

BUD-MAR

43-254 WARSZOWICE, UL. SZOSZOWSKA 36

**PROJEKT BUDYNKU DLA SPORTOWCÓW PRZY
BOISKU W RUDNIKU
WRAZ Z WEWNĘTRZNĄ INSTALACJĄ
GAZOWĄ I OCZYSZCZALNIĄ ŚCIEKÓW**

1. INWESTOR:

GMINA HAŻLACH
43-419 HAŻLACH, UL. GŁÓWNA 57

2. ADRES BUDOWY:

43-419 RUDNIK, UL. CENTRALNA 44
Nr działki: 114

AUTORZY PROJEKTU:

ARCHITEKTURA: mgr inż. arch. IZABELA MANDLA, UPR. NR 57/00

SPRAWDZAJĄCY: mgr inż. arch. PIOTR WIECZOREK, UPR. NR 147/97

KONSTRUKCJA: mgr inż. JUSTYNA WAŁACH, UPR. NR 184/99

SPRAWDZAJĄCY: mgr inż. MARIAN BOTOREK, UPR. NR 654/01

INSTALACJA GAZOWA: inż. MARIAN WITEK, UPR. NR 1552/61

INSTALACJA WOD.-KAN. I C.O.: mgr inż. JERZY UJMA, UPR. NR 235/92

INSTALACJA ELEKTRYCZNA: mgr inż. PIOTR DYLA, UPR. NR 534/91

KREŚLIŁ: inż. SYLWIA PŁONECZKA

Listopad 2006

SPIS TREŚCI

1. Strona tytułowa
2. Spis treści
3. Kopie uprawnień i zaświadczeń projektantów
4. Oświadczenia projektantów
5. Plan BIOZ
6. Akt notarialny
7. Wypis i wyrys z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego
8. Mapa do celów projektowych 1:1000
9. Uzgodnienie lokalizacyjne
10. Warunki techniczne przyłączenia do sieci
11. Projekt budynku dla sportowców – dane ogólne
12. Opis techniczny do projektu zagospodarowania działki
 - Podstawa opracowania
 - Warunki lokalizacyjne
 - Opis zagospodarowania terenu
13. Opis techniczny projektowanego budynku
 - Stan projektowany
 - Koncepcja rozwiązań konstrukcyjno – materiałowych i technologicznych
 - Instalacje wewnętrzne
 - Ochrona przeciwpożarowa
 - Wpływ obiektu na środowisko, zdrowie ludzi i obiekty sąsiednie
14. Obliczenia statyczno – wytrzymałościowe
15. Zagospodarowanie terenu
16. Rzut fundamentów
17. Rzut przyziemia
18. Widok wieńcy
19. Rzut wieżby dachowej
20. Rzut połaci dachowych
21. Przekrój A-A

22. Przekrój B-B
23. Balustrada dla osób niepełnosprawnych
24. Elewacja północna
25. Elewacja południowa
26. Elewacja zachodnia
27. Elewacja wschodnia
28. Zestawienie stolarki okiennej i drzwiowej
29. Projekt wewnętrznej instalacji gazowej
30. Projekt wewnętrznej instalacji wod.-kan. i c.o.
31. Projekt przydomowej oczyszczalni ścieków
32. Projekt wewnętrznej instalacji elektrycznej

PROJEKT BUDYNKU DLA SPORTOWCÓW PRZY BOISKU W RUDNIKU, na działce nr 114

3. INWESTOR:

GMINA HAŻLACH

43-419 HAŻLACH, UL. GŁÓWNA 57

4. ADRES BUDOWY:

43-419 RUDNIK, UL. CENTRALNA 44

Nr działki: 114

5. PODSTAWA OPRACOWANIA.

- Zlecenie inwestora,
- Wizja w terenie i uzgodnienia z inwestorem,
- Wypis i wyrys z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego,
- Wyrys z mapy zasadniczej 1:1000,
- Plan orientacyjny 1:10 000.
-

6. DANE TECHNICZNE

Parametry budynku:

- powierzchnia zabudowy: 262,00 m²,
- powierzchnia użytkowa: 193,08 m²,
- powierzchnia netto: 184,85 m²,
- powierzchnia całkowita: 276,80 m²,
- kubatura: 1310,20 m³.

OPIS TECHNICZNY

DO PROJEKTU ZAGOSPODAROWANIA DZIAŁKI

INWESTOR:

GMINA HAŻLACH
43-419 HAŻLACH, UL. GŁÓWNA 57

ADRES BUDOWY:

43-419 RUDNIK, UL. CENTRALNA 44
Nr działki: 114

1. PODSTAWA OPRACOWANIA.

- Zlecenie inwestora,
- Wizja w terenie i uzgodnienia z inwestorem,
- Wypis i wyrys z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego,
- Wyrys z mapy zasadniczej 1:1000,
- Plan orientacyjny 1:10 000.

2. WARUNKI LOKALIZACYJNE

Budynek dla sportowców zlokalizowany zostanie na działce boiska sportowego nr 114 w Rudniku przy ul. Centralnej. Działka stanowi własność Gminy.

Od strony południowej działka graniczy z drogą gminną, od stron północnej, zachodniej i wschodniej z terenem rolniczym.

Teren, na którym projektuje się budowę jest terenem o lekkim pochyleniu w kierunku północnym (różnica wysokości w obrębie rzutu budynku wynosi ok. 1m).

Media:

Istniejący budynek zostanie wyposażony w instalację elektroenergetyczną, gazową, i wodno-kanalizacyjną, a ścieki bytowo-gospodarcze odprowadzone będą do przydomowej oczyszczalni ścieków typu „SEBICO”.

Warunki gruntowe:

Pod projektowanym budynkiem zalega 15-centymetrowa warstwa humusu, kolejną warstwę o stanowi glina piaszczysta.

Dopuszczalne naprężenia gruntu przyjęto jako 160 kPa. Poziom wód gruntowych znajduje się poniżej poziomu posadowienia fundamentów.

Kategoria geotechniczna, do której zalicza się budynek: I – obiekt posadowiony w prostych warunkach gruntowych, obiekt o statycznie wyznaczalnym schemacie obliczeniowym.

Poziom posadowienia fundamentów wg PN-81/B-03020.

Projekt dostosowany jest do stref: I klimatycznej wg PN-82/B-02403, III śniegowej wg PN-EN 1991-1-3, III wiatrowej wg PN-77/B012011.

3. OPIS ZAGOSPODAROWANIA TERENU

Budynek dla sportowców zlokalizowany zostanie na działce boiska sportowego nr 114.

Działka 114 nie jest objęta ochroną konserwatora zabytków. Leży przy drodze dojazdowej do boiska połączonej z drogą gminną ul. Centralną o małej uciążliwości ruchu drogowego. Działka jest zabudowana tymczasowymi budynkami, które przewiduje się do rozbiórki. Działka jest ogrodzona.

Projektowany budynek usytuowany będzie w części południowej działki.

Obiekt zaprojektowany został jako budynek parterowy, bez poddasza użytkowego, bez podpiwniczenia, murowany, przekryty dachem dwuspadowym, połączony z zewnętrznym zadaszeniem stanowiącym wiatę przy obiekcie.

Budynek będzie spełniać funkcję zaplecza dla sportowców (szatnie, natryski, sanitariaty, magazyn na sprzęt sportowy, biuro, pomieszczenie sędziego).

Projektuje się utwardzone dojście do budynku od strony południowej z ulicy Centralnej. Istniejący wjazd na działkę szerokości 5,00m. dla pojazdów samochodowych o masie całkowitej do 3,5t należy utwardzić, a nawierzchnie wykonać z kostki brukowej szarej grubości 8,0cm. Projektuje się również 6 miejsc parkingowych o wymiarach 2,3m x 5,0m oraz 1 miejsce parkingowe dla osób niepełnosprawnych, o wymiarach 3,6m x 5,0m. Dojazd szerokości 5,00m do miejsc parkingowych z ulicy Centralnej należy utwardzić, a nawierzchnie wykonać z kostki brukowej szarej grubości 8,0cm.

W odległości 11,50m od budynku przewidziano punkt gromadzenia odpadów.

Na północ od budynku zlokalizowana będzie przydomowa oczyszczalnia ścieków z drenażem rozsączającym.

Pozostałą część działki przeznaczono pod zieleń rekreacyjną.

W zachodniej części działki znajdują się 2 obiekty tymczasowe(kontenery), pełniące rolę zaplecza dla sportowców. Obiekty te położone są w odległości ok. 54,0 i 60,0 m od zachodniej granicy działki oraz 16,0 i 25,0 m od południowej granicy działki. Budynki znajdują się w miejscu projektowanego dojazdu oraz dojścia do projektowanego budynku.

Obiekty tymczasowe przeznaczone zostały do rozbiórki.

Bilans terenu:

- powierzchnia działki: 20458,0 m²
- powierzchnia zabudowy: 262,0 m²
- powierzchnia utwardzona 426,0 m²
- powierzchnia zieleni 19770,0 m²

OPIS TECHNICZNY PROJEKTOWANEGO BUDYNKU

1. STAN PROJEKTOWANY

Obiekt zaprojektowany został jako budynek parterowy, bez poddasza użytkowego, bez podpiwniczenia, murowany, przekryty dachem dwuspadowym, połączony z zewnętrznym zadaszeniem stanowiącym wiatę przy obiekcie. Budynek będzie spełniał funkcję zaplecza dla sportowców.

Program użytkowy budynku.

Lp.	Rodzaj pomieszczenia	Rodzaj posadzki	Powierzchnia [m ²]
1	POMIESZCZENIE SOCJALNE	Płytki ceramiczne	9,45
2	SALA ZEBRAN	Płytki ceramiczne	27,22
3.	POMIESZCZENIE SĘDZIEGO	Płytki ceramiczne	4,90
4	ŁAZIENKA	Płytki ceramiczne	3,69
5	MAGAZYN	Płytki ceramiczne	9,25
6	WIATROŁAP	Płytki ceramiczne	2,52
7	POM. TECHNICZNE	Płytki ceramiczne	6,78
8	WC	Płytki ceramiczne	5,66
9	WC	Płytki ceramiczne	3,59
10	MAGAZYNEK	Płytki ceramiczne	1,50
11	MAGAZYN	Płytki ceramiczne	2,94
12	PRZEDSIONEK	Płytki ceramiczne	6,74
13	SZATNIA	Płytki ceramiczne	14,61
14	WC	Płytki ceramiczne	5,09
15	PRZEDSIONEK	Płytki ceramiczne	5,70
16.	UMYWALNIA	Płytki ceramiczne	13,50
17	KOMUNIKACJA	Płytki ceramiczne	31,23
18	UMYWALNIA	Płytki ceramiczne	13,88
19	WC	Płytki ceramiczne	4,95
20	PRZEDSIONEK	Płytki ceramiczne	5,70
21	SZATNIA	Płytki ceramiczne	14,35
RAZEM			193,08

2. KONCEPCJA ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNO-MATERIAŁOWYCH I TECHNOLOGICZNYCH.

2.1 Fundamenty

Ławę fundamentową (poz. 0.1) zaprojektowano jako monolityczną wykonaną z betonu B20 o wymiarach 60x40cm. Dodatkowo zaprojektowano 2 stopy fundamentowe (poz.0.2) wykonane z betonu B20 o wymiarach 80x80cm.

Ściana fundamentowa została zaprojektowana z bloczków betonowych grubości 30cm.

Izolacja pionowa ścian fundamentowych wykonana z folii onduline, ocieplenie ścian fundamentowych ze styropianu gr. 6cm.

2.2 Ściany

- Ściany zewnętrzne pomieszczeń zaprojektowano z bloczków z betonu komórkowego grubości 36 cm, bez docieplenia.
- Ściany usztywniające wewnętrzne zaprojektowano z bloczków z betonu komórkowego grubości 30cm.
- Ścianki działowe zaprojektowano z cegły dziurawki o grubości 12cm.

2.3 Wieńce

W poziomie +2,750m zaprojektowano wieńce żelbetowe (poz.1.1) o wymiarach 25x25cm. Od zewnętrznej strony wieńce należy ocieplić styropianem gr. 11cm.

2.4 Nadproża

Nadproża nad otworami okiennymi i drzwiowymi projektuje się z kształtek „U”, wykonanych z betonu komórkowego. Od strony zewnętrznej nadproża należy ocieplić styropianem gr. 11cm.

2.5 Dach

Dach zaprojektowano w konstrukcji płatwiowo-jętkowej, o nachyleniu połaci 35° i 42°, wg rysunku konstrukcji dachu. Murlaty, o przekroju 15x15cm, w poziomie +3,000m należy kotwić do wieńca (poz. 1.1), kotwami stalowymi ocynkowanymi $\phi 16$ co 100cm. Płatwie (18x18cm) w poziomie +5,000m należy oprzeć na słupach drewnianych. Materiałem zastosowanym do pokrycia dachu jest blachodachówka.

2.6 Schody zewnętrzne, pochylnia

Schody zewnętrzne betonowe monolityczne obłożyć płytkami klinkierowymi profilowanymi.

Schody i taras pod zewnętrznym zadaszeniem należy wykonać z kostki brukowej szarej.

Pochylnie dla osób niepełnosprawnych o nachyleniu 8% projektuje się również z kostki brukowej szarej, balustrady przy pochylni wykonać zgodnie z rysunkiem.

2.7 Elementy wykończenia

Podłogi i posadzki

Podłoga w budynku została zaprojektowana jako podłoga na gruncie. Podłogi pomieszczeniach posadzki w pomieszczeniach wykonać należy zgodnie z zestawieniem warstw (posadzki z płytek gresowych, ocieplenie posadzek z płyt styropianowych). Podłogi z płytek ceramicznych – łatwo zmywalne, nienasiąkliwe, nieśliskie, antypoślizgowe.

Strop

Strop nad parterem zaprojektowano jako „ślepy”, na ruszcie metalowym z płyt kartonowo-gipsowych, ocieplenie stropu z wełny mineralnej typu „Gulfiber” gr. 20cm.

Tynki i okładziny ścienne

- tynki wewnętrzne cementowo-wapienne kat III, malowane farbą ekologiczną,
- w pomieszczeniach: w.c., szatni, umywalni - okładzina ścian płytkami ceramicznymi do wysokości 2,0 m – łatwo zmywalnymi i odpornymi na działanie wilgoci
- tynki zewnętrzne mineralne, malowane
- ściany zewnętrzne, na wysokość 30 cm od poziomu terenu obłożyć okładziną klinkierową

System rynnowy

Rynny o średnicy $\Phi 150$ oraz rury spustowe o średnicy $\Phi 120$, wykonać z tworzywa PCV.

Stolarka okienna i drzwiowa

- stolarka okienna i drzwiowa z PVC, wg zestawienia

Wentylacja

W części pomieszczeń projektuje się wentylację grawitacyjną, w pomieszczeniach WC oraz umywalni należy wykonać wentylację mechaniczną. Przewody wentylacyjne wykonać należy z rur SPIRO o średnicach określonych na rysunku.

Wyposażenie dodatkowe

Pomieszczenia sanitarne posiadać będą podłączenie do ciepłej i zimnej wody, wyposażyc je należy w mydło, w ręczniki jednorazowe wraz z pojemnikami na zużyte ręczniki, złączkę do węża z końcówką samozamykającą, wpusty podłogowe.

Sprzęt i zapas środków do utrzymania czystości pomieszczeń przechowywane będą w wydzielonym pomieszczeniu i wydzielonej szafie.

3. INSTALACJE WEWNĘTRZNE

Obiekt będzie posiadał następujące instalacje wewnętrzne:

- elektryczną,
- wodno-kanalizacyjną (przydomowa oczyszczalnia ścieków)
- centralnego ogrzewania,
- gazową,

4. OCHRONA PRZECIWPOŻAROWA

Obiekt zostanie wyposażony w samoczynnie włączające się oświetlenie awaryjne (ewakuacyjne). Czas działania oświetlenia ewakuacyjnego – 2h. Zastosowane zostaną oprawy oświetlenia awaryjnego – ewakuacyjnego z niezależnym źródłem zasilania (centralną baterią). Oprawy winny posiadać znak bezpieczeństwa „B”, a ilość opraw i ich rozmieszczenie ma zapewnić natężenie światła na drogach ewakuacyjnych, co najmniej 1,0 lx, a w pobliżu gaśnic 5,0 lx.

Drogi ewakuacyjne i wyjścia zostaną oznakowane znakami ewakuacyjnymi widocznymi nawet przy oświetleniu normalnym, zgodnymi z PN-N-01256-02:1992. Sposób

oznakowania winien być zgodny z PN-N-01256-5:1998. Na drogach ewakuacyjnych nie będą stosowane materiały łatwo zapalne.

Obiekt zostanie wyposażony w podręczny sprzęt gaśniczy zgodnie z rozporządzeniem MSWiA z dn. 21.04.2006 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr. 80, poz. 563).

Miejsca usytuowania gaśnic oznakować znakami zgodnymi z PN-N-01256-1:1992. Szczegóły w tym zakresie zawarte zostaną w Instrukcji Bezpieczeństwa Pożarowego opracowanej dla budynku. Do obliczeń należy przyjąć 2 kg środka gaśniczego (proszku ABC) na każde 100 m² powierzchni strefy pożarowej (proponowane gaśnice proszkowe ABC 4 lub 6 kg umieszczone na drodze ewakuacyjnej).

5. WPLYW OBIEKTU NA ŚRODOWISKO, ZDROWIE LUDZI I

OBIEKTY SĄSIEDNIE

5.1 Identyfikacja obiektu wg wytycznych rozporządzenia kwalifikującego obiekty pod względem wpływu na środowisko.

- Według Dz. U. Nr 179, poz. 1490 z dnia 24 września 2002 r.- Rozporządzenie Rady Ministrów Ministrów w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko, projektowany obiekt jest przedsięwzięciem nieznacząco oddziałującym na środowisko i nie wymaga sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko.
- Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa Z Dnia 28 Kwietnia 1998 r. w sprawie dopuszczalnych wartości stężeń substancji zanieczyszczających w powietrzu, nie stwierdzono, aby obiekt mógł zanieczyszczać powietrze. Odprowadzane do powietrza spaliny gazowe nie przekraczają wartości dopuszczalnych.
- Na podstawie Prawa Ochrony Środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r., nie przewiduje się aby obiekt stwarzał nadzwyczajne zagrożenie środowiska.
- Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Ochrony Środowiska Zasobów naturalnych i Leśnictwa w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku oraz

Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie wartości progowych poziomów hałasu, obiekt nie posiada źródeł, które wytwarzałyby hałas o dużym natężeniu.

- Odpady stałe gromadzone będą w kontenerze, kontenerze następnie usuwane przez służby komunalne.
- Ścieki socjalno-bytowe odprowadzone zostaną do przydomowej oczyszczalni ścieków.

Ze względu na charakter prac, nie występują zagrożenia dla środowiska oraz higieny i zdrowia użytkowników obiektu oraz obiektów sąsiednich.

OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE

1 Wieźba dachowa

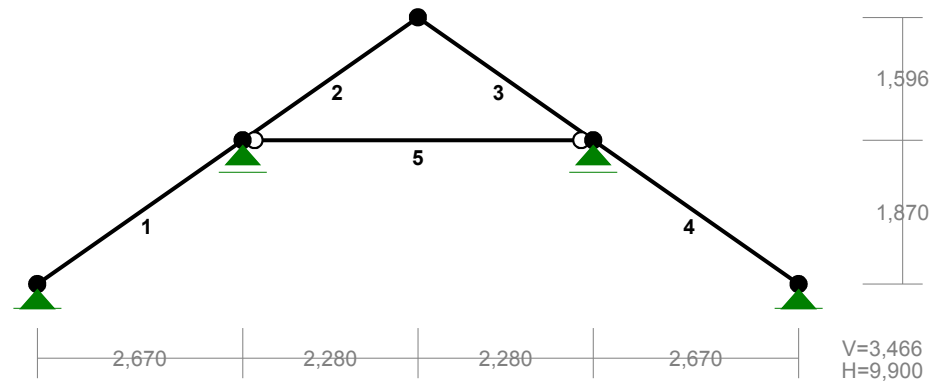
1.1 Zestawienie obciążeń

Zestawienie obciążeń stałych				
Lp.	Element	Obciążenie charakterystyczne	Współczynnik obciążenia	Obciążenie obliczeniowe
1.	Pokrycie dachu: blachodachówka (z uwzględnieniem krokwi, łąt, deskowań)	0,350 kN/m ²	1,2	0,420 kN/m ²
2.	Izolacja: 2 x folia 15x0,0005x2	0,015 kN/m ²	1,2	0,018 kN/m ²
Razem		0,365 kN/m²	-	0,438 kN/m²

Obciążenia zmienne				
Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne	Współczynnik obciążenia	Obciążenie obliczeniowe
1.	<p>Obciążenie śniegiem- 3 strefa</p> <ul style="list-style-type: none"> - obciążenie śniegiem gruntu: $s_k = 1,05 \text{ kN/m}^2$, - współczynnik termiczny: $C_t = 1,0$, - współczynnik ekspozycji: $C_e = 0,8$, - współczynnik kształtu dachu: $\mu = 0,8$. <p style="text-align: center;">$s = \mu \times C_e \times C_t \times s_k = \mathbf{0,672 \text{ kN/m}^2}$</p>	0,672 kN/m ²	1,0	0,672 kN/m ²
2.	<p>Obciążenie wiatrem</p> <p>Strefa III Teren A</p> <p>$\alpha = 35^\circ$</p> <p>Parcie 0,39x1,0x0,325x1,8 0,228 kN/m²</p> <p>Ssanie 0,39x1,0x0,40x1,8 0,281 kN/m²</p> <p>Ssanie 0,39x1,0x0,225x1,8 0,158 kN/m²</p> <p>Ssanie 0,39x1,0x0,40x1,8 0,281 kN/m²</p> <p>$\alpha = 42^\circ$</p> <p>Parcie 0,39x1,0x0,43x1,8 0,302 kN/m²</p> <p>Ssanie 0,39x1,0x0,40x1,8 0,281 kN/m²</p>	0,228 kN/m ² 0,281 kN/m ² 0,158 kN/m ² 0,281 kN/m ² 0,302 kN/m ² 0,281 kN/m ²	1,3	0,297 kN/m ² 0,365 kN/m ² 0,205 kN/m ² 0,365 kN/m ² 0,392 kN/m ² 0,365 kN/m ²

KĄT NACHYLENIA POŁACI DACHOWEJ $\alpha=35^\circ$

1.2 Schemat statyczny



Pręt:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Przekrój:
1	2,670	1,870	3,260	1 krokiew 8x14
2	2,280	1,596	2,783	1 krokiew 8x14
3	2,280	-1,596	2,783	1 krokiew 8x14
4	2,670	-1,870	3,260	1 krokiew 8x14
5	4,560	-0,000	4,560	2 jętka 8x10

1.3 Stale materiałowe:

Materiał: **Drewno C24**

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

Cechy drewna C24.

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

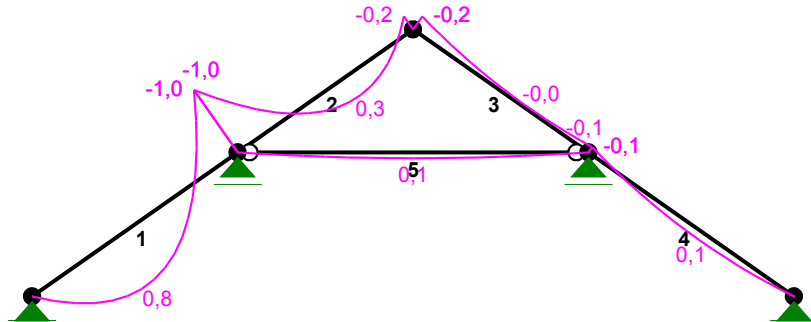
Moduł E: 11000 [N/mm²]

Napręż.gr.: 24,000 [N/mm²]

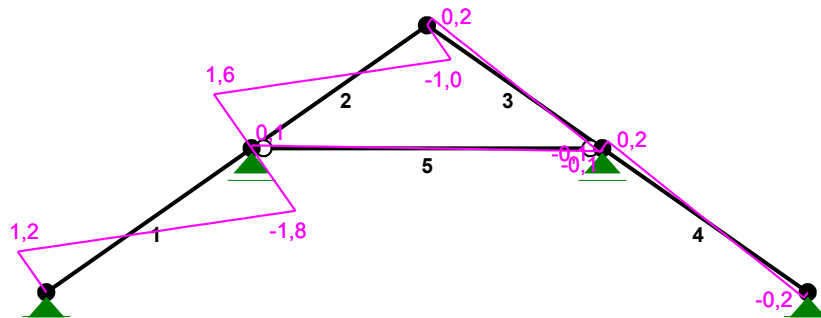
AlfaT: 5,00E-06 [1/K]

1.4 Siły wewnętrzne

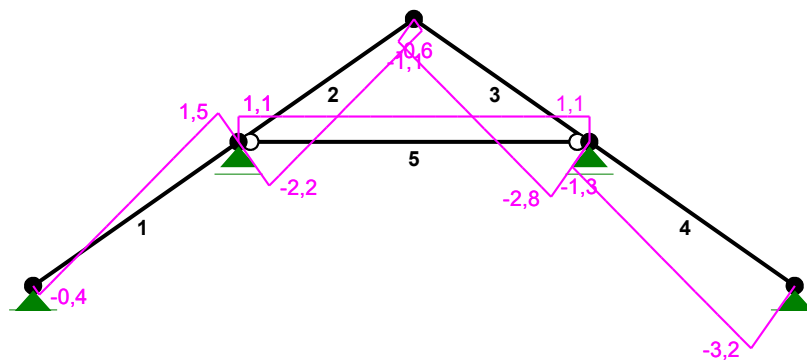
MOMENTY:



TNĄCE:



NORMALNE:



1.5 Sprawdzenie nośności prętów

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

Sprawdzenie nośności pręta nr 1

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=1,63$ m; $x_b=1,63$ m.

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 112,00$ cm².

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 0,5 / 112,00 \times 10 = \mathbf{0,0} < \mathbf{6,46} = f_{t,0,d}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,63$ m; $x_b=1,63$ m.

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

$$l_d = 1,00 \times 3260 + 140 + 140 = 3540 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \frac{\sqrt{l_d h f_{m,d}}}{\sqrt{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3540 \times 140 \times 11,08}{3,142 \times 80^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,384$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,7 / 261,33 \times 10^3 = \mathbf{2,8} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,63$ m; $x_b=1,63$ m, przy obciążeniach "ABCD":

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,0}{6,46} + \frac{2,8}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,3} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,0}{6,46} + 0,7 \times \frac{2,8}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,2} < \mathbf{1}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,63$ m; $x_b=1,63$ m.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 13,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych

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

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -1,9 \times (1 + 0,60) = -3,0 \text{ mm}$$

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

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = -2,0 + -3,0 = \underline{\underline{5,0}} < \underline{\underline{13,0}} = u_{net,fin}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=1,39 \text{ m}$; $x_b=1,39 \text{ m}$.

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

$$l_c = \mu l = 0,723 \times 2,783 = 2,012 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,783 = 2,783 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 2,012 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,783 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,012 / 0,0404 = 49,79$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,783 / 0,0231 = 120,51$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (49,79)^2 = 29,46 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (120,51)^2 = 5,03 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 29,46} = 0,844$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 5,03} = 2,043$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,844 - 0,5) + (0,844)^2] = 0,891$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (2,043 - 0,5) + (2,043)^2] = 2,742$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,891 + \sqrt{0,891^2 - 0,844^2}) = 0,851$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,742 + \sqrt{2,742^2 - 2,043^2}) = 0,219$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 112,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 1,4 / 112,00 \times 10 = \mathbf{0,1} < \mathbf{2,12} = 0,219 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,39 \text{ m}$; $x_b=1,39 \text{ m}$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,1}{0,851 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{1,1}{11,08} = \mathbf{0,111} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,1}{0,219 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{1,1}{11,08} = \mathbf{0,126} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,39$ m; $x_b=1,39$ m, .

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

$$l_d = 1,00 \times 2783 + 140 + 140 = 3063 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,\text{mean}}}{G_{\text{mean}}}} = \sqrt{\frac{3063 \times 140 \times 11,08}{3,142 \times 80^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,357$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,3 / 261,33 \times 10^3 = \mathbf{1,1} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,39$ m; $x_b=1,39$ m, przy obciążeniach "ABCD":

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

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

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,39$ m; $x_b=1,39$ m:

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

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

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,39$ m; $x_b=1,39$ m.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 11,1 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych:

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,1 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2783)^2] (1 + 0,60) = -0,2 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych:

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,4 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2783)^2] (1 + 0,60) = -0,7 \text{ mm}$$

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

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = -0,2 + -0,7 = \underline{\underline{0,9}} < \underline{\underline{11,1}} = u_{net,fin}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 3

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=1,39 \text{ m}$; $x_b=1,39 \text{ m}$.

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

$$l_c = \mu l = 0,723 \times 2,783 = 2,012 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,783 = 2,783 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 2,012 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,783 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,012 / 0,0404 = 49,79$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,783 / 0,0231 = 120,51$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (49,79)^2 = 29,46 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (120,51)^2 = 5,03 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 29,46} = 0,844$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 5,03} = 2,043$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,844 - 0,5) + (0,844)^2] = 0,891$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (2,043 - 0,5) + (2,043)^2] = 2,742$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,891 + \sqrt{0,891^2 - 0,844^2}) = 0,851$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,742 + \sqrt{2,742^2 - 2,043^2}) = 0,219$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 112,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 2,0 / 112,00 \times 10 = \underline{\underline{0,2}} < \underline{\underline{2,12}} = 0,219 \times 9,69 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,39 \text{ m}$; $x_b=1,39 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABCD":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,2}{0,851 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{0,2}{11,08} = \underline{\underline{0,036}} < \underline{\underline{1}}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,2}{0,219 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,2}{11,08} = \underline{\underline{0,093}} < \underline{\underline{1}}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,39$ m; $x_b=1,39$ m.

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

$$l_d = 1,00 \times 2783 + 140 + 140 = 3063 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,\text{mean}}}{G_{\text{mean}}}} = \sqrt{\frac{3063 \times 140 \times 11,08}{3,142 \times 80^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,357$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,0 / 261,33 \times 10^3 = \mathbf{0,2} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,39$ m; $x_b=1,39$ m:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,2}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{0,2}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,39$ m; $x_b=1,39$ m:

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

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

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,39$ m; $x_b=1,39$ m.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 11,1 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych:

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,1 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2783)^2] (1 + 0,60) = -0,2 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("BCD"):

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,3 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2783)^2] (1 + 0,60) = 0,5 \text{ mm}$$

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

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,2 + 0,5 = \mathbf{0,3} < \mathbf{11,1} = u_{\text{net,fin}}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 4

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=1,63$ m; $x_b=1,63$ m.

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

$$l_c = \mu l = 0,819 \times 3,260 = 2,670 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,260 = 3,260 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 2,670 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 3,260 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,670 / 0,0404 = 66,06$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,260 / 0,0231 = 141,15$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (66,06)^2 = 16,74 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (141,15)^2 = 3,67 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},y}} = \sqrt{21 / 16,74} = 1,120$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},z}} = \sqrt{21 / 3,67} = 2,393$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,120 - 0,5) + (1,120)^2] = 1,189$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (2,393 - 0,5) + (2,393)^2] = 3,554$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 1 / (1,189 + \sqrt{1,189^2 - 1,120^2}) = 0,629$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 1 / (3,554 + \sqrt{3,554^2 - 2,393^2}) = 0,162$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 112,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 2,2 / 112,00 \times 10 = \mathbf{0,2} < \mathbf{1,57} = 0,162 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,63$ m; $x_b=1,63$ m:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,2}{0,629 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{0,4}{11,08} = \mathbf{0,070} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,2}{0,162 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,4}{11,08} = \mathbf{0,153} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,63$ m; $x_b=1,63$ m.

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

$$l_d = 1,00 \times 3260 + 140 + 140 = 3540 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,\text{mean}}}{G_{\text{mean}}}} = \sqrt{\frac{3540 \times 140 \times 11,08}{3,142 \times 80^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,384$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,1 / 261,33 \times 10^3 = \mathbf{0,4} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,63$ m; $x_b=1,63$ m:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,4}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{0,4}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,63$ m; $x_b=1,63$ m, przy obciążeniach "ABCD":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,2^2}{9,69^2} + \frac{0,4}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,2^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{0,4}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,63$ m; $x_b=1,63$ m.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 13,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych:

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

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych:

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,3 \times (1 + 0,60) = 0,6 \text{ mm}$$

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

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -2,0 + 0,6 = \mathbf{1,4} < \mathbf{13,0} = u_{\text{net,fin}}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 5

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=2,28$ m; $x_b=2,28$ m

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 80,00$ cm².

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 1,1 / 80,00 \times 10 = \mathbf{0,1} < \mathbf{6,46} = f_{t,0,d}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=2,28$ m; $x_b=2,28$ m.

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

$$l_d = 1,00 \times 4560 + 100 + 100 = 4760 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{4760 \times 100 \times 11,08}{3,142 \times 80^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,376$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,1 / 133,33 \times 10^3 = \mathbf{0,6} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=2,28$ m; $x_b=2,28$ m, przy obciążeniach "ABCD":

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

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

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=2,28$ m; $x_b=2,28$ m.

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 18,2 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych :

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -2,1 \times (1 + 0,60) = -3,4 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("BCD"):

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

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

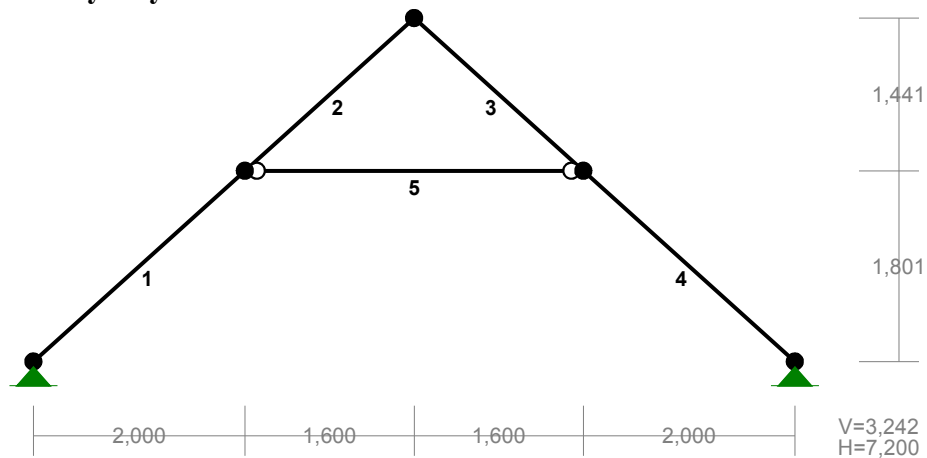
$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -3,4 + 0,0 = \mathbf{3,4} < \mathbf{18,2} = u_{\text{net,fin}}$$

KĄT NACHYLENIA POŁACI DACHOWEJ $\alpha=42^\circ$

1.6 Schemat statyczny



Pręt:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Przekrój:
1	2,000	1,801	2,691	1 krokiew 8x16
2	1,600	1,441	2,153	1 krokiew 8x16
3	1,600	-1,441	2,153	1 krokiew 8x16
4	2,000	-1,801	2,691	1 krokiew 8x16
5	3,200	0,000	3,200	2 jetka

1.7 Stale materiałowe:

Materiał: **Drewno C24**

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

Cechy drewna C24.

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

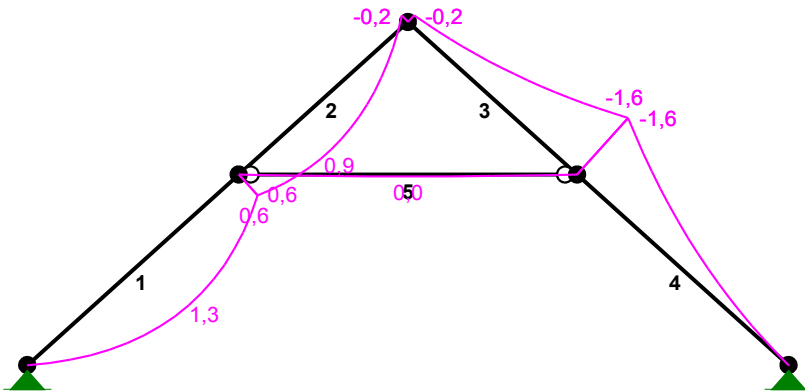
Moduł E: 11000 [N/mm²]

Napręż.gr.: 24,000 [N/mm²]

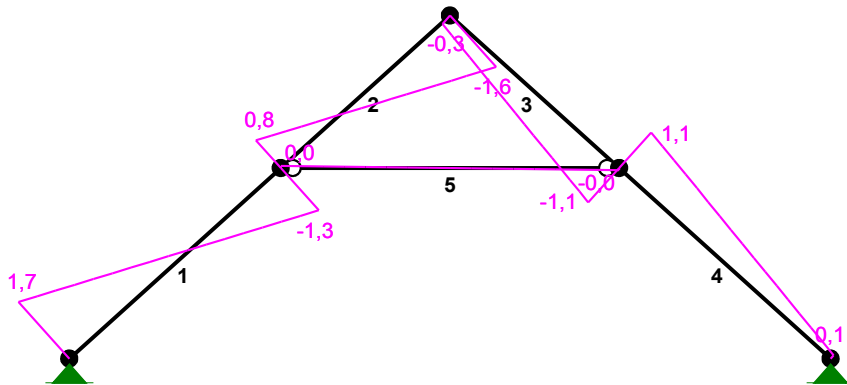
AlfaT: 5,00E-06 [1/K]

1.8 Siły wewnętrzne

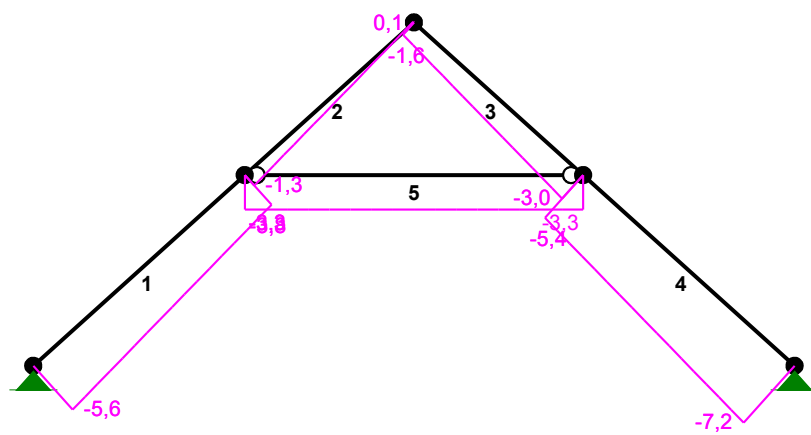
MOMENTY:



TNĄCE:



NORMALNE:



1.9 Sprawdzenie nośności prętów

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

Sprawdzenie nośności pręta nr 1

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=1,35$ m; $x_b=1,35$ m.

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

$$l_c = \mu l = 0,908 \times 2,691 = 2,443 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,691 = 2,691 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 2,444 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,691 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,444 / 0,0462 = 52,91$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,691 / 0,0231 = 116,54$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (52,91)^2 = 26,09 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (116,54)^2 = 5,38 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 26,09} = 0,897$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 5,38} = 1,976$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,897 - 0,5) + (0,897)^2] = 0,942$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,976 - 0,5) + (1,976)^2] = 2,600$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,942 + \sqrt{0,942^2 - 0,897^2}) = 0,813$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,600 + \sqrt{2,600^2 - 1,976^2}) = 0,233$$

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

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 4,7 / 128,00 \times 10 = \mathbf{0,4} < \mathbf{2,26} = 0,233 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,35$ m; $x_b=1,35$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,4}{0,813 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{3,9}{11,08} = \mathbf{0,394} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,4}{0,233 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{3,9}{11,08} = \mathbf{0,405} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,35$ m; $x_b=1,35$ m.

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

$$l_d = 1,00 \times 2691 + 160 + 160 = 3011 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,\text{mean}}}{G_{\text{mean}}}} = \sqrt{\frac{3011 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 80^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,378$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,3 / 341,33 \times 10^3 = \mathbf{3,9} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,35$ m; $x_b=1,35$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,9}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,3} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{3,9}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,2} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,35$ m; $x_b=1,35$ m:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,4^2}{9,69^2} + \frac{3,9}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,3} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,4^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{3,9}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,2} < \mathbf{1}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,35$ m; $x_b=1,35$ m.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 10,8 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych :

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2691)^2] (1 + 0,60) = -0,1 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych:

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -6,3 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2691)^2] (1 + 0,60) = -10,7 \text{ mm}$$

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

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,1 + -10,7 = \underline{\underline{10,8 = 10,8}} = u_{\text{net,fin}}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=1,08$ m; $x_b=1,08$ m.

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

$$l_c = \mu l = 0,810 \times 2,153 = 1,744 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,153 = 2,153 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 1,744 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,153 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,744 / 0,0462 = 37,76$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,153 / 0,0231 = 93,24$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (37,76)^2 = 51,22 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (93,24)^2 = 8,40 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},y}} = \sqrt{21 / 51,22} = 0,640$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},z}} = \sqrt{21 / 8,40} = 1,581$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,640 - 0,5) + (0,640)^2] = 0,719$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,581 - 0,5) + (1,581)^2] = 1,858$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 1 / (0,719 + \sqrt{0,719^2 - 0,640^2}) = 0,956$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 1 / (1,858 + \sqrt{1,858^2 - 1,581^2}) = 0,353$$

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

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 0,6 / 128,00 \times 10 = \mathbf{0,0} < \mathbf{3,42} = 0,353 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,08$ m; $x_b=1,08$ m:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,0}{0,956 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{2,5}{11,08} = \mathbf{0,231} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,0}{0,353 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{2,5}{11,08} = \mathbf{0,172} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,08$ m; $x_b=1,08$ m.

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

$$l_d = 1,00 \times 2153 + 160 + 160 = 2473 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,\text{mean}}}{G_{\text{mean}}}} = \sqrt{\frac{2473 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 80^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,343$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,9 / 341,33 \times 10^3 = 2,5 < 11,1 = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,08$ m; $x_b=1,08$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,5}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = 0,2 < 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{2,5}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = 0,2 < 1$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,08$ m; $x_b=1,08$ m:

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

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

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,08$ m; $x_b=1,08$ m.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 8,6 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych:

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2153)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych:

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -4,7 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2153)^2] (1 + 0,60) = -8,3 \text{ mm}$$

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

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = 0,0 + -8,3 = \underline{\underline{8,3}} < \underline{\underline{8,6}} = u_{net,fin}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 3

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=1,08 \text{ m}$; $x_b=1,08 \text{ m}$.

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

$$l_c = \mu l = 0,809 \times 2,153 = 1,742 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,153 = 2,153 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 1,742 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,153 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,742 / 0,0462 = 37,71$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,153 / 0,0231 = 93,24$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (37,71)^2 = 51,35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (93,24)^2 = 8,40 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/51,35} = 0,640$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/8,40} = 1,581$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,640 - 0,5) + (0,640)^2] = 0,718$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,581 - 0,5) + (1,581)^2] = 1,858$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,718 + \sqrt{0,718^2 - 0,640^2}) = 0,956$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (1,858 + \sqrt{1,858^2 - 1,581^2}) = 0,353$$

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

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 2,3 / 128,00 \times 10 = \underline{\underline{0,2}} < \underline{\underline{3,42}} = 0,353 \times 9,69 = k_{c,z} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,08 \text{ m}$; $x_b=1,08 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,2}{0,956 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{2,0}{11,08} = \underline{\underline{0,200}} < \underline{\underline{1}}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,2}{0,353 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{2,0}{11,08} = \underline{\underline{0,179}} < \underline{\underline{1}}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,08$ m; $x_b=1,08$ m.

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

$$l_d = 1,00 \times 2153 + 160 + 160 = 2473 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,\text{mean}}}{G_{\text{mean}}}} = \sqrt{\frac{2473 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 80^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,343$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,7 / 341,33 \times 10^3 = 2,0 < 11,1 = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,08$ m; $x_b=1,08$ m:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = 0,2 < 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{2,0}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = 0,1 < 1$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,08$ m; $x_b=1,08$ m:

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

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

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=1,08$ m; $x_b=1,08$ m.

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,7 / 128,0 \times 10 = 0,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 128,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

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

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,08$ m; $x_b=1,08$ m.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 8,6 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych:

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2153)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych:

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 4,4 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2153)^2] (1 + 0,60) = 7,7 \text{ mm}$$

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

Ugięcie całkowite:

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

Sprawdzenie nośności pręta nr 4

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=1,35 \text{ m}$; $x_b=1,35 \text{ m}$.

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

$$l_c = \mu l = 0,907 \times 2,691 = 2,441 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,691 = 2,691 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 2,441 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,691 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,441 / 0,0462 = 52,85$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,691 / 0,0231 = 116,54$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (52,85)^2 = 26,15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (116,54)^2 = 5,38 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},y}} = \sqrt{21/26,15} = 0,896$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},z}} = \sqrt{21/5,38} = 1,976$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,896 - 0,5) + (0,896)^2] = 0,941$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,976 - 0,5) + (1,976)^2] = 2,600$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 1 / (0,941 + \sqrt{0,941^2 - 0,896^2}) = 0,814$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 1 / (2,600 + \sqrt{2,600^2 - 1,976^2}) = 0,233$$

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

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 6,3 / 128,00 \times 10 = \mathbf{0,5} < \mathbf{2,26} = 0,233 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,35 \text{ m}$; $x_b=1,35 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,5}{0,814 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{1,4}{11,08} = \mathbf{0,187} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,5}{0,233 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{1,4}{11,08} = \mathbf{0,305} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,35 \text{ m}$; $x_b=1,35 \text{ m}$.

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

$$l_d = 1,00 \times 2691 + 160 + 160 = 3011 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \frac{\sqrt{l_d h f_{m,d}}}{\sqrt{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,\text{mean}}}{G_{\text{mean}}}} = \sqrt{\frac{3011 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 80^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,378$$

Wartość współczynnika zwiczenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,5 / 341,33 \times 10^3 = \mathbf{1,4} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,35 \text{ m}$; $x_b=1,35 \text{ m}$:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,4}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,1} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{1,4}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,1} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,35 \text{ m}$; $x_b=1,35 \text{ m}$:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,5^2}{9,69^2} + \frac{1,4}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,1} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,5^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{1,4}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,1} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=1,35 \text{ m}$; $x_b=1,35 \text{ m}$.

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,6 / 128,0 \times 10 = 0,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 128,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

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

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,35 \text{ m}$; $x_b=1,35 \text{ m}$.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 10,8 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych:

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2691)^2] (1 + 0,60) = -0,1 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 4,5 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2691)^2] (1 + 0,60) = 7,6 \text{ mm}$$

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

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,1 + 7,6 = \underline{7,5} < \underline{10,8} = u_{\text{net,fin}}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 5

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=1,60 \text{ m}$; $x_b=1,60 \text{ m}$.

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

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,200 = 3,200 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,200 = 3,200 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 3,200 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 3,200 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 3,200 / 0,0289 = 110,85$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,200 / 0,0231 = 138,56$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_{rel,y}^2 = 9,87 \times 7400 / (110,85)^2 = 5,94 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_{rel,z}^2 = 9,87 \times 7400 / (138,56)^2 = 3,80 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/5,94} = 1,880$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/3,80} = 2,350$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,880 - 0,5) + (1,880)^2] = 2,405$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (2,350 - 0,5) + (2,350)^2] = 3,445$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (2,405 + \sqrt{2,405^2 - 1,880^2}) = 0,256$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (3,445 + \sqrt{3,445^2 - 2,350^2}) = 0,168$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 80,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 3,3 / 80,00 \times 10 = \mathbf{0,4} < \mathbf{1,62} = 0,168 \times 9,69 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,60 \text{ m}$; $x_b=1,60 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,4}{0,256 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{0,3}{11,08} = \mathbf{0,191} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,4}{0,168 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,3}{11,08} = \mathbf{0,269} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,60 \text{ m}$; $x_b=1,60 \text{ m}$.

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

$$l_d = 1,00 \times 3200 + 100 + 100 = 3400 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3400 \times 100 \times 11,08}{3,142 \times 80^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,318$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,0 / 133,33 \times 10^3 = \mathbf{0,3} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,60 \text{ m}$; $x_b=1,60 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,3}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{0,3}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,60$ m; $x_b=1,60$ m:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,4^2}{9,69^2} + \frac{0,3}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,4^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{0,3}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,60$ m; $x_b=1,60$ m.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 12,8 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych:

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -0,5 \times (1 + 0,60) = -0,9 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych:

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -0,2 \times (1 + 0,60) = -0,3 \text{ mm}$$

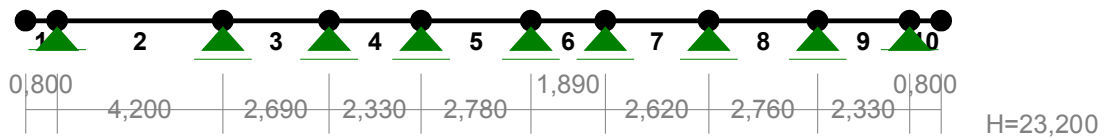
$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,9 + -0,3 = \mathbf{1,2} < \mathbf{12,8} = u_{\text{net,fin}}$$

PLATEW

1.10 Schemat statyczny



1.11 Stale materiałowe:

Materiał: **Drewno C24**

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

Cechy drewna C24.

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

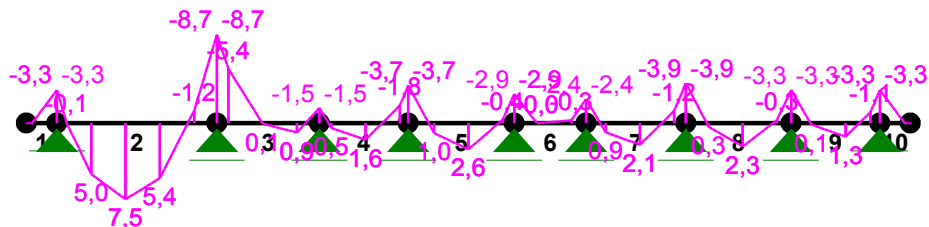
Moduł E: 11000 [N/mm²]

Napręż.gr.: 24,000 [N/mm²]

AlfaT: 5,00E-06 [1/K]

4.1.12 Siły wewnętrzne

MOMENTY:



4.1.13 Sprawdzenie nośności prętów

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

Sprawdzenie nośności pręta nr 1

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,40$ m; $x_b=0,40$ m.

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

$$l_d = 1,00 \times 800 + 180 + 180 = 1160 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,114$$

Wartość współczynnika zwiczenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,3 / 972,0 \times 10^3 = \mathbf{1,3} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,40$ m; $x_b=0,40$ m:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \mathbf{0,1} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \mathbf{0,1} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,40$ m; $x_b=0,40$ m.

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 5,0 / 324,0 \times 10 = 0,2 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 324,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

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

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=0,40$ m; $x_b=0,40$ m.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 3,2 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych:

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2](1+k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/800)^2](1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2](1+k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/800)^2](1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych:

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2](1+k_{def}) = -0,7 \times [1 + 19,2 \times (180,0/800)^2](1 + 0,60) = -2,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2](1+k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/800)^2](1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = 0,0 + -1,8 = \underline{\underline{2,2}} < \underline{\underline{3,2}} = u_{net,fin}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=2,10 \text{ m}$; $x_b=2,10 \text{ m}$.

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

$$l_d = 1,00 \times 4200 + 180 + 180 = 4560 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,227$$

Wartość współczynnika zwiczenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 6,8 / 972 \times 10^3 = \mathbf{7,00} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=2,10 \text{ m}$; $x_b=2,10 \text{ m}$:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \mathbf{0,59} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \mathbf{0,42} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=2,10 \text{ m}$; $x_b=2,10 \text{ m}$.

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 2,3 / 324,0 \times 10 = 0,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 324,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

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

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=2,10$ m; $x_b=2,10$ m.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 16,8 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych:

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -0,3 \times (1 + 0,60) = -0,5 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("A"):

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -10,2 \times (1 + 0,60) = -16,3 \text{ mm}$$

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

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,5 + -36,5 = \mathbf{16,8} = \mathbf{16,8} = u_{\text{net,fin}}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 3

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,34$ m; $x_b=1,34$ m.

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

$$l_d = 1,00 \times 2690 + 180 + 180 = 3050 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,\text{mean}}}{G_{\text{mean}}}} = \sqrt{\frac{2990 \times 150 \times 11,08}{3,142 \times 150^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,180$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,2 / 972,0 \times 10^3 = \mathbf{0,2} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,34$ m; $x_b=1,34$ m:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=1,34$ m; $x_b=1,34$ m.

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 1,0 / 324,0 \times 10 = 0,05 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 324,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \mathbf{0,05} < \mathbf{1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,34$ m; $x_b=1,34$ m.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 10,8 \text{ mm}$$

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2690)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2690)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych (“A”):

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 1,4 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2690)^2] (1 + 0,60) = 2,4 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2690)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 0,0 + 2,3 = \mathbf{2,4} < \mathbf{10,8} = u_{\text{net,fin}}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 4

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,17$ m; $x_b=1,17$ m.

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

$$l_d = 1,00 \times 2330 + 180 + 180 = 2690 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,169$$

Wartość współczynnika zwiczenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,6 / 972,0 \times 10^3 = 1,7 < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,17$ m; $x_b=1,17$ m:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,8}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,2} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{2,8}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,1} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=1,17$ m; $x_b=1,17$ m.

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 1,3 / 324,0 \times 10 = 0,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 324,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

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

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,17$ m; $x_b=1,17$ m.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 9,3 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych:

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2330)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2330)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych:

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -1,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2330)^2] (1 + 0,60) = -1,8 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2330)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 0,0 + -1,7 = \underline{\underline{1,8 < 9,3}} = u_{\text{net,fin}}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 5

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,39$ m; $x_b=1,39$ m.

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

$$l_d = 1,00 \times 2780 + 180 + 180 = 3140 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,\text{mean}}}{G_{\text{mean}}}} = 0,182$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,3 / 972,0 \times 10^3 = \underline{\underline{2,4 < 11,1}} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,39$ m; $x_b=1,39$ m:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{\underline{0,2 < 1}}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{\underline{0,2 < 1}}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=1,39$ m; $x_b=1,39$ m.

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 1,8 / 324,0 \times 10 = 0,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 324,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,1^2 + 0,0^2} = \underline{\underline{0,1 < 1,2}} = 1,000 \times 1,15 = k_{v,v,d} f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,39$ m; $x_b=1,39$ m.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 11,1 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych:

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2](1+k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2780)^2](1 + 0,60) = -0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2](1+k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2780)^2](1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych:

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2](1+k_{def}) = -2,8 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2780)^2](1 + 0,60) = -4,8 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2](1+k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2780)^2](1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = -0,1 + -4,7 = \underline{\underline{4,8 < 11,1}} = u_{net,fin}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 6

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,94$ m; $x_b=0,94$ m.

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

$$l_d = 1,00 \times 1890 + 180 + 180 = 2250 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,154$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,1 / 972,0 \times 10^3 = \underline{\underline{0,1 < 11,1}} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,94$ m; $x_b=0,94$ m:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{\underline{0,0 < 1}}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{\underline{0,0 < 1}}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,94$ m; $x_b=0,94$ m.

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,3 / 324,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 324,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

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

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=0,94$ m; $x_b=0,94$ m.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 7,6 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych :

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/1890)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/1890)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych:

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,3 \times [1 + 19,2 \times (180,0/1890)^2] (1 + 0,60) = 0,6 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/1890)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

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

Sprawdzenie nośności pręta nr 7

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,31$ m; $x_b=1,31$ m.

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

$$l_d = 1,00 \times 2620 + 180 + 180 = 2980 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,\text{mean}}}{G_{\text{mean}}}} = 0,178$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,0 / 972,0 \times 10^3 = \mathbf{2,1} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,31$ m; $x_b=1,31$ m:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \mathbf{0,2} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \mathbf{0,1} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=1,31$ m; $x_b=1,31$ m.

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 1,3 / 324,0 \times 10 = 0,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 324,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

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

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,31$ m; $x_b=1,31$ m.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 10,5 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych :

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2620)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2620)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("A"):

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = -1,9 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2620)^2] (1 + 0,60) = -3,3 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2620)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 0,0 + -3,3 = \mathbf{3,3} < \mathbf{10,5} = u_{\text{net,fin}}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 8

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,38$ m; $x_b=1,38$ m.

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

$$l_d = 1,00 \times 2760 + 180 + 180 = 3120 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,182$$

Wartość współczynnika zwężenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,1 / 972,0 \times 10^3 = \mathbf{2,2} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,38 \text{ m}$; $x_b=1,38 \text{ m}$:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \mathbf{0,2} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \mathbf{0,1} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=1,38 \text{ m}$; $x_b=1,38 \text{ m}$.

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 2,1 / 324,0 \times 10 = 0,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 324,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

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

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,38 \text{ m}$; $x_b=1,38 \text{ m}$.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 11,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych :

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2760)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2760)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych :

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -2,1 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2760)^2] (1 + 0,60) = -3,6 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2](1+k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2760)^2](1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = 0,0 + -3,6 = \underline{\underline{3,6 < 11,0}} = u_{net,fin}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 9

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,17 \text{ m}$; $x_b=1,17 \text{ m}$.

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

$$l_d = 1,00 \times 2330 + 180 + 180 = 2690 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = 0,169$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,0 / 972,0 \times 10^3 = \underline{\underline{1,0 < 11,1}} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,17 \text{ m}$; $x_b=1,17 \text{ m}$:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{\underline{0,1 < 1}}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{\underline{0,1 < 1}}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=1,17 \text{ m}$; $x_b=1,17 \text{ m}$.

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 1,3 / 324,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 324,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

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

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,17 \text{ m}$; $x_b=1,17 \text{ m}$.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 9,3 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych:

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2330)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2330)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych:

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = -0,6 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2330)^2] (1 + 0,60) = -1,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2330)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 0,0 + -1,1 = \underline{\underline{1,1}} < \underline{\underline{9,3}} = u_{\text{net,fin}}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 10

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,40$ m; $x_b=0,40$ m.

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

$$l_d = 1,00 \times 800 + 180 + 180 = 1160 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,\text{mean}}}{G_{\text{mean}}}} = 0,114$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,3 / 972,0 \times 10^3 = \underline{\underline{1,3}} < \underline{\underline{11,1}} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,40$ m; $x_b=0,40$ m:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{\underline{0,1}} < \underline{\underline{1}}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{\underline{0,1}} < \underline{\underline{1}}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,40$ m; $x_b=0,40$ m.

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 5,0 / 324,0 \times 10 = 0,2 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 324,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

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

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=0,40$ m; $x_b=0,40$ m.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 3,2 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych:

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/800)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/800)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych :

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,7 \times [1 + 19,2 \times (180,0/800)^2] (1 + 0,60) = -2,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/800)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 0,0 + -1,8 = \mathbf{2,2} < \mathbf{3,2} = u_{\text{net,fin}}$$

4.2 Stężenia, wieńce poz. 1.1., 1.2.

Przyjęto zbrojenie 4 ϕ 12 stal 18G2 – b i strzemiona ϕ 6 co 25 cm stal St0S oraz beton B20.

4.3 Ławy fundamentowe

Przyjęto ławy żelbetowe o szerokości 60 cm, zbrojone 4 ϕ 12 stal 18G2 – b i strzemiona ϕ 6 co 25 cm stal St0S oraz beton B20.