



mk-linea **biuro projektowe**

inż. Marek Kowalczyk 10-693 Olsztyn, Zaruskiego 1d
tel: 601-684-889 e-mail: mk-linea@hot.pl



Ekspertyza techniczna wiatraka **Projekt wzmocnienia konstrukcji**

Obiekt: Wiatrak typu kozłowego

Adres: Muzeum Budownictwa Ludowego w Olsztynku, działka nr 42/6

Kategoria: IX – obiekt kultury (eksponat muzealny)

Inwestor: Muzeum Budownictwa Ludowego - Park Etnograficzny w Olsztynku.
11-015 Olsztynek, ul. Leśna 23

Oświadczenie: Autor oświadcza, że niniejszy projekt sporządzono zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej.

Autor: inż. Marek Kowalczyk
P.I.I.B. WAM/BO/1218/01
upr. arch. 140/84/OL
upr. konstr. 48/88/OL
upr. konserw. 22/95/OL

Data: 31 sierpnia 2016 r.

ZAWARTOŚĆ TECZKI

Opis

| Rysunki: | skala |
|---|--------|
| Rys.01 Orientacja | 1:5000 |
| Rys.02 Elewacja A (frontowa) i B (boczna) | 1:50 |
| Rys.03 Elewacja C (tylna) i D (boczna) | 1:50 |
| Rys.04 Przekroje poprzeczne A i B | 1:50 |
| Rys.05 Przekrój podłużny C i skrzydło | 1:50 |
| Rys.06 Rzut poziom I i II | 1:50 |
| Rys.07 Rzut poziom III i IV | 1:50 |
| Rys.07 Rzut poziom V i VI | 1:50 |
| Rys.08 Rzut poziom VII | 1:50 |
| Rys.09 Wzmocnienie mącznicy | 1:10 |
| Rys.10 Wzmocnienie pojazdów | 1:10 |
| Rys.11 Wzmocnienie połączeń na poziomie VII | 1:5 |

1. PODSTAWA OPRACOWANIA

Zlecenie Muzeum Muzeum Budownictwa Ludowego – Park Etnograficzny w Olsztynku.

2. ZAKRES OPRACOWANIA

Opracowanie obejmuje:

- skanowanie inwentaryzacji z 1970 r, (obróbka plików w Photoshop CS6),
- wykonanie fotografii i pomiarów uzupełniających,
- ocenę stanu technicznego oraz uszkodzeń konstrukcji wiatraka,
- analizę statyczną konstrukcji wiatraka
- projekt wzmocnienia uszkodzonych elementów nośnych – mącznicy i pojazdów.
- projekt naprawy zerwanych połączeń konstrukcyjnego szkieletu wiatraka.

3. MATERIAŁY WYJŚCIOWE

- 3.1. Inwentaryzacja wiatraka, *mgr inż. arch. Urszula Madeja, 12-1970.*
- 3.2. *Ekspertyza mykologiczna, dr hab. inż. Robert Wójcik, 05-2016.*
- 3.3. Fotografie i pomiary uzupełniające, *inż. Marek Kowalczyk, 02-2016.*
- 3.4. Fotografie, filmy, rysunki, opracowania konserwatorskie itp. publikacje na temat zabytkowych wiatraków na terenie Polski i Holandii (*Wiadomości Konserwatorskie, Internet*).

4. HISTORIA

Ten całkowicie drewniany wiatrak koźłowy to najstarszy typ wiatraków wprowadzonych na tereny Warmii i Mazur przez zakon krzyżacki. Wiatrak został powołany w 1773 r we wsi Wodziany w gminie Małdyty. W 1974 r wiatrak translokowano na teren Muzeum Budownictwa Ludowego w Olsztynku, gdzie po naprawie mechanizmów był eksponowany także w ruchu. Obecnie, z powodu awarii konstrukcji wiatrak prowizorycznie zabezpieczono i jest niedostępny dla zwiedzających.

5. KONSTRUKCJA WIATRAKA

Dwukondygnacyjna bryła wiatraka nakryta dwuspadowym dachem z naczółkiem od strony nawietrznej jest obrotowo osadzona potężnej konstrukcji koźlowej składającej się z pionowego słupa (sztember) osadzonego na skrzyżowanych dwóch parach podwalin spoczywających na podmurówce z kamieni polnych. Sztember jest usztywniony w pionie za pomocą aż szesnastu zastrzałów (w niektórych wiatrakach bywało ich tylko osiem, a w większości zaledwie cztery). Połączenia zastrzałów wykonano na wręb zębaty przedni. Osiem zastrzałów podpira siodło, na którym obraca się wiatrak. Cztery elementy siodła są łączone na zdwojone czopy i zwidłowanie. Słupowo-ryglowy szkielet wiatraka (klatka) jest usztywniony w płaszczyźnie podłużnej za pomocą ośmiu zastrzałów – po cztery na każdej kondygnacji. W płaszczyźnie poprzecznej szkielet usztywnia osiem mieczy – także po cztery na każdej kondygnacji. Wieżba dachowa krokwiowo-jętkowa. Poniżej jętek krokwie są uformowane w łuki. Ciężar wiatraka jest przekazywany na koziół za pośrednictwem dwóch belek równoległych do osi podłużnej wiatraka (pojazdy) oraz najważniejszej, poprzecznej belki opartej na szczycie sztembra (mącznica). Stabilizację położenia i obrót mącznicy zapewnia czop wystający ze sztembra (cap). Na mącznicy znajduje się ozdobny napis „*SH 1814*” – inicjały wiatraczniaka oraz data sugerująca, że belka ta została wymieniona po 41 latach od powołania wiatraka w 1773 roku. Ściany wiatraka są oszalowane pionowymi deskami o stykach nakrytych listwami. Dach jest pokryty poziomymi deskami ułożonymi na zakład. W bocznych ścianach wiatraka są cztery okrągłe otwory zamykane od wewnątrz. W ścianie zawietrznej wiatraka znajduje się niewielki wykusz windy do transportu worków z ziarnem oraz wejście dostępne przez podwieszane schody obracające się wraz z całym wiatrakiem. Do obracania wiatraka służy dyszel zamocowany pod podłogą w osi podłużnej wiatraka oraz przestawny kołowrót o pionowej osi (baba).

6. STAN TECHNICZNY

6.1. NIERUCHOMA CZĘŚĆ KONSTRUKCJI – koziół

Kamienny fundament jest w dobrym stanie technicznym - wykazuje jedynie lokalnych ubytki zaprawy. Izolacja z papy na osnowie z tektury wykonana przed 42 laty (1974r) jest zwietrzała i częściowo utraciła właściwości ochronne. Dolne końce ośmiu zastrzałów najbardziej wysuniętych na zewnątrz oraz zewnętrzne końce podwalin są uszkodzone przez korozję biologiczną. Jednakże najsilniejsze uszkodzenia występują w podwalinach - ich górna powierzchnia często bywa zawilgocona od deszczu i topniejącego śniegu. W najbardziej uszkodzonych fragmentach stwierdzono zaawansowany rozkład drewna, które utraciło już w znacznym stopniu celulozowy szkielet (wytrzymałość i spoistość). Sztember, zastrzały i elementy siodła mają typowe promieniowe pęknięcia wywołane wysychaniem drewna oraz lokalne ubytki wywołane zgnilizną.

6.2. RUCHOMA CZĘŚĆ KONSTRUKCJI – klatka

Słupowo-ryglowa klatka wiatraka jest kompletna, jednakże stan techniczny elementów jest bardzo zróżnicowany. Najsilniej uszkodzone są trzy belki, na których spoczywa cały ciężar wiatraka, co sprawiło, że ruchoma część konstrukcji jest w stanie daleko posuniętej awarii i nie jest zdolna utrzymać się bez dodatkowych podpór, które w obecnej postaci jedynie opóźniają postęp zniszczeń. Najważniejsza, bo przejmująca większość ciężaru wiatraka, poprzeczna belka oparta na szczycie sztembra (mącznica) jest rozwarstwiona i złamana. Mącznica była przed kilku laty nieskutecznie wzmacniana nakładkami

drewnianymi i obejmami stalowymi. Opierające się na siodle dwie belki równoległe do osi podłużnej wiatraka (pojazdy) są silnie odkształcone.

Odształcenia i uszkodzenia głównych belek nośnych doprowadziły do deformacji całej klatki wiatraka, której złącza na poziomie oczepu górnej kondygnacji zostały rozerwane (w pewnym stopniu przyczyniły się do tego poziome reakcje jętkowej więźby dachowej). W rezultacie obydwie czopy sztygi - poprzecznej belki, w której znajdują się górne łożyska sochy i windy do przenoszenia kamieni młyńskich – całkowicie wysunęły się z gniazd. Sztyga utrzymuje się w miejscu tylko dzięki prowizorycznym podpórkom.

Więźba dachowa, pokrycie gontem i odeskowanie wiatraka jest w zadowalającym stanie technicznym. Pochyłe zamocowanie dyszla do obracania wiatraka sprzyja spływaniu zeń wody – dzięki temu jego uszkodzenia spowodowane zawilgoceniem i korozją biologiczną są stosunkowo niewielkie.

Także policzki i stopnie schodów zewnętrznych wykazują niewielkie uszkodzenia. Jednakże konstrukcja podtrzymująca schody (dwa wieszaki i poziomy wspornik) są w złym stanie technicznym. Wspornik od dawna nie jest w stanie utrzymać schodów i całą konstrukcję utrzymuje stalowy odciąg założony w ramach zabezpieczenia przed awarią. Przystawny kołowrót do obracania wiatraka jest w zadowalającym stanie technicznym – stojąc pod wiatrakiem jest chroniony przed opadami atmosferycznymi.

7. HISTORIA REMONTÓW

Niniejszy wykaz opiera się na rejestrach, inwentaryzacji i fotografiach udostępnionych przez Inwestora oraz śladach napraw zaobserwowanych przez autora na elementach konstrukcyjnych.

1814 – Wymiana mącznicy i częściowa wymiana zastrzałów oraz podwalin.

1??? – Montaż żeliwnej głowicy, mlewnika i nowych urządzeń do transportu pionowego.

1974 – Translokacja wiatraka do skansenu i wykonanie nowego pokrycia dachu oraz deskowania ścian.

1990 – remont-uzupełnienie opierzenia i remont podwalin.

1995 – Wykonanie i montaż śmig z opierzeniem.

1998 – Naprawa schodów.

2000 – Naprawa po wiatrach (mocowanie wału ze śmigami), remont podwalin, zastrzałów i pokrycia.

2001 – II etap remontu podwalin.

2002 – Odtworzenie hamulca.

2010 – Remont kapitalny¹. Demontaż starych i wykonanie nowych skrzydeł z zapierzeniem. Rozbiórka i odtworzenie pokrycia dachu (deski, podłatniki, łaty gont) oraz uzupełnienie części listwowania ścian. Wykonanie dyszla z kołowrotem i pachotkami, schodów wewnętrznych i zewnętrznych z galerią, rekonstrukcja windy z transmisją i sprzęgłem. Wymiana palców i naprawa koła palecznego, pytła, rękawów, młynka do czyszczenia zboża. Naprawa i rekonstrukcja hamulca i bębna. Przegląd, smarowanie i konserwacja siodła, wału skrzydłowego i podwalnicy.

¹ Projekt i nadzór: prof. Jan Świąch, dr Jerzy Adamczewski, dr Alicja Kuberka.

2011 – Uruchomienie wiatraka, naprawa wału i hamulca, ustawienie skrzydeł, konserwacja.

2012 – Cykliczne obracanie skrzydeł i naprawa mocowania obluzowanego skrzydła.

2013 – Komisyjny przegląd uszkodzeń po pokazach i zalecenie remontu pękniętej mącznicy².

2014 – Komisyjny przegląd, podstemplowanie wiatraka i podwieszenie mącznicy do belek stalowych².

2015 – Odtworzenie podłogi, remont mącznicy i wzmocnienie konstrukcji wiatraka.

8. PRZEBIEG I PRZYCZYNY AWARII

8.1. IZOLACJA OD PODŁOŻA

Zwiotczenie izolacji z papy wynika z niskiej trwałości tekturowej osnowy i użytego impregnatu. Tektura podlega butwieniu i gniciu, czyli degradacji biologicznej. Niedokładnie zaimpregnowana asfaltem papa na tekturze chłonie wodę, co powoduje jej sfałdowanie. Papy na tekturze mają niską rozciągliwość i ułożone na podłożu niestabilnym wymiarowo pękają. Cechy te w połączeniu z długim okresem eksploatacji doprowadziły do utraty własności izolacyjnych papy.

8.2. KOZIOŁ

Dolne końce ośmiu zewnętrznych zastrzałów oraz zewnętrzne końce podwalin wystają poza obrys ruchomej części wiatraka i tym samym są wystawione na działania warunków atmosferycznych. Nieprawidłowo uformowana górna powierzchnia podwalin jest pozioma³, co w połączeniu z głębokimi pęknięciami promieniowymi sprzyja wnikaniu do wnętrza belek wody deszczowej i pośniegowej i w konsekwencji stałemu utrzymywaniu wilgoci. Powstały idealne warunki do rozwoju zgnilizny pstrej rozkładającej drewno, które utraciło już w znacznym stopniu wytrzymałość i spoistość. Część elementów już wcześniej uległa tak znacznym uszkodzeniom, że wymieniono niektóre zastrzały oraz obcięto cztery końce podwalin i uzupełniono je stosując połączenia na jaskółczy ogon. Inwentaryzacja wykonana w 1970 roku dowodzi, że naprawy te miały miejsce przed translokacją wiatraka do skansenu. Z dostępnych dokumentów wynika, że podwaliny naprawiano jeszcze trzykrotnie (1990, 2000, 2001), jednakże ich wygląd nie odbiega od przedstawionego na inwentaryzacji z 1970 r, co utrudnia ustalenie zakresu tych napraw. Być może, w tym czasie dodano stalowe płaskowniki i sworznie z ocynkowanymi nakrętkami. Sztember, zastrzały i elementy siodła mają typowe promieniowe pęknięcia wywołane wysychaniem drewna oraz lokalne ubytki wywołane zgnilizną, której obecność wskazuje na występowanie w odległej przeszłości okresowego zawilgocenia tych elementów (obecnie dach nie przecieka).

8.3. MACZNICA I POJAZDY

Cały ciężar ruchomej części wiatraka wraz z mechanizmami i przerabianym materiałem utrzymywany jest przez trzy elementy: mącznicę spoczywającą na sztembrze i dwa pojazdy oparte na siodle. Jak wykazały obliczenia statyczne, w nieuszkodzonej konstrukcji 64% obciążeń przejmuje mącznica, natomiast pojazdy przejmują po 18% obciążeń. Mimo znacznego przekroju (70x70cm) i niemal dwukrotnego zapasu nośności mącznica po 200 latach pracy złamała się. Układ i zakres pęknięć zdradza ich przyczynę.

² Nadzór: prof. Jan Święch

³ W Holandii dwuspadowa powierzchnia podwalin wiatraków gwarantuje spływ wody i szybkie wysychanie.

Już w odległej przeszłości szerokie pęknięcia promieniowe pochodzące od skurczu wysychającego drewna spowodowały podział mącznicy na trzy warstwy i sześciokrotny spadek wskaźnika wytrzymałości.⁴ Osłabienie silnie obciążonej mącznicy doprowadziło do kolejnego uszkodzenia – nastąpiło rozerwanie części rozciąganych włókien. Dowód takiego przebiegu zniszczenia znajduje się dokładnie w punkcie oparcia mącznicy na sztembrze – rozerwane włókna znajdują się w połowie wysokości belki, a wzajemne przesunięcie rozwarstwionych fragmentów jest doskonale czytelne na całej długości tego ramienia mącznicy. Bardzo świeży wygląd zerwanych włókien – brak kurzu i przebarwień drewna – dowodzi, że nastąpiło to niedawno.⁵ Znaczne odkształcenie mącznicy wywołało redystrybucję obciążeń za pośrednictwem belek mącznych, słupów i zastrzałów na pojazdy, które na skutek przeciążenia także poważnie się odkształciły. Dodatkowe obliczenia obrazujące zaistniałą awarię i jej skutki wykazały, że mącznica przejmuje już tylko 49% obciążeń, a obciążenie pojazdów wzrosło do 51%. Ustawione w porę tymczasowe podpory narożnych słupów klatki wiatraka uchroniły konstrukcję od całkowitego załamania.

Interesujące wyniki dało porównanie dolnej krawędzi deskowania ścian z odkształceniami pojazdów i podłogi. Mimo, że strzałka wypiętrzenia bocznych krawędzi podłogi przy ścianach podłużnych wynosi 15 i 16 cm, to dolna krawędź wykonanego w 1974 r. deskowania tych ścian stanowi linię prostą (sic!). Brak dowodów na wymianę deskowania od czasu translokacji oznacza, że awaria wiatraka została zapoczątkowana już w Wodzianach i przez ostatnie 42 lata odkształcenia konstrukcji nie wzrosły znacząco (w przeciwnym razie krawędź deskowania odkształciłaby się identycznie jak podłoga).

8.4. WĘZŁY CIESIELSKIE

Odształcenia głównych belek nośnych doprowadziły do deformacji klatki wiatraka, której złącza nie były przygotowane na przejście zwiększonych obciążeń⁶. W rezultacie połączenia szczególnie narażone na siły rozciągające rozluźniły się. Zjawisko to jest obserwowane szczególnie na poziomie oczepu ostatniej kondygnacji, gdzie doszło do całkowitego wysunięcia czopów sztogi z gniazd. Prowizorycznie podparta sztoga nie jest w stanie zapewnić stabilnego położenia sochy i osadzonego na niej cewia, które powinno zazębiać się z palcami koła palecznego osadzonego na wale skrzydłowym. Ewentualna próba uruchomienia mechanizmu doprowadzi niechybnie do niebezpiecznej awarii.

8.5. SCHODY ZEWNĘTRZNE

Zewnętrzne wieszak, policzki i stopnie wymienione przed dziesięciu laty nie uległy poważnym uszkodzeniom ze względu na stosunkowo krótki okres eksploatacji. Jednakże policzki, wieszaki oraz poziomy wspornik z racji licznych wrębów i narażenia na zaleganie śniegu uległy zgniliźnie. Wywołało to pęknięcia uniemożliwiające samodzielne utrzymanie podwieszonych schodów.

⁴ $W_x = 2 \cdot b \cdot (h/3)^2$ wskaźnik wytrzymałości mącznicy podzielonej na trzy niezależne elementy (w tym jeden całkowicie złamany i przez to pominięty).

⁵ Pierwsze zalecenie remontu mącznicy pojawiło się w 2013 r.

⁶ Niektóre złącza nigdy nie były kołkowane.

8.6. OBLICZENIA STATYCZNE

Dokładne wyjaśnienie przyczyn i przebiegu awarii wymagało dokładnego ustalenia ciężaru własnego wszystkich elementów i sprawdzenia wyważenia ruchomej części wiatraka (mimośrod obciążeń). Zostało to przedstawione w postaci tabelarycznej:

Zestawienie nie uwzględniające wyposażenia i obciążenia użytkowego podłogi

| element | [m ³] | [kN/m ³] | [kN] | wsp. | [kN] | ex [m] | Mx [kNm] | ey [m] | My [kNm] |
|--------------------|-------------------|----------------------|----------------|------------|----------------|----------------------|---------------|------------------------|---------------|
| drewniana klatka | 43,854 | 6,0 | 263,124 | 1,3 | 342,061 | -0,519 | -177,530 | -0,022 | -7,525 |
| drewniane skrzydła | 5,832 | 6,0 | 34,992 | 1,3 | 45,490 | 3,816 | 173,588 | 0,000 | 0,000 |
| żeliwna głowica | 0,237 | 78,5 | 18,605 | 1,1 | 20,465 | 3,248 | 66,470 | 0,000 | 0,000 |
| złożenie kamieni | 0,565 | 27,0 | 15,255 | 1,3 | 19,832 | 1,000 | 19,832 | 0,000 | 0,000 |
| razem | | | 331,976 | 1,3 | 427,847 | 0,192 | 82,360 | -0,018 | -7,525 |
| | | | | | | mimośród wzdłużny | | mimośród poprzeczny | |

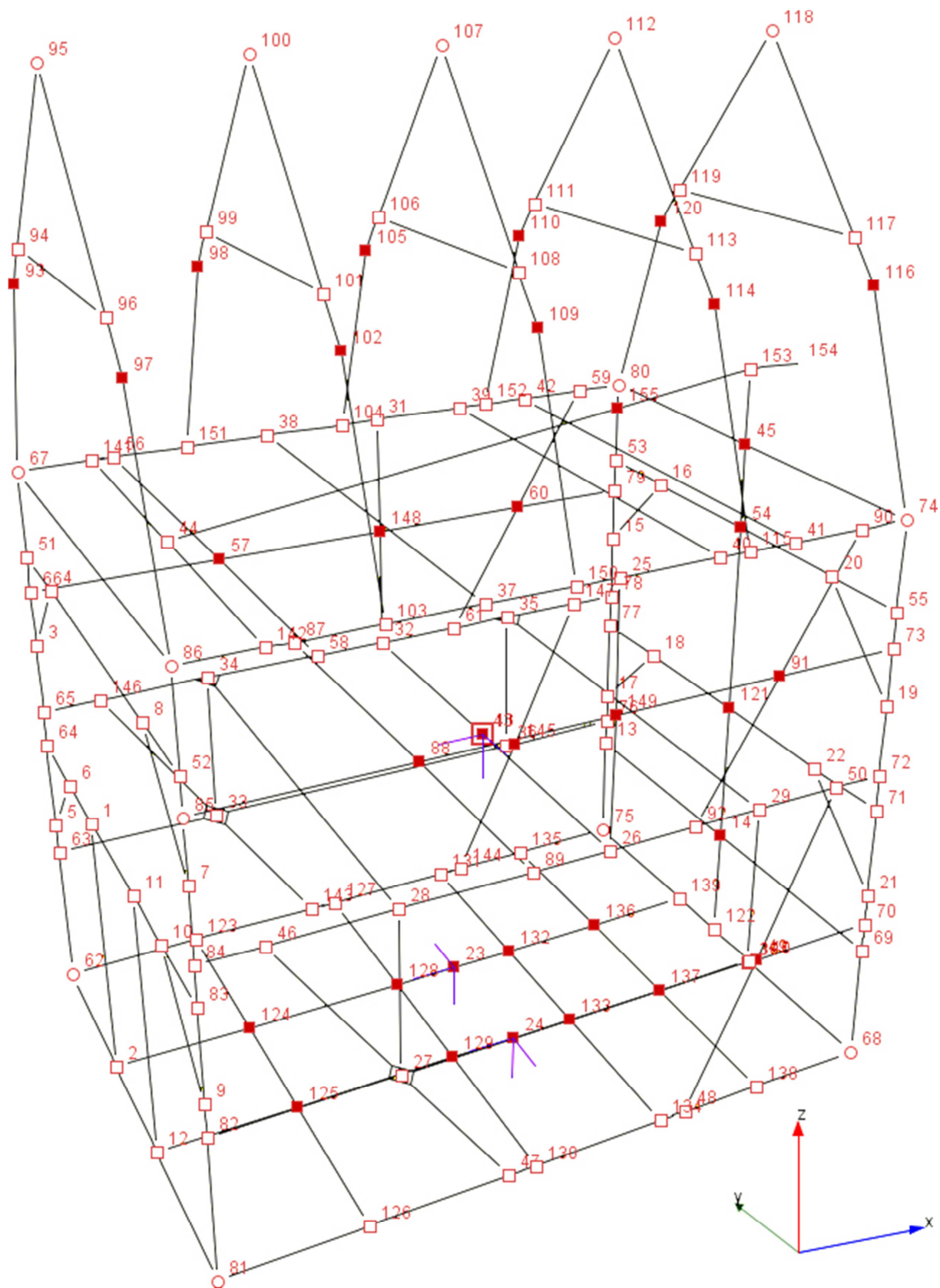
Zestawienie uwzględniające wyposażenie i obciążenie użytkowe podłogi

| element | [m ³] | [kN/m ³] | [kN] | wsp. | [kN] | ex [m] | Mx [kNm] | ey [m] | My [kNm] |
|-------------------------------|-------------------|----------------------|----------------|------------|----------------|----------------------|-----------------|------------------------|---------------|
| drewniana klatka | 43,854 | 6,0 | 263,124 | 1,3 | 342,061 | -0,519 | -177,530 | -0,022 | -7,525 |
| drewniane skrzydła | 5,832 | 6,0 | 34,992 | 1,3 | 45,490 | 3,816 | 173,588 | 0,000 | 0,000 |
| żeliwna głowica | 0,237 | 78,5 | 18,605 | 1,1 | 20,465 | 3,248 | 66,470 | 0,000 | 0,000 |
| złożenie kamieni | 0,565 | 27,0 | 15,255 | 1,3 | 19,832 | 1,000 | 19,832 | 0,000 | 0,000 |
| wyposażenie kN/m ² | 64,770 | 5,0 | 323,850 | 1,5 | 485,775 | -0,395 | -191,881 | 0,000 | 0,000 |
| razem | | | 655,826 | 1,4 | 913,622 | -0,120 | -109,521 | -0,008 | -7,525 |
| | | | | | | mimośród wzdłużny | | mimośród poprzeczny | |

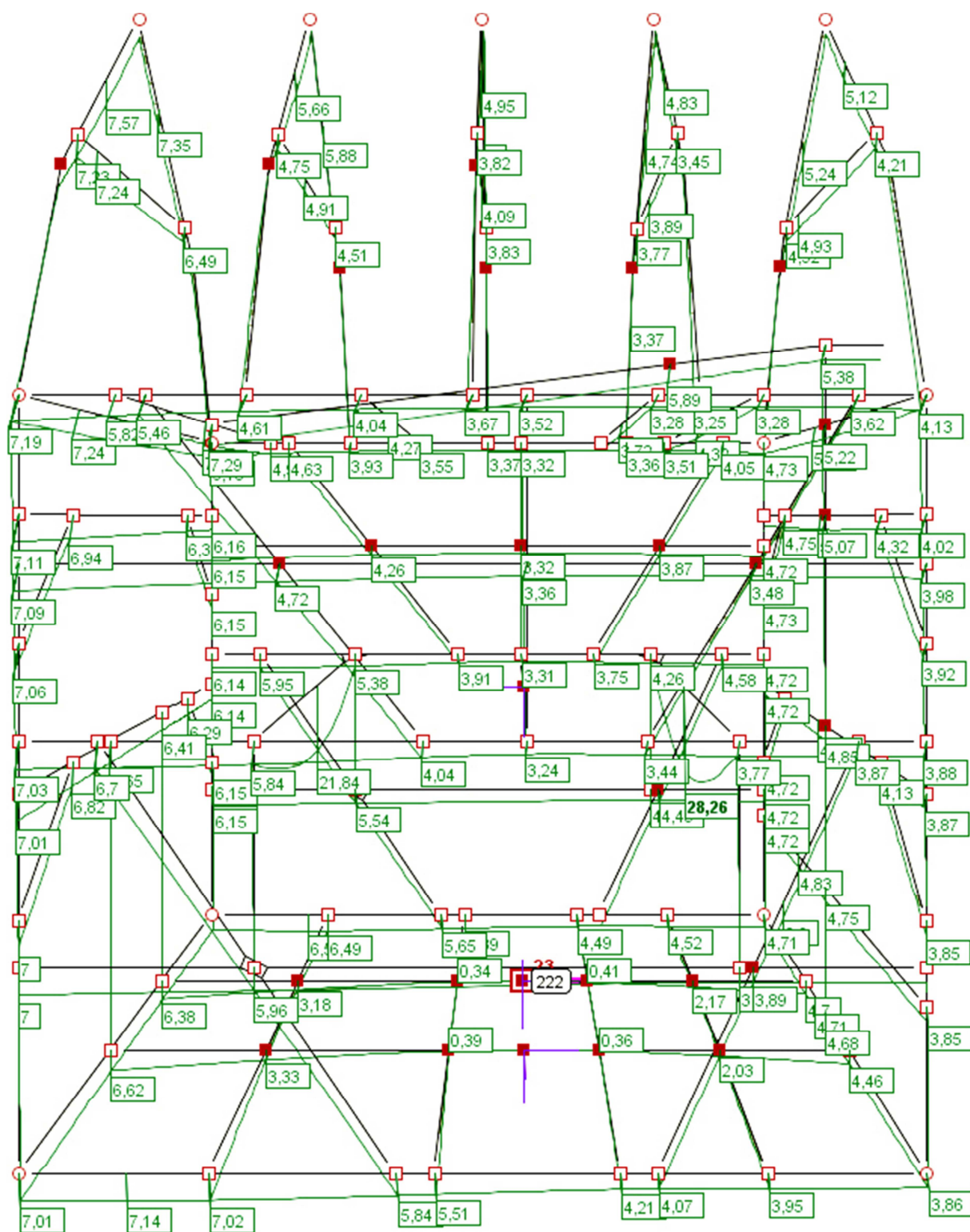
W wiatraku obciążonym mimośród podłużny wynosi 12 cm, a mimośród poprzeczny zaledwie 8 mm. Wyniki te dowodzą wysokich kwalifikacji rzemieślnika budującego ten wiatrak.

Ustalenie rzeczywistych warunków pracy wszystkich elementów konstrukcyjnych tj. słupów, rygli, zastrzałów, mieczy, węzłów sztywnych i przegubowych wymagało zbudowania przestrzennego modelu obliczeniowego w programie R3D3. Kluczowe znaczenie dla modelu statycznego miał sposób budowy historycznych konstrukcji ciesielskich, polegający na odwiązaniu⁷ wszystkich elementów przed ich montażem. Oznacza to, że cała konstrukcja została wykonana oraz zmontowana wiernie według teoretycznego modelu i uległa naturalnym deformacjom pod wpływem ciężaru własnego i obciążeń zewnętrznych dopiero po jej złożeniu i usunięciu podpór montażowych. Obliczenia statyczne oparte na powyższej metodzie montażu wykazały, że 64% obciążeń przejmuje mącznica, natomiast pojazdy przejmują po 18%. Z pozoru zaskakujące różnice wynikają z podatności poszczególnych elementów. Elementy sztywniejsze (mącznica) automatycznie przejmują większe obciążenia niż elementy bardziej podatne, które dosłownie „uchylają” się od bardziej wyťažonej pracy.

⁷ Zestawienie i dopasowanie (docięcie) wszystkich elementów więźby na ziemi wraz z wykonaniem złącz i ich oznakowaniem. Stosowane w starszych i bardziej skomplikowanych więźbach, obecnie najczęściej pomijane przy prostych konstrukcjach.



Model obliczeniowy łatki wiatraka.

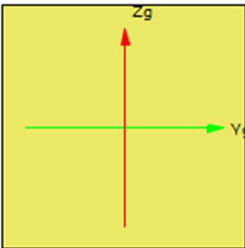


Deformacje nieuszkodzonej konstrukcji [mm].

Najsilniej ugina się belka sąsiadująca z mącznicą i przenosząca część ciężaru złożenia kamieni młyńskich: 28,26 mm.

8.7. Wymiarowanie mącznicy wg PN-B-03150:2000 Nr pręta: 19

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

| | | | |
|--|--------------------------------------|---|---|
| Geometria:  | Nazwa profilu: | 70x70 mącznica | |
| | Długość pręta: | L = 2.40 m | |
| | Pole przekroju: | A = 4900.00 cm ² | |
| | Momenty bezwładności: | J _y = 2000833.33 cm ⁴ | J _z = 2000833.33 cm ⁴ |
| | Wskaźniki wytrzymałości: | W _y = 57166.67 cm ³ | W _z = 57166.67 cm ³ |
| | Momenty bezwładności na skręcanie: | J _x = 3377406.67 cm ⁴ | |
| | Wskaźnik wytrzymałości na skręcanie: | W _x = 71479.51 cm ³ | |
| | Promienie bezwładności: | i _y = 20.21 cm | i _z = 20.21 cm |

| | |
|------------------------------------|---------------------------|
| Rodzaj drewna: | Lite |
| Klasa drewna: | C24 |
| Wytrzymałość char. na zginanie: | 24.000 MPa |
| Wytrzymałość char. na rozciąganie: | 14.000 MPa |
| Wytrzymałość char. na ściskanie: | 21.000 MPa |
| Wytrzymałość char. na ścinanie: | 4.000 MPa |
| Moduł sprężystości: | 11000.000 MPa |
| 5% kwantyl modułu sprężystości | 7400.000 MPa |
| Moduł odkształcenia: | 690.000 MPa |
| Gęstość: | 350.000 kg/m ³ |

Dane ogólne:

Klasa użytkowania konstrukcji:

2

Typ elementu:

w płaszczyźnie XY osi głównych:

wspornik

w płaszczyźnie XZ osi głównych:

wspornik

Przeważający typ obciążenia:

w płaszczyźnie XY osi głównych:

skupione

w płaszczyźnie XZ osi głównych:

skupione

Graniczne ugięcie elementu:

$$\frac{L}{n} = \frac{239.50}{150.00} = 1.597 [cm]$$

Współczynniki wybożenia:

$\mu_y = 1.00$

Długości wybożeniowe:

$$L_{c,y} = \mu_y \cdot L = 1.00 \cdot 2.40 = 2.40 [m]$$

Punkt nr: 1 na przecie, położenie: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -0.59 kN

T_y = 14.21 kN

T_z = -72.11 kN

M_x = 0.00 kNm

M_y = 0.00 kNm

M_z = 0.00 kNm

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: Ciężar własny Charakter grupy: stały

k_{mod} = 0.600

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.59 \cdot 10^{-3}}{4900.00 \cdot 10^{-4}} = 0.001 \text{ [MPa]}$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{ey}}{i_y} = \frac{2.40}{202.07 \cdot 10^{-3}} = 11.852$$

Naprężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 7400.000}{11.852^2} = 519.918 \text{ [MPa]}$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$$\beta_C = 0.20$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,cr,y}}} = \sqrt{\frac{21.00}{519.92}} = 0.201$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left(1 + \beta_C \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.5) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left(1 + 0.20 \cdot (0.20 - 0.5) + 0.20^2 \right) = 0.490$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{ey} = \frac{l}{\left(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{l}{\left(0.49 + \sqrt{0.49^2 - 0.20^2} \right)} = 1.000$$

$$k_{ez} = 1.0$$

Ściskanie:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{ey} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{0.00}{1.00 \cdot 9.69} = 0.000 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{ez} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{0.00}{1.00 \cdot 9.69} = 0.000 \leq 1$$

Punkt nr: 2 na przecie, położenie: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -0.56 \text{ kN}$$

$$T_y = -4.80 \text{ kN}$$

$$T_z = -148.82 \text{ kN}$$

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

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

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

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe

Charakter grupy: długotrwały

$$k_{mod} = 0.700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 2.154 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{A} = 1.5 \cdot \frac{4.80 \cdot 10^{-3}}{4900.00 \cdot 10^{-4}} = 0.015 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{A} = 1.5 \cdot \frac{148.82 \cdot 10^{-3}}{4900.00 \cdot 10^{-4}} = 0.456 \text{ [MPa]}$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{xd}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{v,d}}\right)^2 = \left(\frac{0.46}{2.15}\right)^2 + \left(\frac{0.01}{2.15}\right)^2 = 0.045 \leq 1$$

Punkt nr: 3 na przecie, położenie: 1.20 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -0.56 \text{ kN}$$

$$T_y = -4.80 \text{ kN}$$

$$T_z = -158.40 \text{ kN}$$

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

$$M_y = 183.51 \text{ kNm}$$

$$M_z = -5.75 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe

Charakter grupy: długotrwały

$$k_{\text{mod}} = 0.700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 12.923 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{183.51 \cdot 10^{-3}}{57166.67 \cdot 10^{-6}} = 3.210 \text{ [MPa]}$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$n = \sqrt{\frac{E_{\text{mean}}}{G_{\text{mean}}}} = \sqrt{\frac{11000.00}{690.00}} = 3.993$$

$$L_d = w_s \cdot L + 2 \cdot h = 0.85 \cdot 2.40 + 2 \cdot 0.70 = 3.436 \text{ [m]}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot k_{\text{mod}} \cdot f_{mk}}{(1.3 \cdot \pi \cdot b^2 \cdot E_{005})}} \cdot n = \sqrt{\frac{3.44 \cdot 0.70 \cdot 0.70 \cdot 24.00}{(1.3 \cdot 3.14 \cdot 0.70^2 \cdot 7400.00)}} \cdot 3.99 = 0.104$$

$$k_{\text{crit}} = 1.0$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,d}} = \frac{3.21}{1.00 \cdot 12.92} = 0.248 \leq 1$$

Punkt nr: 4 na przecie, położenie: 1.20 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -0.56 \text{ kN}$$

$$T_y = -4.80 \text{ kN}$$

$$T_z = -158.40 \text{ kN}$$

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

$$M_y = 183.51 \text{ kNm}$$

$$M_z = -5.75 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe

Charakter grupy: długotrwały

$$k_{\text{mod}} = 0.700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 12.923 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 11.308 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{183.51 \cdot 10^{-3}}{57166.67 \cdot 10^{-6}} = 3.210 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{5.75 \cdot 10^{-3}}{57166.67 \cdot 10^{-6}} = 0.101 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0,56 \cdot 10^{-3}}{4900,00 \cdot 10^{-4}} = 0,001 \text{ [MPa]}$$

Zginanie ze ściskaniem:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0,00}{11,31} \right)^2 + \frac{3,21}{12,92} + 0,70 \cdot \frac{0,10}{12,92} = 0,254 \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0,00}{11,31} \right)^2 + 0,70 \cdot \frac{3,21}{12,92} + \frac{0,10}{12,92} = 0,182 \leq 1$$

Punkt nr: 5 na przecie, położenie: 1.20 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -0,56 \text{ kN}$$

$$T_y = -4,80 \text{ kN}$$

$$T_z = -158,40 \text{ kN}$$

$$M_x = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 183,51 \text{ kNm}$$

$$M_z = -5,75 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe

Charakter grupy: długotrwały

$$k_{mod} = 0,700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0,70 \cdot \frac{4,00}{1,30} = 2,154 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1,5 \cdot \frac{T_y}{A} = 1,5 \cdot \frac{4,80 \cdot 10^{-3}}{4900,00 \cdot 10^{-4}} = 0,015 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1,5 \cdot \frac{T_z}{A} = 1,5 \cdot \frac{158,40 \cdot 10^{-3}}{4900,00 \cdot 10^{-4}} = 0,485 \text{ [MPa]}$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{vd}} \right)^2 = \left(\frac{0,48}{2,15} \right)^2 + \left(\frac{0,01}{2,15} \right)^2 = 0,051 \leq 1$$

Punkt nr: 6 na przecie, położenie: 2.40 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -0,56 \text{ kN}$$

$$T_y = -4,80 \text{ kN}$$

$$T_z = -172,40 \text{ kN}$$

$$M_x = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 381,13 \text{ kNm}$$

$$M_z = -11,50 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe

Charakter grupy: długotrwały

$$k_{mod} = 0,700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0,70 \cdot \frac{24,00}{1,30} = 12,923 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{381,13 \cdot 10^{-3}}{57166,67 \cdot 10^{-6}} = 6,667 \text{ [MPa]}$$

Smukłość sprawdzona przy zginaniu:

$$n = \sqrt{\frac{E_{0mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{11000,00}{690,00}} = 3,993$$

$$L_d = w_s \cdot L + 2 \cdot h = 0,85 \cdot 2,40 + 2 \cdot 0,70 = 3,436 \text{ [m]}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot k_{mod} \cdot f_{mk}}{\left(1.3 \cdot \pi \cdot b^2 \cdot E_{005}\right)}} \cdot n = \sqrt{\frac{3.44 \cdot 0.70 \cdot 0.70 \cdot 24.00}{\left(1.3 \cdot 3.14 \cdot 0.70^2 \cdot 7400.00\right)}} \cdot 3.99 = 0.104$$

$$k_{crit} = 1.0$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{6.67}{1.00 \cdot 12.92} = 0.516 \leq 1$$

Punkt nr: 7 na przecie, położenie: 2.40 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -0.56 \text{ kN}$$

$$T_y = -4.80 \text{ kN}$$

$$T_z = -172.40 \text{ kN}$$

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

$$M_y = 381.13 \text{ kNm}$$

$$M_z = -11.50 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe Charakter grupy: długotrwały

$$k_{mod} = 0.700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 12.923 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 11.308 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{381.13 \cdot 10^{-3}}{57166.67 \cdot 10^{-6}} = 6.667 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{11.50 \cdot 10^{-3}}{57166.67 \cdot 10^{-6}} = 0.201 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.56 \cdot 10^{-3}}{4900.00 \cdot 10^{-4}} = 0.001 \text{ [MPa]}$$

Zginanie ze ścisaniem:

$$\left(\frac{\sigma_{c0,d}}{f_{c0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0.00}{11.31}\right)^2 + \frac{6.67}{12.92} + 0.70 \cdot \frac{0.20}{12.92} = 0.527 \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c0,d}}{f_{c0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0.00}{11.31}\right)^2 + 0.70 \cdot \frac{6.67}{12.92} + \frac{0.20}{12.92} = 0.377 \leq 1$$

Punkt nr: 8 na przecie, położenie: 2.40 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -0.56 \text{ kN}$$

$$T_y = -4.80 \text{ kN}$$

$$T_z = -172.40 \text{ kN}$$

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

$$M_y = 381.13 \text{ kNm}$$

$$M_z = -11.50 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe Charakter grupy: długotrwały

$$k_{mod} = 0.700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 2.154 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

użytkowe(1.00) 0.50

śnieg(1.00) 0.25

Przyjęte współczynniki uwzględniające wpływ sił tnących:

Typ elementu w płaszczyźnie XY osi głównych: wspornik

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XY osi głównych: skupione

$$k_{scy} = 1 + 0.3 \cdot \left(\frac{E}{G} \right) \cdot \left(\frac{b}{L} \right)^2 = 1 + 0.3 \cdot \left(\frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left(\frac{700.00 \cdot 10^{-3}}{2.40} \right)^2 = 1.409$$


Typ elementu w płaszczyźnie XZ osi głównych: wspornik

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XZ osi głównych: skupione

$$k_{scz} = 1 + 0.3 \cdot \left(\frac{E}{G} \right) \cdot \left(\frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 0.3 \cdot \left(\frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left(\frac{700.00 \cdot 10^{-3}}{2.40} \right)^2 = 1.409$$

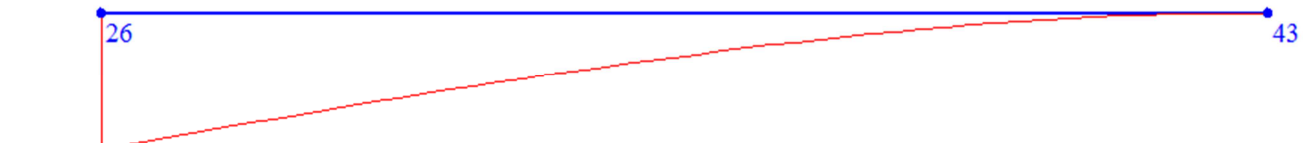
$$u_y = k_{scy} \cdot \sum u(i)_y \cdot (1 + k_{def}(i)) = 1.41 \cdot [0.012 \cdot (1 + 0.80) + -0.046 \cdot (1 + 0.80) + 0.074 \cdot (1 + 0.50) + 0.008 \cdot (1 + 0.25)] = 0.085 [cm]$$

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



$$u_z = k_{scz} \cdot \sum u(i)_z \cdot (1 + k_{def}(i)) = 1.41 \cdot [-0.094 \cdot (1 + 0.80) + -0.032 \cdot (1 + 0.80) + -0.165 \cdot (1 + 0.50) + -0.029 \cdot (1 + 0.25)] = -0.719 [cm]$$

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



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|0.085|^2 + |-0.719|^2} = 0.724 [cm]$$

$$u_b = u_{bz} = 0.000 [cm]$$

$$\Delta u_y = u_y - u_{by} = 0.073 [cm]$$

$$\Delta u_z = u_z - u_{bz} = 0.576 [cm]$$

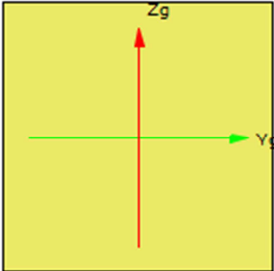
$$\Delta u_{max} = \sqrt{\Delta u_y^2 + \Delta u_z^2} = \sqrt{|0.073|^2 + |0.576|^2} = 0.581 \leq 1.597 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |0.000 - 0.514| = 0.514 [cm]$$

8.8. Wymiarowanie pojazdów wg PN-B-03150:2000. Nr pręta: 223

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

| | | | |
|--|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Geometria:  | Nazwa profilu: | 48x48 pojazd | |
| | Długość pręta: | $L = 0.67 \text{ m}$ | |
| | Pole przekroju: | $A = 2304.00 \text{ cm}^2$ | |
| | Momenty bezwładności: | $J_y = 442368.00 \text{ cm}^4$ | $J_z = 442368.00 \text{ cm}^4$ |
| | Wskaźniki wytrzymałości: | $W_y = 18432.00 \text{ cm}^3$ | $W_z = 18432.00 \text{ cm}^3$ |
| | Momenty bezwładności na skręcanie: | $J_x = 746717.18 \text{ cm}^4$ | |
| | Wskaźnik wytrzymałości na skręcanie: | $W_x = 23046.83 \text{ cm}^3$ | |
| | Promienie bezwładności: | $i_y = 13.86 \text{ cm}$ | $i_z = 13.86 \text{ cm}$ |

| | |
|------------------------------------|---------------------------|
| Rodzaj drewna: | Lite |
| Klasa drewna: | C24 |
| Wytrzymałość char. na zginanie: | 24.000 MPa |
| Wytrzymałość char. na rozciąganie: | 14.000 MPa |
| Wytrzymałość char. na ściskanie: | 21.000 MPa |
| Wytrzymałość char. na ścinanie: | 4.000 MPa |
| Moduł sprężystości: | 11000.000 MPa |
| 5% kwantyl modułu sprężystości | 7400.000 MPa |
| Moduł odkształcenia: | 690.000 MPa |
| Gęstość: | 350.000 kg/m ³ |

Dane ogólne:

Klasa użytkowania konstrukcji:

2

Typ elementu:

w płaszczyźnie XY osi głównych:

wspornik

w płaszczyźnie XZ osi głównych:

wspornik

Przeważający typ obciążenia:

w płaszczyźnie XY osi głównych:

skupione

w płaszczyźnie XZ osi głównych:

skupione

Graniczne ugięcie elementu:

$$\frac{L}{n} = \frac{67.00}{150.00} = 0.447 [\text{cm}]$$

Współczynniki wybożenia:

$\mu_y = 1.00$

Długości wybożeniowe:

$L_{c,y} = \mu_y * L = 1.00 * 0.67 = 0.67 [\text{m}]$

Punkt nr: 1 na przecie, położenie: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$N = 2.47 \text{ kN}$

$T_y = 0.83 \text{ kN}$

$T_z = 50.61 \text{ kN}$

$M_x = -0.78 \text{ kNm}$

$M_y = 92.49 \text{ kNm}$

$M_z = 0.01 \text{ kNm}$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe

Charakter grupy: długotrwały

$k_{\text{mod}} = 0.700$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 12.923 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{92.49 \cdot 10^{-3}}{18432.00 \cdot 10^{-6}} = 5.018 \text{ [MPa]}$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$n = \sqrt{\frac{E_{0mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{11000.00}{690.00}} = 3.993$$

$$L_d = w_s \cdot L + 2 \cdot h = 0.85 \cdot 0.67 + 2 \cdot 0.48 = 1.530 \text{ [m]}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot k_{mod} \cdot f_{mk}}{(1.3 \cdot \pi \cdot b^2 \cdot E_{005})}} \cdot n = \sqrt{\frac{1.53 \cdot 0.48 \cdot 0.70 \cdot 24.00}{(1.3 \cdot 3.14 \cdot 0.48^2 \cdot 7400.00)}} \cdot 3.99 = 0.084$$

$$k_{crit} = 1.0$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{5.02}{1.00 \cdot 12.92} = 0.388 \leq 1$$

Punkt nr: 2 na przecie, położenie: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 2.47 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.83 \text{ kN}$$

$$T_z = 50.61 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.78 \text{ kNm}$$

$$M_y = 92.49 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.01 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe

Charakter grupy: długotrwały

$$k_{mod} = 0.700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 12.923 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td} = k_{mod} \cdot \frac{f_{tdk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 7.538 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{td,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.47 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.011 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{92.49 \cdot 10^{-3}}{18432.00 \cdot 10^{-6}} = 5.018 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{18432.00 \cdot 10^{-6}} = 0.001 \text{ [MPa]}$$

Zginanie z rozciąganiem:

$$\frac{\sigma_{td,d}}{f_{td,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.01}{7.54} + \frac{5.02}{12.92} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{12.92} = 0.390 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{td,d}}{f_{td,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.01}{7.54} + 0.70 \cdot \frac{5.02}{12.92} + \frac{0.00}{12.92} = 0.273 \leq 1$$

Punkt nr: 3 na przecie, położenie: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 2.47 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.83 \text{ kN}$$

$$T_z = 50.61 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.78 \text{ kNm}$$

$$M_y = 92.49 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.01 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe

Charakter grupy: długotrwały

$$k_{\text{mod}} = 0.700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 2.154 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{A} = 1.5 \cdot \frac{0.83 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.005 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{A} = 1.5 \cdot \frac{50.61 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.329 \text{ [MPa]}$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{v,d}}\right)^2 = \left(\frac{0.33}{2.15}\right)^2 + \left(\frac{0.01}{2.15}\right)^2 = 0.023 \leq 1$$

Punkt nr: 4 na przecie, położenie: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 2.47 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.83 \text{ kN}$$

$$T_z = 50.61 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.78 \text{ kNm}$$

$$M_y = 92.49 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.01 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe

charakter grupy: długotrwały

$$k_{\text{mod}} = 0.700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 2.154 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{A} = 1.5 \cdot \frac{0.83 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.005 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{A} = 1.5 \cdot \frac{50.61 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.329 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{\text{tor},d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.78 \cdot 10^{-3}}{23046.83 \cdot 10^{-6}} = 0.034 \text{ [MPa]}$$

Skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{\text{tor}}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{\text{max}}}{f_{v,d}}\right)^2 = \frac{0.03}{2.15} + \left(\frac{0.33}{2.15}\right)^2 = 0.039 \leq 1$$

Punkt nr: 5 na przecie, położenie: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -8.41 \text{ kN}$$

$$T_y = -3.25 \text{ kN}$$

$$T_z = 17.96 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.79 \text{ kNm}$$

$$M_y = 36.81 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.13 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: Ciężar własny
 Charakter grupy: stały
 $k_{mod} = 0.600$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{36.81 \cdot 10^{-3}}{18432.00 \cdot 10^{-6}} = 1.997 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.13 \cdot 10^{-3}}{18432.00 \cdot 10^{-6}} = 0.007 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c0,d} = \frac{N}{A} = \frac{8.41 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.036 \text{ [MPa]}$$

Zginanie ze ścisaniem:

$$\left(\frac{\sigma_{c0,d}}{f_{c0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0.04}{9.69} \right)^2 + \frac{2.00}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.01}{11.08} = 0.181 \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c0,d}}{f_{c0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0.04}{9.69} \right)^2 + 0.70 \cdot \frac{2.00}{11.08} + \frac{0.01}{11.08} = 0.127 \leq 1$$

Punkt nr: 6 na przecie, położenie: 0.34 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$N = 2.47 \text{ kN}$

$T_y = 0.83 \text{ kN}$

$T_z = 48.62 \text{ kN}$

$M_x = -0.78 \text{ kNm}$

$M_y = 75.90 \text{ kNm}$

$M_z = 0.29 \text{ kNm}$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe Charakter grupy: długotrwały

$k_{mod} = 0.700$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 12.923 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{75.90 \cdot 10^{-3}}{18432.00 \cdot 10^{-6}} = 4.118 \text{ [MPa]}$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$n = \sqrt{\frac{E_{0mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{11000.00}{690.00}} = 3.993$$

$$L_d = w_s \cdot L + 2 \cdot h = 0.85 \cdot 0.67 + 2 \cdot 0.48 = 1.530 \text{ [m]}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot k_{mod} \cdot f_{mk}}{(1.3 \cdot \pi \cdot b^2 \cdot E_{005})}} \cdot n = \sqrt{\frac{1.53 \cdot 0.48 \cdot 0.70 \cdot 24.00}{(1.3 \cdot 3.14 \cdot 0.48^2 \cdot 7400.00)}} \cdot 3.99 = 0.084$$

$$k_{crit} = 1.0$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{4.12}{1.00 \cdot 12.92} = 0.319 \leq 1$$

Punkt nr: 7 na przecie, położenie: 0.34 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 2.47 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.83 \text{ kN}$$

$$T_z = 48.62 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.78 \text{ kNm}$$

$$M_y = 75.90 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.29 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe

Charakter grupy: długotrwały

$$k_{mod} = 0.700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 12.923 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{tdk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 7.538 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{td,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.47 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.011 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{my,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{75.90 \cdot 10^{-3}}{18432.00 \cdot 10^{-6}} = 4.118 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{mz,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.29 \cdot 10^{-3}}{18432.00 \cdot 10^{-6}} = 0.016 \text{ [MPa]}$$

Zginanie z rozciąganiem:

$$\frac{\sigma_{td,d}}{f_{td,d}} + \frac{\sigma_{my,d}}{f_{my,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{mz,d}}{f_{mz,d}} = \frac{0.01}{7.54} + \frac{4.12}{12.92} + 0.70 \cdot \frac{0.02}{12.92} = 0.321 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{td,d}}{f_{td,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{my,d}}{f_{my,d}} + \frac{\sigma_{mz,d}}{f_{mz,d}} = \frac{0.01}{7.54} + 0.70 \cdot \frac{4.12}{12.92} + \frac{0.02}{12.92} = 0.226 \leq 1$$

Punkt nr: 8 na przecie, położenie: 0.34 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 2.47 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.83 \text{ kN}$$

$$T_z = 48.62 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.78 \text{ kNm}$$

$$M_y = 75.90 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.29 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe

Charakter grupy: długotrwały

$$k_{mod} = 0.700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 2.154 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{A} = 1.5 \cdot \frac{0.83 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.005 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{A} = 1.5 \cdot \frac{48.62 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.317 [\text{MPa}]$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{v,d}}\right)^2 = \left(\frac{0.32}{2.15}\right)^2 + \left(\frac{0.01}{2.15}\right)^2 = 0.022 \leq 1$$

Punkt nr: 9 na przecie, położenie: 0.34 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 2.47 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.83 \text{ kN}$$

$$T_z = 48.62 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.78 \text{ kNm}$$

$$M_y = 75.90 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.29 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe

Charakter grupy: długotrwały

$$k_{\text{mod}} = 0.700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 2.154 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{A} = 1.5 \cdot \frac{0.83 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.005 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{A} = 1.5 \cdot \frac{48.62 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.317 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{\text{tor},d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.78 \cdot 10^{-3}}{23046.83 \cdot 10^{-6}} = 0.034 [\text{MPa}]$$

Skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{\text{tor}}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{\text{max}}}{f_{v,d}}\right)^2 = \frac{0.03}{2.15} + \left(\frac{0.32}{2.15}\right)^2 = 0.037 \leq 1$$

Punkt nr: 10 na przecie, położenie: 0.34 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -8.41 \text{ kN}$$

$$T_y = -3.25 \text{ kN}$$

$$T_z = 17.53 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.79 \text{ kNm}$$

$$M_y = 30.87 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.96 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: Ciężar własny

Charakter grupy: stały

$$k_{\text{mod}} = 0.600$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{30.87 \cdot 10^{-3}}{18432.00 \cdot 10^{-6}} = 1.675 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.96 \cdot 10^{-3}}{18432.00 \cdot 10^{-6}} = 0.052 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{8.41 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.036 \text{ [MPa]}$$

Zginanie ze ściskaniem:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0.04}{9.69} \right)^2 + \frac{1.67}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.05}{11.08} = 0.154 \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0.04}{9.69} \right)^2 + 0.70 \cdot \frac{1.67}{11.08} + \frac{0.05}{11.08} = 0.111 \leq 1$$

Punkt nr: 11 na przęcie, położenie: 0.67 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 2.47 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.83 \text{ kN}$$

$$T_z = 47.65 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.78 \text{ kNm}$$

$$M_y = 59.80 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.57 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe

Charakter grupy: długotrwały

$$k_{\text{mod}} = 0.700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 12.923 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{59.80 \cdot 10^{-3}}{18432.00 \cdot 10^{-6}} = 3.245 \text{ [MPa]}$$

Smukłość sprawdzona przy zginaniu:

$$n = \sqrt{\frac{E_{\text{mean}}}{G_{\text{mean}}}} = \sqrt{\frac{11000.00}{690.00}} = 3.993$$

$$L_d = w_s \cdot L + 2 \cdot h = 0.85 \cdot 0.67 + 2 \cdot 0.48 = 1.530 \text{ [m]}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot k_{\text{mod}} \cdot f_{mk}}{(1.3 \cdot \pi \cdot b^2 \cdot E_{005})}} \cdot n = \sqrt{\frac{1.53 \cdot 0.48 \cdot 0.70 \cdot 24.00}{(1.3 \cdot 3.14 \cdot 0.48^2 \cdot 7400.00)}} \cdot 3.99 = 0.084$$

$$k_{\text{crit}} = 1.0$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,d}} = \frac{3.24}{1.00 \cdot 12.92} = 0.251 \leq 1$$

Punkt nr: 12 na przęcie, położenie: 0.67 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 2.47 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.83 \text{ kN}$$

$$T_z = 47.65 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.78 \text{ kNm}$$

$$M_y = 59.80 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.57 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe

Charakter grupy: długotrwały

$$k_{\text{mod}} = 0.700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 12.923 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td} = k_{mod} \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 7.538 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{td} = \frac{N}{A} = \frac{2.47 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.011 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{59.80 \cdot 10^{-3}}{18432.00 \cdot 10^{-6}} = 3.245 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.57 \cdot 10^{-3}}{18432.00 \cdot 10^{-6}} = 0.031 [MPa]$$

Zginanie z rozciąganiem:

$$\frac{\sigma_{td}}{f_{td}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.01}{7.54} + \frac{3.24}{12.92} + 0.70 \cdot \frac{0.03}{12.92} = 0.254 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{td}}{f_{td}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.01}{7.54} + 0.70 \cdot \frac{3.24}{12.92} + \frac{0.03}{12.92} = 0.180 \leq 1$$

Punkt nr: 13 na przecie, położenie: 0.67 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 2.47 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.83 \text{ kN}$$

$$T_z = 47.65 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.78 \text{ kNm}$$

$$M_y = 59.80 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.57 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe Charakter grupy: długotrwały

$$k_{mod} = 0.700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 2.154 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{A} = 1.5 \cdot \frac{0.83 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.005 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{A} = 1.5 \cdot \frac{47.65 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.310 [MPa]$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{vd}} \right)^2 = \left(\frac{0.31}{2.15} \right)^2 + \left(\frac{0.01}{2.15} \right)^2 = 0.021 \leq 1$$

Punkt nr: 14 na przecie, położenie: 0.67 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 2.47 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.83 \text{ kN}$$

$$T_z = 47.65 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.78 \text{ kNm}$$

$$M_y = 59.80 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.57 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: użytkowe Charakter grupy: długotrwały

$$k_{mod} = 0.700$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.70 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 2.154 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{A} = 1.5 \cdot \frac{0.83 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.005 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{A} = 1.5 \cdot \frac{47.65 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.310 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.78 \cdot 10^{-3}}{23046.83 \cdot 10^{-6}} = 0.034 \text{ [MPa]}$$

Skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor}}{f_{vd}} + \left(\frac{\tau_{max}}{f_{vd}} \right)^2 = \frac{0.03}{2.15} + \left(\frac{0.31}{2.15} \right)^2 = 0.036 \leq 1$$

Punkt nr: 15 na przecie, położenie: 0.67 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -8.41 \text{ kN}$$

$$T_y = -3.25 \text{ kN}$$

$$T_z = 17.11 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.79 \text{ kNm}$$

$$M_y = 25.07 \text{ kNm}$$

$$M_z = -2.05 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: Ciężar własny Charakter grupy: stały

$$k_{mod} = 0.600$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{25.07 \cdot 10^{-3}}{18432.00 \cdot 10^{-6}} = 1.360 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{2.05 \cdot 10^{-3}}{18432.00 \cdot 10^{-6}} = 0.111 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{8.41 \cdot 10^{-3}}{2304.00 \cdot 10^{-4}} = 0.036 \text{ [MPa]}$$

Zginanie ze ściskaniem:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0.04}{9.69} \right)^2 + \frac{1.36}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.11}{11.08} = 0.130 \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0.04}{9.69} \right)^2 + 0.70 \cdot \frac{1.36}{11.08} + \frac{0.11}{11.08} = 0.096 \leq 1$$

Wyniki obwiedni przemieszczeń:

Położenie: x = 0.67 [m]

Lista grup obciążeń:

| Nazwa grupy obciążeń | k_{def} |
|----------------------|-----------|
| Ciężar własny(1.00) | 0.80 |
| mechanizmy(1.00) | 0.80 |

Przyjęte współczynniki uwzględniające wpływ sił tnących:

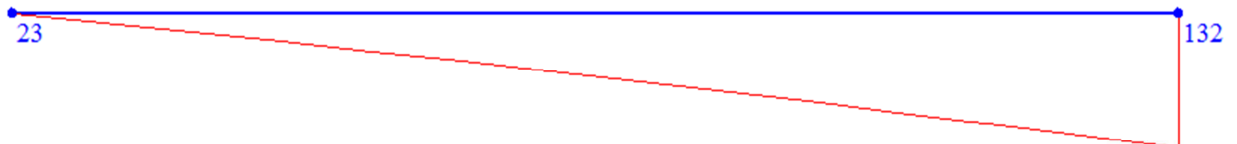
Typ elementu w płaszczyźnie XZ osi głównych: wspornik

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XZ osi głównych: skupione

$$k_{scz} = 1 + 0.3 \cdot \left(\frac{E}{G} \right) \cdot \left(\frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 0.3 \cdot \left(\frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left(\frac{480.00 \cdot 10^{-3}}{0.67} \right)^2 = 3.455$$

$$u_z = k_{scz} \cdot \sum u(i)_z \cdot (1 + k_{def}(i)) = 3.45 \cdot [0.005 \cdot (1 + 0.80) + -0.111 \cdot (1 + 0.80)] = -0.659 [cm]$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Z:



$$u_{max} = u_z = 0.659 > 0.447 [cm]$$

Warunek przekroczony o 2 mm

Wyniki ugięcia względnego:

Położenie: $x = 0.67 [m]$

Lista grup obciążeń:

| Nazwa grupy obciążeń | k_{def} |
|----------------------|-----------|
| Ciężar własny(1.00) | 0.80 |
| mechanizmy(1.00) | 0.80 |
| użytkowe(1.00) | 0.50 |

Przyjęte współczynniki uwzględniające wpływ sił tnących:

Typ elementu w płaszczyźnie XZ osi głównych: wspornik

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XZ osi głównych: skupione

$$k_{scz} = 1 + 0.3 \cdot \left(\frac{E}{G} \right) \cdot \left(\frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 0.3 \cdot \left(\frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left(\frac{480.00 \cdot 10^{-3}}{0.67} \right)^2 = 3.455$$

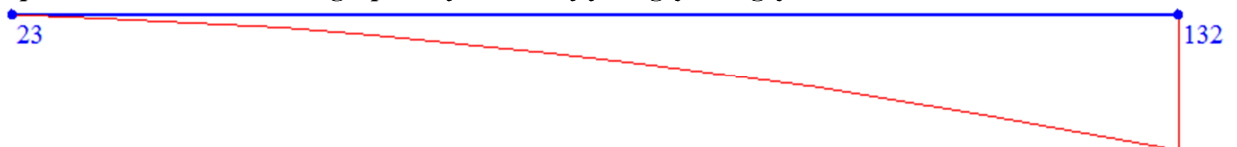
$$u_y = \sum u(i)_y \cdot (1 + k_{def}(i)) = 0.000 \cdot (1 + 0.80) + 0.000 \cdot (1 + 0.80) + -0.000 \cdot (1 + 0.50) = -0.000 [cm]$$

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



$$u_z = k_{scz} \cdot \sum u(i)_z \cdot (1 + k_{def}(i)) = 3.45 \cdot [0.005 \cdot (1 + 0.80) + -0.111 \cdot (1 + 0.80) + 0.059 \cdot (1 + 0.50)] = -0.354 [cm]$$

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



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|-0.000|^2 + |-0.354|^2} = 0.354 [cm]$$

$$u_b = u_{bz} = 0.000 [cm]$$

$$\Delta u_z = u_z - u_{bz} = 0.085 [cm]$$

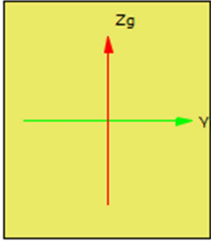
$$\Delta u_{max} = \Delta u_z = 0.085 \leq 0.447 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |0.102 - 0.000| = 0.102 [cm]$$

8.9. Wymiarowanie belki pod złożeniem kamieni wg PN-B-03150:2000 Nr pręta: 21

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

| | | | |
|--|--------------------------------------|---|---|
| Geometria:  | Nazwa profilu: | 20x23 belka podłogi piętra | |
| | Długość pręta: | L = 4.79 m | |
| | Pole przekroju: | A = 460.00 cm ² | |
| | Momenty bezwładności: | J _y = 20278.33 cm ⁴ | J _z = 15333.33 cm ⁴ |
| | Wskaźniki wytrzymałości: | W _y = 1763.33 cm ³ | W _z = 1533.33 cm ³ |
| | Momenty bezwładności na skręcanie: | J _x = 29319.00 cm ⁴ | |
| | Wskaźnik wytrzymałości na skręcanie: | W _x = 1975.27 cm ³ | |
| | Promienie bezwładności: | i _y = 6.64 cm | i _z = 5.77 cm |

| | |
|------------------------------------|---------------------------|
| Rodzaj drewna: | Lite |
| Klasa drewna: | C24 |
| Wytrzymałość char. na zginanie: | 24.000 MPa |
| Wytrzymałość char. na rozciąganie: | 14.000 MPa |
| Wytrzymałość char. na ściskanie: | 21.000 MPa |
| Wytrzymałość char. na ścinanie: | 4.000 MPa |
| Moduł sprężystości: | 11000.000 MPa |
| 5% kwantyl modułu sprężystości | 7400.000 MPa |
| Moduł odkształcenia: | 690.000 MPa |
| Gęstość: | 350.000 kg/m ³ |

Dane ogólne:

Klasa użytkowania konstrukcji:

2

Typ elementu:

w płaszczyźnie XY osi głównych:

obustronnie podparty

w płaszczyźnie XZ osi głównych:

obustronnie podparty

Przeważający typ obciążenia:

w płaszczyźnie XY osi głównych:

ciągłe

w płaszczyźnie XZ osi głównych:

ciągłe

Graniczne ugięcie elementu:

$$\frac{L}{n} = \frac{479.00}{250.00} = 1.916 [cm]$$

Współczynniki wybożenia:

$\mu_y = 1.00$

Długości wybożeniowe:

$L_{c,y} = \mu_y \cdot L = 1.00 \cdot 4.79 = 4.79 [m]$

Punkt nr: 1 na przecie, położenie: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = 0.86 kN

T_y = -0.01 kN

T_z = 0.59 kN

M_x = 0.00 kNm

M_y = 0.00 kNm

M_z = 0.00 kNm

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: Ciężar własny

Charakter grupy: stały

k_{mod} = 0.600

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0d} = \frac{N}{A} = \frac{0.86 \cdot 10^{-3}}{460.00 \cdot 10^{-4}} = 0.019 \text{ [MPa]}$$

Rozciąganie:

$$\frac{\sigma_{t0d}}{f_{t0d}} = \frac{0.02}{6.46} = 0.003 \leq 1$$

Punkt nr: 2 na przecie, położenie: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 0.73 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.07 \text{ kN}$$

$$T_z = 19.61 \text{ kN}$$

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

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

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

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: mechanizmy

Charakter grupy: stały

$$k_{mod} = 0.600$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{A} = 1.5 \cdot \frac{0.07 \cdot 10^{-3}}{460.00 \cdot 10^{-4}} = 0.002 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{A} = 1.5 \cdot \frac{19.61 \cdot 10^{-3}}{460.00 \cdot 10^{-4}} = 0.640 \text{ [MPa]}$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{vd}} \right)^2 = \left(\frac{0.64}{1.85} \right)^2 + \left(\frac{0.00}{1.85} \right)^2 = 0.120 \leq 1$$

Punkt nr: 3 na przecie, położenie: 2.34 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 0.73 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.07 \text{ kN}$$

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

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

$$M_y = -22.92 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.17 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: mechanizmy

Charakter grupy: stały

$$k_{mod} = 0.600$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{22.92 \cdot 10^{-3}}{1763.33 \cdot 10^{-6}} = 12.998 \text{ [MPa]}$$

Smukłość sprawdzona przy zginaniu:

$$n = \sqrt{\frac{E_{0mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{11000.00}{690.00}} = 3.993$$

$$L_d = w_s \cdot L = 1.00 \cdot 4.79 = 4.790 \text{ [m]}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot k_{mod} \cdot f_{mk}}{1.3 \cdot \pi \cdot b^2 \cdot E_{005}}} \cdot n = \sqrt{\frac{4.79 \cdot 0.23 \cdot 0.60 \cdot 24.00}{1.3 \cdot 3.14 \cdot 0.20^2 \cdot 7400.00}} \cdot 3.99 = 0.229$$

$$k_{crit} = 1.0$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{13.00}{1.00 \cdot 11.08} = 1.173 > 1$$

Warunek przekroczony!!!

Punkt nr: 4 na przecie, położenie: 2.34 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$\begin{aligned} N &= 0.73 \text{ kN} & T_y &= -0.07 \text{ kN} & T_z &= -0.00 \text{ kN} \\ M_x &= 0.00 \text{ kNm} & M_y &= -22.92 \text{ kNm} & M_z &= -0.17 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: mechanizmy Charakter grupy: stały

$$k_{mod} = 0.600$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.73 \cdot 10^{-3}}{460.00 \cdot 10^{-4}} = 0.016 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{22.92 \cdot 10^{-3}}{1763.33 \cdot 10^{-6}} = 12.998 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.17 \cdot 10^{-3}}{1533.33 \cdot 10^{-6}} = 0.114 [\text{MPa}]$$

Zginanie z rozciąganiem:

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.02}{6.46} + \frac{13.00}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.11}{11.08} = 1.183 > 1$$

Warunek przekroczony!!!

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.02}{6.46} + 0.70 \cdot \frac{13.00}{11.08} + \frac{0.11}{11.08} = 0.834 \leq 1$$

Punkt nr: 5 na przecie, położenie: 2.34 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$\begin{aligned} N &= 0.73 \text{ kN} & T_y &= -0.07 \text{ kN} & T_z &= -0.08 \text{ kN} \\ M_x &= 0.00 \text{ kNm} & M_y &= -22.92 \text{ kNm} & M_z &= -0.18 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: mechanizmy Charakter grupy: stały

$$k_{mod} = 0.600$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{22.92 \cdot 10^{-3}}{1763.33 \cdot 10^{-6}} = 12.998 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$n = \sqrt{\frac{E_{0mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{11000.00}{690.00}} = 3.993$$

$$L_d = w_s \cdot L = 1.00 \cdot 4.79 = 4.790 [\text{m}]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot k_{mod} \cdot f_{mk}}{1.3 \cdot \pi \cdot b^2 \cdot E_{005}}} \cdot n = \sqrt{\frac{4.79 \cdot 0.23 \cdot 0.60 \cdot 24.00}{1.3 \cdot 3.14 \cdot 0.20^2 \cdot 7400.00}} \cdot 3.99 = 0.229$$

$$k_{crit} = 1.0$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{13.00}{1.00 \cdot 11.08} = 1.173 > 1$$

Warunek przekroczony!!!

Punkt nr: 6 na przecie, położenie: 2.34 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 0.73 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.07 \text{ kN}$$

$$T_z = -0.08 \text{ kN}$$

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

$$M_y = -22.92 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.18 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: mechanizmy

Charakter grupy: stały

$$k_{mod} = 0.600$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.73 \cdot 10^{-3}}{460.00 \cdot 10^{-4}} = 0.016 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{22.92 \cdot 10^{-3}}{1763.33 \cdot 10^{-6}} = 12.998 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.18 \cdot 10^{-3}}{1533.33 \cdot 10^{-6}} = 0.115 [\text{MPa}]$$

Zginanie z rozciąganiem:

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.02}{6.46} + \frac{13.00}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.11}{11.08} = 1.183 > 1$$

Warunek przekroczony!!!

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.02}{6.46} + 0.70 \cdot \frac{13.00}{11.08} + \frac{0.11}{11.08} = 0.834 \leq 1$$

Punkt nr: 7 na przecie, położenie: 2.40 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 0.73 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.07 \text{ kN}$$

$$T_z = -0.51 \text{ kN}$$

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

$$M_y = -22.90 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.18 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: mechanizmy

Charakter grupy: stały

$$k_{mod} = 0.600$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{22.90 \cdot 10^{-3}}{1763.33 \cdot 10^{-6}} = 12.989 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$n = \sqrt{\frac{E_{0mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{11000.00}{690.00}} = 3.993$$

$$L_d = w_s \cdot L = 1.00 \cdot 4.79 = 4.790 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot k_{mod} \cdot f_{mk}}{(1.3 \cdot \pi \cdot b^2 \cdot E_{005})}} \cdot n = \sqrt{\frac{4.79 \cdot 0.23 \cdot 0.60 \cdot 24.00}{(1.3 \cdot 3.14 \cdot 0.20^2 \cdot 7400.00)}} \cdot 3.99 = 0.229$$

$$k_{crit} = 1.0$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{12.99}{1.00 \cdot 11.08} = 1.173 > 1$$

Warunek przekroczony!!!**Punkt nr: 8 na przecie, położenie: 2.40 m****Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = 0.73 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.07 \text{ kN}$$

$$T_z = -0.51 \text{ kN}$$

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

$$M_y = -22.90 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.18 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: mechanizmy

Charakter grupy: stały

$$k_{mod} = 0.600$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.73 \cdot 10^{-3}}{460.00 \cdot 10^{-4}} = 0.016 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{22.90 \cdot 10^{-3}}{1763.33 \cdot 10^{-6}} = 12.989 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.18 \cdot 10^{-3}}{1533.33 \cdot 10^{-6}} = 0.117 [MPa]$$

Zginanie z rozciąganiem:

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.02}{6.46} + \frac{12.99}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.12}{11.08} = 1.182 > 1$$

Warunek przekroczony!!!

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.02}{6.46} + 0.70 \cdot \frac{12.99}{11.08} + \frac{0.12}{11.08} = 0.834 \leq 1$$

Punkt nr: 9 na przecie, położenie: 4.79 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 0.75 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.07 \text{ kN}$$

$$T_z = -20.75 \text{ kN}$$

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

$$M_y = 2.53 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.33 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: mechanizmy

Charakter grupy: stały

$$k_{\text{mod}} = 0.600$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.53 \cdot 10^{-3}}{1763.33 \cdot 10^{-6}} = 1.435 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprawdzona przy zginaniu:

$$n = \sqrt{\frac{E_{\text{mean}}}{G_{\text{mean}}}} = \sqrt{\frac{11000.00}{690.00}} = 3.993$$

$$L_d = \eta_s \cdot L = 1.00 \cdot 4.79 = 4.790 [\text{m}]$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot k_{\text{mod}} \cdot f_{mk}}{(1.3 \cdot \pi \cdot b^2 \cdot E_{005})}} \cdot n = \sqrt{\frac{4.79 \cdot 0.23 \cdot 0.60 \cdot 24.00}{(1.3 \cdot 3.14 \cdot 0.20^2 \cdot 7400.00)}} \cdot 3.99 = 0.229$$

$$k_{\text{crit}} = 1.0$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,d}} = \frac{1.43}{1.00 \cdot 11.08} = 0.130 \leq 1$$

Punkt nr: 10 na przecie, położenie: 4.79 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 0.73 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.07 \text{ kN}$$

$$T_z = -20.75 \text{ kN}$$

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

$$M_y = 2.52 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.36 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: mechanizmy

Charakter grupy: stały

$$k_{\text{mod}} = 0.600$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.73 \cdot 10^{-3}}{460.00 \cdot 10^{-4}} = 0.016 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.52 \cdot 10^{-3}}{1763.33 \cdot 10^{-6}} = 1.431 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.36 \cdot 10^{-3}}{1533.33 \cdot 10^{-6}} = 0.234 \text{ [MPa]}$$

Zginanie z rozciąganiem:

$$\frac{\sigma_{z0,d}}{f_{z0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.02}{6.46} + \frac{1.43}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.23}{11.08} = 0.146 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{z0,d}}{f_{z0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.02}{6.46} + 0.70 \cdot \frac{1.43}{11.08} + \frac{0.23}{11.08} = 0.114 \leq 1$$

Punkt nr: 11 na przecie, położenie: 4.79 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 0.75 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.07 \text{ kN}$$

$$T_z = -20.75 \text{ kN}$$

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

$$M_y = 2.53 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.33 \text{ kNm}$$

Grupa obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: mechanizmy

Charakter grupy: stały

$$k_{\text{mod}} = 0.600$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{A} = 1.5 \cdot \frac{0.07 \cdot 10^{-3}}{460.00 \cdot 10^{-4}} = 0.002 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{A} = 1.5 \cdot \frac{20.75 \cdot 10^{-3}}{460.00 \cdot 10^{-4}} = 0.677 \text{ [MPa]}$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{v,d}} \right)^2 = \left(\frac{0.68}{1.85} \right)^2 + \left(\frac{0.00}{1.85} \right)^2 = 0.134 \leq 1$$

Wyniki obwiedni przemieszczeń:

Położenie: x = 2.38 [m]

Lista grup obciążeń:

| Nazwa grupy obciążeń | k _{def} |
|----------------------|------------------|
| Ciężar własny(1.00) | 0.80 |
| użytkowe(1.00) | 0.80 |
| śnieg(1.00) | 0.25 |
| mechanizmy(1.00) | 0.80 |

$$u_y = \sum u(i)_y \cdot (1 + k_{\text{def}}(i)) = 0.011 \cdot (1 + 0.80) + 0.014 \cdot (1 + 0.80) + 0.003 \cdot (1 + 0.25) + -0.048 \cdot (1 + 0.80) = -0.038 \text{ [cm]}$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Y:



Wykres przemieszczeń w kierunku Z:



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|-0.038|^2 + |-5.080|^2} = 5.08 > 1.916 \text{ [cm]}$$

Warunek przekroczony!!!

Wyniki ugięcia względnego:

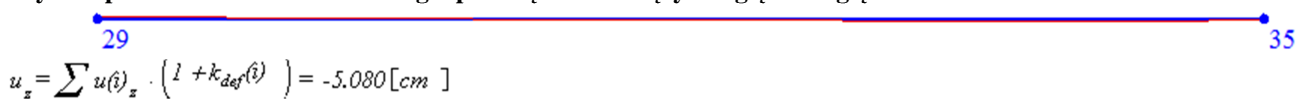
Położenie: $x = 2.38 \text{ [m]}$

Lista grup obciążeń:

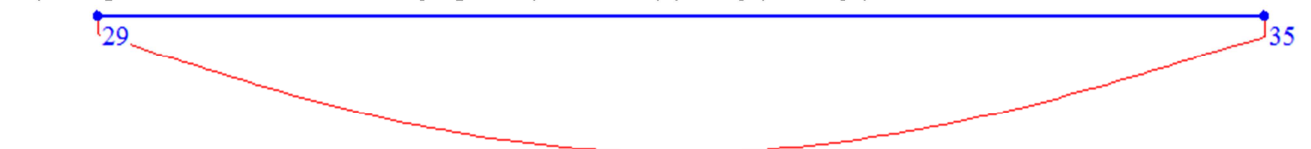
| Nazwa grupy obciążeń | k_{def} |
|----------------------|-----------|
| Ciężar własny(1.00) | 0.80 |
| mechanizmy(1.00) | 0.80 |
| użytkowe(1.00) | 0.80 |
| śnieg(1.00) | 0.25 |

$$u_y = \sum u(i)_y \cdot (1 + k_{def}(i)) = 0.011 \cdot (1 + 0.80) + -0.048 \cdot (1 + 0.80) + 0.014 \cdot (1 + 0.80) + 0.003 \cdot (1 + 0.25) = -0.038 \text{ [cm]}$$

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



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



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|-0.038|^2 + |-5.080|^2} = 5.080 \text{ [cm]}$$

$$u_b = \sqrt{u_{by}^2 + u_{bz}^2} = \sqrt{|0.010|^2 + |-0.717|^2} = 0.717 \text{ [cm]}$$

$$\Delta u_y = u_y - u_{by} = 0.051 \text{ [cm]}$$

$$\Delta u_z = u_z - u_{bz} = 4.369 \text{ [cm]}$$

$$\Delta u_{max} = \sqrt{\Delta u_y^2 + \Delta u_z^2} = \sqrt{|0.051|^2 + |4.369|^2} = 4.369 > 1.916 \text{ [cm]}$$

Warunek przekroczony!!!

8.10. Podsumowanie wyników dla najbardziej wyťažonych/uszkodzonych elementów

| | |
|---|---------------|
| Wykorzystanie nośności mącznicy: | ~ 60% |
| Wykorzystanie nośności pojazdów: | ~ 40% |
| Wykorzystanie nośności belki pod złożeniem kamieni: | ~ <u>120%</u> |

9. WNIOSKI

Wyniki obliczeń statycznych potwierdzają ogólną poprawność konstrukcji wiatraka dowiedzioną długoletnią eksploatacją tego obiektu. Jednakże przekroczenie nośności belki pod złożeniem kamieni oznacza zagrożenie dla bezpieczeństwa konstrukcji.

Obecny stan wiatraka wynika z długiej eksploatacji i zaniedbań, które miały miejsce w okresie schyłkowym, gdy wiatraki wychodziły z użycia. Szczególnie zawilgocenie i towarzysząca mu korozja biologiczna osłabiają drewno, co sprzyja powstawaniu trwałych i nieusuwalnych odkształceń elementów doprowadzając ostatecznie do zniszczenia konstrukcji. Aktualnie wiatrak jest w stanie postępującej awarii.

Złamanie mącznicy dźwigającej 2/3 ciężaru wiatraka spowodowało przeciążenie pojazdów i deformację klatki wiatraka ze zniszczeniem części połączeń ważnych elementów konstrukcyjnych włącznie. Zakres uszkodzeń konstrukcji w połączeniu z zaawansowaną korozją biologiczną wielu elementów wiatraka prowadzi do wniosku, że jedynie demontaż wiatraka pozwala na przeprowadzenie prawidłowej konserwacji i naprawy jego elementów przed ponownym ich złożeniem.

10. ZALECENIA

Wartość historyczna przejawia się w charakterze dokumentalnym zabytku, stąd konieczność zachowania go w formie autentyku, który ma wartość naukową i emocjonalną. Szczególną rolę odgrywają materialne ślady starości uzmysławiające odległy rodowód zabytku i dlatego w maksymalnym stopniu należy zachować oryginalne elementy wiatraka. Szczególnie dotyczy to mącznicy i pojazdów, które powinny być naprawione przez całkowite ukrycie wzmocnień w ich wnętrzu. Pozwoli to zachować w niezmienionej postaci także schemat statyczny konstrukcji także podlegający ochronie konserwatorskiej.

W celu naprawy konstrukcji wiatraka należy podjąć niżej wymienione działania:

- oznakowanie wszystkich elementów wiatraka i sfotografowanie ich przed demontażem;
- demontaż wiatraka powinien być dokumentowany na bieżąco;
- demontowane elementy należy oczyścić i odgrzybić;
- elementy uszkodzone poddać naprawie (sklejenie pęknięć, petryfikacja, uzupełnienia ubytków);
- wszystkie części składowe wiatraka (stare i nowe) poddać impregnacji;
- zmontować wiatrak zgodnie z dokumentacją fotograficzną i oznaczeniami na elementach;
- odtworzyć instalację odgromową.

11. UWAGI OGÓLNE

Stosowane środki ochronne (owado- i grzybobójcze oraz ogniochronne) nie mogą zmieniać koloru drewna, ani uszczelniać jego powierzchni.

Nie stosować nieobrobionych elementów tartych maszynowo na nowoczesnych trakach - błąd spotykany nawet podczas prac konserwatorskich – m.in. podczas konserwacji koźlaka w Bierzgłowie w 2010 r.⁸ Uzupełniane elementy powinny być obrobione w sposób analogiczny do oryginału. Ostruganie elementów i fazowanie ich krawędzi zwiększa odporność ogniomową konstrukcji, gdyż ogień potrzebuje znacznie więcej czasu na zapalenie gładkiego elementu, niż drewna pokrytego „futrem” z nieostruganych włókien.

Nowe drewniane elementy naprawcze lub uzupełniające muszą być dobrze zabezpieczone środkami ochronnymi przed ich wbudowaniem, ale już po docięciu złączy - otwory, gniazda, czopy itp.

Podczas ponownego montażu nie należy „na siłę” prostować elementów trwale zdeformowanych, gdyż może to doprowadzić do ich złamania oraz zniszczenia połączeń.

⁸ Maciej Prarat, „O potrzebie badań ciesielskich konstrukcji młynów wietrznych na przykładzie prac konserwatorskich przy koźlaku z Bierzgłowa na ziemi chełmińskiej”, Wiadomości Konserwatorskie 30/2011, str. 98, ryc. 12.

12. PROJEKT

12.1. Obliczenia statyczne stalowych wzmocnień elementów uszkodzonych (wyciąg)

12.1.1. Mącznica

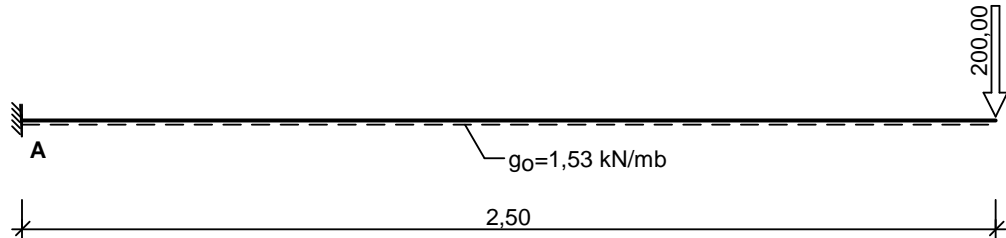
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki $\gamma_f = 1,10$

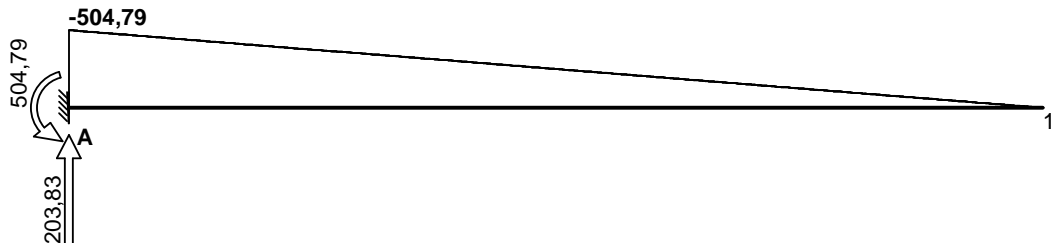
OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI

Przypadek **P1: Przypadek 1** ($\gamma_f = 1,15$)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH



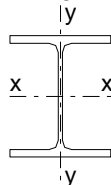
ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- brak stężeń bocznych na długości przęsła belki;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **HE 360 B**

$A_v = 45,0 \text{ cm}^2$, $m = 142 \text{ kg/m}$

$J_x = 43190 \text{ cm}^4$, $J_y = 10140 \text{ cm}^4$, $J_{\omega} = 2883000 \text{ cm}^6$, $J_T = 293 \text{ cm}^4$, $W_x = 2400 \text{ cm}^3$

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,059$) $M_R = 520,91 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1 $V_R = 535,05 \text{ kN}$

Nośność na zginanie

Przekrój $z = 0,00 \text{ m}$

Współczynnik zwichrzenia $\phi_L = 0,994$

Moment maksymalny $M_{\max} = -504,79 \text{ kNm}$

$$(52) \quad M_{\max} / (\phi_L \cdot M_R) = 0,975 < 1$$

Nośność na ścinanie

Przekrój $z = 0,00 \text{ m}$

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = 203,83 \text{ kN}$

$$(53) \quad V_{\max} / V_R = 0,381 < 1$$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$$V_{\max} = 203,83 \text{ kN} < V_0 = 0,6 \cdot V_R = 321,03 \text{ kN} \rightarrow \text{warunek niemiernodajny}$$

Stan graniczny użytkowania

Przekrój $z = 2,50 \text{ m}$

Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 10,31 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $f_{gr} = 2 \cdot l_0 / 350 = 2 \cdot 2500 / 350 = 14,29 \text{ mm}$

$$f_{k,\max} = 10,31 \text{ mm} < f_{gr} = 14,29 \text{ mm} \quad (72,2\%)$$

12.1.2. Pojazdy

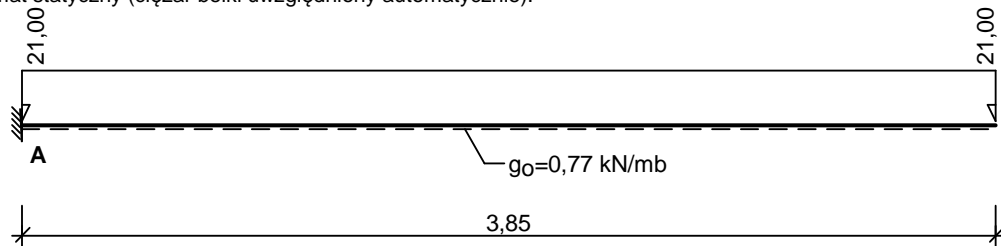
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki $\gamma_f = 1,10$

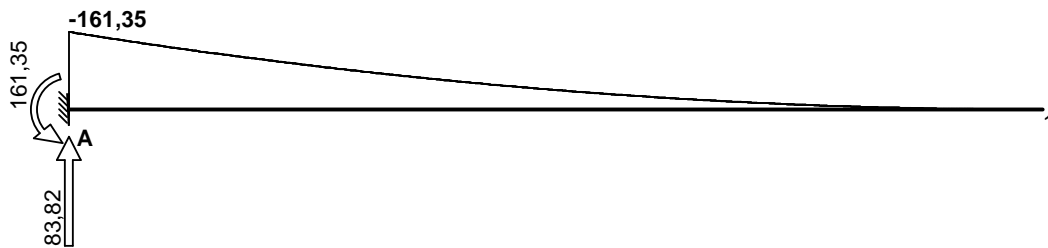
OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI

Przypadek **P1: Przypadek 1** ($\gamma_f = 1,15$)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH



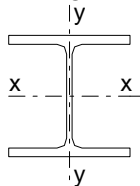
ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- brak stężeń bocznych na długości przęseł belki;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **HE 220 B**

$A_v = 20,9 \text{ cm}^2$, $m = 71,5 \text{ kg/m}$

$J_x = 8090 \text{ cm}^4$, $J_y = 2840 \text{ cm}^4$, $J_\omega = 295400 \text{ cm}^6$, $J_T = 76,8 \text{ cm}^4$, $W_x = 736 \text{ cm}^3$

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,063$) $M_R = 168,13 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1 $V_R = 260,62 \text{ kN}$

Nośność na zginanie

Przekrój $z = 0,00 \text{ m}$

Współczynnik zwichrzenia $\phi_L = 0,964$

Moment maksymalny $M_{\max} = -161,35 \text{ kNm}$

(52) $M_{\max} / (\phi_L \cdot M_R) = 0,996 < 1$

Nośność na ścinanie

Przekrój $z = 0,00 \text{ m}$

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = 83,82 \text{ kN}$

(53) $V_{\max} / V_R = 0,322 < 1$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$V_{\max} = 83,82 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_R = 156,37 \text{ kN} \rightarrow$ warunek niemiernodajny

Stan graniczny użytkowania

Przekrój $z = 3,85 \text{ m}$

Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 31,40 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $f_{gr} = 2 \cdot l_o / 150 = 2 \cdot 3850 / 150 = 51,33 \text{ mm}$

$f_{k,\max} = 31,40 \text{ mm} < f_{gr} = 51,33 \text{ mm}$ (61,2%)

12.2. DEMONTAŻ WIATRAKA

Przed demontażem wiatraka uprawniona firma powinna ustawić rusztowanie systemowe. Do użytkowania rusztowania można przystąpić po zakończeniu montażu i dokonaniu odbioru. Wszystkie elementy wiatraka należy oznakować i sfotografować, a proces demontażu należy dokumentować na bieżąco. Wszystkie elementy należy składować w grupach odpowiadających ich lokalizacji w wiatraku. Miejsce składowania (pod dachem) powinno być suche i przewiewne.

12.2.1. Wyposażenie ruchome

Przed demontażem wiatraka należy usunąć wszystkie elementy wyposażenia ruchomego i stałego dające się wynieść przez istniejące otwory drzwiowe.

12.2.2. Śmigi (skrzydła)

Należy zdjąć płochy (zapierzenie) i kolejno zdjąć cztery kompletne szpice (z mieczami i knapami) usuwając stalowe sworznie i strzemiona mocujące je do obu bursztyków. Po wybicciu klinów należy wysunąć bursztyki z żeliwnej głowicy.

Uwaga: Zagrożenie wypadkiem!

Podczas demontażu pojawiają się znaczne siły wynikające z utraty równowagi mas i próbujące samoistnie obrócić wał skrzydłowy. Na czas tej operacji należy zabezpieczyć śmigi przed niekontrolowanym obrotem.

12.2.3. Dach, winda, stawidło i wał skrzydłowy

Należy zdemontować gont, łąty, podłatniki, deskowanie dachu oraz krokwie z jętkami i wykusz windy. Następnie należy rozpiąć łańcuch napędu windy i zdemontować wał windy. Przed demontażem wału skrzydłowego należy rozpiąć i zdemontować segmenty stawidła (hamulca). Demontaż kompletnego wału skrzydłowego kołem palecznym i żeliwną głowicą o łącznej wadze 4,5T należy wykonać żurawiem budowlanym o odpowiednim udźwigu używając trawersu i pasów (istnieje możliwość wymontowania najpierw żeliwnej głowicy o wadze 1,86T).

12.2.4. Schody zewnętrzne, dyszel, deskowanie ścian.

Należy zdemontować listwowanie i deskowanie ścian z łątami je podtrzymującymi, schody zewnętrzne z wieszakami i galeryjkę. Należy odkręcić dwie śruby podtrzymujące belkę, na której opiera się dyszel oraz obejmy przy jego końcu zamocowanym między pojazdami. Wykonanie tej czynności może wymagać częściowego usunięcia podłogi.

12.2.5. Sztoga, cewie, socha, łubie i złożenie kamieni.

Przed demontażem złożenia kamieni należy usunąć wszystkie elementy zamykające przestrzeń od góry, wyjąć sochę z cewiem oraz zdjąć łubie (drewniana obudowa kamieni). Demontaż kamieni wymaga użycia stalowych cęgów, które normalnie powinny znajdować się na wyposażeniu każdego wiatraka. Za pomocą cęgów zawieszonych na haku żurawia budowlanego należy unieść biegun (górny kamień) na wysokość pozwalającą na bezpieczne założenie pasów przewleczonych przez jego oko. Dopiero tak zabezpieczony kamień można przetransportować na miejsce składowania. Analogicznie należy postąpić z leżakiem (dolny kamień).

12.2.6. Podłogi i klatka (szkielet obrotowej części wiatraka).

Należy usunąć pozostałe belki ostatniej kondygnacji (w tym oczepy ścian bocznych, podwalnicę i podwalniczkę) oraz kolejno zdemontować cztery miecze i cztery zastrzały, rygle i słupy pośrednie ostatniej kondygnacji. Podczas demontażu należy stosować tymczasowe zabezpieczenia chroniące konstrukcję przed utratą stateczności – tymczasowe stężenia z drewna i transportowe taśmy poliestrowe do mocowania ciężkich ładunków. Analogicznie należy zdemontować dolną kondygnację klatki i mącznicę o wadze 1800 kg oraz dwa pojazdy o wadze 800 kg każdy.

12.2.7. Kozioł.

Należy kolejno zdemontować siodło i 16 zastrzałów, sztember z tkwiącym w nim capem, oraz podwaliny i izolację z papy. Uwaga: Koniecznie należy oznaczyć na elementach wzajemne położenie i strony świata, gdyż umieszczone na niewłaściwych miejscach nie będą pasowały do fundamentu i utrudnią pionowanie sztembra!

12.3. NAPRAWA I KONSERWACJA ELEMENTÓW

12.3.1. Stalowe wzmocnienia mącznicy i pojazdów.

Elementy stalowe wykonać w klasie 2. Śruby ocynkowane M16 i M20 klasy 4.8. Elementy stalowe oczyścić do stopnia czystości powierzchni SA 2.5 wg PN-ISO 8501-1, poprzez śrutowanie (piaskowanie). Powierzchnie przeznaczone do malowania gruntującego należy pomalować najpóźniej w 6h po zakończeniu procesu czyszczenia. Jeśli gruntowanie przeprowadza się po upływie 6h, to należy sprawdzić stan powierzchni i w przypadku stwierdzenia nalotu korozyjnego lub zabrudzenia należy powierzchnię powtórnie oczyścić. Malowanie farbami gruntującymi najlepiej jest wykonać natryskiem bezpowietrznym lub pędzlem, wcierając farbę mocno w podłoże. Prace malarskie należy przeprowadzić przy wilgotności powietrza i temperaturze podanych w instrukcjach fabrycznych farb. W przypadku braku danych należy malować przy wilgotności względnej powietrza nie większej niż 90% i przy temperaturze powietrza minimum + 5°C i maksimum +40°C. Powłoki z farb epoksydowych nie mogą być nakładane przy temperaturze poniżej +10°C chyba, że dane producenta dopuszczają aplikację w innych temperaturach. Jako zabezpieczenie antykorozyjne można zastosować np. dwuskładnikowy, grubowarstwowy grunt epoksydowy utwardzany poliamidem. Przenoszenie i transportowanie zabezpieczonych elementów należy przeprowadzić po wyschnięciu powłok malarskich, z zastosowaniem zabezpieczeń przed uszkodzeniami mechanicznymi warstwy antykorozyjnej. W miejscach ewentualnych uszkodzeń powłoki antykorozyjnej powierzchnie elementów należy odtłuścić, oczyścić do wymaganego stopnia czystości, odpylić, po czym nałożyć identyczną powłokę. Prace malarskie należy prowadzić zgodnie z wymaganiami odpowiednich norm przedmiotowych oraz kart katalogowych stosowanych materiałów. Wykonanie i odbiór elementów stalowych należy przeprowadzić zgodnie z zaleceniami normy PN-B-06200 oraz PN-91/M-45457.

12.3.2. Mącznica (rys.09) i pojazdy (rys.10).

Zdemontowane elementy należy oczyścić i wykonać w nich kanały przeznaczone do ukrycia stalowych profili wzmacniających. W przypadku mącznicy konieczne będzie sklejenie rozwarstwień. Stalowe elementy należy umieścić wewnątrz wzmacnianych belek i wykorzystując otwory nawiercone w stali należy wykonać otwory w drewnie przeznaczone od wklejenia prętów gwintowanych. Elementy stalowe

należy wyjąć i usunąć zwierziny oraz starannie odpylić otwory wywiercone w drewnie. Elementy drewniane zabezpieczyć preparatem chroniącym przed ogniem, grzybami i owadami. Po ponownym umieszczeniu profili stalowych należy wkleić pręty gwintowane. Po 24 godzinach można założyć nakrętki i po ich dociągnięciu odciąć nadmiar prętów oraz zamalować farbą epoksydową ich końcówki. Wykonane wzmocnienia należy zakryć deskami z drewna dębowego zgodnie z rysunkami.

12.3.3. Belka pod złożeniem kamieni.

Górną powierzchnię belki 20x23 cm wyrównać i używając kleju epoksydowego dokleić do niej nakładkę z drewna dębowego o przekroju 20x5 cm. Podczas klejenia nakładkę docisnąć w prasie.

12.3.4. Wspornik schodów zewnętrznych.

Zbutwiały wspornik należy zastąpić identycznym elementem z drewna dębowego.

12.3.5. Kozioł.

Wysunięte końce podwalin (szczególnie górną powierzchnię), osiem zewnętrznych zastrzałów oraz siodło należy starannie oczyścić ze zwiertzałego drewna i wyciąć fragmenty zdegradowane przez zgniliznę pstrą. Większe ubytki wypełnić wstawkami z drewna dębowego wklejanymi klejem epoksydowym, a mniejsze szczeliny wypełnić żywicą epoksydową zmieszaną z pyłem drzewnym. Należy upodobnić do otoczenia kolor i fakturę naprawianej powierzchni.

12.3.6. Klejenie drewna.

Do klejenia drewna stosować dwuskładnikowy bezbarwny klej epoksydowy o wolnym wiązaniu i dobrze wypełniający szczeliny. Kleje epoksydowe po utwardzeniu (12-24h) osiągają dużą wytrzymałość mechaniczną oraz wysoką odporność termiczną i chemiczną. Są wodoodporne. Dozowania i mieszania składników można uniknąć, jeśli zastosuje się wieloskładnikowe systemy kartuszowe (np. pistolet kartuszowy). Składniki są w nich automatycznie mieszane w odpowiednich proporcjach. Należy stosować preparat o wystarczająco długim czasie nakładania mieszanki (do 20 minut) i czasie wiązania (żelowania) ok. 90-120minut. Powierzchnie zewnętrzne elementów należy chronić przed zanieczyszczeniem klejem.

12.3.7. Impregnacja elementów zewnętrznych.

Kozioł, dyszel, kołowrót, deskowanie ścian, gont na dachu oraz śmigi, czyli elementy zewnętrzne narażone na wymywanie preparatów ochronnych przez deszcz, osiadającą mgłę i rosę należy zabezpieczyć niewymywalnym, wielofunkcyjnym impregnatem przeznaczonym do ochrony konstrukcji drewnianych bezpośrednio narażonych na działanie czynników atmosferycznych. Zabezpiecza kompleksowo drewno przed grzybami powodującymi głęboki rozkład drewna i owadami – technicznymi szkodnikami drewna. Trwale łączy się z drewnem i jest odporny na wymywanie przez wodę. Środek może być stosowany samodzielnie.

12.3.8. Elementy wewnętrzne nie wymagające wzmocnień i uzupełnień ubytków.

Wszystkie elementy należy oczyścić i zabezpieczyć preparatem przeznaczonym do konserwacji drewna w celu zabezpieczenia przed działaniem ognia, grzybów domowych, grzybów pleśniowych oraz ksylofagów – technicznych szkodników drewna. Preparat powinien drewnu nadać cechę niezapalności i nie może obniżać jego wytrzymałości. Trwałość zabezpieczenia przy zachowaniu wszystkich zaleceń

producenta powinna dorównywać okresowi użytkowania drewna. Uszkodzenie impregnowanej powierzchni lub wypłukanie impregnatu powoduje konieczność uzupełnienia impregnacji.

12.3.9. Odgrzybianie fundamentu.

Przed nasączeniem zagrzybionych powierzchni preparatem grzybobójczym należy usunąć grzyby pleśniowe z powierzchni fundamentu poprzez zdrapanie nalotu szpachelką, szczotką drucianą itp., dokładnie umyć wodą i przynajmniej dwukrotnie nasączyć fundament preparatem. Zalecane zużycie 0,8l/m² (im więcej preparatu mur wchłonie, tym wniknie on głębiej i skuteczniej zniszczy zarodniki grzybów). Do nakładania środka używa się pędzli malarskich lub szczotek. Po ok. 8 godzinach można kontynuować prace budowlane. Należy stosować się do zaleceń producenta preparatu.

12.3.10. Izolacja fundamentu.

Przed ponownym montażem należy uzupełnić ubytki zaprawy w kamiennym fundamencie, a jego górną powierzchnię zagruntować preparatem, który zmniejszy porowatość podłoża, spoi luźno związane cząstki i częściowo lub całkowicie wypełni pory i kapilary. W przypadku użycia preparatu przebarwiającego podłoże nie można dopuścić do ściekania preparatu po bocznej powierzchni fundamentu, którą trwale zabarwi na żółto.

Właściwą izolację poziomą wykonać z termozgrzewalnej papy polimerowo-asfaltowej na osnowie poliestrowej o dużej elastyczności i odporności na zerwanie modyfikowanej elastomerem SBS. Nie stosować pap na osnowie szklanej (mała rozciągliwość). Masa asfaltowa pokrywająca osnowę powinna być modyfikowana elastomerem SBS. Elastomer SBS (styren-butadien-styren) nadaje papie stabilność formy, dobrą przyczepność do podłoża oraz znaczną elastyczność nawet w niskich temperaturach (do -40°C). Nie stosować pap zawierających elastomer APP (ataktyczne polipropyleny), który w niskich temperaturach staje się sztywny. Podczas klejenia papy nie należy dopuścić do jej przegrzania, gdyż upłynniony asfalt spłynie po bocznej powierzchni fundamentu, którą zabarwi na czarno (na bokach fundamentu można tymczasowo nakleić folię budowlaną).

12.4. MONTAŻ WIATRAKA

12.4.1. Koziół.

Podwaliny, sztember, zastrzały i siodło zmontować zgodnie z ich pierwotnym położeniem. Wykonać smarowanie capa oraz górnych powierzchni sztembra i siodła sadłem wieprzowym.

12.4.2. Klatka – etap I (pojazdy).

Na siodle zamontować pojazdy (wraz z krótkimi belkami łączącymi je na siodle zamek płetwowy). Następnie osadzić wszystkie belki poprzeczne podłogi i podwaliny ścian zewnętrznych wiatraka. Z uwagi na istniejące deformacje elementów może być konieczne zastosowanie podkładek i klinów dębowych, jednakże nie należy próbować całkowicie likwidować wypiętrzenia rusztu podłogi. Jest to już niemożliwe, a ponadto wiatrak utraciłby materialne ślady jego historii. Zamontować dyszel podpierając go na tymczasowym koźle (na tym etapie będzie to łatwiejsze).

12.4.3. Klatka – etap II (mącznica).

Zamontować mącznicę, dwie belki mączne i łączące je belki poprzeczne formujące wspólnie ruszt drugiej podłogi. Z montażem rusztu należy synchronizować montaż niżej położonych zastrzałów, rygli i krótkich słupków ścian bocznych, gdyż później będzie to niemożliwe. Podczas montażu ścian (słupów zastrzałów, mieczy i rygli) stosować tymczasowe podpory stabilizujące położenie tych elementów do czasu trwałego ich połączenia w stabilną konstrukcję.

12.4.4. Klatka – etap III.

Zamontować słupy pośrednie, zastrzały i rygle ścian podłużnych, słupy narożne, rygle, miecze i słupy pośrednie ścian szczytowych. Zamontować oczepy ścian podłużnych wraz z łączącymi je belkami (podwalnica, podwalniczka, sztoga itp.). Podczas montażu należy wzmocnić węzły belek poprzecznych (podwalniczka, sztoga i sąsiednie) zgodnie z rysunkiem 11. Otwory należy wywiercić po zmontowaniu szkieletu, a zwierciny usunąć sprężonym powietrzem. Podczas wklejania prętów złącza nie powinny być dociągnięte, co pozwoli usunąć nadmiar kleju epoksydowego podczas osadzania prętów. Powierzchnie zewnętrzne elementów należy chronić przed zanieczyszczeniem klejem. Po upływie 24 godzin, należy założyć podkładki stalowe i dociągnąć nakrętki zamykając złącza, a nadmiar prętów obciąć.

Uwaga: W celu wyeliminowania problemów z montażem klatki wiatraka należy odwiązać wszystkie elementy na płaskim podłożu. Dotyczy to w szczególności ostatniego stropu, gdzie nastąpiło rozłączenie węzłów. Potwierdzenie zgodności wymiarowej elementów na gruncie pozwoli uniknąć problemów z montażem konstrukcji.

12.4.5. Klatka – etap IV.

Zamontować deski obu podłóg i ustawić na miejscu złożenie kamieni. Osadzić wał skrzydłowy i wał windy. Zamontować krokwie i jętki oraz konstrukcję wykusza windy i galeryjki wejściowej. Wykonać deskowanie i listwowanie ścian oraz deskowanie i krycie gontem dachu klatki i wykusza windy. Zamontować schody zewnętrzne z wieszakami i wspornikami oraz schody wewnętrzne. Zamontować instalację odgromową.

12.5. MECHANIZMY WIATRAKA

Sposób naprawy i przywrócenia sprawności mechanizmów wykracza poza ramy niniejszego opracowania - projekt obejmuje jedynie remont konstrukcji wiatraka.

Opracował:

Inż. Marek Kowalczyk

13. FOTOGRAFIE



Fot.1. Wiatrak po remoncie. Film z tego dnia ukazuje skrzydła obracające się w niewłaściwą stronę – wiatrak jest ustawiony tyłem do kierunku wiatru (niebezpieczne dla mechanizmów).

Fot. Archiwum MBL w Olsztynku. Prawdopodobnie 2010.



Fot.2. Wiatrak po remoncie.

Fot. Archiwum MBL w Olsztynku. Prawdopodobnie 2010.



Fot.3. Wiatrak – stan obecny.

Fot. Marek Kowalczyk 2016-02-13



Fot.4. Wiatrak – stan obecny.

Fot. Marek Kowalczyk 2016-08-19



Fot.5. Pęknięte siodło.

Fot. Marek Kowalczyk 2016-02-27



Fot.6. Korozja biologiczna podwalin i zastrzałów. Wiatrak jest tymczasowo podparty stemplami.

Fot. Marek Kowalczyk 2016-02-27



Fot.7. Złamana mącznica od strony zawietrznej. W szczeliny po prawej stronie można wsunąć dłoń.
 Fot. Marek Kowalczyk 2016-08-19



Fot.8. Złamana mącznica od strony zawietrznej. Zbliżenie rozerwanych włókien w punkcie podparcia.
 Fot. Marek Kowalczyk 2016-02-13



Fot.9. Złamana mącznica od strony nawietrznej. W szczelinę można swobodnie wsunąć dłoń.
 Fot. Marek Kowalczyk 2016-08-19



Fot.10. Czopy sztogu wysunęły się z gniazd – jest prowizorycznie podparta. Poniżej drewniane wzmocnienia złamanej mącznicy połączone z nią stalowymi strzemionami. Łubie uniesione i oparte na wzmocnieniu mącznicy. Cewie wysprężone po wyjęciu sochy z łożyska.

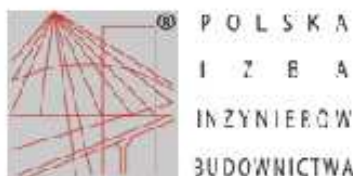
Fot. Marek Kowalczyk 2016-02-27



Fot.11. Wysunięty z gniazda czop sztogu i jego prowizoryczne podparcie.

Fot. Marek Kowalczyk 2016-02-27

14. Załączniki



Zaświadczenie
o numerze weryfikacyjnym:
WAM-PG4-1F7-LYU *

Pan Marek Kowalczyk o numerze ewidencyjnym WAM/BO/1218/01
adres zamieszkania ul. Zaruskiego 1 d, 10-693 Olsztyn
jest członkiem Warmińsko-Mazurskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada
wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne do dnia 2016-12-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2015-12-14 roku przez:

Mariusz Dobrzeński, Przewodniczący Rady Warmińsko-Mazurskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie art. 9 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr 130 poz. 1430) dane w postaci elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonym podpisami własnoręcznymi.)

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



Pomyśl o środowisku zanim wydrukujesz ten dokument.

Zgodnie z KPA art. 220 §1 organ administracji publicznej nie może żądać zaświadczenia na potwierdzenie faktów lub stanu prawnego, jeżeli znane są one organowi z urzędu lub możliwe są do ustalenia przez organ na podstawie rejestrów publicznych posiadanych przez inne podmioty publiczne, do których organ ma dostęp w drodze elektronicznej na zasadach określonych w przepisach ustawy z dnia 17 lutego 2005 r. o informatyzacji działalności podmiotów realizujących zadania publiczne.

Potwierdzanie uprawnień i aktualności zaświadczeń o ubezpieczeniu od odpowiedzialności cywilnej i przynależności do Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa na internetowej stronie PIIB: <https://www.piib.org.pl/index.php/lista-czsonkopenu-45>

Potrzebne dane: Marek Kowalczyk WAM/BO/1218/01.

Wpisując datę, w porządku rok-miesiąc-dzień, możemy sprawdzić czy w/w był członkiem izby i posiadał ubezpieczenia OC (art. 6 ust. 1 i 2 oraz art. 41 pkt 4 Ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów). Odpowiadamy słowem "TAK" lub "NIE". Uwaga. Poprawne wyniki uzyskamy podając datę późniejszą niż 2007-01-01.

URZĄD WOJEWÓDZKI
w Olsztynie
Wydział Planowania Przestrzennego
Urbanistyki, Architektury
i Nadzoru Budowlanego
0614319

Olsztyn

1988-02-27.

Nr 48/88/OL

DECYZJA O STWIERDZENIU PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO
do pełnienia samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie

Na podstawie § 2 ust.1 pkt 1, § 5 ust.1, § 13, ust. 1, pkt. 2, lit. -
§ 6 ust.3, § 7

rozporządzenia Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 20 lutego 1975 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. Ustaw Nr 8, poz. 46) stwierdza się, że

Obywatel(ka) **Marek KOWALCZYK**

(Imię i nazwisko)

inżynier budownictwa lądowego

(tytuł naukowy — zawodowy)

urodzony(a) dnia **6 maja** 19**49** r. w **Olsztynie**

posiada przygotowanie zawodowe upoważniające do wykonywania samodzielnej funkcji

projektanta oraz kierownika budowy i robót

(rodzaj funkcji)

w specjalności **konstrukcyjno — budowlanej**

(rodzaj specjalności techniczno-budowlanej)

Obywatel **Marek Kowalczyk** jest upoważniony do:

1. sporządzania projektów w zakresie rozwiązań konstrukcyjno — budowlanych budynków oraz innych budowli, z wyłączeniem linii, węzłów i stacji kolejowych, dróg oraz lotniskowych dróg startowych i manipulacyjnych, mostów, budowli hydrotechnicznych i melioracji wodnych,
2. kierowania, nadzorowania i kontrolowania budowy i robót, kierowania i kontrolowania wytwarzania konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz oceniania i badania stanu technicznego w zakresie wszelkich budynków oraz innych budowli, z wyłączeniem linii, węzłów i stacji kolejowych; dróg oraz lotniskowych dróg startowych i manipulacyjnych, mostów, budowli hydrotechnicznych i wodno-melioracyjnych,
3. sporządzania w budownictwie osób fizycznych projektów w zakresie rozwiązań architektonicznych:
 - a/ budynków inwentarskich i gospodarczych, adaptacji projektów typowych i powtarzalnych innych budynków oraz sporządzania planów zagospodarowania działki związanych z realizacją tych budynków,
 - b/ budowli nie będących budynkami.

Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Ministerstwa Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa w terminie 14 dni od daty otrzymania, za pośrednictwem tut. Wydziału.



Główny Architekt Wojewódzki
DYREKTOR WYDZIAŁU

6/2 Z-ca Dyrektora Wydziału

inż. Janusz Palmowski