

Dr hab. inż. Cezary Gozdecki, prof. UKW
Wydział Inżynierii Materiałowej
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
w Bydgoszczy

Bydgoszcz, 27 stycznia 2026r.

Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Pauliny Kryg

Tytuł rozprawy: Funkcjonalne materiały konserwatorskie do zabezpieczania
ubytków w drewnie zabytkowym eksponowanym na zewnątrz

Promotor pracy: dr hab. Magdalena Broda
Promotor pomocniczy: dr inż. Waldemar Perdoch

Zrealizowana na Wydziale Leśnym i Technologii Drewna, Uniwersytetu Przyrodniczego
w Poznaniu

Podstawy prawne: niniejsza recenzja została sporządzona zgodnie ze stanem prawnym,
określonym w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce
(Dz.U. 2024 r. poz. 1571)

Podstawą wykonania recenzji jest pismo Pana prof. dra hab. Mirosława Mleczka,
Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Leśne, Uniwersytetu Przyrodniczego
w Poznaniu z dnia 1 grudnia 2025 roku (WLD/4000.10.2025).

Informacje o Doktorantce oraz jej aktywności naukowej

Pani mgr inż. Paulina Kryg jest absolwentką Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, gdzie w latach 2003-2008 ukończyła studia magisterskie na kierunku technologia drewna, w zakresie chemicznej technologii drewna, uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera. W latach 2009-2010 ukończyła studia podyplomowe z zakresu zarządzania konserwatorskiego dziedzictwa architektonicznego na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu, a w latach 2015-2016 studia podyplomowe Nowoczesne Techniki Analityczne dla Konserwacji Obiektów Zabytkowych na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie. Od 2017 roku jest Doktorantką na Wydziale Leśnym i Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Doświadczenie zawodowe zdobywała w instytucjach zajmujących się ochroną dziedzictwa kulturowego, w szczególności w jednostkach muzealnych, gdzie prowadziła prace związane z konserwacją i zabezpieczaniem obiektów drewnianych. Jej praktyka zawodowa obejmuje zarówno działania o charakterze aplikacyjnym, jak i udział w zespołach realizujących zadania badawcze dotyczące materiałów stosowanych w konserwacji drewna, w tym obiektów eksponowanych w warunkach zewnętrznych. Dorobek naukowy Autorki obejmuje 15 publikacji naukowych i specjalistycznych, w tym artykuły w międzynarodowych czasopismach naukowych a także publikacje w czasopismach krajowych i wydawnictwach muzealnych. Aktywność konferencyjna obejmuje 12 wystąpień konferencyjnych, w tym udział w konferencjach międzynarodowych i krajowych o profilu naukowym i konserwatorskim. Autorka uczestniczyła ponadto w pracach zespołów redakcyjnych publikacji zbiorowych oraz posiada wieloletnie doświadczenie w organizacji konferencji konserwatorskich. W 2019 roku została uhonorowana złotą odznaką „Za opiekę nad zabytkami”, nadawaną przez Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego.

Przedmiot recenzji i aspekty formalne rozprawy

Przedstawiona mi do oceny dysertacja doktorska została przygotowana w formule pracy opartej na cyklu publikacji naukowych i ma charakter eksperymentalno-analityczny. Podstawę rozprawy stanowi zbiór siedmiu prac, w tym sześciu opublikowanych w recenzowanych czasopismach międzynarodowych oraz jednej znajdującej się w procedurze recenzyjnej (A7), uzupełniony częścią zwartą porządkującą cele, zakres badań oraz logikę przyjętego programu badawczego. Część zwartą rozprawy liczy 62 strony i obejmuje wprowadzenie do problematyki badawczej, omówienie założeń i celów pracy, opis materiałów i metod, prezentację wyników, wnioski oraz wykaz literatury. Całość dokumentacji przedstawionej w pliku PDF liczy 255 stron i obejmuje ponadto kopie publikacji wchodzących w skład cyklu oraz oświadczenia współautorów określające wkład Autorki w ich przygotowanie. Przyjęta forma rozprawy jest zgodna z praktyką stosowaną w przypadku doktoratów opartych na cyklu publikacji i pozwala na jednoznaczną ocenę zarówno spójności programu badawczego, jak i indywidualnego wkładu Autorki w powstanie prezentowanych wyników.

W zestawie publikacji stanowiących podstawę rozprawy znajdują się prace opublikowane m.in. w *Journal of Cultural Heritage*, *International Journal of Molecular Sciences*, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, *Forests* oraz *Studies in Conservation*. Łączna punktacja według wykazu MNiSW wynosi 710 punktów, a sumaryczny współczynnik wpływu IF dla opublikowanych prac 16,9. Na dzień złożenia rozprawy publikacje wchodzące w skład cyklu były cytowane 37 razy według bazy Scopus oraz 31 razy według Web of Science. Przedstawione dane bibliometryczne stanowią obiektywną informację o przejściu publikacji przez zewnętrzny proces recenzyjny oraz ich obecności w międzynarodowym obiegu naukowym. Autorka jest pierwszym autorem w większości publikacji, a jej wkład obejmuje opracowanie koncepcji badań, wykonanie zasadniczej części eksperymentów oraz przygotowanie manuskryptów, co pozwala jednoznacznie uznać jej udział w powstaniu cyklu za zasadniczy. Artykuł A7, znajdujący się w procedurze recenzyjnej, stanowi logiczne rozwinięcie podjętej problematyki i wskazuje na kontynuację prowadzonych badań, jednak nie jest konieczny do wykazania zasadniczych tez rozprawy, których rdzeń został już zbudowany na publikacjach opublikowanych. W praktyce recenzyjnej A7 należy traktować jako materiał uzupełniający, a nie jako element warunkujący kompletność osiągnięcia doktorskiego.

Tematyka rozprawy i jej znaczenie

Przedstawiona mi do oceny rozprawa dotyczy opracowania, modyfikacji oraz charakterystyki materiałów przeznaczonych do uzupełniania ubytków i ochrony drewna, ze szczególnym uwzględnieniem obiektów eksponowanych w warunkach zewnętrznych. Problematyka ta ma istotne znaczenie naukowe i konserwatorskie, ponieważ drewno, mimo potwierdzonej historycznie trwałości, jest materiałem silnie reagującym na zmienne warunki środowiskowe. Cykliczne zmiany wilgotności, procesy pęcznienia i skurczu, anizotropowa praca materiału, a w warunkach zewnętrznych dodatkowo oddziaływanie promieniowania UV oraz czynników biologicznych powodują, że o trwałości rozwiązań materiałowych nie decyduje pojedynczy parametr, lecz zdolność całego układu do zachowania funkcjonalności w czasie. W tym sensie materiały współpracujące z drewnem należy oceniać jako układy kompozytowe, których zachowanie wynika z relacji pomiędzy składem, strukturą i właściwościami, a nie wyłącznie z deklarowanej „odporności” poszczególnych komponentów. W tym miejscu warto zwrócić uwagę, że pomimo istnienia licznych prac dotyczących materiałów i receptur stosowanych do wypełnień oraz napraw drewna, relatywnie niewiele z nich analizuje te rozwiązania w sposób konsekwentnie materiałowy, jako układy kompozytowe o określonej higroskopijności, właściwościach mechanicznych i termicznych, oceniane w odniesieniu do rzeczywistej wrażliwości drewna oraz warunków eksploatacji. Rozprawa wpisuje się w ten nurt w sposób świadomy, nie proponuje nowych klas materiałów, lecz systematycznie bada i modyfikuje znane układy, koncentrując się na relacjach pomiędzy składem, strukturą i odpowiedzią materiału. Takie podejście ma istotną

wartość poznawczą, ponieważ przesuwa punkt ciężkości z opisu receptur na zrozumienie mechanizmów odpowiedzialnych za funkcjonowanie układów współpracujących z drewnem, a jednocześnie zachowuje znaczenie aplikacyjne poprzez możliwość racjonalnego projektowania kompromisów materiałowych.

Tytuł, cele pracy i logika programu badawczego

Tytuł rozprawy jest sformułowany poprawnie i pozostaje w zgodzie z zakresem oraz charakterem przeprowadzonych badań. Trafnie sygnalizuje materiałowy i aplikacyjny profil pracy oraz odnosi się do problematyki kompatybilności materiałów z drewnem, co znajduje bezpośrednie odzwierciedlenie w treści cyklu publikacji stanowiących podstawę dysertacji.

Autorka sformułowała główny cel rozprawy oraz cele szczegółowe, które porządkują program badawczy realizowany w ramach cyklu publikacji. Cele te są jasno określone i pozostają spójne z tematyką artykułów wchodzących w skład dysertacji. Taka konstrukcja celów pozwala na przejście od pojedynczych obserwacji materiałowych do bardziej całościowej oceny skutków modyfikacji. Znajduje to odzwierciedlenie w logicznej strukturze cyklu publikacji, obejmującej prace porządkujące tło problemu, badania porównawcze oraz pogłębioną analizę relacji pomiędzy składem a właściwościami materiałów. Nieliniowy charakter programu badawczego należy uznać za cechę podejmowanej problematyki, wynikającą z wieloczynnikowego charakteru układów współpracujących z drewnem.

Metodyka badań i przyjęte założenia badawcze

Sposób zaprezentowania w dysertacji stosowanych materiałów i metod badawczych należy ocenić jako poprawny oraz spójny z opisami zawartymi w publikacjach składających się na cykl stanowiący podstawę rozprawy. Widoczna jest konsekwencja w doborze zastosowanych metod, podporządkowanych celom pracy oraz przyjętym założeniom badawczym. Opisana w rozprawie metodyka badań, obejmuje szeroki zestaw technik umożliwiających ocenę właściwości higroskopijnych, mechanicznych oraz termicznych badanych układów. Autorka łączy metody pozwalające na ilościową charakterystykę parametrów materiałowych z obserwacjami strukturalnymi, co umożliwia wieloaspektową analizę zachowania materiałów współpracujących z drewnem. Uważam, że tak skonstruowana metodyka stanowi dobrą podstawę do formułowania wniosków o charakterze porównawczym i interpretacyjnym, w odniesieniu do analizowanych konfiguracji materiałowych. W analizowanej problematyce kluczowym kryterium weryfikacji skuteczności rozwiązań materiałowych jest ich zachowanie w czasie, podczas gdy większość przedstawionych wyników odnosi się do stanu początkowego badanych układów. Okoliczność ta wynika z przyjętych ram rozprawy i ogranicza zakres formułowanych wniosków. Materiał, który wykazuje korzystne właściwości w pomiarach początkowych, nie musi bowiem zachować ich w warunkach długotrwałej eksploatacji, obejmującej liczne cykle wilgotnościowe, oddziaływanie promieniowania UV czy zmiany sezonowe. Badania starzeniowe, w szczególności testy cykliczne lub przyspieszone, pozwoliłyby na ocenę, w jaki sposób obserwowane efekty ulegają zmianie w perspektywie czasu. W przypadku drewna ma to znaczenie krytyczne, ponieważ nie jest ono podłożem biernym: jego praca oraz sorpcja wilgoci stanowią czynniki wymuszające zmiany zarówno w materiale wypełniającym, jak i w strefie styku. W odniesieniu do trwałości badanych rozwiązań szczególnej uwagi wymaga wątek modyfikacji silanowych. Silany mogą tworzyć struktury i wiązania, które w warunkach wilgotnościowych ulegają hydrolizie, reorganizacji lub stopniowej utracie efektu, co ma bezpośrednie znaczenie dla długoterminowej skuteczności modyfikacji. Z tego powodu wnioski o „poprawie odporności” odnoszą się do określonych warunków i określonego przedziału czasowego. Przedstawiona przez Doktorantkę interpretacja wyników cechuje się ostrożnością i poprawnością, jednak brak perspektywy czasowej pozostaje jednym z kluczowych ograniczeń w kontekście zastosowań zewnętrznych. Kolejny aspekt dotyczy mechanizmów leżących u podstaw obserwowanych efektów. Wyniki badań są przedstawione

głównie w postaci zmian parametrów materiałowych, natomiast w kilku miejscach można byłoby oczekiwać pogłębionego rozróżnienia pomiędzy efektami wynikającymi z modyfikacji chemicznej a tymi, które są konsekwencją fizycznych zmian struktury, takich jak porowatość, dyfuzja czy reorganizacja faz. Nie jest to zarzut w sensie błędu metodologicznego, lecz wskazanie potencjału dalszego pogłębienia interpretacji naukowej, istotnego zwłaszcza z punktu widzenia trwałości uzyskanego efektu. Istotnym zagadnieniem pozostaje również strefa kontaktu drewno–materiał, która w praktyce często decyduje o trwałości całego rozwiązania. Utrata spójności tej strefy w czasie prowadzi do powstawania mikroszczelin, dróg transportu wilgoci oraz lokalnych koncentracji naprężeń, co może podważać skuteczność zastosowanego materiału. W rozprawie problem ten jest obecny jako ważne tło interpretacyjne, jednak brakuje badań pokazujących ewolucję strefy styku w warunkach cyklicznych. Stanowi to ograniczenie, ale jednocześnie wyraźny i uzasadniony kierunek dalszych prac badawczych.

Osobnym zagadnieniem pozostaje sposób formułowania części wniosków. Autorka miejscami wskazuje na brak istotnego wpływu poszczególnych czynników, podczas gdy zastosowana analiza statystyczna nie obejmuje formalnych testów istotności, które upoważniałyby do takich sformułowań. W konsekwencji brak jest podstaw do formułowania wniosków o braku istotności statystycznej w sensie metodologicznym. Nie podważa to poprawności przeprowadzonych badań, lecz wyznacza granice dopuszczalnego wnioskowania. Z punktu widzenia analizy porównawczej, bardziej rozbudowana analiza statystyczna mogłaby w niektórych obszarach wzmocnić argumentację, zwłaszcza przy porównywaniu większej liczby wariantów materiałowych. Nie stanowi to warunku koniecznego dla uznania przedstawionych wyników, lecz należy je traktować jako element, który mógłby dodatkowo zwiększyć siłę dowodową formułowanych wniosków.

Ocena cyklu publikacji jako rozwiązania problemu badawczego

W przyjętym przez Doktorantkę programie badawczym artykuł A1 stanowi podstawę dalszych etapów programu badawczego o charakterze materiałowym i problemowym. To w tej pracy sformułowany zostaje podstawowy problem badawczy, dotyczący zachowania mas wypełniających w kontekście wilgotności i stabilności wymiarowej, który następnie konsekwentnie rozwijany jest w kolejnych publikacjach. Artykuł A1 wprowadza porównawczą ocenę materiałów różniących się charakterem wypełniacza, takich jak pył drzewny i mikrobaloniki szklane, i pokazuje, że wynikające z tego różnice przekładają się bezpośrednio na potencjalną kompatybilność układów z drewnem. W ten sposób praca ta ustanawia zestaw kryteriów oceny, do których Autorka systematycznie odwołuje się w dalszych etapach programu badawczego, jednoznacznie wskazując, że zagadnienie wilgotności stanowi jego centralny, a nie pomocniczy element. Opisane w artykule A1 analizy ograniczają się do stanu początkowego materiałów i nie obejmują jeszcze perspektywy czasowej. W logice doktoratu praca ta pełni rolę punktu odniesienia dla dalszych analiz, a nie etapu rozstrzygającego o trwałości rozwiązań. Artykuł A2 pełni natomiast w konstrukcji doktoratu funkcję porządkującą i konceptualną, osadzając podejmowaną problematykę w szerszym kontekście literaturowym i konserwatorskim. Praca ta nie wnosi nowych wyników eksperymentalnych, lecz uzasadnia wybór tematyki badawczej, systematyzuje kryteria oceny materiałów przeznaczonych do zastosowań zewnętrznych oraz pokazuje, że znaczna część stosowanych rozwiązań opiera się dotychczas bardziej na doświadczeniu praktycznym niż na kompleksowych danych materiałowych. W logice rozprawy A2 stanowi istotny punkt odniesienia, który wyznacza ramy interpretacyjne dla kolejnych publikacji i umożliwia ich spójną ocenę, pozostając jednocześnie pracą wspierającą, a nie samodzielnym nośnikiem osiągnięcia naukowego sensu stricto. Podobną funkcję pełni artykuł A3, skoncentrowany na nanocelulozie. W cyklu publikacji praca ta uzasadnia wprowadzenie nowego wątku tematycznego i osadza go w kontekście światowych trendów badawczych. A3 pokazuje, że nanoceluloza nie jest egzotycznym dodatkiem, lecz materiałem

intensywnie badanym, a jednocześnie wskazuje zarówno jej potencjał, jak i ograniczenia w zastosowaniach związanych z drewnem. Uznać można, że strukturze doktoratu artykuł ten pełni funkcję teoretycznego tła dla dalszych analiz, wprowadzając kontekst niezbędny do realizacji zasadniczego programu badawczego. W tym sensie stanowi on punkt wyjścia do badań własnych przedstawionych w kolejnych publikacjach. Problematyka ta zostaje skonkretyzowana w artykule A4 poprzez badania nad materiałem powierzchniowym, które rozszerzają zakres analiz poza klasyczne wypełnienia, ukazują zdolność Autorki do operowania nowym obszarem materiałowym oraz wnoszą element innowacyjny w sensie aplikacyjnym. Jednocześnie w tej publikacji wyraźnie ujawnia się problem czasu. Zaproponowane warstwy oceniane są bowiem w stanie początkowym, natomiast ich zachowanie w warunkach zmiennej wilgotności i wynikających z niej odkształceń drewna w dłuższej perspektywie pozostaje nierozstrzygnięte. Doktorantka trafnie wskazuje to jako istotne ograniczenie. Świadomość tego ograniczenia nie osłabia jednak znaczenia artykułu A5, który w mojej ocenie stanowi jeden z kluczowych elementów całego cyklu publikacji oraz stanowi jeden z głównych nośników osiągnięcia doktorskiego. To w tej pracy Autorka w sposób bezpośredni i systematyczny podejmuje problem sensu oraz skuteczności modyfikacji silanowych w materiałach wypełniających, analizując je nie jako prosty dodatek recepturowy, lecz jako czynnik wpływający na oddziaływania międzyfazowe w całym układzie materiałowym. Uważam, że zasadniczym osiągnięciem opisanym w A5 jest wykazanie, że efekt modyfikacji silanowej nie ma charakteru uniwersalnego, lecz zależy zarówno od rodzaju spoiwa, jak i od konfiguracji całego układu, co znajduje odzwierciedlenie w zmianach właściwości higroskopijnych, mechanicznych i użytkowych badanych materiałów. Praca ta dostarcza danych pozwalających odejść od uproszczonych, recepturowych rozwiązań na rzecz bardziej świadomego projektowania układów współpracujących z drewnem, co stanowi jej istotną wartość poznawczą. Można jedynie zaznaczyć, że brak badań długoterminowych stanowi pewne ograniczenie, jednak interpretacja wyników prowadzona jest w sposób ostrożny i nie wykracza poza zakres danych eksperymentalnych, co należy ocenić pozytywnie z punktu widzenia rzetelności naukowej. Uzupełnieniem analiz prowadzonych w ramach doktoratu są badania przedstawione w artykule A6, które pogłębiają charakterystykę materiałową badanych układów, w szczególności w odniesieniu do ich właściwości termicznych i mechanicznych. W strukturze rozprawy praca ta pełni funkcję wzmacniającą, zwiększa wiarygodność wniosków formułowanych na podstawie wcześniejszych publikacji oraz podkreśla inżynierski charakter całego programu badawczego. Artykuł A6 nie wprowadza odrębnej linii wnioskowania, lecz dostarcza dodatkowych danych potwierdzających zależność obserwowanych efektów od struktury i składu układu materiałowego. Należy jednocześnie zaznaczyć, że nawet pogłębiona charakterystyka termo-mechaniczna nie zastępuje badań prowadzonych w warunkach cyklicznych, co pozostaje swego rodzaju ograniczeniem całego programu badawczego i wyznacza granicę bezpośredniej ekstrapolacji wyników.

Z uwagi na brak publikacji i zakończonego procesu recenzyjnego, artykuł A7 nie powinien być formalnie wliczany do osiągnięcia stanowiącego podstawę cyklu publikacji. Warto jednak odnotować jego obecność jako materiału uzupełniającego, pokazującego kontynuację badań oraz domykającego obraz analizowanych układów wypełniających. Badania przedstawione w artykule A7 stanowią logiczne i wartościowe rozwinięcie cyklu, skoncentrowane na mieszanych układach wypełniających, przy czym w kontekście doktoratu pełnią one rolę uzupełniającą.

Podsumowując, dokonana analiza poszczególnych publikacji pozwala na stwierdzenie, że cykl stanowiący podstawę dysertacji jest logicznie uporządkowany, przy czym kluczowe elementy osiągnięcia koncentrują się przede wszystkim w pracach A1, A5 i A6. Prace przeglądowe pełnią funkcję wspierającą i porządkującą, natomiast wątek nanocelulozy należy traktować jako wartościowe rozszerzenie zakresu badań, istotne dla kompletności problematyki, lecz nieprzesądzające o rdzeniu osiągnięcia doktorskiego.

Wartość naukowa rozprawy

W ocenie nowości kluczowe jest jednoznaczne rozróżnienie pomiędzy nowością rozwiązań a nowością podejścia badawczego. Materiały takie jak mikrobaloniki szklane, klasyczne spoiwa stosowane w konserwacji czy sama idea modyfikacji silanami nie stanowią nowości w sensie globalnym. Nowość rozprawy nie polega więc na wprowadzeniu nowych komponentów materiałowych, lecz na konsekwentnym potraktowaniu układów wypełniających jako materiałów kompozytowych oraz na zaprojektowaniu i ocenie modyfikacji w pakiecie właściwości istotnych dla drewna eksponowanego w warunkach zewnętrznych. Takie ujęcie problemu przesunęło punkt ciężkości z deklaratywnej poprawy pojedynczych parametrów na analizę kompromisów materiałowych i granic funkcjonowania całych układów. W światowej literaturze dostępne są liczne prace poświęcone wypełnieniom z udziałem mikrobalonów, naprawom i spoinowaniu drewna oraz doborowi materiałów w kontekście kompatybilności z podłożem drewnianym. Analizy te mają jednak w przeważającej mierze charakter fragmentaryczny i rzadko prowadzą do całościowej, wieloparametrowej oceny badanych układów materiałowych. Na tym tle rozprawa wyróżnia się próbą systemowego ujęcia kluczowych aspektów decydujących o funkcjonowaniu materiałów współpracujących z drewnem. Autorka analizuje właściwości wilgotnościowe, mechaniczne i termiczne, a także wpływ modyfikacji chemicznych, odnosząc je do specyfiki drewna eksponowanego w zmiennych warunkach środowiskowych. Wkład rozprawy ma zatem charakter systematyzujący i inżynierski. Dostarcza porównywalnych danych materiałowych oraz umożliwia bardziej świadome projektowanie rozwiązań, wykraczające poza ocenę opartą na pojedynczych kryteriach lub uproszczonych deklaracjach skuteczności. Szczególnie istotnym elementem doktoratu jest wątek modyfikacji silanowych. W inżynierii materiałowej silany od dawna stanowią narzędzie modyfikacji oddziaływań międzyfazowych i same w sobie nie są nowością. Nowość pracy polega jednak na sposobie ich zastosowania i interpretacji w kontekście konserwatorskich układów wypełniających, charakteryzujących się specyficznymi wymaganiami wynikającymi z pracy drewna i warunków jego eksploatacji. Wyniki przedstawione w pracy wskazują, że efekt modyfikacji silanowej nie ma charakteru automatycznego ani uniwersalnego, lecz zależy od całej konfiguracji materiałowej, obejmującej rodzaj spoiwa, wypełniacza oraz ich wzajemne proporcje. Tak sformułowany wniosek ma wartość poznawczą, pozostaje spójny z logiką inżynierii materiałowej i jednoznacznie ujawnia ograniczenia uproszczonych koncepcji projektowania materiałów konserwatorskich. W tym sensie nowość rozprawy ma charakter metodologiczny i interpretacyjny i polega na wykazaniu granic skuteczności znanego narzędzia modyfikacji oraz na osadzeniu jego działania w realnym, wieloparametrowym kontekście materiałów współpracujących z drewnem. W przypadku drewna zagadnienie to nabiera szczególnego znaczenia, ponieważ materiały z nim współpracujące muszą jednocześnie ograniczać oddziaływanie wilgoci oraz pozostawać kompatybilne z odkształceniami drewna, tak aby nie naruszać równowagi mechanicznej układu i nie generować naprężeń w strefie styku. Materiał wypełniający o zbyt dużej sztywności lub istotnie odmiennej odpowiedzi higroskopijnej może w perspektywie czasu prowadzić do mikropęknięć, rozwarstwień oraz degradacji strefy adhezyjnej. W tym kontekście rezultaty analiz zaprezentowane w rozprawie prowadzą do ujęcia opartego na logice kompromisu materiałowego, w którym modyfikacja nie jest traktowana jako rozwiązanie eliminujące problem, lecz jako element wymagający świadomego i całościowego doboru układu materiałowego. Analogicznie należy ocenić zakres badań dotyczących nanocelulozy, który stanowi wartościowe poszerzenie cyklu publikacji. Zagadnienia związane z zastosowaniem nanocelulozy w ochronie dziedzictwa kulturowego są podejmowane w literaturze światowej i nie stanowią nowości w sensie globalnym. Nowość rozprawy polega natomiast na skonkretyzowaniu tego rozwiązania w odniesieniu do drewna oraz do funkcji powierzchniowych, takich jak film, warstwa ochronna czy lokalne uzupełnienie, a także na ukierunkowanej modyfikacji właściwości materiału pod kątem wymagań konserwatorskich. W tym

obszarze uzyskane wyniki prowadzą do doprecyzowania koncepcji i jej wstępnej weryfikacji eksperymentalnej, przy czym jest to zagadnienie szczególnie silnie uzależnione od perspektywy czasu i warunków środowiskowych.

Co należałoby pogłębić i jakie badania realnie wzbogaciłyby osiągnięcie

Wskazane poniżej obszary nie stanowią katalogu postulatów, lecz odnoszą się do tych elementów programu badawczego, których zdaniem recenzenta pogłębienie mogłoby w sposób rzeczywisty wzmocnić zarówno interpretacyjną, jak i aplikacyjną wartość przedstawionego osiągnięcia.

- Badania starzeniowe układów materiałowych współpracujących z drewnem.

Zasadne byłoby uzupełnienie programu badawczego o badania starzeniowe obejmujące cykliczne zmiany wilgotności (nawilżanie–suszenie) oraz wybrane elementy przyspieszonego starzenia odpowiadające warunkom zewnętrznym, w szczególności oddziaływanie promieniowania UV. Tego typu badania umożliwiłyby ocenę stabilności właściwości materiałów w czasie, w tym trwałości efektów modyfikacji silanowych, a także obserwację zmian zachodzących w strefie styku drewno-materiał oraz w warstwach powierzchniowych na bazie nanocelulozy. W praktyce to właśnie te procesy decydują o długookresowej funkcjonalności i kompatybilności rozwiązań przeznaczonych do pracy z drewnem w warunkach zmiennych środowiskowo.

- Pogłębiona analiza mechanizmów oddziaływań w badanych układach.

Autorka w części analiz podejmuje próbę wyjaśnienia przyczyn obserwowanych zmian i zjawisk, jednak nie zawsze towarzyszy temu pogłębiona interpretacja mechanizmów leżących u ich podstaw, co mogłoby istotnie wzmocnić proces wnioskowania i uczynić relacje przyczynowo-skutkowe. Dotyczy to w szczególności rozróżnienia pomiędzy efektami wynikającymi z modyfikacji chemicznej a tymi, które są konsekwencją zmian fizycznych struktury materiału, takich jak porowatość, dyfuzja czy reorganizacja faz. Tego rodzaju analiza pozwoliłaby pełniej zrozumieć przyczyny obserwowanych zmian oraz wzmocnić teoretyczne podstawy formułowanych wniosków.

- Uogólnienie wyników i określenie granic ich reprezentatywności.

Badania koncentrują się na wybranych konfiguracjach materiałowych, co jest w pełni uzasadnione w ramach rozprawy doktorskiej. Wartościowym uzupełnieniem byłaby jednak analiza pozwalająca jednoznacznie określić zakres obowiązywania uzyskanych wyników w odniesieniu do przyjętych konfiguracji materiałowych i warunków badań, a także wskazać, gdzie przebiegają granice ich odniesienia do innych konfiguracji. Takie podejście umożliwiłoby precyzyjniejsze zdefiniowanie zakresu, w jakim formułowane wnioski mają charakter reprezentatywny.

- Rozszerzenie statystycznego uzasadnienia wniosków porównawczych.

W kilku fragmentach rozprawy porównywane są liczne warianty materiałowe, a różnice między nimi interpretowane są jakościowo. Zastosowanie bardziej rozbudowanej analizy statystycznej, obejmującej ocenę istotności różnic, rozrzutu wyników oraz powtarzalności pomiarów, mogłoby wzmocnić siłę dowodową wniosków. Nie jest to warunek konieczny dla uznania poprawności badań, lecz element podnoszący ich rangę metodologiczną.

- Powiązanie parametrów materiałowych z kryteriami decyzyjnymi w praktyce konserwatorskiej.

Rozprawa dostarcza obszernego zestawu danych materiałowych, jednak dodatkowym wzmocnieniem osiągnięcia byłaby ich synteza w postaci wyraźniejszych kryteriów decyzyjnych. Chodzi nie o uproszczenie wyników, lecz o pokazanie, w jaki sposób określone kombinacje właściwości materiałowych mogą być wazone w procesie wyboru rozwiązań konserwatorskich oraz jakie kompromisy są w tym procesie nieuniknione.

W mojej opinii uzupełnienie badań i analiz w powyższych obszarach pozwoliłoby na pełniejsze rozpoznanie granic funkcjonowania proponowanych rozwiązań oraz na ich bardziej świadome osadzenie w realiach praktyki konserwatorskiej.

Ocena części zwartej

Część zwarta pełni funkcję porządkującą i syntetyzującą program badawczy. W ocenie recenzenta jej rola została zrealizowana poprawnie, ukazuje spójność przyjętej koncepcji, jasno formułuje cele pracy oraz zbiera najważniejsze wnioski wynikające z przeprowadzonych badań. W tego rodzaju problematyce istnieje jednak szczególne ryzyko nadmiernie mocnych sformułowań odnoszących się do „poprawy” właściwości czy „zwiększenia odporności”, które przy braku perspektywy czasowej mogą być interpretowane zbyt dosłownie. Jeżeli wskazać element wymagający dalszego dopracowania, byłaby nim właśnie precyzja języka w części zwartej, pozwalająca jeszcze wyraźniej odróżnić obserwacje dotyczące stanu początkowego od zagadnień trwałości długoterminowej oraz mocniej zaakcentować kompromisowy charakter proponowanych rozwiązań materiałowych. W tym kontekście zasadne jest również odniesienie się do sposobu sformułowania wniosków zawartych w części zwartej dysertacji. Autorka formułuje i porządkuje osiągnięcia oraz ustalenia wynikające z przeprowadzonych badań w sposób odbiegający od klasycznego, zwięzłego ujęcia rozdziału wniosków. W ocenianej dysertacji rozdział ten został opracowany w formie znacznie bardziej rozbudowanej, obejmując nie tylko zasadnicze wnioski końcowe, lecz także szerokie podsumowanie wyników uzyskanych na poszczególnych etapach realizacji programu badawczego. W efekcie rozdział ten pełni funkcję bliższą podsumowaniu przebiegu badań niż selektywnej syntezy końcowej, co osłabia wyrazistość granicy pomiędzy wnioskami a prezentacją wyników. Jednocześnie należy podkreślić, że merytoryczna zawartość wniosków pozostaje w zgodzie z przedstawionymi wynikami badań oraz z przyjętymi założeniami programu badawczego. Autorka nie formułuje uogólnień wykraczających poza zakres danych eksperymentalnych, a wnioski dotyczące skuteczności modyfikacji materiałowych mają charakter selektywny i są jednoznacznie powiązane z konkretnymi konfiguracjami materiałowymi. W opinii recenzenta czytelniejszą formą prezentacji osiągnięć rozprawy byłoby wyodrębnienie kilku, kilkunastu kluczowych, zwięzłych wniosków stanowiących zasadnicze ustalenia pracy, przy jednoczesnym pozostawieniu rozbudowanego podsumowania wyników jako odrębnego elementu struktury dysertacji.

Pod względem poprawności językowej i edytorskiej dysertacja została przygotowana starannie. W tekście części zwartej pojawiają się jedynie nieliczne, drobne uchybienia redakcyjne i piśmiennicze, które nie wpływają na zrozumiałość wyводу ani ocenę merytoryczną pracy i mają charakter wtórny wobec jej zasadniczych walorów naukowych

Pytania problemowe do Doktorantki

1. Które z obserwowanych zmian właściwości badanych układów materiałowych (np. ograniczenie nasiąkliwości, zmiany modułu sprężystości, poprawa adhezji do drewna), zarówno w przypadku materiałów wypełniających, jak i warstw nanocelulozowych, uważa Pani za najbardziej trwałe, a które za najbardziej wrażliwe na degradację w czasie? Z jakich mechanizmów materiałowych to wynika?
2. Uwzględniając przeprowadzone w pracy obserwacje mikrostrukturalne strefy kontaktu drewno-wypełnienie, jakie dodatkowe formy degradacji tej strefy spodziewa się Pani obserwować w warunkach cyklicznych zmian wilgotności i z jakich procesów materiałowych mogłyby one wynikać?
3. W jakim stopniu obserwowane efekty modyfikacji silanowej wynikają z oddziaływań chemicznych (np. tworzenia wiązań, zmiany energii powierzchniowej), a w jakim z fizycznej reorganizacji struktury materiału (porowatość, dyfuzja)? Jakimi metodami eksperymentalnymi możliwe byłoby rozdzielenie tych mechanizmów?
4. Gdyby miała Pani wskazać jedno kluczowe kryterium decyzyjne przy doborze materiału wypełniającego do drewna eksponowanego na zewnątrz, które z parametrów uznałaby Pani za najważniejsze i dlaczego?

5. Jakie konkretne badania starzeniowe uznałaby Pani za minimalnie wystarczające, aby móc odpowiedzialnie ocenić trwałość badanych rozwiązań i rekomendować je do zastosowań praktycznych?
6. Uwzględniając charakter badanych materiałów i ich potencjalne zastosowania konserwatorskie, jak Pani ocenia relację pomiędzy trwałością proponowanych rozwiązań a ich oddziaływaniem środowiskowym, rozumianym m.in. jako częstotliwość ewentualnych interwencji, zużycie materiałów i konieczność ich wymiany w czasie?

Konkluzja i podsumowanie

Podsumowując, przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Pauliny Kryg stanowi spójne i wartościowe osiągnięcie naukowe, oparte na cyklu publikacji zweryfikowanych i zaakceptowanych przez międzynarodowe środowisko naukowe. Jej istotną, mocną stroną jest konsekwentne, wieloparametrowe podejście do oceny materiałów współpracujących z drewnem oraz wykazanie, że skuteczność modyfikacji i przydatność badanych układów nie są cechą pojedynczego dodatku czy receptury, lecz wynikiem oddziaływania całego układu materiałowego. Szczególną wartość należy przypisać świadomemu unikaniu uproszczonych deklaracji „uniwersalnej poprawy” i zastąpieniu ich analizą danych umożliwiającą projektowanie rozwiązań kompromisowych, co w przypadku materiałów pracujących z drewnem ma znaczenie fundamentalne. Przy tej pozytywnej ocenie całości pracy należy wskazać również jej pewne ograniczenia. Najważniejszym z nich jest brak pogłębionej perspektywy czasowej oraz badań cyklicznych, które pozwoliłyby na pełniejszą ocenę trwałości badanych układów w warunkach długotrwałej eksploatacji. Ograniczenie to nie podważa jednak wartości merytorycznej rozprawy, lecz wyznacza naturalny i jasno określony kierunek dalszych badań. Pojawiające się w recenzji uwagi mają w przeważającej mierze charakter porządkujący i doprecyzowujący i nie podważają istotnej wartości naukowej przedstawionego osiągnięcia.

Wniosek końcowy

Stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny praca spełnia wymagania stawiane dysertacjom doktorskim, zawarte w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2024 r. poz. 1571) i stanowi podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora nauk rolniczych w dyscyplinie nauki leśne. Wnoszę więc o dopuszczenie Pani mgr inż. Pauliny Kryg do publicznej obrony wyżej wymienionej rozprawy.

Dr hab. inż. Cezary Gozdecki, prof. UKW