

EKSPERTYZA TECHNICZNA

Temat : Ocena stanu technicznego konstrukcji dachu budynku Wodociągów Miasta Krakowa S.A. mieszczącego się w Krakowie przy ul. Senatorskiej 1 oraz analiza aspektów konstrukcyjnych planowanego remontu więźby dachowej

Inwestor : Wodociągi Miasta Krakowa S.A.
ul. Senatorska 1
30-106 Kraków

Adres : ul. Senatorska 1, 30-106 Kraków, dz. nr 176/12 obr.14
Kraków

Branża/Faza : EKSPERTYZA KONSTRUKCYJNA

Opracował : mgr inż. Tomasz Sąsiadek
nr uprawnień : 261/2001, MAP/BO/5762/02

Pieczątka i podpis :



Kraków, 06.2021

Opracowanie zawiera:

1. Podstawa opracowania
2. Przedmiot, cel i zakres opracowania.
3. Uwagi do opracowania i podstawowe określenia.
4. Opis konstrukcji.
5. Ocena stanu technicznego konstrukcji oraz charakterystyka występujących zjawisk i przyczyny ich wystąpienia
6. Charakterystyka planowanej inwestycji.
7. Wyniki przeprowadzonych badań i analiz obliczeniowych konstrukcji dachu.
8. Wnioski i zalecenia

1. Podstawa opracowania.

Podstawą formalną opracowania są:

- zlecenie Inwestora,
- rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dział V. Bezpieczeństwo konstrukcji.
- inwentaryzacja i projekt architektoniczny wykonane i zaktualizowane 03.2021 przez Pracownię Architektoniczną, Kraków, ul. Plac Dominikański 1/5a
- Sprawozdania z badania wytrzymałości drewna pobranego z konstrukcji dachu budynku Wodociągów Miasta Krakowa S.A., ul. Senatorska 1 nr: KR/CAD/MPWIK/22/03/21/DR/01 oraz KR/CAD/MPWIK/22/03/21/DR/02 wykonane przez firmę BARG Laboratorium Budowlane Sp.z.o.o. z dnia 26.03.2021r.
- wizje lokalne autora,
- obowiązujące normy i przepisy, w szczególności Ustawa z dnia 7 lipca 1994 roku. Prawo budowlane Dz.U nr 89 z 1994 r. z późniejszymi zmianami.

W opracowaniu wykorzystano wiedzę merytoryczną zaczerpniętą z opracowań:

- „Konstrukcje drewniane. Naprawy, wzmocnienia, przykłady obliczeń” ; Lech Rudziński; Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach; 2010
- „Wzmacnianie konstrukcji budowlanych”; Masłowski, Spiżewska; Arkady 2000,
- „Remonty budynków i wzmacnianie konstrukcji”; Thierry, Zaleski; Arkady 1972r.,
- „Ekspertyzy konstrukcji budowlanych”; Łempicki; Arkady 1972r.,
- „Standardy dotyczące opinii i ekspertyz technicznych w budownictwie” MOIIB,
- „Ekspertyzy techniczne i diagnostyka w budownictwie”,; Michalik K.;Wydawnictwo Prawo i Budownictwo, Chrzanów 2014,
- CHARAKTERYSTYKA WYTRZYMAŁOŚCI DREWNA JAKO JEGO PODSTAWOWEJ WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNEJ, Anna Lis, Piotr Lis.

2. Przedmiot, cel i zakres opracowania.**2.1. Przedmiotem niniejszego opracowania są:**

Przedmiotem opracowania jest istniejąca drewniana konstrukcja więźby dachowej nakrywająca budynek siedziby Wodociągów Miasta Krakowa, przy ulicy Senatorskiej 1 w Krakowie. W niniejszym opracowaniu wyłączono z analizy elementy wsporcze dla konstrukcji dachu takie jak ściany nośne, belki i strop kondygnacji podstrychowej.

2.2. Celem niniejszego opracowania są:

- usystematyzowanie i opisanie elementów konstrukcyjnych,
- ocena stanu technicznego elementów konstrukcyjnych na tle obowiązujących przepisów prawnych i technicznych oraz literatury przedmiotu,
- określenie prawdopodobnych przyczyn powstania stwierdzonych uszkodzeń,
- określenie możliwości dalszego bezpiecznego użytkowania elementów konstrukcyjnych przy zapewnieniu wymaganego przepisami poziomu bezpieczeństwa w zakresie nośności i użytkowości,
- stwierdzenie możliwości technicznych wykonania planowanego remontu.

2.3. W zakres niniejszego opracowania wchodzi:

- zwięzły opis techniczny oraz rysunki techniczne,
- określenie i interpretacja rzeczywistego stanu technicznego elementów i ustrojów konstrukcyjnych, istotnych z punktu widzenia celu ekspertyzy,
- dokumentacja fotograficzna ilustrująca wizualne oznaki zużycia technicznego,
- inwentaryzacja i systematyka uszkodzeń elementów konstrukcyjnych,
- w miarę możliwości i uzasadnionych potrzeb:
 - badania materiałów budowlanych,
 - ocena rozwiązań technologicznych,
 - analiza obliczeniowa,
- wnioski dot. dalszych zamierzeń w odniesieniu do przedmiotu ekspertyzy,
- w miarę możliwości i uzasadnionych potrzeb:
 - wnioski dotyczące przyczyn zjawisk i procesów zachodzących w konstrukcji przedmiotowych obiektów budowlanych,
 - wskazanie środków zaradczych.

3. Uwagi do opracowania i podstawowe określenia.

3.1. Uwagi do opracowania.

- Ekspertyzę sporządzono według stanu na dzień 21.05.2021,
- Opracowanie służy jedynie do celu określonego w pkt.2.2.
- Budynek jest w ciągłym użytkowaniu.
- Ocenę stanu technicznego sporządzono na podstawie oględzin obiektów i udostępnionych odkrywek oraz analizy dostępnej dokumentacji projektowej. Autor opracowania nie ponosi odpowiedzialności za nieuwzględnienie w niniejszym opracowaniu wad fizycznych i prawnych przedmiotu opracowania, których występowania nie mógł stwierdzić przy dokonywaniu oględzin, ani na podstawie dostarczonych przez Zamawiającego i Właściciela materiałów, informacji oraz dokumentów.
- Szczegółowość i zakres opracowania dostosowano do założonego celu opracowania. Stwierdzono konieczność wykonania badania materiałów wbudowanych, i diagnostyki z zastosowaniem urządzeń pomiarowych.
- Każda ekspertyza obarczona jest ryzykiem wynikającym z dostępnej dokładności z jaką możliwe było przeanalizowanie stanu faktycznego. Odkrywki konstrukcji i badania gruntu mają charakter lokalny i należy liczyć się z możliwością wystąpienia w innym miejscu w obiekcie warunków odmiennych od rozpoznanych w odkrywkach lokalnych.

3.2. Podstawowe określenia

Przyjęta klasyfikacja stanu technicznego elementów budynku:

- stan bardzo dobry – element budynku dobrze utrzymany, konserwowany, zużyty w stopniu 0-10%, nieuszkodzony; cechy i właściwości materiałów wbudowanych odpowiadają wymogom normowym;
np.: mury i posadzki piwnic suche, brak deformacji, elementy nośne konstrukcji odpowiadają wymaganiom normowym; mogą występować drobne rysy w tynkach, powierzchnie dachu równe bez widocznych szczelin i przecieków, brak spękań w skrzydłach stolarki, podłogi gładkie, nierozeschnięte bez szczelin, powierzchnie tynków równe gładkie, co najwyżej widoczne rysy włosowate z ew. łuszczeniem się farby,
- stan dobry – elementy budynku nie wykazują większego zużycia (11-25%), mogą wystąpić nieznaczne uszkodzenia wynikające z użytkowania (szczególnie mechaniczne), element wymaga konserwacji,
np.: mury i posadzki piwnic suche, odchylenia murów od pionu i/lub wybrzuszenia murów niezauważalne gołym okiem,
- stan średni/zadowolający – elementy budynku utrzymane zadowalająco, występują

średnie uszkodzenia i ubytki nie zagrażające bezpośrednio bezpieczeństwu osób i mienia, celowy jest remont bieżący polegający na drobnych naprawach, uzupełnieniach, konserwacji, impregnacji itp.:

- np.: uszkodzenia i odchylenia murów od pionu i/lub wybrzuszenia murów małe, nieliczne szczeliny w sklepieniach i stropach, zawilgocenia murów w poziomie terenu, wygięcie dachu małe do dużego, przecieki, konstrukcja dachu miejscami rozeschnięta, możliwe zagrzybienie i nadwątlenie przekrojów, możliwe uszkodzenia rur spustowych, stolarka rozeschnięta, spaczenia materiału, zluźnione okucia, ościeżnice zawilgocone, skrzydła ze szczelinami lub spękaniem, możliwe zagrzybienie, podłogi pokrzywione, możliwe osiadanie, uszkodzenia posadzek w granicach 20%-50%, możliwe zagrzybienie i gnienie, na powierzchniach tynków widoczne pęknięcia, wybrzuszenia i miejscowe odpadanie w granicach 20%-35%,
- stan zły/przedawaryjny – elementy budynku zużyte w znacznym stopniu (60-70%), znaczne uszkodzenia i ubytki, cechy i właściwości materiałów mają obniżoną klasę, wymagany remont kapitalny,
np.: mury i posadzki piwnic zawilgocone, duże pęknięcia sklepień i filarów, duże zmurszenie dachu, stolarka bardzo zniszczona, zawilgocona i zagrzybiona, nie nadaje się do naprawy, podłogi uszkodzone na powierzchni ponad 50%, tynki odpadają dużymi płatami, spękania na znacznych powierzchniach, tynki skruszałe na ponad 35% powierzchni,
 - awaryjny – budynek nadaje się do likwidacji, zużycie powyżej 70%,
np.: mury silnie zawilgocone z powierzchniową i głęboką korozją, uszkodzenia i odchylenia murów od pionu i/lub wybrzuszenia murów duże, liczne pęknięcia sklepień i filarów, niebezpieczeństwo zawalenia się dachu, znaczne pogorszenie właściwości wbudowanych materiałów.

Przyjęto klasyfikację:

- rysa – uszkodzenie o rozwarciu do 1mm,
- pęknięcie – uszkodzenie o rozwarciu do 1cm,
- szczelina – uszkodzenie o rozwarciu powyżej 1cm.

4. Opis konstrukcji.

Budynek siedziby Wodociągów Miasta Krakowa znajduje się w centralnej części działki, bliżej jej wschodniej granicy. Na terenie działki znajdują się inne budynki firmy – biurowe, gospodarcze.



Zdj.1. Widok elewacji północno-wschodniej budynku



Zdj.2. Widok elewacji południowo-zachodniej budynku

Budynek siedziby WMK posiada piwnicę , parter , 2 piętra i poddasze.

Rzut budynku jest w przybliżeniu w kształcie litery C. Wymiary rzutu budynku w zewnętrznym licu ścian zewnętrznych II piętra wynoszą ok. 42m (+1m w osi klatek schodowych) x 21,5m (+ 70cm w rejonie wieży)

Kalenica dachu znajduje się na wysokości ok. 23,5m względem przyległego terenu (kalenica wieży jest ok. 7m wyżej). Pokrycie dachu stanowi dachówka ceramiczna zakładkowa produkcji Tondach Marsylka 14/12 Naturalna Krytina Hranice o ciężarze do ok. 45kg/1m².

Konstrukcja budynku jest tradycyjna, murowa, ze stropami płaskimi.



Zdj.3. Dachówka ceramiczna Marsylka 14/12 zastosowana jako pokrycie dachu

Geometria dachu wielopłaciowego oparta jest na planie IIp zbliżonym kształtem do litery C, tworząc jeden główny trakt podłużny oraz dwa krótsze trakty prostopadłe o zbliżonej

rozpiętości. Konstrukcja drewnianej więźby dachowej jest płatwiowo – kleszczowa czterostolcowa z zastrzałami i ścianką kolankową. Z uwagi na znaczną rozpiętość dachu sięgającą w licu wewnętrznym ścian zewnętrznych aż 14,56m zastosowano 4 płaszczyzny ram stolcowych podpierających krokwie oraz dwa poziomy kleszczy. Słupy więźby oparte są na ruszcie z tramów przenoszących obciążenia na ściany nośne IIp.



Zdj.4. Widok ogólny konstrukcji poddasza oraz pomostów roboczych



Zdj.5. Widok ogólny konstrukcji poddasza

Konstrukcja więźby dachowej składa się z następujących elementów:

Łaty $b \times h = 5 \times 4 \text{ cm}$ w rozstawie co 34-38cm



Zdj.6. Widok ogólny łąt i pokrycia

Krokwie $b \times h = 13 \times 16 \text{ cm}$ ($12 \times 15 \text{ cm}$) w rozstawie osiowym średnio co ok. 100-108cm, a lokalnie 65-120cm. Część krokwi jest składana na długości z dwóch części. Połączenia krokwi z płatwiami wykonano na wręby o głębokości ok 3-5cm.



Zdj.7. Składanie krokwi na poziomie niższych ścian stolcowych

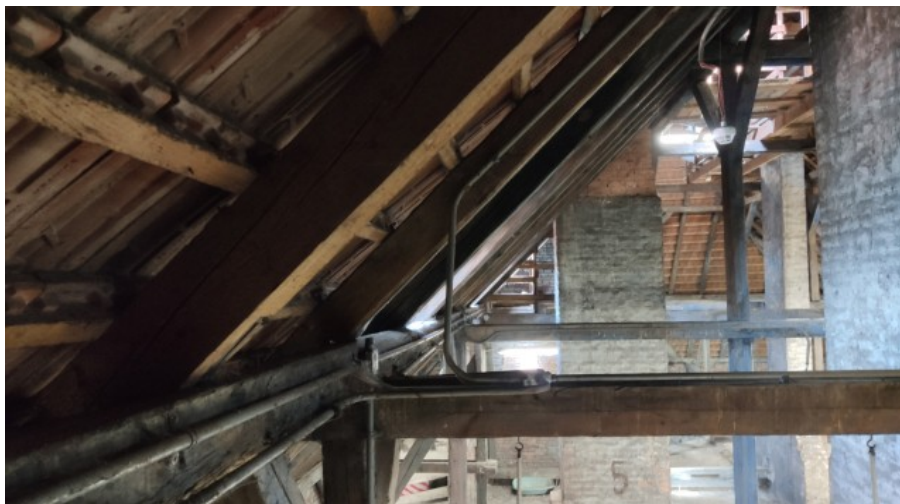
Ramy stolcowe – zwane również ścianami stolcowymi to konstrukcja składająca się z płatwi, słupów, mieczy i podwaliny/tramu połączonych ze sobą.

Płatwie stanowią podpory dla krokwi i przenoszą obciążenia na słupy stolcowe. Miecze pełnią funkcję zmniejszenia rozpiętości płatwi oraz podłużnego usztywnienia konstrukcji wzdłuż kalenicy. Zadanie podwaliny/tramu polega na przeniesieniu obciążenia ze słupa stolcowego na strop lub ściany nośne. Z uwagi na rozpiętość w dachu zastosowano 4 ściany stolcowe.

Płatwie pośrednie $b \times h = 16 \times 16 \text{ cm}$ wykonano jako odcinkowe i ciągłe.

Płatew odcinkowa – składa się z kilku krótkich płatwi łączonych ze sobą przegubowo klamrami na sąsiednich podporach. Długość poszczególnych płatwi dopasowana jest do rozstawu podpór (słupy, ściany) i wynosi np. 432cm. Każda z płatwi pracuje niezależnie, jako belka swobodnie podparta.

Płatew ciągła - składa się z długich płatwi łączonych ze sobą przegubowo klamrami na co drugiej podporze (słupy, ściany). Płatwie ciągłe pracują w schemacie belek dwuprzęsłowych o długości np. 430+405cm.



Zdj.8. Widok płatwi oraz kleszczy niższej ramy stolcowej

Płatew okapowa (płatew dolna) $b \times h = 13 \times 16 \text{ cm}$

Płatwie dolne również wykonano jako odcinkowe jednoprzęsłowe lub ciągłe dwuprzęsłowe.



Zdj.9. Widok płatwi okapowej przy ścianie kolankowej

Słupy $b \times h = 16 \times 16 \text{ cm}$ stanowią część składową czterech ram stolcowych i przenoszą obciążenia z płatwi na tramy. Zdecydowaną większość słupów zaopatrzono w miecze.

Słupy pod płatwiami dolnymi $b \times h = 13 \times 13 \text{ cm}$ ($14 \times 14 \text{ cm}$) przenoszą obciążenia z płatwi dolnych na tramy w bezpośrednim sąsiedztwie ścian kolankowych.

Miecze $b \times h = 10 \times 14 \text{ cm}$ są elementami ukośnymi montowanymi pod kątem zbliżonym do 45 st. Zmniejszają one rozpiętości płatwi oraz usztywniają konstrukcję dachu wzdłuż podpieranych płatwi. W przedmiotowej konstrukcji zastosowano zarówno miecze dwustronne jak i jednostronne. Niektórych słupów w ogóle nie zaopatrzono w miecze. Miecze przenoszą siły ściskające a połączenia z płatwiami i słupami wykonano na czopy blokowane drewnianymi kołkami.



Zdj.10. Miecze dwustronne wraz z połączeniami na czopy blokowane drewnianymi kołkami.

Zastrzały $b \times h = 13 \times 16 \text{ cm}$ zastosowano z uwagi na dużą rozpiętość dachu i ciężkie pokrycie. Odciążają one słupy stolcowe i stabilizują więzary pełne w ich płaszczyźnie. Połączenia ze słupem i z tramem wykonano na czopy lub wręby.



Zdj. 12. Widok ogólny więzarów pełnych z zastrzałami i kleszczami usztywniającymi

Kleszcze usztywniające $b \times h = 2 \times 8(7) \times 16 \text{ cm}$ pełnią funkcję stabilizującą i usztywniającą stolec, zastrzał i płatew dolną. Ich połączenia wykonano przy użyciu stalowych śrub z gwintem.

Kleszcze więzarowe $b \times h = 2 \times 8 \times 16 \text{ cm}$ są to elementy poziome obejmujące obustronnie słupy stolcowe oraz krokwie w płaszczyźnie więzarów pełnych. Zastosowano je w dwóch poziomach do spięcia i usztywnienia konstrukcji dachu w kierunku poprzecznym.



Zdj.13. Widok na kleszcze usztywniające

Tramy $b \times h = 18 \times 22 \text{ cm}$ są elementami poziomymi opartymi na ścianach zewnętrznych oraz wewnętrznych ścianach/podporach nośnych kondygnacji podstrychowej. Są to elementy transferowe, umożliwiające przeniesienie sił ze słupów więźby dachowej na elementy nośne niższej kondygnacji w sytuacji gdy nie występują one bezpośrednio nad sobą.



Zdj.14. Tramy oparto w kieszeniach w murze i uchwycono stalowymi klamrami.

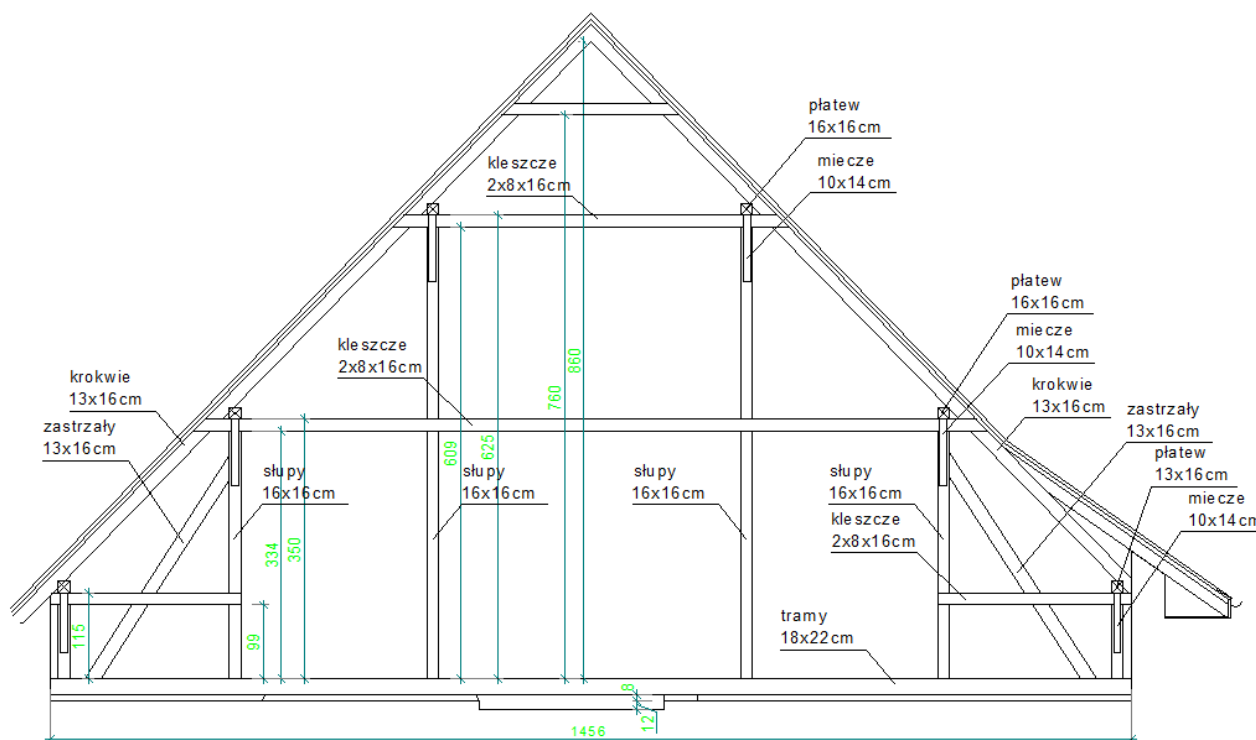


Zdj.15. Wzmocnienie połączenia kalenicowego krokwi grzędą.

Przypustnice. Na fragmencie dachu w osi 1 przy zastosowaniu przypustnic opartych na krokwiach wykonstruowano dodatkowe załamanie płaszczyzny dachu.

Podstawowe wymiary przekroju poprzecznego konstrukcji nośnej dachu:

- rozpiętość osiowa więzara w osiach słupów pod płatwiami dolnymi w głównym trakcie dachu – ok. 14,3m
- rozpiętość osiowa niższych ram stolcowych w głównym trakcie dachu- ok. 9,54m
- rozpiętość osiowa wyższych ram stolcowych w głównym trakcie dachu – ok. 4,24m
- kąt spadku dachu ok. 45 st,



5. Ocena stanu technicznego konstrukcji oraz charakterystyka występujących zjawisk i przyczyny ich wystąpienia.

Wytrzymałość materiałów ulega z czasem pogorszeniu. Głównymi przyczyny tego zjawiska to:

- wpływ temperatury, klimatu i procesów atmosferycznych wywołujące starzenie materiałów budowlanych, deformacje konstrukcji, niszczenie powłok zewnętrznych, tynków, farb,
- wpływ jakości i nośności podłoża, oraz zmiany stosunków wodnych w gruncie,
- działanie wody i wilgoci, której źródłem może być: absorpcja wilgoci z powietrza, przenikanie wilgoci przez pory i szczeliny i skraplanie wewnątrz warstw konstrukcyjnych, zamakanie powierzchniowe podczas opadów atmosferycznych, kapilarne podciąganie wody z podłoża, a wywołujące: pęcznienie i rozsadzanie materiałów budowlanych, wypłukiwanie składników zapraw, rozsadzanie podczas zamarzania, reakcje chemiczne nieodpornych składników materiałów, destrukcję poprzez korodujące elementy stalowe na skutek powiększenia objętości (haki , kłamry), korozję biologiczną, gdyż sprzyja rozwojowi grzybów i mikroorganizmów,
- wpływ agresywnego środowiska np.: szkodliwych substancji w atmosferze znajdujących się w kurzu, pyłach, dymach, gazach, parze, spalinach, a w szczególności związków siarczanowych, węglanowych, chlorowych, fenolowych, przedostających się również do wody gruntowej, powodujących również destrukcyjną krystalizującą soli w materiałach budowlanych,

- wpływ procesów biologicznych, a w tym rozwój grzybów, pleśni, oraz destrukcyjny wpływ roślin rosnących na powierzchni konstrukcji, takich jak mchy, porosty, rośliny pnące, ale również korzenie drzew,
- wpływ wstrząsów i drgań,
- wpływ korozji naprężeniowej i defektów strukturalnych,
- wpływ wad konstrukcyjnych i wykonawstwa, brak izolacji.
- wpływ warunków użytkowania wywołujący np. zmiany właściwości wytrzymałościowych materiału związane np.: z jego zmęczeniem,
- mechaniczny ubytek przekroju elementu,
- przemiany historyczne w aglomeracjach.

Publikacja „Zużycie obiektów budowlanych „WACETOB” podaje przykładowe okresy trwałości budynków oraz jego elementów konstrukcyjnych w zależności od użytych materiałów oraz funkcji obiektu:

- okres trwałości budowli to 90-120 lat,
- normatywny okres trwałości fundamentów to 70-150 lat,
- normatywny okres trwałości ścian to 130-150 lat,
- normatywny okres trwałości stropów to 45-80 lat,
- normatywny okres trwałości schodów to 100-120 lat,
- normatywny okres trwałości dachu to 50-75 lat,

Powyższe zestawienie obrazuje czego należy się spodziewać oraz na jakie elementy budynku zwrócić szczególną uwagę.

Zawilgocenie drewna. Drewno charakteryzuje niska odporność na działanie wilgoci. Stan zachowania drewna w konstrukcji zależy przede wszystkim od warunków wilgotnościowych, w jakich się ono znajduje. Miejsca, w których istnieje zwiększone prawdopodobieństwo wystąpienia zawilgoceń to najczęściej miejsca o ograniczonym dostępie światła i wentylacji/przewiewu m.in.:

- oparcie belek na murach,
- oparcie podwalin na murach,
- załamania połaci dachowych,
- krokwie koszowe i narożne,
- okapy,
- połączenia na czopy,
- załamania, naroża ścian kolankowych,
- stropy kuchni, łazienek

Korozja biologiczna

- **korozja biologiczna – grzyby**, Około 60% porażień mykologicznych wywołują grzyby *Serpula lacrymans* i *Coniophora puteana*. Z zagrzybieniem najczęściej związana jest destrukcja ścian komórkowych tzw. gnicie drewna.

- **korozja biologiczna – grzyby-pleśń** (*Ascomycotina*, *Deuteromycotina*) W warunkach wysokiej wilgotności powodować one mogą także rozkład biochemiczny. tkanki drzewnej, tzw. szary lub pleśniowy

- **korozja biologiczna – glony** - pozyskując energię drogą fotosyntezy, powodują trwałe zabarwienie na kolor zielony powierzchni drewna, mają zdolność przerastania ścian komórkowych drewna.

- **korozja biologiczna - bakterie** – W warunkach podwyższonej wilgotności, w zakresie uniemożliwiającym już rozwój grzybów, mogą one powodować zmiany strukturalne ścian komórkowych, typu perforacji, tuneli lub kawern,

- **korozja biologiczna – owady**, osłabienie przekroju spowodowane działaniem drewnojadów

Przemieszczenia i odkształcenia elementów konstrukcyjnych są bardzo istotnym objawem pracy konstrukcji budowlanej mającym znaczenie nie tylko użytkowe, estetyczne i psychologiczne, ale świadczącym również o wyężeniu materiału konstrukcyjnego w odniesieniu do zakładanych pierwotnie wartości. Na ich podstawie można wnioskować o bieżącym wyężeniu materiału oraz stanie technicznym konstrukcji.

W przypadku drewna, jego wysoka podatność powoduje, że zniszczenie w formie pęknięć następuje na ogół po bardzo dużych odkształceniach np. przy znacznie przekroczonych ugięciach.

Zarysowania, pęknięcia są podstawowym znakiem pracy elementów konstrukcyjnych. Obserwuje się je szczególnie na elementach takich jak belki drewniane (pęknięcia), mury z cegieł, elementy betonowe i żelbetowe. Szczególnie wyraźnie zaznaczają się na wyprawach tynkarskich ścian i stropów. Powstają one w wyniku przekroczenia wytrzymałości materiału na rozciąganie, ściska, kruszenia, skurczu, obciążenia termicznego (kominy, czopuchy...)

Pękanie drewna jest zjawiskiem naturalnym. Drewno ma właściwości higroskopijne, pochłania wodę i wilgoć z otoczenia, a także ją oddaje. To z kolei powoduje pęcznienie lub w niektórych przypadkach kurczenie się materiału. Następstwem tego jest powstawanie pęknięć drewna. Charakter tych uszkodzeń wynika przede wszystkim z rodzaju, a także sprężystości, struktury, dla danego gatunku drewna oraz sposobu utrwalenia powierzchniowego, rodzaju przetarcia, warunków ściska itp.

Pęknięcia drewna mogą również mieć podłoże wyteżeniowe. Szerokie szczeliny pojawiające się w obrębie występowania maksymalnych sił wewnętrznych w elemencie oraz w miejscach połączeń oraz koncentracji naprężeń, wskazują na przekroczenie stanów granicznych w konstrukcji.

Istotny jest też kierunek pęknięcia. W elementach zginanych pęknięcia w kierunku zbliżonym do płaszczyzny zginania mają znacznie mniejszy wpływ na nośność elementu niż pęknięcia w kierunku prostopadłym.

- Pęknięcia dzielimy na płytkie, gdy ich głębokość nie przekracza $1/10$ szerokości b lub wysokości h elementu, w przeciwnym razie kwalifikujemy je jako głębokie.
- Minimalny wymiar przekroju poprzecznego w miejscach osłabionych powinien być nie mniejszy niż 30mm i stanowić nie mniej niż 50% grubości elementu w kierunku pęknięcia przy osłabieniach symetrycznych i nie mniej niż 60% grubości elementu przy pęknięciach jednostronnych.
- Suma szerokości pęknięć $\sum r_b$ po jednej stronie elementu nie powinna przekraczać 5% jego szerokości, gdy pęknięcia rozpoznane są jako płytkie i 10% szerokości, gdy są głębokie.

Według pracy P.Frecha bezpieczna głębokość pęknięć zależy od:

- rodzaju obciążenia (ściskanie / zginanie),
- skłonności drewna do pęknięcia

i wynosi 45%-80% miarodajnej szerokości przekroju poprzecznego elementu.

Pęknięcia powodują zmniejszenie nośności elementów drewnianych oraz umożliwiają wnikanie do wnętrza elementu wilgoci i zarodników grzybów, inicjujących proces destrukcji biologicznej.

Inne zjawiska, na które zwrócono szczególną uwagę to:

- wyboczenie elementów ściskanych ($l/150$ – weryfikacja; $l/80$ -zagrożenie),
- stopień skorodowania i poluzowania łączników stalowych,
- odpryski, złuszczenia, wykruszenia, wykwity solne , krystaliczne białe naloty.

Wieżba dachowa

Ocenę stanu technicznego konstrukcji przeprowadzono na podstawie oględzin podczas wizji lokalnych sporządzając dokumentację fotograficzną oraz opisową wybranych elementów konstrukcyjnych.

Oceniono :

- kompletność ustrojów konstrukcyjnych,
- jakość i stan techniczny połączeń elementów konstrukcyjnych,
- kolor powierzchniowy, wykwity, zacieki,
- fakturę powierzchniową, otwory po drewnojadach, osypująca się mączka drzewna,
- struktura podpowierzchniowa, spękania, ubytki,
- twardość
- deformacje,
- wilgotność,

Ponadto w laboratorium wykonano niszczące badania wytrzymałościowe na zginanie i ściskanie

próbek pobranych z elementów drewnianych.

Analizę uszkodzeń przeprowadzono w zakresie ich charakteru, prawdopodobnej przyczyny powstania oraz ew. zakresu robót naprawczych.

Zdjęcia i opis poszczególnych uszkodzeń umieszczono w treści rozdziału, zaś rysunek zestawczy prezentujący ich lokalizację umieszczono na końcu opracowania.



Zdj.16. Pod 3-5mm warstwą drewna o zmienionym zabarwieniu kryje się zdrowe drewno. Gdy nie ma oznak korozji biologicznej element można poddać jedynie konserwacji.



Zdj.17. Pod 3-5mm warstwą drewna o zmienionym zabarwieniu kryje się zdrowe drewno. U podstawy słupa ujawnia się jednak korozja biologiczna w postaci ciemno brązowego odbarwienia. Porażenie biokorozyjne w stopniu I. Element wymaga odgrzybiania.



Zdj.18. Pod 3-5mm warstwą drewna o zmienionym zabarwieniu kryje się zdrowe drewno. U podstawy słupa ujawnia się jednak korozja biologiczna w postaci rozkładu białego ciemno brązowego odbarwienia. Porażenie biokorozyjne w stopniu I. Element wymaga odgrzybiania.

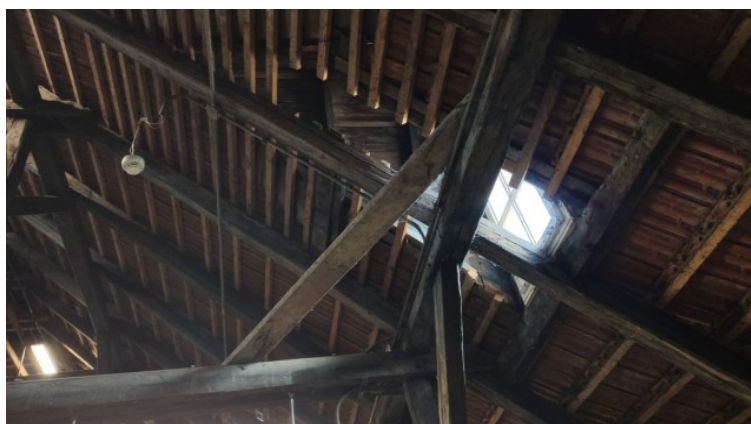


Zdj. 19. W większości drewnianych elementów konstrukcyjnych pod 3-5mm warstwą drewna o zmienionym zabarwieniu na kolor szary kryje się zdrowe jasne drewno o silnej strukturze. Jest to wyraźnie widoczne w miejscach pobrania próbek do badań.



Zdj.20. Badanie wilgotności drewna urządzenie TESTO 616 wykazało wartości w zakresie 8-18%.

Uszkodzenia krokwi



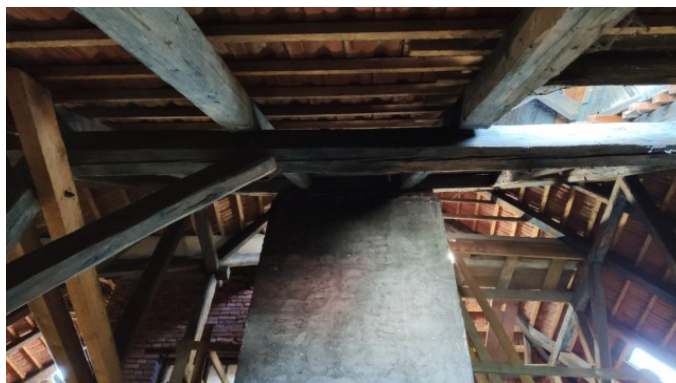
El.K.1. W krokwi nastąpiło pęknięcie o znacznych rozmiarach i długości. Obniża ono odporność na korozję biologiczną elementu oraz nośność elementu. Krokiew należy wymienić.



El.K.2. W krokwi w osi G nastąpiło pęknięcie o znacznych rozmiarach i długości. Obniża ono odporność na korozję biologiczną elementu oraz nośność elementu. Drewno ww krokwi jest osłabione. Krokiew należy wymienić.



EL.K.3. Krokiew w osi 3 posiada brązowy nalot świadczący o ognisku korozji biologicznej w postaci grzyba pleśni. Element konstrukcyjny należy oczyścić do białego drewna, odgrzybić i zabezpieczyć przeciw korozji biologicznej. Jeżeli wykonanie tych zabiegów nie przyniesie rezultatu , bądź będzie niemożliwe ww elementy konstrukcyjne należy wymienić.



EL.K.4. Wymian komina oraz podtrzymujące go krokwie uległy nadmiernemu wygięciu, w wyniku czego połąć dachu nie posiada właściwej geometrii. W tej lokalizacji należy dodać dodatkowe dwie krokwie obok krokwi istniejących oraz dodać dodatkowy wymian obok wymianu istniejącego. Wzmocnienie można wykonać alternatywnie przy użyciu kształowników stalowych.



EL.K.5. Krokiew w sąsiedztwie osi H posiada ogniska korozji biologicznej w postaci grzyba. Element konstrukcyjny należy oczyścić do białego drewna, odgrzybić i zabezpieczyć przeciw korozji biologicznej. Jeżeli wykonanie tych zabiegów nie przyniesie rezultatu , bądź będzie niemożliwe ww elementy konstrukcyjne należy wymienić.



EL.K.6. Znaczne porażenie biokorozyjne praktycznie wszystkich elementów konstrukcyjnych występuje w rejonie zmiany płaszczyzny dachu w osi 1-3/F-D. Porażenie sklasyfikowano do I stopnia, jednak jeżeli zabiegi powierzchniowego czyszczenia nie przyniosą rezultatu należy rozważyć wymianę wszystkich elementów konstrukcyjnych więźby w tych osiach na nowe. Ponadto krokiew w osi E zakwalifikowano do wymiany również z uwagi na niebezpieczne

pęknięcie.



EL.K.7. Krokiew koszowa w sąsiedztwie osi C/4 posiada ogniska korozji biologicznej w postaci brązowego odbarwienia. Element konstrukcyjny należy oczyścić do białego drewna, odgrzybić i zabezpieczyć przeciw korozji biologicznej. Jeżeli wykonanie tych zabiegów nie przyniesie rezultatu , bądź będzie niemożliwe ww elementy konstrukcyjne należy wymienić.

Uszkodzenia płatwii



El.P.1. W płatwi w osi 11 nastąpiło pęknięcie o znacznych rozmiarach i długości. Obniża ono odporność na korozję biologiczną elementu oraz nośność elementu. Drewno ww krokwi jest osłabione.

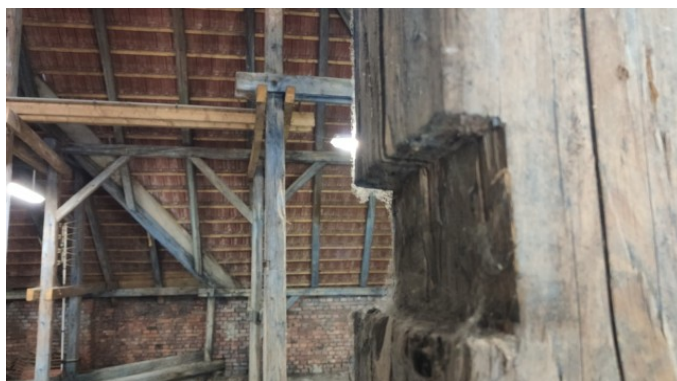


EL.P.2. Płatew w osi B posiada ogniska korozji biologicznej, wynikające z zawilgacania wodą przeciekającą przez kosz przed remontem dachu. Ponadto płatew doznała nadmiernych ugięć, gdyż nie podparto jej słupem na znacznej rozpiętości. Zaleca się wymianę płatwi na nową.



EL.P.3. Płatew w osi 7/F-G posiada ogniska korozji biologicznej, wynikające z zawilgacania wodą przeciekającą z lukarny dachu. Element konstrukcyjny należy oczyścić do białego drewna, odgrzybić i zabezpieczyć przeciw korozji biologicznej. Jeżeli wykonanie tych zabiegów nie przyniesie rezultatu , bądź będzie niemożliwe ww elementy konstrukcyjne należy wymienić.

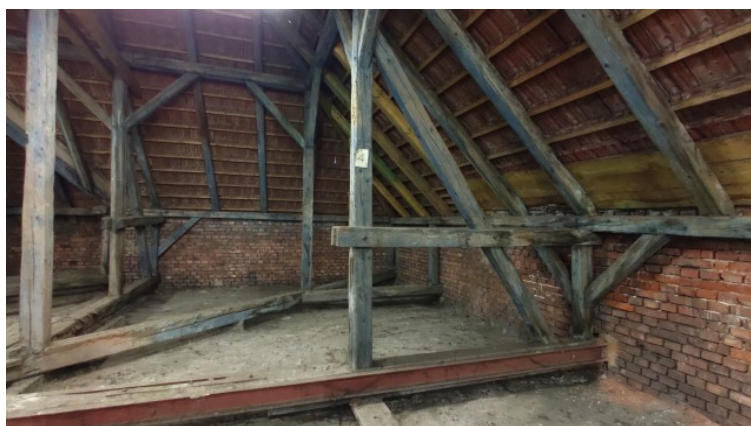
Uszkodzenia słupów



El.S.1. W 5 słupach w osi 3 wycięto wręby, służące celom nie związanym z podstawową funkcją konstrukcji dachu osłabiając przekroje słupów oraz narażając słupy na przyspieszoną korozję biologiczną. Ubytki należy wypełnić wklejając odpowiednie fragmenty drewna i dodatkowo zastosować przykładki obustronne gwoździowane z desek o grubości 32mm i długości 150cm.



El.S.2. W osi 3/I słup stolcowy doznał znacznego wygięcia i odchylenia od pionu. W jego wyniku w słupie nastąpiło pęknięcie, będące następstwem pojawienia się niepożądanych momentów zginających. Słup należy wzmocnić a więzary w osi I zabezpieczyć przed dalszym postępowaniem deformacji np. przy zastosowaniu stalowych stężeń.



El.S.3. Węzły elementów konstrukcyjnych w osiach D/1 i E/1, składające się ze słupa, krokwi, płatwi, mieczy, zastrzału i kleszczy stabilizujących posiadają liczne odbarwienia. Wilgoć zatrzymywana jest w kurzu i pyle. Brunatne zabarwienie może świadczyć o ogniskach rozwoju grzyba domowego. Elementy konstrukcyjne w tych osiach oraz inne elementy konstrukcyjne w podobnym stanie należy, odgrzybić, oczyścić do białego drewna i zabezpieczyć przeciw korozji biologicznej. Jeżeli wykonanie tych zabiegów nie przyniesie rezultatu, bądź będzie niemożliwe ww elementy konstrukcyjne należy wymienić.



El.S.4. Węzły elementów konstrukcyjnych w osiach E/7 składające się ze słupa, krokwi, płatwi, miecza, i kleszczy posiadają liczne odbarwienia. Wilgoć zatrzymywana jest w kurzu i pyłe. Brunatne zabarwienie może świadczyć o ogniskach rozwoju grzyba domowego. Elementy konstrukcyjne w tych osiach oraz inne elementy konstrukcyjne w podobnym stanie należy, odgrzybić, oczyścić do białego drewna i zabezpieczyć przeciw korozji biologicznej. Jeżeli wykonanie tych zabiegów nie przyniesie rezultatu, bądź będzie niemożliwe ww elementy konstrukcyjne należy wymienić.



EL.S.5. W tej lokalizacji należy wydłużyć słupek tak, aby podparł płatew, która aktualnie posiada niepożądany schemat wspornikowy.



EL.S.6. Węzeł elementów konstrukcyjnych w osi L/13, składające się ze słupa, krokwi, płatwi, mieczy, zastrzału i kleszczy stabilizujących posiadają liczne odbarwienia. Wilgoć zatrzymywana jest w kurzu i pyle. Brunatne zabarwienie może świadczyć o ogniskach rozwoju grzyba domowego. Widać również efekty białego rozkładu drewna. Elementy konstrukcyjne w tych osiach oraz inne elementy konstrukcyjne w podobnym stanie należy, odgrzybić, oczyścić do białego drewna i zabezpieczyć przeciw korozji biologicznej. Jeżeli wykonanie tych zabiegów nie przyniesie rezultatu, bądź będzie niemożliwe ww elementy konstrukcyjne należy wymienić.



El.S.7 Głębokie pęknięcie słupa w osi G/3 sięga większości jego przekroju poprzecznego i długości i może znacząco obniżać jego nośność. Słup należy wymienić. Inne podobnie pęknięte słupy również należy wymienić na nowe.



El.S.8. Głębokie pęknięcie słupa w osi E/3 sięga większości jego przekroju poprzecznego i długości i może znacząco obniżyć jego nośność. Ponadto w słupie widoczne są ogniska korozji biologicznej. Brunatne zabarwienie może świadczyć o ogniskach rozwoju grzyba domowego. Widoczny również biały rozkład drewna. Słup należy wymienić na nowy. Inne podobnie pęknięte słupy również należy wymienić na nowe.



EL.S.9. U podstawy słupa ujawnia się korozja biologiczna w postaci ciemno brązowego odbarwienia. Porażenie biokorozyjne w stopniu I. Element wymaga odgrzybiania.



EL.S.10. U podstawy słupa ujawnia się korozja biologiczna w postaci ciemno brązowego odbarwienia. Porażenie biokorozyjne w stopniu I. Element wymaga odgrzybiania.



EL.S.11. Na słupku ujawniło się porażenie biokorozyjne w stopniu II. Element wymaga wymiany.

Uszkodzenia mieczy



El.M.1 Głębokie pęknięcie miecza w osi 1 sięga większości jego przekroju poprzecznego i całej jego długości i może znacząco obniżać jego nośność. Miecz należy wymienić. Inne podobnie pęknięte miecze również należy wymienić na nowe.



El.M.2. Miecz w osi E/14 wykazuje znaczny stopień korozji biologicznej. Element należy wymienić na nowy zabezpieczony antykorozyjnie.

Uszkodzenia zastrzałów



El.Z.1. Zastrzał pokrywa zielonkawy nalot, co może świadczyć o miejscowym rozwoju glonów i mchów na elementach o podwyższonej wilgotności w wyniku okresowego zalewania wodą lub w miejscach o ograniczonej możliwości odsychania. Zastosować środki chemiczne do usunięcia korozji biologicznej



El.Z.2. Zastrzały w osiach D i E wykazują znaczny stopień korozji biologicznej. Zastrzały należy wymienić na nowe zabezpieczone elementy drewniane .

Uszkodzenia kleszczy



EL.KL.1. Kleszcze w osi E wykazują znaczny stopień korozji biologicznej wynikającej z narażenia na zawilgocenie z nieszczelnych obróbek blacharskich w przeszłości w sąsiedztwie oparcia dachu na murze. Kleszcze należy wymienić na nowe zabezpieczone elementy drewniane .



EL.KL.2. Kleszcze w osi O wykazują znaczny stopień korozji biologicznej na końcu przy połączeniu z krokwią. Kleszcze należy wymienić na nowe zabezpieczone elementy drewniane .

Uszkodzenia tramów



El.T.1. Postument stanowiący podporę dla tramu uległ rozłupaniu. Należy wymurować go na nowo.



El.T.2. Tram w tej lokalizacji jest nieprawidłowo wykonany i jest przeciążony. Należy go wzmocnić uciąglic pomiędzy podporami przy użyciu obejm i kształtowników stalowych.

Stan techniczny przypustnic jest zróżnicowany. Część elementów jest w stanie średnim, a część w stanie złym. Nie są to mocno wytężone elementy.

Stan techniczny pokrycia dachu

Pokrycie dachu stanowi dachówka ceramiczna zakładkowa układana na łątach drewnianych. Pokrycie jest w bardzo dobrym stanie technicznym z uwagi na relatywnie niedawną wymianę (ok. kilkanaście lat). Łączenie jest kompletne, a łąty nie wykazują nadmiernego ugięcia lub oznak korozji biologicznej.

Stan techniczny ścianek kolankowych

Ściany murowane poddasze znajdują się w dobrym stanie technicznym z wyjątkiem strefy w sąsiedztwie osi 1/D-E, gdzie ich stan techniczny obniżono do średniego z uwagi na osypującą się warstwę zmurszałej cegły. W większości murów cegły nie są spękane, a zaprawa się nie kruszy. Ścianki nie straciły też swojej pierwotnej geometrii.

Stan techniczny więźby dachowej, identyfikacja grup uszkodzeń, ich zakres, charakter, przyczyny powstania.

Więźba dachowa znajduje się w **średnim stanie technicznym**. Średnie uszkodzenia i ubytki nie zagrażają bezpośrednio bezpieczeństwu osób i mienia, jednak celowy jest remont bieżący polegający na drobnych naprawach, uzupełnieniach, konserwacji, impregnacji.

Widoczne miejscowo zacieki świadczą o okresowym zawilgoceniu więźby w przeszłości z nieszczelności pokrycia, jednak wraz z wymianą pokrycia dachu zjawisko to ustało lub ograniczyło się do pojedynczych ognisk. Niewielka część elementów objawia jednak zły stan techniczny i wymaga działań naprawczych lub wymiany. Stwierdzone wady i uszkodzenia mają istotny wpływ na trwałość konstrukcji dachu oraz wpływają negatywnie na jego estetykę, W przypadku zaniechania prac zabezpieczających może dojść do nieodwracalnych uszkodzeń układu nośnego więźby.

Więźba jest w większości kompletna z punktu widzenia ustrojów konstrukcyjnych. Część elementów zostało wymienionych na nowe lub uzupełnionych.

Jakość i stan połączeń konstrukcyjnych jest zróżnicowany. Połączenia z użyciem łączników stalowych zachowują swoją nośność i nie wykryto w nich nadmiernych luzów, jednak łączniki uległy powierzchniowej korozji, która z czasem może prowadzić do ich osłabienia. W niektórych elementach konstrukcyjnych łączniki takie jak śruby lub drewniane kołki stanowią karby, w pobliżu których koncentrują się pęknięcia drewna.

Wilgotność elementów drewnianych pomierzona na strychu urządzeniem TESTO 616 wynosi od ok.10%-18%, zaś próbki pobrane do badań wytrzymałościowych przed suszeniem posiadały wilgotność bezwzględną 9-12%. Taka niska wilgotność drewna skutecznie powstrzymuje rozwój grzybów, pleśni, mchów, jednak poza okresem letnim, w którym wykonano badania, wilgotność drewna może się zwiększać.

Nie stwierdzono śladów występowania drewnojadów ani osypującej się mączki

drzewnej.

Szary, brązowy, a miejscowo zielonkawy odcień powierzchni elementów drewnianych świadczą o możliwym występowaniu w przeszłości przed remontem dachu, lub cyklicznie wraz ze zmianami pór roku podwyższonej wilgotności drewna co umożliwiało rozwój grzybów pleśni wywołujących szary rozkład drewna oraz miejscowo glonów lub mchów.

W miejscach zawilgaczanych w przeszłości wodą przedostającą się z nieszczelności dachu lub w miejscach słabo wentylowanych, w kieszeniach murów, na niektórych elementach zaobserwowano ciemnobrunatne lub białe przebarwienia biokorozyjne mogące być ogniskami rozkładu brunatnego lub białego wywołowanego grzybem domowym.

Porażenie biokorozyjne kleszczy w osi E (EL.KL.1) zakwalifikowano do stopnia II, zaś pozostałe elementy porażone są biokorozyjnie w stopniu I, tzn.: porażone są powierzchniowo.

Znaczne porażenie biokorozyjne elementów konstrukcyjnych występuje w rejonie osi 1-3/F-D. Porażenie sklasyfikowano do I stopnia, jednak jeżeli zabiegi powierzchniowego czyszczenia nie przyniosą rezultatu należy rozważyć wymianę elementów konstrukcyjnych więźby w tych osiach.

Na części powierzchni elementów drewnianych widoczna jest niebieskawa barwa. Jest to prawdopodobnie pozostałość powierzchniowego malowania drewna z przeszłości lub wynik innej działalności człowieka. Głębsze warstwy elementów drewnianych w odkrywkach ukazują zdrowe drewno o jasnym kolorze i zwartej strukturze, dlatego twardość drewna większości elementów jest duża.

Na wielu elementach drewnianych występują pęknięcia a na niektórych ubytki. Pomimo to nadmierną deformację więźby zaobserwowano jedynie w kilku miejscach tj:

- miejsce, w którym niewzmocnione krokwie nie poradziły sobie z obciążeniami wymianami komina o znacznym gabarycie EL.K.4.

- na płatwie o znacznej rozpiętości przy ścianie kolankowej w osi B,

- na jednym wyboczonym słupie EL.S.2 w osi I,

- na niektórych elementach z widocznymi śladami zawilgocenia,

- na tramach, co jest zjawiskiem powszechnym, gdyż dawniej przekroje elementów konstrukcyjnych przyjmowano na bazie doświadczeń i brakowało również technologii i materiałów umożliwiających przekraczanie znacznych rozpiętości.

Na pozostałych elementach nie stwierdzono nadmiernych deformacji. Niektóre pęknięcia znacząco osłabiają jednak nośność elementów konstrukcyjnych. Są to pęknięcia elementów ściskanych takich jak słupy, zastrzały oraz miecze w kierunku podłużnym, ciągnące się przez większą część długości elementu i sięgające przeważającej części przekroju. Koncentrują się one często w pobliżu połączeń trzpieniowych, stanowiących dla nich inicjujące karby.

Inne niebezpieczne wyężeniowo pęknięcia wystąpiły w elementach zginanych, takich jak krokwie i płatwie. Charakteryzują się znacznym rozwarciem, przekraczającym 10mm i ciągną przez większą część długości elementu.

Większość pojedynczych pęknięć, nawet głębokich lub szerokich, nie powoduje znacznego osłabienia elementów, jednak umożliwiają wnikanie do wnętrza elementu wilgoci i zarodników grzybów inicjujących proces destrukcji biologicznej, dlatego nie należy ich bagatelizować.

W stosunku do wyżej opisanych pęknięć należy podjąć działania naprawcze.

6. Charakterystyka planowanej inwestycji.

Rozważane są różne działania inwestycyjne dotyczące poddasza i dachu budynku.

Wersja I – zakłada pozostawienie poddasza jako kondygnacji nieużytkowej oraz uzupełnienie warstw dachowych o kontrłaty i folię paroprzepuszczalną stanowiącą tzw. drugie odwodnienie.

Wersja II – zakłada wykorzystanie poddasza do celów użytkowych oraz uzupełnienie warstw dachowych o kontrłaty, dodatkową folię paroprzepuszczalną, ocieplenie z wełny mineralnej oraz wewnętrzne wykończenie z płyt G-K.

7. Wyniki przeprowadzonych badań i analiz obliczeniowych konstrukcji dachu.

Oznaczenie wilgotności i wytrzymałości drewna w konstrukcji dachu wykonała 26.03.2021 firma BARG, która pobrała z więźby 6 próbek we wskazanych miejscach. Sprawozdania z badań załączono do ekspertyzy.

Badania wykonano zgodnie z normami:

PN-79/D-04102 – „Drewno. Oznaczenie wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien”

PN-77/D-04103 – „Drewno. Oznaczenie wytrzymałości na zginanie statyczne”

Nie zastosowano norm PN-EN 408 oraz PN-EN 1193, gdyż nie było możliwości pozyskania z istniejącej konstrukcji elementów o wymiarach wymaganych wspomnianymi normami.

Oznaczenie **wytrzymałości drewna na ściskanie wzdłuż włókien** wykonano na 18 próbkach o wymiarach 20x20x30mm oraz dokonano korekty z uwagi na wilgotność elementów. Średnia wytrzymałość R_{c12} wyniosła 46,57 MPa dla krokwi oraz od 42,42 MPa dla tramów, co stanowi wartość nieznacznie wyższą od przeciętnej w przypadku drewna iglastego bez sęków wynoszącą 40 MPa. Obniżenie wytrzymałości na ściskanie drewna z sękami wynosi ok. 10-20%.

Oznaczenie **wytrzymałości drewna na zginanie wzdłuż włókien** wykonano na 6 próbkach o wymiarach 20x20x300mm oraz dokonano korekty z uwagi na wilgotność elementów.

Średnia wytrzymałość σ_{b12} wyniosła 69,87 MPa, co również stanowi wartość zbliżoną do przeciętnej w przypadku drewna iglastego bez sęków wynoszącą 60-80 MPa. Obniżenie wytrzymałości na zginanie drewna z sękami może sięgać 35%.

Wady drewna, zaburzając lokalnie jego strukturę, mają negatywny wpływ na jego wytrzymałość, szczególnie na rozciąganie wzdłuż włókien. Wytrzymałość trwała drewna jest większa w przypadku obciążeń stałych. Przy obciążeniu długotrwałym wytrzymałość drewna spada do około 50÷60% wytrzymałości doraźnej

Należy pamiętać o tym, że podczas badań laboratoryjnych wyznacza się wytrzymałość doraźną drewna, a w rzeczywistości element poddawany jest obciążeniu zarówno długotrwałemu jak i krótkotrwałemu. Tym samym, w realnych sytuacjach, niszczą go naprężenia mniejsze niż wyznaczone w laboratorium.

Zgodnie z normą PN-B-03150:2000 zdefiniowano wartość charakterystyczną wytrzymałości jako **kwantyl 5-procentowy** otrzymany z badań doświadczalnych w znormalizowanych warunkach i na znormalizowanych próbkach.

Obecność sęków oraz innych karbów uwzględniono pomniejszając wartości charakterystyczne wytrzymałości o 15% dla ściskania i 32% dla zginania ($kl=1,32$).

W ten sposób uwzględniono współczynnik skali i niespełnienie oczekiwań normy EN 408 w kwestii wielkości próbek.

Ostatecznie na podstawie obliczonych wartości charakterystycznych drewno w konstrukcji zakwalifikowano do klasy C20.

Główne więzary dachowe sprawdzono pod względem statyczno-wytrzymałościowym jako płaskie ustroje prętowe w programie SPECBUD. Ponadto wykorzystano model przestrzenny utworzony w programie RM-WIN 3D, firmy CADSIS do weryfikacji poprawności obliczeń z wykorzystaniem modelu płaskiego oraz do weryfikacji elementów pośrednich znajdujących się poza płaszczyznami więzarów głównych.

Charakterystyki drewna uzyskano na podstawie badań laboratoryjnych pobranych próbek oraz oceny liczby wad tj. sęków, skrętów włókien itp.

Wiele elementów drewnianych posiada pęknięcia płytkie, których suma szerokości na płaszczyźnie <5% szerokości elementu. Nieliczne elementy posiadają spękania płytkie lub głębokie, z uwagi na liczne pęknięcia elementów drewnianych, których suma szerokości na płaszczyźnie wynosi ok. 5-10% szerokości elementu. Z tego powodu w obliczeniach statycznych przyjęto współczynniki zmniejszające :

- 0,98 pole przekroju elementów ,
- 0,96 moment bezwładności przekroju,

Obciążenia stałe istniejące.

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m ²	γ_f	k_d	Obc. obl. kN/m ²
1.	Dachówka ceramiczna zakładkowa Marsylka/Falcówka (Krytina Hranice)	0,50	1,35	--	0,68
2.	łaty 4x5 co 34cm	0,03	1,35	--	0,04
Σ :		0,53	1,35	--	0,72

W przypadku adaptacji poddasza na cele użytkowe należy liczyć się z większymi obciążeniami stałymi np.:

Obciążenia stałe - adaptacja.

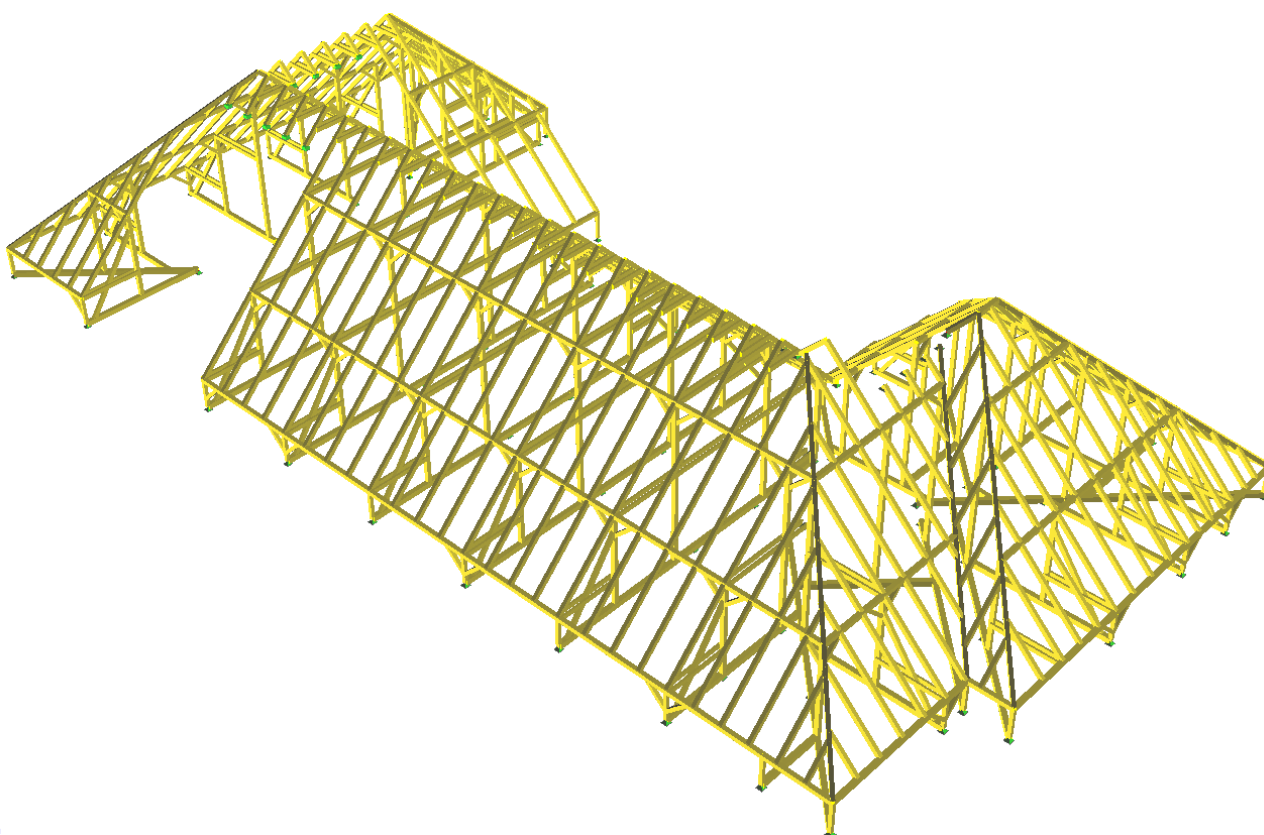
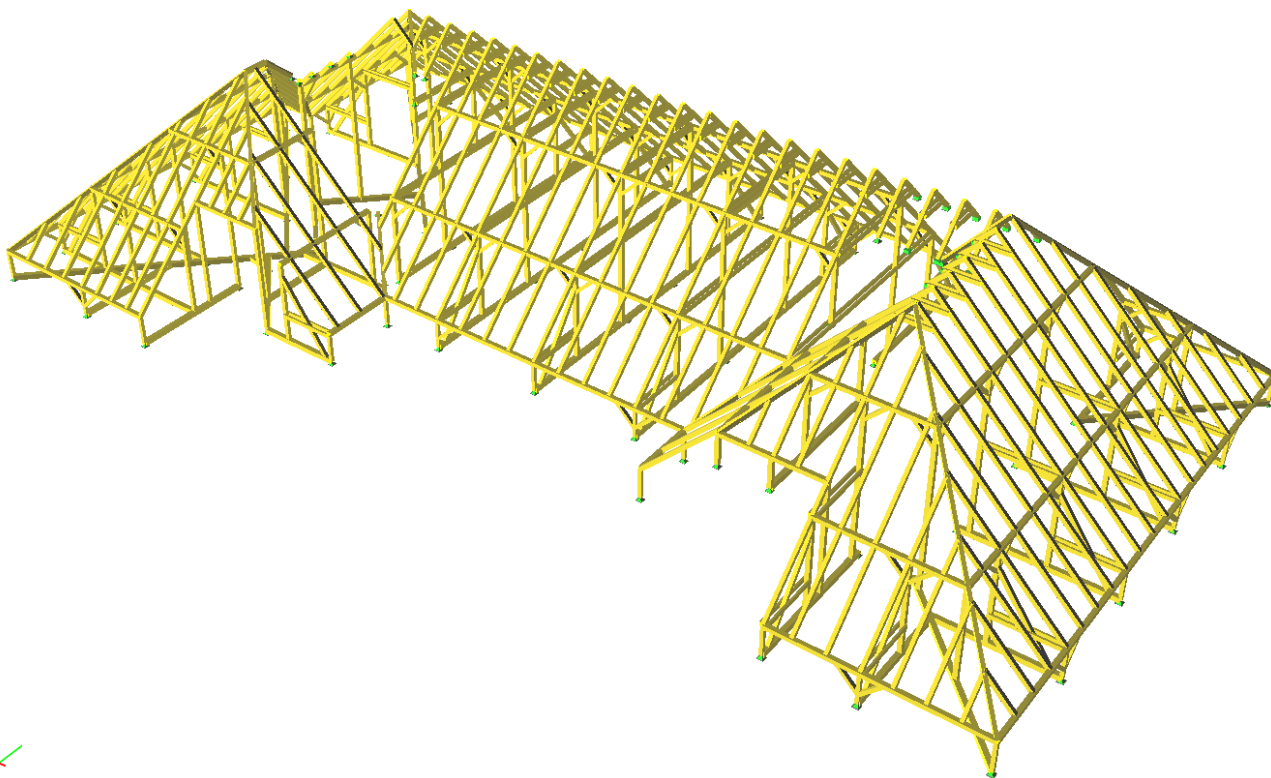
Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m ²	γ_f	k_d	Obc. obl. kN/m ²
1.	Dachówka ceramiczna zakładkowa Marsylka/Falcówka (Krytina Hranice)	0,50	1,35	--	0,68
2.	łaty 4x5 co 34cm	0,03	1,35	--	0,04
3.	Kontrłaty 5x3	0,01	1,35	--	0,01
4.	Folia paroprzepuszczalna	0,01	1,35	--	0,01
5.	Wełna mineralna w płytach miękkich grub. 16 cm [0,4kN/m ² ·0,16m]	0,06	1,35	--	0,08
6.	Wełna mineralna w płytach półtwardych grub. 8 cm [0,8kN/m ² ·0,08m]	0,06	1,35	--	0,08
7.	G-K na ruszcie	0,35	1,35	--	0,47
Σ :		1,02	1,35	--	1,38

Obciążenia śniegiem dachu

L.p.	Opis oddziaływania	Wartość char. kN/m ²
1.	Obciążenie równomierne śniegiem połaci dachu dwupołaciowego wg PN-EN 1991-1-3 p.5.3.3 (strefa 3, A=300 m n.p.m. -> $s_k = 1,200$ kN/m ² , przyp.A, nachylenie połaci 45,2 st. -> 0,395, $C_e=1,0$, $C_t=1,0$) [0,474kN/m ²]	0,47
2.	Obciążenie śniegiem połaci mniej obciążonej dachu dwupołaciowego wg PN-EN 1991-1-3 p.5.3.3 (strefa 3, A=300 m n.p.m. -> $s_k = 1,200$ kN/m ² , przyp.A, nachylenie połaci 45,2 st. -> 0,197, $C_e=1,0$, $C_t=1,0$) [0,237kN/m ²]	0,24

Obciążenia wiatrem dachu

L.p.	Opis oddziaływania	Wartość char. kN/m ²
1.	Obciążenie wiatrem pola G połaci dachu czterospadowego wg PN-EN 1991-1-4/7.2.6 (strefa 1, A=300 m n.p.m. -> $v_{b,0} = 22,00$ m/s, teren IV, $c_o=1$, $z_e=h=23,4$ m -> $c_r=0,73$, wymiary dachu $h=23,4$ m, $d=15,6$ m, $b=40,7$ m, kąty nachylenia połaci dachowych $\alpha_0=45,2$ st., $\alpha_{90}=45,2$ st. -> $q_p=0,52$ kPa, $c_{scd}=1,000$, $c_{pe}=0,37$) [0,365kN/m ²]	0,37
2.	Obciążenie wiatrem pola I połaci dachu czterospadowego wg PN-EN 1991-1-4/7.2.6 (strefa 1, A=300 m n.p.m. -> $v_{b,0} = 22,00$ m/s, teren IV, $c_o=1$, $z_e=h=23,4$ m -> $c_r=0,73$, wymiary dachu $h=23,4$ m, $d=15,6$ m, $b=40,7$ m, kąty nachylenia połaci dachowych $\alpha_0=45,2$ st., $\alpha_{90}=45,2$ st. -> $q_p=0,52$ kPa, $c_{scd}=1,000$, $c_{pe}=-0,16$) [-0,156kN/m ²]	-0,16
3.	Obciążenie wiatrem pola M połaci dachu czterospadowego wg PN-EN 1991-1-4/7.2.6 (strefa 1, A=300 m n.p.m. -> $v_{b,0} = 22,00$ m/s, teren IV, $c_o=1$, $z_e=h=23,4$ m -> $c_r=0,73$, wymiary dachu $h=23,4$ m, $d=15,6$ m, $b=40,7$ m, kąty nachylenia połaci dachowych $\alpha_0=45,2$ st., $\alpha_{90}=45,2$ st. -> $q_p=0,52$ kPa, $c_{scd}=1,000$, $c_{pe}=-0,41$) [-0,414kN/m ²]	-0,41
4.	Obciążenie wiatrem pola G połaci dachu dwuspadowego wg PN-EN 1991-1-4/7.2.5 (strefa 1, A=300 m n.p.m. -> $v_{b,0} = 22,00$ m/s, teren IV, $c_o=1$, $z_e=h=23,4$ m -> $c_r=0,73$, wymiary dachu $h=23,4$ m, $d=15,6$ m, $b=40,7$ m, kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha=45,2$ st., $\theta=0$ st. -> $q_p=0,52$ kPa, $c_{scd}=1,000$, $c_{pe}=0,37$) [0,365kN/m ²]	0,37



Łata pod dachówkami

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 5,0 \text{ cm}$

Wysokość $h = 4,0 \text{ cm}$

Drewno:

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C20**

→ $f_{m,k} = 20 \text{ MPa}$, $f_{t,0,k} = 12 \text{ MPa}$, $f_{c,0,k} = 19 \text{ MPa}$, $f_{v,k} = 2,2 \text{ MPa}$, $E_{0,mean} = 9,5 \text{ GPa}$, $\rho_k = 330 \text{ kg/m}^3$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 45,2^\circ$

Rozstaw łąt $a_1 = 0,34 \text{ m}$

Rozstaw podparć $a = 1,08 \text{ m}$

Schemat: belka dwuprzęsłowa
element w remontowanym obiekcie starym

Obciążenia:

- obciążenie stałe $g_k = 0,500 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej; $\gamma_f = 1,35$

- obciążenie śniegiem (wg PN-EN 1991-1-3 p.5.3.3: dach dwupołaciowy, strefa 1, $A=300 \text{ m n.p.m.}$, nachylenie połaci $45,2 \text{ st.}$):

$S_k = 0,474 \text{ kN/m}^2$ rzutu połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

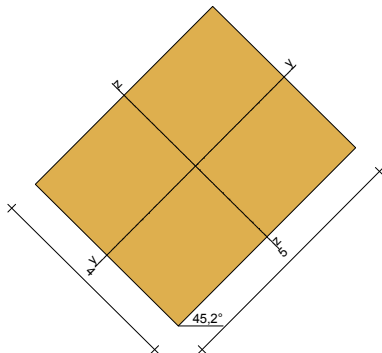
- obciążenie parciem wiatru $p_k = 0,370 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie ssaniem wiatru $p_k = -0,160 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie skupione $F_k = 0,00 \text{ kN}$; $\gamma_f = 1,20$

WYNIKI:

$A = 20,0 \text{ cm}^2$
 $W_y = 13,3 \text{ cm}^3$
 $W_z = 16,7 \text{ cm}^3$
 $J_y = 26,7 \text{ cm}^4$
 $J_z = 41,7 \text{ cm}^4$
 $m = 0,66 \text{ kg/m}$



Zginanie:

decyduje kombinacja: A (obc.stałe max.+śnieg+wiatr)

Momenty obliczeniowe:

$M_y = 0,07 \text{ kNm}$; $M_z = 0,04 \text{ kNm}$

Warunek nośności:

$k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,55 < 1$

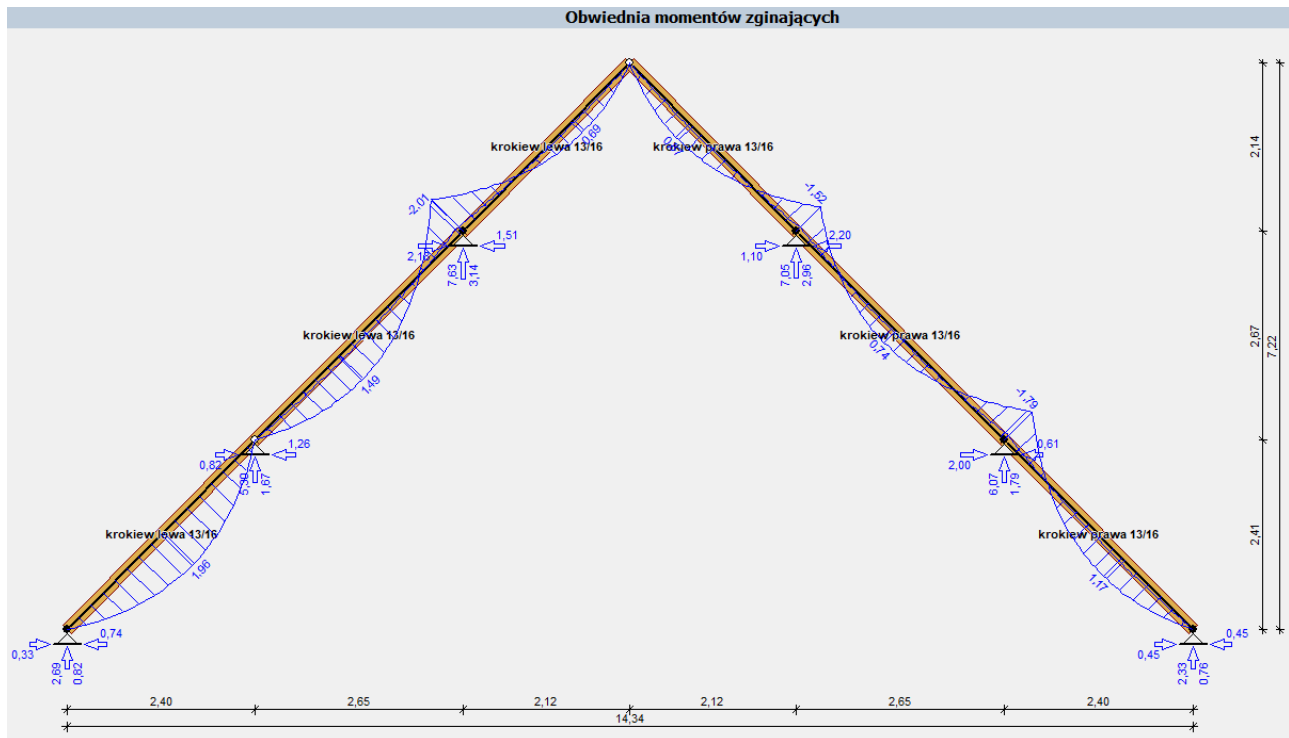
$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,63 < 1$

Ugięcie:

decyduje kombinacja: A (obc.stałe+śnieg)

$u_{fin} = 1,10 \text{ mm} < u_{net,fin} = 1,5 \cdot a / 200 = 8,10 \text{ mm} \quad (13,5\%)$

Krokiew



Obwiednia momentów zginających dla typowych krokwi. W krokwi lewej uwzględniono łączenie przegubowe na niższym ramie stołcowej, występujące w części wiązarów.

Krokiew typowa odcinek dolny – obciążenia istniejące

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 12,9 \text{ cm}$

Wysokość $h = 15,8 \text{ cm}$

Zacios na podporach $t_k = 4,0 \text{ cm}$

Drewno:

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C20**

→ $f_{m,k} = 20 \text{ MPa}$, $f_{t,0,k} = 12 \text{ MPa}$, $f_{c,0,k} = 19 \text{ MPa}$, $f_{v,k} = 2,2 \text{ MPa}$, $E_{0,mean} = 9,5 \text{ GPa}$, $\rho_k = 330 \text{ kg/m}^3$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 45,2^\circ$

Rozstaw krokwi $a = 1,10 \text{ m}$

Długość rzutu poziomego wspornika $l_{w,x} = 0,00 \text{ m}$

Długość rzutu poziomego odcinka środkowego $l_{d,x} = 2,40 \text{ m}$

Długość rzutu poziomego odcinka górnego $l_{g,x} = 0,00 \text{ m}$

element w remontowanym obiekcie starym

Obciążenia dachu:

- obciążenie stałe $g_k = 0,540 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej; $\gamma_f = 1,35$

- uwzględniono ciężar własny krokwi

- obciążenie śniegiem (wg PN-EN 1991-1-3 p.5.3.3: dach dwupołaciowy, strefa 1, $A=300 \text{ m n.p.m.}$, nachylenie połaci $45,2 \text{ st.}$):

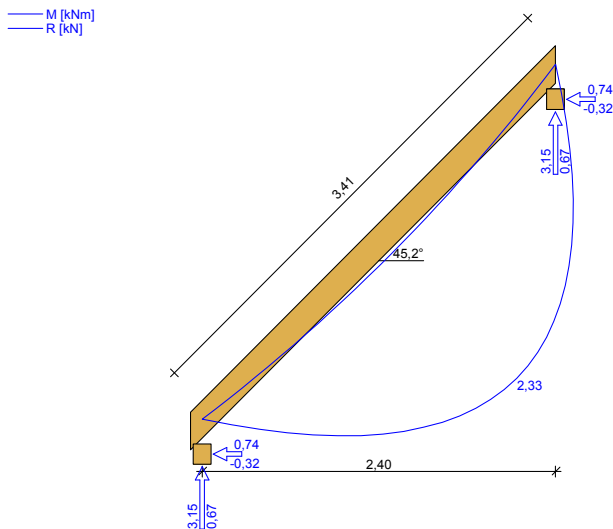
$S_k = 0,474 \text{ kN/m}^2$ rzutu połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie parciem wiatru $p_k = 0,370 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie ssaniem wiatru $p_k = -0,160 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie ociepleniem $g_{kk} = 0,000 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej

WYNIKI:



Zginanie:

decyduje kombinacja A (obc.stałe max.+śnieg+wiatr)

Momenty obliczeniowe:

$$M_{\text{prześl}} = 2,33 \text{ kNm}; \quad M_{\text{podp}} = 0,00 \text{ kNm}$$

Warunek nośności - prześło:

$$\sigma_{m,y,d} = 4,33 \text{ MPa}, \quad f_{m,y,d} = 11,53 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,37 < 1$$

Warunek nośności - podpora:

$$\sigma_{m,y,d} = 0,01 \text{ MPa}, \quad f_{m,y,d} = 11,53 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,001 < 1$$

Ugięcie (odcinek środkowy):

$$u_{\text{fin}} = 5,28 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = 1,5 \cdot l / 200 = 25,55 \text{ mm} \quad (20,7\%)$$

Krokiew typowa odcinek górny – obciążenia istniejące

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 12,9 \text{ cm}$

Wysokość $h = 15,8 \text{ cm}$

Zacios na podporach $t_k = 4,0 \text{ cm}$

Drewno:

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C20**

→ $f_{m,k} = 20 \text{ MPa}$, $f_{t,0,k} = 12 \text{ MPa}$, $f_{c,0,k} = 19 \text{ MPa}$, $f_{v,k} = 2,2 \text{ MPa}$, $E_{0,mean} = 9,5 \text{ GPa}$, $\rho_k = 330 \text{ kg/m}^3$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 45,2^\circ$

Rozstaw krokwi $a = 1,10 \text{ m}$

Długość rzutu poziomego wspornika $l_{w,x} = 0,00 \text{ m}$

Długość rzutu poziomego odcinka środkowego $l_{d,x} = 2,65 \text{ m}$

Długość rzutu poziomego odcinka górnego $l_{g,x} = 2,12 \text{ m}$

element w remontowanym obiekcie starym

Obciążenia dachu:

- obciążenie stałe $g_k = 0,540 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej; $\gamma_f = 1,35$

- uwzględniono ciężar własny krokwi

- obciążenie śniegiem (wg PN-EN 1991-1-3 p.5.3.3: dach dwupołaciowy, strefa 1, $A=300 \text{ m n.p.m.}$, nachylenie połaci $45,2 \text{ st.}$):

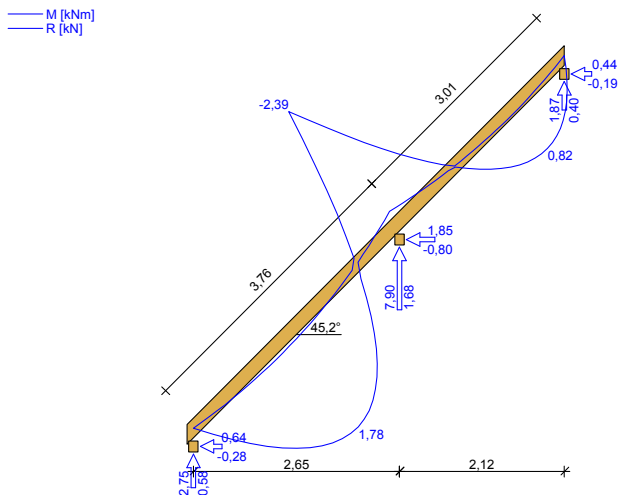
$$S_k = 0,474 \text{ kN/m}^2 \text{ rzutu połaci dachowej, } \gamma_f = 1,50$$

- obciążenie parciem wiatru $p_k = 0,370 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie ssaniem wiatru $p_k = -0,160 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie ociepleniem $g_{kk} = 0,000 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej

WYNIKI:



Zginanie:

decyduje kombinacja A (obc.stałe max.+śnieg+wiatr)

Moment obliczeniowy:

$$M_{\text{podp}} = -2,39 \text{ kNm}$$

Warunek nośności - podpora:

$$\sigma_{m,y,d} = 7,94 \text{ MPa}, f_{m,y,d} = 11,53 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,690 < 1$$

Ugięcie (odcinek środkowy):

$$u_{\text{fin}} = 3,98 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = 1,5 \cdot l / 200 = 28,21 \text{ mm} \quad (14,1\%)$$

Płatew pośrednia dolnej ramy stolcowej

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 15,8 \text{ cm}$

Wysokość $h = 15,8 \text{ cm}$

Drewno:

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C20**

→ $f_{m,k} = 20 \text{ MPa}$, $f_{t,0,k} = 12 \text{ MPa}$, $f_{c,0,k} = 19 \text{ MPa}$, $f_{v,k} = 2,2 \text{ MPa}$, $E_{0,\text{mean}} = 9,5 \text{ GPa}$, $\rho_k = 330 \text{ kg/m}^3$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

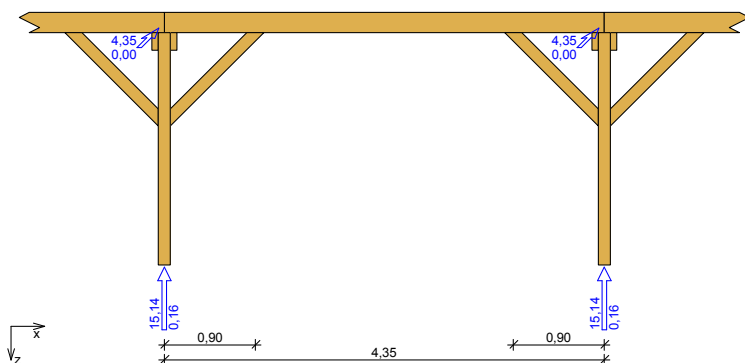
Płatew podparta obustronnie mieczami

Rozstaw słupów $l = 4,35 \text{ m}$

Odległość podparcia płatwi mieczem $a_m = 0,90 \text{ m}$
element w remontowanym obiekcie starym

WYNIKI:

R_z [kN]
 R_y [kN] } dla jednego odcinka (prześla)



Zginanie:

decyduje kombinacja A (obc.stałe max.+śnieg+wiatr-variant I)

Momenty obliczeniowe

$$M_{y,\text{max}} = 5,66 \text{ kNm}; \quad M_{z,\text{max}} = 4,73 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\sigma_{m,y,d} = 8,61 \text{ MPa}, \quad f_{m,y,d} = 11,53 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = 7,19 \text{ MPa}, \quad f_{m,z,d} = 11,53 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7$$

$$k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 1,15 > 1$$

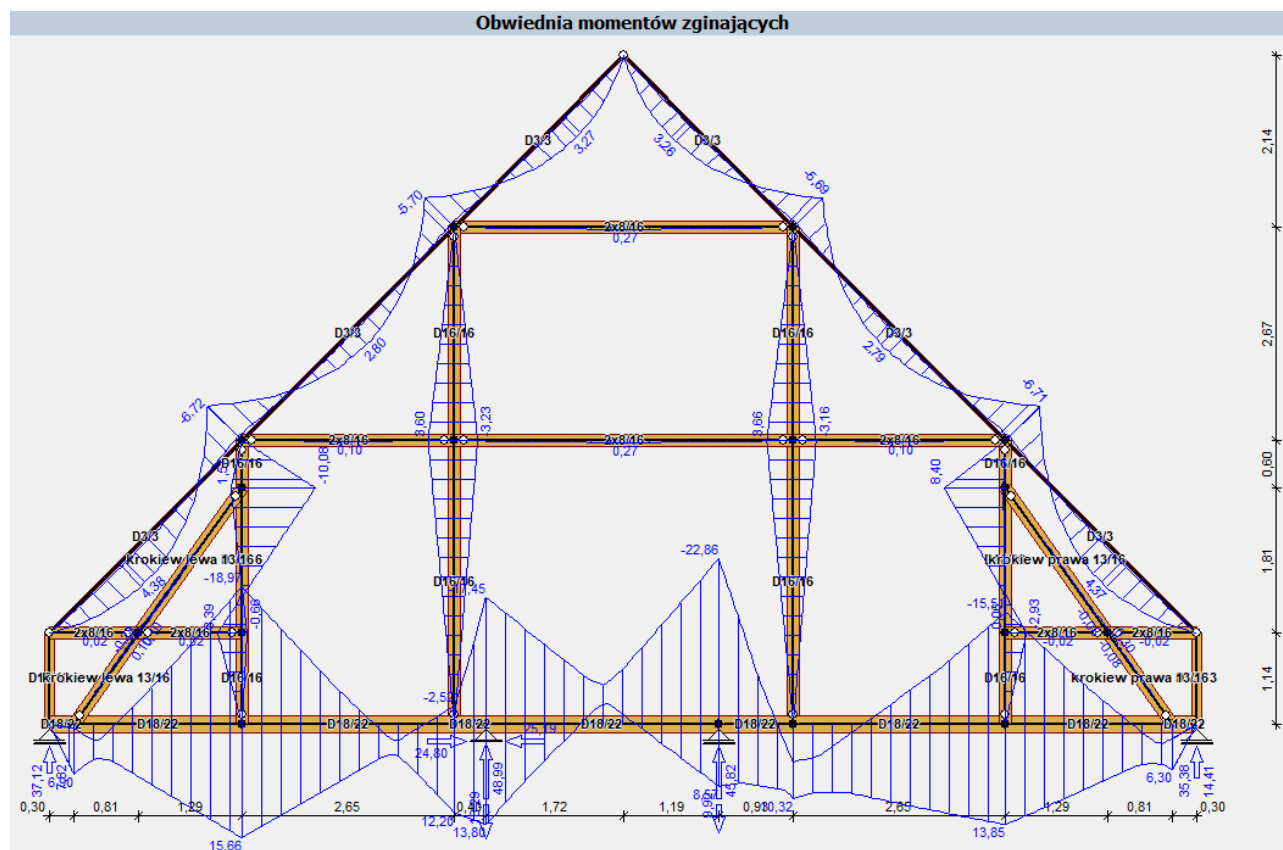
$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 1,18 > 1$$

Ugięcie:

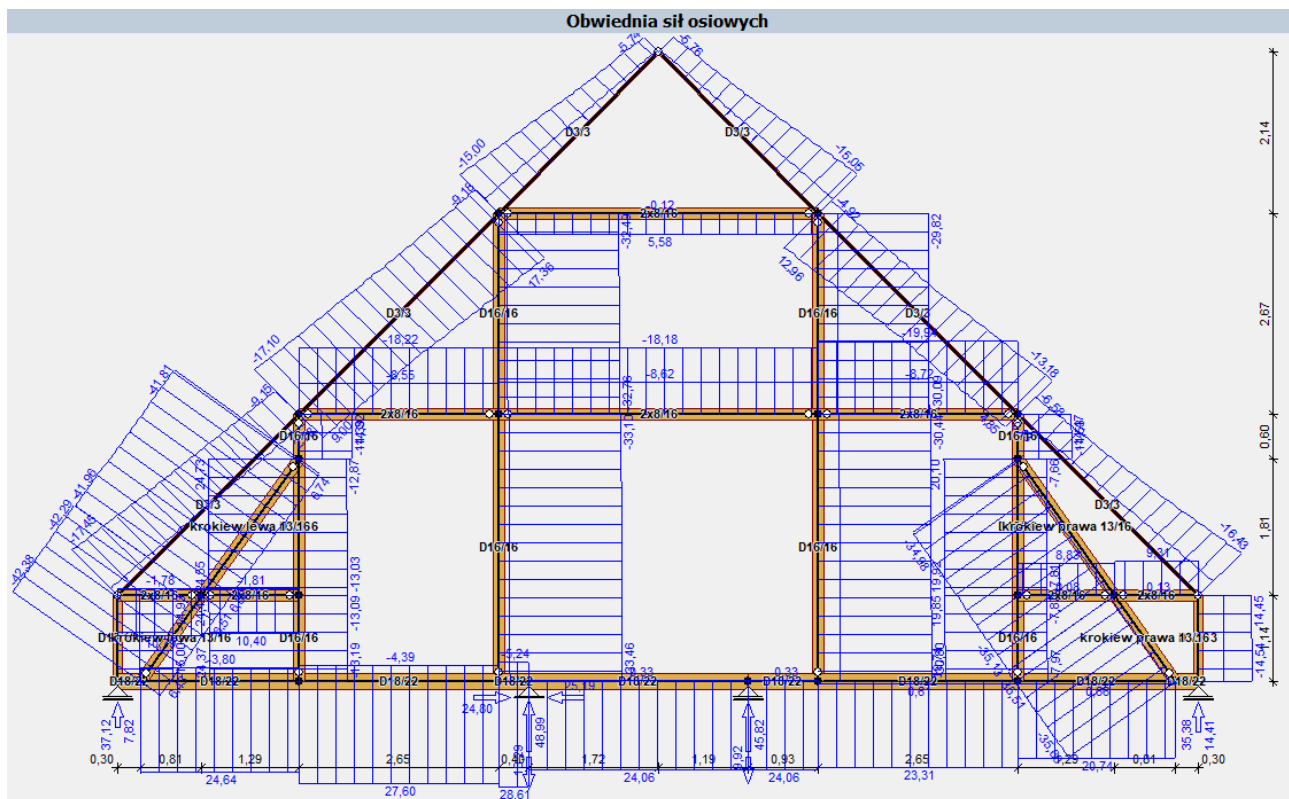
decyduje kombinacja C (obc.stałe+wiatr-wariant I)

$$u_{fin,z} = 0,17 \text{ mm}; \quad u_{fin,y} = 13,99 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = (u_{fin,z}^2 + u_{fin,y}^2)^{0,5} = 13,99 \text{ mm} < u_{net,fin} = 32,62 \text{ mm} \quad (42,9\%)$$



Obwiednia momentów zginających w wiązarach pełnych z obciążeniem zebrany z 4,35mb dachu.



Obwiednia sił osiowych w wiązarach pełnych z obciążeniem zebrany z 4,35mb dachu.

Słup

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 15,8 \text{ cm}$

Wysokość $h = 15,8 \text{ cm}$

Drewno:

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C20**

→ $f_{m,k} = 20 \text{ MPa}$, $f_{t,0,k} = 12 \text{ MPa}$, $f_{c,0,k} = 19 \text{ MPa}$, $f_{v,k} = 2,2 \text{ MPa}$, $E_{0,mean} = 9,5 \text{ GPa}$, $\rho_k = 330 \text{ kg/m}^3$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Wysokość słupa $l_{col} = 3,60 \text{ m}$

Współczynniki długości wyboczeniowej:

- względem osi y $\mu_y = 1,00$

- względem osi z $\mu_z = 1,00$

Obciążenia:

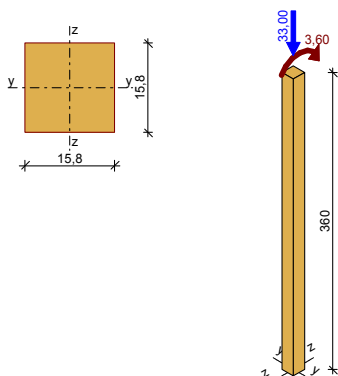
Siła ściskająca $N_c = 33,00 \text{ kN}$

Moment zginający $M_y = 3,60 \text{ kNm}$

Moment zginający $M_z = 0,00 \text{ kNm}$

Klasa trwania obciążenia: średniotrwałe

WYNIKI:



Zginanie ze ściskaniem:

$$N_c = 33,00 \text{ kN}; \quad M_y = 3,60 \text{ kNm}$$

Warunek smukłości:

$$\lambda_y = 78,93 < \lambda_c = 150 \quad (52,6\%)$$

$$\lambda_z = 78,93 < \lambda_c = 150 \quad (52,6\%)$$

Warunek nośności:

$$k_{c,y} = 0,456; \quad k_{c,z} = 0,456$$

$$\sigma_{c,0,d} = 1,32 \text{ MPa}, \quad f_{c,0,d} = 11,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 5,48 \text{ MPa}, \quad f_{m,y,d} = 12,31 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,248 + 0,445 = 0,693 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,248 + 0,445 = 0,693 < 1$$

Warunek stateczności:

$$k_{crit,y} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 5,48 \text{ MPa} < k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d} = 12,31 \text{ MPa} \quad (44,5\%)$$

Tram typowy

ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Klasa użytkowania konstrukcji - 2

Parametry analizy zwichrzenia:

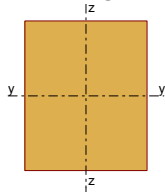
- brak stężeń bocznych na długości belki
- stosunek $l_d/l = 1,00$
- obciążenie przyłożone na pasie ściskanym (górnym) belki

Belka w obiekcie starym, remontowanym

Ugięcie graniczne przęsła $u_{net,fin} = l_o / 300$

WYNIKI OBLICZEŃ WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

WYMIAROWANIE WG PN-B-03150:2000



Przekrój prostokątny **17,8 / 21,8 cm**

$$W_y = 1410 \text{ cm}^3, \quad J_y = 15368 \text{ cm}^4, \quad m = 12,4 \text{ kg/m}$$

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C18**

$$\rightarrow f_{m,k} = 18 \text{ MPa}, \quad f_{t,0,k} = 11 \text{ MPa}, \quad f_{c,0,k} = 18 \text{ MPa}, \quad f_{v,k} = 2 \text{ MPa}, \quad E_{0,mean} = 9 \text{ GPa}, \quad \rho_k = 320 \text{ kg/m}^3$$

Belka

Zginanie

Przekrój $x = 0,56 \text{ m}$ (**K13**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P5 + 0,90 \cdot P3$)

Moment maksymalny $M_{max} = 17,07 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,y,d} = 12,11 \text{ MPa}, \quad f_{m,y,d} = 8,31 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 1,46 > 1 \quad (!!!)$$

Warunek stateczności:

$$k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 12,11 \text{ MPa} > k_{crit} \cdot f_{m,y,d} = 8,31 \text{ MPa} \quad (145,7\%) \quad (!!!)$$

Ścinanie

Przekrój $x = 5,71 \text{ m}$ (**K9**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P4 + 0,90 \cdot P2$)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{max} = -48,82 \text{ kN}$

$$\tau_d = 1,89 \text{ MPa} > f_{v,d} = 1,38 \text{ MPa} \quad (136,3\%) \quad (!!!)$$

Docisk na podporze

Reakcja podporowa $R_D = 21,11 \text{ kN}$ (**K7**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P3 + 0,90 \cdot P5$)

$$a_p = 20,0 \text{ cm}, \quad k_{c,90} = 1,00$$

$$\sigma_{c,90,y,d} = 0,89 \text{ MPa} < k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,02 \text{ MPa} \quad (87,3\%)$$

Stan graniczny użyteczności

Przekrój $x = 11,94 \text{ m}$ (**K11**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P5$)

Ugięcie maksymalne $u_{fin} = 25,62 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $u_{net,fin} = 1,5 \cdot l_o / 300 = 1,5 \cdot 6170 / 300 = 30,85 \text{ mm}$

$$u_{fin} = 25,62 \text{ mm} < u_{net,fin} = 30,85 \text{ mm} \quad (83,0\%)$$

8. Wnioski i zalecenia

W niniejszej ekspertyzie dokonano oceny i analizy stanu technicznego konstrukcji dachu w budynku Wodociągów Miasta Krakowa S.A. mieszczącego się w Krakowie przy ul. Senatorskiej 1. Wykonano również badania wytrzymałości materiałów oraz analizy statyczno-wytrzymałościowe nośności elementów konstrukcyjnych więźby na modelu komputerowym w celu określenia ich poziomu wyężenia i możliwości dalszego bezpiecznego użytkowania przy zapewnieniu wymaganego przepisami poziomu bezpieczeństwa. W opracowaniu zawarto również konkluzje dotyczące wykonania planowanego remontu w wersjach inwestycyjnych I i II.

Obecnie poddasze nie pełni funkcji pomieszczenia użytkowego.

8.1. Wnioski i zalecenia dotyczące stanu technicznego więźby dachowej.

Więźba dachowa znajduje się w **średnim stanie technicznym**. Średnie uszkodzenia i ubytki nie zagrażają bezpośrednio bezpieczeństwu osób i mienia, jednak celowy jest remont bieżący polegający na drobnych naprawach, uzupełnieniach, konserwacji, impregnacji.

Widoczne miejscowo zacieki świadczą o okresowym zawilgoceniu więźby w przeszłości z nieszczelności pokrycia, jednak wraz z wymianą pokrycia dachu zjawisko to ustało lub ograniczyło się do pojedynczych ognisk. Niewielka część elementów objawia jednak zły stan techniczny i wymaga działań naprawczych lub wymiany. Stwierdzone wady i uszkodzenia mają istotny wpływ na trwałość konstrukcji dachu oraz wpływają negatywnie na jego estetykę. W przypadku zaniechania prac zabezpieczających może dojść do nieodwracalnych uszkodzeń układu nośnego więźby.

Więźba jest w większości kompletna z punktu widzenia ustrojów konstrukcyjnych. Część elementów zostało wymienionych na nowe lub uzupełnionych.

Jakość i stan połączeń konstrukcyjnych jest zróżnicowany. Połączenia z użyciem łączników stalowych zachowują swoją nośność i nie wykryto w nich nadmiernych luzów, jednak łączniki uległy powierzchniowej korozji, która z czasem może prowadzić do ich osłabienia. W niektórych elementach konstrukcyjnych łączniki takie jak śruby lub drewniane kołki stanowią karby, w pobliżu których koncentrują się pęknięcia drewna.

Wilgotność elementów drewnianych pomierzona na strychu urządzeniem TESTO 616 wynosi od ok.10%-18%, zaś próbki pobrane do badań wytrzymałościowych przed suszeniem posiadały wilgotność bezwzględną 9-12%. Taka niska wilgotność drewna skutecznie powstrzymuje rozwój grzybów, pleśni, mchów, jednak poza okresem letnim, w którym wykonano badania, wilgotność drewna może się zwiększać.

Nie stwierdzono śladów występowania drewnojadów ani osypującej się mączki drzewnej.

Szary, brązowy, a miejscowo zielonkawy odcień powierzchni elementów drewnianych świadczą o możliwym występowaniu w przeszłości przed remontem dachu, lub cyklicznie wraz ze zmianami pór roku podwyższonej wilgotności drewna co umożliwiało rozwój grzybów pleśni wywołujących szary rozkład drewna oraz miejscowo glonów lub mchów.

W miejscach zawilgaczanych w przeszłości wodą przedostającą się z nieszczelności dachu lub w miejscach słabo wentylowanych, w kieszeniach murów, na niektórych elementach zaobserwowano ciemnobrunatne lub białe przebarwienia biokorozyjne mogące być ogniskami rozkładu brunatnego lub białego wywołwanego grzybem domowym.

Porażenie biokorozyjne kleszczy w osi E (EL.KL.1) zakwalifikowano do stopnia II, zaś pozostałe elementy porażone są biokorozyjnie w stopniu I, tzn.: porażone są powierzchniowo.

Znaczne porażenie biokorozyjne elementów konstrukcyjnych występuje w rejonie osi 1-3/F-D. Porażenie sklasyfikowano do I stopnia, jednak jeżeli zabiegi powierzchniowego czyszczenia nie przyniosą rezultatu należy rozważyć wymianę elementów konstrukcyjnych więźby w tych osiach.

Na części powierzchni elementów drewnianych widoczna jest niebieskawa barwa. Jest to prawdopodobnie pozostałość powierzchniowego malowania drewna z przeszłości lub wynik innej działalności człowieka. Głębsze warstwy elementów drewnianych w odkrywkach ukazują zdrowe drewno o jasnym kolorze i zwartej strukturze, dlatego twardość drewna większości elementów jest duża.

Na wielu elementach drewnianych występują pęknięcia a na niektórych ubytki. Pomimo to nadmierną deformację więźby zaobserwowano jedynie w kilku miejscach tj:

- miejsce, w którym niewzmocnione krokwie nie poradziły sobie z obciążeniami wymianami komina o znacznym gabarycie EL.K.4.
- na płatwi o znacznej rozpiętości przy ścianie kolankowej w osi B,
- na jednym wyboczonym słupie EL.S.2 w osi I,
- na niektórych elementach z widocznymi śladami zawilgocenia,
- na tramach, co jest zjawiskiem powszechnym, gdyż dawniej przekroje elementów konstrukcyjnych przyjmowano na bazie doświadczeń i brakowało również technologii i materiałów umożliwiających przekraczanie znacznych rozpiętości.

Na pozostałych elementach nie stwierdzono nadmiernych deformacji. Niektóre pęknięcia znacząco osłabiają jednak nośność elementów konstrukcyjnych. Są to pęknięcia elementów ściskanych takich jak słupy, zastrzały oraz miecze w kierunku podłużnym, ciągnące się przez większą część długości elementu i sięgające przeważającej części przekroju. Koncentrują się one często w pobliżu połączeń trzpieniowych, stanowiących dla nich inicjujące karby.

Inne niebezpieczne wyężeniowo pęknięcia wystąpiły w elementach zginanych, takich jak krokwie i płatwie. Charakteryzują się znacznym rozwarciem, przekraczającym 10mm i ciągną przez większą część długości elementu.

Większość pojedynczych pęknięć, nawet głębokich lub szerokich, nie powoduje znacznego osłabienia elementów, jednak umożliwiają wnikanie do wnętrza elementu wilgoci i zarodników grzybów inicjujących proces destrukcji biologicznej, dlatego nie należy ich bagatelizować. W stosunku do wyżej opisanych pęknięć należy podjąć działania naprawcze.

8.2. Wnioski z obliczeń statycznie – wytrzymałościowych modelu istniejącej konstrukcji dachu.

Analiza obliczeniowa uwzględnia skalę oddziaływań normatywnych obciążeń oraz wymaganego poziomu bezpieczeństwa konstrukcji.

- **łaty** wykazują ok. 60% wyężenie pod obciążeniami stałymi i klimatycznymi. Wzrasta ono ok. 20%, gdy na łatę nastąpi konserwator dachu. W przypadku decyzji o adaptacji poddasza na cele użytkowe łaty istniejące można pozostawić.

- dzięki poczwórnej ramie stolcowej **krokwie** nie mają dużych rozpiętości, w wyniku czego ich wyężenie (dla krokwie w dobrym stanie technicznym) osiąga wartości do ok. 70 % pod maksymalnymi istniejącymi obciążeniami.

Wpływ na wyężenie krokwie ma sama wartość obciążenia, ale również jego charakter. W przypadku podwieszenia do istniejących krokwie dodatkowych warstw izolacyjnych i wykończeniowych o naturze obciążenia stałego, zmianie ulega również współczynnik k_{mod} korygujący wartość wytrzymałości drewna. Do obliczeń w stanie obecnym można założyć ważony współczynnik modyfikacyjny o wartości $k_{mod} = 0,75$, zaś w przypadku adaptacji współczynnik wyniesie $k_{mod}=0,7$, a wyężenie krokwie wyniesie 90-100%. Dla krokwie w dobrym stanie technicznym przeniesienie dodatkowych obciążeń jest możliwe, lecz dla krokwie osłabionych, silnie spękanych, spaczonych, ugiętych bądź zdegradowanych biologicznie, będzie to niebezpieczne. W takim przypadku należy przewidzieć wymianę krokwie w złym i średnim stanie technicznym na nowe oraz wzmocnienie pozostałych istniejących krokwie w

rejonie oparcia na ramach stolcowych, gdzie występują największe momenty podporowe np. obustronnymi przykładkami bocznymi z desek o gr. 32mm o długości ok. 1,3m lub kątownikami stalowymi.

- oszacowano , że **płatwie pośrednie** znajdujące się w dobrym stanie technicznym mogą osiągać wyężenie o wartości ok. 118 % pod maksymalnymi istniejącymi obciążeniami. Dodatkowe warstwy izolacyjne dachu podnoszą to wyężenie do ok. 140%. Aby spełnić wymagania bezpiecznego ich użytkowania po adaptacji (wersja II działań inwestycyjnych) zalecana jest wymiana wszystkich płatwi na nowe. W przypadku płatwi w dobrym stanie technicznym możliwe byłoby ich wzmocnienie obustronnymi przykładkami, nakładkami lub kątownikami stalowymi.

- obliczenia wykazują, że w miejscu, gdzie **zastrzał** napiera na **słup stolcowy** wywołując w nim momenty zginające, nośność słupa może być przekroczona. Brak jest jednak objawów takiego przeciążenia, dlatego uznano, że taki wynik jest skutkiem niedoskonałości modelu obliczeniowego. Poza wspomnianym przekrojem obliczone wyężenie „zdrowych” słupów i zastrzałów nie przekracza 70%. W przypadku obliczeń dla obciążeń adaptacyjnych (wersja II działań inwestycyjnych), wyężenia wzrastają o 10%.

- ze względu na silne spękania i ugięcia większości **tramów** oraz efekt skali obniżono dla nich arbitralnie klasę wytrzymałościową do C18. Jak można było się spodziewać, tramy doznają największego przeciążenia przy obecnie mogących wystąpić obciążeniach. Obliczone wartości sięgają 145%. Spękania i trwałe ugięcia świadczą o pracy w zakresie pozanormatywnym i generują niepożądane deformacje całej więźby. Wzmocnienie lub zastąpienie tramów innymi elementami jest niezbędnym działaniem, na drodze do doposażenia dachu w dodatkowe warstwy izolacyjne oraz wykończeniowe (wersja II działań inwestycyjnych).

8.3. Zalecenia dotyczące bieżącej konserwacji i napraw.

Zdjęcia i opis poszczególnych uszkodzeń i proponowanych działań konserwacyjno naprawczych umieszczono w treści rozdziału nr 5, zaś rysunek zestawczy prezentujący ich lokalizację umieszczono na końcu opracowania.

8.3.1. Porażenia biokorozyjne.

Główną przyczyną rozwoju korozji biologicznej są warunki ciepło-wilgotnościowe sprzyjające rozwojowi grzybów domowych tj.: wilgotność podłoża 37-60%, wilgotność powietrza 96-98%, temperatura 22-27C oraz brak światła i wentylacji/przewiewu. Należy dążyć do tego, aby remontowany obiekt był suchy , nasłoneczniony i wentylowany.

Aby zabezpieczyć obiekt przed korozją biologiczną należy :

- elementy konstrukcyjne zabezpieczyć przed wilgocią,
- zabezpieczyć elementy konstrukcyjne środkami chemicznymi działającymi toksycznie na szkodniki biologiczne,
- właściwie eksploatować obiekt.

Specjalistyczna firma winna wykonać badania mykologiczne odbarwionych elementów drewnianych, wydać orzeczenie mykologiczno-budowlane i na ich podstawie dobrać odpowiednie środki chemiczne do zabezpieczenia drewna.

Elementy konstrukcyjne porażone biokorozyjnie w mniejszym stopniu np. elementy, na których wystąpiła korozja biologiczna w stopniu I w postaci zagrzybienia powierzchniowego należy wyczyścić przy użyciu szczotek drucianych, strugów, ośników, siekiery z utworów grzyba i zanieczyszczeń aż do usunięcia skorodowanej warstwy, następnie drewno przesuszyć i zabezpieczyć odpowiednio dobranym środkiem chemicznym.

Jeżeli czyszczenie powierzchniowe okaże się niewystarczające element drewniany należy obciosać usuwając skorodowane, zniszczone warstwy drewna. Zdrową powierzchnię należy zabezpieczyć odpowiednio dobranymi środkami impregnującymi oraz wzmocnić:

- jednostronnie balem grubości 50mm sięgającym poza strefę osłabioną na min. 4h,
 - obustronnie przykładkami z desek gr. 32mm sięgającymi poza strefę osłabioną na min. 4h,
- Gwoździe powinny przechodzić przez cały zespolony przekrój, a końce mieć zagięte równolegle

do włókien.

Ponowić zabezpieczenie antykorozyjne końców tramów w kieszeniach muru. Gniazda tramów w murze należy oczyścić szczotkami drucianymi w promieniu ok. 0,5m poza widoczne ślady zagrzybienia. Zweryfikować stan końców tramów na długości ok. 80cm od kieszeni w murze. Podczas wykonywania prac na bieżąco weryfikować stan techniczny odsłanianej konstrukcji i konsultować z projektantem konieczność wykonania dodatkowych działań

Elementy konstrukcyjne porażone biokorozją w większym stopniu, w których zabiegi powierzchniowego czyszczenia nie przyniosą rezultatu, należy wymienić na nowe.

8.3.2. Pęknięcia

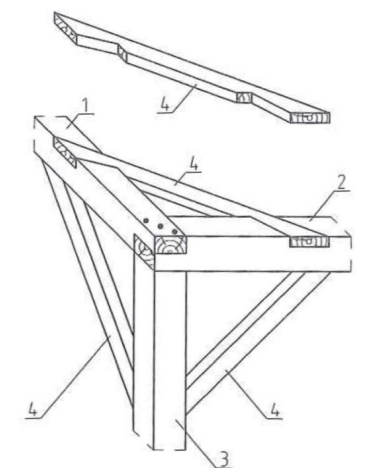
Pęknięcia powodują zmniejszenie nośności elementów drewnianych oraz umożliwiają wnikanie do wnętrza elementu wilgoci i zarodników grzybów, inicjujących proces destrukcji biologicznej, dlatego pęknięcia i dziury należy wypełnić olejem lnianym i zakitać.

Duże pęknięcia o podłożu naturalnym, niewyteżeniowym uzupełnić przez flekowanie wkładkami z drewna litego (uzupełnianie ubytków wkładkami) z odpowiednio dobranego gatunku o zbliżonej strukturze.

W przypadku większych pęknięć elementów zginanych, w efekcie których element doznał znacznych ugięć, element konstrukcyjny należy wymienić na nowy.

Słupy, w których pęknięcie przechodzi przez cały przekrój należy wymienić. Szczególną uwagę należy zwrócić na pęknięcia koncentrujące się wokół stalowych łączników mechanicznych. W przypadku, gdy połączenie objawia luz, lub nie spełnia swojej funkcji w inny sposób należy to naprawić.

8.3.3. Zleca się wzmocnienie płatew pośrednich w narożach dachu poziomymi mieczami drewnianymi



1, 2 – płatwie pośrednie, 3 – słup narożny ściany stolcowej,
4 – miecze pionowe i dodatkowy miecz poziomy

8.3.4. Elementy stalowe należy oczyścić i zabezpieczyć antykorozyjnie poprzez zastosowanie powłok malarskich.

8.3.5. W trakcie wykonywania prac diagnostycznych dołożono starań, by ujawnić i oznaczyć miejsca ognisk korozji biologicznej, pęknięć i ubytków elementów konstrukcyjnych, które znacząco obniżają zapas bezpieczeństwa konstrukcji. Podczas wykonywania prac związanych z odgrzybianiem specjalistyczna firma winna dokonać powtórnego przeglądu kwalifikującego, oraz pobrać próbki do badań w celu dobrania optymalnego środka chemicznego.

Ponieważ na etapie wykonywania ekspertyzy dostęp do oględzin części elementów zakrytych lub znajdujących się na dużej wysokości był niemożliwy, podczas wykonywania prac remontowych i konserwacyjnych należy zwracać uwagę na niebezpieczne pęknięcia i w razie wątpliwości skonsultować z autorem ekspertyzy konieczność podjęcia działań naprawczych.

8.4. Zalecenia dotyczące dodatkowego obciążenia dachu w wersjach inwestycyjnych I i II

8.4.1 W obecnym stanie konstrukcji dachu nie dopuszcza się stosowania dodatkowych dociążeń elementów nośnych dachu poprzez podwieszanie, balasty itp.

8.4.2. Dopuszcza się wykonanie uzupełnienie warstw dachowych o kontrłaty i folię paroprzepuszczalną stanowiącą tzw. drugie odwodnienie bez dodatkowych wzmocnień istniejącej konstrukcji dachu. Zaleca się jednak wykonanie działań dotyczących bieżących napraw i konserwacji.

8.4.3. W przypadku podjęcia decyzji o działaniach inwestycyjnych w zakresie wersji II opisanej w rozdziale 6 należy rozważyć:

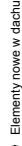
- całkowitą wymianę konstrukcji dachu na nową, mocniejszą oraz eliminującą tramy.
- ew. częściową wymianę konstrukcji dachu na nową połączoną ze wzmacnianiem elementów zginanych lub ściskanych przykładkami lub nakładkami drewnianymi lub stalowymi (krokwie, płatwie, tramy, słupy), wzmacnianie elementów zginanych kompozytem z blach, prętów lub taśm na kleju żywicznym,
- wzmacnianie struktury przy użyciu biocydów, również preparatów hydrofobizujących, wzmacniających tkankę drzewną, stabilizujących (konsolidujących), umożliwiających pozostawienie nawet bardzo zniszczonych oryginalnych obiektów lub ich elementów i fragmentów.
- wzmocnienie obwodowe ścian kolankowych dodatkowym wieńcem stalowym lub żelbetowym spinającym koronę murowanych ścian kolankowych.
- ew. lokalne drobne zarysowania powierzchniowe ścian kolankowych należy zabezpieczyć poprzez iniekcję ciśnieniową spoiwem żywicznym lub poprzez iniekcję ciśnieniową zaczynem z cementem. Alternatywnie należy zarysowane ściany skotwić powierzchniowo przez naklejenie siatek z włókna np.: typu RUREDIL.

8.5. Przy wzmacnianiu konstrukcji nośnej dachów zaleca się, aby elementy wzmacniające zostały wprowadzone po całkowitym odciążeniu konstrukcji i dodatkowym jej podparciu, a jeżeli to niemożliwe prace należy wykonywać gdy nie działają obciążenia zmienne w postaci śniegu itp.

KONIEC

Miejsca pobrania próbek
drewna do badań niszczących:

- Pr-K1 - próbka z krowi
- Pr-K2 - próbka z krowi
- Pr-K3 - próbka z krowi
- Pr-K4 - próbka z krowi
- Pr-T1 - próbka z tramu
- Pr-T1 - próbka z tramu

[illegible]



BARG Laboratorium Budowlane Sp. z o.o.

ul. Budowlana 19, 41-100 Siemianowice Śląskie, tel. 32 2039358

Laboratorium Kraków

Sprawozdanie z badania nr: KR/CAD/MPWIK/22/03/21/DR/01

Zleceniodawca : Tomasz Sasiadek CADENA Group

Miejsce badania: Wodociągi Miasta Krakowa S.A., ul. Senatorska 1, 30-106 Kraków

Data badania: 25.03.2021

Badany element: 4 x krokiew, 2 x tram

Gatunek drewna: sosna/świerk

Liczba próbek pobranych do badań: 18

Procedura badań: PN-79 D-04102:1977

Warunki przechowywania: 19°C

Wilgotność względna powietrza: 62%

Kierunek przyłożenia obciążenia: wzdłuż włókien

Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien wg normy PN-79 D-04102:1977

Oznaczenie próbki	K1 A	K1 B	K2 A	K2 B	K2 C	K2 D	K3 A	K3 B	K3 C	K4 A	K4 B	K4 C	T1 A	T1 B	T1 C	T2 A	T2 B	T2 C
Wysokość a [mm]	20,1	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	19,9	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	19,9	20,0	20,0	20,0	20,0
Szerokość b [mm]	20,0	20,0	20,0	20,0	19,9	19,9	20,0	20,0	20,0	20,0	19,9	20,0	20,0	19,9	20,0	20,0	20,0	20,0
Długość [mm]	30,0	30,0	30,0	29,9	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,1	30,0	30,0	30,0	29,9	30,0	30,0
Siła niszcząca P _{max} [kN]	16,4	15,9	22,3	25,7	24,8	22,3	21,0	21,0	22,5	20,8	19,7	22,3	17,0	18,7	15,9	20,1	21,0	20,3
Wytrzymałość na ściskanie R _{cw} [MPa]	40,7	39,6	55,7	64,1	62,4	56,0	52,6	52,8	56,2	52,0	49,5	55,7	42,5	47,1	39,8	50,2	52,5	50,8
Średnia wartość wytrzymałości [MPa]	40,2		59,6				53,9			52,4			43,1			51,2		

Oznaczenie wilgotności wg normy PN-77 D-04100:1977

Oznaczenie próbki	K1 A	K1 B	K2 A	K2 B	K2 C	K2 D	K3 A	K3 B	K3 C	K4 A	K4 B	K4 C	T1 A	T1 B	T1 C	T2 A	T2 B	T2 C
Masa próbki wilgotnej (bez parowniczkii) [g]	4,09	4,05	5,66	6,14	6,10	5,80	5,44	5,29	5,59	5,10	4,85	5,25	5,03	5,86	5,25	5,46	5,41	5,30
Masa próbki po wysuszeniu (bez parowniczkii) [g]	26.03.2021	3,75	3,72	5,18	5,62	5,61	5,31	4,98	4,86	5,10	4,72	4,48	4,84	4,59	5,34	4,77	4,98	4,96
	26.03.2021	3,75	3,72	5,18	5,62	5,61	5,31	4,98	4,86	5,10	4,72	4,48	4,84	4,59	5,34	4,77	4,98	4,96
Wilgotność W [%]	9,1	8,9	9,3	9,3	8,7	9,2	9,2	8,8	9,6	8,1	8,3	8,5	9,6	9,7	10,1	9,6	9,1	9,1
Średnia wilgotność bezwzględna [%]	9,0		9,1				9,2			8,3			9,8			9,3		

Przeliczenie wytrzymałości próbki na wytrzymałość przy wilgotności 12% wg normy PN-79 D-04102:1977

Wzór przeliczeniowy: $R_{c12} = R_{cw} [1 + \alpha(W - 12)]$ $\alpha = 0,04$

Oznaczenie próbki	K1 A	K1 B	K2 A	K2 B	K2 C	K2 D	K3 A	K3 B	K3 C	K4 A	K4 B	K4 C	T1 A	T1 B	T1 C	T2 A	T2 B	T2 C
Wytrzymałość na ściskanie R _{cw} [MPa]	40,7	39,6	55,7	64,1	62,4	56,0	52,6	52,8	56,2	52,0	49,5	55,7	42,5	47,1	39,8	50,2	52,5	50,8
Wytrzymałość na ściskanie przy wilgotności 12% R _{c12} [MPa]	35,9	34,7	49,6	57,1	54,3	49,8	46,7	46,2	50,8	43,8	42,1	47,8	38,4	42,8	36,7	45,5	46,3	44,8
Średnia wartość wytrzymałości przy wilgotności 12% [MPa]	35,3		52,7				47,9			44,6			39,3			45,5		

Wyniki badania odnoszą się wyłącznie do miejsc, w których przeprowadzono badanie.

Bez zgody laboratorium niniejsze sprawozdanie z badania nie może być powielane inaczej, jak tylko w całości.

* Informacje przekazane przez Klienta

Barg Laboratorium Budowlane Sp. z o.o.
Specjalista ds. diagnostyki konstrukcji
Mariusz Nieszczyński

Kraków, 26 marzec 2021r.

autoryzował

KONIEC SPRAWOZDANIA

**BARG Laboratorium Budowlane Sp. z o.o.**

ul. Budowlana 19, 41-100 Siemianowice Śląskie, tel. 32 2039358

Laboratorium Kraków**Sprawozdanie z badania nr: KR/CAD/MPWIK/22/03/21/DR/02**

Zleceniodawca : **Tomasz Sasiadek CADENA Group**

Miejsce badania: **Wodociągi Miasta Krakowa S.A., ul. Senatorska 1, 30-106 Kraków**

Data badania: **25.03.2021**

Badany element: **4 x krokiew, 2 x tram**

Gatunek drewna: **sosna/świerk**

Liczba próbek pobranych do badań: **6**

Procedura badań: **PN-77 D-04103:1977**

Warunki przechowywania: **19°C**

Wilgotność względna powietrza: **62%**

Kierunek przyłożenia obciążenia: **prostopadle do przekroju promieniowego**

Rozstaw podpór: **240 mm**

Wytrzymałość na zginanie wzdłuż włókien wg normy PN-77 D-04103:1977

Oznaczenie próbki	K1	K2	K3	K4	T1	T2
Wysokość a [mm]	20,1	20,0	20,0	20,0	20,0	20,2
Szerokość b [mm]	20,0	19,9	20,0	20,2	20,0	20,0
Długość [mm]	300,1	300,2	300,0	299,9	300,0	300,4
Siła niszcząca P _{max} [kN]	1,45	2,10	1,76	1,74	1,32	1,63
Wartość wytrzymałości [MPa]	64,7	94,7	79,2	77,3	59,2	72,0

Oznaczenie wilgotności wg normy PN-77 D-04100:1977

Oznaczenie próbki		K1	K2	K3	K4	T1	T2
Masa próbki wilgotnej (bez parowniczkii) [g]		3,52	4,34	4,94	4,35	4,69	4,00
Masa próbki po wysuszeniu (bez parowniczkii) [g]	26.03.2021	3,20	3,92	4,48	3,95	4,21	3,63
	26.03.2021	3,20	3,92	4,48	3,95	4,21	3,63
Wilgotność bezwzględna [%]		10,0	10,7	10,3	10,1	11,4	10,2

Przeliczenie wytrzymałości próbki na wytrzymałość przy wilgotności 12% wg normy PN-77 D-04103:1977Wzór przeliczeniowy: $\sigma_{b12} = \sigma_{bw} [1 + \alpha(W - 12)]$ $\alpha = 0,04$

Oznaczenie próbki	K1	K2	K3	K4	T1	T2
Wytrzymałość na ściskanie R _{cw} [MPa]	64,7	94,7	79,2	77,3	59,2	72,0
Wytrzymałość na ściskanie przy wilgotności 12% Rc12 [MPa]	59,5	89,9	73,7	71,5	57,8	66,8

Wyniki badania odnoszą się wyłącznie do miejsc, w których przeprowadzono badanie.

Bez zgody laboratorium niniejsze sprawozdanie z badania nie może być powielane inaczej, jak tylko w całości.

* Informacje przekazane przez Klienta

Barg Laboratorium Budowlane Sp. z o.o.
Specjalista ds. diagnostyki konstrukcji
Mariusz Nieszczyński
Mariusz Nieszczyński

Kraków, 26 marzec 2021r.

autoryzował

KONIEC SPRAWOZDANIA