Dr inż. Robert Kłos

Katedra Meblarstwa

Wydział Leśny i Technologii Drewna

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

AUTOREFERAT

Załącznik nr 3

Poznań, wrzesień 2023

Spis treści

1. Imię i nazwisko 3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne 3
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.....4
4. Omówienie osiągnięcia naukowego 5
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej 29
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę 34
7. Inne informacje 39

1. Imię i nazwisko

   Robert Kłos

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

   Doktor nauk leśnych

   podmiot nadający stopień: Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu (obecnie: Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu)
   - rok uzyskania: 2006
   - dyscyplina: drzewnictwo
   - stopień: doktor nauk leśnych w zakresie drzewnictwa
   - tytuł rozprawy doktorskiej: „Polioptymalizacja konstrukcji mebla skrzyniowego"
   - promotor: prof. dr hab. Jerzy Smardzewski

   Magister inżynier mechanicznej technologii drewna

   podmiot nadający tytuł: Akademia Rolnicza w Poznaniu, Wydział Technologii Drewna (obecnie: Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny i Technologii Drewna)
   - jednolite, 5 letnie stacjonarne studia magisterskie
   - kierunek: Technologia drewna
   - rok uzyskania: 1996
   - tytuł: magister inżynier mechanicznej technologii drewna
   - tytuł pracy magisterskiej: „Optymalizacja przekrojów wybranych elementów meblowych z zastosowaniem technik komputerowych"
   - promotor: prof. dr hab. Stanisław Dzięgielewski

   Inżynier informatyk

   podmiot nadający tytuł: Politechnika Poznańska w Poznaniu, Wydział Elektryczny
   - 3 letnie stacjonarne studia pierwszego stopnia
   - kierunek: Informatyka
   - rok uzyskania: 1999
   - tytuł: inżynier informatyk
   - tytuł pracy inżynierskiej: „Baza danych wspomagająca pracę redaktora czasopisma naukowego"
   - promotor: dr inż. Barbara Wołyńska

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

1.10.2006 - obecnie	**Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu** Wydział Leśny i Technologii Drewna (do roku 2020 Wydział Technologii Drewna) Katedra Meblarstwa adiunkt
1.12.1999 - 30.09.2006	**Akademia Rolnicza w Poznaniu** (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu) Wydział Technologii Drewna Katedra Meblarstwa asystent
1.12.1998 - 30.11.1999	**Akademia Rolnicza w Poznaniu** (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu) Wydział Technologii Drewna Katedra Meblarstwa asystent stażysta

Ważniejsze kursy i szkolenia

2003 – ukończenie kursu pedagogicznego dla uczestników ubiegających się o etat adiunkta

2008 – szkolenie w ramach 17th International Forum for Materials Testing, zorganizowane przez Zwick/Roel Group. Ulm (Niemcy), 13-16 października 2008

2009 – szkolenie w zakresie: Innowacyjność i transfer technologii, zorganizowane przez Fundację Rozwoju Regionów ProRegio. Poznań, 26 lutego 2009

2009 – szkolenie w zakresie: Tworzenie firm w oparciu o wiedzę naukową: spółki typu spin-off, zorganizowane przez Fundację Rozwoju Regionów ProRegio. Poznań, 13 marca 2009

2013 - szkolenie w zakresie: Zakres prac komisji przetargowej, zorganizowane przez APEXnet Inwestycje Publiczne. Poznań, 14 marca 2013

2015 – szkolenie w zakresie: Kierownik ds. jakości i Audytor Wewnętrzny ISO/IEC 17025:2005 zorganizowane przez LL-C Certification Czech Republic s.r.o. Kraków – Praha (Czechy), 19-21 października 2015

2016 – szkolenie „Droga do akredytacji PCA. Podstawowe elementy oceny. Procedura akredytacji", zorganizowane przez Polskie Centrum Akredytacji w Warszawie. Warszawa, 21 listopada 2016

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)

a) Tytuł osiągnięcia naukowego

„Trwałość konstrukcji mebli skrzyniowych w kontekście doboru połączeń oraz materiałów konstrukcyjnych"

b) Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

Kłos R., Fabisiak B. (2013): Analysis of aspects of product warranty and reliability in selected furniture manufacturing companies, Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology 83: 42-46.

MEiN/MNiSW$_{2013}$ – 6 pkt

Kłos R., Fabisiak B. (2013): Possibilities of reliability theory application in the process of furniture design, Wood Research. Slovak Forest Products Research Institute 58(1): 113-121.

IF$_{2013}$ – 0,281; MEiN/MNiSW$_{2013}$ – 20 pkt

Kłos R. (2016): Determination of reliability of a selected cabinet furniture joint, Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Forestry and Wood Technology 95: 74-80.

MEiN/MNiSW$_{2016}$ – 10 pkt

Fabisiak B., **Kłos R.**, Hrovatin J. (2017): New Product Warranty: Empirical Evidence from Polish and Slovenian Furniture Industry, Drvna Industrija 68(1): 17-27.
DOI:10.5552/drind.2017.1610

IF$_{2017}$ – 0,616; MEiN/MNiSW$_{2017}$ – 20 pkt

Kłos R., Fabisiak B., Hrovatin J., Ng H.K.T. (2017): Reliability and warranty issues in the design and production practice of selected Polish and Slovenian furniture-manufacturing companies, Drewno 60(199): 133-149.

DOI:10.12841/wood.1644-3985.163.10
IF_{2017} – 0,311; MEiN/$MNiSW_{2017}$ – 15 pkt

Kłos R., Fabisiak B., Ng H.K.T. (2018): Comparative reliability analysis of selected joints for case furniture, BioResources 13(3): 5111-5123. DOI:10.15376/biores.13.3.5111-5123
IF_{2018} – 1,396; MEiN/$MNiSW_{2018}$ – 40 pkt

Kłos R., Langová N. (2023): Determination of reliability of selected case furniture constructions, Applied Sciences 13(7):4587. DOI:10.3390/app13074587
IF_{2023} – 2,838; MEiN/$MNiSW_{2023}$ – 100 pkt

Łączna liczba punktów MEiN/MNiSW wyżej wymienionych publikacji, wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, według roku opublikowania to 211, natomiast sumaryczny IF (według roku opublikowania) wynosi 5,442.

Oświadczenia współautorów prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego załączono jako integralną część niniejszego wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

c) Wprowadzenie

W ostatnich latach, zarówno w obszarze naukowym, jak i praktyki przemysłowej, wiele uwagi koncentruje się na doskonaleniu procesu rozwoju nowych produktów. Przedsiębiorstwa meblarskie działające w krajach wysoko rozwiniętych wciąż poszukują narzędzi i metod, które pozwolą ich organizacjom uzyskać przewagę konkurencyjną i w ten sposób osiągnąć sukces rynkowy. Dlatego coraz większa uwaga jest skupiona na próbach uczynienia z procesu rozwoju nowych produktów działalności w pełni świadomej i efektywnej. W obliczu takich wyzwań należy zadbać o multidyscyplinarny charakter całego procesu tworzenia nowych produktów i uwzględnić szeroki zakres wiedzy i doświadczenia obejmujący zagadnienia związane m.in. z bezpieczeństwem, konstrukcją, wytrzymałością i trwałością projektowanych i produkowanych wyrobów. Już badania przeprowadzone przez Bradford Management Center (Trueman i Jobber 1998) wykazały, że uwzględnienie powyższych aspektów w procesie projektowania skutkuje poprawą niezawodności tworzonych wyrobów i zwiększa tym samym ich

wartość. W swoich pracach Kotler (2000) oraz Kotler i in. (2002) podkreślili, że klienci podejmując decyzję o nabyciu danego produktu, oprócz cech podstawowych, takich jak: forma zewnętrzna produktu czy jego funkcjonalność, zwracają uwagę także na tzw. produkt rzeczywisty, a więc kategorie takie jak: np. cena, jakość, opakowanie, marka oraz na tzw. wartość dodaną a więc dodatkowe korzyści jak np. wydłużony okres gwarancyjny. W związku z powyższym projektując i wprowadzając na rynek nowe produkty, przedsiębiorstwa powinny rozważyć te kwestie i odpowiednio uwzględniać je także w swoich działaniach marketingowych (Menezes i Currim 1992). Tym bardziej, że jak wskazują Oblak i Glavonjić (2014) konsumenci coraz częściej wymagają od producentów jak najwięcej informacji o produkcie, aby mieć pewność co do jego jakości. Takie podejście powinno być przyjęte zwłaszcza w przypadku dóbr trwałego użytkowania, takich jak np. meble (Udell i Anderson 1968; Wiener 1985).

Pomimo tego, że w wielu badaniach naukowych (Sinclair i Hansen 1993; Papadopoulos 2008; Šalgovicová i Urdziková 2009; Arowosoge i Tee 2010; Mashao i Sukdeo 2018; Öztas i in. 2010) wśród najważniejszych determinantów decyzji zakupowych dotyczących mebli wymienia się: trwałość mebli, która obejmuje również ich niezawodność, niewiele jest jednak badań poświęconych tematyce wyznaczania niezawodności połączeń meblowych czy obliczania niezawodności całych konstrukcji mebli. Jak podkreśla Ratnasingam (2022) uszkodzenie mebli często następuje w wyniku uszkodzeń pojawiających się w ich połączeniach (węzłach konstrukcyjnych), które są najsłabszym ogniwem całej konstrukcji. W związku z powyższym dane inżynierskie dotyczące właściwości połączeń meblowych mają kluczowe znaczenie dla projektowania i przeprojektowywania wyrobów w przemyśle meblarskim w celu uzyskania ich zakładanej wytrzymałości, sztywności i trwałości wyrobów. Umiejętność oceny niezawodności zarówno połączeń, jak i całych produkowanych mebli ma więc dla producentów kluczowe znaczenie. Aby zapewnić wysoką trwałość produktu, której wymagają współcześni klienci, producenci muszą zagwarantować niezawodność produkowanych mebli.

Dlatego pomimo obowiązku 2-letniego okresu gwarancji, wymaganego przez przepisy Unii Europejskiej (UE) na produkowane wyroby, na rynku meblarskim istnieje tendencja do projektowania i produkcji mebli o dłuższym okresie bezawaryjnej pracy, a w konsekwencji oferowania wydłużonego okresu gwarancyjnego. Przedłużona gwarancja

może być również wykorzystywana jako narzędzie marketingowe w celu zminimalizowania ryzyka przy zakupie mebli użytkowanych stosunkowo długo, takich jak np. meble kuchenne.

Z uwagi na szybki postęp technologiczny oraz rosnącą globalną konkurencję, na producentów wywierana jest coraz większa presja, aby wytwarzali produkty wysokiej jakości. Niezawodność produktu jest priorytetem w inżynierii wytwarzania i powinna być brana pod uwagę już na etapie projektowania obiektów inżynierskich. Przed wprowadzeniem produktu na rynek konieczne zatem staje się przeprowadzenie szeregu testów wytrzymałościowych i niezawodnościowych, aby zapewnić bezpieczeństwo i jakość wytwarzanego produktu. Modelowanie i testowanie niezawodności produktów powinno być wykorzystywane do kontroli jakości i opracowywania programów poprawy niezawodności produktów.

Analizując kwestie bezpieczeństwa użytkowania mebli nie można pominąć zagadnień związanych z trwałością tych wyrobów. Brak jest w praktyce przemysłowej miarodajnych metod i narzędzi, możliwych do zastosowania na etapie procesu projektowania mebli, pozwalających na ocenę niezawodności nowoprojektowanych konstrukcji. Rzetelna ocena niezawodności mebli jest w obecnych czasach niezbędna, jej brak może skutkować bowiem zagrożeniami wynikającymi z użytkowania wadliwej konstrukcji mebla. Ma to szczególne znaczenie w świetle wymagań dyrektywy unijnej 2001/95/WE z dnia 3. grudnia 2001 r. w sprawie ogólnego bezpieczeństwa produktów, która w sposób jednoznaczny określa wymagania stawiane wyrobom bezpiecznym. Pod pojęciem bezpieczeństwa rozumieć należy właściwość produktu polegającą na tym, aby nie stwarzać zagrożenia dla zdrowia ludzkiego lub środowiska podczas wykonywania określonej funkcji w założonym czasie. Przedsiębiorstwa produkujące meble powinny więc brać pod uwagę powyższe kwestie. Zaniedbanie kwestii związanych z bezpieczeństwem i trwałością projektowanych i produkowanych mebli może prowadzić do poważnych strat wizerunkowych i finansowych, zwiększa bowiem ryzyko wytworzenia produktów nieprzydatnych do użytku, wzrostu kosztów produkcji oraz ogólnego pogorszenia jakości wytwarzanych przedmiotów. Ponadto nieuwzględnienie czynnika niezawodnościowego w procesie projektowania wyrobu uniemożliwia ustalenie w sposób wiarygodny długości czasu pracy bezawaryjnej, który bezpośrednio przekłada się np. na możliwość zaoferowania wydłużonego okresu gwarancji. Koniecznym staje się

zatem wprowadzenie do praktyki inżynierskiej narzędzi, w tym informatycznych, które wspomogą pracę działów konstrukcyjnych fabryk mebli w tym zakresie. Świadoma poprawa niezawodności konstrukcji mebli przekłada się na jakość oferowanych wyrobów oraz wzrost zaufania do marki, a w konsekwencji przybliża przedsiębiorstwo do osiągnięcia sukcesu na rynku.

Wynikający z przepisów Unii Europejskiej wzrost wymagań związanych z projektowaniem i produkcją mebli trwałych i bezpiecznych stał się przesłanką do podjęcia badań nad opracowaniem metody wyznaczania trwałości połączeń meblowych uwzględniającej wariantowość wykorzystywanych materiałów konstrukcyjnych oraz łączników i umożliwiającej obliczenie niezawodności całych konstrukcji mebli skrzyniowych. Do tej pory ten obszar badań zarówno w literaturze przedmiotu, jak i w praktyce przemysłowej był niewystarczająco zgłębiony. Nie opracowano narzędzi, w tym informatycznych, służących do obiektywnej oceny trwałości projektowanych i produkowanych mebli skrzyniowych. Wobec powyższego głównym celem przeprowadzonych badań było uzupełnienie istniejącej wiedzy w tym zakresie.

Przeprowadzone badania zrealizowano w następujących etapach:

- badania stanu obecnego wykorzystania w praktyce przemysłowej zagadnień związanych z oceną trwałości projektowanych i produkowanych mebli,
- badania rozpoznania potrzeb producentów mebli zlokalizowanych w Polsce i Słowenii w zakresie narzędzi wspierających ocenę trwałości projektowanych i produkowanych mebli,
- badania niezawodności wybranego połączenia mebli skrzyniowych,
- badania niezawodności połączeń mebli skrzyniowych, uwzględniające różne materiały konstrukcyjne, grubości elementów i łączniki,
- badania i prace rozwojowe nad opracowaniem aplikacji internetowej, umożliwiającej obliczanie niezawodności połączeń, pełnych konstrukcji meblowych oraz wyznaczenie czasu pracy bezawaryjnej mebli skrzyniowych.

Głównym celem naukowym publikacji wykazanych jako osiągnięcie habilitacyjne było:

- zbadanie stopnia wykorzystania i wdrażania przez fabryki mebli zagadnień związanych z trwałością mebli,
- rozpoznanie potrzeb fabryk mebli w zakresie metod i narzędzi wspierających ocenę trwałości mebli skrzyniowych,
- opracowanie metodyki badań niezawodności połączeń mebli skrzyniowych uwzględniającej: rodzaj materiału, rodzaj łączników oraz grubość elementów,
- opracowanie modelu matematycznego umożliwiającego obliczenie niezawodności wybranych konstrukcji mebli skrzyniowych,
- opracowanie aplikacji internetowej umożliwiającej obliczenie niezawodności połączeń, pełnych konstrukcji meblowych oraz wyznaczenie czasu pracy bezawaryjnej mebli skrzyniowych.

Zrealizowane w ramach osiągnięcia naukowego badania **znacząco powiększają stan wiedzy z zakresu trwałości połączeń mebli skrzyniowych, uwzględniając zmienność materiałów konstrukcyjnych, rodzajów łączników i grubości elementów płytowych oraz trwałości całych konstrukcji mebli skrzyniowych. Opracowany model niezawodnościowy wnosi nowe wartości poznawcze w zakresie teorii konstrukcji i służy podnoszeniu jakości projektowanych połączeń, a w konsekwencji podnoszeniu trwałości i bezpieczeństwa użytkowania mebli. Otrzymane wyniki mają znaczenie aplikacyjne, ponieważ dzięki opracowanemu modelowi matematycznemu oraz aplikacji internetowej, wykorzystującej dane z badań niezawodnościowych, umożliwiają producentom mebli wyliczenie niezawodności wybranych konstrukcji mebli i w konsekwencji określenie długości okresu gwarancyjnego już na etapie projektowania nowego produktu**.

Opis prac stanowiących osiągnięcie naukowe

Praca nr 1

Kłos R., Fabisiak B. (2013): Analysis of aspects of product warranty and reliability in selected furniture manufacturing companies, Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology 83: 42-46.

Publikacja naświetla **problematykę uwzględniania przez przedsiębiorstwa produkujące meble takich aspektów jak trwałość oraz długość okresu gwarancyjnego w procesie tworzenia i wprowadzania nowych produktów na rynek**. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem formularzy ankietowych w 100 fabrykach mebli zlokalizowanych w Polsce. Dodatkowo w 20 przedsiębiorstwach produkujących meble skrzyniowe przeprowadzono pogłębione wywiady bezpośrednie. Pozyskane dane zostały zakodowane, a następnie poddane analizie statystycznej z wykorzystaniem programu STATISTICA 10.0 PL.

Proces projektowania produktu jest procesem wielowymiarowym. Wysoki poziom konkurencji na rynku powoduje, że poza najważniejszymi aspektami takimi jak: forma zewnętrzna, budowa i cechy użytkowe należy wziąć pod uwagę również aspekty rozszerzone, czyli niematerialne korzyści, jakie produkt może oferować (Kotler i Armstrong 2010). Mogą one przyczynić się do poprawy konkurencyjności produktu poprzez jego wyróżnienie wśród wyrobów oferowanych przez konkurencję. Jednym z takich rozszerzonych aspektów może być zapewnienie niezawodności mebla oraz oferowanie ponadstandardowej długości okresu gwarancyjnego, który jest bezpośrednio powiązany z trwałością i wysoką jakością wyrobu.

Podczas wprowadzania nowych produktów na rynek istotnym zagadnieniem staje się więc gromadzenie i opracowywanie danych o najczęściej występujących uszkodzeniach w produkowanych konstrukcjach meblowych. Otrzymane rezultaty wskazały, że 20% badanych firm nie posiada bazy danych o uszkodzeniach występujących w projektowanych i produkowanych konstrukcjach. Wszystkie przedsiębiorstwa z tej grupy zatrudniały mniej niż 50 pracowników oraz produkowały meble w małych seriach lub na zamówienie. Wykazano ponadto, że wszystkie badane firmy korzystające ze zintegrowanego systemu CRM (*Customer Relationship Management*) posiadają bazę danych uszkodzeń, która jest rozwijana na podstawie informacji pochodzących z analizy reklamacji klientów. Dane te są następnie wykorzystywane w trakcie rozwoju nowych produktów. Przeprowadzone badania

wykazały również, że większość badanych firm meblarskich (86%) zapewnia jedynie minimalny, przewidziany przepisami, okres gwarancyjny wynoszący na rynkach UE dwa lata. Jednakże tylko 53% umieszcza informację o długości okresu gwarancyjnego w swoich materiałach reklamowych i marketingowych. Jeszcze mniej, bo tylko 40% firm, podejmuje próby oszacowania długości okresu gwarancyjnego na wytwarzane produkty, jednakże dokonują tego bazując wyłącznie na doświadczeniu zawodowym swoich pracowników. Zaledwie 27% badanych przedsiębiorstw oferuje wydłużenie okresu gwarancyjnego warunkując to wyższą jakością zastosowanych podzespołów lub przeprowadzeniem montażu przez zespół montażystów wskazanych przez daną firmę.

W efekcie przeprowadzonych badań stwierdzono, że analizowane przedsiębiorstwa meblarskie nie dysponują odpowiednimi narzędziami umożliwiającymi wyznaczenie okresu gwarancji w sposób profesjonalny i rzetelny. W 60% badanych jednostek brak było jakiejkolwiek metody wyznaczania długości okresu gwarancyjnego. Co z tym związane przedsiębiorcy nie doceniali w pełni znaczenia niezawodności produktów, a także długości okresu gwarancyjnego jako ważnych czynników mogących decydować o zakupie mebli.

Praca nr 2

Kłos R., Fabisiak B. (2013): Possibilities of reliability theory application in the process of furniture design, Wood Research. Slovak Forest Products Research Institute 58(1): 113-121.

Wyniki zaprezentowane w pracy nr 1 wykazały, że producenci określają trwałość mebli na podstawie własnego doświadczenia i oczekiwań rynku bez wykorzystywania w tym celu narzędzi umożliwiających ustalenie długości bezawaryjnej eksploatacji projektowanych i produkowanych wyrobów. W związku z powyższym **kolejny etap badań dotyczył wyznaczania niezawodności wybranego połączenia mebla skrzyniowego. Przestawiona publikacja prezentuje wyniki badań empirycznych mających na celu określenie trwałości połączenia meblowego z dwoma łącznikami typu konfirmat, wykonanego z płyty wiórowej**. Do badań wykorzystano surową płytę wiórową o grubości 18 mm. Rozstaw łączników wynosił 320 mm. W pierwszym kroku ustalono nośność doraźną badanych połączeń wykorzystując w tym celu maszynę wytrzymałościową ZWICK 1445. Czynnikami obserwowanymi były: siła niszcząca połączenie podczas zwierania oraz pomiar ugięcia w celu określenia niezawodności połączenia. **Następnie zaprojektowano i stworzono specjalne stanowisko**

laboratoryjne do badania statycznego niezawodności połączeń meblowych. Na tym stanowisku przeprowadzono badania długoterminowe pozwalające na wyznaczenie niezawodności badanych połączeń przy wykorzystaniu empirycznej definicji niezawodności.

Zastosowanie empirycznej funkcji niezawodności wymagało podzielenia całego czasu badań na niezawodności w określonych przedziałach (interwałach) czasowych. Dla poszczególnych interwałów czasowych wyznaczono funkcje niezawodności, zawodności oraz intensywności uszkodzeń. Analizując uzyskane wyniki stwierdzono, że niezawodność analizowanego połączenia w pierwszym przedziale czasowym była stosunkowo niska - wynosiła 0,75 i utrzymywała się na niezmienionym poziomie do ok. 550 godzin (drugi interwał). W praktyce oznaczało to, że prawdopodobieństwo bezawaryjnej pracy tego połączenia wyniosło zaledwie 75%. Zastosowanie tego połączenia w procesie projektowania elementu mebli skutkowałoby dodatkowym obniżeniem niezawodności całej konstrukcji mebla skrzyniowego. Jak wykazuje Smardzewski (2005) niezawodność konstrukcji mebli skrzyniowych jest wynikiem niezawodności jej węzłów konstrukcyjnych. Posiadanie informacji o niezawodności poszczególnych połączeń meblowych ma więc istotne znaczenie w trakcie prac nad nowymi konstrukcjami mebli.

Artykuł przedstawił jedną z możliwości wyznaczania niezawodności połączeń meblowych, którą konstruktor może wykorzystać w procesie projektowania nowych mebli. Mając na uwadze uzyskane wyniki, w przypadku projektowania wyrobu o dłuższej trwałości, należałoby podjąć decyzję o ewentualnej zmianie rodzaju połączenia lub jego zmodyfikowanie mające na celu poprawę jego niezawodności. Taka modyfikacja mogłoby np. polegać na zastosowaniu dodatkowych łączników typu kołek, umieszczonych w bezpośrednim sąsiedztwie istniejących łączników (rezerwowanie). Pominięcie aspektu niezawodności w trakcie projektowania nowego wyrobu może prowadzić do zwiększenia kosztów związanych z ewentualnymi świadczeniami gwarancyjnymi i serwisowaniem mebli. Z punktu widzenia użytkowników może wiązać się to natomiast z wyższą zawodnością mebli, a zatem z ich niską jakością, co może skutkować utratą zaufania do danej marki i mieć wpływ na decyzje zakupowe.

Długość prowadzonych badań w przypadku badania statycznego niezawodności mebli stanowiła istotny czynnik ograniczający możliwość realizacji badań o szerokim

zakresie, uwzględniających wiele różnych materiałów konstrukcyjnych i łączników. W związku z powyższym w kolejnych etapach postanowiono udoskonalić wykorzystywaną dotychczas metodykę, zastępując obciążenia statyczne obciążeniami przykładanymi do próbek cyklicznie.

Praca nr 3

Kłos R. (2016): Determination of reliability of a selected cabinet furniture joint, Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Forestry and Wood Technology 95: 74-80.

Wobec coraz powszechniejszego stosowania narzędzi informatycznych w praktyce projektowej przedsiębiorstw meblarskich, w kolejnym etapie badań **postanowiono wyznaczyć niezawodność wybranego połączenia mebli skrzyniowych wykorzystując w tym celu specjalistyczne oprogramowanie Weibull++**.

Badania niezawodności przeprowadzono na 200 próbkach połączeń wykonanych z trójwarstwowej płyty wiórowej laminowanej o grubości 18 mm. Do łączenia elementów połączenia wykorzystano jeden łącznik śrubowy typu konfirmat. Pierwszym krokiem do określenia niezawodności połączenia było określenie jego obciążenia doraźnego przy zwieraniu. Badania przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej ZWICK 1445. Prędkość posuwu trawersy maszyny wynosiła 10 mm/min, przy początkowym obciążeniu 1 N. Test był prowadzony aż do uszkodzenia połączenia na 10 próbkach pilotowych. Uzyskane dane posłużyły do wyznaczenia średniej wartości obciążenia doraźnego, które następnie wykorzystane były do **badań na kolejnym, specjalnie zaprojektowanym stanowisku laboratoryjnym do badań niezawodności połączeń mebli skrzyniowych. Badania te polegały na określeniu liczby cykli pracy połączenia (obciążenia i odciążenia) pod zadanym obciążeniem**. Wartość tego obciążenia ustalono na poziomie 40% obciążenia doraźnego. Badania niezawodnościowe przeprowadzono stosując siłę przykładaną cyklicznie, działającą z częstotliwością 20 cykli na minutę (Eckelman 1988) jednocześnie na 10 próbkach połączeń meblowych. Stanowisko do badań niezawodności zostało wyposażone również w aparaturę kontrolującą ugięcie połączenia. Zadanie to wykonywały elektromechaniczne czujniki ugięcia, które wysyłały dane do komparatora w czasie rzeczywistym. Próbkę uznawano za uszkodzoną, gdy ugięcie przekroczyło 5 mm. Wartość ta została ustalona na podstawie charakterystyki pracy połączenia na maszynie wytrzymałościowej ZWICK (granica

sprężystości liniowej). Kiedy zakładane ugięcie zostało przekroczone w którejkolwiek próbce, komparator podłączony do urządzenia badawczego przerywał badanie i wynik pomiaru ugięcia zostawał zapisany (najsłabsze ogniwo). W kolejnym kroku badane próbki były demontowane i w stanowisku badawczym umieszczano nowe (następna implikacja). Łącznie wykonano 20 powtórzeń. Licznik zamontowany na stanowisku odpowiadał za zliczanie liczby cykli pracy połączeń.

W efekcie przeprowadzonych badań laboratoryjnych uzyskano 20 wyników, które następnie wprowadzono do programu Weibull++. Oprogramowanie Weibull++ wyposażone jest w moduł Distribution Wizard, który po wprowadzeniu danych dopasowuje je do znanych funkcji teoretycznego rozkładu prawdopodobieństwa. Dzięki takiemu podejściu, od użytkownika niewymagane jest przeprowadzanie analitycznego procesu testowania hipotez i identyfikowania odpowiednich funkcji, co ma duże znaczenie w przypadku wykorzystania tego narzędzia w praktyce przemysłowej. Moduł Distribution Wizard na podstawie wprowadzonych wyników badań laboratoryjnych wskazał na 3-parametryczny rozkład Weibulla jako najlepiej opisujący posiadane dane wejściowe. W kolejnym kroku wyznaczono przebieg: wskazanej funkcji wraz z przebiegiem asymptot, funkcji gęstości prawdopodobieństwa oraz niezawodności badanego połączenia.

Kolejnym parametrem umożliwiającym wyznaczenie bezawaryjnego czasu pracy jest średni czas do wystąpienia uszkodzenia MTTF *(Mean Time To Failure)*. Za pomocą oprogramowania Weibull++ ustalono średni czas do uszkodzenia połączenia na poziomie MTTF=89898 cykli. Niezawodność rozpatrywanego połączenia w tym charakterystycznym punkcie wyniosła 0,34.

Podsumowując stwierdzono, że oprogramowanie Weibull++ może znacząco przyspieszyć obliczenia niezawodnościowe. Szybkie opracowanie wyników pozwala konstruktorowi na racjonalny dobór łączników meblowych i tworzenie konstrukcji o najlepszych parametrach niezawodnościowych. Program ten nie umożliwia jednak obliczenia niezawodności pełnej konstrukcji mebla.

Praca nr 4

Fabisiak B., **Kłos R.**, Hrovatin J. (2017): New Product Warranty: Empirical Evidence from Polish and Slovenian Furniture Industry, Drvna Industrija 68(1): 17-27.

Wobec rezultatów przedstawionych w publikacji nr 1, postanowiono rozpoznać, czy **postrzeganie zagadnień związanych z jakością, trwałością oraz gwarancją jest w przedsiębiorstwach meblarskich podobne w kontekście międzynarodowym**. W tym celu przeprowadzono badania ankietowe oraz wywiady bezpośrednie wśród 100 producentów mebli zlokalizowanych w Polsce i Słowenii. Przedsiębiorstwa z Polski stanowiły 60% próby badawczej, natomiast słoweńskie 40%. Zebrane dane zostały zakodowane, a następnie poddane analizie statystycznej z użyciem oprogramowania STATISTICA 10.0 PL. Przeprowadzono analizę danych z zastosowaniem metody grupowania statystycznego, biorąc pod uwagę podział jednostek oparty na kryterium kraju pochodzenia i realizacji długoterminowej strategii tworzenia marki. W ramach przeprowadzonego badania najpierw zdecydowano się ustalić, czy w obliczu rosnącej konkurencji przedsiębiorstwa wykorzystują informacje dotyczące długości okresu gwarancji w swoich materiałach marketingowych w celu zwrócenia uwagi potencjalnych klientów na oferowane dodatkowe świadczenia związane z danym produktem. Przeprowadzona analiza wykazała, że wśród uczestniczących w badaniach firm polskich i słoweńskich odsetek przedsiębiorstw dostarczających takich informacji w swoich materiałach reklamowych wynosił około 50%. Odsetek ten wzrastał jednak wraz z wielkością firmy i w przypadku jednostek gospodarczych zatrudniających powyżej 250 pracowników wynosił aż 75%.

Postanowiono również sprawdzić, czy poziom wykorzystania informacji o długości okresu gwarancyjnego w materiałach marketingowych firm produkujących meble różni się w zależności od rodzaju i przeznaczenia produkowanych mebli. **Wykazano, że analizowana problematyka miała największe znaczenie dla producentów mebli dla dzieci i młodzieży, a także mebli kuchennych**. Informacje o długości okresu gwarancyjnego znacznie rzadziej pojawiały się natomiast w materiałach reklamowych firm produkujących m.in. meble tapicerowane. Wszystkie badane przedsiębiorstwa produkujące meble kuchenne oraz meble dla dzieci i młodzieży informowały użytkowników mebli o długości okresu gwarancyjnego na produkowane meble. Związane jest to z wymaganiami klientów, którzy w przypadku zakupu mebli kuchennych oczekiwali bardzo długiego okresu użytkowania tego rodzaju mebli. Natomiast w przypadku mebli dla dzieci i młodzieży klienci traktowali wydłużoną gwarancję jako wskaźnik potwierdzający wysokie bezpieczeństwo użytkowania mebli, co miało

szczególne znaczenie właśnie w przypadku mebli dla dzieci i młodzieży. Tym samym potwierdzono zasadność koncentracji badań nad niezawodnością połączeń meblarskich na badaniach połączeń stosowanych w konstrukcjach mebli skrzyniowych.

Dodatkowo w ramach przeprowadzonych badań wykazano, że wykorzystanie informacji dotyczących gwarancji w materiałach marketingowych było również związane ze stopniem zaangażowania przedsiębiorstwa w proces budowania własnej marki, czyli działaniami powiązanymi z rozwojem marki i jej umacnianiem, a także posiadaniem projektu identyfikacji wizualnej i spójnością budowania pozytywnego wizerunku firmy, opartego na długofalowej strategii wzorniczej. W tym miejscu należy również wspomnieć, że **wśród firm wykorzystujących informacje o długości gwarancji w swojej działalności marketingowej 70% oferowało jej wydłużony okres od 3 do 5 lat**. Podczas oferowania wartości dodanej w formie przedłużonej gwarancji, analizowane przedsiębiorstwa wykorzystywały ją jako narzędzie w walce konkurencyjnej na rynku. Należy zaznaczyć również, że **przeprowadzone badania nie wykazały istotnych różnic pomiędzy stopniem wykorzystania informacji dotyczącej długości gwarancji w działalności marketingowej badanych słoweńskich i polskich przedsiębiorstw meblarskich**. Pomimo tego, że przeprowadzone badania miały charakter pilotażowy, to już otrzymane rezultaty z przedstawionych badań międzynarodowych wskazują na uniwersalność podjętej tematyki i istotną rolę metod i narzędzi wspierających firmy meblarskie w tworzeniu trwalszych produktów, a tym samym oferowaniu wartości dodanej w postaci wydłużonej gwarancji.

Praca nr 5

Kłos R., Fabisiak B., Hrovatin J., Ng H.K.T. (2017): Reliability and warranty issues in the design and production practice of selected Polish and Slovenian furniture-manufacturing companies, Drewno 60(199): 133-149.

Jak wspomniano w pracy nr 1, producenci mebli zwykle nie zakładają prawdopodobieństwa bezawaryjnej pracy produktu końcowego w określonym czasie. Przepisy o odpowiedzialności cywilnej dokładnie określają obowiązki producenta w stosunku do kupującego w zakresie świadczenia gwarancyjnego, tj. naprawy wad lub ewentualnej wymiany towaru na wolny od wad. Wg Migdalskiego (1982) długość okresu gwarancyjnego powinna być tak dostosowana, aby prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia ujawnione w tym okresie w produkcie końcowym było bliskie jedności. Długość okresu gwarancyjnego pełni więc rolę swoistego długoterminowego testu, który

powinien obejmować w przybliżeniu okres, w którym ujawniły się wszystkie wady konstrukcyjne.

Międzynarodowy aspekt rozpoznania potrzeb przedsiębiorców związany z określaniem trwałości projektowanych i produkowanych mebli kontynuowano w kolejnym etapie badań. Tym razem **skupiono się na ocenie postaw polskich i słoweńskich producentów mebli wobec problemu niezawodności konstrukcji mebli oraz okresu gwarancyjnego mebli skrzyniowych**. Ponadto **zbadano zapotrzebowanie analizowanej grupy docelowej na narzędzie umożliwiające określenie m.in. długości okresu gwarancji produkowanych mebli**. Podjęto decyzję o zebraniu niezbędnych danych za pomocą badań ankietowych oraz wywiadów bezpośrednich. Przyjęto wielkość próby badawczej wynoszącą 100 fabryk mebli zlokalizowanych w Polsce i Słowenii. Dodatkowo przeprowadzono pogłębione wywiady z grupą 30 przedsiębiorstw meblarskich, które w badaniu ankietowym wyraziły szczególne zainteresowanie kwestiami niezawodności oferowanych produktów. Grupa ta składała się z 19 polskich firm meblowych i 11 przedsiębiorstw zlokalizowanych w Słowenii. Zebrane dane zostały zakodowane, a następnie poddane kompleksowej analizie statystycznej z wykorzystaniem programu STATISTICA 10.0 PL. Analizę przeprowadzono stosując metodę grupowania statystycznego, uwzględniając podział jednostek na podstawie kryteriów kraju pochodzenia i wielkości przedsiębiorstwa. Ponadto wykonano analizę korespondencji służącą do zbadania współistnienia zmiennych dotyczących takich cech jak: wielkość przedsiębiorstwa, gromadzenie i wykorzystanie danych o usterkach pojawiających się w produkowanych meblach, istnienie w przedsiębiorstwie działu projektowego, wdrożony przez przedsiębiorstwo zintegrowany system CRM czy oferowanie klientom wydłużonego okresu gwarancyjnego na mebel.

Analizując postawy producentów mebli wobec jakości, kwestii niezawodności i gwarancji, postanowiono najpierw ocenić znaczenie tych aspektów w działalności gospodarczej badanych jednostek. Wyniki badań wykazały, że **ponad 90% menedżerów z analizowanych firm zadeklarowało, że jakość produktów i ich trwałość będą dwoma najważniejszymi czynnikami decydującymi o sukcesie w branży meblarskiej w ciągu najbliższych 5-20 lat**. Co więcej, odsetek firm zgadzających się z tą opinią wzrastał wraz z wielkością przedsiębiorstwa, a w przypadku jednostek zatrudniających powyżej 250 pracowników wyniósł aż 100%. Ciągłe doskonalenie jakości

i trwałości wytwarzanych wyrobów wiązało się z istnieniem i wykorzystywaniem podczas procesu tworzenia nowego produktu informacji z bazy danych o uszkodzeniach pojawiających się w wyprodukowanych już wyrobach. Firmy, które nie zbierały informacji o uszkodzeniach występujących w ich produktach, uzyskanych np. w trakcie reklamacji wykazały, że wzornictwo przemysłowe nie miało wpływu na udoskonalenie technologii i jakości wytwarzanych produktów. Sytuacja była całkowicie odmienna w przypadku przedsiębiorstw korzystających z takich baz danych. Wszystkie firmy, które gromadziły i przetwarzały informacje o zaistniałych uszkodzeniach w produkowanych przez siebie meblach oceniły wpływ działalności projektowej na poprawę jakości i niezawodności produktu jako średni lub znaczny (odpowiednio 67% i 33% firm posiadających i stosujących bazy danych uszkodzeń). Badania wykazały, że odsetek firm posiadających taką bazę danych jest zbliżony w polskich i słoweńskich przedsiębiorstwach i wynosił ok. 75-80%. Wyniki analiz wykazały również, że te przedsiębiorstwa, które posiadały w swojej strukturze dział projektowy, częściej korzystały z bazy danych uszkodzeń w porównaniu z tymi, które nie posiadały takiej jednostki w swojej strukturze organizacyjnej. Jedynie 40% firm posiadających dział projektowy nie gromadziło ani nie przetwarzało informacji dotyczących wad konstrukcyjnych występujących w ich produktach.

Wykazano, że istnienie bazy danych uszkodzeń jest związane z wielkością przedsiębiorstwa. Stwierdzono, że tylko 33% mikroprzedsiębiorstw i 50% małych firm zbierało informacje o wadach konstrukcyjnych. W przeciwieństwie do tego analizowana zależność była znacznie korzystniejsza w średnich i dużych przedsiębiorstwach, wynosząc nawet 100%.

W badanej próbie polskich przedsiębiorstw meblarskich wykazano związek między istnieniem bazy danych uszkodzeń oraz wdrożonym zintegrowanym systemem CRM w przedsiębiorstwie. Zależność tą zaobserwowano również w badanej słoweńskiej grupie producentów mebli. Uzyskane wyniki pozwoliły precyzyjnie zidentyfikować jednostki gospodarcze, które były do siebie podobne pod względem zależności między korzystaniem z bazy danych o uszkodzeniach występujących w produkowanych meblach oraz sposobem zbierania i przetwarzania danych dotyczących zaprojektowanych produktów.

Ważnym aspektem przy ocenie stosunku przedsiębiorców do niezawodności wytwarzanych przez nich wyrobów jest ich świadomość odnośnie długości okresu gwarancyjnego na zaprojektowane i wykonane wyroby. Z tego powodu zdecydowano się na przeprowadzenie analizy długości okresu gwarancyjnego oferowanego przez przedsiębiorstwa. Większość polskich firm zachowała tzw. ustawowy minimalny okres gwarancji, co oznacza, że producent odpowiada za wady produktu przez dwa lata. Podobnie sytuacja wyglądała w przypadku firm słoweńskich, z ponad połową (62%) oferujących 2-letni okres gwarancji i 38% przedsiębiorstw oferujących 3 lata gwarancji. Badania wykazały ponadto, że dla ponad połowy badanych polskich przedsiębiorstw (60%) długość okresu gwarancji na meble została przyjęta bez próby jej określenia na podstawie np. testów wytrzymałościowych, obliczeń analitycznych lub numerycznych itp. W firmach słoweńskich odsetek ten był znacznie niższy i wyniósł tylko 24% przedsiębiorstw nie stosujących żadnej formy oceny, uzasadniając to stwierdzeniem, że konstrukcja zaprojektowanych mebli jest trwała i właściwie zaprojektowana. Warto również podkreślić, że **firmy słoweńskie częściej niż polskie, wykorzystywały informacje z badań wytrzymałościowych nowych modeli mebli oraz doświadczenie zawodowe zatrudnionych inżynierów i projektantów. Należy podkreślić, że żaden z analizowanych podmiotów nie stosował jakiegokolwiek narzędzia kalkulacyjnego określającego długość okresu gwarancyjnego**. Wskazuje to na lukę w transferze wiedzy z uczelni/jednostek badawczych do praktyki przemysłowej, które wspierałyby wykorzystanie potencjału zgromadzonych i przetwarzanych przez firmy danych, w tym dotyczących niezawodności konstrukcji mebli w celu bardziej wiarygodnego określenia długości pracy bezawaryjnej konkretnego wyrobu. Badane firmy meblarskie nie korzystają z narzędzi, które umożliwiałyby wyznaczenie długości okresu gwarancyjnego. Dlatego istnieje potrzeba rozwoju matematycznego modelu niezawodności konstrukcji mebli, który stanowiłby podstawę do stworzenia takiego narzędzia. Wykorzystanie powstałego narzędzia przez producentów mebli umożliwiłoby firmom określenie długości okresu gwarancji w sposób rzetelny i świadome przedłużenie go w wybranych przypadkach już na etapie projektowania. Zatem dodatkowym celem przeprowadzonych badań było ustalenie zapotrzebowania ze strony przedsiębiorców na narzędzie umożliwiające wyznaczenie niezawodności mebli skrzyniowych oraz obliczanie długości okresu gwarancyjnego. Zarówno polscy, jak i słoweńscy producenci mebli wyrazili duże zainteresowanie przedstawioną koncepcją. **Ponad 70% badanych przedsiębiorstw**

w obu krajach wyraziło opinię, że aplikacja byłaby przydatna w ich praktyce produkcyjnej, podczas gdy prawie 60% wyraziło chęć udziału w testowaniu nowego narzędzia. Przydatność takiej aplikacji była doceniona głównie przez te przedsiębiorstwa, które identyfikują jakość i niezawodność produktów jako kluczowe czynniki, które decydują o sukcesie w branży meblarskiej w Polsce i Słowenii w niedalekiej przyszłości. **Duża liczba przedsiębiorstw zainteresowanych potencjalnym narzędziem pozwalającym określić niezawodność mebli i obliczyć okres bezawaryjnej pracy, zarówno wśród firm polskich, jak i słoweńskich, wskazuje na istotną rolę tego zagadnienia w działalności produkcyjnej wytwórców mebli**.

Praca nr 6

Kłos R., Fabisiak B., Ng H.K.T. (2018): Comparative reliability analysis of selected joints for case furniture, BioResources 13(3): 5111-5123.

Podstawą wnioskowania o trwałości mebli skrzyniowych powinny być parametry niezawodnościowe określające ich trwałość i bezpieczeństwo użytkowania oraz będące podstawą do obliczania długości okresu gwarancyjnego. Kolejna publikacja przedstawia więc wyniki badań mających na celu **porównanie prawdopodobieństwa nieuszkodzenia wybranych połączeń stosowanych w meblach skrzyniowych oraz wyznaczenie ich parametrów niezawodnościowych**.

Określenie czasu pracy bezawaryjnej i prawdopodobieństwa uszkodzenia w konstrukcji mebli na podstawie jedynie subiektywnie przyjętych wskaźników bezpieczeństwa nie powinno być akceptowane. W związku z powyższym **przeprowadzono porównawczą analizę statystyczną parametrów niezawodnościowych trzech wybranych połączeń stosowanych w praktyce przemysłowej. Badania niezawodności wybranych połączeń mebli skrzyniowych przeprowadzono na 600 próbkach połączeń wykonanych z laminowanej trójwarstwowej płyty wiórowej o grubości 18 mm. Do badań wybrano połączenia z trzema rodzajami łączników: łącznik wkrętowy typu konfirmat, kołek drewniany oraz łącznik zaczepowy mimośrodowy**. Łączniki posiadały następujące wymiary: konfirmat ø5x50 mm, kołek ø8x32 mm, złącze mimośrodowe typu Minifix ø15x14,6 mm. Połączenie z łącznikiem kołkowym sklejono klejem z grupy PVAC. Z kolei konfirmaty i złącza mimośrodowe we wszystkich próbkach zostały dokręcone przy zastosowaniu tego

samego momentu wynoszącego 2,5 Nm. Następnie pilotażową próbkę wynoszącą po 10 połączeń z każdego rodzaju łącznikiem poddano zwieraniu w maszynie wytrzymałościowej ZWICK 1445 w celu ustalenia nośności doraźnej. Prędkość badania połączeń ustalono na poziomie 10 mm/min, natomiast obciążenie wstępne wyniosło 1 N. Zarejestrowane dane dotyczące nośności granicznych posłużyły do wyznaczenia wartości obciążeń zastosowanych następnie w badaniach niezawodnościowych oraz do obliczeń współczynników zmienności. Badania te polegały na pomiarze liczby cykli pracy połączeń pod założonym obciążeniem i tak jak to miało miejsce w przypadku poprzednich etapów badań, przeprowadzono je na specjalnie zaprojektowanym w tym celu stanowisku laboratoryjnym. Testy przeprowadzono w 20 seriach, z których każda seria wykorzystywała 10 wcześniej przygotowanych jednorodnych próbek z pojedynczym łącznikiem. Próbki te obciążono siłami wynoszącymi 40% obciążenia maksymalnego, którego wartości uzyskano z testów pilotażowych na maszynie wytrzymałościowej. Badanie przeprowadzono poprzez przyłożenie siły działającej z częstotliwością 20 cykli na minutę (Eckelman 1988). Stanowisko badawcze zawierało również urządzenia kontrolujące maksymalne ugięcie elementu połączenia pod obciążeniem. Zadanie to wykonywały elektromechaniczne czujniki ugięcia, które w czasie rzeczywistym przesyłały dane do komparatora. Po przekroczeniu założonego maksymalnego ugięcia któregokolwiek elementu połączenia komparator przerywał badanie. W tym momencie próbkę uznawano za uszkodzoną. W kolejnym kroku demontowano zużyte próbki i montowano nowe (następna implikacja). W każdej serii badań w urządzeniu badawczym montowano 10 próbek z pojedynczym łącznikiem, tj. odpowiednio wkrętem konfirmatowym, kołkiem i łącznikiem mimośrodowym. Dla każdego typu połączeń w badaniu zastosowano 20 implikacji, a więc łącznie przebadano 600 próbek. Licznik zamontowany na stanowisku odpowiadał za zliczanie liczby cykli obciążeń przykładanych do elementów połączeń. Po zakończeniu badań laboratoryjnych przystąpiono do obliczeń wybranych parametrów niezawodności.

Pierwszym krokiem w wyznaczaniu charakterystyk niezawodnościowych było oszacowanie funkcji rozkładu skumulowanego. Jak należało się spodziewać, im dłużej połączenie było poddawane obciążeniom cyklicznym, tym wyższe było prawdopodobieństwo jego uszkodzenia. **Na podstawie otrzymanych danych obliczono nieparametryczne oszacowania prawdopodobieństw pracy bezawaryjnej i**

odpowiadające im 95% przedziały ufności przy różnej liczbie cykli dla trzech typów rozpatrywanych połączeń.

Przeprowadzone badania pozwoliły na określenie prawdopodobieństwa uszkodzenia badanych połączeń przy zastosowaniu obciążeń cyklicznych dla różnych łączników zastosowanych w analizowanych połączeniach. Przykładowo, prawdopodobieństwo bezawaryjnej pracy po ponad 50 000 cykli, wynosiło około 99% w przypadku połączenia z łącznikiem typu konfirmat, 89% dla połączenia z łącznikiem kołkowym i 0% dla połączenia z łącznikiem mimośrodowym. Spośród trzech badanych typów połączeń z badanymi łącznikami najwyższą niezawodność wykazano dla połączenia z wkrętem typu konfirmat. Prawdopodobieństwo uszkodzenia połączenia kołkowego było około 8 razy większe niż w przypadku połączenia wkrętowego typu konfirmat. W przypadku łącznika zaczepowego mimośrodowego prawdopodobieństwo uszkodzenia było aż 57 razy wyższe niż w przypadku połączenia typu konfirmat.

W publikacji **przedstawiono metodę określania niezawodności połączeń, która może być pomocna w procesie projektowania mebli skrzyniowych na etapie doboru rodzaju łącznika. Przeprowadzone badania mają duże znaczenie aplikacyjne, ponieważ mogą prowadzić do polepszenia bezpieczeństwa oraz jakości produkowanych wyrobów meblarskich. Dodatkowo wykorzystanie w praktyce przemysłowej metod analitycznego wyznaczania parametrów niezawodnościowych pozwala bardziej precyzyjnie określić czas pracy bezawaryjnej, co bezpośrednio przekłada się na możliwość racjonalnego i świadomego wyznaczenia długości okresu gwarancyjnego**.

Praca nr 7

Kłos R., Langová N. (2023): Determination of reliability of selected case furniture constructions, Applied Sciences 13(7): 4587.

Ostatnim etapem zaplanowanych badań były **prace zmierzające do opracowania aparatu matematycznego, a następnie stworzenia aplikacji internetowej umożliwiającej wyznaczanie trwałości i długości okresu gwarancyjnego wybranych konstrukcji mebli skrzyniowych**. Rezultaty tych działań przedstawiono w opisywanej publikacji, zamykającej cykl artykułów naukowych stanowiących prezentowane osiągnięcie naukowe. Jak wcześniej wspomniano, producenci mebli najczęściej nie posługują się jakimkolwiek aparatem matematycznym

do określania niezawodności produkowanych mebli, przede wszystkim opierając się na własnych doświadczeniach i utartych schematach. **Wobec tego podjęto decyzję, by na podstawie przeprowadzonych kompleksowych badań niezawodnościowych połączeń mebli skrzyniowych opracować: bazę danych, model matematyczny oraz narzędzie informatyczne wspierające proces niezawodnościowego projektowania konstrukcji mebli skrzyniowych**.

Niezawodność całego mebla można obliczyć biorąc pod uwagę niezawodność jego połączeń. Dlatego pierwszy etap badań poświęcono badaniu niezawodności wybranych połączeń mebli skrzyniowych. Na dedykowanym stanowisku laboratoryjnym przebadano łącznie 3600 próbek połączeń meblowych, które poddano badaniom niezawodnościowym. Próbki wykonano z laminowanej trójwarstwowej płyty wiórowej oraz płyty MDF o grubości 16, 18 i 22 mm. Zbadano trzy typy łączników mechanicznych łączących elementy próbek; obejmowały one wkręty typu konfirmat (Ø5 × 50 mm), kołki drewniane (Ø8 × 32 mm) oraz łączniki mimośrodowe (typ Minifix Ø15 × 14,6 mm). Każda z tych konfiguracji była reprezentowana przez 200 próbek testowych. Do połączenia z kołkiem zastosowano klej z grupy PVAC. Wkręty typu konfirmat i łączniki mimośrodowe dokręcono kluczem dynamometrycznym przy zastosowaniu tego samego momentu wynoszącego 2,5 Nm. Badania niezawodności połączeń były niezbędnym etapem badawczym, ponieważ charakterystyki niezawodnościowe poszczególnych połączeń meblowych są głównym źródłem zagrożenia bezpieczeństwa i trwałości użytkowania mebli. Zazwyczaj meble skrzyniowe traktuje się jako konstrukcje szeregowe połączonych ze sobą węzłów konstrukcyjnych. Przyjmuje się, że obiekt (mebel) ma strukturę szeregową z punktu widzenia niezawodności, gdy wszystkie jego elementy (węzły konstrukcyjne) są sprawne. Innymi słowy, uszkodzenie jednego węzła konstrukcyjnego prowadzi do uszkodzenia całego systemu (Smardzewski 2005).

Bardziej korzystnym rozwiązaniem z punktu widzenia niezawodności jest zastosowanie systemu równoległego, który pozostaje niezawodny, jeśli przynajmniej jeden z jego elementów (węzłów strukturalnych) pozostaje sprawny. Zatem **zastosowanie kilku elementów przeznaczonych do pełnienia tej samej funkcji i połączonych w układ równoległy pod względem niezawodności jest skutecznym sposobem na zwiększenie niezawodności całego mebla**. Kolejnym krokiem w celu określenia niezawodności mebli skrzyniowych było ustalenie grup rozkładów

statystycznych najczęściej wykorzystywanych do wyznaczania niezawodności konstrukcji.

W prezentowanej publikacji **przedstawiono opracowany model matematyczny, umożliwiający obliczenie niezawodności pełnych konstrukcji meblowych oraz czasu pracy bezawaryjnej projektowanej konstrukcji uwzględniając również rodzaj struktury niezawodnościowej połączeń mebla**.

Opracowany model matematyczny został następnie wykorzystany podczas projektowania i programowania aplikacji internetowej. Aplikacja internetowa została stworzona w języku wysokiego poziomu *Python*, który charakteryzuje się rozbudowanym pakietem bibliotek standardowych. Dodatkowo do wykonania niezbędnych obliczeń wykorzystano dodatkowe obiekty i metody tego języka: *scipy.stats.expon* (rozkład wykładniczy), *scipy.stats.gamma* (rozkład gamma), *scipy.stats.lognorm* (logarytmiczno-normalny), *scipy.stats.weibull_min* (rozkład Weibulla) i *scipy.stats.rv_continuous.fit* (dopasowanie rozkładu). Program posiada wbudowaną bazę danych opartą na rozwiązaniach *open-source* oraz umożliwia m.in. samodzielne dodawanie, usuwanie i aktualizację danych wejściowych. **Wyniki przedstawionych laboratoryjnych badań niezawodności połączeń meblowych stanowią podstawę aplikacji internetowej i obliczeń**.

W celu zaprezentowania wybranych funkcjonalności opracowanej aplikacji do obliczeń niezawodnościowych przyjęto wirtualny model konstrukcji skrzyniowej, który składał się z czterech elementów: spodu, wierzchu i dwóch ścian bocznych. Całkowite wymiary konstrukcji postanowiono przyjąć na poziomie: wysokość 2000 mm, szerokość 800 mm i głębokość 550 mm. Wybrano dwa warianty materiałów konstrukcyjnych: płyta MDF o grubości 18 mm oraz płyta wiórowa laminowana trójwarstwowa o grubości 18 mm. Połączenia wierzchu i spodu ze ścianami bocznymi postanowiono zrealizować za pomocą łączników mimośrodowych, po dwa na każdy węzeł. Bazowy materiał badawczy stanowiły dane uzyskane z badań laboratoryjnych niezawodności połączeń meblowych wykonanych z płyty MDF oraz płyty wiórowej o grubości 18 mm.

W analizowanym przykładzie w pierwszym przypadku przyjęto szeregową strukturę niezawodnościową. Na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych niezawodności oraz opracowanego modelu matematycznego zaimplementowanego w aplikacji internetowej, możliwe było obliczenie niezawodności połączeń mimośrodowych

wykonanych z płyty MDF o grubości 18 mm, które wyniosło 0,946. Obliczono również niezawodność całej konstrukcji mebla skrzyniowego w zależności od czasu. Przy założonych 24 miesiącach niezawodność pełnej konstrukcji meblowej wykonanej z płyty MDF o grubości 18 mm połączonej łącznikami mimośrodowymi przy szeregowej strukturze niezawodnościowej wyniosła 0,861.

Ponadto do obliczeń niezawodnościowych wykorzystano taką samą konstrukcję mebla skrzyniowego, ale składającego się z elementów wykonanych z laminowanej trójwarstwowej płyty wiórowej o grubości 18 mm oraz łączników mimośrodowych. Niezawodność połączenia z łącznikiem mimośrodowym wykonanego z laminowanej trójwarstwowej płyty wiórowej o grubości 18 mm wyniosła 0,725. Natomiast niezawodność całej konstrukcji mebla po założonych 24 miesiącach wyniosła 0,281.

Dla celów poznawczych w analizowanym przykładzie zdecydowano się na zmianę szeregowej struktury niezawodności na równoległą. W tym przypadku wyższe wyniki niezawodności uzyskano dla całej analizowanej konstrukcji mebla. Zmiana struktury niezawodnościowej z szeregowej na równoległą spowodowała poprawę niezawodności całej konstrukcji mebla skrzyniowego po przyjętym w analizowanym przykładzie okresie 24 miesięcy do 0,959. Dodatkowo dla tej samej konstrukcji mebla wykonanej z laminowanej trójwarstwowej płyty wiórowej zaobserwowano znaczną poprawę niezawodności całej konstrukcji, po zmianie struktury szeregowej na równoległą, wynoszącą 0,957.

Przedstawione powyżej przykłady wskazują na **możliwość obliczenia niezawodności wybranych konstrukcji mebli skrzyniowych za pomocą dedykowanej aplikacji internetowej. Narzędzie to może być przydatne dla inżynierów i projektantów mebli do szybkiej oceny niezawodności konstrukcji mebli skrzyniowych już na wstępnym etapie projektowania**. Ma to duże znaczenie, ponieważ określenie niezawodności mebli ma, jak wspomniano, bezpośredni wpływ na trwałość i bezpieczeństwo ich użytkowania. Ponadto **funkcjonalność aplikacji związana z możliwością porównywania niezawodności alternatywnych połączeń i materiałów pozwala konstruktorowi na ich szybką ocenę i, w razie potrzeby, podjęcie decyzji o wyborze rozwiązania korzystniejszego pod względem oczekiwanej trwałości mebli**.

Dodatkowo **możliwość porównania w aplikacji wyników niezawodności**

uzyskanych przy uwzględnieniu struktury szeregowej i równoległej niezawodności pozwala konstruktorowi na dokonywanie bardziej świadomych wyborów projektowych. Wyznaczenie, dzięki aplikacji, czasu bezawaryjnej pracy konstrukcji meblowej pozwala natomiast na świadome wydłużanie oferowanego okresu gwarancyjnego, w zależności od zaprojektowanej trwałości mebla i może przyczynić się do poprawy konkurencyjności firmy na rynku.

Podsumowanie osiągnięcia naukowego

Wyniki z przedstawionego cyklu publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe w sposób znaczący powiększają stan wiedzy z zakresu kompleksowego ujęcia problematyki trwałości połączeń meblowych oraz pełnych konstrukcji mebli skrzyniowych. Ponadto są aktualne i wartościowe dla praktyki przemysłowej wobec ciągłego dążenia producentów do poprawy jakości i trwałości projektowanych i produkowanych mebli.

Do najważniejszych osiągnięć przedstawionych badań zaliczam:

- zidentyfikowanie stanu obecnego wykorzystania w praktyce przemysłowej producentów mebli zagadnień związanych z oceną trwałości projektowanych i produkowanych mebli;
- rozpoznanie potrzeb producentów mebli w zakresie wykorzystania narzędzi wspierających konstruktorów mebli w ocenie trwałości mebli;
- opracowanie metodyki badania niezawodności połączeń mebli skrzyniowych;
- określenie niezawodności wybranych połączeń mebli skrzyniowych;
- opracowanie bazy danych o niezawodności połączeń mebli skrzyniowych obejmującej różne rodzaje łączników oraz materiałów konstrukcyjnych, wykorzystywanych w praktyce przemysłowej do produkcji mebli;
- opracowanie modelu matematycznego pozwalającego na wyznaczenie niezawodności połączeń mebli skrzyniowych w zależności od zastosowanego łącznika, materiału oraz grubości elementów płytowych, a także trwałości całej konstrukcji mebla skrzyniowego;
- zaprojektowanie i udostępnienie specjalistycznej aplikacji internetowej, ułatwiającej konstruktorom mebli podjęcie decyzji odnośnie wyboru rodzaju materiałów, łączników i grubości elementów projektowanych konstrukcji mebli w kontekście trwałości całej bryły mebla i możliwości wykorzystania tej wiedzy do

oferowania wydłużonej gwarancji na produkowane wyroby. Baza ta dostępna jest bezpłatnie dla wszystkich potencjalnie zainteresowanych fabryk mebli, w języku polskim oraz angielskim, pod adresem: *www.reliability.up.poznan.pl.*

Potencjalne kierunki rozwoju

Wobec zainicjowanego przez Komisję Europejską w 2019 roku „Europejskiego Zielonego Ładu" (*European Green Deal*), kwestie związane z zapewnieniem trwałości projektowanych i produkowanych wyrobów, w tym mebli, nabiorą w najbliższych latach jeszcze większego znaczenia. W związku z powyższym projektanci i producenci mebli będą musieli podejmować świadome decyzje odnośnie długości czasu pracy bezawaryjnej wytwarzanych wyrobów, wskazując na ich trwałość. Mając opracowany model matematyczny wyznaczania niezawodności połączeń mebli skrzyniowych zamierzam więc kontynuować badania i powiększyć opracowaną bazę danych, dostępną dla przedsiębiorców, uwzględniając dodatkowe materiały w tym innowacyjne ekologiczne materiały drewnopochodne bazujące np. na surowcach recyklingowych, jak i innowacyjne łączniki np. drukowane na drukarkach 3D. Ponadto rozpocząłem prace nad modyfikacją stworzonego już stanowiska badawczego tak, by dostosować je do wymagań badania elementów graniakowych, będących podstawą konstrukcji mebli szkieletowych.

Bibliografia

1. Arowosoge, O.G.; Tee, N.T. 2010: Evaluation of consumers' choice of wooden dining furniture in Southwestern Nigeria: A market strategy for furniture manufacturers and marketers. Afr. J. Biotechnol. 9, 3109–3115.
2. Directive 2001/95/EC, 2001: General product safety. Official Journal of the European Communities.
3. Eckelman, C. A. 1988: "Performance testing of furniture. Part I. Underlying concepts," Forest Product Journal 38(3), 44-48.
4. Kotler, P. 2000: Marketing management. Prentice-Hall, Inc. New York, 784 pp.
5. Kotler, P., Armstrong, G. 2002: Marketing. Podręcznik europejski. PWE. Warszawa, 1104 pp.
6. Mashao, E.T.; Sukdeo, N. 2018: Factors That Influence Consumer Behavior in the Purchase of Durable Household Products. In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Paris, France.
7. Menezes, M. A. J.; Currim, I. S. 1992: An approach for determination of warranty length. International Journal of Research in Marketing, 9 (2): 177-195. http://dx.doi.org/10.1016/0167-8116(92)90037-L.

8. Migdalski, J. 1982: Poradnik niezawodności. Podstawy matematyczne, WEMA Wydawnictwo Przemysłu Maszynowego, Warszawa.
9. Oblak, L.; Glavonjić, B. 2014: Model for the evaluation of radio advertisement for the sale of timber products. Drvna industrija, 65 (4): 303-308. http://dx.doi.org/10.5552/drind.2014.1357.
10. Özta¸s, S.; Demirci, S.; Kasal, A.; Kiliç, H. 2010: Demografik Özelliklerin Tüketicilerin Mobilya Tercihine Etkisinin Belirlenmesi. Pamukkale Univ. J. Soc. Sci. 47, 103–114.
11. Papadopoulos, J. 2008: Consumers' Behaviour and Marketing Strategy of Wooden Kitchen Furniture. In Proceedings of the International Symposium on Wood Science and Technology, Harbin, China.
12. Ratnasingam, J. 2022: Strength Design and Furniture Testing. In Furniture Manufacturing. Design Science and Innovation; Springer: Singapore.
13. Šalgovicová, J.; Urdziková, J. 2009: A satisfied customer—In the light of ISO standards. Drewno, 52, 83–90.
14. Sinclair, S.; Hansen, B. 1993: The relationship between purchase decisions and quality assessment of office furniture. Wood Fiber Sci., 25, 142–152.
15. Smardzewski, J. 2005: Niezawodność konstrukcji mebli skrzyniowych. Przemysł Drzewny, 6, 24–27.
16. Trueman, M., Jobber, D. 1998: Competing through design. Long Range Planning 31(4):594-605.
17. Udell, J. G.; Anderson, E. E. 1968: The Product Warranty as an Element of Competitive Strategy. The Journal of Marketing, 32: 1-8. http://dx.doi.org/10.2307/1249330.
18. Wiener, J. L. 1985: Are Warranties Accurate Signals of Product Reliability? Journal of Consumer Research, 12:245-250.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

W trakcie mojego zatrudnienia w Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu odbyłem trzy staże naukowe w zagranicznych ośrodkach naukowych, podczas których zajmowałem się zagadnieniami związanymi z trwałością mebli skrzyniowych, bezpieczeństwem użytkowania oraz rozwiązaniami konstrukcyjnymi mebli dostosowanych do potrzeb osób starszych:

– **Uniwersytet Nauk Stosowanych Satakunta w Pori, Finlandia (9 - 23.11.2018)**

Na stażu tym zajmowałem się oceną oraz badaniami związanymi z niezawodnością, sztywnością i wytrzymałością węzłów konstrukcyjnych, statecznością oraz rozwiązaniami konstrukcyjnymi mebli dostosowanych do potrzeb seniorów przeznaczonych do użytku w gospodarstwach domowych.

Efektem tych badań był artykuł: *„Comparative study on design and functionality requirements for senior-friendly furniture for sitting"* (Zał.4, cz.II, B.4.24.).

– **Uniwersytet Nauk Stosowanych Satakunta w Pori, Finlandia (1 - 9.10.2021)**

Staż związany był z prowadzeniem badań dotyczących niezawodności, sztywności i wytrzymałości węzłów konstrukcyjnych, stateczności oraz rozwiązań konstrukcyjnych mebli dostosowanych do potrzeb seniorów przeznaczonych do użytku w przestrzeniach publicznych. Efektem tych badań był artykuł: *"Preferences of seniors living in selected Baltic Sea region countries towards the use of indoor public space furniture"* (Zał.4, cz.II, B.4.25).

– **Uniwersytet Techniczny w Zwoleniu, Słowacja (20.09 - 14.10.2022)**

W trakcie tego trzytygodniowego stażu prowadziłem wspólne badania z doc. Nadiežda Langová z Katedry Meblarstwa i Produktów Drzewnych, dotyczące niezawodności konstrukcji mebli skrzyniowych. Efektem tych badań był artykuł: *„Determination of reliability of selected case furniture constructions"* (Praca nr 7).

Ponadto w ramach istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej instytucji naukowej w 2010 roku podjąłem współpracę z prof. Janem Jabłońskim z Politechniki Poznańskiej. Owocem tej współpracy było współautorstwo rozdziału *„Technologie >>zero emisji<< w przemyśle meblarskim"* książki *„Technologie >>zero emisji<<"* (Zał.4, cz.II, B.2.1). W rozdziale tym skupiłem się przede wszystkim na zagadnieniach nowoczesnych technologii produkcji mebli, w tym: rozkroju drewna oraz materiałów drewnopochodnych, optymalizacji rozkroju skór i tkanin, bezodpadowej technologii wykańczania powierzchni, recyklingu opakowań mebli oraz ekologicznym odpylaniu w przemyśle meblarskim. Ponadto opisałem nowoczesne nieemisyjne materiały płytowe, wykończeniowe oraz obiciowe wykorzystywane w produkcji mebli. Przedstawione powyżej **zagadnienia związane z technologiami przyjaznymi środowisku naturalnemu stanowią kolejny obszar moich zainteresowań naukowych zapoczątkowany w 2010 i kontynuowany do dnia dzisiejszego**. Zagadnienia te poruszałem także w trakcie moich badań z prof. Jasna Hrovatin z University of Primorska (Słowenia), których efektem była praca opublikowana w materiałach konferencyjnych *The 25th International Scientific Conference AMBIENTA:*

„New Materials and Technologies in the Function of Wooden Products" w Zagrzebiu (Chorwacja) (Zał.4, cz.II, B.4.1.4).

W ramach kolejnego obszaru badawczego dotyczącego mebli do przestrzeni prywatnych i przestrzeni publicznych, dostosowanych do potrzeb osób starszych aktywnie współpracowałem z naukowcami z: Uniwersytetu Technicznego w Monachium (Niemcy), Łotewskiej Akademii Sztuk Pięknych w Rydze (Łotwa), Uniwersytetu Technicznego w Tallinie (Estonia), Norweskiego Uniwersytetu Nauki i Technologii w Trondheim (Norwegia), Uniwersytetu w Skövde (Szwecja), Uniwersytetu Nauk Stosowanych Satakunta w Pori (Finlandia) oraz Narodowego Uniwersytetu Badawczego ITMO w Sankt Petersburgu (Rosja). Współpraca ta realizowana była w latach 2007-2019 w ramach projektów BaltSe@nioR i BaltSe@nioR 2.0. Moim zadaniem było m.in. wsparcie merytoryczne w kontekście oceny bezpieczeństwa, wytrzymałości, stateczności projektowanych konstrukcji mebli skrzyniowych, szkieletowych oraz tapicerowanych, w tym tzw. mebli inteligentnych integrujących rozwiązania ICT *(Information and Communications Technology)*. Efektem tej współpracy były dwie publikacje, których tematyka poruszała m.in. rozpoznanie potrzeb osób starszych w kontekście bezpiecznego użytkowania mebli zarówno w gospodarstwach domowych, jak i przestrzeniach publicznych (zarówno wewnętrznych i zewnętrznych). W odniesieniu do tematyki projektowania mebli dla osób starszych i osób z niepełnosprawnościami brałem udział w badaniach, których rezultaty opublikowane zostały w łącznie ośmiu publikacjach, w tym czterech o zasięgu międzynarodowym ze współczynnikiem wpływu IF (Zał.4, cz.II B.4.8, B.4.13-16, B.4.23-25).

W mojej pracy naukowej dużo uwagi poświęciłem **badaniom połączeń meblowych oraz konstrukcji mebli skrzyniowych pod kątem ich projektowania, optymalizacji, wytrzymałości i sztywności**. W pracy (Zał.4, cz.II, B.4.1) podjąłem próbę matematycznego opisu jednej z bardzo istotnych cech połączeń meblowych, jaką jest zastępcza sztywność połączenia, wykorzystując w tym celu metody energetyczne. Wykazałem m.in., że podczas stosowania rozłącznych połączeń zaczepowych należy się liczyć z ich niższą sztywnością w porównaniu z połączeniami kołkowymi, jednocześnie jednak wykazują one lepszą powtarzalność wyników, a zatem wyższą jakość połączenia. W kolejnym artykule odnoszącym się do omawianego obszaru badawczego przeprowadziłem wielokryterialną optymalizację jednokomorowego korpusu mebla skrzyniowego formułując trzy przeciwstawne funkcje celu (minimalizacja objętości

elementów płytowych, maksymalizacja sztywności korpusu oraz minimalizacja odchyleń od wymiarów funkcjonalnych). Do przeprowadzenia procesu optymalizacji wektorowej posłużyłem się metodą algorytmów genetycznych. Wyznaczyłem zbiór rozwiązań niezdominowanych, które umożliwiają konstruktorom mebli wyłonienie optymalnej konstrukcji pod względem przyjętych kryteriów. Wyniki tych badań opublikowałem w czasopiśmie ze współczynnikiem wpływu IF (Zał.4, cz.II, B.4.4). Tematykę badania połączeń meblowych kontynuowałem zajmując się tematem pełzania połączeń kątowych ściennych w próbie długotrwałego obciążenia statycznego. Do badań przyjęto próbki wykonane z płyty wiórowej z łącznikami typu „konfirmat". Na specjalnie zaprojektowanym stanowisku badawczym przeprowadzono badania nad pełzaniem pod obciążeniem statycznym i pełzaniem z odciążeniem. Zidentyfikowano trzy fazy pełzania (wstępnego, stabilizacji oraz progresywnego), które dla analizowanego połączenia wyniosły odpowiednio 10, 550 i 715-740 godzin (Zał.4, cz.II, B.4.6). Dodatkowo, w ramach omawianego obszaru badawczego, realizowałem badania nad sztywnością połączeń meblowych. Efekty tych badań przedstawiono w publikacji prezentującej alternatywne sposoby numerycznego modelownia sztywności połączeń kołkowych elementów płytowych z wykorzystaniem węzłów o zastępczym module sprężystości liniowej. Wykazano, że wartości ugięć połączeń, uzyskane w drodze badań laboratoryjnych oraz obliczeń różniły się o 3-4% (Zał.4, cz.II, B.4.7). W trzech z wymienionych wyżej publikacji, z tego obszaru badawczego, byłem autorem korespondencyjnym.

Istotną z naukowego punktu widzenia współpracę w zakresie niezawodności konstrukcji mebli podjąłem z prof. Jasna Hrovatin z University of Primorska (Słowenia). Współpraca ta dotyczyła prowadzenia badań wśród polskich oraz słoweńskich przedsiębiorstw meblarskich. Szczegółowym celem podjętych badań było rozpoznanie potrzeb konstruktorów mebli związanych z analizą trwałości oraz długości okresu gwarancyjnego produkowanych mebli. Efektem tej współpracy były publikacje: *New Product Warranty: Empirical Evidence from Polish and Slovenian Furniture Industry* (Praca nr 4) oraz *Reliability and warranty issues in the design and production practice of selected Polish and Slovenian furniture-manufacturing companies* (Praca nr 5), będące częścią zgłoszonego osiągnięcia naukowego. Do prac nad drugim wymienionym powyżej artykułem zaprosiłem do współpracy prof. Hon Keung Tony Ng z Department of Statistical Science, Southern Methodist University, Dallas, Texas, USA (obecnie Bentley University –

Department of Mathematical Sciences) - uznany autorytet w badaniach nad szeroko pojętą niezawodnością konstrukcji.

Bardzo ważną aktywnością naukową realizowaną we współpracy z zagraniczną instytucją naukową była wspomniana wyżej współpraca z prof. Hon Keung Tony Ng. Współpraca ta dotyczyła możliwości zastosowania metod statystycznych w teorii niezawodności konstrukcji mebli (*Comparative reliability analysis of selected joints for case furniture* – Praca nr 6) w ramach prowadzonych przeze mnie długoterminowych badań laboratoryjnych nad niezawodnością połączeń mebli skrzyniowych.

Podsumowanie działalności naukowej

Podsumowując, w okresie mojego zatrudnienia w Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu byłem m.in. autorem i współautorem 13 oryginalnych prac twórczych recenzowanych w czasopismach posiadających współczynnik wpływu Impact Factor, 22 artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych nieposiadających współczynnika wpływu Impact Factor oraz 9 prac opublikowanych w materiałach konferencyjnych, w tym 8 w języku kongresowym. Jestem współautorem 1 patentu oraz 1 zgłoszenia krajowego wzoru użytkowego i 2 europejskich wzorów przemysłowych.

Otrzymałem Nagrody Zespołowe I, II i III stopnia Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu za oryginalne osiągnięcia naukowe udokumentowane publikacjami (2014, 2021, 2022). Ponadto **zrealizowałem cztery duże projekty międzynarodowe**: The Strategic Project on Trans-national Commercial Activieties, Research & Innovation, Clusters and SME-Networks, StarDust of the Baltic Sea Region Programme, Innovative solutions to support the sustainable development of seniors home living, współfinansowany z funduszy UE w ramach INTERREG Baltic Sea Region program, BaltSe@nioR: Innovative solutions to support enterprises in the Baltic Sea Region in product development aimed at raising comfort and safety of seniors home living, Bachelor & Meister: Designing and implementing a dual Bachelor's degree study course with integral attainment of a Bachelor's and Master's degree oraz projekt BaltSe@nior 2.0: Innovative solutions to support BSR in providing more senior - friendly public spaces due to increased capacity of BSR companies and public institutions. Obecnie jestem w trakcie realizacji międzynarodowego projektu: „KidsLikeUs: Empowering NGOs & public institutions in helping children overcome migration traumas using creativity and

favors of nature", współfinansowanego z funduszy Unii Europejskiej w ramach programu INTERREG Baltic Sea Region (2023 – 2025).

Od 2011 roku nawiązałem intensywną współpracę z zagranicznymi jednostkami naukowymi m.in. w: Estonii, Łotwie, Słowenii, Słowacji, Czechach, Finlandii, Szwecji, Niemczech oraz Stanach Zjednoczonych, czego efektem są publikacje w czasopismach posiadających współczynnik wpływu IF (Zał.4, cz.II, B.4.18-20, B.4.24-27). Ponadto **w ramach współpracy międzynarodowej uczestniczyłem w 2 programach europejskich** jako wykładowca w Uniwersytecie Technicznym w Zwoleniu (Słowacja) oraz w Uniwersytecie Mendla w Brnie (Czechy)(Zał.4, cz.II, B.14.1-2). Dodatkowo **odbyłem 3 staże naukowe w zagranicznych ośrodkach** tj. Uniwersytecie Nauk Stosowanych Satakunta w Pori (Finlandia) w 2018 i 2021 roku oraz Uniwersytecie Technicznym w Zwoleniu (Słowacja) w 2022 roku (Zał.4, cz.II, B.11.1.1-3).

Ogółem moje osiągnięcia w okresie mianowania kształtują się na poziomie 1001 punktów MEiN/MNiSW oraz łącznym współczynniku Impact Factor wynoszącym 23,048.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

A.1. Osiągnięcia dydaktyczne przed uzyskaniem stopnia doktora

Pracę na stanowisku asystenta w Katedrze Meblarstwa rozpocząłem w grudniu 1998 roku. W październiku 1999 roku na podstawie decyzji Rady Wydziału Technologii Drewna zostałem przyjęty na Zaoczne Studium Doktoranckie. W tamtym okresie prowadziłem ćwiczenia z następujących przedmiotów prowadzonych na Wydziale Technologii Drewna (obecnie Wydział Leśny i Technologii Drewna): *Meblarstwo, Zarys meblarstwa*. Ponadto, w 2002 roku, prowadziłem wykłady z przedmiotu *Materiały konstrukcyjne w meblarstwie* na Zaocznych Zamiejscowych Studiach Inżynierskich w Jarocinie, kierunek Technologia drewna, specjalność Meblarstwo.

A.2. Osiągnięcia organizacyjne przed uzyskaniem stopnia doktora

W tym okresie prowadziłem aktywną działalność organizacyjną na rzecz nauki i środowiska akademickiego. Zostałem sekretarzem Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Leśnictwa i Drzewnictwa (2002-2006). Byłem także członkiem zespołu

Ekspertów Sądu Konkursowego Złotego Medalu Międzynarodowych Targów Poznańskich w latach 1999-2006.

W 2006 roku zostałem powołany na stanowisko skarbnika Koła Zakładowego Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Leśnictwa i Drzewnictwa. Funkcję tę pełnię do dnia dzisiejszego.

W 2005 roku zostałem powołany na członka Komisji Przetargowych ds. zakupu mebli do jednostek Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu oraz Domów Studenckich. Komisje te powoływane są przez Rektora UPP. Pełnię tę funkcję do dnia dzisiejszego. Również w 2005 roku zostałem wyznaczony w charakterze eksperta ds. oceny jakości mebli zakupionych do jednostek UPP oraz DS., powoływanego przez Rektora UPP. Pełnię tę funkcję do dnia dzisiejszego.

A.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę lub sztukę przed uzyskaniem stopnia doktora

A.3.1. W tym okresie przygotowałem jeden artykuł popularno – naukowy:

Kłos R., Kuberka A.: Ergonomia w kuchni – Kuchnia nr 1/2005

B.1. Osiągnięcia dydaktyczne po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora prowadziłem zajęcia dydaktyczne na kierunku Technologia Drewna oraz Projektowanie mebli. Zajęcia te były realizowane w formie ćwiczeń, wykładów oraz seminariów, na studiach stacjonarnych, niestacjonarnych, pierwszego i drugiego stopnia. Prowadziłem wykłady na Studium podyplomowym *„Drewno i tworzywa drewnopochodne w budownictwie”* na Wydziale Technologii Drewna (obecnie Wydział Leśny i Technologii Drewna) z zakresu stolarki budowlanej. Prowadziłem również wykłady i ćwiczenia z przedmiotów: *Konstrukcje i technologie mebli skrzyniowych* oraz *Stolarka budowlana* na studiach dualnych realizowanych w UPP.

W 2006 roku zrealizowałem również zajęcia dodatkowe dla studentów Wydziału Technologii Drewna (zaawansowany kurs AutoCAD).

Ponadto od 2010 roku prowadzę na studiach doktoranckich wykłady monograficzne zatytułowane: *„Niezawodnościowe modelowanie wybranych połączeń mebli skrzyniowych”* oraz *„Niezawodność w projektowaniu mebli”.*

W 2014 roku zostałem powołany na stanowisko kierownika studiów podyplomowych na Wydziale Technologii Drewna (obecnie Wydział Leśny i Technologii Drewna) p.n. *„Komputerowo zintegrowane projektowanie i wytwarzanie mebli".*

W tym okresie prowadziłem zajęcia z następujących przedmiotów z zaznaczeniem tych, których jestem kierownikiem:

kierunek studiów Technologia drewna

- *Meblarstwo*
- *Materiały konstrukcyjne w meblarstwie*
- *Meblarstwo I*
- *Meblarstwo II*
- *Konstrukcje i technologie wyrobów z drewna I* – kierownik przedmiotu
- *Konstrukcje i technologie wyrobów z drewna II* – studia pierwszego stopnia - kierownik przedmiotu
- *Konstrukcje i technologie wyrobów z drewna II* – studia drugiego stopnia - kierownik przedmiotu
- *Zarys meblarstwa*
- *Materiały konstrukcyjne i wykończeniowe w meblarstwie* – kierownik przedmiotu
- *Konstrukcje mebli skrzyniowych*
- *Technologie mebli skrzyniowych*
- *Konstrukcje mebli szkieletowych i tapicerowanych*
- *Konstrukcje i technologie mebli skrzyniowych* – wykłady-studia dualne-kierownik przedmiotu
- *Konstrukcje i technologie mebli skrzyniowych* - ćwiczenia
- *Konstrukcje i technologie mebli szkieletowych i tapicerowanych*
- *Stolarka budowlana i wyposażenie wnętrz* – kierownik przedmiotu
- *Stolarka budowlana* – studia dualne - kierownik przedmiotu
- *Konstrukcje i technologie wyrobów stolarki budowlanej* – kierownik przedmiotu

kierunek studiów Projektowanie mebli

- *Konstrukcje stolarki budowlanej* – kierownik przedmiotu
- *Technologie stolarki budowlanej* – kierownik przedmiotu
- *Techniki komputerowe w projektowaniu stolarki budowlanej* – kierownik przedmiotu

- Pracownia mebla skrzyniowego; Pracownia mebla kuchennego

Łącznie pod moją opieką merytoryczną zostało zrealizowanych **13 prac magisterskich** oraz **29 inżynierskich**, w tym **5 prac magisterskich dotyczących tematyki niezawodności i bezpieczeństwa użytkowania mebli**. Prace te zrealizowane zostały na kierunkach Technologia drewna i Projektowanie mebli. Obecnie prowadzę 1 pracę magisterską realizowaną na kierunku Technologia drewna.

Nagrody i wyróżnienia prac dyplomowych, których byłem promotorem

- Nagroda II stopnia im. prof. dr hab. Jerzego Zwolińskiego w konkursie na najlepszą pracę magisterską pt. „Projekt mebli kuchennych w środowisku CAD" wykonaną w Katedrze Meblarstwa Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, w roku akademickim 2010/2011. Autor pracy: mgr inż. Michał Kaczmarek. Poznań 2011 r.

- Wyróżnienie w Konkursie na wyróżniającą się pracę dyplomową w obszarze techniki, organizacji i usług, organizowanym przez Federację Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT Rada w Poznaniu. Autor pracy: mgr inż. Michał Kaczmarek. Poznań 2012 r.

- Nagroda w konkursie na najlepszą pracę dyplomową z zakresu meblarstwa, organizowanym przez Zarząd Oddziału Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Leśnictwa i Drzewnictwa w Poznaniu oraz Katedrę Meblarstwa Wydziału Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Tytuł pracy: „Projekt technologii montażu drzwi w fabryce mebli Forte w Ostrowi Mazowieckiej". Autorka: inż. Magdalena Blaszka. Poznań 2014 r.

B.2. Osiągnięcia organizacyjne po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora kontynuowałem moją działalność organizacyjną na rzecz Wydziału i Uczelni:

B.2.1. Członek Wydziałowego Zespołu ds. Jakości Kształcenia i Monitorowania Kariery Zawodowej Absolwentów (2017-2019)

B.2.2. Członek Prezydium Koła Zakładowego Związku Nauczycielstwa Polskiego (2014-2019)

B.2.3. Członek Wydziałowego Zespołu ds. Oceny Jakości Kształcenia na kierunku Technologia drewna (2014-2017)

B.2.4. Członek Komisji do przeprowadzenia egzaminu z rysunku odręcznego dla kandydatów na kierunki: Architektura krajobrazu oraz Projektowanie mebli: (2015-2019)

B.2.5. Członek Rady Programowej kierunku studiów Projektowanie mebli (2019-2020)

B.2.6. Członek Rady Programowej kierunku studiów Technologia drewna (2019-2020)

B.2.7. Kierownik ds. Jakości w Laboratorium Badania Mebli (2007-obecnie)

B.2.8. Przygotowywanie obciążeń oraz rozliczanie godzin dydaktycznych w Katedrze Meblarstwa. Obsługa Modułu Rozliczania Dydaktyki (2000-obecnie)

B.2.9. Członek Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk (2009-obecnie)

B.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę lub sztukę po uzyskaniu stopnia doktora

B.3.1. 24. września 2010 roku brałem udział w projekcie Europejska Noc Naukowców realizowanym w ramach 7. Programu Ramowego Unii Europejskiej, za który otrzymałem podziękowanie od Rektora UPP za zaangażowanie, czynne uczestnictwo i promocję Uczelni w II Edycji Nocy Naukowców na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu.

B.3.2. Brałem udział w organizacji stoiska Uniwersytetu Przyrodniczego podczas imprezy „Arena Design" na Międzynarodowych Targach Poznańskich Arena Design w 2013 oraz 2014 roku.

B.3.3. 27. września 2019 roku brałem udział w projekcie nr 818464 – „UNIGHTED" UNITED EUROPE-UNITED SCIENCE-UNITED CULTURE-UNITED NIGHT (Europejska Noc Naukowców) realizowanym w ramach Programu Ramowego Unii Europejskiej HORIZON 2020, za który otrzymałem podziękowanie od Rektora UPP za zaangażowanie, czynne uczestnictwo i promocję Uczelni w XI edycji Nocy Naukowców na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu.

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

A.7.1. Nagrody i wyróżnienia przed uzyskaniem stopnia doktora

Brak

B.7.1. Nagrody i wyróżnienia po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora trzykrotnie otrzymałem nagrodę zespołową I, II i III stopnia za oryginalne i twórcze osiągnięcia naukowe.

B.7.1.1. Nagroda zespołowa I stopnia za osiągnięcia naukowe udokumentowane publikacjami – 2014

B.7.1.2. Nagroda zespołowa II stopnia za oryginalne i twórcze osiągnięcia naukowe – 2021

B.7.1.3. Nagroda zespołowa III stopnia za oryginalne i twórcze osiągnięcia naukowe udokumentowane publikacjami – 2022

B.7.1.4. Odznaczenie MEDALEM BRĄZOWYM ZA DŁUGOLETNIĄ SŁUŻBĘ nadanym przez Prezydenta RP (24.09.2012)

B.7.1.5. Wyróżnienie Srebrną Odznaką Honorową Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Leśnictwa i Drzewnictwa (8.09.2009)

PODPIS ZAUFANY
ROBERT
KŁOS
02.09.2023 11:38:30 [GMT+2]
Dokument podpisany elektronicznie podpisem zaufanym

Poznań, 2 września 2023 Robert Kłos