

<i>Jednostka projektowa:</i>	Lege Artis Łukasz Wyka ul. Ametystowa 6/14, 20-577 Lublin NIP: 7151683093, REGON: 382148844
<b>PROJEKT TECHNICZNY</b>	
<b>ZAMIERZENIE:</b>	
Nazwa zamierzenia budowlanego:	Budowa tężni solankowej wraz z budynkiem sanitarnym, grotą solną, obiektami małej architektury, utwardzeniami terenu, ogrodzeniem, oświetleniem oraz urządzeniami budowlanymi niezbędnymi do korzystania z obiektów w Orzyszu
Adres inwestycji:	działka nr ew. 159/4 obręb 0001 Orzysz, powiat piski, woj. warmińsko-mazurskie Identyfikator działki: 281602 4.0001 Orzysz
Kategoria obiektu budowlanego	VIII, V
<i>Inwestor:</i>	Gmina Orzysz Ul. Rynek 3 12-250 Orzysz
<i>Spis zawartości Projektu budowlanego:</i>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Projekt zagospodarowania terenu</li> <li>2. Projekt architektoniczno – budowlany</li> <li>3. Projekt techniczny</li> <li>4. Opinie, uzgodnienia, pozwolenia i inne dokumenty</li> </ol>	
<i>Data opracowania:</i>	<b>28-12-2022</b>



## **Spis zawartości projektu**

I.	DOKUMENTY FORMALNO-PRAWNE .....	3
	Oświadczenie projektanta .....	3
	Zaświadczenie o przynależności do Izby Projektanta.....	4
	Decyzja o stwierdzeniu przygotowania zawodowego Projektanta .....	5
II.	PROJEKT TECHNICZNY .....	6
1.	Część opisowa projektu technicznego .....	7
1.1	Podstawa opracowania .....	7
1.2	Zakres opracowania .....	7
1.3	Istniejący stan zagospodarowania działki. ....	7
1.4	Projektowany stan zagospodarowania działki. ....	8
1.5	Ochrona przeciwpożarowa.....	9
1.6	Geotechniczne warunki posadowienia .....	9
1.7	Projektowane obiekty budowlane .....	10
2.	Obliczenia .....	17
3.	Część rysunkowa projektu technicznego .....	48



## **I. DOKUMENTY FORMALNO-PRAWNE**

### **Oświadczenie projektanta**

Lublin, dnia 28.12.2022 r.

### **OŚWIADCZENIE PROJEKTANTA**

Na podstawie artykułu. 34 ustawy. 3d punkt. 3) ustawy Prawo Budowlane oświadczam, że projekt techniczny:

**Budowa tężni solankowej wraz z budynkiem sanitarnym, grotą solną, obiektami małej architektury, utwardzeniami terenu, ogrodzeniem, oświetleniem oraz urządzeniami budowlanymi niezbędnymi do korzystania z obiektów w Orzyszu**

Adres inwestycji:

działka nr ew. 1594 obręb 0001 Orzysz, powiat piski, woj. warmińsko-mazurskie

Identyfikatory działek: 281602\_4.0001 Orzysz

Inwestor:

Gmina Orzysz

ul. Rynek 3, 12-250 Orzysz

sporządzony został zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej.

Projektant:

(pieczęć wraz z podpisem)



## Zaświadczenie o przynależności do Izby Projektanta



### Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

**MAZ-FQ7-L69-RCK \***

Pani ALEKSANDRA ŚWIECH o numerze ewidencyjnym MAZ/BO/0321/19  
adres zamieszkania ul. GÓRCZEWSKA 224/270, 01-460 WARSZAWA  
jest członkiem Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane  
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2022-08-01 do 2023-07-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym  
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2022-08-10 roku przez:

Roman Lulis, Przewodniczący Rady Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78<sup>1</sup> K.c.





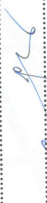



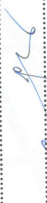



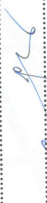

§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarczy złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej i opatrzenie go  
kwalifikowanym podpisem elektronicznym.













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

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



# Decyzja o stwierdzeniu przygotowania zawodowego Projektanta

 <p><b>MAZOWIECKA OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA</b></p>	 <p><b>MAZOWIECKA Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa</b> Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna sygn. akt. MAZ/7131-7132/210/18/K</p> <p style="text-align: right;">Warszawa, dnia 28 czerwca 2018 r.</p>	<p style="text-align: center;"><b>D E C Y Z J A</b></p> <p>Na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (tekst jedn.: Dz.U. z 2016 r., poz. 1725) i art. 12 ust. 1 pkt 1 - 5, ust. 2, 3 i 4 pkt 3, art. 13 ust. 1, 3 i 4, art. 14 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jedn.: Dz.U. z 2017 r., poz. 1332) oraz § 10 i 12 ust. 1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 11 września 2014 r. w sprawie samodzielnego funkcji technicznych w budownictwie (Dz.U. poz. 1278), po ustaleniu, że zostały spełnione warunki w zakresie przygotowania zawodowego oraz po złożeniu egzaminu na uprawnienia budowlane z wynikiem pozytywnym</p> <p style="text-align: center;"><b>Pani mgr inż. Aleksandra Świech</b> <b>ur. dnia 27 kwietnia 1989 roku w Tomaszowie Lubelskim</b> <b>otrzymuje</b></p> <p style="text-align: center;"><b>UPRAWNIENIA BUDOWLANE</b> <b>numer ewidencyjny MAZ/0510/PWBKb/18</b> <b>do projektowania i kierowania robotami budowlanymi</b> <b>w specjalności konstrukcyjno-budowlanej</b> <b>bez ograniczeń</b></p> <p style="text-align: center;"><b>UZASADNIENIE</b></p> <p>W związku z uwzględnieniem w całości żądania strony, na podstawie art. 107 § 4 K.p.a. odstępuje się od uzasadnienia decyzji. Zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na odwrocie decyzji.</p> <p style="text-align: center;"><b>Pouczenie</b></p> <p>Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w terminie 14 dni od daty jej doręczenia.</p> <p>Zgodnie z treścią art. 127a ustawy Kodeks postępowania administracyjnego (Dz. U. z 2017 r., poz. 1257 t. j.):</p> <p>§ 1. W trakcie biegu terminu do wniesienia odwołania strona może zrzec się prawa do wniesienia odwołania wobec organu administracji publicznej, który wydał decyzję.</p> <p>§ 2. Z dniem doręczenia organowi administracji publicznej oświadczenia o zrzeczeniu się praw do wniesienia odwołania przez ostatnią ze stron postępowania, decyzja staje się ostateczna prawomocna.</p> <p>W przypadku złożenia przez stronę oświadczenia o zrzeczeniu się prawa do odwołania od decyzji (określonego w § 2) stronie nie przysługuje prawo do odwołania się ani skargi do sądu administracyjnego.</p> <p style="text-align: right;"><b>Skład orzekający Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej:</b></p> <table border="0" style="width: 100%;"><tr><td style="width: 33%;">dr hab. inż. Eugeniusz Koda, prof. nadzw.</td><td style="width: 33%; text-align: center;"></td><td style="width: 33%; text-align: center;"></td></tr><tr><td>mgr inż. Irena Churska</td><td style="text-align: center;"></td><td></td></tr><tr><td>mgr inż. Krzysztof Karol Booss</td><td style="text-align: center;"></td><td></td></tr></table>	dr hab. inż. Eugeniusz Koda, prof. nadzw.			mgr inż. Irena Churska			mgr inż. Krzysztof Karol Booss		
dr hab. inż. Eugeniusz Koda, prof. nadzw.											
mgr inż. Irena Churska											
mgr inż. Krzysztof Karol Booss											

<p style="text-align: center;">Uprawnienia budowlane nadane</p> <p style="text-align: center;"><b>Pani mgr inż. Aleksandra Świech</b> <b>ur. dnia 27 kwietnia 1989 roku w Tomaszowie Lubelskim</b></p> <p style="text-align: center;"><b>numer ewidencyjny MAZ/0510/PWBKb/18</b> <b>do projektowania i kierowania robotami budowlanymi</b> <b>w specjalności konstrukcyjno-budowlanej</b> <b>bez ograniczeń</b></p> <p style="text-align: center;">upowazniają do:</p> <p>I. w specjalności konstrukcyjno-budowlanej do:</p> <p>projektowania, sprawdzania projektów architektoniczno-budowlanych i sprawowania nadzoru autorskiego, w odniesieniu do konstrukcji obiektu;</p> <p>II. w specjalności konstrukcyjno-budowlanej do:</p> <p>1) kierowania budową lub innymi robotami budowlanymi,</p> <p>2) kierowania wytworzeniem konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz nadzór i kontrolę techniczną wytworzenia tych elementów,</p> <p>3) wykonywania nadzoru inwestorskiego,</p> <p>4) sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych,</p> <p>w odniesieniu do konstrukcji i architektury obiektu;</p> <p>III. w specjalności konstrukcyjno-budowlanej, do sporządzania projektu zagospodarowania działki lub terenu.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Skład orzekający Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej:</b></p> <table border="0" style="width: 100%;"><tr><td style="width: 33%;">dr hab. inż. Eugeniusz Koda, prof. nadzw.</td><td style="width: 33%; text-align: center;"></td><td style="width: 33%; text-align: center;"></td></tr><tr><td>mgr inż. Irena Churska</td><td style="text-align: center;"></td><td></td></tr><tr><td>mgr inż. Krzysztof Karol Booss</td><td style="text-align: center;"></td><td></td></tr></table>	dr hab. inż. Eugeniusz Koda, prof. nadzw.			mgr inż. Irena Churska			mgr inż. Krzysztof Karol Booss		
dr hab. inż. Eugeniusz Koda, prof. nadzw.										
mgr inż. Irena Churska										
mgr inż. Krzysztof Karol Booss										

Orzucuje:

1. Wnioskodawca

2. Okręgowa Rada Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa

3. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego

4. w.a.



## II. PROJEKT TECHNICZNY

<i>Egz. nr 1</i>		
<i>Jednostka projektowa:</i>	Lege Artis Łukasz Wyka ul. Ametystowa 6/14, 20-577 Lublin NIP: 7151683093, REGON: 382148844	
<h1>PROJEKT TECHNICZNY</h1>		
<b>ZAMIERZENIE:</b>		
Nazwa zamierzenia budowlanego:	<b>Budowa tężni solankowej wraz z budynkiem sanitarnym, grotą solną, obiektami małej architektury, utwardzeniami terenu, ogrodzeniem, oświetleniem oraz urządzeniami budowlanymi niezbędnymi do korzystania z obiektów w Orzyszu</b>	
Adres obiektu budowlanego:	działka nr ew. 159/4 obręb 0001 Orzysz, powiat piski, woj. warmińsko-mazurskie Identyfikator działki: 281602 4.0001 Orzysz	
Kategoria obiektu budowlanego	<b>VIII, V</b>	
<i>Inwestor:</i>	Gmina Orzysz Ul. Rynek 3 12-250 Orzysz	
<i>Projektował:</i>		
Imię i nazwisko	nr uprawnień	Podpis
<b>Projektant:</b> <b>mgr. inż. Aleksandra Świech</b>	<b>MAZ/0510/PWBKb/18</b>	
<i>Data opracowania:</i>	<b>28-12-2022</b>	



## **1. Część opisowa projektu technicznego**

### **1.1 Podstawa opracowania**

- Uzgodnienia przedprojektowe z Inwestorem,
- Aktualna mapa,
- Plan sytuacyjny
- Wizja lokalna,
- Uzgodnienia międzybranżowe,
- Obowiązujące normy, przepisy i instrukcje:
  - Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 2351, z późn. zm.).
  - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych,
  - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (z późn. zmianami),
  - PN-EN 1176 Wyposażenie placów zabaw i nawierzchnie

### **1.2 Zakres opracowania**

Opracowanie obejmuje projekt techniczny budowy tężni solankowej wraz z budynkiem sanitarnym, grotą solną, obiektami małej architektury. Inwestycja zlokalizowana będzie na działce ewid. 159/4 obręb 0001 Orzysz, powiat piski, województwo warmińsko-mazurskie, identyfikator działki: 281602\_4.0001 Orzysz.

Opracowanie przedstawia schematy rozwiązań konstrukcyjnych i nie wyczerpuje wszystkich zagadnień związanych z wykonaniem konstrukcji. Przed przystąpieniem do budowy obiektu należy opracować projekt warsztatowy konstrukcji drewnianej, zgodny z założeniami niniejszej dokumentacji.

### **1.3 Istniejący stan zagospodarowania działki.**

Teren działki ewid. nr 159/4 w położonej w miejscowości Orzysz, przy zbiegu ulic Leśnej i 1 Maja jest obszarem niezagospodarowanym. Działka przeznaczona pod inwestycję znajduje się w pobliżu terenów mieszkaniowych, terenów zieleni i usług nieuciążliwych



przylegających do zbiorników wodnych i będzie stanowi obszar rekreacji okolicznych mieszkańców i turystów.

Na działce nie występują obiekty kubaturowe, teren obrośnięty jest trawą, a w na jej zachodnim obszarze znajdują się pojedyncze nasadzenia drzew liściastych. W części wschodnia terenu znajdują się gęste zadrzewienia liściaste i iglaste. Powierzchnia terenu jest lekko nachylona w kierunku północnych a różnica terenu oscyluje od 122,7 m n.p.m. do 124,6 m n.p.m. Na terenie występują oświetlenie słupowe.

Na obszarze opracowania zlokalizowana jest sieć wodociągowa, kanalizacji sanitarnej, elektroenergetyczna oraz telekomunikacyjna.

#### **1.4 Projektowany stan zagospodarowania działki.**

Projektuje się częściowe ogrodzenie działki – od strony północnej, południowej i wschodniej. Ogrodzenie o wysokości 2,4m wykonane z gabionów i deskowane. W ramach projektu przewiduje się realizację 17 miejsc parkingowych, w tym 2 dla osób niepełnosprawnych. 10 miejsc usytuowanych pod kątem 45stopni względem drogi jednokierunkowej – przy ul. 1 Maja. 7 miejsc zlokalizowanych od ul. Leśnej – dojazd od nich zapewni droga o szer. Min. 5m oraz promieniu skrzyżowania min.5m.

Projektuje się ściankę wspinaczkową o wys. 2m dł.14,7m i szer. 5m na bazie laminatu. Panel wspinaczkowy wyposażony w uchwyty w ilości min 5 szt. na m<sup>2</sup> oraz 2 przejścia wylotowe o średnicy min.1m. W powierzchni bezpiecznej zlokalizowano trampoliny zewnętrzne – 3 szt. o średnicy 1,5m (strefa bezpieczeństwa Ø4,0 m) .

Zaprojektowano pergolę drewnianą o wymiarach w planie 7,11x13,80m i wysokości 3,05m. Konstrukcja składa się z ram poprzecznych złożonych ze słupów, belek i zastrzałów o przekroju 20x20cm, wykonanych z drewna. Na wyoblonej elewacji zaprojektowano konstrukcje umożliwiającą porost pnączy. W lokalizacji pergoli zaproponowano nawierzchnie przepuszczalną mineralną.

Projektowane obiekty budowlane:

- Szalet z grotą solną – 85,77m<sup>2</sup>
- Pergola – 85,99m<sup>2</sup>
- Tężnia solankowa – 96,90m<sup>2</sup>
- Ścianka wspinaczkowa – 50,13m<sup>2</sup>

Projektuje się również:

- Ławki



Betonowe okrągłe, bez oparcia, wykończone drewnem, o średnicy 2m i wys.46cm

Betonowe półokrągłe, bez oparcia wykończone drewnem, o wys.46cm z

betonowymi donicami – ławki wykonywane na zamówienie

- Betonowe kosze na śmieci, pojemność 40l, wym. 45x45x76cm
- tablice informacyjne, wymiary tarczy tablicy 50x70cm
- hamaki zewnętrzne drewniane wym.70x200cm, montowane na stalowych słupkach
- tor przeszkód, wym.347x965x40cm, strefa bezpieczeństwa 695x1312cm
- tablica szpilkowa, wym. 200x100x12cm
- głuchy telefon, wykonany ze stali nierdzewnej AISI 304 wym.41x12x129cm, max. odległość 10m
- stojaki na rowery 9-stanowiskowe

W ramach projektu przewiduje się dojazd do parkingów od strony południowej działki o szer. min. 5m i promieniu skrętu min.5m. Drogę wykonać z płyt betonowych ażurowych – wg opisu nawierzchni projektowanych parkingów.

W ramach projektu przewiduje się wykonanie ciągów pieszych o spadku nie większym niż 5% i szer. Min 1,5m. Projektuje się nawierzchnie z kostki betonowej układanej w jodełkę, nawierzchni betonowej wylewanej barwionej w kolorze szarym i beżowym, nawierzchnie bezpieczną poliuretanową, nawierzchnie mineralną oraz drewnianą na legarach.

Dostęp do drogi publicznej jest zapewniony. Od strony północnej pozostaje bez zmian, od strony południowej przewiduje się dojazd do miejsc postojowych.

### **1.5 Ochrona przeciwpożarowa**

Projektowany obiekt klasyfikowany jest jako obiekt małej architektury i nie stawia mu się wymagań odnośnie do odporności pożarowej.

### **1.6 Geotechniczne warunki posadowienia**

Warunki gruntowe określono na podstawie opinii geotechnicznej z badań podłoża gruntowego opracowanej przez SOFT-SOIL inż. Grzegorz Prusik z dnia 03.12.2022.

W rejonie projektowanej inwestycji pierwszą warstwę stanowią nasypy niebudowlane, zbudowane z humusu z domieszkami piasku humusowego i piasku drobnego. Warstwa ta będzie w całości usunięta w trakcie wykonywania wykopów fundamentowych.



Kolejną warstwę stanowią piaski drobne, średnio zagęszczone, o stopniu zagęszczenia  $ID=0,35$ . Do głębokości rozpoznania innych gruntów nie nawiercono.

Swobodne zwierciadło wód gruntowych występuje na rzędnych  $\sim 199,9 - 120,0$  m n.p.m., tj.  $2,60 - 4,50$  m p.p.t., a więc znacznie poniżej projektowanego poziomu posadowienia fundamentów.

#### **Wnioski dotyczące posadowienia:**

- Zakłada się posadowienie na warstwie piasków średnich, średnio zagęszczonych, o  $ID=0,35$
- Grunty występujące w rejonie planowanej inwestycji stanowić będą dobre podłoże do posadowienia projektowanych obiektów – możliwe jest posadowienie bezpośrednie.
- Grunt znajdujący się w wykopie należy chronić przed opadami atmosferycznymi i przemarzaniem
- Ostatnie 10-20cm wykopu należy wykonać tak, aby nie nastąpiło rozluźnienie gruntu w dnie wykopu (np. stosując koparki wyposażone w gładkie łyżki – bez zębów). W przeciwnym razie wykonać podbudowę z piasku średniego zagęszczonego do min.  $IS = 0,98$ .
- Głębokość przemarzania wynosi 1,2m. Posadowienie stóp fundamentowych poniżej poziomu przemarzania. Posadowienie płyty fundamentowej na gruntach niewysadzinowych.
- W przypadku stwierdzenia w wykopie gruntów innych niż założone w projekcie (a w szczególności gruntów wysadzinowych pod płytą fundamentową) należy o tym fakcie powiadomić projektanta w celu ustalenia dalszego postępowania
- Grunt w dnie wykopu przed wykonaniem fundamentów odbierze uprawniony geotechnik.
- Po wykonaniu fundamentów należy je zasypać piaskiem średnim i grubym, układanym warstwami max. 30cm. Każdą warstwę należy starannie zagęścić.
- Projektowany obiekt nie podlega wpływom eksploatacji górniczej.
- Poziom wody gruntowej znacznie poniżej poziomu posadowienia projektowanego obiektu.

#### **Kategoria geotechniczna:**

Projektowana inwestycja będzie realizowana w prostych warunkach gruntowych. Obiekt zaliczono do pierwszej kategorii geotechnicznej.

## **1.7 Projektowane obiekty budowlane**

### **1.7.1 Normy projektowania**

- PN-EN 1990 – Podstawy projektowania konstrukcji
- PN-EN 1991 – Oddziaływania na konstrukcję
- PN-EN 1992 – Projektowanie konstrukcji z betonu
- PN-EN 1995 – Projektowanie konstrukcji drewnianych
- PN-EN 1997 – Projektowanie geotechniczne
- PN-EN 206 – Beton – wymagania, właściwości, produkcja i zgodność



- Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25.04.2012r w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych,
- Prawo budowlane, Ustawa z dnia 07.07.1994r z późniejszymi zmianami,
- Rozporządzeniu Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej 25.04.2012r z póź. zmianami (Rozporządzenie z dnia 6.11.2008r) w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego.

#### 1.7.2 Warunki lokalne

- głębokość przemarzania 1,2m
- strefa obciążenia śniegiem IV
- strefa obciążenia wiatrem I

#### 1.7.3 Materiały konstrukcyjne

- drewno konstrukcyjne C24
- beton – fundament tężni (misa ociekowa) C35/45
- beton – pozostałe elementy C30/37
- stal zbrojeniowa 500MPa, klasa ciągliwości B lub C
- blachy węzłowe, łączniki konstrukcji tężni stal nierdzewna
- pozostałe elementy stalowe S355, ocynk ogniowy

#### 1.7.4 Opis konstrukcji tężni

Tężnię zaprojektowano w postaci 5 łukowych sekcji o zróżnicowanej długości – w zakresie ~9,0 – 17,5m. Szerokość tężni w przekroju poprzecznym wynosić będzie 1,50m, a wysokość 4,15m.

Konstrukcja składać się będzie z ram poprzecznych wykonanych z drewna klasy C24. Wymiary głównych elementów nośnych określono na 14x14cm (słupy główne, podwaliny oraz belki tężni). Ramy usztywnione będą w swojej płaszczyźnie skośnymi stężeniami.

Ramy będą połączone elementami podłużnymi – łatami nośnymi dla tarniny oraz poszycia dachu. Przekrój łat nośnych przyjęto jako kwadratowy – 8x8cm. Stateczność obiektu w konstrukcji podłużnej będzie zapewniona przez zastosowanie stężeń podłużnych w układzie X w wybranych segmentach tężni – zgodnie z częścią rysunkową.

Konstrukcja tężni będzie mocowana do fundamentów za pomocą podwalin przytwierdzonych do płyty żelbetowej.

Połączenia elementów drewnianych będą wykonane z wykorzystaniem elementów stalowych - blach węzłowych lub systemowych połączeń ciesielskich. Proponowane w projekcie rodzaje połączeń ciesielskich należy traktować jako wzorcowe – można je zastąpić innymi, o nie gorszych parametrach technicznych. Jako łączniki używane będą śruby, wkręty i gwoździe. Wszystkie elementy stalowe wewnątrz ze względu na korozyjne działanie solanki będą wykonane ze stali nierdzewnej.



Projektuje się posadowienie konstrukcji obiektu na fundamentach żelbetowych. Pod tężnią znajdować się będzie płyta fundamentowa pełniąca również funkcję misy ociekowej na solankę. Słupy pergoli będą posadowione na stopach fundamentowych.

Elementy żelbetowe będą narażone na bezpośredni kontakt z solanką. Z tego względu projektuje się jako wykonane z betonu C35/45 przy minimalnej zawartości cementu 320kg/m<sup>3</sup>. Beton będzie spełniał wymagania dla klas ekspozycji XC4, XD3, XF4 F100. Wymagane jest zabezpieczenie powierzchni płyty żelbetowej żywicą odporną na działanie chlorków. Wszystkie elementy żelbetowe będą zbrojone prętami stalowymi, żebrowanymi o granicy plastyczności 500MPa (klasa ciągliwości B lub C), otulina 50mm.

Geometria i przekroje poszczególnych elementów konstrukcji według części rysunkowej opracowania.

#### 1.7.5 Opis konstrukcji altany/pergoli

Zaprojektowano pergolę drewnianą o wymiarach w planie 7,11x13,80m i wysokości 3,05m. Konstrukcja składa się z ram poprzecznych złożonych ze słupów, belek i zastrzałów o przekroju 20x20cm, wykonanych z drewna C24. Ramy w górnych węzłach łączone będą tężnikami stalowymi Rk50x5 ze stali S235. Od strony łukowej zaprojektowano również tężniki w dolnej części ramy (oś tężnika na rzędnej +0,15) – będą na nich rozpięte linki stalowe dla bluszczu.

Zaprojektowano fundamenty w postaci ław o 70x40cm, posadowionych na rzędnej -1,20, wykonanych z betonu C30/37, zbrojonych prętami stalowymi, żebrowanymi o granicy plastyczności 500MPa (klasa ciągliwości B lub C), otulina 50mm.

Zaprojektowano połączenia konstrukcji z użyciem blach i łączników stalowych. Wszystkie elementy stalowe powinny być ocynkowane ogniowo.

#### 1.7.6 Opis konstrukcji budynku groty solnej/toalet

Zaprojektowano jednokondygnacyjny, niepodpiwniczony budynek o wymiarach w planie 6,14x13,81m i wysokości 3,68m.

Budynek wykonany będzie w technologii murowanej, z żelbetowym stropem i dachem jednospadowym o konstrukcji drewnianej. Posadowiony będzie bezpośrednio na ławach fundamentowych.

Zaprojektowano ściany murowane gr. 24cm wykonane z betonu komórkowego klasy 500. Część ścian znajdującą się poniżej poziomu terenu należy wykonać z betonowych bloczków fundamentowych. Nadproża nad otworami drzwiowymi zaprojektowano jako prefabrykowane (2xL19). Dopuszcza się zmianę na nadproża monolityczne 24x24cm, zbrojone strzemionami #8/20 i prętami podłużnymi 4#12.

żelbetowy zaprojektowano o grubości 18cm, z betonu C30/37, zbrojonego prętami stalowymi, żebrowanymi o granicy plastyczności 500MPa (klasa ciągliwości B lub C), otulina dolna 40mm, górna 20mm. Kierunek główny zbrojenia wzdłuż osi literowych – zgodnie z oznaczeniami na rysunkach.

Konstrukcję dachu zaprojektowano jako drewnianą, wykonaną z drewna klasy C24. Zaprojektowano krokwie 8x16cm w rozstawie co 80cm, oparte w 3 punktach: na murłacie, na



płatwi oraz na wieszakach mocowanych do żelbetowej attyki. Murlatę, płatew i słupki pod płatwią zaprojektowano o przekroju kwadratowym 14x14cm.

Budynek będzie posadowiony bezpośrednio, na ławach fundamentowych o wymiarach 60x40 oraz 100x40cm. Ławy wykonane będą z betonu C30/37 zbrojonego prętami stalowymi, żebrowanymi o granicy plastyczności 500MPa (klasa ciągliwości B lub C), otulina 50mm.

#### 1.7.7 Opis konstrukcji schodów terenowych

Konstrukcja schodów terenowych podzielona została na dwie części:

- część z nawierzchniami betonowymi
- część z wykończeniem deskami drewnianymi.

W części z nawierzchniami betonowymi można wydzielić: nawierzchnie betonowe, stopnie schodowe oraz palisadę betonową w oddzielającą fragmenty nawierzchni na różnych wysokościach.

Nawierzchnie betonowe należy wykonać o grubości 12cm z betonu klasy min. C25/30 W8, mrozoodpornego, w klasie ekspozycji XF4 F100, zbrojonego dołem siatką z prętów stalowych #8 w rozstawie 15x15cm. Stosować pręty zbrojeniowe żebrowane, wykonane ze stali o granicy plastyczności 500MPa i klasie ciągliwości B lub C. Pręty układać na zakład min. 35cm. Dopuszcza się zastosowanie siatek zbrojeniowych zgrzewanych typu Q355, zachowując zakłady min. 35cm na styku sąsiednich arkuszy.

Nawierzchnie należy podzielić dylatacjami nacinanymi w rozstawie maksymalnie 5x5m. Szczeliny naciąć na min. 1/3 grubości płyty i wypełnić sznurem dylatacyjnym i masą trwale elastyczną przeznaczoną do stosowania w warunkach zewnętrznych.

Szczeliny wykonywać w następujący sposób:

- naciąć rowki o szerokości 3-4mm – jak najwcześniej po betonowaniu, jednak nie wolno dopuścić do wyrywania przez piłę ziaren kruszywa,
- po min. 28 dniach poszerzyć rowki do 6-8mm i sfazować krawędzie
- ścianki nacięć zagruntować,
- umieścić w nacięciach sznur dylatacyjny,
- wypełnić szczeliny masą trwale elastyczną.

Stopnie schodowe wykonywać z betonu – materiały zgodnie z w/w dla nawierzchni betonowych. Alternatywnie stosować elementy prefabrykowane – po uzgodnieniu z projektantem branży architektonicznej.

Oddzielenie części nawierzchni położonych na różnych wysokościach wykonać w postaci palisady z prefabrykowanych elementów betonowych o przekroju 18x18cm i wysokości 100cm. Elementy palisady osadzać na warstwie chudego betonu (C12/15).

Konstrukcja części z wykończeniem deskami drewnianymi została zaprojektowana z legarów drewnianych (drewno klasy C24). Legary umieścić w rozstawie max. 80cm i opierać co max. 130cm na elementach żelbetowych za pomocą stalowych złączy ciesielskich.

Zaprojektowano dwa rodzaje fundamentów służących oparciu legarów: ścianki oporowe i punktowe fundamenty betonowe.

Ścianki oporowe będą wykonane w miejscu zmiany wysokości projektowanego terenu. Będą wykonane z betonu C30/37 W8, mrozoodpornego, w klasie ekspozycji XC4,



XF4 F100, zbrojonego prętami stalowymi, żebrowanymi o granicy plastyczności 500MPa (klasa ciągliwości B lub C), otulina 50mm. Ścianki oporowe dzielić dylatacjami na sekcje o długości max.5m.

Fundamenty punktowe zaprojektowano w postaci stóp o przekroju okrągłym  $\Phi 30\text{cm}$  i długości  $\sim 70\text{-}80\text{cm}$ , beton jak dla ścianek oporowych.

#### 1.7.8 Wymagania dotyczące konstrukcji betonowej

##### **Roboty betonowe**

- Powierzchnia świeżo ułożonego betonu musi być chroniona przed słońcem i suchymi wiatrami, a ponadto polewana wodą. Inspektor nadzoru inwestorskiego może wyrazić zgodę na stosowanie środków chemicznych zabezpieczających mieszankę betonową przed utratą wody w czasie wiązania cementu.
- Dodatki do betonu będą stosowane zgodnie z instrukcją ich użycia i zaaprobowane przez Inspektora Nadzoru Inwestorskiego.
- Warunki pogodowe:  
Roboty betonowe można prowadzić w zakresie temperatury  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $30^{\circ}\text{C}$ . W żadnym przypadku w betonie nie mogą znajdować się kawałki lodu czy też zamrożonego kruszywa. Po ułożeniu beton należy zabezpieczyć przed utratą ciepła.
- Projekt szalunków należy w całości do odpowiedzialności Wykonawcy.
- Powierzchnia betonowa musi być gładka bez "raków".
- Wierzch misy ociekowej zabezpieczyć żywicą odporną na działanie chlorków.
- Terminy rozszalowania muszą być uzgodnione z Inspektorem Nadzoru Inwestorskiego.

##### **Roboty zbrojarskie**

- Stal zbrojeniowa musi być zabezpieczona przed uszkodzeniem, a w chwili wkładania do szalunków oczyszczona z rdzy, farby, olejów i innych obcych materiałów.
- Stal zbrojeniowa będzie cięta na długości zgodne z projektem, a gięta promieniami zgodnie z PN-EN 1992
- Stal zbrojeniowa musi być układana w oczyszczonych szalunkach w sposób zabezpieczający ją przed przesunięciem podczas betonowania oraz zapewnienia projektowanych otulin. Dla zapewnienia otuliny można stosować "dystanse" z betonu odpowiedniej marki lub dystanse z tworzywa sztucznego. Niedopuszczalne jest stosowanie kamieni, cegieł, rur stalowych, a zwłaszcza kawałków drewna. Strzemię należy wiązać do prętów podłużnych w każdym narożniku. Pręty krzyżujące się



- co drugie skrzyżowanie. Przed betonowaniem zbrojenie musi być odebrane przez Inspektora Nadzoru Inwestorskiego.
- Przed rozpoczęciem betonowania zbrojenie musi zostać sprawdzone przez Inspektora Nadzoru. Kontrola powinna obejmować co najmniej:
  - wizualny przegląd kompletności zbrojenia
  - sprawdzenie zgodności z obowiązującymi przepisami i sztuką budowlaną
  - sprawdzenie zgodności z projektem wymiarów i ułożenia zbrojenia.

#### 1.7.9 Wymagania dotyczące konstrukcji drewnianej

- Kolor powłoki malarskiej dobrać zgodnie z wytycznymi zawartymi w projekcie architektonicznym.
- Stosować elementy łączne wykonane ze stali nierdzewnej.
- Metodę montażu konstrukcji powinien określić wykonawca w projekcie montażu, przy uwzględnieniu założeń projektowych, warunków placu budowy oraz posiadanego sprzętu i doświadczenia.
- W każdym stadium montażu konstrukcja powinna mieć zdolność przeniesienia sił wywołanych wpływami atmosferycznymi oraz obciążeniami montażowymi, sprzętem i materiałami.

#### 1.7.10 Ściany murowane wypełniające (działowe – nienośne)

Wszystkie ściany murowane wypełniające powinny być wykonywane po wstępnym ugięciu konstrukcji od ciężaru własnego a więc po rozszalowaniu i rozstemplowaniu stropu.

- Połączenia prostopadłych do siebie elementów murowanych wykonywać na wiązanie murarskie. Jeśli łączone są ściany wykonane z elementów o różnych modułach wysokości lub z innych powodów nie jest możliwe zastosowanie wiązania murarskiego należy stosować kotwy np. typu NOVA K1.



- Górna krawędź ściany powinna być przegubowo mocowana do stropu/belki w sposób umożliwiający pracę bez przenoszenia obciążeń pionowych. W tym celu należy zastosować następujący sposób kotwienia:



- ściany należy wykonywać z pozostawieniem przerwy pod stropem grubości 20mm tak by ewentualne ugięcia stropów nie powodowały zarysowania ścian murowanych.

- stosować kotwy systemowe z elementem elastycznym np. typu NOVA DS. Kotwa ta umożliwia pracę stropu w zakresie  $0 \div 20$  mm. Warunkiem koniecznym jest wypełnienie zaprawą spoin pionowych pomiędzy bloczkami ostatniej warstwy ściany. Stosować 2szt./mb (w co drugiej spoinie pionowej).



- przerwę wypełnić materiałem ściśliwym nie przekazującym obciążeń pionowych - np. wełną mineralną i uzupełnić masą trwale plastyczną. W ścianach oddzieleni pożarowych stosować wypełnienie zapewniające odpowiednią szczelność ogniową.

- Wszystkie proponowane elementy kotwiące można zastąpić innymi, o nie gorszych parametrach technicznych.

#### 1.7.11 Wytyczne końcowe

- Wszelkie prace należy prowadzić pod nadzorem osób uprawnionych oraz zgodnie z dokumentacją techniczną i sztuką budowlaną obowiązującymi normami, wymogami technicznymi oraz „Warunkami technicznymi wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych” ITB.
- Projekt architektoniczny jest projektem nadrzędnym. Wszystkie rozbieżności z projektami branżowymi skonsultować z uprawnionymi projektantami.
- Projekt jest chroniony prawem autorskim.
- Wszystkie materiały, instalowane maszyny i urządzenia muszą posiadać odpowiednie certyfikaty i atesty dopuszczenia do stosowania na rynku polskim od odpowiednich instytucji – zgodnie z obowiązującymi przepisami.
- Część graficzna stanowi integralną część niniejszego opracowania.

Projektant:



## 2. Obliczenia

### 2.1. Zestawienie obciążeń

#### **Teżnia:**

Ciężar własny – uwzględniony automatycznie w programie obliczeniowym

Wypełnienie z tarczyn: 3,00kN/m<sup>3</sup>

Śnieg (jak dla dachu płaskiego) – 1,28kN/m<sup>2</sup>

Wiatr – budynek na planie prostokąta – parcie 0,38kN/m<sup>2</sup>, ssanie 0,25kN/m<sup>2</sup>

#### **Dach budynku:**

Blacha trapezowa: 0,10kN/m<sup>2</sup>

Łaty + kontrłaty: 0,10kN/m<sup>2</sup>

Ocieplenie – wełna mineralna 26cm: 0,39kN/m<sup>2</sup>

Membrana + paroizolacja: 0,01kN/m<sup>2</sup>

Obciążenia stałe łącznie: 0,60kN/m<sup>2</sup>

Śnieg (jak dla dachu płaskiego) – 1,28kN/m<sup>2</sup>

Wiatr – budynek na planie prostokąta – ssanie 0,45kN/m<sup>2</sup>

#### **Strop budynku:**

Warstwy wykończeniowe: 0,50kN/m<sup>2</sup>

Ciężar własny stropu:  $0,18 \times 25 = 4,50$  kN/m<sup>2</sup> (uwzględniony automatycznie w programie obliczeniowym)

Obciążenie zmienne technologiczne: 0,50kN/m<sup>2</sup>

#### **Pergola/altana:**

Ciężar własny – uwzględniony automatycznie w programie obliczeniowym

Śnieg – przyjęto liniowo na belkę 0,15kN/m

Wiatr działający na ścianę z bluszczem: 0,52kN/m – uwzględniono wiatr jak na ścianę wolnostojącą uwzględniając redukcję ze względu na ażurowe wypełnienie

#### **Schody terenowe:**

Ciężar własny – uwzględniony automatycznie w programie obliczeniowym

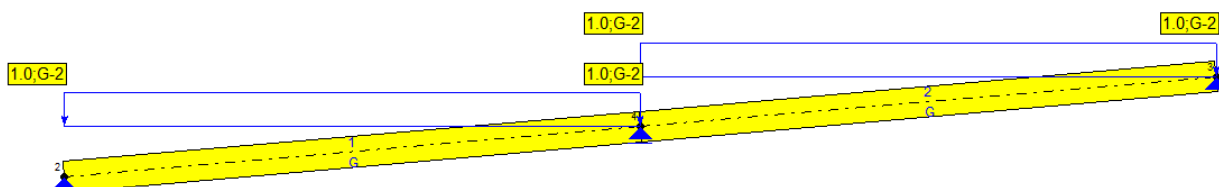
Użytkowe – 5kN/m<sup>2</sup>



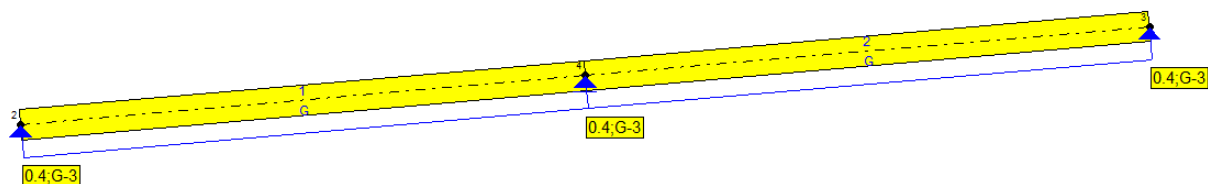
## 2.2. Wyciąg z obliczeń statycznych

### A. Budynek – krokiew dachowa

Obciążenia – śnieg



Obciążenia - wiatr



---

## Pręt nr 1 - Element drewniany [PN-EN 1995]

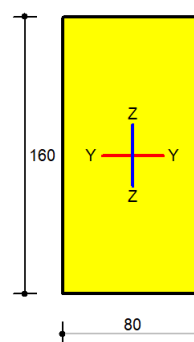
---

### Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 0 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 2 (x=3.600m, y=5.684m); 4 (x=6.600m, y=5.944m)

Profil: Przekrój-1 (C 24)



### Wyniki dla elementu

**Całkowite wyężenie elementu: 70%**

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 0 %

Ścinanie: 57 %

Zginanie: 70 %

Zginanie z rozciąganiem: 70 %

Zginanie ze ściskaniem: 25 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 30 %



## Parametry materiałowe

Klasa użytkowania konstrukcji: 2

$$\rightarrow k_{mod} = 0.8$$

Klasa trwania obciążenia dla SGN: Średnio trwałe

Wartości charakterystyczne właściwości materiału (C 24):

$$\begin{array}{lll} f_{m,k} = 24.0 \text{ MPa} & f_{t,0,k} = 14.0 \text{ MPa} & f_{t,90,k} = 0.5 \text{ MPa} \\ f_{c,0,k} = 21.0 \text{ MPa} & f_{c,90,k} = 2.5 \text{ MPa} & f_{v,k} = 2.5 \text{ MPa} \\ E_{0,mean} = 11.0 \text{ GPa} & E_{0,05} = 7.4 \text{ GPa} & E_{90,mean} = 0.37 \text{ GPa} \\ G_{mean} = 0.69 \text{ GPa} & G_{0,05} = E_{0,05}/E_{0,mean} \cdot G_{mean} = 0.46 \text{ GPa} & \\ \rho_k = 350.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \rho_{mean} = 420.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \end{array}$$

## Rozciąganie (0.3 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=3.01\text{m}$ ; Kombinacja: No. 8 (+1,+2,)

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 108.8 \text{ cm}^2$ ,  $A_{netto} = 108.8 \text{ cm}^2$

Nośność elementu przy rozciąganiu równoległym do włókien:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_n} = \frac{0.4 \cdot 10^3}{108.8 \cdot 10^{-2}} = 0.03 \text{ MPa} < 8.6 \text{ MPa} = \frac{1.134 \cdot 14.0 \cdot 0.80}{1.3} = \frac{k_h f_{t,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

## Ściskanie (0.3 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00\text{m}$ ; Kombinacja: No. 7 (+1,+2,+K3,)

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 108.8 \text{ cm}^2$ ,  $A_d = A_n = 108.8 \text{ cm}^2$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach osi głównych przekroju:

- w płaszczyźnie Y-Y:  $l_{c,y} = \mu_y l_y = 1.000 \cdot 3.011 = 3.011 \text{ m}$

- w płaszczyźnie Z-Z:  $l_{c,z} = \mu_z l_z = 1.000 \cdot 0.500 = 0.500 \text{ m}$

Wpływ wyboczenia:

$$\lambda_y = \frac{l_{c,y}}{i_y} = \frac{301.1}{4.619} = 65.2, \lambda_z = \frac{l_{c,z}}{i_z} = \frac{50.0}{2.309} = 21.7$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 65.2^2 = 17.2$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 21.7^2 = 155.8$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.0}{17.2}} = 1.106$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{21.0}{155.8}} = 0.367$$

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.5 [1 + 0.2 (1.106 - 0.3) + 1.106^2] = 1.192$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.5 [1 + 0.2 (0.367 - 0.3) + 0.367^2] = 0.574$$

$$k_{c,y} = \min \left[ 1 / \left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right), 1.0 \right] = \min [1 / (1.192 + \sqrt{1.192^2 - 1.106^2}), 1.0] = 0.611$$

$$k_{c,z} = \min \left[ 1 / \left( k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2} \right), 1.0 \right] = \min [1 / (0.574 + \sqrt{0.574^2 - 0.367^2}), 1.0] = 0.985$$

$$k_c = \min(k_{c,y}, k_{c,z}) = 0.611$$

Nośność elementu przy ściskaniu równoległym do włókien:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{k_c A_d} = \frac{0.3 \cdot 10^3}{0.611 \cdot 108.8 \cdot 10^{-2}} = 0.04 \text{ MPa} < 12.9 \text{ MPa} = \frac{21.0 \cdot 0.80}{1.3} = \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

## Ścinanie (56.6 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=3.01\text{m}$ ; Kombinacja: No. 8 (+1,+2,)

Uwzględnienie podcięcia po stronie ściskanej elementu.



Współczynnik korekcyjny nośności na ścinanie  $\rightarrow k_v = 1.0$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

$$\tau_{d,z} = 1.5 \frac{T_z}{k_{v,r} A} = 1.5 \frac{4.2 \cdot 10^3}{0.67 \cdot 108.8 \cdot 10^2} = 0.87 \text{ MPa} < 1.54 \text{ MPa} = 1.000 \frac{2.5 \cdot 0.80}{1.3} = k_v \frac{f_{v,k} k_{mod}}{Y_M}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

$$\tau_{d,y} = 1.5 \frac{T_y}{k_{v,r} A} = 1.5 \frac{0.0 \cdot 10^3}{0.67 \cdot 108.8 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa} < 1.54 \text{ MPa} = \frac{2.5 \cdot 0.80}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{Y_M}$$

Ścinanie wypadkowe

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{d,z}^2 + \tau_{d,y}^2} = \sqrt{0.87^2 + 0.00^2} = 0.87 \text{ MPa} < 1.54 \text{ MPa} = 1.000 \frac{2.5 \cdot 0.80}{1.3} = k_v \frac{f_{v,k} k_{mod}}{Y_M}$$

## Zginanie (70.0 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=3.01\text{m}$ ; Kombinacja: No. 8 (+1,+2,)

Naprężenia od momentów zginających:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.6 \cdot 10^5}{246.6 \cdot 10^2} = 10.34 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{145.1 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = \frac{10.34}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.8}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.134 \cdot 24.0 \cdot 0.8}{1.3}} = 0.70 < 1.0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = 0.7 \frac{10.34}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.8}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.134 \cdot 24.0 \cdot 0.8}{1.3}} = 0.49 < 1.0$$

Dla belki wolnopodpartej i obciążonej równomiernie oraz obciążenia przyłożonego do krawędzi ściskanej przyjęto, że długość obliczeniowa wynosi:

$$l_{ef} = 0.900 \cdot 0.50 + 2 \cdot 0.16 = 0.77\text{m},$$

a naprężenia krytyczne, smukłość porównawcza oraz współczynnik zwichrzenia odpowiednio:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78 b^2}{h l_{ef}} E_{0.05} = \frac{0.78 \cdot 80.0^2}{136.0 \cdot 770.0} 7400.0 = 352.8 \text{ MPa},$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{k_{h,y} f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{1.000 \cdot 24.0}{352.8}} = 0.261,$$

$$k_{crit} = 1.000.$$

Stateczność elementu przy zginaniu:

$$\sigma_{m,d} = 10.34 \text{ MPa} < 14.77 \text{ MPa} = k_{crit} \frac{k_{mod} k_{h,y} f_{m,k}}{Y_M} = 1.000 \frac{0.8 \cdot 1.000 \cdot 24.0}{1.3}$$

## Zginanie z rozciąganiem (70.4 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=3.01\text{m}$ ; Kombinacja: No. 8 (+1,+2,)

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.4 \cdot 10^3}{108.8 \cdot 10^2} = 0.03 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.6 \cdot 10^5}{246.6 \cdot 10^2} = 10.34 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{145.1 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu i rozciąganiu:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{k_{h,t,0,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = \dots$$

$$\dots = \frac{0.03}{\frac{1.134 \cdot 14.0 \cdot 0.8}{1.3}} + \frac{10.34}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.8}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.134 \cdot 24.0 \cdot 0.8}{1.3}} = 0.70 < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{k_{h,t,0,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = \dots$$

$$\dots = \frac{0.03}{\frac{1.134 \cdot 14.0 \cdot 0.8}{1.3}} + 0.7 \frac{10.34}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.8}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.134 \cdot 24.0 \cdot 0.8}{1.3}} = 0.49 < 1.0$$

## Zginanie ze ściskaniem (25.4 %)

Przekrój:  $x/L=0.250$ ,  $L=0.75\text{m}$ ; Kombinacja: No. 8 (+1,+2,)



Napężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.1 \cdot 10^3}{128.0 \cdot 10^2} = 0.01 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.3 \cdot 10^5}{341.3 \cdot 10^2} = 3.74 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{170.7 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Określenie wpływu wybożenia:

$$\lambda_{rel,max} = 1.1 > 0.3 \rightarrow \text{należy uwzględnić wpływ wybożenia}$$

Nośność elementu przy zginaniu i ściskaniu:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \frac{f_{c,0,k,mod}}{Y_M}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{m,y} \frac{f_{m,k,mod}}{Y_M}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{m,z} \frac{f_{m,k,mod}}{Y_M}} < 1.0$$

$$\frac{0.01}{0.61 \frac{21.0 \cdot 0.8}{1.3}} + \frac{3.74}{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.8 \cdot 1.3} + 0.7 \frac{0.00}{1.134 \cdot 24.0 \cdot 0.8 \cdot 1.3} = 0.25 < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \frac{f_{c,0,k,mod}}{Y_M}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{m,y} \frac{f_{m,k,mod}}{Y_M}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{m,z} \frac{f_{m,k,mod}}{Y_M}} < 1.0$$

$$\frac{0.01}{0.98 \frac{21.0 \cdot 0.8}{1.3}} + 0.7 \frac{3.74}{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.8 \cdot 1.3} + \frac{0.00}{1.134 \cdot 24.0 \cdot 0.8 \cdot 1.3} = 0.18 < 1.0$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \frac{f_{m,k,mod}}{Y_M}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \frac{f_{c,0,k,mod}}{Y_M}} = \left( \frac{3.74}{1.00 \frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.8}{1.3}} \right)^2 + \frac{0.01}{0.98 \frac{21.0 \cdot 0.8}{1.3}} = 0.06 < 1.0$$

### Ugięcia (29.6 %)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=1.51m$ ; Kombinacja: *ext U (1,2,S2,)*

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu:

$$u_{z,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Gi} (1 + k_{def}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 1.4 \text{ mm obc. stałe: (1,)}$$

$$u_{z,fin,Q} = (u_{z,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 1.5 \text{ mm obc. zm: (2,)}$$

$$u_{z,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): (S2,)}$$

$$u_{z,fin} = u_{z,fin,G} + u_{z,fin,Q} + u_{z,fin,QS} = 3.0 \text{ mm}$$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu:

$$u_{y,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Gi} (1 + k_{def}) = -0.0 \text{ mm obc. stałe: (1,)}$$

$$u_{y,fin,Q} = u_{y,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} \psi_{0,i} u_{y,inst,Qi} = -0.0 \text{ mm obc. zm: (2,)}$$

$$u_{y,fin,QS} = \sum_{i=1..n} k_{def} \psi_{2,i} u_{y,inst,Qi} = 0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): (S2,)}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,fin,G} + u_{y,fin,Q} + u_{y,fin,QS} = -0.0 \text{ mm}$$

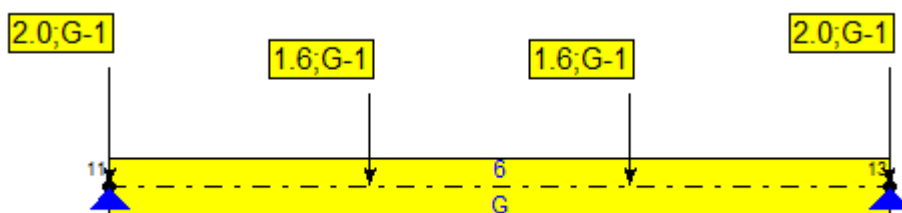
Przemieszczenie wypadkowe prostopadłe do osi pręta:

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} = 3.0 \text{ mm} < 10.0 \text{ mm} = u_{lim,net}$$

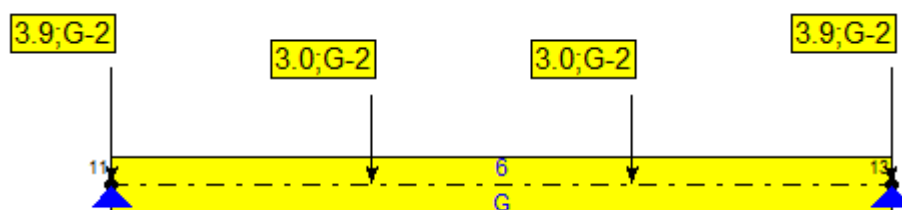


## B. Budynek – płatew dachowa

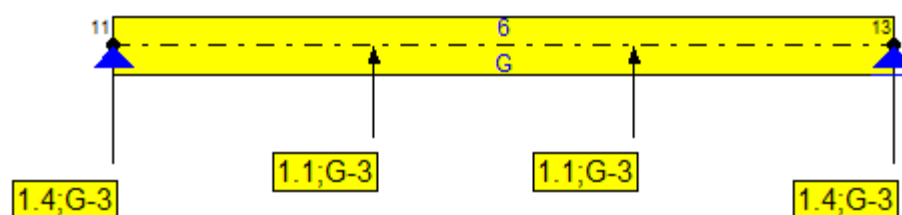
Obciążenia – ciężar krokwi



Obciążenia – śnieg



Obciążenia - wiatr



---

### Pręt nr 6 - Element drewniany [PN-EN 1995]

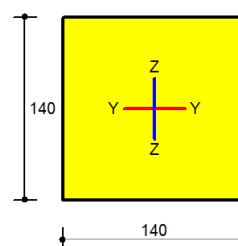
---

#### Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 5 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 11 (x=12.100m, y=8.319m); 13 (x=13.960m, y=8.319m)

Profil: Przekrój-1 (C 24)





## Wyniki dla elementu

### Całkowite wyężenie elementu: 60%

Rozciąganie: 0 %  
Ściskanie: 0 %  
Ścinanie: 50 %  
Zginanie: 60 %  
Zginanie z rozciąganiem: 0 %  
Zginanie ze ściskaniem: 0 %  
Smukłość: 0 %  
Ugięcia: 57 %

## Wyniki szczegółowe

### Parametry materiałowe

Klasa użytkowania konstrukcji: 2  $\rightarrow k_{mod} = 0.8$   
Klasa trwania obciążenia dla SGN: Średniotrwale

Wartości charakterystyczne właściwości materiału (C 24):

$f_{m,k} = 24.0 \text{ MPa}$	$f_{t,0,k} = 14.0 \text{ MPa}$	$f_{t,90,k} = 0.5 \text{ MPa}$
$f_{c,0,k} = 21.0 \text{ MPa}$	$f_{c,90,k} = 2.5 \text{ MPa}$	$f_{v,k} = 2.5 \text{ MPa}$
$E_{0,mean} = 11.0 \text{ GPa}$	$E_{0,05} = 7.4 \text{ GPa}$	$E_{90,mean} = 0.37 \text{ GPa}$
$G_{mean} = 0.69 \text{ GPa}$	$G_{0,05} = E_{0,05}/E_{0,mean} \cdot G_{mean} = 0.46 \text{ GPa}$	
$\rho_k = 350.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\rho_{mean} = 420.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	

### Ścinanie (49.8 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=1.86\text{m}$ ; Kombinacja: No. 8 (+1,+2,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

$$\tau_{d,z} = 1.5 \frac{T_z}{k_{cr}A} = 1.5 \frac{6.7 \cdot 10^3}{0.67 \cdot 196.0 \cdot 10^2} = 0.77 \text{ MPa} < 1.54 \text{ MPa} = \frac{2.5 \cdot 0.80}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Zginanie (60.4 %)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=0.93\text{m}$ ; Kombinacja: No. 8 (+1,+2,)

Napężenia od momentów zginających:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{4.1 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 9.05 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{\frac{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}}{\gamma_M}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{\frac{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}}{\gamma_M}} = \frac{9.05}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.8}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.8}{1.3}} = 0.60 < 1.0$$
$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{\frac{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}}{\gamma_M}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{\frac{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}}{\gamma_M}} = 0.7 \frac{9.05}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.8}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.8}{1.3}} = 0.42 < 1.0$$

Dla belki wolnopodpartej ze stałym momentem oraz obciążenia przyłożonego do krawędzi ściskanej przyjęto, że długość obliczeniowa wynosi:

$$l_{ef} = 1.000 \cdot 1.86 + 2 \cdot 0.14 = 2.14 \text{ m},$$

a napężenia krytyczne, smukłość porównawcza oraz współczynnik zwichrzenia odpowiednio:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78 b^2}{h l_{ef}} E_{0,05} = \frac{0.78 \cdot 140.0^2}{140.0 \cdot 2140.0} 7400.0 = 377.6 \text{ MPa},$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{k_{h,y} f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{1.014 \cdot 24.0}{377.6}} = 0.254,$$

$$k_{crit} = 1.000.$$

Stateczność elementu przy zginaniu:



$$\sigma_{m,d} = 9.05 \text{ MPa} < 14.97 \text{ MPa} = k_{\text{crit}} \frac{k_{\text{mod}} k_{h,y} f_{m,k}}{\gamma_M} = 1.000 \frac{0.8 \cdot 1.014 \cdot 24.0}{1.3}$$

### Ugięcia (57.0 %)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=0.93\text{m}$ ; Kombinacja: ext U (1,2,S2,)

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu:

$$u_{z,\text{fin},G} = \sum_{i=1..n} u_{z,\text{inst},Gi} (1 + k_{\text{def}}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 2.1 \text{ mm obc. stałe: (1,)}$$

$$u_{z,\text{fin},Q} = (u_{z,\text{inst},Q1} + \sum_{i=2..n} u_{z,\text{inst},Qi} \psi_{0,i}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 2.2 \text{ mm obc. zm: (2,)}$$

$$u_{z,\text{fin},QS} = \sum_{i=1..n} u_{z,\text{inst},Qi} \psi_{2,i} k_{\text{def}} \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): (S2,)}$$

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{fin},G} + u_{z,\text{fin},Q} + u_{z,\text{fin},QS} = 4.2 \text{ mm}$$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu:

$$u_{y,\text{fin},G} = \sum_{i=1..n} u_{y,\text{inst},Gi} (1 + k_{\text{def}}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = -0.0 \text{ mm obc. stałe: (1,)}$$

$$u_{y,\text{fin},Q} = (u_{y,\text{inst},Q1} + \sum_{i=2..n} u_{y,\text{inst},Qi} \psi_{0,i}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = -0.0 \text{ mm obc. zm: (2,)}$$

$$u_{y,\text{fin},QS} = \sum_{i=1..n} u_{y,\text{inst},Qi} \psi_{2,i} k_{\text{def}} \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): (S2,)}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{fin},G} + u_{y,\text{fin},Q} + u_{y,\text{fin},QS} = -0.0 \text{ mm}$$

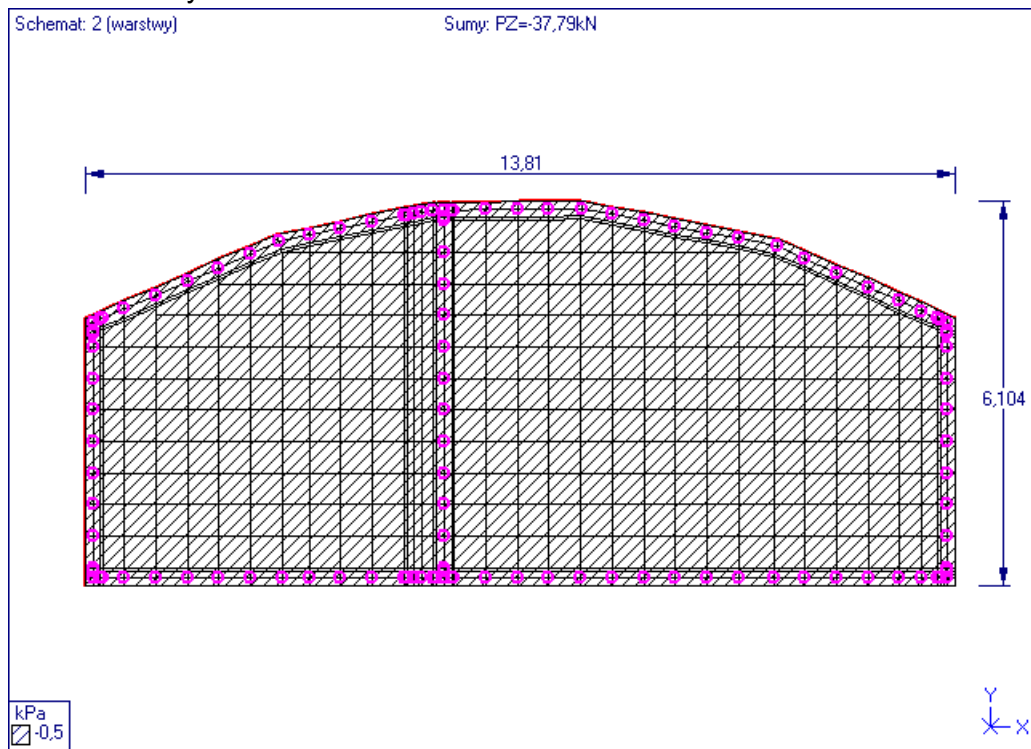
Przemieszczenie wypadkowe prostopadłe do osi pręta:

$$u_{\text{fin}} = \sqrt{u_{z,\text{fin}}^2 + u_{y,\text{fin}}^2} = 4.2 \text{ mm} < 7.4 \text{ mm} = u_{\text{lim},\text{net}}$$

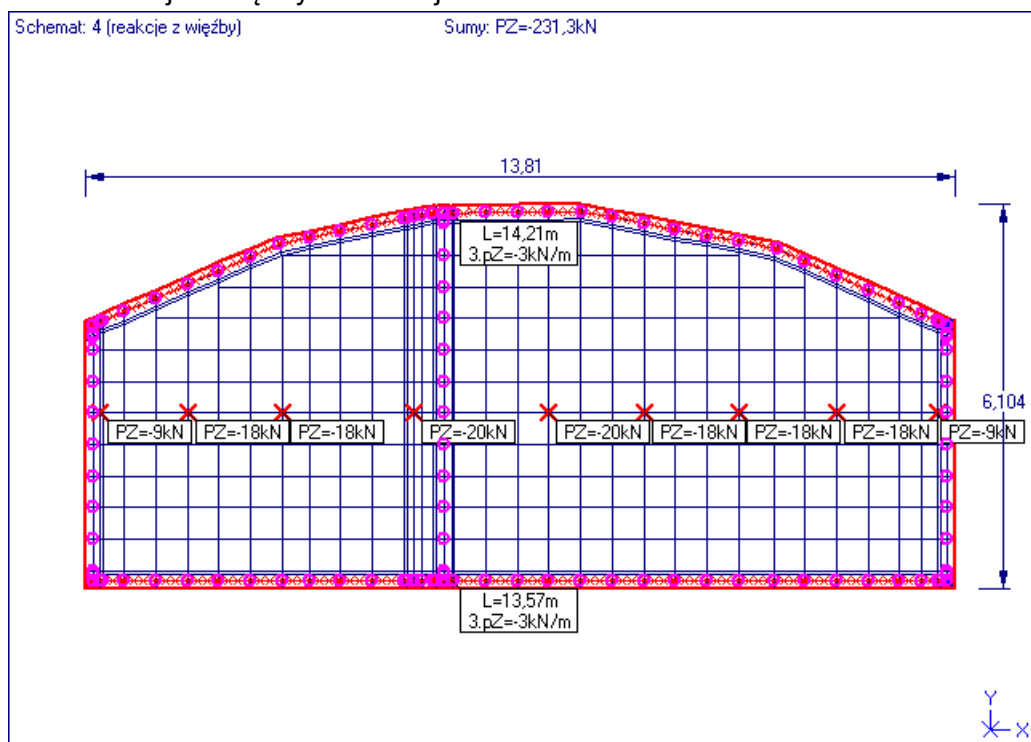


### C. Budynek – strop

#### Obciążenia – warstwy

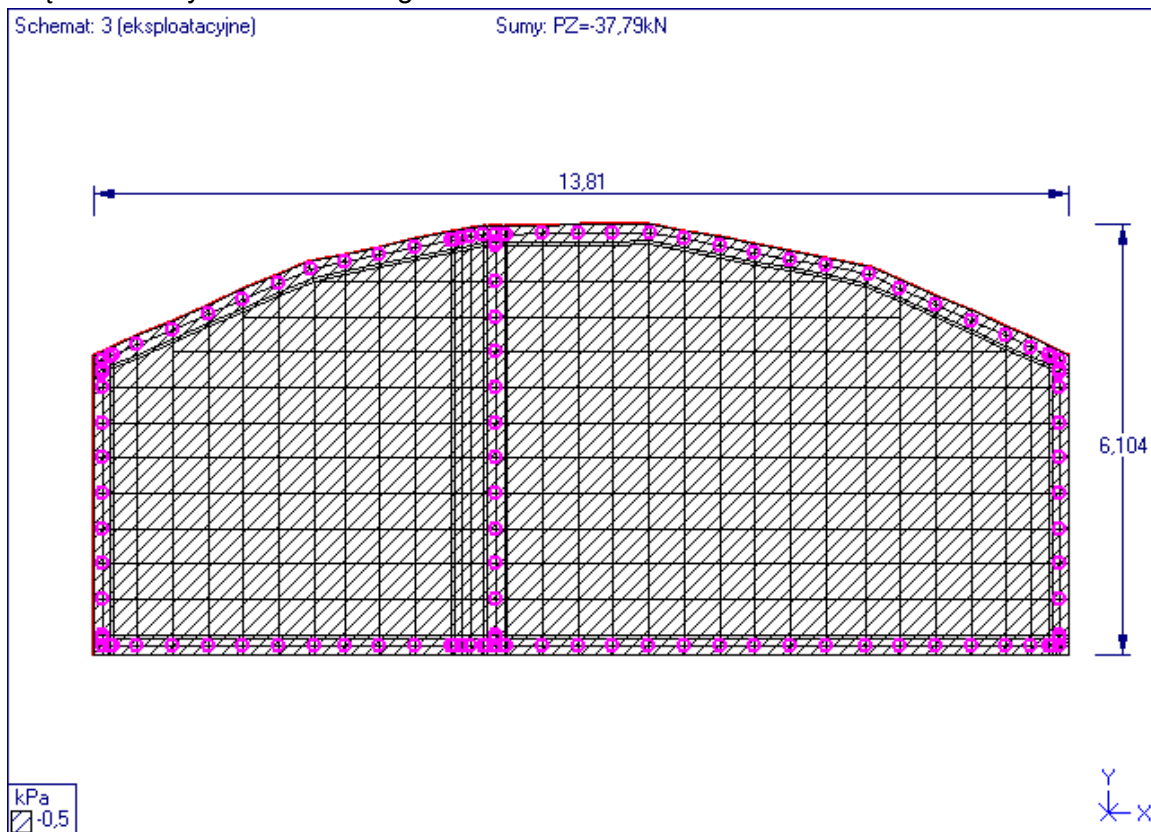


#### Obciążenia – reakcje z więźby dachowej

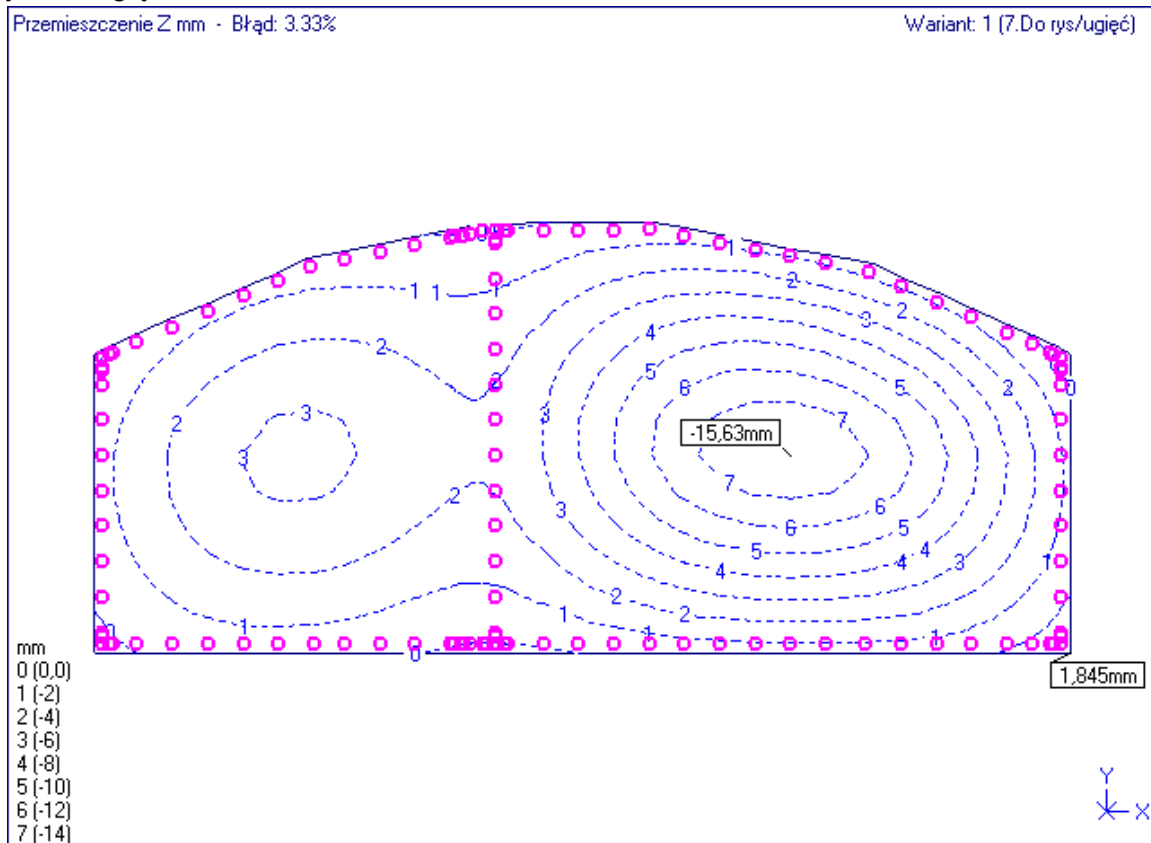




## Obciążenia – użytkowe technologiczne



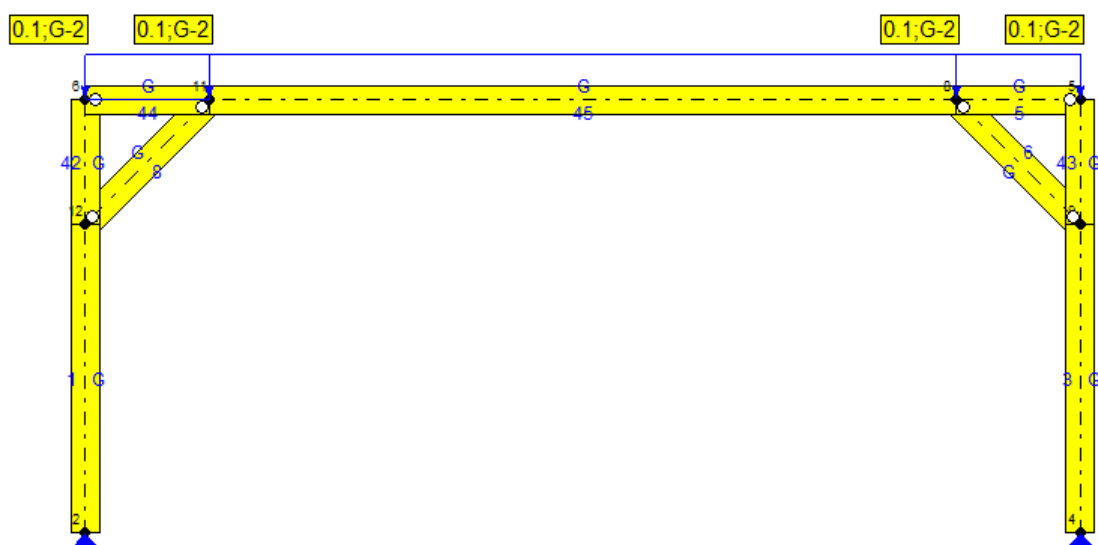
## Wyniki – ugięcia



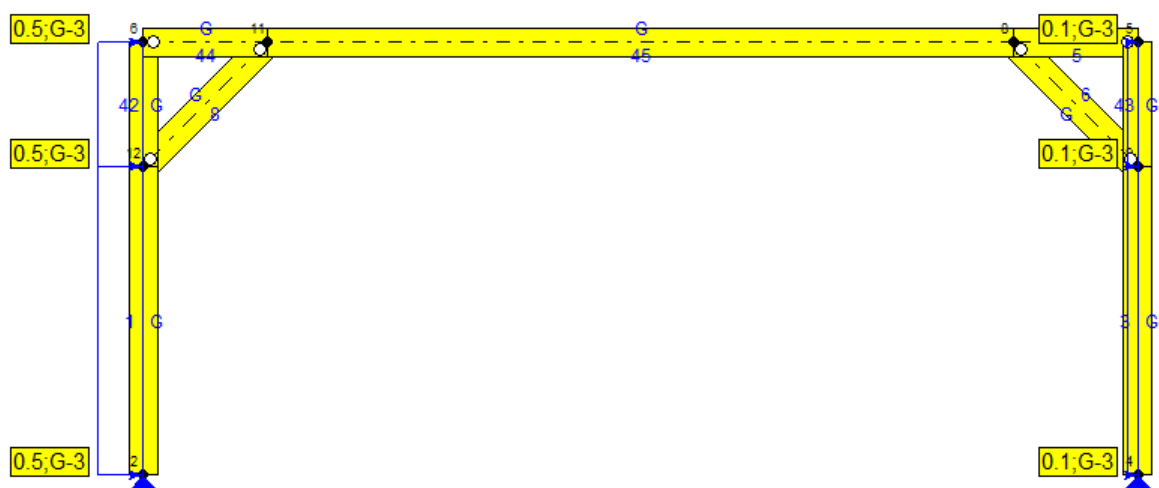


## D. Pergola

Obciążenie śniegiem



Obciążenie wiatrem I



Obciążenie wiatrem II





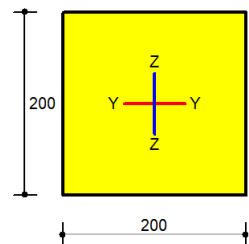
## Pręt nr 45 (belka górna) - Element drewniany [PN-EN 1995]

### Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 5 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 8 (x=12.940m, y=5.500m); 11 (x=7.760m, y=5.500m)

Profil: 20x20 (C 24)



### Wyniki dla elementu

#### Całkowite wyężenie elementu: 18%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 1 %

Ścinanie: 8 %

Zginanie: 17 %

Zginanie z rozciąganiem: 0 %

Zginanie ze ściskaniem: 18 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 11 %

### Wyniki szczegółowe

#### Parametry materiałowe

Klasa użytkowania konstrukcji: 3

→  $k_{mod} = 0.5$



Klasa trwania obciążenia dla SGN: Stałe

Wartości charakterystyczne właściwości materiału (C 24):

$$\begin{array}{lll} f_{m,k} = 24.0 \text{MPa} & f_{t,0,k} = 14.0 \text{MPa} & f_{t,90,k} = 0.5 \text{MPa} \\ f_{c,0,k} = 21.0 \text{MPa} & f_{c,90,k} = 2.5 \text{MPa} & f_{v,k} = 2.5 \text{MPa} \\ E_{0,mean} = 11.0 \text{GPa} & E_{0,05} = 7.4 \text{GPa} & E_{90,mean} = 0.37 \text{GPa} \\ G_{mean} = 0.69 \text{GPa} & G_{0,05} = E_{0,05}/E_{0,mean} \cdot G_{mean} = 0.46 \text{GPa} & \\ \rho_k = 350.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \rho_{mean} = 420.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \end{array}$$

### Ściskanie (0.7 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=5.18\text{m}$ ; Kombinacja: No. 1 (+1,+K2,+3,)

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 400.0 \text{cm}^2$ ,  $A_d = A_n = 400.0 \text{cm}^2$

Długości wybożenia dla wybożenia w płaszczyznach osi głównych przekroju:

- w płaszczyźnie Y-Y:  $l_{c,y} = \mu_y l_y = 1.000 \cdot 5.180 = 5.180 \text{m}$

- w płaszczyźnie Z-Z:  $l_{c,z} = \mu_z l_z = 1.000 \cdot 5.180 = 5.180 \text{m}$

Wpływ wybożenia:

$$\lambda_y = \frac{l_{c,y}}{i_y} = \frac{518.0}{5.774} = 89.7, \lambda_z = \frac{l_{c,z}}{i_z} = \frac{518.0}{5.774} = 89.7$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 89.7^2 = 9.1$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 89.7^2 = 9.1$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.0}{9.1}} = 1.521$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{21.0}{9.1}} = 1.521$$

$$k_y = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.5[1 + 0.2(1.521 - 0.3) + 1.521^2] = 1.779$$

$$k_z = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.5[1 + 0.2(1.521 - 0.3) + 1.521^2] = 1.779$$

$$k_{c,y} = \min\left[1/\left(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}\right), 1.0\right] = \min\left[1/(1.779 + \sqrt{1.779^2 - 1.521^2}), 1.0\right] = 0.370$$

$$k_{c,z} = \min\left[1/\left(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}\right), 1.0\right] = \min\left[1/(1.779 + \sqrt{1.779^2 - 1.521^2}), 1.0\right] = 0.370$$

$$k_c = \min(k_{c,y}, k_{c,z}) = 0.370$$

Nośność elementu przy ściskaniu równoległym do włókien:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{k_c A_d} = \frac{0.8 \cdot 10^3}{0.370 \cdot 400.0 \cdot 10^2} = 0.06 \text{MPa} < 8.1 \text{MPa} = \frac{21.0 \cdot 0.50}{1.3} = \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Ścinanie (8.1 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=5.18\text{m}$ ; Kombinacja: No. 4 (+1,+2,+K4,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

$$\tau_{d,z} = 1.5 \frac{T_z}{k_{cr,A}} = 1.5 \frac{1.4 \cdot 10^3}{0.67 \cdot 400.0 \cdot 10^2} = 0.08 \text{MPa} < 0.96 \text{MPa} = \frac{2.5 \cdot 0.50}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Zginanie (16.9 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=5.18\text{m}$ ; Kombinacja: No. 2 (+1,+K2,+4,)

Naprężenia od momentów zginających:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.1 \cdot 10^5}{1333.3 \cdot 10^2} = 1.56 \text{MPa}, \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{1333.3 \cdot 10^2} = 0.00 \text{MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{hy} f_{m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{hz} f_{m,k} k_{mod}} = \frac{1.56}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.17 < 1.0$$



$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = 0.7 \frac{1.56}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.12 < 1.0$$

Dla belki wolnopodpartej ze stałym momentem oraz obciążenia przyłożonego do krawędzi ściskanej przyjęto, że długość obliczeniowa wynosi:

$$l_{ef} = 1.000 \cdot 5.18 + 2 \cdot 0.20 = 5.58m,$$

a naprężenia krytyczne, smukłość porównawcza oraz współczynnik zwichrzenia odpowiednio:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78b^2}{hl_{ef}} E_{0,05} = \frac{0.78 \cdot 200.0^2}{200.0 \cdot 5580.0} 7400.0 = 206.9MPa,$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{k_{h,y} f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{1.000 \cdot 24.0}{206.9}} = 0.341,$$

$$k_{crit} = 1.000.$$

Stateczność elementu przy zginaniu:

$$\sigma_{m,d} = 1.56MPa < 9.23MPa = k_{crit} \frac{k_{mod} k_{h,y} f_{m,k}}{Y_M} = 1.000 \frac{0.5 \cdot 1.000 \cdot 24.0}{1.3}$$

### Zginanie ze ściskaniem (17.6 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=5.18m$ ; Kombinacja: No. 2 (+1,+K2,+4,)

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.8 \cdot 1e3}{400.0 \cdot 1e2} = 0.02MPa$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.1 \cdot 1e5}{1333.3 \cdot 1e2} = 1.56MPa, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 1e5}{1333.3 \cdot 1e2} = 0.00MPa$$

Określenie wpływu wyboczenia:

$$\lambda_{rel,max} = 1.5 > 0.3 \rightarrow \text{należy uwzględnić wpływ wyboczenia}$$

Nośność elementu przy zginaniu i ściskaniu:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{Y_M}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} < 1.0$$

$$\frac{0.02}{0.37 \frac{21.0 \cdot 0.5}{1.3}} + \frac{1.56}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.18 < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{Y_M}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} < 1.0$$

$$\frac{0.02}{0.37 \frac{21.0 \cdot 0.5}{1.3}} + 0.7 \frac{1.56}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.13 < 1.0$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \frac{f_{m,k} k_{mod}}{Y_M}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{Y_M}} = \left( \frac{1.56}{1.00 \frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} \right)^2 + \frac{0.02}{0.37 \frac{21.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.04 < 1.0$$

### Ugięcia (11.3 %)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=2.59m$ ; Kombinacja: ext U (1,2,S2,)

Premieszczenie w płaszczyźnie układu:

$$u_{z,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Gi} (1 + k_{def}) = 2.4mm \text{ obc. stałe: (1,)}$$

$$u_{z,fin,Q} = u_{z,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} \psi_{0,i} u_{z,inst,Qi} = 0.7mm \text{ obc. zm: (2,)}$$

$$u_{z,fin,QS} = \sum_{i=1..n} k_{def} \psi_{2,i} u_{z,inst,Qi} = 0.0mm \text{ obc. zm (część stała): (S2,)}$$

$$u_{z,fin} = u_{z,fin,G} + u_{z,fin,Q} + u_{z,fin,QS} = 3.1mm$$

Premieszczenie prostopadłe do pł. układu:

$$u_{y,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Gi} (1 + k_{def}) = -0.0mm \text{ obc. stałe: (1,)}$$

$$u_{y,fin,Q} = u_{y,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} \psi_{0,i} u_{y,inst,Qi} = -0.0mm \text{ obc. zm: (2,)}$$

$$u_{y,fin,QS} = \sum_{i=1..n} k_{def} \psi_{2,i} u_{y,inst,Qi} = 0.0mm \text{ obc. zm (część stała): (S2,)}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,fin,G} + u_{y,fin,Q} + u_{y,fin,QS} = -0.0mm$$

Premieszczenie wypadkowe prostopadłe do osi pręta:

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} = 3.1mm < 27.6mm = u_{lim,net}$$



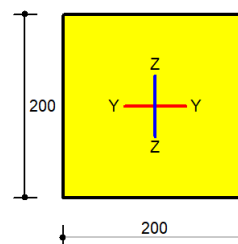
## Pręt nr 42 (słup) - Element drewniany [PN-EN 1995]

### Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 0 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 12 (x=6.900m, y=4.640m); 6 (x=6.900m, y=5.500m)

Profil: 20x20 (C 24)



### Wyniki dla elementu

**Całkowite wyężenie elementu: 39%**

Rozciąganie: 1 %

Ściskanie: 1 %

Ścinanie: 18 %

Zginanie: 21 %

Zginanie z rozciąganiem: 22 %

Zginanie ze ściskaniem: 15 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 39 %

### Wyniki szczegółowe

#### Parametry materiałowe

Klasa użytkowania konstrukcji: 3

→  $k_{mod} = 0.5$

Klasa trwania obciążenia dla SGN: Stałe

Wartości charakterystyczne właściwości materiału (C 24):

$$f_{m,k} = 24.0 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14.0 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0.5 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21.0 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2.5 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2.5 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11.0 \text{ GPa}$$

$$E_{0,05} = 7.4 \text{ GPa}$$

$$E_{90,mean} = 0.37 \text{ GPa}$$

$$G_{mean} = 0.69 \text{ GPa}$$

$$G_{0,05} = E_{0,05}/E_{0,mean} \cdot G_{mean} = 0.46 \text{ GPa}$$

$$\rho_k = 350.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{mean} = 420.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

#### Rozciąganie (1.1 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=0.86\text{m}$ ; Kombinacja: No. 2 (+1,+K2,+4,)

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 400.0 \text{ cm}^2$ ,  $A_{netto} = 400.0 \text{ cm}^2$

Nośność elementu przy rozciąganiu równoległym do włókien:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_n} = \frac{2.3 \cdot 10^3}{400.0 \cdot 10^{-2}} = 0.06 \text{ MPa} < 5.4 \text{ MPa} = \frac{1.000 \cdot 14.0 \cdot 0.50}{1.3} = \frac{k_h f_{t,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$



## Ściskanie (0.6 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00m$ ; Kombinacja: No. 6 (+1,+3,)

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 400.0cm^2$ ,  $A_d = A_n = 400.0cm^2$

Długości wycentrowania dla wycentrowania w płaszczyznach osi głównych przekroju:

- w płaszczyźnie Y-Y:  $l_{c,y} = \mu_y l_y = 2.000 \cdot 0.860 = 1.720m$

- w płaszczyźnie Z-Z:  $l_{c,z} = \mu_z l_z = 2.000 \cdot 0.860 = 1.720m$

Wpływ wycentrowania:

$$\lambda_y = \frac{l_{c,y}}{i_y} = \frac{172.0}{5.774} = 29.8, \lambda_z = \frac{l_{c,z}}{i_z} = \frac{172.0}{5.774} = 29.8$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0.05} / \lambda_y^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 29.8^2 = 82.3$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0.05} / \lambda_z^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 29.8^2 = 82.3$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.0}{82.3}} = 0.505$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{21.0}{82.3}} = 0.505$$

$$k_y = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.5[1 + 0.2(0.505 - 0.3) + 0.505^2] = 0.648$$

$$k_z = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.5[1 + 0.2(0.505 - 0.3) + 0.505^2] = 0.648$$

$$k_{c,y} = \min\left[1/\left(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}\right), 1.0\right] = \min\left[1/(0.648 + \sqrt{0.648^2 - 0.505^2}), 1.0\right] = 0.949$$

$$k_{c,z} = \min\left[1/\left(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}\right), 1.0\right] = \min\left[1/(0.648 + \sqrt{0.648^2 - 0.505^2}), 1.0\right] = 0.949$$

$$k_c = \min(k_{c,y}, k_{c,z}) = 0.949$$

Nośność elementu przy ściskaniu równoległym do włókien:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{k_c A_d} = \frac{1.8 \cdot 10^3}{0.949 \cdot 400.0 \cdot 10^2} = 0.05MPa < 8.1MPa = \frac{21.0 \cdot 0.50}{1.3} = \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

## Ścinanie (18.0 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=0.86m$ ; Kombinacja: No. 2 (+1,+K2,+4,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

$$\tau_{d,z} = 1.5 \frac{T_z}{k_{cr,A}} = 1.5 \frac{3.1 \cdot 10^3}{0.67 \cdot 400.0 \cdot 10^2} = 0.17MPa < 0.96MPa = \frac{2.5 \cdot 0.50}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

## Zginanie (21.0 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00m$ ; Kombinacja: No. 2 (+1,+K2,+4,)

Napężenia od momentów zginających:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.6 \cdot 10^5}{1333.3 \cdot 10^2} = 1.94MPa, \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{1333.3 \cdot 10^2} = 0.00MPa$$

Nośność elementu przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = \frac{1.94}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.21 < 1.0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = 0.7 \frac{1.94}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.15 < 1.0$$

Dla belki wolnopodpartej ze stałym momentem oraz obciążenia przyłożonego do krawędzi ściskanej przyjęto, że długość obliczeniowa wynosi:

$$l_{ef} = 1.000 \cdot 0.86 + 2 \cdot 0.20 = 1.26m,$$

a napężenia krytyczne, smukłość porównawcza oraz współczynnik zwichrzenia odpowiednio:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78b^2}{hl_{ef}} E_{0.05} = \frac{0.78 \cdot 200.0^2}{200.0 \cdot 1260.0} 7400.0 = 916.2MPa,$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{k_{h,y} f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{1.000 \cdot 24.0}{916.2}} = 0.162,$$



$$k_{crit} = 1.000.$$

Stateczność elementu przy zginaniu:

$$\sigma_{m,d} = 1.94 \text{ MPa} < 9.23 \text{ MPa} = k_{crit} \frac{k_{mod} k_{hy} f_{mk}}{Y_M} = 1.000 \frac{0.5 \cdot 1.000 \cdot 24.0}{1.3}$$

### Zginanie z rozciąganiem (22.0 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00\text{m}$ ; Kombinacja: No. 2 (+1,+K2,+4,)

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.2 \cdot 10^3}{400.0 \cdot 10^2} = 0.05 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.6 \cdot 10^5}{1333.3 \cdot 10^2} = 1.94 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{1333.3 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu i rozciąganiu:

$$\begin{aligned} & \frac{\sigma_{t,0,d}}{k_{ht,0,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{hy} f_{mk} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{hz} f_{mk} k_{mod}} = \dots \\ & \dots = \frac{0.05}{\frac{1.000 \cdot 14.0 \cdot 0.5}{1.3}} + \frac{1.94}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.22 < 1.0 \\ & \frac{\sigma_{t,0,d}}{k_{ht,0,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{hy} f_{mk} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{hz} f_{mk} k_{mod}} = \dots \\ & \dots = \frac{0.05}{\frac{1.000 \cdot 14.0 \cdot 0.5}{1.3}} + 0.7 \frac{1.94}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.16 < 1.0 \end{aligned}$$

### Zginanie ze ściskaniem (14.6 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00\text{m}$ ; Kombinacja: No. 6 (+1,+3,)

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{1.8 \cdot 10^3}{400.0 \cdot 10^2} = 0.04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.7 \cdot 10^5}{1333.3 \cdot 10^2} = 1.30 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{1333.3 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Określenie wpływu wyboczenia:

$$\lambda_{rel,max} = 0.5 > 0.3 \rightarrow \text{należy uwzględnić wpływ wyboczenia}$$

Nośność elementu przy zginaniu i ściskaniu:

$$\begin{aligned} & \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} f_{c,0,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{hy} f_{mk} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{hz} f_{mk} k_{mod}} < 1.0 \\ & \frac{0.04}{\frac{0.95^{\frac{21.0 \cdot 0.5}{1.3}}}{1.3}} + \frac{1.30}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.15 < 1.0 \\ & \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} f_{c,0,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{hy} f_{mk} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{hz} f_{mk} k_{mod}} < 1.0 \\ & \frac{0.04}{\frac{0.95^{\frac{21.0 \cdot 0.5}{1.3}}}{1.3}} + 0.7 \frac{1.30}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.10 < 1.0 \\ & \left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} f_{mk} k_{mod}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} f_{c,0,k} k_{mod}} = \left( \frac{1.30}{1.00 \frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} \right)^2 + \frac{0.04}{\frac{0.95^{\frac{21.0 \cdot 0.5}{1.3}}}{1.3}} = 0.03 < 1.0 \end{aligned}$$

### Ugięcia (39.2 %)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=0.43\text{m}$ ; Kombinacja: ext U (1,K2,4,S2,)

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu:

$$u_{z,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Gi} (1 + k_{def}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.4 \text{ mm obc. stałe: (1,)}$$

$$u_{z,fin,Q} = (u_{z,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 4.3 \text{ mm obc. zm: (K2,4,)}$$

$$u_{z,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): (S2,)}$$

$$u_{z,fin} = u_{z,fin,G} + u_{z,fin,Q} + u_{z,fin,QS} = 4.7 \text{ mm}$$



Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu:

$$u_{y,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Gi} (1 + k_{def}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = -0.0 \text{ mm obc. stałe: (1,)}$$

$$u_{y,fin,Q} = (u_{y,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{y,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = -0.0 \text{ mm obc. zm: (K2,4,)}$$

$$u_{y,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): (S2,)}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,fin,G} + u_{y,fin,Q} + u_{y,fin,QS} = -0.0 \text{ mm}$$

Przemieszczenie wypadkowe prostopadłe do osi pręta:

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} = 4.7 \text{ mm} < 12.0 \text{ mm} = u_{lim,net}$$

## Węzeł nr 2 - Fundamenty bezpośrednie [PN-EN 1997-1]

### Warunki gruntowe

.0 Profil gruntu: "Profil-1"

Nr	Grunt	Gęstość właściwa [kN/m <sup>3</sup> ]	Gęstość objętości [kN/m <sup>3</sup> ]	IL/ID	Kąt tarcia wewnętrznego [deg]	Spójność gruntu	Wytrzymałość na ścinanie	Pierwotny moduł ściśliwości [kPa]
1	Piasek drobny	2.65	0.912	0.30	29.5	0.00	0.00	43000.0

Głębokość posadowienia: 1.20m

**Całkowite wyłączenie elementu: 99%**

Nośność podłoża: 15 %

Odrywanie: 59 %

Poślizg: 30 %

Obrót: 47 %

Osiadanie: 1 %

Przebiecie: 0 %

Zbrojenie: 99 %

### Wyniki szczegółowe

#### Nośność podłoża (15.2 %)

Komb: Komb. 5 (SGN) (+) (+1,+3,) →  $V_d=19.6 \text{ kN}$ ,  $H_x=1.6 \text{ kN}$ ,  $M_y=2.0 \text{ kNm}$ ,  $H_y=0.0 \text{ kN}$ ,  $M_x=0.0 \text{ kNm}$

Decydująca warstwa gruntu: **1: Piasek drobny** na rzędnej **D = 1.20m**

Obliczeniowa siła normalna:  $V_d = 19.61 \text{ kN}$

Mimośród statyczny:  $e_x = 0.10 \text{ m}$   $e_y = 0.00 \text{ m}$

Wymiary zastępcze fundamentu:  $\bar{B} = 0.50 \text{ m}$   $\bar{L} = 0.80 \text{ m}$

Szerokość fundamentu:  $B' = 0.50 \text{ m}$

Współczynniki nośności:  $N_y = 18.55$   $N_c = 28.97$   $N_q = 17.39$

Współczynniki nachylenia obciążenia:  $i_y = 0.80$   $i_c = 0.86$   $i_q = 0.87$

Współczynniki nachylenia podstawy fundamentu:  $b_c = 1.0$   $b_q = 1.0$   $b_y = 1.0$



Nośność podłoża w warunkach z drenażem:

$$R = A' (c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma)$$

$$R = 0,40(0,00 \cdot 28,97 \cdot 1,00 \cdot 1,33 \cdot 0,86 +$$

$$21,60 \cdot 17,39 \cdot 1,00 \cdot 1,31 \cdot 0,87 +$$

$$0,5 \cdot 9,12 \cdot 0,50 \cdot 18,55 \cdot 1,00 \cdot 0,81 \cdot 0,80) = 181,06 \text{ kN}$$

gdzie:

$$- \bar{B}/\bar{L} = 0,62 (\text{Stopa schodkowa})$$

Warunek nośności podłoża

$$V_d = 19,61 \text{ kN} < 129,33 \text{ kN} = 181,06 / 1,40 = R / \gamma_R$$

### Odrywanie (59.2 %)

Komb: Komb. 5 (SGN) (-) (+1,+3,)  $\rightarrow V_d=13.2 \text{ kN}$ ,  $H_x=1.6 \text{ kN}$ ,  $M_y=2.0 \text{ kNm}$ ,  $H_y=0.0 \text{ kN}$ ,  $M_x=0.0 \text{ kNm}$

Zasięg szczeliny i pole odrywanej pow.:  $c = 0.09 \text{ m}$ ,  $A = 0.08 \text{ m}^2$ .

Warunek ograniczenia zasięgu szczeliny:

$$\frac{c}{c_{\text{lim}}} = \frac{0,09}{0,35} = 0,27 > 0,50$$

Warunek ograniczenia pola powierzchni odrywanej:

$$\frac{A}{A_{\text{lim}}} = \frac{0,08}{0,56} = 0,15 > 0,25$$

### Obrót (46.8 %)

Komb: Komb. 5 (SGN) (-) (+1,+3,)  $\rightarrow V_d=13.2 \text{ kN}$ ,  $H_x=1.6 \text{ kN}$ ,  $M_y=2.0 \text{ kNm}$ ,  $H_y=0.0 \text{ kN}$ ,  $M_x=0.0 \text{ kNm}$

Obliczeniowe momenty wywracający:  $M_x = 0.00 \text{ kNm}$

Obliczeniowy moment utrzymujący:  $M_{x,u} = 5.30 \text{ kNm}$

Warunek stateczności na obrót względem osi X:

$$M_x = 0,00 < 4,81 \text{ kNm} = 5,30 / 1,10 = M_{x,u} / \gamma_R$$

Obliczeniowe momenty wywracający:  $M_y = 1.97 \text{ kNm}$

Obliczeniowy moment utrzymujący:  $M_{y,u} = 4.63 \text{ kNm}$

Warunek stateczności na obrót względem osi Y:

$$M_y = 1,97 < 4,21 \text{ kNm} = 4,63 / 1,10 = M_{y,u} / \gamma_R$$

### Poślizg (29.9 %)

Komb: Komb. 5 (SGN) (-) (+1,+3,)  $\rightarrow V_d=13.2 \text{ kN}$ ,  $H_x=1.6 \text{ kN}$ ,  $M_y=2.0 \text{ kNm}$ ,  $H_y=0.0 \text{ kN}$ ,  $M_x=0.0 \text{ kNm}$

Obliczeniowa (wypadkowa) siła przesuwająca:  $H = 1.64 \text{ kN}$

Współczynnik tarcia podstawy fundamentu o grunt:  $\tan \delta_k = 0.46$

Spójność wraz ze wsp. redukcji:  $c' = 0.00 \text{ kPa}$ ,  $m_c = 1.00$

Wartość siły utrzymującej w warunkach z drenażem:

$$V_r = \tan \delta_k \cdot V_d + m_c \cdot c' \cdot (L - 2e_x) \cdot (B - 2e_y) = 6.04 \text{ kN}$$

Warunek stateczności na przesunięcie w poziomie posadowienia:

$$T = 1,64 < 5,49 \text{ kN} = 6,04 / 1,10 = V_r / \gamma_R$$

Obliczeniowa (wypadkowa) siła przesuwająca:  $H = 1.64 \text{ kN}$

Wytrzymałość na ścinanie wraz ze wsp. redukcji:  $c_u = 0.00 \text{ kPa}$ ,  $m_c = 1.00$

Wartość siły utrzymującej w warunkach bez drenażu:

$$V_r = m_c \cdot c_u \cdot (L - 2e_x) \cdot (B - 2e_y) = 6.04 \text{ kN}$$

Warunek stateczności na przesunięcie w poziomie posadowienia:

$$T = 1,64 < 5,49 \text{ kN} = 6,04 / 1,10 = V_r / \gamma_R$$

### Zbrojenie (98.7 %)

Komb: Komb. 6 (SGN) (+) (+1,+4,)  $\rightarrow V_d=20.9 \text{ kN}$ ,  $H_x=-1.3 \text{ kN}$ ,  $M_y=-1.5 \text{ kNm}$ ,  $H_y=0.0 \text{ kN}$ ,  $M_x=0.0 \text{ kNm}$

Zbrojenie minimalne w kierunku L:



$$A_{sL,min,1} = k_c k_{f_{ct,eff}} A_{ct,L} / \sigma_{lim,L} = 5.6 \text{ cm}^2/\text{m}, A_{sL,min,2} = \max(0,26 f_{ct,eff}/f_{yk}; 0,0013) d = 5.5 \text{ cm}^2/\text{m},$$

Zbrojenie minimalne w kierunku B:

$$A_{sB,min,1} = k_c k_{f_{ct,eff}} A_{ct,B} / \sigma_{lim,B} = 5.6 \text{ cm}^2/\text{m}, A_{sB,min,2} = \max(0,26 f_{ct,eff}/f_{yk}; 0,0013) d = 5.3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Zbrojenie w kierunku L:

Moment zginający obl. z metody współników prostokątnych:  $M_{Ed} = 1.7 \text{ kNm}$

Wytrzymałość betonu na ściskanie:  $f_{cd} = 20.0 \text{ MPa}$

Granica plastyczności stali zbrojeniowej:  $f_{yd} = 435.0 \text{ MPa}$

Wysokość użyteczna przekroju:  $d = 36.4 \text{ cm}$ , względne ramię sił:  $\zeta_{eff} = 0.5 \cdot (1 + \sqrt{1 - 2 \cdot A_0}) = 0.9997$

$$A_0 = 0.001, A_{0,lim} = 0.480$$

Zbrojenie potrzebne ze względu na zginanie:  $A_{sB,stat} = \frac{M_{Ed}/B}{f_{yd} \cdot \zeta_{eff} d} = 0.1 \text{ cm}^2/\text{m}$

przyjęto  $5\Phi 12/\text{m} \rightarrow A_{sL,prov} = 5.7 \text{ cm}^2/\text{m} > 5.58 \text{ cm}^2/\text{m} = A_{sL,req}$

Zbrojenie w kierunku B:

Moment zginający obl. z metody współników prostokątnych:  $M_{Ed} = 1.4 \text{ kNm}$

Wytrzymałość betonu na ściskanie:  $f_{cd} = 20.0 \text{ MPa}$

Granica plastyczności stali zbrojeniowej:  $f_{yd} = 435.0 \text{ MPa}$

Wysokość użyteczna przekroju:  $d = 35.2 \text{ cm}$ , względne ramię sił:  $\zeta_{eff} = 0.5 \cdot (1 + \sqrt{1 - 2 \cdot A_0}) = 0.9997$

$$A_0 = 0.001, A_{0,lim} = 0.480$$

Zbrojenie potrzebne ze względu na zginanie:  $A_{sB,stat} = \frac{M_{Ed}/L}{f_{yd} \cdot \zeta_{eff} d} = 0.1 \text{ cm}^2/\text{m}$

przyjęto  $5\Phi 12/\text{m} \rightarrow A_{sB,prov} = 5.7 \text{ cm}^2/\text{m} > 5.58 \text{ cm}^2/\text{m} = A_{sB,req}$

### Przebiecie (0.0 %)

Komb: Komb. 6 (SGN) (+) (+1,+4,)  $\rightarrow V_d=20.9 \text{ kN}, H_x=-1.3 \text{ kN}, M_y=-1.5 \text{ kNm}, H_y=0.0 \text{ kN}, M_x=0.0 \text{ kNm}$

Obliczeniowa siła pionowa:  $V_{Ed} = 1.75 \text{ kN}$

Sprawdzenie w obwodzie kontrolnym

Kąt  $\theta$  przyjęto  $26.6^\circ \rightarrow \tan \theta = 0.50$

Obwód kontrolny:  $u = 0.00 \text{ cm}$

Wysokość użyteczna:  $d = 35.80 \text{ cm}$

### Osiadanie (0.8 %)

Komb: Komb. 0 (SGU) (+) (1,2,)  $\rightarrow V_d=20.8 \text{ kN}, H_x=-0.4 \text{ kN}, M_y=-0.5 \text{ kNm}, H_y=0.0 \text{ kN}, M_x=0.0 \text{ kNm}$

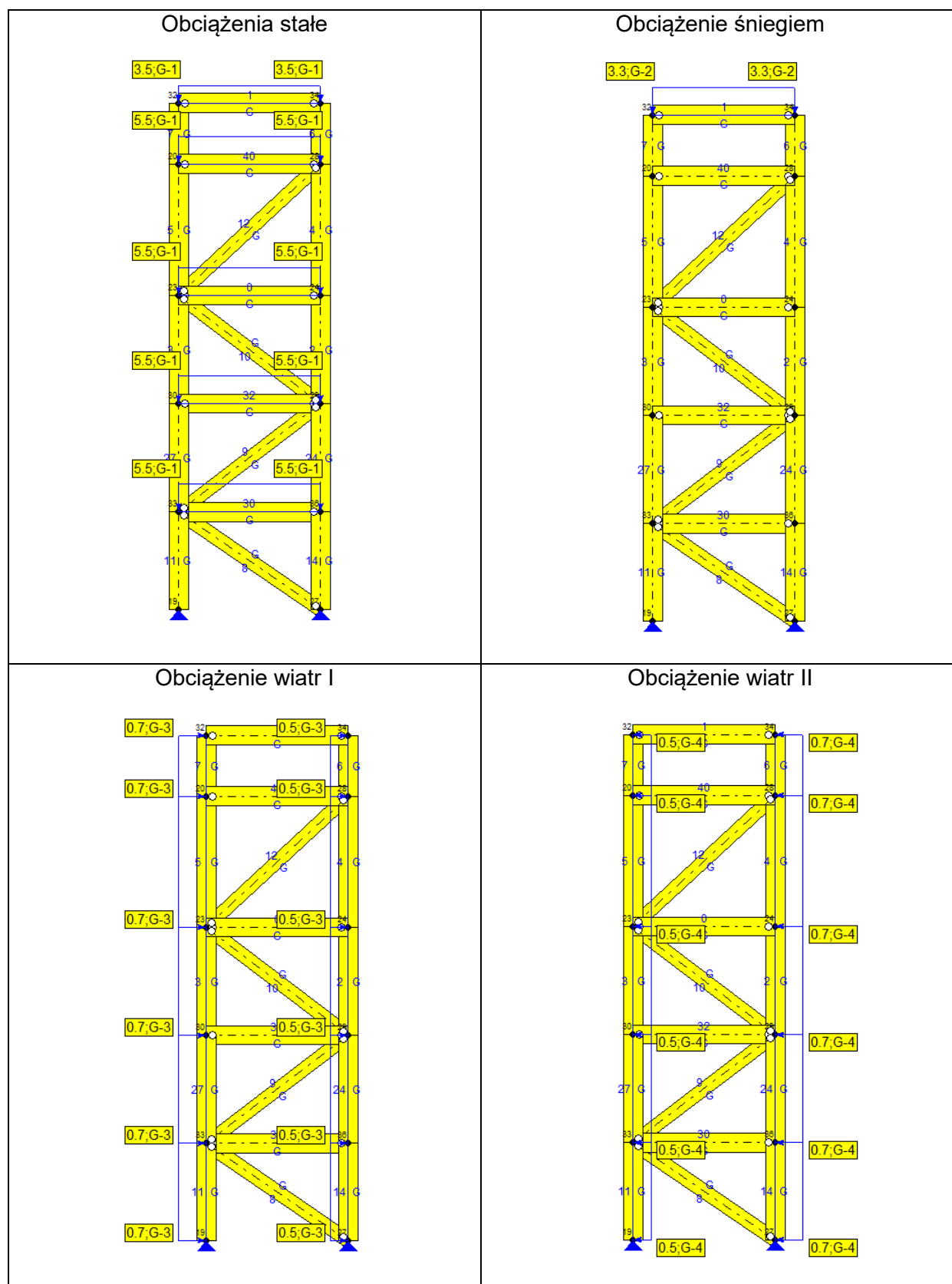
Dopuszczalną wartość osiadania:  $s_{max} = 5.00$

Czas wznoszenia budowli: Powyżej roku  $\rightarrow \lambda = 1$

Warunek osiadań fundamentu:  $s = 0.04 \text{ cm} < 5.00 \text{ cm} = s_{max}$



## E. Tężnia





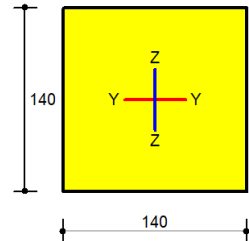
## Pręt nr 6 (słup) - Element drewniany [PN-EN 1995]

### Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 0 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 28 (x=6.500m, y=5.790m); 34 (x=6.500m, y=6.240m)

Profil: 14x14 (C 24)



### Wyniki dla elementu

**Całkowite wyężenie elementu: 79%**

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 3 %

Ścinanie: 5 %

Zginanie: 2 %

Zginanie z rozciąganiem: 0 %

Zginanie ze ściskaniem: 2 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 79 %

### Wyniki szczegółowe

#### Parametry materiałowe

Klasa użytkowania konstrukcji: 3

→  $k_{mod} = 0.55$

Klasa trwania obciążenia dla SGN: Długotrwałe

Wartości charakterystyczne właściwości materiału (C 24):

$$f_{m,k} = 24.0 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14.0 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0.5 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21.0 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2.5 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2.5 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11.0 \text{ GPa}$$

$$E_{0,05} = 7.4 \text{ GPa}$$

$$E_{90,mean} = 0.37 \text{ GPa}$$

$$G_{mean} = 0.69 \text{ GPa}$$

$$G_{0,05} = E_{0,05}/E_{0,mean} \cdot G_{mean} = 0.46 \text{ GPa}$$

$$\rho_k = 350.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{mean} = 420.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

#### Ściskanie (2.6 %)

Przekrój: x/L=0.000, L=0.00m; Kombinacja: No. 3 (+1,+2,+K3,)

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 196.0 \text{ cm}^2$ ,  $A_d = A_n = 196.0 \text{ cm}^2$

Długości wyoboczeniowe dla wyoboczenia w płaszczyznach osi głównych przekroju:

- w płaszczyźnie Y-Y:  $l_{c,y} = \mu_y l_y = 1.000 \cdot 0.450 = 0.450 \text{ m}$

- w płaszczyźnie Z-Z:  $l_{c,z} = \mu_z l_z = 1.000 \cdot 0.450 = 0.450 \text{ m}$

Wpływ wyoboczenia:

$$\lambda_y = \frac{l_{c,y}}{i_y} = \frac{45.0}{4.041} = 11.1, \lambda_z = \frac{l_{c,z}}{i_z} = \frac{45.0}{4.041} = 11.1$$



$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0.05} / \lambda_y^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 11.1^2 = 589.1$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0.05} / \lambda_z^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 11.1^2 = 589.1$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.0}{589.1}} = 0.189$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{21.0}{589.1}} = 0.189$$

$$k_y = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.5[1 + 0.2(0.189 - 0.3) + 0.189^2] = 0.507$$

$$k_z = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.5[1 + 0.2(0.189 - 0.3) + 0.189^2] = 0.507$$

$$k_{c,y} = \min\left[1/\left(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}\right), 1.0\right] = \min\left[1/(0.507 + \sqrt{0.507^2 - 0.189^2}), 1.0\right] = 1.000$$

$$k_{c,z} = \min\left[1/\left(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}\right), 1.0\right] = \min\left[1/(0.507 + \sqrt{0.507^2 - 0.189^2}), 1.0\right] = 1.000$$

$$k_c = \min(k_{c,y}, k_{c,z}) = 1.000$$

Nośność elementu przy ściskaniu równoległym do włókien:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{k_r A_d} = \frac{4.5 \cdot 10^3}{1.000 \cdot 196.0 \cdot 10^2} = 0.23 \text{ MPa} < 8.9 \text{ MPa} = \frac{21.0 \cdot 0.55}{1.3} = \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Ścinanie (5.1 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00\text{m}$ ; Kombinacja: No. 7 (+1,+4,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

$$\tau_{d,z} = 1.5 \frac{T_z}{k_r A} = 1.5 \frac{0.5 \cdot 10^3}{0.67 \cdot 196.0 \cdot 10^2} = 0.05 \text{ MPa} < 1.06 \text{ MPa} = \frac{2.5 \cdot 0.55}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Zginanie (2.3 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00\text{m}$ ; Kombinacja: No. 7 (+1,+4,)

Naprężenia od momentów zginających:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.1 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 0.24 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = \frac{0.24}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.02 < 1.0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = 0.7 \frac{0.24}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.02 < 1.0$$

Dla belki wolnopodpartej i obciążonej równomiernie oraz obciążenia przyłożonego do krawędzi ściskanej przyjęto, że długość obliczeniowa wynosi:

$$l_{ef} = 0.900 \cdot 0.45 + 2 \cdot 0.14 = 0.69\text{m},$$

a naprężenia krytyczne, smukłość porównawcza oraz współczynnik zwichrzenia odpowiednio:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78 b^2}{h l_{ef}} E_{0.05} = \frac{0.78 \cdot 140.0^2}{140.0 \cdot 685.0} 7400.0 = 1179.7 \text{ MPa},$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{k_{h,y} f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{1.014 \cdot 24.0}{1179.7}} = 0.144,$$

$$k_{crit} = 1.000.$$

Stateczność elementu przy zginaniu:

$$\sigma_{m,d} = 0.24 \text{ MPa} < 10.29 \text{ MPa} = k_{crit} \frac{k_{mod} k_{h,y} f_{m,k}}{\gamma_M} = 1.000 \frac{0.6 \cdot 1.014 \cdot 24.0}{1.3}$$

### Zginanie ze ściskaniem (2.3 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00\text{m}$ ; Kombinacja: No. 2 (+1,+K2,+4,)

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{3.2 \cdot 10^3}{196.0 \cdot 10^2} = 0.16 \text{ MPa}$$



$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.1 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 0.24 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Określenie wpływu wyboczenia:

$$\lambda_{rel,max} = 0.2 < 0.3 \rightarrow \text{można pominąć wpływ wyboczenia}$$

Nośność elementu przy zginaniu i ściskaniu:

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,k} k_{mod}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} < 1.0$$

$$\left( \frac{0.16}{\frac{21.0 \cdot 0.6}{1.3}} \right)^2 + \frac{0.24}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.02 < 1.0$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,k} k_{mod}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} < 1.0$$

$$\left( \frac{0.16}{\frac{21.0 \cdot 0.6}{1.3}} \right)^2 + 0.7 \frac{0.24}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.02 < 1.0$$

### Ugięcia (79.1 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=0.45m$ ; Kombinacja: *ext U (1,K2,3,S2,)*

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu:

$$u_{z,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Gi} (1 + k_{def}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.1 \text{ mm obc. stałe: (1,)}$$

$$u_{z,fin,Q} = (u_{z,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 1.3 \text{ mm obc. zm: (K2,3,)}$$

$$u_{z,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): (S2,)}$$

$$u_{z,fin} = u_{z,fin,G} + u_{z,fin,Q} + u_{z,fin,QS} = 1.4 \text{ mm}$$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu:

$$u_{y,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Gi} (1 + k_{def}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = -0.0 \text{ mm obc. stałe: (1,)}$$

$$u_{y,fin,Q} = (u_{y,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{y,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = -0.0 \text{ mm obc. zm: (K2,3,)}$$

$$u_{y,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): (S2,)}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,fin,G} + u_{y,fin,Q} + u_{y,fin,QS} = -0.0 \text{ mm}$$

Przemieszczenie wypadkowe prostopadłe do osi pręta:

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} = 1.4 \text{ mm} < 1.8 \text{ mm} = u_{lim,net}$$

---

## Pręt nr 1 (belka) - Element drewniany [PN-EN 1995]

---

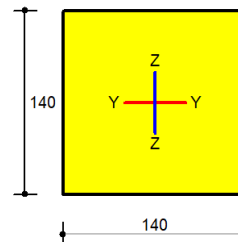


## Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 2 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 32 (x=5.450m, y=6.240m); 34 (x=6.500m, y=6.240m)

Profil: 14x14 (C 24)



## Wyniki dla elementu

### Całkowite wyężenie elementu: 48%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 0 %

Ścinanie: 48 %

Zginanie: 25 %

Zginanie z rozciąganiem: 25 %

Zginanie ze ściskaniem: 25 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 35 %

## Wyniki szczegółowe

### Parametry materiałowe

Klasa użytkowania konstrukcji: 3

→  $k_{mod} = 0.55$

Klasa trwania obciążenia dla SGN: Długotrwałe

Wartości charakterystyczne właściwości materiału (C 24):

$$f_{m,k} = 24.0 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14.0 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0.5 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21.0 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2.5 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2.5 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11.0 \text{ GPa}$$

$$E_{0,05} = 7.4 \text{ GPa}$$

$$E_{90,mean} = 0.37 \text{ GPa}$$

$$G_{mean} = 0.69 \text{ GPa}$$

$$G_{0,05} = E_{0,05}/E_{0,mean} \cdot G_{mean} = 0.46 \text{ GPa}$$

$$\rho_k = 350.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{mean} = 420.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

### Rozciąganie (0.0 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=1.05\text{m}$ ; Kombinacja: No. 7 (+1,+4,)

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 196.0 \text{ cm}^2$ ,  $A_{netto} = 196.0 \text{ cm}^2$

Nośność elementu przy rozciąganiu równoległym do włókien:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_n} = \frac{0.0 \cdot 10^3}{196.0 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa} < 5.9 \text{ MPa} = \frac{1.014 \cdot 14.0 \cdot 0.55}{1.3} = \frac{k_h f_{t,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Ściskanie (0.0 %)

Przekrój:  $x/L=0.750$ ,  $L=0.79\text{m}$ ; Kombinacja: No. 1 (+1,+K2,+3,)

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 196.0 \text{ cm}^2$ ,  $A_d = A_n = 196.0 \text{ cm}^2$

Długości wybowczeniowe dla wybowcenia w płaszczyznach osi głównych przekroju:

- w płaszczyźnie Y-Y:  $l_{c,y} = \mu_y l_y = 1.000 \cdot 1.050 = 1.050 \text{ m}$



- w płaszczyźnie Z-Z:  $l_{c,z} = \mu_z l_z = 1.000 \cdot 1.050 = 1.050\text{m}$

Wpływ wyboczenia:

$$\lambda_y = \frac{l_{c,y}}{i_y} = \frac{105.0}{4.041} = 26.0, \lambda_z = \frac{l_{c,z}}{i_z} = \frac{105.0}{4.041} = 26.0$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0.05} / \lambda_y^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 26.0^2 = 108.2$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0.05} / \lambda_z^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 26.0^2 = 108.2$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.0}{108.2}} = 0.441$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{21.0}{108.2}} = 0.441$$

$$k_y = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.5[1 + 0.2(0.441 - 0.3) + 0.441^2] = 0.611$$

$$k_z = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.5[1 + 0.2(0.441 - 0.3) + 0.441^2] = 0.611$$

$$k_{c,y} = \min\left[1 / \left(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}\right), 1.0\right] = \min\left[1 / (0.611 + \sqrt{0.611^2 - 0.441^2}), 1.0\right] = 0.967$$

$$k_{c,z} = \min\left[1 / \left(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}\right), 1.0\right] = \min\left[1 / (0.611 + \sqrt{0.611^2 - 0.441^2}), 1.0\right] = 0.967$$

$$k_c = \min(k_{c,y}, k_{c,z}) = 0.967$$

Nośność elementu przy ściskaniu równoległym do włókien:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{k_r A_d} = \frac{0.0 \cdot 1e3}{0.967 \cdot 196.0 \cdot 1e2} = 0.00\text{MPa} < 8.9\text{MPa} = \frac{21.0 \cdot 0.55}{1.3} = \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Ścinanie (48.4 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=1.05\text{m}$ ; Kombinacja: No. 3 (+1,+2,+K3,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

$$\tau_{d,z} = 1.5 \frac{T_z}{k_{tr} A} = 1.5 \frac{4.5 \cdot 1e3}{0.67 \cdot 196.0 \cdot 1e2} = 0.51\text{MPa} < 1.06\text{MPa} = \frac{2.5 \cdot 0.55}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Zginanie (25.0 %)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=0.53\text{m}$ ; Kombinacja: No. 3 (+1,+2,+K3,)

Napężenia od momentów zginających:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.2 \cdot 1e5}{457.3 \cdot 1e2} = 2.57\text{MPa}, \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 1e5}{457.3 \cdot 1e2} = 0.00\text{MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = \frac{2.57}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.25 < 1.0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = 0.7 \frac{2.57}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.17 < 1.0$$

Dla belki wolnopodpartej i obciążonej równomiernie oraz obciążenia przyłożonego do krawędzi ściskanej przyjęto, że długość obliczeniowa wynosi:

$$l_{ef} = 0.900 \cdot 1.05 + 2 \cdot 0.14 = 1.23\text{m},$$

a napężenia krytyczne, smukłość porównawcza oraz współczynnik zwichrzenia odpowiednio:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78 b^2}{h l_{ef}} E_{0.05} = \frac{0.78 \cdot 140.0^2}{140.0 \cdot 1225.0} 7400.0 = 659.7\text{MPa},$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{k_{h,y} f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{1.014 \cdot 24.0}{659.7}} = 0.192,$$

$$k_{crit} = 1.000.$$

Stateczność elementu przy zginaniu:

$$\sigma_{m,d} = 2.57\text{MPa} < 10.29\text{MPa} = k_{crit} \frac{k_{mod} k_{h,y} f_{m,k}}{\gamma_M} = 1.000 \frac{0.6 \cdot 1.014 \cdot 24.0}{1.3}$$

### Zginanie z rozciąganiem (25.0 %)



Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=0.53m$ ; Kombinacja: No. 4 (+1,+2,+K4,)

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.0 \cdot 10^3}{196.0 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.2 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 2.57 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu i rozciąganiu:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{k_{h,t,0,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y,m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z,m,k} k_{mod}} = \dots$$

$$\dots = \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 14.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{2.57}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.25 < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{k_{h,t,0,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y,m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z,m,k} k_{mod}} = \dots$$

$$\dots = \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 14.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{2.57}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.17 < 1.0$$

### Zginanie ze ściskaniem (25.0 %)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=0.53m$ ; Kombinacja: No. 3 (+1,+2,+K3,)

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.0 \cdot 10^3}{196.0 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.2 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 2.57 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Określenie wpływu wyboczenia:

$$\lambda_{rel,max} = 0.4 < 0.3 \rightarrow \text{można pominąć wpływ wyboczenia}$$

Nośność elementu przy zginaniu i ściskaniu:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{YM}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y,m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z,m,k} k_{mod}} < 1.0$$

$$\frac{0.00}{0.97 \frac{21.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{2.57}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.25 < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{YM}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y,m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z,m,k} k_{mod}} < 1.0$$

$$\frac{0.00}{0.97 \frac{21.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{2.57}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.17 < 1.0$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \frac{f_{m,k} k_{mod}}{YM}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{YM}} = \left( \frac{2.57}{1.00 \frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} \right)^2 + \frac{0.00}{0.97 \frac{21.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.06 < 1.0$$

### Ugięcia (34.7 %)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=0.53m$ ; Kombinacja: ext U (1,2,K4,S2,)

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu:

$$u_{z,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Gi} (1 + k_{def}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 1.2 \text{ mm obc. stałe: (1,)}$$

$$u_{z,fin,Q} = (u_{z,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.2 \text{ mm obc. zm: (2,K4,)}$$

$$u_{z,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): (S2,)}$$

$$u_{z,fin} = u_{z,fin,G} + u_{z,fin,Q} + u_{z,fin,QS} = 1.5 \text{ mm}$$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu:

$$u_{y,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Gi} (1 + k_{def}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = -0.0 \text{ mm obc. stałe: (1,)}$$

$$u_{y,fin,Q} = (u_{y,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{y,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = -0.0 \text{ mm obc. zm: (2,K4,)}$$



$$u_{y,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0mm \text{ obc. zm (część stała): (S2.)}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,fin,G} + u_{y,fin,Q} + u_{y,fin,QS} = -0.0mm$$

Przemieszczenie wypadkowe prostopadłe do osi pręta:

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} = 1.5mm < 4.2mm = u_{lim,net}$$

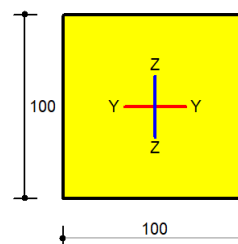
## Pręt nr 12 (stężenie poprzeczne) - Element drewniany [PN-EN 1995]

### Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 12 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 23 (x=5.450m, y=4.820m); 28 (x=6.500m, y=5.790m)

Profil: 10x10 (C 24)



### Wyniki dla elementu

#### Całkowite wyężenie elementu: 12%

Rozciąganie: 3 %

Ściskanie: 3 %

Ścinanie: 0 %

Zginanie: 0 %

Zginanie z rozciąganiem: 4 %

Zginanie ze ściskaniem: 4 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 12 %

### Wyniki szczegółowe

#### Parametry materiałowe

Klasa użytkowania konstrukcji: 3

→  $k_{mod} = 0.55$

Klasa trwania obciążenia dla SGN: Długotrwała

Wartości charakterystyczne właściwości materiału (C 24):

$$f_{m,k} = 24.0MPa$$

$$f_{t,0,k} = 14.0MPa$$

$$f_{t,90,k} = 0.5MPa$$

$$f_{c,0,k} = 21.0MPa$$

$$f_{c,90,k} = 2.5MPa$$

$$f_{v,k} = 2.5MPa$$

$$E_{0,mean} = 11.0GPa$$

$$E_{0,05} = 7.4GPa$$

$$E_{90,mean} = 0.37GPa$$

$$G_{mean} = 0.69GPa$$

$$G_{0,05} = E_{0,05}/E_{0,mean} \cdot G_{mean} = 0.46GPa$$

$$\rho_k = 350.0 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_{mean} = 420.0 \frac{kg}{m^3}$$

#### Rozciąganie (3.5 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=1.43m$ ; Kombinacja: No. 1 (+1,+K2,+3,)



Pole przekroju:  $A_{brutto} = 100.0 \text{ cm}^2$ ,  $A_{netto} = 100.0 \text{ cm}^2$

Nośność elementu przy rozciąganiu równoległym do włókien:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_n} = \frac{2.2 \cdot 10^3}{100.0 \cdot 10^{-2}} = 0.22 \text{ MPa} < 5.9 \text{ MPa} = \frac{1.084 \cdot 14.0 \cdot 0.55}{1.3} = \frac{k_h f_{t,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Ściskanie (3.5 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00 \text{ m}$ ; Kombinacja: No. 2 (+1,+K2,+4,)

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 100.0 \text{ cm}^2$ ,  $A_d = A_n = 100.0 \text{ cm}^2$

Długości wybowoczeniowe dla wybowoczenia w płaszczyznach osi głównych przekroju:

- w płaszczyźnie Y-Y:  $l_{c,y} = \mu_y l_y = 1.000 \cdot 1.429 = 1.429 \text{ m}$

- w płaszczyźnie Z-Z:  $l_{c,z} = \mu_z l_z = 1.000 \cdot 1.429 = 1.429 \text{ m}$

Wpływ wybowoczenia:

$$\lambda_y = \frac{l_{c,y}}{i_y} = \frac{142.9}{2.887} = 49.5, \quad \lambda_z = \frac{l_{c,z}}{i_z} = \frac{142.9}{2.887} = 49.5$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0.05} / \lambda_y^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 49.5^2 = 29.8$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0.05} / \lambda_z^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 49.5^2 = 29.8$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.0}{29.8}} = 0.840$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{21.0}{29.8}} = 0.840$$

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.5 [1 + 0.2(0.840 - 0.3) + 0.840^2] = 0.906$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.5 [1 + 0.2(0.840 - 0.3) + 0.840^2] = 0.906$$

$$k_{c,y} = \min \left[ 1 / \left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right), 1.0 \right] = \min \left[ 1 / (0.906 + \sqrt{0.906^2 - 0.840^2}), 1.0 \right] = 0.801$$

$$k_{c,z} = \min \left[ 1 / \left( k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2} \right), 1.0 \right] = \min \left[ 1 / (0.906 + \sqrt{0.906^2 - 0.840^2}), 1.0 \right] = 0.801$$

$$k_c = \min(k_{c,y}, k_{c,z}) = 0.801$$

Nośność elementu przy ściskaniu równoległym do włókien:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{k_c A_d} = \frac{2.5 \cdot 10^3}{0.801 \cdot 100.0 \cdot 10^{-2}} = 0.31 \text{ MPa} < 8.9 \text{ MPa} = \frac{21.0 \cdot 0.55}{1.3} = \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Ścinanie (0.5 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=1.43 \text{ m}$ ; Kombinacja: No. 3 (+1,+2,+K3,)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

$$\tau_{d,z} = 1.5 \frac{T_z}{k_{tr} A} = 1.5 \frac{0.0 \cdot 10^3}{0.67 \cdot 100.0 \cdot 10^{-2}} = 0.00 \text{ MPa} < 1.06 \text{ MPa} = \frac{2.5 \cdot 0.55}{1.3} = \frac{f_{vk} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Zginanie (0.4 %)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=0.71 \text{ m}$ ; Kombinacja: No. 3 (+1,+2,+K3,)

Naprężenia od momentów zginających:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{166.7 \cdot 10^2} = 0.05 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{166.7 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = \frac{0.05}{\frac{1.084 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.084 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.00 < 1.0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = 0.7 \frac{0.05}{\frac{1.084 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.084 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.00 < 1.0$$

Dla belki wolnopodpartej ze stałym momentem oraz obciążenia przyłożonego do krawędzi ściskanej przyjęto, że długość obliczeniowa wynosi:

$$l_{ef} = 1.000 \cdot 1.43 + 2 \cdot 0.10 = 1.63 \text{ m},$$



a naprężenia krytyczne, smukłość porównawcza oraz współczynnik zwichrzenia odpowiednio:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78b^2}{hl_{af}} E_{0,05} = \frac{0.78 \cdot 100.0^2}{100.0 \cdot 1629.5} 7400.0 = 354.2 \text{ MPa},$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{k_{hy} f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{1.084 \cdot 24.0}{354.2}} = 0.271,$$

$$k_{crit} = 1.000.$$

Stateczność elementu przy zginaniu:

$$\sigma_{m,d} = 0.05 \text{ MPa} < 11.01 \text{ MPa} = k_{crit} \frac{k_{mod} k_{hy} f_{m,k}}{Y_M} = 1.000 \frac{0.6 \cdot 1.084 \cdot 24.0}{1.3}$$

### Zginanie z rozciąganiem (3.8 %)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=0.71\text{m}$ ; Kombinacja: No. 1 (+1,+K2,+3,)

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.2 \cdot 10^3}{100.0 \cdot 10^2} = 0.22 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{166.7 \cdot 10^2} = 0.05 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{166.7 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu i rozciąganiu:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{k_{ht} f_{t,0,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{hy} f_{m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{hz} f_{m,k} k_{mod}} = \dots$$

$$\dots = \frac{0.22}{\frac{1.084 \cdot 14.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{0.05}{\frac{1.084 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.084 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.04 < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{k_{ht} f_{t,0,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{hy} f_{m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{hz} f_{m,k} k_{mod}} = \dots$$

$$\dots = \frac{0.22}{\frac{1.084 \cdot 14.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{0.05}{\frac{1.084 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.084 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.04 < 1.0$$

### Zginanie ze ściskaniem (3.9 %)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=0.71\text{m}$ ; Kombinacja: No. 2 (+1,+K2,+4,)

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.4 \cdot 10^3}{100.0 \cdot 10^2} = 0.24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{166.7 \cdot 10^2} = 0.05 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{166.7 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Określenie wpływu wyboczenia:

$$\lambda_{rel,max} = 0.8 > 0.3 \rightarrow \text{należy uwzględnić wpływ wyboczenia}$$

Nośność elementu przy zginaniu i ściskaniu:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{Y_M}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{hy} f_{m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{hz} f_{m,k} k_{mod}} < 1.0$$

$$\frac{0.24}{0.80 \frac{21.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{0.05}{\frac{1.084 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.084 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.04 < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{Y_M}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{hy} f_{m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{hz} f_{m,k} k_{mod}} < 1.0$$

$$\frac{0.24}{0.80 \frac{21.0 \cdot 0.6}{1.3}} + 0.7 \frac{0.05}{\frac{1.084 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.084 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.04 < 1.0$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \frac{f_{m,k} k_{mod}}{Y_M}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{Y_M}} = \left( \frac{0.05}{1.00 \frac{1.084 \cdot 24.0 \cdot 0.6}{1.3}} \right)^2 + \frac{0.24}{0.80 \frac{21.0 \cdot 0.6}{1.3}} = 0.03 < 1.0$$

### Ugięcia (11.6 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=1.43\text{m}$ ; Kombinacja: ext U (1,K2,3,S2,)

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu:

$$u_{z,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Gi} \left( 1 + k_{def} \right) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.3 \text{ mm} \text{ obc. stałe: (1,)}$$



$$u_{z,fin,Q} = (u_{z,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.3 \text{ mm obc. zm: (K2,3,)}$$

$$u_{z,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): (S2,)}$$

$$u_{z,fin} = u_{z,fin,G} + u_{z,fin,Q} + u_{z,fin,QS} = 0.7 \text{ mm}$$

Premieszczenie prostopadłe do pł. układu:

$$u_{y,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Gi} (1 + k_{def}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = -0.0 \text{ mm obc. stałe: (1,)}$$

$$u_{y,fin,Q} = (u_{y,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{y,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = -0.0 \text{ mm obc. zm: (K2,3,)}$$

$$u_{y,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[ 1 + 19.2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): (S2,)}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,fin,G} + u_{y,fin,Q} + u_{y,fin,QS} = -0.0 \text{ mm}$$

Premieszczenie wypadkowe prostopadłe do osi pręta:

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} = 0.7 \text{ mm} < 5.7 \text{ mm} = u_{lim,net}$$



### **3. Część rysunkowa projektu technicznego**

K-01 Tężnia - rzut

K-02 Tężnia – przekroje i detale

K-03 Pergola oraz schody

K-04 Budynek