm z drewna C24

Smukłość

$$l_y = 87,4 < 150$$

$$l_z = 130,1 < 175$$

Maksymalne siły i naprężenia

decyduje kombinacja: **K2** stałe-max+śnieg

$$M = 1,26 \text{ kNm}, \quad N = 18,99 \text{ kN}$$

$$f_{m,y,d} = 11,08 \text{ MPa}, \quad f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$s_{m,y,d} = 2,34 \text{ MPa}, \quad s_{c,0,d} = 0,94 \text{ MPa}$$

$$k_{c,y} = 0,397, \quad k_{c,z} = 0,189$$

$$s_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + s_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,456 < 1$$

$$s_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + s_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,726 < 1$$

Maksymalne ugięcie

decyduje kombinacja: **K14** stałe-max+montażowe jętki

$$u_{fin} = 10,59 \text{ mm} < u_{net,fin} = l / 200 = 4020 / 200 = 20,10 \text{ mm} \quad (52,7\%)$$

**Murlata 14/14 cm**

**Część murlaty leżąca na ścianie**

Ekstremalne obciążenia obliczeniowe

$$q_{z,max} = 10,75 \text{ kN/m}, \quad q_{y,max} = -27,76 \text{ kN/m}$$

$$q_{z,min} = -1,30 \text{ kN/m} \text{ (odrywanie)}$$

Maksymalne siły i naprężenia

decyduje kombinacja: **K2** stałe-max+śnieg

$$M_z = 4,28 \text{ kNm}$$

$$f_{m,z,d} = 14,77 \text{ MPa}$$

$$s_{m,z,d} = 9,362 \text{ MPa}$$

$$s_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,634 < 1$$

**Część wspornikowa murlaty**

Ekstremalne obciążenia obliczeniowe

$$q_{z,max} = 10,75 \text{ kN/m}, \quad q_{y,max} = -27,76 \text{ kN/m}$$

Maksymalne siły i naprężenia

decyduje kombinacja: **K2** stałe-max+śnieg

$$M_y = 1,34 \text{ kNm}, \quad M_z = 3,47 \text{ kNm}$$

$$f_{m,y,d} = 14,77 \text{ MPa}, \quad f_{m,z,d} = 14,77 \text{ MPa}$$

$$s_{m,y,d} = 2,94 \text{ MPa}, \quad s_{m,z,d} = 7,59 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7$$

$$s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + k_m \cdot s_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,558 < 1$$

$$k_m \cdot s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + s_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,653 < 1$$

Maksymalne ugięcie:

decyduje kombinacja: **K2** stałe-max+śnieg

$$u_{fin} = 0,74 \text{ mm} < u_{net,fin} = 2 \cdot l / 200 = 2 \cdot 500 / 200 = 5,00 \text{ mm} \quad (14,8\%)$$