

---

Egzemplarz nr ....

Inwestor  
Zamawiający: **Gmina Giżycko  
Ul. Mickiewicza 33  
11-500 Giżycko**

Inwestycja: **Termomodernizacja budynku Urzędu Gminy  
ul. Mickiewicza 33 w Giżycku**

Projekt: **Projekt budowlany termomodernizacji budynku Urzędu Gminy  
w Giżycku – konstrukcja budowlana**

Adres  
Inwestycji: **Giżycko ul. Mickiewicza 33; działka ewidencyjna 484/6; obręb  
Giżycko**

Kategoria  
obiektu: **XII**

Projektował: **mgr inż. Sławomir Serkowski  
upr. budowlane do projektowania bez ograniczeń w specjalności  
konstrukcyjno-budowlanej nr KUP/0061/PWBKb/16**

Sprawdził: **mgr inż. Kamil Serkowski  
upr. budowlane do projektowania bez ograniczeń w specjalności  
konstrukcyjno-budowlanej nr WKP/0083/POOK/15**

Myśligoszcz, 23.03.2020r.

Zastosowanie określenia przedmiotu zamówienia poprzez wskazanie nazwy producenta ma na celu doprecyzowanie przedmiotu zamówienia.

Zamawiający dopuszcza możliwość składania ofert równoważnych pod warunkiem, że zaproponowane materiały (i urządzenia) będą posiadały parametry nie gorsze niż te, które są przedstawione w dokumentacji technicznej.

W przypadku złożenia ofert równoważnych należy załączyć foldery, dane techniczne i aprobaty techniczne dla materiałów (i urządzeń) równoważnych, zawierających ich dane techniczne.

Obowiązkiem oferenta jest uwzględnienie w ofercie wszelkich dostaw i prac koniecznych do wykonania instalacji w taki sposób, aby spełniały wymagania Inwestora i reprezentowały wymagany standard. Jeżeli w trakcie analizy zawartych w projekcie rozwiązań materiałowo – projektowych powstaną pewne rozbieżności, oferent zobowiązany jest założyć korzystniejsze z punktu widzenia Inwestora i sztuki budowlanej rozwiązania.

Jako podstawy do opracowania oferty nie wolno przyjmować samego tylko zestawienia robót, materiałów i urządzeń. Należy również przeanalizować opis techniczny i rysunki.

Jeśli w niniejszym projekcie pominięte zostały konkretne rozwiązania instalacyjne i materiałowe wymagane przez arkana sztuki budowlanej, to oferent zobowiązany jest uwzględnić te rozwiązania tak, aby kompletny oraz prawidłowo funkcjonujący obiekt można było przekazać Inwestorowi.

## Spis treści

1	Podstawa opracowania: .....	10
2	Przedmiot opracowania .....	10
3	Cel i zakres opracowania.....	10
4	Opis ogólny obiektu .....	10
5	Ocena stanu technicznego elementów konstrukcyjnych .....	11
6	Ocena stanu technicznego elementów wykończenia.....	12
7	Przyjęte rozwiązania konstrukcyjne .....	14
7.1	Wzmocnienie konstrukcji dachu pod centralę wentylacyjno-klimatyzacyjną .....	14
7.2	Wzmocnienie konstrukcji dachu pod jednostki klimatyzacji .....	14
7.3	Zabezpieczenie antykorozyjne i p.poż więźby dachowej.....	15
7.4	Zabezpieczenie pęknięć na ścianach i elementach sklepień.....	15
7.5	Zabezpieczenie korodujących elementów stalowych.....	15
8	Przyjęte rozwiązania elementów wykończenia.....	16
9	Uwagi .....	16
10	Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe .....	17
10.1	Obliczenia przeprowadzono zgodnie z obowiązującymi normami: .....	17
10.2	Materiały konstrukcyjne: .....	17
10.3	Warunki gruntowo-wodne. ....	17
10.4	Zebranie obciążeń .....	17
10.5	Reakcje na poszczególną stopę wspornika ramowego .....	18
10.6	Obwiednia sił wewnętrznych więźby po wzmocnieniu .....	19
10.7	Szczegółowe raporty z obliczeń.....	21

BN-Instal Grzegorz Żandarski  
Myśligoszcz 15  
77-310 Debrzno

Myśligoszcz: 23- 03- 2020r

Obiekt budowlany:  
Budynek Urzędu Gminy w Giżycku

Inwestor:  
Gmina Giżycko  
ul. Mickiewicza 33  
11-500 Giżycko

Adres inwestycji:  
Giżycko ul. Mickiewicza 33  
działka ewidencyjna 484/6  
obręb Giżycko

## OŚWIADCZENIE

Na podstawie art. 20 ust. 4 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane oświadczam, że **projekt budowlany termomodernizacji budynku Urzędu Gminy w Giżycku – konstrukcja budowlana** posadowiony w Giżycku ul. Mickiewicza 33, działka nr 484/6 obręb Giżycko został sporządzony zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej.

Funkcja / branża	Imię i nazwisko	Podpis
Specjalność konstrukcyjno-budowlana	mgr inż. Sławomir Serkowski KUP/0061/PWBKb/16	
Specjalność konstrukcyjno-budowlana	mgr inż. Kamil Serkowski WKP/0083/POOK/15	

Za zgodność z oryginałem  
Data Podpis  
23-03-2020 Grzegorz Żandarski

Za zgodność z oryginałem  
Data Podpis  
23-03-2020 Grzegorz Żandarski

Za zgodność z oryginałem

## Data

23-03-2020

Podpis

Grzegorz Żandarski

Za zgodność z oryginałem  
Data Podpis  
23-03-2020 Grzegorz Żandarski



Za zgodność z oryginałem  
Data Podpis  
23-03-2020 Grzegorz Żandarski

# OPIS TECHNICZNY

## 1 Podstawa opracowania:

- 1.1. Zlecenie opracowania przez inwestora
- 1.2. Wizja lokalna, wywiad techniczny i dokumentacja fotograficzna przedmiotowego budynku przeprowadzona w dn. 24 stycznia 2020 roku.
- 1.3. Obowiązujące normy i przepisy prawne.

## 2 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest projekt konstrukcyjno-budowlany pod termomodernizację budynku Urzędu Gminy w Giżycku na terenie działki nr 484/6 zlokalizowanego przy ul. Adama Mickiewicza 33 w Giżycku.

## 3 Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest zaprojektowanie konstrukcji wsporczej oraz wzmacniającej pod jednostki klimatyzacji i centralę wentylacyjno-klimatyzacyjną oraz dokonania zabezpieczeń elementów konstrukcyjnych budynku narażonych na zniszczenie. Zakres opracowania obejmuje jedynie prace mające charakter remontowy i są bezpośrednio związane z projektowaną termomodernizacją. Schemat statyczny konstrukcji budynku pozostaje bez zmian. Sprawdzenie elementów konstrukcji oparto na sporządzonym opisie stanu technicznego oraz obliczeniach statyczno-wytrzymałościowych przeprowadzonych przez jednostkę projektowo-badawczą. Na przyjęcie założeń projektowych miały wpływ: wizja lokalna, przeprowadzone oględziny elementów murowych, stalowych i drewnianych, badania makroskopowe ugięć oraz przeprowadzona analiza statyczna układu konstrukcyjnego miejsc, które są związane z realizacją zamierzenia inwestycyjnego.

## 4 Opis ogólny obiektu

Przedmiot opracowania usytuowany jest w centrum działki 484/6. Budynek jest obiektem użyteczności publicznej mieszczącym Urząd Gminy Giżycko. Budynek wykonany w XX w. w technologii tradycyjnej na planie prostokąta o wymiarach 26,03m x 13,13m. Składa się z trzech kondygnacji naziemnych oraz podpiwniczenia. Kryty jest niską więźbą dachową płatwiowo-krokwiową na stolcach drewnianych, dach dwuspadowy. Do budynku przylega szyb windy murowany o wymiarze 2,46m x 5,06m. Budynek był wielokrotnie rozbudowywany i przebudowywany. Obecnie obiekt jest przystosowany dla osób niepełnosprawnych dzięki wyposażeniu go w dźwig osobowy z bezpośrednim dostępem z zewnątrz oraz odpowiednie przystosowanie łazienek.

## **ZESTAWIENIE POWIERZCHNI I KUBATURY:**

CAŁKOWITA DŁUGOŚĆ BUDYNKU	- 28,49 m
CAŁKOWITA SZEROKOŚĆ BUDYNKU	- 13,13 m
WYSOKOŚĆ BUDYNKU DO OKAPU	- 12,89 m
WYSOKOŚĆ DO KALENICY	- 13,52 m
POWIERZCHNIA ZABUDOWY	- 354,22 m <sup>2</sup>
POWIERZCHNIA CAŁKOWITA	- 1741,88 m <sup>2</sup>
POWIERZCHNIA UŻYTKOWA	- 947,82 m <sup>2</sup>
KUBATURA (netto)	- 3 054,26 m <sup>3</sup>

## **5 Ocena stanu technicznego elementów konstrukcyjnych**

### **5.1. Fundamenty**

Budynek posadowiony na ławach kamiennych. Szerokość fundamentów określa się w piwnicach na ok. 84÷108 cm. Fundamenty częściowo są podbite betonem (część północno-wschodnia). Brak widocznych zarysowań. Ogólny stan fundamentów ocenia się jako dobry.

### **5.2. Ściany**

Ściany nośne murowane z cegły ceramicznej pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej grubości 40÷84 cm. Ściany coraz niższych kondygnacji pogrubiane o ok. 1,0÷1½ cegły. Brak widocznych zarysowań i uszkodzeń na kondygnacji piwnic, parteru i I piętra. Na II piętrze powstała rysa oddzielająca komin od pozostałej ściany. Ściany wewnętrzne działowe w większości wykonane z cegły dziurawki. Ogólny stan ścian piwnic, parteru i I piętra określa się jako dobry. Rysy ściany II piętra przeznaczone do modernizacji.

### **5.3. Stropy**

Strop nad piwnicą – sklepienia kolebkowe z cegły pełnej ceramicznej. Promienie łuków sklepienia są zróżnicowane i wynoszą ok. 180cm. W części północnej piwnic sklepienia zostały poddane wzmocnieniu przez dwuteowniki stalowe IPE 120, IPE 140, IPE180 oraz IPE 200. Te kiepskiej jakości prace wzmacniające spowodowały miejscowe zarysowanie łuków. Pomieszczenia piwniczne są zawilgocone, stąd na domiar tego niezabezpieczona konstrukcja stalowa jest głęboko skorodowana. Stan stropów poddanych wcześniejszemu wzmocnieniu ocenia się jako bardzo zły – przeznaczone do modernizacji.

Strop nad parterem gr. ok. 30cm, typu Kleina wzmocniony siatką stalową. Na przejściach przy klatkach schodowych łuki ceglane. Brak widocznych zarysowań i uszkodzeń. Ogólny stan stropów nad parterem określa się jako dobry.

Strop nad I piętrem drewniany z tzw. „ślepy pułapem”. Stropowe belki drewniane ok. 200mm wysokości, obite podbitką. Brak widocznych ugięć, uszkodzeń i korozji biologicznej. Ogólny stan stropów nad parterem określa się jako dobry.

Strop nad II piętrem drewniany z tzw. „ślepy pułapem”. Stropowe belki drewniane ok. 120x250mm wysokości, obite podbitką. Ślepy pułap docieplony płytą wiórowo-cementową „suprema”. Drewno podlega korozji biologicznej. Brak zabezpieczenia drewna środkami przeciwpożarowymi i konserwującymi. Występują liczne pęknięcia płyty gipsowo-kartonowej sufitu ze względu na sztywne połączenie stelaża z konstrukcją drewnianą. Stan elementów drewnianych określa się jako zły. Stropy nad II piętrem przeznaczone do modernizacji.

#### 5.4. Więźba dachowa

Więźba płatwiowo-krokwiowa na stolcach drewnianych. Krokwie 80x150mm co 80÷120 cm; płatwie 150x150mm, stolce 150x150mm co 240cm, podwaliny 150x150mm, murlata ok. 200x150mm, belki stropowe ok. 120x250mm co 80÷120 cm. Spadek dachu ok. 5,5°. Drewno podlega korozji biologicznej. Brak zabezpieczenia drewna środkami przeciwpożarowymi i konserwującymi. Stan zły. Więźba przeznaczona do modernizacji.

#### 5.5. Klatka schodowa

Schody głównej klatki schodowej wykonane są jako żelbetowe płytowo-belkowe. Bieg stanowi płyta grubości konstrukcji ok. 12cm, natomiast spocznik stanowi płyta grubości 12÷14cm. Biegi oparte są na belkach spocznikowych oraz podciągach żelbetowych i łukach ceglanych. Spoczniki oparte są na żelbetowych belkach spocznikowych oraz ścianach nośnych budynku. Schody prowadzące do piwnic oraz schody przy wejściu głównym również wykonane w konstrukcji żelbetowej. Brak widocznych ugięć, zarysowań i uszkodzeń. Ogólny stan konstrukcyjny schodów określa się jako dobry.

### 6 Ocena stanu technicznego elementów wykończenia

#### 6.1. Posadzki

Posadzki piwnic w części archiwalnej i technicznej wykonane jako betonowe. Są nierówne i nie posiadają hydroizolacji. Nieszczelne posadzki powodują zawilgocenie pomieszczeń piwnicznych. Ogólny stan określa się jako zły. Posadzki piwnic w części archiwalnej i technicznej przeznaczone są do modernizacji.

Posadzki piwnic w części mieszkalnej wykonane z paneli, płytek ceramicznych oraz wykładziny. Brak widocznych zawilgoczeń i efektów kapilarnego podciągania wody. Ogólny stan określa się jako dobry.

Posadzki na korytarzach parteru wykonane z płytek ceramicznych, gres, natomiast na obu piętrach wykonane z wykładziny PVC. Wykładzina jest miejscami odkształcona. Łazienki wykończone płytkami ceramicznymi. Biura parteru w większości pokryte są panelami, natomiast na wyższych kondygnacjach stosuje się wykładzinę dywanową. Stan posadzek kondygnacji nadziemnych – dostateczny, nie podlegają modernizacji.

## 6.2. Tynki wewnętrzne

Tynki wewnątrz pomieszczeń - cementowo-wapienne. Część ścian pomieszczeń piwnicznych obłożona została podatną na wilgoć gładzą gipsową. Z uwagi na brak hydroizalacji, tynk w piwnicach koroduje. Pojawiają się spękania, złuszczenia, zagrzybienienie oraz strefy wysolenia. Stan tynków w piwnicy ocenia się jako zły – przeznaczone do modernizacji.

Tynki kondygnacji nadziemnych bez widocznych ubytków. Ściany w łazienkach wyłożone glazurą do wysokości 2,0m. Brak ubytków i spękań. Stan tynków i glazury w pomieszczeniach nadziemnych ocenia się jako dobry.

## 6.3. Pokrycie dachu i obróbki blacharskie

Pokrycie dachu stanowią dwie warstwy papy termozgrzewalnej na deskowaniu. Stan dobry. Attyki wykończone obróbkami blacharskimi z kapinosami. Parapety zewnętrzne blaszane w kolorze ceglastym. Rynny i rury spustowe z blachy ocynkowanej. Nad drzwiami wejściowymi daszki z poliwęglanu na konstrukcji stalowej. Ogólny stan obróbek – poprawny. Przeznaczone do częściowej modernizacji.

## 6.4. Stolarka i ślusarka

Drzwi zewnętrzne części urzędowej w kolorze brązowym, wykonane z PVC, częściowo przeszklone. Drzwi zewnętrzne części mieszkalnej stalowe, białe. Okna w kolorze białym, wykonane z PVC, jednokomorowe, jedno-, dwu- lub trzydzielne. Część otworów okiennych w piwnicy zamurowana, pozostałe okna piwniczne części archiwalnej zabezpieczone okratowaniem stalowym. Okna piwniczne są nieszczelne i przecieka nimi woda. Stolarka dla m.in. pomieszczeń kasy i serwerowni zabezpieczona roletami antywłamaniowymi. Drzwi wewnętrzne głównie płytowe lub stalowe w okleinie drewnopodobnej. Stolarka zewnętrzna nie spełnia wymagań izolacyjności termicznej dopuszczalnego współczynnika przenikania ciepła. Stolarka zewnętrzna przeznaczona do modernizacji.

## 6.5. Elewacja i cokół

Tynk mineralny barwiony, kolor słomkowy oraz pomarańczowy u szczytu. Cokół – tynk mineralny barwiony, kolor brązowy. Częściowo cokół obłożony kamieniami ciosanymi. Wysokość cokołu nieregularna. Elewacja w dużej mierze przebarwiona z licznymi zaciekami. Ogólny stan elewacji zły. Elewacja przeznaczona do modernizacji.

## 6.6. Izolacja termiczna

Z zewnątrz ściany pokryte są ok. 10cm warstwą styropianu obłożonego siatką. Izolacja poddasza - ślepy pułap docieplony płytą wiórowo-cementową „suprema”. Izolacja nie spełnia wymagań izolacyjności termicznej dopuszczalnego współczynnika przenikania ciepła. Ogólny stan – zły. Izolacja termiczna przeznaczona do częściowej modernizacji.

## 6.7. Izolacja przeciwwilgociowa

Brak izolacji fundamentów skutkuje pękaniem, łuszczeniem, zagrzybieniem oraz powstawaniem stref wysoleń na tynkach. Ogólny stan techniczny ochrony przeciwwilgociowej - bardzo zły. Przeznaczono do modernizacji.

# 7 Przyjęte rozwiązania konstrukcyjne

## 7.1 Wzmocnienie konstrukcji dachu pod centralę wentylacyjno-klimatyzacyjną

Projektuje się wzmocnienie konstrukcji dachu bezpośrednio pod centralą wentylacyjno-klimatyzacyjną poprzez zastosowanie wsporczych elementów drewnianych. Projektowane wzmocnienie ma na celu przeniesienie reakcji od ciężaru urządzenia w dużej mierze bezpośrednio na ściany nośne budynku. Do wykonania konstrukcji projektuje się krokiew 8x15cm, płatew 15x15cm, 2x stolec 15x15cm, 2x zastrzał 10x10cm, 2x miecz 8x10cm, podwalina 15x15cm. Wszystkie elementy z drewna klasy C24, zabezpieczone pod względem ochrony przed korozją biologiczną oraz przeciwpożarową. Przed pracami ciesielskimi należy zdjąć miejscowo izolację z papy termozgrzewalnej oraz deskowanie. Po zakończeniu wzmocnienia należy ponownie odtworzyć warstwy poszycia. Wszelkie wymiary należy sprawdzić bezpośrednio na miejscu budowy. Przewidziany schemat statyczny systemowego wspornika ramowego, na którym usytuowane będzie urządzenie, zamieszczone jest w części rysunkowej projektu. Sposób montażu pokazano na rys. K-02.

## 7.2 Wzmocnienie konstrukcji dachu pod jednostki klimatyzacji

Projektuje się wzmocnienie konstrukcji dachu bezpośrednio pod jednostkami klimatyzacji poprzez zastosowanie wsporczych elementów drewnianych. Projektowane wzmocnienie ma na celu przeniesienie reakcji od ciężaru urządzenia w dużej mierze bezpośrednio na ściany nośne budynku. Do wykonania konstrukcji projektuje się 2x krokiew 8x15cm, 2x płatew 15x15cm, 4x stolec 15x15cm, 4x zastrzał 10x10cm, 4x miecz 8x10cm, 2x podwalina 15x15cm. Wszystkie elementy z drewna klasy C24, zabezpieczone pod względem ochrony przed korozją biologiczną oraz przeciwpożarową. Przed pracami ciesielskimi należy zdjąć miejscowo izolację z papy termozgrzewalnej oraz deskowanie. Po zakończeniu wzmocnienia należy ponownie odtworzyć warstwy poszycia. Wszelkie wymiary należy sprawdzić

bezpośrednio na miejscu budowy. Przewidziany schemat statyczny systemowego wspornika ramowego, na którym usytuowane będzie urządzenie zamieszczone jest w części rysunkowej projektu. Sposób montażu pokazano na rys. K-03.

### **7.3 Zabezpieczenie antykorozyjne i p.poż więźby dachowej**

Projektuje się zabezpieczenie istniejących elementów drewnianych całej więźby dachowej (tj. krokwi, płatwi, stolców, podwalin, murlat, belek stropowych oraz deskowania). Powierzchnie narażone na bezpośrednie działanie korozji biologicznej należy odgrzybić poprzez oczyszczenie warstw słoików drewna np. szczotką drucianą lub papierem ściernym gruboziarnistym. Jeśli prowadzone prace odkryją spróchniałe części drewna, należy podjąć decyzję o wymianie lub wzmocnieniu skorodowanego elementu. Oczyszczone i trwałe elementy więźby należy zabezpieczyć środkami ochrony biologicznej (impregnat biobójczy) oraz specjalistycznymi środkami ogniochronnymi, które zabezpieczą drewno do stopnia niezapalności (kl. A1 wg PN-EN 13501-1). Należy również umożliwić wentylację poddasza, by zapobiec ponownemu powstawaniu zagrzybienia.

### **7.4 Zabezpieczenie pęknięć na ścianach i elementach sklepień**

W miejscu powstania pęknięć i rys elementów murowanych należy dokonać wzmocnienia poprzez zszycie prętem. Należy przy tym usunąć poziomą spoinę muru na głębokość kilku centymetrów i długość ok. 1,0m. Następnie wyczyścić powstałą w ten sposób szczelinę i zwilżyć wodą. Wprowadzić pierwszą warstwę zaprawy, osadzić stalowy pręt spiralny i całkowicie wypełnić szczelinę zaprawą. Na końcu należy wyrównać powierzchnię, a szczeliny pionowe i pęknięcia wypełnić niskoskurczową zaprawą systemową.

### **7.5 Zabezpieczenie korodujących elementów stalowych**

Przewidziano zabezpieczenie przed korozją chemiczną dwuteowników stalowych IPE 120, IPE 140, IPE180 oraz IPE 200 znajdujących się w części północnej piwnicy. Elementy konstrukcyjne należy oczyścić ciśnieniowo. Przewiduje się obróbkę strumieniowo-ścierną do stali wżrodkowo czystej. Na oglądanej bez powiększenia powierzchni nie może być oleju, smaru, pyłu, zendry, rdzy, powłoki malarskiej, czy obcych zanieczyszczeń. Powierzchnia powinna mieć jednolitą metaliczną barwę. Następnie należy przeprowadzić wzmocnienie belek stalowych poprzez dospawanie brakujących części. Spoiny muszą być wolne od zadziórów, ostrych krawędzi i odprysków. Następnie należy użyć powłokowych środków antykorozyjnych. Dodatkowo przewiduje się zabezpieczenie w formie otuliny wokół belki stalowej z tynku cementowego na siatce Rabbita.

## 8 Przyjęte rozwiązania elementów wykończenia

Przewidziano wykonanie hydroizolacji posadzek i ścian części pomieszczeń piwnicy. Projektuje się wymianę parapetów i stolarki zewnętrznej. Poddasze należy docieplić, a elewację odnowić. Szczegóły rozwiązań wg części architektonicznej niniejszego projektu.

## 9 Uwagi

- Obiekt wykonać zgodnie z warunkami wydanymi w pozwoleniu na budowę oraz zgodnie z zatwierdzonym projektem budowlanym.
- Podczas wykonywania robót budowlano-montażowych przestrzegać przepisów BHP odnośnie robót budowlano-montażowych.
- Wykonanie robót budowlanych winno być zgodne z obowiązującymi polskimi normami budowlanymi oraz ogólnymi warunkami odbioru robót budowlano-montażowych.
- Kierowanie robotami budowlanymi powierzyć osobie posiadającej odpowiednie kwalifikacje zawodowe – uprawnienia budowlane oraz należące do właściwej izby budowlanej z aktualną opłatą roczną.
- Do wykonania obiektu budowlanego stosować materiały i wyroby budowlane posiadające aktualne świadectwa lub aprobaty techniczne dopuszczające do stosowania w budownictwie, a wydane przez stosowne instytuty i jednostki badawcze.
- Zmiany konstrukcyjne nie przewidziane w projekcie można dokonać po uprzednim pisemnym uzyskaniu zgody autora projektu.
- Zgodnie z art. 61 pkt. 2 ustawy z dn. 7 lipca 1994r. - Prawo Budowlane (tekst jedn. Dz. U. z 2019r. poz. 1186 z późn. zm.) właściciel lub zarządca obiektu budowlanego ma obowiązek zapewnienia, dochowując należytej staranności, bezpiecznego użytkowania obiektu w razie wystąpienia czynników zewnętrznych oddziałujących na obiekt, związanych z działaniem człowieka lub sił natury. Z uwagi na możliwość powstania worków śnieżnych pomiędzy panelami PV, urządzeniami klimatyzacyjno-wentylacyjnymi oraz attykami, należy bezwzględnie usuwać nadmiar pokrywy śnieżnej z połaci dachowych. Obciążenie śniegiem nie może przekraczać wartości normowej obciążenia charakterystycznego wynoszącej  $0,72\text{kN/m}^2$ .

Projektant



## 10 Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe

### 10.1 Obliczenia przeprowadzono zgodnie z obowiązującymi normami:

- PN-EN 1990:2004 - Podstawy projektowania konstrukcji.
- PN-EN 1991-1-1:2004 – Oddziaływanie na konstrukcje. Oddziaływania ogólne: Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
- PN-EN 1991-1-3:2005 – Oddziaływanie na konstrukcje. Oddziaływania ogólne: Obciążenie śniegiem.
- PN-EN 1991-1-4:2008 – Oddziaływanie na konstrukcje. Oddziaływania ogólne: Oddziaływania wiatru.
- PN-EN 1995-1-1:2010 – Projektowanie konstrukcji drewnianych. Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- PN-82/B-02001. Obciążenia budowli. Obciążenia statyczne.

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykonano przy pomocy programów komputerowych: Konstruktor – Rama R3D3 i EuroDrewno – Intersoft.

### 10.2 Materiały konstrukcyjne:

- drewno konstrukcyjne klasy C24

### 10.3 Warunki gruntowo-wodne.

Warunki gruntowo-wodne bez zmian. Obciążenia zmienne i technologiczne nie wpływają w sposób istotny na zwiększenie oddziaływań na podłoże.

### 10.4 Zebranie obciążeń

<b>Tab.1 - STAŁE – OBCIĄŻENIE CIĘŻAREM WŁASNYM POSZYCIA</b>				
L.p.	Nazwa obciążenia	Obciążenie charakterystyczne [kN/m <sup>2</sup> ]	Współczynnik bezpieczeństwa	Obciążenie obliczeniowe [kN/m <sup>2</sup> ]
1.	Podwójna papa termozgrzewalna	0,15	1,35	0,20
2.	Deskowanie gr. 2,5cm	0,20	1,35	0,27
<b>RAZEM</b>		<b>0,35</b>	<b>-</b>	<b>0,47</b>

<b>Tab.2 - STAŁE – OBCIĄŻENIE CIĘŻAREM WŁASNYM BELKI STROPOWEJ</b>				
L.p.	Nazwa obciążenia	Obciążenie charakterystyczne [kN/m <sup>2</sup> ]	Współczynnik bezpieczeństwa	Obciążenie obliczeniowe [kN/m <sup>2</sup> ]
1.	Wełna mineralna, gr. 30cm	0,60	1,35	0,81
2.	Podsufitka	0,15	1,35	0,20
3.	Płyta g-k	0,40	1,35	0,54
<b>RAZEM</b>		<b>1,15</b>	<b>-</b>	<b>1,55</b>

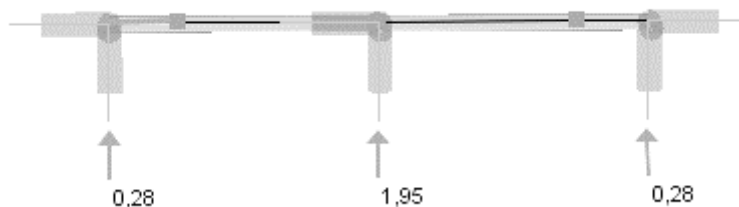
<b>Tab.3 - ZMIENNE – OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM</b>				
L.p.	Nazwa obciążenia	Obciążenie charakterystyczne [kN/m <sup>2</sup> ]	Współczynnik bezpieczeństwa	Obciążenie obliczeniowe [kN/m <sup>2</sup> ]
1.	Obciążenie równomierne śniegiem	1,28	1,50	1,92
<b>RAZEM</b>		<b>1,28</b>	<b>-</b>	<b>1,92</b>

<b>Tab.1 - STAŁE – OBCIĄŻENIE CIĘŻAREM WŁASNYM CENTRALI WENT.-KLIM.</b>				
L.p.	Nazwa obciążenia	Obciążenie charakterystyczne [kN]	Współczynnik bezpieczeństwa	Obciążenie obliczeniowe [kN]
1.	Centrala wentylacyjno-klimatyzacyjna	5,0	1,35	6,75
<b>RAZEM</b>		<b>5,0</b>	<b>-</b>	<b>6,75</b>

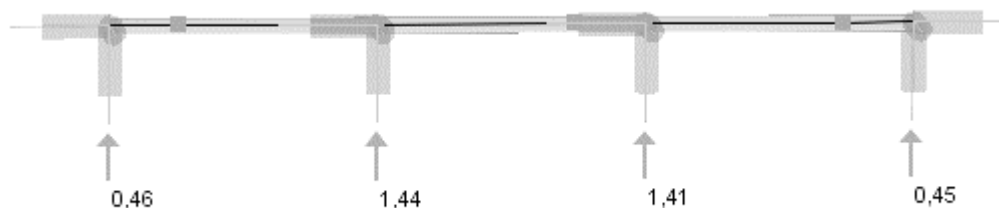
<b>Tab.1 - STAŁE – OBCIĄŻENIE CIĘŻAREM WŁASNYM JEDNOSTEK KLIM.</b>				
L.p.	Nazwa obciążenia	Obciążenie charakterystyczne [kN]	Współczynnik bezpieczeństwa	Obciążenie obliczeniowe [kN]
1.	Jednostki klimatyzacji – 1 szt.	2,5	1,35	3,37
<b>RAZEM</b>		<b>2,5</b>	<b>-</b>	<b>3,37</b>

## 10.5 Reakcje na poszczególną stopę wspornika ramowego

- Reakcje charakterystyczne z centrali wentylacyjno-klimatyzacyjna



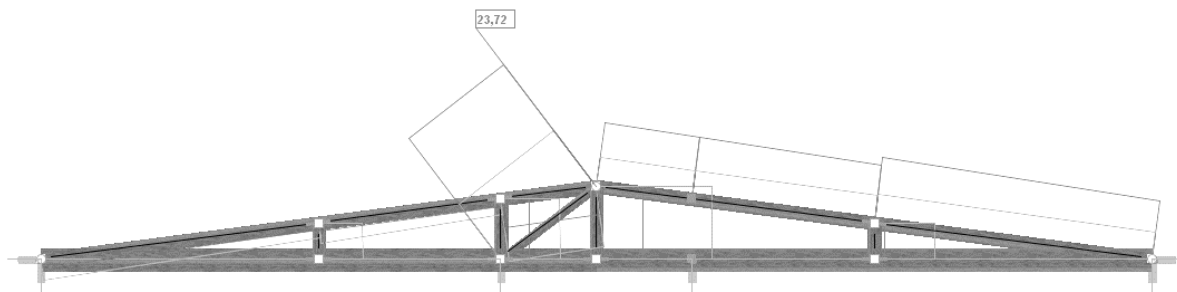
- Reakcje charakterystyczne z jednostek klimatyzacyjnych



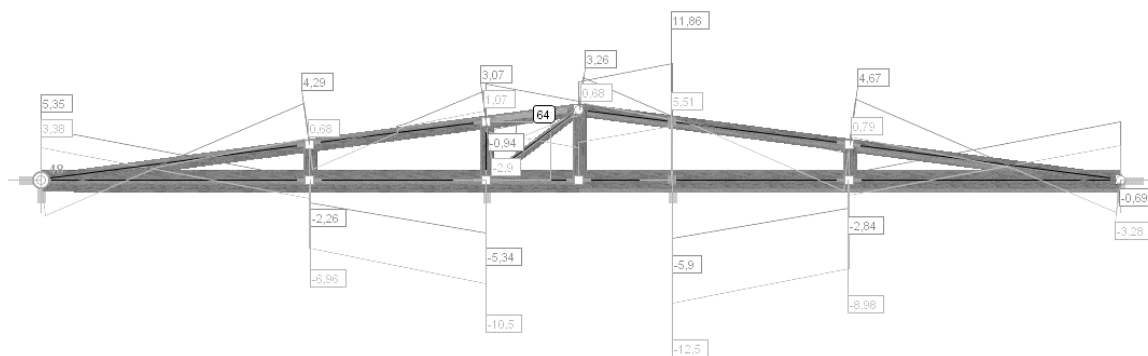
## 10.6 Obwiednia sił wewnętrznych więźby po wzmocnieniu

- wzmocnienie pod centralę wentylacyjno-klimatyzacyjną:

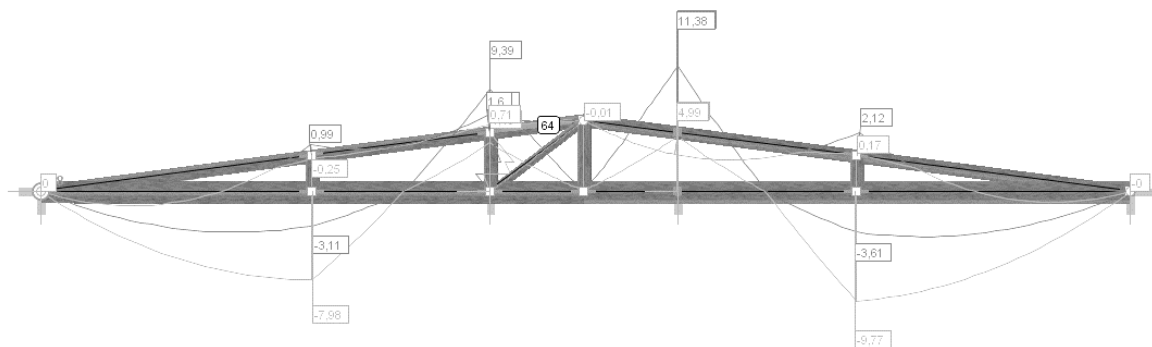
- siły osiowe  $N_x$  [kN]:



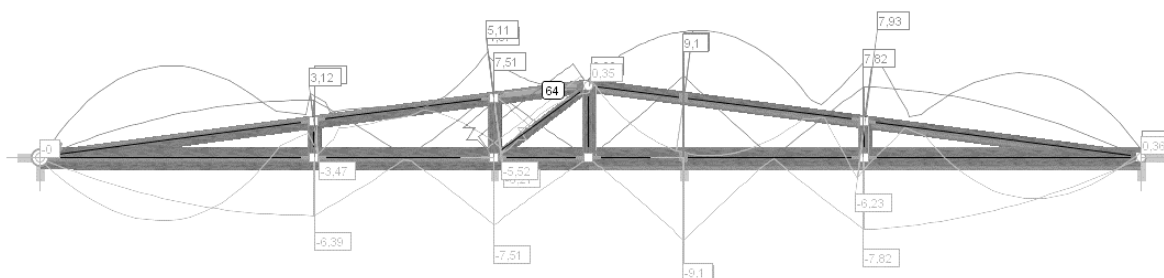
- siły tnące  $T_z$  [kN]:



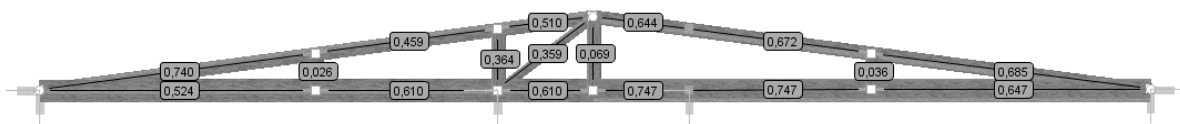
- momenty zginające  $M_y$  [kNm]:



- naprężenia  $\sigma_{HMH}$  [MPa]:

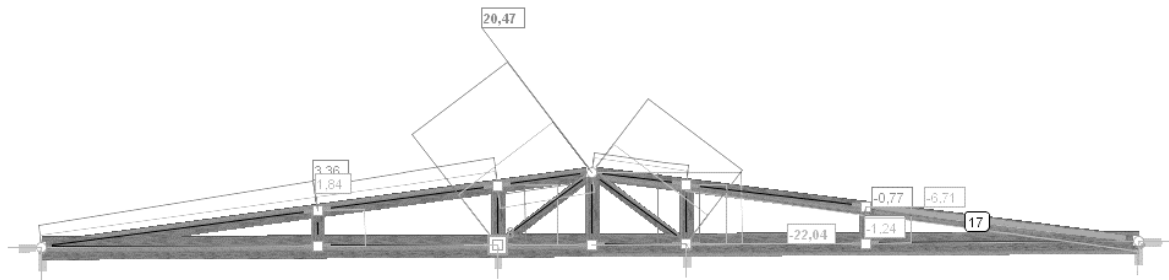


- wyężenia przekrojów [-]:

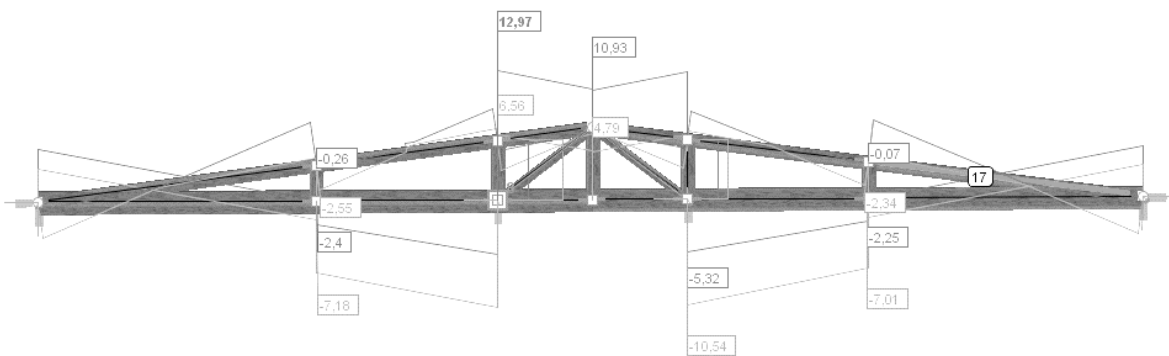


- wzmocnienie pod jednostki klimatyzacji:

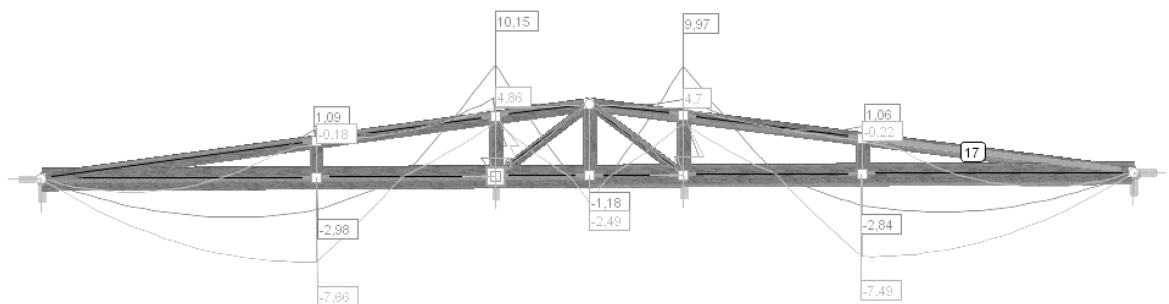
- siły osiowe  $N_x$  [kN]:



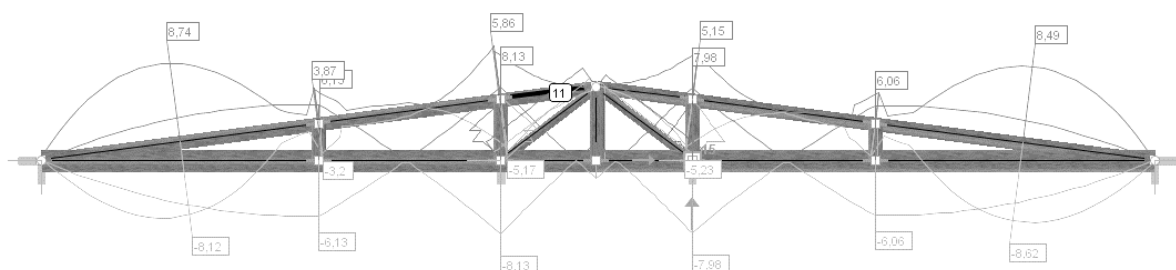
- siły tnące  $T_z$  [kN]:



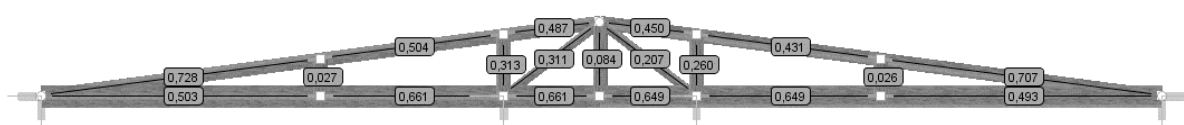
- momenty zginające  $M_y$  [kNm]:



- naprężenia  $\sigma_{HHH}$  [MPa]:



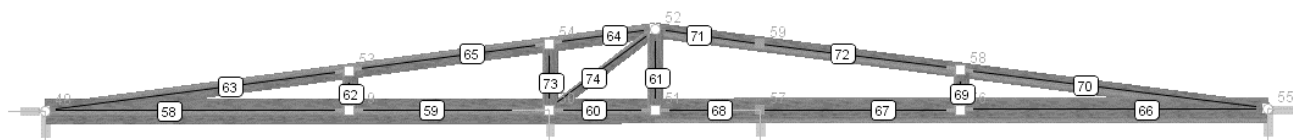
- wyężenia przekrojów [-]:



## 10.7 Szczegółowe raporty z obliczeń

Wykonano szczegółowe obliczenia dla najbardziej wyężonych elementów belki stropowej i krokwi dachowej. Obliczenia wykonano w programie Infersoft Rama R3D3 i EuroDrewno.

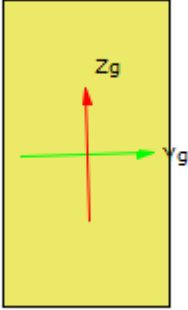
Numeracja węzłów i prętów:



## **Raport wymiarowania drewna wg PN-EN-1995-1-1:2010 do programu Rama3D/2D:**

Wszystkie obliczenia są wykonywane w osiach głównych. W dalszych oznaczeniach zmiennych w raporcie oś Y oznacza oś główną  $Y_g$ , a oś Z oznacza oś główną  $Z_g$ .

### **Geometria:**

	Nazwa profilu:	P 150x80	
	Długość pręta:	$L = 3.08 \text{ m}$	
	Pole przekroju:	$A = 120.00 \text{ cm}^2$	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 2250.00 \text{ cm}^4$	$J_z = 640.00 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 300.00 \text{ cm}^3$	$W_z = 160.00 \text{ cm}^3$
	Momenty bezwładności na skręcanie:	$J_x = 1705.58 \text{ cm}^4$	
	Wskaźnik wytrzymałości na skręcanie:	$W_x = 233.16 \text{ cm}^3$	
	Promienie bezwładności:	$i_y = 4.33 \text{ cm}$	$i_z = 2.31 \text{ cm}$

Rodzaj drewna:	Lite
Klasa drewna:	C20
Wytrzymałość char. na zginanie:	20.000 MPa
Wytrzymałość char. na rozciąganie:	12.000 MPa
Wytrzymałość char. na ściskanie:	19.000 MPa
Wytrzymałość char. na ścinanie:	3.600 MPa
Moduł sprężystości:	9500.000 MPa
5% kwantyl modułu sprężystości	6400.000 MPa
Moduł odkształcenia:	590.000 MPa
Gęstość:	330.000 kg/m <sup>3</sup>

### **Dane ogólne:**

Klasa użytkowania konstrukcji: 2

#### **Typ elementu:**

w płaszczyźnie XY osi głównych: obustronnie podparty

w płaszczyźnie XZ osi głównych: obustronnie podparty

#### **Przeważający typ obciążenia:**

w płaszczyźnie XY osi głównych: ciągłe

w płaszczyźnie XZ osi głównych: ciągłe

### Graniczne ugięcie elementu:

$$\frac{L}{n} = \frac{307.60}{250.00} = 1.230 [cm]$$

Współczynniki wybożenia:

$$m_y = 1.00$$

Długości wybożenia:

$$L_{c,y} = m_y \cdot L = 1.00 \cdot 3.08 = 3.08 [m]$$

### Współczynniki zwiększające wytrzymałości charakterystyczne:

na rozciąganie

$$k_{h,t} = 1.13$$

### Element prosty, nr pręta: 63

#### Punkt nr: 1 na przecie, położenie: 0.00 m

### Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -2.11 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 4.20 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 1.01 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

### Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwwały

$$k_{mod} = 0.800$$

### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 12.308 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.01 \cdot 10^{-3}}{300.00 \cdot 10^{-6}} = 3.377 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 3.08 = 2.768 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{2.77 \cdot 0.15 \cdot 20.00}{(0.78 \cdot 0.08^2 \cdot 6400.00)}} = 0.510$$

$$k_{crit} = 1.0$$

### Sprawdzenie stateczności giętnej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{3.38}{1.00 \cdot 12.31} = 0.274 \leq 1$$

### Element prosty, nr pręta: 63

#### Punkt nr: 2 na przecie, położenie: 0.00 m

### Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -2.11 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 4.20 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 1.01 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

### Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

$$k_{mod} = 0.800$$

### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 12.308 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ok}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 11.692 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.01 \cdot 10^{-3}}{300.00 \cdot 10^{-6}} = 3.377 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{160.00 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.11 \cdot 10^{-3}}{120.00 \cdot 10^{-4}} = 0.175 [\text{MPa}]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{ey}}{i_y} = \frac{3.08}{43.30 \cdot 10^{-3}} = 71.037$$

Naprężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 6400.000}{71.037^2} = 12.517 [\text{MPa}]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$$b_c = 0.20$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{ok}}{\sigma_{c,cr,y}}} = \sqrt{\frac{19.00}{12.52}} = 1.232$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1.23 - 0.3) + 1.23^2 \right) = 1.352$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 1.35 + \sqrt{1.35^2 - 1.23^2} \right)} = 0.524$$

$$k_{cz} = 1.0$$

**Ściskanie ze zginaniem:**



$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,x,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.18}{0.52 \cdot 11.69} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{12.31} + \frac{3.38}{12.31} = 0.303 \leq 1$$
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,x} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,x,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.18}{1.00 \cdot 11.69} + \frac{0.00}{12.31} + 0.70 \cdot \frac{3.38}{12.31} = 0.207 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 63**

**Punkt nr: 3 na przecie, położenie: 0.00 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

N = -2.29 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = 4.30 kN

M<sub>x</sub> = 0.00 kNm

M<sub>y</sub> = 0.99 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

k<sub>mod</sub> = 0.800

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 2.215 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 120.00 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{4.30 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 120.00 \cdot 10^{-4})} = 0.803 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}} = \frac{0.80}{2.22} = 0.362 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 63**

**Punkt nr: 4 na przecie, położenie: 0.00 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

N = -2.11 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = 4.20 kN

M<sub>x</sub> = 0.00 kNm

M<sub>y</sub> = 1.01 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

k<sub>mod</sub> = 0.800

### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 12.308 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 11.692 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.01 \cdot 10^{-3}}{300.00 \cdot 10^{-6}} = 3.377 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{160.00 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.11 \cdot 10^{-3}}{120.00 \cdot 10^{-4}} = 0.175 [MPa]$$

**Zginanie ze ściskaniem przy uwzględnieniu stateczności i wyboczenia:**

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{cs} \cdot f_{c,d}} = \left( \frac{3.38}{1.00 \cdot 12.31} \right)^2 + \frac{0.18}{1.00 \cdot 11.69} = 0.090 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 63**

**Punkt nr: 5 na przecie, położenie: 1.54 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

N = -2.81 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = 0.32 kN

M<sub>x</sub> = 0.00 kNm

M<sub>y</sub> = -2.57 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

k<sub>mod</sub> = 0.800

### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 12.308 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.57 \cdot 10^{-3}}{300.00 \cdot 10^{-6}} = 8.563 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 3.08 = 2.768 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{2.77 \cdot 0.15 \cdot 20.00}{(0.78 \cdot 0.08^2 \cdot 6400.00)}} = 0.510$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętnej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{8.56}{1.00 \cdot 12.31} = 0.696 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 63**

**Punkt nr: 6 na przecie, położenie: 1.54 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -2.81 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.32 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -2.57 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływania na konstrukcję:**

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

$$k_{mod} = 0.800$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 12.308 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{o,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ok}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 11.692 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.57 \cdot 10^{-3}}{300.00 \cdot 10^{-6}} = 8.563 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{160.00 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{o,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.81 \cdot 10^{-3}}{120.00 \cdot 10^{-4}} = 0.234 [\text{MPa}]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{ey}}{i_y} = \frac{3.08}{43.30 \cdot 10^{-3}} = 71.037$$

Naprężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{o,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 6400.000}{71.037^2} = 12.517 [\text{MPa}]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$$b_c = 0.20$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{ok}}{\sigma_{c,crk,y}}} = \sqrt{\frac{19.00}{12.52}} = 1.232$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1.23 - 0.3) + 1.23^2 \right) = 1.352$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{\phi y} = \frac{l}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{l}{\left( 1.35 + \sqrt{1.35^2 - 1.23^2} \right)} = 0.524$$

$$k_{\phi z} = 1.0$$

**Ściskanie ze zginaniem:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{\phi y} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.23}{0.52 \cdot 11.69} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{12.31} + \frac{8.56}{12.31} = 0.734 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{\phi z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.23}{1.00 \cdot 11.69} + \frac{0.00}{12.31} + 0.70 \cdot \frac{8.56}{12.31} = 0.507 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 63**

**Punkt nr: 7 na przecie, położenie: 1.54 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -2.81 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.32 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -2.57 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

$$k_{mod} = 0.800$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 2.215 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 120.00 \cdot 10^{-4})} = 0.000 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.32 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 120.00 \cdot 10^{-4})} = 0.060 \text{ [MPa]}$$

**Ścinanie:**

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}} = \frac{0.06}{2.22} = 0.027 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 63**

**Punkt nr: 8 na przecie, położenie: 1.54 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -2.81 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.32 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -2.57 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

$$k_{mod} = 0.800$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 12.308 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 11.692 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.57 \cdot 10^{-3}}{300.00 \cdot 10^{-6}} = 8.563 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{160.00 \cdot 10^{-6}} = 0.000 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.81 \cdot 10^{-3}}{120.00 \cdot 10^{-4}} = 0.234 \text{ [MPa]}$$

**Zginanie ze ściskaniem przy uwzględnieniu stateczności i wyboczenia:**

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c0,d}}{k_{ax} \cdot f_{c0,d}} = \left( \frac{8.56}{1.00 \cdot 12.31} \right)^2 + \frac{0.23}{1.00 \cdot 11.69} = 0.504 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 63**

**Punkt nr: 9 na przecie, położenie: 1.66 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -2.85 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.00 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -2.59 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

$$k_{mod} = 0.800$$

### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 12.308 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.59 \cdot 10^{-3}}{300.00 \cdot 10^{-6}} = 8.630 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 3.08 = 2.768 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{2.77 \cdot 0.15 \cdot 20.00}{(0.78 \cdot 0.08^2 \cdot 6400.00)}} = 0.510$$

$$k_{crit} = 1.0$$

Sprawdzenie stateczności giętnej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{8.63}{1.00 \cdot 12.31} = 0.701 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 63**

**Punkt nr: 10 na przecie, położenie: 1.66 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -2.85 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.00 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -2.59 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

$$k_{mod} = 0.800$$

### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 12.308 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{od} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ok}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 11.692 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.59 \cdot 10^{-3}}{300.00 \cdot 10^{-6}} = 8.630 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{160.00 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.85 \cdot 10^{-3}}{120.00 \cdot 10^{-4}} = 0.237 [\text{MPa}]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{ey}}{i_y} = \frac{3.08}{43.30 \cdot 10^{-3}} = 71.037$$

Naprężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 6400.000}{71.037^2} = 12.517 [\text{MPa}]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$$b_c = 0.20$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{19.00}{12.52}} = 1.232$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1.23 - 0.3) + 1.23^2 \right) = 1.352$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 1.35 + \sqrt{1.35^2 - 1.23^2} \right)} = 0.524$$

$$k_{cz} = 1.0$$

**Ściskanie ze zginaniem:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.24}{0.52 \cdot 11.69} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{12.31} + \frac{8.63}{12.31} = 0.740 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.24}{1.00 \cdot 11.69} + \frac{0.00}{12.31} + 0.70 \cdot \frac{8.63}{12.31} = 0.511 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 63**

**Punkt nr: 11 na przecie, położenie: 1.66 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -1.75 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = -0.16 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.88 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 1.662 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 120.00 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.16 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 120.00 \cdot 10^{-4})} = 0.030 [\text{MPa}]$$

**Ścinanie:**

$$\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} = \frac{0.03}{1.66} = 0.018 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 63**

**Punkt nr: 12 na przecie, położenie: 1.66 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

N = -2.85 kN	T <sub>y</sub> = 0.00 kN	T <sub>z</sub> = 0.00 kN
M <sub>x</sub> = 0.00 kNm	M <sub>y</sub> = -2.59 kNm	M <sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

k<sub>mod</sub> = 0.800

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 12.308 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 11.692 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.59 \cdot 10^{-3}}{300.00 \cdot 10^{-6}} = 8.630 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{160.00 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.85 \cdot 10^{-3}}{120.00 \cdot 10^{-4}} = 0.237 [\text{MPa}]$$

**Zginanie ze ściskaniem przy uwzględnieniu stateczności i wyboczenia:**

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c0,d}}{k_{cs} \cdot f_{c0,d}} = \left( \frac{8.63}{1.00 \cdot 12.31} \right)^2 + \frac{0.24}{1.00 \cdot 11.69} = 0.512 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 63**



**Punkt nr: 13 na przecie, położenie: 3.08 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$\begin{aligned} N &= -3.33 \text{ kN} & T_y &= 0.00 \text{ kN} & T_z &= -3.66 \text{ kN} \\ M_x &= 0.00 \text{ kNm} & M_y &= 0.00 \text{ kNm} & M_z &= 0.00 \text{ kNm} \end{aligned}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

$k_{mod} = 0.800$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ok}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 11.692 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{cd} = \frac{N}{A} = \frac{3.33 \cdot 10^{-3}}{120.00 \cdot 10^{-4}} = 0.277 \text{ [MPa]}$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{ey}}{i_y} = \frac{3.08}{43.30 \cdot 10^{-3}} = 71.037$$

Naprężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 6400.000}{71.037^2} = 12.517 \text{ [MPa]}$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$b_c = 0.20$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{ok}}{\sigma_{c,cr,y}}} = \sqrt{\frac{19.00}{12.52}} = 1.232$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1.23 - 0.3) + 1.23^2 \right) = 1.352$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{l}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{l}{\left( 1.35 + \sqrt{1.35^2 - 1.23^2} \right)} = 0.524$$

$k_{cz} = 1.0$

**Ściskanie:**

$$\frac{\sigma_{cd}}{k_{cy} \cdot f_{cd}} = \frac{0.28}{0.52 \cdot 11.69} = 0.045 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{cd}}{k_{cz} \cdot f_{cd}} = \frac{0.28}{1.00 \cdot 11.69} = 0.024 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 63**

**Punkt nr: 14 na przecie, położenie: 3.08 m**

### Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$N = -3.33 \text{ kN}$	$T_y = 0.00 \text{ kN}$	$T_z = -3.66 \text{ kN}$
$M_x = 0.00 \text{ kNm}$	$M_y = 0.00 \text{ kNm}$	$M_z = 0.00 \text{ kNm}$

### Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

$k_{\text{mod}} = 0.800$

### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 2.215 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 120.00 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{3.66 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 120.00 \cdot 10^{-4})} = 0.683 [\text{MPa}]$$

### Ścinanie:

$$\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} = \frac{0.68}{2.22} = 0.308 \leq 1$$

### Wyniki ugięcia względnego:

Położenie:  $x = 1.21 \text{ [m]}$

$u_{\text{inst},G(y)}$  - przemieszczenie  $u_y$  grupy stałej

$u_{\text{inst},Q(y)}$  - przemieszczenie  $u_y$  grupy zmiennej

$u_{\text{inst},G(z)}$  - przemieszczenie  $u_z$  grupy stałej

$u_{\text{inst},Q(z)}$  - przemieszczenie  $u_z$  grupy zmiennej

$$n_1 = 1 + k_{\text{def}}$$

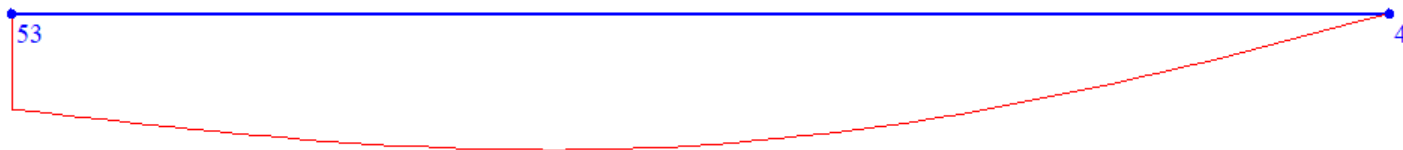
$$n_2 = 1 + j_2 \cdot k_{\text{def}}$$

$$n_3 = j_0 + j_2 \cdot k_{\text{def}}$$

Nazwa grupy obciążeń(wsp.)	$u_y[\text{cm}]$	$u_z[\text{cm}]$	$k_{\text{def}}$	$j_0$	$j_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$
Ciążar własny(1.00)	-	-0.07	0.80	0.8	-	1.80	-	-
Stałe(1.00)	-	-0.53	0.80	0.8	-	1.80	-	-
Centrala(1.00)	-	0.00	0.80	0.8	-	1.80	-	-
Śnieg(1.00)	-	-0.68	0.80	0.5	0.0	-	1.00	-

$$u_s = \sum u_{s,\text{inst},G} \cdot n_1 + \sum u_{s,\text{inst},Q} \cdot n_2 + \sum u_{s,\text{inst},Q} \cdot n_3 = -1.765 [\text{cm}]$$

### Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Z:



$$u_{max} = u_z = 1.765 [cm]$$

$$u_b = u_{bx} = -0.751 [cm]$$

$$\Delta u_z = u_z - u_{bx} = 1.014 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \Delta u_z = 1.014 \leq 1.230 [cm]$$

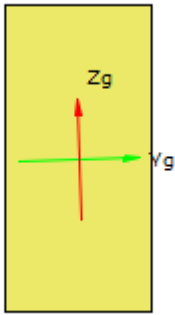
Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |0.000 - 1.238| = 1.238 [cm]$$

## **Raport wymiarowania drewna wg PN-EN-1995-1-1:2010 do programu Rama3D/2D:**

Wszystkie obliczenia są wykonywane w osiach głównych. W dalszych oznaczeniach zmiennych w raporcie oś Y oznacza oś główną  $Y_g$ , a oś Z oznacza oś główną  $Z_g$ .

### **Geometria:**

	Nazwa profilu:	P 250x120	
	Długość pręta:	$L = 2.00 \text{ m}$	
	Pole przekroju:	$A = 300.00 \text{ cm}^2$	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 15625.00 \text{ cm}^4$	$J_z = 3600.00 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 1250.00 \text{ cm}^3$	$W_z = 600.00 \text{ cm}^3$
	Momenty bezwładności na skręcanie:	$J_x = 10064.52 \text{ cm}^4$	
	Wskaźnik wytrzymałości na skręcanie:	$W_x = 896.75 \text{ cm}^3$	
	Promienie bezwładności:	$i_y = 7.22 \text{ cm}$	$i_z = 3.46 \text{ cm}$

Rodzaj drewna:	Lite
Klasa drewna:	C20
Wytrzymałość char. na zginanie:	20.000 MPa
Wytrzymałość char. na rozciąganie:	12.000 MPa
Wytrzymałość char. na ściskanie:	19.000 MPa
Wytrzymałość char. na ścinanie:	3.600 MPa
Moduł sprężystości:	9500.000 MPa
5% kwantyl modułu sprężystości	6400.000 MPa
Moduł odkształcenia:	590.000 MPa
Gęstość:	330.000 kg/m <sup>3</sup>

### **Dane ogólne:**

Klasa użytkowania konstrukcji: 2

#### **Typ elementu:**

w płaszczyźnie XY osi głównych: obustronnie podparty

w płaszczyźnie XZ osi głównych: obustronnie podparty

#### **Przeważający typ obciążenia:**

w płaszczyźnie XY osi głównych: ciągłe

w płaszczyźnie XZ osi głównych: ciągłe

### Graniczne ugięcie elementu:

$$\frac{L}{n} = \frac{200.00}{250.00} = 0.800 [cm]$$

Współczynniki wybożenia:

$$m_y = 1.00$$

Długości wybożenia:

$$L_{c,y} = m_y \cdot L = 1.00 \cdot 2.00 = 2.00 [m]$$

### Współczynniki zwiększające wytrzymałości charakterystyczne:

na rozciąganie

$$k_{h,t} = 1.05$$

### Element prosty, nr pręta: 67

#### Punkt nr: 1 na przecie, położenie: 0.00 m

### Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = -8.95 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -9.95 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

### Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

$$k_{mod} = 0.800$$

### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 12.308 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{9.95 \cdot 10^{-3}}{1250.00 \cdot 10^{-6}} = 7.963 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 2.00 = 1.800 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{1.80 \cdot 0.25 \cdot 20.00}{(0.78 \cdot 0.12^2 \cdot 6400.00)}} = 0.354$$

$$k_{crit} = 1.0$$

### Sprawdzenie stateczności giętnej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{7.96}{1.00 \cdot 12.31} = 0.647 \leq 1$$

### Element prosty, nr pręta: 67

#### Punkt nr: 2 na przecie, położenie: 0.00 m

### Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = -8.95 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -9.95 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

### Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

$$k_{\text{mod}} = 0.800$$

### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 12.308 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{9.95 \cdot 10^{-3}}{1250.00 \cdot 10^{-6}} = 7.963 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{600.00 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [\text{MPa}]$$

### Zginanie:

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0.70 \cdot \frac{7.96}{12.31} + \frac{0.00}{12.31} = 0.453 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{7.96}{12.31} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{12.31} = 0.647 \leq 1$$

### Element prosty, nr pręta: 67

### Punkt nr: 3 na przecie, położenie: 0.00 m

### Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = -8.95 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -9.95 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

### Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

$$k_{\text{mod}} = 0.800$$

### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 2.215 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 300.00 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{8.95 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 300.00 \cdot 10^{-4})} = 0.668 [\text{MPa}]$$

**Ścinanie:**

$$\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} = \frac{0.67}{2.22} = 0.301 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 67**

**Punkt nr: 4 na przecie, położenie: 1.00 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$N = 0.00 \text{ kN}$	$T_y = 0.00 \text{ kN}$	$T_z = -5.88 \text{ kN}$
$M_x = 0.00 \text{ kNm}$	$M_y = -0.11 \text{ kNm}$	$M_z = 0.00 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 9.231 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.11 \cdot 10^{-3}}{1250.00 \cdot 10^{-6}} = 0.089 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 2.00 = 1.800 [\text{m}]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{1.80 \cdot 0.25 \cdot 20.00}{(0.78 \cdot 0.12^2 \cdot 6400.00)}} = 0.354$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{0.09}{1.00 \cdot 9.23} = 0.010 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 67**

**Punkt nr: 5 na przecie, położenie: 1.00 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$N = 0.00 \text{ kN}$	$T_y = 0.00 \text{ kN}$	$T_z = -5.88 \text{ kN}$
$M_x = 0.00 \text{ kNm}$	$M_y = -0.11 \text{ kNm}$	$M_z = 0.00 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 9.231 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.11 \cdot 10^{-3}}{1250.00 \cdot 10^{-6}} = 0.089 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{600.00 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

**Zginanie:**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0.70 \cdot \frac{0.09}{9.23} + \frac{0.00}{9.23} = 0.007 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.09}{9.23} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{9.23} = 0.010 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 67**

**Punkt nr: 6 na przecie, położenie: 1.00 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$N = 0.00 \text{ kN}$

$T_y = 0.00 \text{ kN}$

$T_z = -10.72 \text{ kN}$

$M_x = 0.00 \text{ kNm}$

$M_y = -0.12 \text{ kNm}$

$M_z = 0.00 \text{ kNm}$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

$k_{mod} = 0.800$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 2.215 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 300.00 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{10.72 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 300.00 \cdot 10^{-4})} = 0.800 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}} = \frac{0.80}{2.22} = 0.361 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 67**

**Punkt nr: 7 na przecie, położenie: 2.00 m**



**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$\begin{array}{lll} N = 0.00 \text{ kN} & T_y = 0.00 \text{ kN} & T_z = -12.50 \text{ kN} \\ M_x = 0.00 \text{ kNm} & M_y = 11.49 \text{ kNm} & M_z = 0.00 \text{ kNm} \end{array}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

$$k_{\text{mod}} = 0.800$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 12.308 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{11.49 \cdot 10^{-3}}{1250.00 \cdot 10^{-6}} = 9.195 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 2.00 = 1.800 [\text{m}]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{1.80 \cdot 0.25 \cdot 20.00}{(0.78 \cdot 0.12^2 \cdot 6400.00)}} = 0.354$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętnej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{9.20}{1.00 \cdot 12.31} = 0.747 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 67**

**Punkt nr: 8 na przecie, położenie: 2.00 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$\begin{array}{lll} N = 0.00 \text{ kN} & T_y = 0.00 \text{ kN} & T_z = -12.50 \text{ kN} \\ M_x = 0.00 \text{ kNm} & M_y = 11.49 \text{ kNm} & M_z = 0.00 \text{ kNm} \end{array}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

$$k_{\text{mod}} = 0.800$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 12.308 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{11.49 \cdot 10^{-3}}{1250.00 \cdot 10^{-6}} = 9.195 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{600.00 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

**Zginanie:**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0.70 \cdot \frac{9.20}{12.31} + \frac{0.00}{12.31} = 0.523 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{9.20}{12.31} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{12.31} = 0.747 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 67**

**Punkt nr: 9 na przecie, położenie: 2.00 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

N = 0.00 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = -12.50 kN

M<sub>x</sub> = 0.00 kNm

M<sub>y</sub> = 11.49 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: Śnieg

Charakter grupy: średniotrwały

k<sub>mod</sub> = 0.800

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.80 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 2.215 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 300.00 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{12.50 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 300.00 \cdot 10^{-4})} = 0.933 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\frac{\tau_{z,d}}{f_{vd}} = \frac{0.93}{2.22} = 0.421 \leq 1$$

**Wyniki ugięcia względnego:**

Położenie: x = 0.00 [m]

$u_{inst,G(y)}$  - przemieszczenie  $u_y$  grupy stałej  
 $u_{inst,Q(y)}$  - przemieszczenie  $u_y$  grupy zmiennej  
 $u_{inst,G(z)}$  - przemieszczenie  $u_z$  grupy stałej  
 $u_{inst,Q(z)}$  - przemieszczenie  $u_z$  grupy zmiennej

$$n_1 = 1 + k_{def}$$

$$n_2 = 1 + j_2 \cdot k_{def}$$

$$n_3 = j_0 + j_2 \cdot k_{def}$$

Nazwa grupy obciążeń(wsp.)	$u_y[cm]$	$u_z[cm]$	$k_{def}$	$j_0$	$j_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$
Ciężar własny(1.00)	-	-0.07	0.80	0.8	-	1.80	-	-
Stałe(1.00)	-	-0.49	0.80	0.8	-	1.80	-	-
Centrala(1.00)	-	0.00	0.80	0.8	-	1.80	-	-
Śnieg(1.00)	-	-0.42	0.80	0.5	0.0	-	1.00	-

Przyjęte współczynniki uwzględniające wpływ sił tnących:

Typ elementu w płaszczyźnie XZ osi głównych:

obustronnie podparty

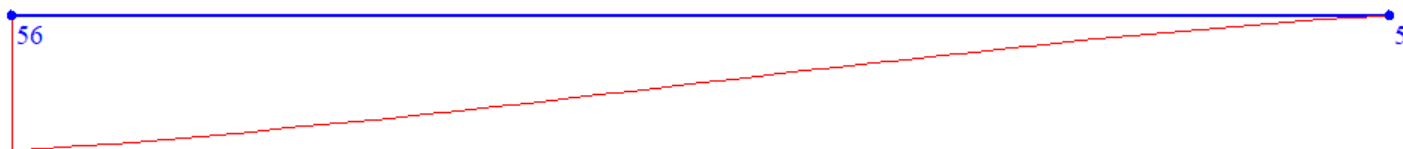
Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XZ osi głównych:

ciągłe

$$k_{scz} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{9500.00}{590.00} \right) \cdot \left( \frac{250.00 \cdot 10^{-3}}{2.00} \right)^2 = 1.302$$

$$u_x = k_{scz} \cdot \left( \sum u_{z,inst,G} \cdot n_1 + u_{z,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{z,inst,Q} \cdot n_3 \right) = 1.30 \cdot -1.42 = -1.851 [cm]$$

**Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Z:**



$$u_{max} = u_x = 1.851 [cm]$$

$$u_b = u_{bx} = -0.872 [cm]$$

$$\Delta u_x = u_x - u_{bx} = 0.550 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \Delta u_x = 0.550 \leq 0.800 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |0.000 - 1.422| = 1.422 [cm]$$