



Politechnika Wroclawska

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Schabowicz

Wrocław, 06.08.2025 r.

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Politechniki Wroclawskiej

Wybrzeże Wyspiańskiego 27

50-370 Wrocław

Tel. kom. +48 608 040 183

E-mail: krzysztof.schabowicz@pwr.edu.pl

Recenzja spełnia
wymogi formalne
Data 16.08.2025

Adresat Recenzji:

Rada Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport

Instytut Budownictwa

Uniwersytet Zielonogórski

ul. Licealna 9

65-471 Zielona Góra

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Mgr inż. Joanny Drobiec

pt.: „Analiza możliwości wykorzystania metod nieniszczących i semi-nieniszczących do diagnostyki
zabytkowego drewna”

1. Podstawa formalna

Podstawę formalną do wykonania niniejszej recenzji stanowią:

- Uchwała nr 173 Senatu Uniwersytetu Zielonogórskiego z dnia 25 czerwca 2025 r.,
- Pismo Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Uniwersytetu Zielonogórskiego z dnia 27 czerwca 2025 r., podpisane przez P.O. Przewodniczącego Rady Pana dra hab. inż. Jacka Korentza, prof. UZ.

2. Przedmiot i opis ogólny rozprawy

Przedmiot recenzji stanowi rozprawa doktorska mgr inż. Joanny Drobiec pt.: *„Analiza możliwości wykorzystania metod nieniszczących i semi-nieniszczących do diagnostyki zabytkowego drewna”*, a jej promotorem jest dr hab. inż. Beata Nowogońska, prof. UZ.

Rozprawa została przedłożona w formie książkowej w miękkiej oprawie i liczy 238 strony. Praca została napisana w języku polskim, zawiera 38 tablic i 107 rysunków. Składa się ona z 10 rozdziałów, bibliografii stanowiącej łącznie 130 pozycji głównie angielskojęzycznych i przede wszystkim z ostatnich ośmiu lat, 22 pozycji normowych. Treść rozprawy kończy streszczenie w języku polskim i angielskim.

Układ pracy jest czytelny, charakterystyczny dla prac naukowych i badawczych, a sposób jej wydania jest poprawny.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Przedmiot i cel rozprawy

Problemem naukowym postawionym w pracy jest określenie paramentów mechanicznych drewna zabytkowego, bez możliwości pobierania próbek i zbadania ich w laboratorium.

Celem rozprawy jest opracowanie metodyki badań istniejących drewnianych elementów konstrukcyjnych, z wykorzystaniem metod nieniszczących i semi-nieniszczących, pozwalającej na określenie parametrów mechanicznych drewna i przyporządkowanie badanego materiału do klasy wytrzymałościowej.

Przyjęto następujące cele naukowe pracy:

1. Wykonanie badań wstępnych na obiekcie historycznym potwierdzających przydatność metod nieniszczących w określaniu wad drewna.
2. Opracowanie zależności badany parametr nieniszczący – wytrzymałość drewna dla zabytkowego drewna krajowego dla kilku metod badawczych.
3. Opracowanie sposobu nieniszczącej szybkiej lokalizacji wad drewna, w tym wad wewnętrznych.
4. Opracowanie metodyki określenia klasy drewna zabytkowego z uwzględnieniem istniejących wad wewnętrznych.

Do realizacji przyjętych celów naukowych pracy zaplanowano:

- a. Wykonanie badań wstępnych na obiekcie historycznym.
- b. Pozyskanie zabytkowych wielkoformatowych elementów drewnianych.
- c. Wykonanie badań nieniszczących zabytkowych wielkoformatowych elementów drewnianych tomografem ultradźwiękowym w celu określenia wad drewna.
- d. Wykonanie badań nieniszczących zabytkowych wielkoformatowych elementów drewnianych trzema metodami: przy użyciu młotka Schmidta do drewna oraz dwóch urządzeń ultradźwiękowych, z których jedno emituje fale podłużne oraz a drugie poprzeczne. Wyniki badań posłużą do stworzenia korelacji między wytrzymałością drewna na zginanie i badanym parametrem nieniszczącym.
- e. Wykonanie laboratoryjnych badań niszczących wielkoformatowych elementów drewnianych na zginanie w celu określenia klasy drewna.
- f. Przeprowadzenie analizy wyników badań w celu określenia korelacji między badaniami nieniszczącymi a niszczącymi.
- g. Zaproponowanie metodyki określenia wytrzymałości drewna zabytkowego metodami nieniszczącymi i semi-nieniszczącymi z uwzględnieniem istniejących wad drewna.

3.2. Charakterystyka i ocena poszczególnych rozdziałów rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska składa się z dziesięciu rozdziałów uzupełnionych o streszczenia w języku polskim i angielskim, spis literatury.

Rozdział pierwszy *Wstęp* zawiera wprowadzenie w tematykę pracy. Zamieszczono w nim genezę stanowiącą uzasadnienie wyboru tematu rozprawy oraz przedstawiono cel. Nie zmieszczono natomiast zakresu pracy.

W rozdziale drugim *Stan wiedzy* dokonano obszernego przeglądu literatury w zakresie przedmiotu rozprawy. Na uwagę zasługuje fakt, że dokonano tego na podstawie aktualnej literatury światowej, angielskojęzycznej opublikowanej głównie w ciągu ostatnich lat. Przegląd ten jest obszerny, ale bardzo ciekawy podejmujący zagadnienia interdyscyplinarne i bardzo dobrze zilustrowany własnymi fotografiami Doktorantki. Opisano w nim wady drewna, wizualne i laboratoryjne sposoby określania wytrzymałości drewna oraz wyniki wybranych badań nieniszczących i semi-nieniszczących. Stwierdzono, że wady drewna wpływają na jego parametry mechaniczne, a metodą wizualną nie da się określić wszystkich wad drewna, ponieważ znaczna ich część bywa ukryta wewnątrz badanego elementu. Do lokalizacji wewnętrznych wad drewna można

wykorzystać metody nieniszczące, w szczególności, ultradźwiękowe i penetracyjne, a metoda tomografii ultradźwiękowej może być szczególnie przydatna do określenia miejsca położenia wad wewnętrznych drewna. Metody nieniszczące są ponadto wykorzystywane do wyznaczania parametrów mechanicznych i fizycznych drewna (np. wytrzymałości na zginanie, wytrzymałości na ściskanie, moduły sprężystości, gęstości). Tworzone są korelacje opisujące zależność pomiędzy badanym parametrem nieniszczącym a parametrem mechanicznym. Najczęściej korelacje te dotyczą jednak drewna nowego. Korelacje dla drewna zabytkowego tworzone są z reguły na małych próbkach, bez uwzględnienia występowania wad drewna. Nie odnaleziono w literaturze wyników badań ani korelacji pomiędzy badaniami nieniszczącymi i niszczącymi dla dużej liczby próbek krajowego drewna zabytkowego z badaniami prowadzonymi na próbkach wielkogabarytowych.

W rozdziale trzecim *Tezy i cele naukowe pracy* sformułowano następujące tezy pracy:

1. Możliwe jest określenie wad wewnętrznych drewna zabytkowego przy pomocy metod nieniszczących.
2. Możliwe jest określenie paramentów wytrzymałościowych drewna zabytkowego przy pomocy metod nieniszczących.
3. Możliwe jest opracowanie metodyki określenia klasy wytrzymałościowej drewna zabytkowego przy pomocy metod nieniszczących z uwzględnieniem wad wewnętrznych istniejących w badanych elementach.

Ponadto w rozdziale tym przedstawiono zasadniczy cel pracy i jej problem oraz wyznaczono zadania szczegółowe, które pozwoliły na realizację postawionego celu.

Rozdział czwarty *Badania wstępne* obejmuje program badań wstępnych. Badania przeprowadzono na więźbie dachowej zabytkowego kościoła w Sierotach, pochodzącej częściowo z 1427 r., a częściowo z 1707 r. Do badań wytypowano 7 elementów więźby dachowej. Przeprowadzono badania tomografem ultradźwiękowym, młotkiem do drewna oraz dwoma urządzeniami ultradźwiękowymi, z których jeden emituje akustyczną falę podłużną, a drugi falę poprzeczną. Badania wstępne wykazały, że wizualne oględziny pozwoliły na wykrycie około 30÷50% uszkodzeń badanych elementów, a dokładne ich zobrazowanie było możliwe przy pomocy tomografu ultradźwiękowego. Stwierdzono, że do diagnostyki wad można również zastosować metody semi-nieniszczące i nieniszczące pozwalające na wykonanie badania w konkretnym punkcie elementu. Uzyskanie odpowiedniej dokładności badań wymaga wtedy jednak ich prowadzenia w gęstej siatce pomiarowej. Lepsze efekty w wykrywaniu wad uzyskano łącząc kilka metod nieniszczących. Pewien niedosyt sprawia sposób prezentacji wyników, a mianowicie zbyt małe rysunki, które utrudniają analizę przedstawionych ciekawych rezultatów.

W rozdziale piątym *Nieniszczące i semi-nieniszczące badania własne* opisano wyniki badań. Do badań pozyskano kilkadziesiąt zabytkowych elementów drewnianych z terenu całej Polski. Elementy

pochodziły z ostatnich 500 lat – najstarszy z początku XV wieku, a najmłodszy z pierwszej połowy XX wieku. Wykonano badania nieniszczące i semi-nieniszczące tymi samymi urządzeniami, które wykorzystano w badaniach wstępnych. Dodatkowo wykonano badania wilgotności drewna. I tu także pewien niedosyt sprawia sposób prezentacji wyników, a mianowicie zbyt małe rysunki, które utrudniają analizę przedstawionych ciekawych rezultatów.

Rozdział szósty *Niszczące badania własne* – zawiera wyniki badań niszczących elementów z drewna zabytkowego, przebadanych wcześniej metodami NDT. Belki badano w schemacie czteropunktowego zginania zgodnie z normami PN-EN 408 i PN-EN 384. Krótsze belki badano w schemacie trójpunktowego zginania. Podczas badań prowadzono pomiar ugięć przy pomocy transformatorowych czujników przemieszczeń oraz metodą optyczną, z wykorzystaniem systemu Aramis. Określono wytrzymałość badanego drewna.

W rozdziale siódmym *Analiza uzyskanych wyników badań niszczących i nieniszczących* zamieszczono otrzymane rezultaty.

Rozdział ósmy *Propozycja metodyki określania wytrzymałości drewna przy użyciu metod nieniszczących i semi-nieniszczących* zawiera propozycję metodyki prowadzenia badań na obiektach zabytkowych. Metodyka ta opiera się na określeniu ilości wad badanego elementu przy pomocy tomografu ultradźwiękowego oraz wykonaniu punktowych badań nieniszczących trzema urządzeniami stosowanymi w badaniach wstępnych (rozdział 4) i w badaniach nieniszczących (rozdział 5). W zależności od ilości wad do określenia wytrzymałości na zginanie drewna proponuje się wykorzystać średnie wartości korelacyjne lub dolną obwiednię wyników badań.

Rozdział dziesiąty *Przykłady wykorzystania proponowanej metodyki* zawiera przykłady wykorzystania proponowanej metodyki określania wytrzymałości drewna. Metodykę sprawdzano na więźbach dachowych dwóch obiektów: budynku pouzdrowskiego z 1912 r., zlokalizowanym w Jastrzębiu-Zdroju oraz budynku kościoła św. Stanisława Biskupa i Męczennika w Czeladzi z 1913 r. W obu przypadkach wyniki analiz zweryfikowano badaniem niszczącym. Dodatkowo proponowaną metodykę zastosowano podczas badań więźby dachowej zamku Kapituły Warmińskiej w Olsztynie z XIV w. i XV w. W tym przypadku, z oczywistych względów, wyników badań nie zweryfikowano już metodami niszczącymi.

Rozdział dziesiąty *Podsumowanie i wnioski końcowe* stanowi podsumowanie całej rozprawy. Zawiera wnioski końcowe i kierunki dalszych badań.

Przedstawiona w rozprawie i zweryfikowana doświadczalnie metodyka badań jest moim zdaniem trafna i poprawna pod względem merytorycznym. Zaprezentowane analizy odnoszą się zarówno do literatury krajowej jak i międzynarodowej. Podjęta tematyka wydaje się aktualna i potrzebna. Niewiele jest także prac poświęconych tej tematyce. Na uwagę zasługuje również staranność wykonanych badań i ich aplikacyjność w projektowaniu.

4. Uwagi krytyczne

Na wstępie chciałbym podkreślić, że przedstawione w niniejszym punkcie uwagi krytyczne odnośnie recenzowanej rozprawy zostały podane w charakterze dyskusji i pewnego rodzaju uporządkowania przedstawionych treści z nadzieją, że mogą być przydatne i zostaną wykorzystane w trakcie opracowywania publikacji naukowych kierowanych do czasopism z tej tematyki.

Znaczną część uwag krytycznych podano już w punkcie 3.2 przy recenzowaniu poszczególnych rozdziałów. Poniżej je zebrano i usystematyzowano. I tak:

- 4.1. Tytuł rozprawy zawiera wszystko to, co jest w rozprawie.
- 4.2. Praca napisana jest dobrym językiem z uwzględnieniem zasad stylistycznych, gramatycznych oraz interpunkcyjnych.
- 4.3. Pewien niedosyt sprawia sposób prezentacji wyników, a mianowicie zbyt małe rysunki, które utrudniają analizę przedstawionych ciekawych rezultatów.
- 4.4. Wyjaśnienia wymaga otrzymana duża różnica w wartościach uzyskanych prędkości fali poprzecznej i podłużnej przy zastosowaniu metody ultradźwiękowej. Dla betonu różnica ta wynosi około 20%, a w badaniach Doktoranta uzyskała znacznie większe różnice. Z czego to wynika?
- 4.5. Czy badano drewno w różnych poziomach zawilgocenia, szczególnie w przypadku zastosowania metody ultradźwiękowej?
- 4.6. Na uwagę zasługuje fakt określenia przez Doktorantkę współczynnika poprawkowego z uwagi na położenie „młotka”. I tu dodatkowa uwaga, przypadku betonu stosuje się określenie sklerometr Schmidta, który co do zasady działania jest podobny. Czy taka nazwa byłaby adekwatna również w tym przypadku?
- 4.7. W rozdziale 7 przedstawione uzyskane rezultaty korelacji badań niszczących i nieniszczących. Zastanawiające są wartości współczynnika determinacji dla wartości średnich szczególnie dla drewna iglastego, które to są poniżej 0,5. Proszę o wyjaśnienie tej kwestii?
- 4.8. W pracy przyjęto zależności pomiędzy wynikami badań laboratoryjnych i nieniszczących w postaci średniej oraz dolnej obwiedni z wyników badań. Można było pokusić się o opracowanie górnej obwiedni wyników badań na przykład dla elementów, w których procent uszkodzeń nie będzie przekraczał 3%. Wówczas zdaniem Recenzenta w przykładzie nr 1 (pkt. 9.2 pracy) uzyskałoby lepsze dopasowanie wyników badań nieniszczących do wyniku badań laboratoryjnych.

4.9. W przyszłości Doktorantka może spróbować szacować wytrzymałość drewna nie osobno dla każdej z metod nieniszczących, lecz przy pomocy podstawowej powierzchni bazowej na podstawie wyników pomiarów sklerometrycznych i ultradźwiękowych. Ideę tej metody Recenzent opisywał już w swoim doktoracie ćwierć wieku temu, a ostatnio zmodyfikowaną wersję tej metody opisano w pracy Jasiński R., Skrzypczak I.: Propozycja alternatywnej metody szacowania wytrzymałości betonu na ściskanie z zastosowaniem dwóch metod nieniszczących. *Badania Nieniszczące i Diagnostyka*, nr 3-4/2024.

4.10. Należałoby bardziej wnikliwie przeanalizować rezultaty badań i tym samym rozszerzyć wnioski.

5. Wnioski

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Joanny Drobiec pt.: *„Analiza możliwości wykorzystania metod nieniszczących i semi-nieniszczących do diagnostyki zabytkowego drewna”*, której promotorem jest dr hab. inż. Beata Nowogońska, prof. UZ stanowi rozwiązanie oryginalnego zadania naukowego dotyczącego możliwości wykorzystania metod nieniszczących i semi-nieniszczących do diagnostyki zabytkowego drewna.

Uważam, że przedstawiony w rozprawie cel został osiągnięty, a sformułowane zadanie naukowe rozwiązane. Założone tezy zostały udowodnione. Rozprawa doktorska wykazuje zatem umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktorantkę.

Należy zauważyć, że Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy naukowej i technicznej w zakresie prezentowanej tematyki. Świadczy to o dojrzałości naukowej Doktorantki. Niewątpliwie wpłynęło to korzystnie na całość pracy i dało możliwość nauczania się programowania i prowadzenia badań naukowych i doświadczalnych. Wykonano obszerne badania, na bardzo dobrym poziomie, które poszerzyły istniejącą bazę wiedzy. Na tej podstawie dokonano krytycznej analizy otrzymanych rezultatów przeanalizowano je i opracowano wnioski. Całość pracy świadczy o przygotowaniu do samodzielnego prowadzenia prac naukowych i badawczych. Rozprawa wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport, ma znaczenie naukowe i praktyczne. Ponadto rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników badań własnych Doktorantki w strefie gospodarczej.

W pracy przeprowadzono analizę możliwości wykorzystania metod nieniszczących i semi-nieniszczących do wyznaczenia wytrzymałości drewna starego. Określono parametry mechaniczne drewna zabytkowego, bez pobierania próbek i zbadania ich w laboratorium.

Doktorantka opracowała autorską metodykę badawczą, która dotyczy określania ilości wad badanego elementu przy pomocy tomografu ultradźwiękowego oraz wykonaniu punktowych badań nieniszczących trzema urządzeniami.

Biorąc pod uwagę powyższe wnoszę o wyróżnienie pracy.

6. Sentencja Recenzji

Moim zdaniem recenzowana rozprawa mgr inż. Joanny Drobiec pt.: „Analiza możliwości wykorzystania metod nieniszczących i semi-nieniszczących do diagnostyki zabytkowego drewna”, spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce – i dlatego wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Z poważaniem,



Prof. dr hab. inż. Krzysztof Schabowicz