



**POLITECHNIKA  
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ  
I OKRĘTOWNICTWA



**Instytut Technologii Maszyn i Materiałów**

Zakład Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji

prof. dr hab. inż. Kazimierz A. Orłowski

data 20.06.2022 r.

### **Recenzja**

**rozprawy doktorskiej mgr. inż. Łukasza Krzyżaniaka pt. „Wpływ wewnętrznych sił montażowych i zjawisk kontaktowych na wytrzymałość zewnętrznie niewidocznych połączeń meblowych” w formie zbioru opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych**

#### **1. Podstawa recenzji**

Podstawę do sporządzenia recenzji stanowiło pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Leśne Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu prof. dr. hab. Wiesława Olka nr WTD – WLTD/4000-2/2022, z dnia 20. kwietnia 2022 r. oraz stosowna umowa o dzieło, a także nadesłany egzemplarz pracy wraz z płytą CD zawierającą dokumentację w wersji elektronicznej.

#### **2. Podstawowe dane o Kandydacie**

**mgr inż. Łukasz Krzyżaniak** ukończył studia drugiego stopnia w dniu 22.06.2016 r. na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu, na Wydziale Technologii Drewna, na kierunku Technologia Drewna w specjalności Meblarstwo, w obszarze kształcenia nauk rolniczych, leśnych i weterynaryjnych, uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera z wynikiem bardzo dobrym. Studia drugiego stopnia ukończył z wyróżnieniem w postaci złotego medalu oraz wyróżnienia dla najlepszego absolwenta.

W roku 2016 zaraz po ukończeniu studiów magisterskich mgr inż. Łukasz Krzyżaniak podjął pracę na stanowisku konstruktora-technologa w Fabryce Mebli Biurowych „MARO Sp. z o.o.” w Komornikach pod Poznaniem.

W trakcie studiów doktoranckich rozpoczął w roku 2017 stałą współpracę z Fabryką Mebli VOX Sp. z o.o. S. k. w Czerwonaku na stanowisku inżyniera działu rozwoju, a aktualnie jest konsultantem z zakresu technologii łączenia oraz innowacji konstrukcyjnych.

Od roku 2020 objął stanowisko inżyniera R&D w centrum designu „Lab150” w Poznaniu.

### 3. Treść i zawartość rozprawy

Opiniowana rozprawa liczy 55 stron części zasadniczej wraz z 5. stronami bibliografii, w której znajduje się 57 pozycji. Oprócz tego, w części zasadniczej jest 1 strona wykazu oznaczeń, a także po 1. stronie streszczeń w języku polskim i angielskim. W pracy zamieszczono również 35 rycin (rysunków) i 2. tabele. Ponadto, w aneksie załączono odbitki powiązanych tematycznie artykułów i pisemne oświadczenia o indywidualnych wkładach współautorów we wspomnianych publikacjach.

Na stronie tytułowej dostarczonej rozprawy jest błąd literowy w nazwisku Autora – jest „**Krzyżniaka**”, a nie **Krzyżaniaka**!

Rozprawa doktorska mgr. inż. Łukasza Krzyżaniaka została wykonana pod kierunkiem promotorów prof. dr. hab. inż. Jerzego Smardzewskiego i prof. dr. Ali Kasal.

Cykl powiązanych tematycznie artykułów stanowiły następujące prace, a w nawiasach zamieszczono dodatkowo udziały procentowe współautorów:

A.1 **Krzyżaniak Ł. (70%)**, Smardzewski J. (30%) (2019) Strength and stiffness of new designed externally invisible and demountable joints for furniture cases. Engineering Structures, Volume 199, 11 September 2019, 109674; <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109674> (if=3.345, p.140),

A.2 **Krzyżaniak Ł. (60%)**, Smardzewski J. (25%), Prekrat S. (15%) (2020) Numerical modelling of stiffness of RTA furniture with new externally invisible and dismountable joints. Drvna Industrija 71 (2) 207-212, <https://doi.org/10.5552/drvind.2020.1953> (if= 0.712, p. 40),

A.3 **Krzyżaniak Ł. (70%)**, Smardzewski J. (30%) (2021) Impact damage response of L-type corner joints connected with new innovative furniture fasteners in wood-based composites panels. Composite Structures, Volume 255, 1 January 2021, 113008; <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2020.113008> (if= 5.138, p. 140),

A.4 **Krzyżaniak Ł. (55%)**, Kuşkun T. (15%), Kasal A. (15%), Smardzewski J. (15%) (2021) Analysis of the internal mounting forces and strength of newly designed fastener to joints wood and wood-based panels. Materials 2021, 14, 7119, <https://doi.org/10.3390/ma14237119> (if= 3.623, p. 140).

Ze względu na to, że tematyka badawcza publikacji B.1 stanowi uzupełnienie powyższego cyklu, została ona również uwzględniona w niniejszej ocenie:

B.1 **Krzyżaniak Ł. (70%)**, Smardzewski J. (30%) (2017) Modeling of Externally Invisible Cabinet Furniture Joints. 28th International Conference on Wood Science and Technology 2017 IMPLEMENTATION OF WOOD SCIENCE IN WOODWORKING SECTOR. Faculty of Forestry and Wood Technology, Zagrzeb, 07-08 December 2017:191-197.

Średni udział procentowy autorstwa mgr. inż. Łukasza Krzyżaniaka w pracach zgłoszonych do cyklu powiązanych tematycznie artykułów wynosił więc **65%**.

Ważnym osiągnięciem jest też udział doktoranta w tworzeniu i zgłaszaniu patentów, w tym dwu przyznanych E.1 (Pat.239103) i E.2 (Pat.425760), jednakże jedno ze zgłoszeń patentowych E.3 (P.414228) niestety nie uzyskało akceptacji Urzędu Patentowego RP.

Zdaniem recenzenta przedstawionych sześć zgłoszeń wzorów użytkowych o zasięgu europejskim, których współautorem jest doktorant, dotyczących rozwiązań konstrukcyjnych mebli nie jest związanych z zagadnieniami dotyczącymi połączeń meblowych.

Analiza piśmiennictwa z zakresu podjętej tematyki została przedstawiona w podrozdziale 3.1, a ponadto, w każdym z załączonych do rozprawy artykułów z cyklu, Autor charakteryzuje stan wiedzy w zakresie łączników meblowych i ich badań. Dobór prezentowanych zagadnień jest prawidłowy i moim zdaniem pozwala na rzetelną analizę dotychczasowego stanu wiedzy w rozpatrywanym obszarze tematycznym oraz stanowi solidną podstawę do określenia zakresu badań własnych. Stanowi to właściwą bazę wiedzy do sformułowania zagadnienia badawczego. Doktorant wykazał, że brakuje badań wyjaśniających powstawanie sił montażowych i zniszczeń w złączach połączeń meblowych, a także analiz prowadzących do oceny wpływu sił montażowych powstających w połączeniach na ich wytrzymałość i sztywność. Kolejnym obszarem badań zdaniem Autora powinny być badania dynamiczne dotyczące szacowania energii pochłanianej podczas testowania połączeń. Tą część rozprawy oceniam pozytywnie, aczkolwiek, mam następujące uwagi:

- Na tym etapie, powinna być wyjaśniona chociażby w zarysie metodyka badań dynamicznych, tak, aby czytelnik mógł dowiedzieć się, że dotyczy to badania zjawisk przy uderzeniu (impulsie), a nie podczas testu harmonicznego powszechnie stosowanego w diagnostyce.
- W analizie stanu wiedzy Doktorant przywołał pozycje literatury od 1 do 38 oraz pozycję 55, **a pozostałe prace nie zostały zacytowane, tj. 17 pozycji (sic!)**.
- Brakuje mi tutaj również przytoczenia monografii<sup>1</sup> pod redakcją prof. dr. hab. inż. B. Branowskiego i dr. hab. inż. P. Pohla, a także pracy doktorskiej dr. hab. inż. M. Sydora<sup>2</sup>.

Proszę odpowiedzieć w sposób bardziej ogólny, tak by mogło to być przedmiotem wyjaśnień ze strony Doktoranta oraz dyskusji w trakcie obrony:

- jaki są rodzaje sztywności;
- pojęcie sztywności układu i sposoby jej określania w warunkach statycznych i dynamicznych.

<sup>1</sup> Modelowanie półsztywnych węzłów konstrukcyjnych mebli (red. Branowski B. i Pohl P.). Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań 2004.

<sup>2</sup> Sydor M. (2005): Właściwości konstrukcyjne półsztywnych kątowych połączeń płyt drewnopochodnych ze złączami. Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Poznań, pp.190.

Polska branża meblarska zakończyła rok 2021 z rekordowym wynikiem sprzedaży bliskim 60 miliardom złotych, ale niestety z najniższą rentownością od 3 lat. Wśród głównych producentów mebli na świecie to Polska – przed Kanadą i Włochami – charakteryzuje się najwyższą wartością produkcji sprzedanej mebli w przeliczeniu na milion mieszkańców, która w 2020 roku wynosiła 359 mln dolarów.<sup>3</sup> Pod względem wartości eksportowanych mebli w 2021 roku Polska utrzymała pozycję lidera eksportu w Europie z wynikiem 12,92 mld euro, a tym samym zajmuje 2. miejsce na świecie. O znaczeniu przemysłu meblarskiego w gospodarce krajowej świadczy również 2,23% udział produkcji sprzedanej mebli w produkcie krajowym brutto. Jednakże, optymizm ten może być mylący jak donosi Raport 2022 opracowany przez B+R Studio Tomasz Wiktorowski, gdyż przewaga polskiego przemysłu meblarskiego na przestrzeni ostatnich 5 lat maleje. Chcąc odbudować swoją pozycję przemysł meblarski będzie zmuszony rozwijać wzornictwo i stosować nowe innowacyjne rozwiązania między innymi w obszarach związanych z modelowaniem i badaniami nowych łączników meblowych, czym zajmuje się Doktorant. Można zatem stwierdzić, że **Autor trafnie wybrał tematykę badawczą**, a publikacje w renomowanych czasopismach, posiadających wysokie wartości IF, zamieszczone w cyklu potwierdzają ten fakt. Ponadto, praca ta poszerza osiągnięcia ośrodka poznańskiego w obszarze meblarstwa w postaci prac badawczych, które są aktualnie tworzone pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Jerzego Smardzewskiego, a wcześniej były zapoczątkowane przez prof. dr. hab. inż. Stanisława Dzięgielewskiego<sup>4</sup>, inicjatora cyklu badań nad niezawodnością połączeń i konstrukcji mebli. **Tytuł rozprawy doktorskiej jest zgodny z jej treścią.**

Na stronie 16 przedstawiono cztery hipotezy badawcze, co do trzech pierwszych nie mam zastrzeżeń, wyjaśnienia czy też rozwinięcia wymaga hipoteza czwarta: „*Ilość energii pochłanianej podczas oddziaływania siły dynamicznej jest miarą sztywności oraz wytrzymałości połączeń meblowych*”. Na tej samej stronie został przedstawiony cel naukowy badań oraz cel użytkowy.

Innowacyjne łączniki meblowe stosowane w badaniach empirycznych i numerycznych, zostały wytworzone przez Autora metodą szybkiego prototypowania wykorzystując druk 3D.

Treści zostały przedstawione w identycznej kolejności w jakiej prezentowano hipotezy badawcze.

**Rozdział 3.5** pokazuje wyniki publikacji A1 pt. „*Strength and stiffness of new designed externally invisible and demountable joints for furniture cases*”

Celem tej publikacji była weryfikacja hipotezy, że na sztywność oraz wytrzymałość połączeń w największym stopniu wpływa poziom sił montażowych generowanych pomiędzy łączonymi

<sup>3</sup> Polskie meble. Outlook. Raport 2022. (Opracowanie merytoryczne: Tomasz Wiktorowski, Milena Dorozińska, Mateusz Strzelczyk, B+R Studio). B+R Studio Tomasz Wiktorowski. Ogólnopolska Izba Gospodarcza Producentów Mebli.

<sup>4</sup> Smardzewski J.: Jubileusz 80-lecia urodzin i 51 lat aktywności naukowej prof. dr. hab. inż. Stanisława Dzięgielewskiego. Więści akademickie. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, lipiec – sierpień, 2017.

elementami. Celem badań było określenie wpływu sił montażowych na sztywność i wytrzymałość połączeń do mebli opartych o nowo zaprojektowane złącza. Opisano rozkład sił w montażowych w złączu, badania wytrzymałościowe oraz wyniki badań. Porównanie wyników badań empirycznych i numerycznych zaprezentowano w Tabeli 1 na s. 22. Szkoda, że Autor nie wyjaśnił co oznaczają wartości przedstawione w nawiasach, które dopiero po zapoznaniu się z artykułem okazują się być różnicami pomiędzy wartościami z eksperymentu i wielkościami z obliczeń numerycznych. Ponadto, brakuje w części opisowej definicji sztywności statycznej dla prób zwierania i rozwierania połączeń typu L. Proszę podczas obrony wyjaśnić, które fragmenty przebiegów z Fig. 11 (publikacja A1) były brane pod uwagę podczas wyznaczania sztywności, ponieważ na rys. 13 obserwuje się duże nieliniowości.

Czym różnią się od siebie współczynniki sztywności  $K$  i  $k$  podane w spisie oznaczeń na str. 4.

Doktorant stwierdza, że **nadal uzasadnione jest poszukiwanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych złączy**, wykonanych z tańszych i ekologicznych materiałów, **o kształcie gwarantującym duże siły montażowe, solidność osadzenia w elementach mebla i wymaganą wytrzymałość połączenia**.

W Rozdziale 3.6 omawiane są wyniki publikacji B1 „**Modeling of Externally Invisible Cabinet Furniture Joints**”.

W tym artykule Doktorant podjął próbę weryfikacji hipotezy, że wytrzymałość oraz sztywność wspomnianych połączeń meblowych nie jest bezpośrednio uzależniona od materiału, z którego wykonane jest złącze i może zależeć od innych czynników takich jak zdolność do generowania sił montażowych w połączeniach. W tym opracowaniu wykazał Autor, że grubość łączonych elementów, a także materiał, z którego zostały one wyprodukowane, miały wpływ na wytrzymałość badanych połączeń. Przeprowadzona dyskusja o braku wpływu materiałów łączników eksperymentalnych z tworzywa ABS na wytrzymałość złączy zdaniem Autora jest nieistotna. Jest to co najmniej dyskusyjne. Co oznacza stwierdzenie „sztywność w próbach na zwieranie (Ryc. 13) była zadowalająca”. Nasuwa się więc pytanie **jakie są zatem rekomendowane wskaźniki sztywności**.

Na str. 23 powinno być „rynku”, a nie „ryku”, zaś na str.24 jest „raniona”, a powinno być „ramiona”.

Na rysunku 7a (publikacja B1) na osi odciętych jest „zdublowana” skala, wartości 1, 2, .... występują podwójnie, dlaczego?

Rozdział 3.7 zawiera opis wyników zaprezentowanych w publikacji A.4 „**Analysis of the internal mounting forces and strength of newly designed fastener to joints wood and wood-based panels**”.

Celem badań było zaprojektowanie nowego, zewnętrznie niewidocznego złącza do rozłącznego łączenia elementów meblowych oraz numeryczne i eksperymentalne określenie wpływu sił montażowych oraz rodzaju materiału na sztywność i wytrzymałość połączeń kątowych typu L. Złącza wytworzono z poliamidu o nazwie handlowej PA12 w technologii druku 3D (*Selective Laser Sintering SLS*). Badania eksperymentalne wykonano na połączeniach narożnikowych typu L stosując pięć wytypowanych rodzajów materiałów: płyty

MDF, klejone płyty HDF, sklejkę bukową PL, płytę wiórową PB oraz drewno bukowe Be. Na str. 29 jest dwukrotnie symbol  $\varepsilon_w$ , brakuje symbolu  $\varepsilon_p$ .

W dodatkowych badaniach mebli skrzyniowych wykazał Autor, że meble o małych wymiarach charakteryzują się średnim współczynnikiem sztywności  $k$  równym 23.47 (N/mm). Natomiast dla większych mebli współczynnik  $k$  jest równy 4.84 (N/mm). Można zatem stwierdzić, iż w tym przypadku występuje tzw. efekt skali. Jak można zdefiniować, że mebel może być zaliczony do grupy „małych”, jaka jest to granica. Prawdopodobnie w przyszłości, w badaniach modelowych należałoby budować stosowne modele redukcyjne obiektów badanych, które spełniały by odpowiednie kryteria podobieństwa<sup>5</sup>.

Na str. 33 Doktorant stwierdza, iż złącza dzięki sile montażowej  $F$  nie wysuwają się z gniazda, aczkolwiek, ulegają zginaniu. Świadczy to niezbiecie, że **materiał złącza jednak ma znaczenie**. Na tej samej stronie podpis pod Ryc. 22 jest błędny, nie jest to wykres sztywności lecz obciążeń w funkcji przemieszczeń.

**Rozdział 3.8** zawiera opis wyników zaprezentowanych w publikacji A.2 „*Numerical modelling of stiffness of RTA furniture with new externally invisible and dismountable joints*”.

W tytule artykułu występuje akronim RTA (Ready to Assemble), jednakże, jeśli akronim występuje po raz pierwszy to należy podać jego nazwę w pełnym brzmieniu.

W artykule, zaproponowano alternatywny sposób wykonywania numerycznych analiz porównawczych, który pozwala różnicować różne rodzaje złączy pod względem użyteczności w konstrukcjach mebli skrzyniowych. Doktorant uznał, że bardziej praktyczne, ale równie skuteczne jest zastąpienie względnie rzeczywistego modelu złącza, uproszczonymi łącznikami **półsztywnymi**. W proponowanej metodzie postawiono sobie za cel wyrażenie sztywności połączenia za pomocą modułu sprężystości w postaci funkcji obciążenia i ugięcia.

Zdaniem recenzenta kontrowersyjnym pojęciem jest **łącznik półsztywny**. W mechanice sztywnej (ang. *rigid*) oznacza obiekt nieodkształcalny o współczynniku sztywności równym nieskończoność ( $\infty$ ), nasuwa się więc pytanie jaką wartość współczynnika sztywności posiada **łącznik półsztywny**  $\infty/2$  (?), to ostatnie jest przecież również nieskończonością. Chociaż, Georg Cantor (niemiecki matematyk) twierdził, że różnorakie nieskończoności nie tylko istnieją, ale też różnią się od siebie. Elementy w konstrukcji (szkieletowych budynków drewnianych czy też jak w tym przypadku mebli) mogą być połączone ze sobą w sposób sztywny, przegubowy, jak również w sposób podatny. Połączenia sztywne i przegubowe występują bardzo rzadko, prawie każde połączenie charakteryzuje się pewną podatnością<sup>6,7</sup>.

<sup>5</sup> Marchelek K.: Dynamika obrabiarek. WNT, Warszawa, 1974.

<sup>6</sup> M. Baszeń, C. Miedziałowski: Podatność połączeń w szkieletowych budynkach drewnianych. Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, Budownictwo, 2008 nr 32

<sup>7</sup> Bródka J., A. Kozłowski, Sztywność i nośność węzłów podatnych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 1996



Podobne stwierdzenie stosował również prof. Bogdan Branowski na rys. 0.2<sup>8</sup>. Zadaniem Doktoranta jest nie tylko cytowanie opublikowanych prac, lecz również ich krytyczna analiza. W wielu pozycjach literaturowych jest pojęcie *semi-rigid*, np. w cytowanej przez Doktoranta pracy Hajdarević i Martinović (2014)<sup>9</sup>, lecz to nie usprawiedliwia do ich bezkrytycznego stosowania. Bardziej korzystne z punktu widzenia poprawności pojęć byłoby stosowanie nazwy **łącznik podatny o skończonej (zdefiniowanej) sztywności**, podobnie do nazewnictwa proponowanego przez Pawlaka (2017)<sup>10</sup>.

Przed przystąpieniem do obliczeń numerycznych zostały wyznaczone zastępcze moduły sprężystości, a następnie prowadzono analizy numeryczne zachowania się mebli skrzyniowych, przy założeniu ugięcia w rozpatrywanym punkcie równego 80 mm. **Proszę o wyjaśnienie skąd się bierze ta wartość.** Analizy numeryczne prowadzono metodą MES. W efekcie wyznaczono wartości współczynnika sztywności  $k$ . Otrzymane wskaźniki sztywności mieszczą się w zakresie 22,8 – 23,8 N·mm<sup>-1</sup>. Czy określano statystyczną istotność różnic tych wartości z Ryc. 32? Doktorant uznał złącza przesuwno-zaczepowe jako alternatywę dla łączników mimośrodowych. Rozsądne wydaje się też stwierdzenie Autora, iż z uwagi na analityczny charakter badań wyniki te powinny być poddane weryfikacji empirycznej.

Wyniki badań z publikacji A.3 ***“Impact damage response of L-type corner joints connected with new innovative furniture fasteners in wood-based composites panels”*** zostały opisane rozdziale 3.9.

Badania eksperymentalne przeprowadzono na autorskim stanowisku badawczym, gdzie badano zachowanie się połączeń narożnikowych typu L pod wpływem siły dynamicznej wywoływanej spadającym młotem o masie 5 kg. Podczas uderzenia mierzone były siła uderzenia oraz ugięcie niszczonej próbki. Skąd zaczerpnięto wartość współczynnika tarcia  $\mu = 0.2$ ? W przeprowadzonych badaniach dynamicznych wykazano również znaczącą, dodatnią korelację pomiędzy wartością sił montażowych w połączeniach, a sztywnością (dynamiczną) i wytrzymałością tych połączeń. Ponadto, okazało się, że płyty wiórowe i płyty MDF w jednakowym stopniu wpływają na wielkość siły uderzenia powodującej zniszczenie połączeń narożnikowych. **Jest to obserwacja odmienna w porównaniu do powszechnie znanych wyników badań z użyciem obciążeń statycznych.**

W rozdziale 4. „Dyskusja wyników i wnioski” szkoda, że Autor nie przedstawił wniosków w formie bardziej uporządkowanej, tj. w postaci wniosków poznawczych, użytkowych i kierunków

<sup>8</sup> Branowski B., Przedmowa. W: Modelowanie półsztywnych węzłów konstrukcyjnych mebli. Monografia pod redakcją Branowskiego B., Pohla P., Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań 2004.

<sup>9</sup> Hajdarević S., Martinović S., Effect of Tenon Length on Flexibility of Mortise and Tenon Joint, *Procedia Engineering* 69 ( 2014 ) 678 – 685.

<sup>10</sup> Pawlak Z., Identyfikacja cech sprężystych węzła konstrukcyjnego na podstawie wyników testu dynamicznego. *Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury*. 2017, z. 64, nr 2/I: 49-58.

dalszych badań. Myślę, że podczas obrony mógłby Doktorant przedstawić wnioski w ten sposób.

Rozprawa doktorska została napisana w języku polskim, dlaczego więc opisy osi na wykresach są w języku angielskim? Ponadto, w podpisach pod rysunkami można by dodać legendę, tak by czytelnik nie musiał poszukiwać wyjaśnień w tekście rozprawy.

#### **4. Ocena rozprawy**

Przedstawiona analiza rozprawy zawiera wystarczające, moim zdaniem kryteria do sformułowania oceny. Treść rozprawy mgr. inż. Łukasza Krzyżaniaka jest zgodna z tematem zaakceptowanym przez Radę Naukową Dyscypliny Nauki Leśne Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Podjęty temat jest ważny zarówno z poznawczych, jak i użytkowych względów i opracowany został wieloaspektowo, z punktu widzenia nowych innowacyjnych rodzajów łączników meblowych, czy też materiałów połączeń narożnikowych. Sformułowane w niniejszej recenzji uwagi nie umniejszają wartości przedstawionego materiału pracy, w większości albowiem odnoszą się do sposobu prezentacji uzyskanych wyników i mogą być podstawą do dyskusji z Autorem. Nie mogą więc stanowić podstawy do kwestionowania wartości pracy.

#### **5. Wniosek końcowy**

Uważam, że recenzowana rozprawa doktorska opracowana została w sposób merytorycznie poprawny. Jest oryginalnym osiągnięciem mgr. inż. Łukasza Krzyżaniaka i stanowi istotny wkład w rozwój badań w obszarze nowych konstrukcji zewnętrznie niewidocznych połączeń meblowych. W związku z powyższym wyrażam pogląd, że mgr inż. Łukasz Krzyżaniak jest osobą dobrze przygotowaną do prowadzenia samodzielnych prac naukowo-badawczych, a Jego rozprawa doktorska pt. *„Wpływ wewnętrznych sił montażowych i zjawisk kontaktowych na wytrzymałość zewnętrznie niewidocznych połączeń meblowych”* w formie zbioru opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.). Może ona stanowić podstawę do nadania jej Autorowi **stopnia naukowego doktora nauk rolniczych w dyscyplinie nauki leśne** i wobec tego może być dopuszczona do publicznej obrony.

*Kazimierz Orłowski*