Załącznik 2

AUTOREFERAT

prezentujący dorobek i osiągnięcie naukowe

dr inż. Marek Wieruszewski

Katedra Tworzyw Drzewnych

Wydział Technologii Drewna

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Poznań 2019

1. DANE PERSONALNE

Imię i nazwisko

Marek Wieruszewski

Miejsce zatrudnienia

Katedra Tworzyw Drzewnych
Wydział Technologii Drewna
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 38/42, 60-627 Poznań

2. POSIADANE DYPLOMY I STOPNIE NAUKOWE

1991 r. - dyplom technika tworzyw drzewnych

Technikum Przemysłu Drzewnego przy ZSZ nr 1 w Jarocinie

1996 r. - dyplom magistra inżyniera technologii drewna,

specjalizacja: mechaniczna technologia drewna
Wydział Technologii Drewna, Akademia Rolnicza
im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

Tytuł pracy magisterskiej:

„Umowy i dokumenty w krajowym i zagranicznym handlu materiałami drzewnymi”

2004 r. - stopień doktora nauk leśnych w zakresie drzewnictwa

Wydział Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Tytuł rozprawy doktorskiej:

„Badania jakości drewna daglezji krajowego pochodzenia (*Pseudotsuga Douglasii* Carr.*)* przeznaczonego do przerobów tartacznych”

Ukończenie dodatkowych szkoleń:

Wieruszewski M., 2015: podnoszenie kwalifikacji – III klasa brakarza surowca okrągłego certyfikat RDLP w Poznaniu.

Wieruszewski M., 2017: Promocja projektów rozwojowych, upowszechnianie wyników badań (Meblarstwo i Technologia drewna) CliTT

Wieruszewski M., 2018: Akademia budownictwa drewnianego na Wydziale Technologii Drewna w Poznaniu

Wieruszewski M., 2019: Prowadzenie i zarządzanie inspekcjami zakładowej kontroli produkcji

3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

- 09.1996 – 12.1997: szef produkcji w „Klose" Pomorskie Fabryki Mebli Nowe n/Wisłą,
- 01.1998 – 09.1998: szef produkcji w „Witowa S.A." Witkowo
- 1998-2004 r. - uczestnik Studium Doktoranckiego**,** Wydział Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
- 1998 r. - asystent**,** Katedra Mechanicznej Technologii Drewna, Wydział Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
- 2005 r. - adiunkt**,** Katedra Mechanicznej Technologii Drewna, Wydział Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
- Od 1. 11.2014 - kierownik w Zakładzie Mechanicznej Technologii Drewna Katedry Tworzyw Drzewnych Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu,

4. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO BĘDĄCEGO PODSTAWĄ DO ZŁOŻENIA WNIOSKU O WSZCZĘCIE POSTĘPOWANIA HABILITACYJNEGO

a) Zgodnie z art. 16 ust. 2 ustawy z dn. 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami) przedkładam osiągnięcie naukowe pt.:

„Klasyfikacja jakościowo-wytrzymałościowa drewna sosny zwyczajnej z Polski Zachodniej w wybranych badaniach nieniszczących"

b) Przedłożone osiągnięcie naukowe udokumentowane jest pracą monograficzną: (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy)

Wieruszewski Marek, 2019: Klasyfikacja jakościowo-wytrzymałościowa drewna sosny zwyczajnej z Polski Zachodniej w wybranych badaniach nieniszczących. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Recenzent wydawniczy: dr hab. inż. Paweł Kozakiewicz prof. SGGW.

c) Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników

Wstęp i geneza pracy

Drewno jest surowcem, który by konkurować z innymi ogólnie dostępnymi surowcami, musi sprostać wysokim wymaganiom jakościowym i wytrzymałościowym. Nadrzędnym parametrem użyteczności drewna jest jego klasyfikacja jakościowo-wytrzymałościowa pozwalająca na projektowanie konstrukcji drewnianych z zastosowaniem drewna litego i klejonego w oparciu o potwierdzoną charakterystykę materiałową (Küch, 1943; Sterr, 1963; Dzbeński, 1995; Blass i Romani, 2001; Czuczeło, 2005; Ruszczyk, 2007).

Praca badawcza dotyczy wybranych właściwości jakościowo-wytrzymałościowych iglastego surowca drzewnego w aspekcie możliwości jego wykorzystania dla potrzeb konstrukcyjnych w budownictwie. Według wymagań normatywnych obowiązujących dla tarcicy konstrukcyjnej obecnie wyróżnia się klasy jakości wytrzymałościowej, definiowane według PN-EN 338:2011. Norma ta określa dwanaście klas tarcicy konstrukcyjnej oznaczanych symbolami od C14 do C50, gdzie liczba odpowiada wytrzymałości drewna na zginanie w N/mm^2. Zgodnie z PN-EN 384 i PN-EN 1995-1 dokonywane są przeliczenia wytrzymałościowe odpowiadające zastosowaniom drewna w konstrukcjach budowlanych, w których dobór materiałowy jest wynikiem dotychczasowych badań (Freas, 1949; Kollmann, 1951; Iwanow, 1956; Kollmann i Cöte, 1968; Hansen, 1971; Dziarnowski i Michniewicz, 1974; Sherwood i Stroh, 1989; Buczkowski, 2000, 2010; Szukała i Szumiński, 2003; Baszeń, 2004; Dzbeński i in., 2005; Pajchrowski i in., 2009; Krzosek, 1998a, 2002, 2009; Krzosek i Grześkiewicz, 2008; Kotwica, 2008; Kozakiewicz i Krzosek, 2013; Kránitz, 2014).

Ocena jakości materiałów tartych litych i warstwowo klejonych drzewnych wyrobów konstrukcyjnych oparta jest na wytrzymałości tych surowców. Zależność pomiędzy naprężeniem, czyli siłą przypadającą na powierzchnię i odkształceniem (wydłużeniem względnym) są podstawą oceny jakości materiału. Podstawowym wskaźnikiem jest tu moduł sprężystości (moduł Younga) czyli współczynnik proporcjonalności między odkształceniem jednostkowym a wywołującym je naprężeniem. Moduł dla elementów litych i klejonych, określa sprężyste właściwości materiałów i stanowi podstawę do porównawczej oceny wartości technicznej drewna (Dzbeński, 1994, 1995; Krzosek, 2002, 2009; Roszyk, 2016; Chmielowski i in., 2018; Laskowska i in., 2018).

Praca obejmuje zakresem badań porównanie właściwości wytrzymałościowych, sosnowego surowca drzewnego pochodzącego z wydzielonych krain przyrodniczo-leśnych Polski Zachodniej, określanych wybraną metodą nieniszczącą. Doświadczenia tego typu były również przedmiotem innych prac (Gumiński, 1948; Mroczkiewicz, 1952; Matuszkiewicz, 1994, 2001, 2008; Andrzejewski i Weigle, 2003; Zajączkowski, 2005; Zielony, 2014). W prowadzonych badaniach uwzględniono zarówno lokalizację pozyskania materiału badawczego, jak i pochodzenie surowca drzewnego na długość i grubość (strefy przekroju poprzecznego), przekładające się na jego właściwości (Kisiel, 1967; Kobylinski, 1967b; Laurow, 1973; Raczkowska i Raczkowski, 1978; Paschalis, 1980; Niedzielska i Muszyński, 1986; Spława-Neymans, 1994; Tomczak i in., 2009).

Na postawie badań nieniszczących możliwe jest określenie wpływu zarówno jakości surowca drzewnego, jak i wpływu tych czynników na właściwości elementów konstrukcyjnych przeznaczonych do konkretnych zastosowań w budownictwie. Korelacja pomiędzy badanymi cechami lub jej brak mogą być pomocne przy klasyfikacji jakościowej oraz projektowaniu zastosowania tarcicy bocznej przeznaczonej do wytworzenia drewna klejonego dla budownictwa.

Kluczowe znaczenie dla korzystania z sosny jako drewna konstrukcyjnego mają jej dobre parametry wytrzymałościowe, połączone z łatwością wtórnego przerobu na modyfikowane półfabrykaty konstrukcyjne. Anatomiczne cechy sosny związane z jej przekrojem pozwalają uzyskać znaczną ilość materiału pochodzącego z jednej dłużycy (Hruzik, 1979; Kobyliński, 1967; Buchholz i in., 1970; Buchholz i Hruzik 1981, 1990; Buchholz, 1984; Pazdrowski, 1988; Pazdrowski i Spława-Neyman, 1993, 1996). Właściwości fizyczne i mechaniczne drewna stanowią podstawowe wskaźniki świadczące o przydatności takiego materiału dla różnego rodzaju zastosowań, a zwłaszcza w konstrukcjach budowlanych. Zapisy PN-EN 338:2016 „Drewno konstrukcyjne. Klasy wytrzymałości" wskazują na trzy główne kryteria, które wywierają zasadniczy wpływ na zasady podziału drewna jako materiału konstrukcyjnego. Pierwsza z nich to gęstość powiązana z udziałem drewna późnego (Jackowski, 1972; Fabisiak, 2005; Roszyk, 2016; Chmielowski i in., 2018**)**. Jako podstawowa właściwość fizyczna, poprzez powiązanie z jego strukturą, gęstość odzwierciedla także parametry mechaniczne drewna. Drugą cechę stanowi wytrzymałość na zginanie statyczne. Wpływa ona bezpośrednio na projektowanie konstrukcji drewnianych i wyznaczana jest często podczas prób wytrzymałościowych. Podstawę wytrzymałości materiałów opisaną w przywołanej normie stanowi także moduł sprężystości podłużnej, zwany także modułem Younga. Opisuje on właściwości sprężyste drewna, określone poprzez zależność pomiędzy naprężeniem (siłą przypadającą na powierzchnię) a odkształceniem (wydłużeniem względnym). Moduł Younga najczęściej wyznacza się podczas próby zginania statycznego (Gonet, 1991; Krzosek, 2011; Krzosek i Bacher, 2011; Roszyk i in., 2016).

Wymagania normowe dla drewna konstrukcyjnego litego klejonego warstwowo

Wymagania w zakresie mechanicznej obróbki drewna, związane są nie tylko z koniecznością utrzymania stabilności wymiarowej, ale również z optymalizacją kosztów produkcji. Drewno sosnowe ze względu na swoje pochodzenie i naturalną budowę jest materiałem niejednorodnym. Jakość materiałów tartych uzależniona jest w dużym stopniu od pochodzenia surowca, zależnego od typu siedliskowego lasu, klasy bonitacji siedliska i wieku drzewostanów (Buchholz i Hruzik, 1970; Pazdrowski, 1992; Witkowska, 1997; Kärenlampi i Riekkinen, 2004; Smal i Olszewska, 2008; Jelonek i in., 2009, 2016; Tomczak i in., 2009, 2010, 2012, 2013; Cedro i Cedro, 2018). Mając zatem na uwadze kwestię bezpieczeństwa, elementy konstrukcyjne przeznaczone dla budownictwa drewnianego powinny być sortowane wytrzymałościowo (Dzbeński, 1994, 1995; Krzosek, 1995, 1998, 2009; Pajchrowski i in., 2009; PN-EN 1995-1-1). Klasyfikacja wytrzymałościowa jest integralną częścią procedury zmierzającej do nadania wyrobom konstrukcyjnym Europejskiej Aprobaty Technicznej, oznaczanej symbolem CE.

Podstawę do certyfikowania i znakowania tarcicy konstrukcyjnej znakiem CE stanowi PN-EN 14081. W przypadku badań surowca drzewnego do zastosowań konstrukcyjnych

niezbędne jest także przeprowadzenie badań wytrzymałościowych na podstawie PN-EN 408 „Konstrukcje drewniane; Drewno konstrukcyjne lite i klejone warstwowo; Oznaczenie niektórych właściwości fizycznych i mechanicznych". Zapisy tej normy nakazują początkowo przeprowadzenie badań mających na celu oznaczenie właściwości wytrzymałości na zginanie, modułu sprężystości i gęstości drewna przeznaczonego na konstrukcje. Następnie należy obliczyć kolejne wartości charakterystyczne, dla wyznaczonych parametrów poszczególnych cech na podstawie wzorów wskazanych w PN-EN 384 „Drewno konstrukcyjne – Oznaczenie wartości charakterystycznych właściwości mechanicznych i gęstości".

Tarcica konstrukcyjna iglasta sortowana jest metodami wytrzymałościowymi zgodnie z PN-EN 14080:2013 i PN-EN 14081- 1, 2, 3, 4, nadając klasy wytrzymałości drewnu według wytycznych PN-EN 338:2016. Produkcja tarcicy budowlano-konstrukcyjnej o gwarantowanych właściwościach mechanicznych odbywała się zgodnie z PN-81/B-03150, a także jej późniejszą wersją PN-B-03150:2000 zastąpioną PN-EN 1995-1-1:2010.

Współcześnie do najbardziej rozpowszechnionych systemów stosowanych w dziedzinie diagnostyki różnych materiałów (w tym również drewna) należą metody ultradźwiękowe. Zaliczane są one do grupy badań nieniszczących – NDT (Nondestructive Testing). Metody te znajdują zastosowanie zarówno w badaniach naukowych, jak i w różnych dziedzinach techniki (Mottl, 2001; Śliwiński, 2001). Możliwość klasyfikacji jakościowej (wytrzymałościowej) drewna na podstawie pomiarów prędkości propagacji w nim fal ultradźwiękowych wynika z faktu, że wartość tej wielkości zależy od wilgotności, występowania wad oraz od kierunku propagacji, gatunku i gęstości drewna (Burmester, 1965; Dzbeński, 1984; Yamamoto i in., 1998; Marcinkowska i Moliński, 2005, 2006; Fabisiak i in., 2007; Misztal, 2006, 2008, 2010; Dzbeński i Wiktorski, 2004, 2005, 2007; Krzosek, 2009; Kozakiewicz i Krzosek, 2013), które to definiują jego parametry mechaniczne.

Zastosowanie tych metod pozwala na pełna ocenę jakości wyrobów. Pozwala to na ograniczenie naddatków ilościowych stosowanych w przerobach jako margines bezpieczeństwa w produkcji wyrobów o przeznaczeniu konstrukcyjnym (Dzbeński, 1984; Wang i Ko, 1998; Krzosek, 2002, 2009; Dzbeński i in., 2005; Szukała i Szumiński, 2003; Ross i in., 2005). Badania nieniszczące wymagają znacznej wiedzy na temat właściwości i budowy drewna oraz spodziewanych rozkładów wad wewnętrznych i niejednorodności, a także właściwości czynnika, za pomocą którego wykonuje się pomiar.

Cel i zakres pracy

Poznawczym celem pracy było oznaczenie zmienności jakościowej sosnowej tarcicy uzyskanej z drewna pochodzącego z krajowej bazy surowcowej na terenie Polski Zachodniej. Aspektem utylitarnym podjętych badań było określenie właściwości jakościowych oraz przydatności uzyskiwanej z przerobu drewna okrągłego tarcicy głównej i bocznej jako materiału powszechnie stosowanego dla celów konstrukcyjnych. Badania dotyczą drewna dojrzałego technicznie wykorzystywanego do produkcji elementów dla budownictwa. Głównym warunkiem uzyskania surowca o pełnej dojrzałości technicznej, było pozyskanie do badań drewna V i VI klasy wieku (surowiec sosnowy 80-120 letni), drzewostanów znajdujących się na terenie 5 rejonizacji Polski Zachodniej: Barlinek – I, Człuchów – II, Borne Sulinowo – III, Sulechów – IV, Iława – V. Zakres prac badawczych objął porównanie właściwości wytrzymałościowych surowca sosnowego krajowego pochodzenia z terenów

Polski Zachodniej (Kraina Bałtycka, Wielkopolsko-Pomorska, Śląska) z uwzględnieniem pięciu powierzchni badawczych.

Parametry techniczne wymagane w świetle obowiązujących norm zostały określone przez nieniszczące sortowanie wytrzymałościowe materiału wielkowymiarowego oraz określenie podstawowych właściwości fizycznych pozwalających na precyzyjną ocenę doboru surowca w strukturze drewna litego oraz zastosowania tarcicy bocznej na elementy klejone warstwowo. Za podstawową tezę badań przyjęto zgodność jakościowo-wytrzymałościową tarcicy bocznej z sortymentami strefy centralnej (tarcicy głównej). Założono hipotezę badawczą dotyczącą zmiany wytrzymałości tarcicy w zależności od pochodzenia materiału doświadczalnego, zarówno ze stref na długości dłużyc, jak i przekroju drewna okrągłego.

Do realizacji założonego celu zbadano i opracowano następujące zagadnienia:

- charakterystykę surowca wielkowymiarowego pochodzącego z wybranych krain przyrodniczo-leśnych, typu siedliskowego, wieku drzewostanów,
- podstawowe właściwości fizyczne surowca,
- charakterystykę jakościową surowca poprzez: ocenę parametrów makrostrukturalnych, propagację fali ultradźwiękowej wzdłuż włókien surowca różnej proweniencji,
- właściwości wytrzymałościowe dla uzyskanych elementów konstrukcyjnych litych oraz tarcicy bocznej w postaci elementów klejonych warstwowo.

Materiał i metodyka badań

Dobór materiału badawczego przeprowadzono przy uwzględnieniu czynników technologicznych przerobu drewna na materiały przeznaczeniowe dla budownictwa (Kalinowska, 1993; Epsten, 1998; Centrum Budownictwa Szkieletowego, 2004; Czerwiński, 2006). Opracowano wstępną bazę danych o parametrach jakościowych surowca sosnowego pochodzącego z wybranych rejonów kraju przy uwzględnieniu metody badania jakości drewna okrągłego w oparciu o wady budowy i kształtu. Wydzielenie klasy jakości nastąpiło w oparciu o stosowane normatywy „Klasyfikacji Jakościowo Przeznaczeniowej" (KJW), odnoszące się do polskiej normalizacji (PN-79/D-01011; PN-92/D-95017; PN-93/D-02002; Zarządzenie nr 72 DG LP z 27.09.2013; Zarządzenie nr 47 DG LP z 31 maja 2002; Spława-Neyman i Urbanik, 1999; Wiktorski, 2003; Ślęzak, 2006; Praca zbiorowa, 2016) i PN-EN (PN-EN 1310:2000; PN-EN 1311:2000; PN-EN 1315-2:2001; DIN EN 1927-2:2008-06; LST L EN 1927-2:2008; PN-EN 844- 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12; Praca zbiorowa, 2016). Pozyskano i przetarto surowiec sosnowy wytypowany zgodnie z wymaganiem doboru drzew reprezentatywnych, z drzewostanów 90-120-letnich pochodzących z wybranych nadleśnictw na terenie kraju, charakterystycznych dla I bonitacji.

Miejscem realizacji części badań przemysłowych były zakłady tartaczne produkujące elementy drzewne z drewna sosnowego, w tym dla budownictwa.

Dobór surowca do badań odbył się poprzez wyznaczenie drzew reprezentujących badane drzewostany z zastosowaniem uproszczonej metody Hartiga. Został on zakupiony z uwzględnieniem pochodzenia z Bałtyckiej, Śląskiej i Wielkopolsko-Pomorskiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej. Po dostarczeniu do współpracujących zakładów, materiał doświadczalny został poddany obróbce wstępnej w celu przygotowania odpowiednich sortymentów dla

potrzeb badań. W procesach technologicznych zachowana została ścisła kontrola pochodzenia pozyskiwanych materiałów z poszczególnych stref na długości i przekroju przerabianego drewna okrągłego (kłód).

W kolejnych etapach przerobów doświadczalnych uwzględniono najczęściej spotykane szeregi wymiarowe pozyskiwanych sortymentów z przeznaczeniem dla budownictwa. Tarcicę do badań uzyskano z drewna okrągłego klasy jakości WC0 (PN-92-D-95017; Zarządzenie DG LP z 31.05.2002), dla trzech klas grubości sosny zwyczajnej pochodzącej z określonych lokalizacji (tab. 1) na terenach siedliska boru mieszanego świeżego.

Tabela 1. Oznaczenie powierzchni badawczych dla oceny właściwości tarcicy bocznej według operatów urządzeniowych
Table 1. Determination of test surfaces for assessment of lateral lumber properties according to Forest Management Plans

Symbol powierzchni Symbol of area	Nadleśnictwo Forest District	Leśnictwo Forestry department	Oddział Compartment	Siedlisko Forest site type	Wiek (lata) Stand Age (years)
I	Barlinek	Barlinek	730c	bór mieszany świeży mixed fresh forest	105
II	Człuchów	Kątki	78l		120
III	Borne Sulinowo	Nowa Wieś	45b		100
IV	Sulechów	Stary Dwór	255b		100
V	Iława	Makowo	149h		110

Dla weryfikacji czynników jakościowo-wytrzymałościowych wykorzystane zostały próbki pozyskane z surowca dłużycowego przeznaczonego do manipulacji. Wymanipulowane kłody sosnowe z poszczególnych stref na długości dłużyc poddane zostały przetarciu „na ostro" na pilarkach ramowych ze sprzęgiem głównym dostosowanym do żądanych sortymentów w celu pozyskania cech tarcicy rdzeniowej oraz stycznej z każdej sztuki.

Uwzględniając wyniki wcześniejszych badań dotyczących drewna iglastego postanowiono przyjąć również w przypadku drewna sosnowego podział surowca wynikający z pochodzenia na długości dłużyc: kłody odziomkowe (O), kłody środkowe (Ś) i wierzchołkowe (W).

Zgodnie z wytycznymi PN-EN 338:2016 klasyfikacja wytrzymałościowa drewna konstrukcyjnego odbywa się na podstawie trzech wskaźników: modułu sprężystości i wytrzymałości podczas zginania, gęstości badanego drewna oraz na podstawie porównania tzw. „wartości charakterystycznych" wymienionych cech z zapisami normowymi (PN-EN 338:2016; PN-EN 14080). Wartość charakterystyczna dla wytrzymałości na zginanie i gęstości opiera się na rozkładzie statystycznym otrzymanych wyników i stanowi wartość 5% kwantyla z danej próby. Z kolei wartość charakterystyczna dla modułu sprężystości stanowi rezultat pomiaru średniej z próby (Krzosek, 2009; Pajchrowski i in., 2009).

Przyjęta metodyka umożliwia również porównanie właściwości badanych elementów sosnowych na podstawie efektów testów dla elementów wielkowymiarowych, z wynikami klasyfikacji przeprowadzonej oceny jakości surowca próbek laboratoryjnych.

Wyniki badań i ich analiza

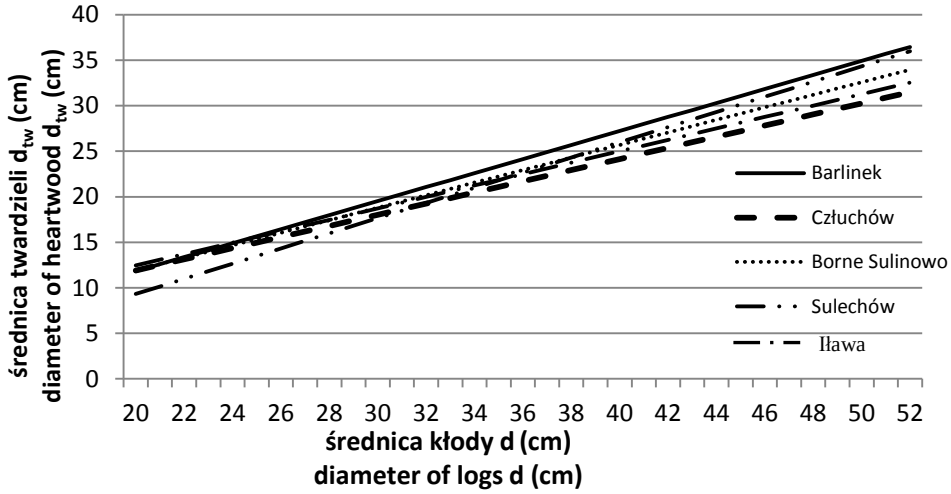
Udział części twardzielowej w surowcu przeznaczonym do badań

Aby określić przydatność badanego drewna sosny, wyznaczono udział drewna twardzielowego w pozyskanym surowcu doświadczalnym. Dla uzyskania tego celu dokonano

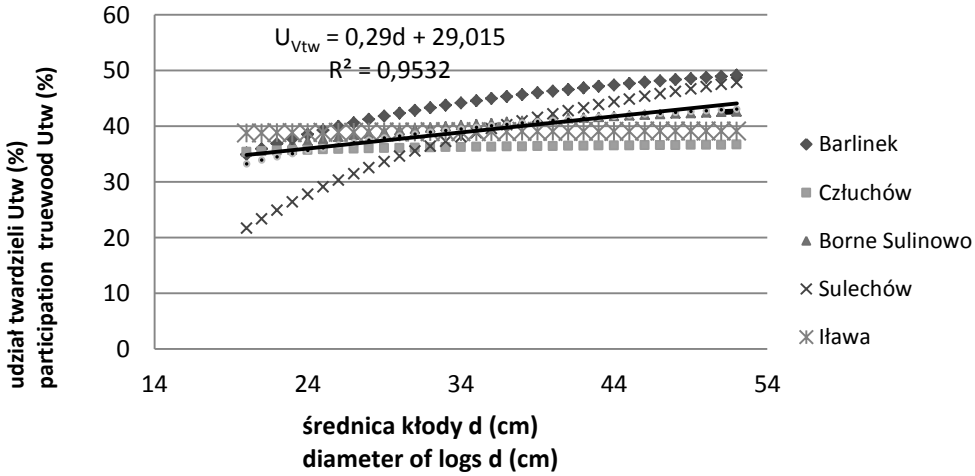
pomiaru kłód sosnowych z dłużyc modelowych oraz stref drewna twardzielowego. Na tej podstawie obliczono procentowy udział strefy twardzielowej dla każdej średnicy badanej kłody.

Na podstawie analizy wyników pomiarów stwierdzono liniową zależność średnicy twardzieli (d_{tw}) od średnicy kłód (d) w badanym drewnie sosny pochodzącej z uwzględnionych obszarów pięciu powierzchni na terenie Polski Zachodniej. Wraz ze wzrostem grubości testowanego drewna, proporcjonalnie wzrastała także średnica twardzieli w poszczególnych kłodach.

Próbę zbiorczego zestawienia wyników oraz identyfikacji wspólnego wskaźnika średnicowego udziału twardzieli opisuje równanie $d_{tw} = f(d) = 0{,}6222d + 0{,}2215$; $R^2 = 0{,}865$.



Ryc. 1. Zależność średnicy twardzieli (d_{tw}) od średnicy kłód (d) drewna sosny
Fig. 1. Dependence of heartwood diameter (d_{tw}) from the diameter (d) of pine wood



Ryc. 2. Udział twardzieli (U_{Vtw}) jako funkcja średnicy kłód (d) drewna sosny z weryfikowanych baz surowcowych
Fig. 2. The share of heartwood (U_{Vtw}) as a function of log diameter (d) of pine wood from verified raw material bases

Wyniki przeprowadzonych pomiarów w badanych powierzchniach dla przykładowego pochodzenia kłód sosnowych, dotyczących średnicy twardzieli i grubości ścianki bielastej, pozwoliły określić procentowy udział drewna twardzielowego w funkcji kwadratu średnicy przerabianych kłód sosnowych (ryc. 2). Udział objętościowy twardzieli mieścił się w przedziale 21 - 49%. Wzrost średnicy kłód (powyżej 36-39 cm) wiąże się ze wzrostem udziału strefy twardzielowej. Zależność tę można przedstawić za pomocą funkcji $U_{Vtw} = 0{,}29d + 29{,}01$; $R^2 = 0{,}953$. Zaprezentowana formuła opisująca udział procentowy twardzieli, daje rzeczywiste i minimalne wyniki rozkładu tej cechy w przebadanym drewnie sosnowym Polski Zachodniej.

Wydajność materiałowa

Zgodnie z założeniami metodycznymi tarcicę uzyskano z przetarcia kłód z dłużyc modelowych i przeznaczono do przerobu wtórnego. W procesie manipulacji pozyskano kłody sosnowe o długości 2,5-3,5 m. Z każdej sztuki wydzielono: 1 bal rdzeniowy, 2 bale styczne, a także od 4 do 10 desek. Grubość bali w stanie mokrym wynosiła 50 mm, a desek bocznych 25 mm. Weryfikacja wydajności materiałowej przetarcia wynika z przyjętej technologii rozkroju wzdłużnego drewna okrągłego.

W oparciu o wyniki prowadzonych badań można stwierdzić, że maksymalną wydajność tarcicy 76% uzyskano dla przerobu kłód o średnicy około 34 cm. Z kolei po przekroczeniu średnicy 36 cm dla badanego sprzęgu wydajność tarcicy głównej zmniejsza się w zależności od procentowego udziału produktów przetarcia. Zauważalny jest wpływ zwiększenia wydajności tarcicy bocznej grubości 25 mm wraz ze wzrostem średnicy przecieranego materiału.

Wartość średnia wydajności przetarcia wyniosła 73%, co – zważywszy na duży udział tarcicy bocznej – stanowi o racjonalnym poziomie wykorzystania przerabianego drewna okrągłego (Dzbeński i Korczewski, 1974; Hruzik, 1979, 1993, 2001, 2006; Krzosek, 1995; Wieruszewski i in., 2009, 2011, 2010, 2013).

Materiały tarte skierowane do badań po zakończonym procesie suszenia tarcicy do wilgotności 12%, pozwoliły na określenie średniej wydajności materiałowej przerobu tarcicy w stanie suchym 25 mm (tarcica boczna) na elementy klejone, która wyniosła 52,5%. Po zestawieniu wyników przetarcia kłód dało to łączną wydajność materiałową, pozyskanego surowca konstrukcyjnego na poziomie 38%. Na taki wynik wpływała struktura jakościowa surowca podczas pozyskiwania elementów konstrukcyjnych.

Wskaźnik ten w przerobie surowca badawczego strefy centralnej, w postaci elementów sosnowych litych, wyniósł około 55%. Finalna wydajność obliczeniowa próbek litych odniesiona do miąższości pozyskanego sosnowego surowca okrągłego wyniosła około 38 - 40%.

Właściwości fizyczne drewna sosny

W celu określenia parametrów wytrzymałościowych oraz podstawowych właściwości fizycznych dokonano oceny wilgotności bezwzględnej drewna sosny pochodzącego z badanych powierzchni doświadczalnych. Pomiarów wilgotności dokonano bezpośrednio po badaniach wytrzymałościowych (pozyskując próbki laboratoryjne ze strefy środkowej elementów wielkowymiarowych poddanych zginaniu) dla określenia modułu sprężystości. Wilgotność oznaczono, podając wartości średnie dla całego przekroju próbek, które mieściły się w granicach 9,7 – 12,4%.

Jak wskazują uzyskane wyniki pomiarów wilgotności bezwzględnej próbek wielkogabarytowych wykonanych z litego (tarcica główna) i klejonego (tarcica boczna) drewna sosny z badanych powierzchni doświadczalnych, rozrzut mierzonych wartości na wszystkich próbkach z grup wynosił maksymalnie 6 punktów procentowych. Pomiary średniej wilgotności bezwzględnej dla próbek sosnowych wykonanych z drewna obstawy bocznej kierowanego do klejenia wykazywały znacznie mniejszą rozbieżność. Średnie wartości wilgotności dla próbek wielkowymiarowych różniły się zaledwie o 3 punkty procentowe. Większy rozrzut uzyskanych wyników wilgotności drewna można było przypisać średniej gęstości poszczególnych warstw.

Szerokość słojów rocznych (przyrosty roczne) i udział drewna późnego w przyrostach rocznych mogą stanowić praktyczny wskaźnik technicznych i użytkowych właściwości drewna stosowanego do celów konstrukcyjnych. W badaniach próbek wielkowymiarowych oznaczono średnie wartości szerokości przyrostów rocznych badanego drewna sosnowego. Opisując przygotowany materiał doświadczalny, pozyskany na wysokości 1 m od odziomka dłużycy – odpowiadającej miejscu pomiaru średnicy znamionowej (interpretowane jako pierśnica w drzewie stojącym) na promieniach południowo-północnym, dokonano pomiarów i określono takie cechy jak, wiek drzewa, szerokość przyrostów rocznych udział twardzieli na średnicy, i gęstość drewna.

Powyższe zestawienia szerokości przyrostów rocznych zawarto w tabeli 1 (odnoszących się do materiału badawczego, kolejno na przekroju S - południowym i N - północnym, pozyskanego z poszczególnych nadleśnictw) dla surowca reprezentującego drewno z 5 badanych powierzchni.

Surowiec sosnowy z terenów Polski Zachodniej został scharakteryzowany poprzez zbiorcze zestawienie zmienności rozkładu wartości średnich gęstości drewna (tab. 2). W wyniku pomiarów uzyskano wskaźniki świadczące o dojrzałości drzewostanów skierowanych do badania oraz o porównywalnej gęstość drewna sosny zwyczajnej, która osiągała wartość 500 kg/m^3. W ogólnym procesie weryfikacji wartości średnich pomiarów przyrostów rocznych nie przekroczyły one 2,5 mm, a udział drewna późnego określony na próbkach modelowych kształtował się na poziomie 33-39%.

Tabela 2. Zbiorcze zestawienie charakterystyki drzew z badanych nadleśnictw
Table 2. Summary list of trees characteristics from forest district

Nadleśnictwo Forest District	Wiek drzew (lata) Tree age (years)	Średnica Diameter (mm)	Udział twardzieli Share of heartwood (%)	Średnia gęstość drewna Average wood density (kg/m^3)	Średnia szerokość przyrostu rocznego Annual increase width over the radius (mm)	Udział drewna późnego w przyroście rocznym Share of late wood in annual growth on the radius (%)
I Barlinek	117	470	52	555	2,2	35
II Człuchów	112	488	60	530	2,1	39
III Borne Sulinowo	106	434	48	520	2,1	35
IV Sulechów	90	435	60	500	2,4	37
V Iława	116	514	62	515	2,1	33

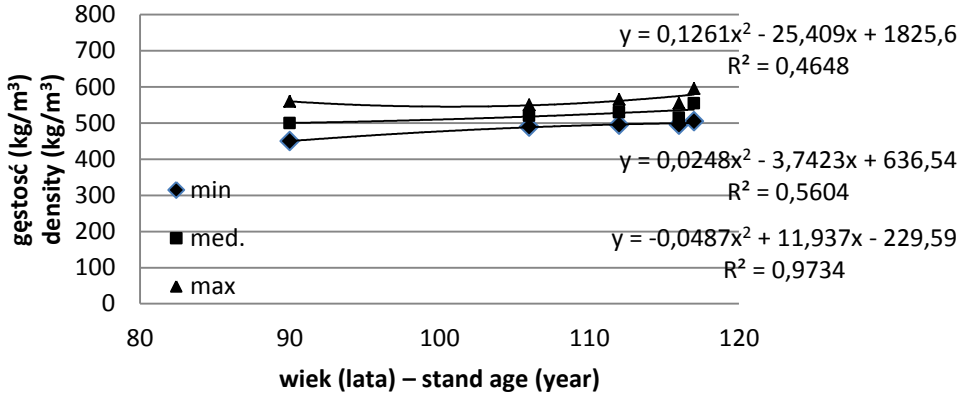
Analizując wyniki pomiarów stwierdzono, że wiek drzewostanów nie jest bezpośrednio związany z osiąganą przez nie średnicą strzał. Największymi średnimi średnicami (ponad 500 mm) charakteryzowały się drzewa z Nadleśnictwa Iława. Pozostałe drzewostany wykazały pierśnicę w przedziale 434 mm (dla najmłodszych) do 488 mm w przypadku porównywalnych wiekowo drzewostanów z powierzchni I i II. Surowiec pozyskany z powierzchni V posiadał średnią gęstość drewna (515 kg/m^3) o 40 kg/m^3 niższą od średniej gęstości dla drewna z powierzchni I mimo zbliżonego wieku. Najniższą średnią gęstość (500 kg/m^3) miały drzewa najmłodsze (90 lat) z Nadleśnictwa Sulechów. Średnie gęstości badanego materiału odpowiadają danym literaturowym dla sosny (Krzysik, 1974; Giefing i Jabłoński, 1989; Krzosek, 1998b; Kokociński, 2002; Fabisiak, 2005; Wagenführ, 2007). Ponad 50% udział twardzieli na przekroju poprzecznym pnia występuje w drewnie pozyskanym z nadleśnictw: Barlinek, Sulechów, Człuchów i Iława, natomiast w drewnie z Nadleśnictwa Borne Sulinowo zauważalna jest znaczna zmienność tego parametru. Zdecydowanie pozytywne wyniki potwierdzono w zakresie średniej szerokości przyrostów rocznych dla drzew z poszczególnych nadleśnictw, które są zbliżone i wynoszą od 2,1mm dla Nadleśnictwa Iława, Człuchów i Borne Sulinowo do 2,4 mm dla Nadleśnictwa Sulechów. Świadczy to o tendencji do wąskosłoistości przekładającej się na uzyskanie drewna o znacznej wytrzymałości.

Wyniki tak zaprezentowanych badań, świadczą o niewielkim zróżnicowaniu średniej szerokości przyrostów rocznych w badanym drewnie z drzewostanów sosnowych. Największe różnice zanotowano podczas badań próbek w strefie rdzeniowych. Wyższe wartości przyrostów rocznych tej strefy jest zjawiskiem normalnym, gdyż szerokość słojów zmniejsza się ku obwodowi pnia. Dlatego słoje roczne zewnętrzne są węższe od słojów przyrdzeniowych (Krzysik, 1978; Białobok, 1993; Kokociński, 2002; Fabisiak i Moliński, 2009).

Podczas badań oznaczono także udział drewna późnego na szerokości słoja rocznego. Większy udział drewna późnego wpływa korzystnie na podwyższenie właściwości wytrzymałościowych drewna. Jednakże w drewnie sosny, podobnie jak u innych gatunków iglastych, ze wzrostem cienkościennego drewna wczesnego wzrasta nieznacznie szerokość strefy drewna późnego (Krzysik,1978; Połubojarinow, 1976; Pazdrowski i Spława-Neyman, 1996; Moliński i Krauss, 2008). Z analizy wyników badań udziału drewna późnego w przyrostach rocznych sosny pospolitej pochodzącej z badanych powierzchni wynika, że otrzymane średnie udziału drewna późnego (35 - 39%) przekraczają wartości reprezentujące dane literaturowe, które wynoszą dla drzew iglastych w Polsce od 5 do 35% (Krzysik, 1978; Sell, 1989; Farruggia i Perre, 2000; Fabisiak i in., 2007). Może świadczyć o potencjalnie wyższych właściwościach wytrzymałościowych drewna pochodzącego z badanych dzielnic przyrodniczo-leśnych. Powodem tak kształtującego się udziału drewna późnego jest występowanie przewagi drewna dojrzałego na przekroju. W miarę oddalania się ku obwodowi udział drewna późnego rośnie (Krzysik, 1978; Fabisiak i Moliński, 2009).

Gęstość drewna

Gęstość to jedna z podstawowych cech fizycznych drewna, która powiązana z jego strukturą obrazuje właściwości mechaniczne drewna. W oparciu o ustalone w metodyce badań metody pomiaru gęstości dokonano zestawienia wyników dla próbek wielkowymiarowych, co ukazuje zestawienie na rycinie 3.



Ryc. 3. Uśrednione gęstości próbek w skali wieku drzew sosnowych
Fig. 3. Average density of samples on the age scale of pine trees

Z analizy danych zamieszczonych na rycinie wynika, że średnia gęstość dla wszystkich elementów wynosiła 560 kg/m^3. Dla drewna z badanego surowca wahała się ona w granicach od 424 kg/m^3 do 725 kg/m^3 dla całego przekroju badanego surowca przy odniesieniu do wilgotnosci 12%.

Wyniki badań gęstości drewna sosny podano zgodnie z PN-EN 384. Uzyskane efekty badań wskazują, że drewno sosny zwyczajnej pozyskane w granicach Nadleśnictwa Człuchów charakteryzowało się średnią gęstością 551 kg/m^3. Natomiast próbki przyobwodowe wykonane z drewna o tym samym pochodzeniu wykazywały się średnią gęstością 552 kg/m^3. Zatem drewno strefy przyobwodowej na tej samej bazie surowca sosnowego wykazywało zbliżoną gęstość. Uzyskane wyniki wskazują, że drewno sosny zwyczajnej pozyskane w granicach Nadleśnictwa Barlinek charakteryzowało się średnią gęstością 566 kg/m^3. Klejone elementy konstrukcyjne wykonane z tarcicy bocznej o tym samym pochodzeniu wykazywały średnią gęstość 571 kg/m^3. Zatem drewno modyfikowane na bazie surowca sosnowego posiadało zbliżoną średnią gęstość (różnica 5 kg/m^3).

Uzyskane wyniki wskazują, że drewno sosny zwyczajnej pozyskane w granicach Nadleśnictwa Borne Sulinowo charakteryzowało się średnią gęstością 556 kg/m^3. Klejone elementy wykonane z tarcicy bocznej o tym samym pochodzeniu cechowały się średnią gęstością 543 kg/m^3. Zatem drewno obstawy bocznej surowca sosnowego wykazywało zbliżoną gęstość średnią (różnica 13 kg/m^3).

Uzyskane wyniki dla drewna sosny zwyczajnej pozyskane w granicach Nadleśnictwa Iława wskazują, że charakteryzowało się ono średnią gęstością 567 kg/m^3. Elementy tarcicy bocznej wykonane z drewna o tym samym pochodzeniu cechowały się średnią gęstością 563 kg/m^3. Drewno sosny pozyskane w granicach Nadleśnictwa Sulechowo charakteryzowało się średnią gęstością 557 kg/m^3, a elementy obstawy bocznej posiadały średnią gęstością 559 kg/m^3. Zatem drewno na bazie tarcicy bocznej sosnowej wykazywało jednakową gęstość średnią.

Według danych literaturowych (Połubojarinow, 1976; Krzysik, 1978; Pazdrowski i Spława-Neyman, 1996; Kokociński, 2004; Moliński i Krauss, 2008) średnia gęstość dla wilgotności odniesienia 12% u sosny kształtuje się na poziomie 510 kg/m^3. Można stwierdzić, że gęstość badanego drewna sosny zwyczajnej jest nieco wyższa od przyjętych średnich

wartości dla tego gatunku, jednak uzyskane wyniki w badanych drzewostanach są bardzo zbieżne. Wyższa średnia gęstość badanego drewna sosny może wynikać z relatywie wysokiego udziału drewna późnego w przyrostach rocznych. Drewno z części centralnej badanych dłużyc wykazywało zróżnicowaną gęstość w zależności od miejsca pochodzenia na przekroju poprzecznym pnia. Badania wykazały, że próbki pozyskane ze strefy rdzeniowej odznaczają się gęstością na poziomie około 540 kg/m^3. Fakt ten można tłumaczyć występowaniem niewielkiego udziału drewna młodocianego (Vacchiano i in., 2008; Fabisiak i Moliński, 2009) w tej części pnia, które może wykazywać niższą gęstość. Z kolei próbki o usłojeniu promieniowym (bez zawartości miękiszu rdzeniowego) wykazywały gęstość średnią odpowiednio dla nadleśnictw Człuchów, Barlinek, Borne Sulinowo, Iława i Sulechów: 515, 556, 546, 564 i 564 kg/m^3. Najwyższą gęstość osiągnęły elementy pozyskane z bocznej części kłody, o stycznym usłojeniu, uzyskując gęstości średnie: 549, 556, 579, 576 i 572 kg/m^3.

Dokonując weryfikacji wytrzymałościowej surowca sosnowego, można odnieść uzyskane wyniki gęstości do ich zakresów według obowiązującej normy PN-EN 338. Norma ta, wskazując minimalne wartości dopuszczalnej gęstości charakterystycznej oraz średniej gęstości drewna w warunkach temperatury powietrza 20°C i jego wilgotności na poziomie 65%, pozwala na wstępną ocenę tarcicy w klasyfikacji wytrzymałościowej. Dla rozpatrywanych pięciu powierzchni badawczych materiały tarte z surowca sosnowego osiągały wskazania gęstości średniej, odpowiednie dla klasy wytrzymałości C45 i C50. Wartości dla gęstości minimalnych tego drewna, które zostały odniesione do gęstości charakterystycznej wymaganej w danej klasie wytrzymałości według wymagań PN-EN 338, osiągały wskazania przypisane dla klasy C40 (surowiec z IV i V powierzchni badawczej) i C50 (surowiec z I, II i III powierzchni badawczej). Potwierdzono tym samym wysokie walory techniczne drewna sosnowego, reprezentowane wskaźnikiem gęstości.

Właściwości mechaniczne próbek wielkowymiarowych

Dla lepszego zobrazowania badań nieniszczących dokonanych na próbkach wielkowymiarowych pozyskanych z surowca sosnowego reprezentującego drzewostany w analizowanych rejonach Polski Zachodniej postanowiono uzyskane wyniki wartości modułów sprężystości zobrazować z podziałem rejonizacyjnym zaproponowanym w dalszej części opracowania.

W tabeli 3 zawarto wyniki średnich modułów sprężystości oraz średnie gęstości drewna z badanych litych belek sosnowych, dla analizowanych powierzchni doświadczalnych. W zestawieniu wyników otrzymanych podczas badań modułu sprężystości podłużnej przy zginaniu dla grup badanych próbek z powierzchni doświadczalnych I-V (Nadleśnictwa Barlinek, Człuchów, Borne Sulinowo, Sulechów i Iława) określono wartości średnie i charakterystyczne 5% kwantylu modułu sprężystości, po uwzględnieniu współczynników poprawkowych (PN-EN 384; PN-EN 408). Wskazane wartości 5% kwantylu modułu sprężystości oraz średni moduł sprężystości zostały uwzględnione w klasyfikacji wytrzymałościowej badanego surowca zgodnej z PN-EN 338. Stanowią one jeden z ważniejszych parametrów dotyczących charakterystyki wytrzymałościowej surowca drzewnego, który jest skorelowany z wytrzymałością na zginanie.

Z analizy wyników badań modułu sprężystości oznaczonego podczas prób zginania wzdłuż włókien można stwierdzić, że najniższe wskazania badanego parametru uzyskano dla

elementów promieniowych zawierających rdzeń. Podobne wartości rozrzutu modułu sprężystości wykazano we wszystkich badanych grupach.

Tabela 3. Zestawienie przeciętnych wartości modułu sprężystości z badanych powierzchni
Table. 3. Comparison of the average values of the elastic modulus from experimental sites

Pochodzenie próbek z nadleśnictwa The origin of samples from the forest district		Średnie gęstości surowca Average raw material density (kg/m^3)	Średni moduł sprężystości Average modulus of elasticity (N/mm^2)
I – Barlinek	min	466	4661
	średnia average	566	8845
	max	661	14515
II – Człuchów	min	466	5174
	średnia average	551	8879
	max	645	19907
III – Borne Sulinowo	min	502	5500
	średnia average	556	9210
	max	697	15794
IV – Sulechów	min	424	4300
	średnia average	557	7274
	max	661	16935
V – Iława	min	425	5908
	średnia average	567	10284
	max	725	16387

W grupie elementów pozyskanych z tarcicy głównej zdecydowanie najwyższe wyniki modułu sprężystości wykazały próbki styczne. Wysokie wartości modułu określono także dla materiału pochodzącego z tarcicy bocznej. Przykładowo w grupie próbek z Nadleśnictwa Iława uzyskano wartość średnią modułu sprężystości próbek litych na poziomie10284 N/mm^2, a w grupie klejonych – 10526 N/mm^2. Uogólniając wyniki średnich wartości modułu uzyskane z tarcicy głównej, należy stwierdzić, że cechowały się one znacznym rozrzutem wartości, uzyskując wysoki współczynnik 28%.Wysokie wartości współczynnika zmienności badanych właściwości są wynikiem braku selekcji jakościowej surowca przeznaczonego do badań oraz ortotropowej zmienności naturalnych cech drewna.

Oprócz zadowalających wyników próbek z surowca obstawy bocznej o niejednorodnej budowie warstw, których średnie wartości wyniosły: dla grupy Barlinek 9434 N/mm^2, dla grupy Człuchów 9519 N/mm^2, dla grupy Borne Sulinowo 8779 N/mm^2, dla grupy Sulechów 7889 N/mm^2 i dla grupy Iława 10526 N/mm^2, rozrzuty wartości modułu sprężystości były zbliżone do próbek strefy centralnej (tarcia główna), osiągając odpowiednio współczynnik zmienności 22, 28, 22, 21 i 16%. Zatem na podstawie badań cech sprężystych drewna sosny pochodzącego z wyznaczonych powierzchni Polski Zachodniej można stwierdzić, że drewno z obstawy bocznej (klejone) do zastosowań konstrukcyjnych cechuje mniejszy lub porównywalny rozrzut wyników w stosunku do drewna litego tarcicy głównej.

Właściwości mechaniczne próbek laboratoryjnych

Badanie modułu sprężystości próbek laboratoryjnych zastosowano jako odniesienie do właściwości mechanicznych surowca. Dokonano go w celu porównania otrzymanych wyników materiałowych reprezentujących surowiec wielkowymiarowy. W trakcie badań właściwości próbek laboratoryjnych z pozyskaniem materiału z elementów wielkowymiarowych w strefie czystego zginania oznaczono właściwości sprężyste istotne dla późniejszej klasyfikacji wytrzymałościowej sosnowego drewna konstrukcyjnego (PN-EN 338; PN-EN 384; PN-EN 1481).

Podczas prowadzonych doświadczeń laboratoryjnych zgodnych z danymi literaturowymi (Cagle, 1977; Makowski i Noskowiak, 2009; Nehaus 2004) wskazującymi, że wartość uzyskanych wskaźników wytrzymałościowych próbek litego drewna sosny wykazuje zróżnicowanie w zależności od płaszczyzny działania siły w stosunku do kierunków budowy anatomicznej drewna. W przypadku ułożenia elementu obciążanego w kierunku stycznym osiąga się do kilkunastu procent większą wytrzymałość w stosunku do wartości otrzymanych w przypadku ułożenia w kierunku promieniowym.

Dla poszczególnych próbek laboratoryjnych o określonej rejonizacji pozyskania dokonano zestawienia wyników i analizy jakościowej surowca poprzez określenie jego wskaźników wytrzymałościowych w badaniu modułu sprężystości przy zginaniu czteropunktowym.

Według źródeł literaturowych wytrzymałość na zginanie i moduł sprężystości podczas zginania dla drewna sosny o wilgotności około 12% wynoszą odpowiednio:
75-87 N/mm^2 i 12 000 N/mm^2 (Krzysik, 1978; Sell, 1989; Mielczarek, 1994; Pożgaj, 1982). Jednakże, ci sami i inni autorzy wskazują, że małe, pozbawione wad próbki dają znacznie wyższe wyniki niż próbki duże (pełnowymiarowe), które zawierają szereg wad dopuszczalnych w tarcicy budowlanej. W celu oceny różnic właściwości sprężysto-wytrzymałościowych drewna sosny (w zależności od gabarytów badanych próbek) przeprowadzono analizę porównawczą otrzymanych wcześniej wyników. Ocena dotyczyła próbek małych i wielkogabarytowych pozyskanych z tych samych miejsc na przekroju poprzecznym kłody.

Badania warstw drewna wczesnego i późnego przyrostu rocznego (Farruggia i Perre, 2000) wskazują na różnice właściwości. Na przykład moduł sprężystości warstwy późnej słoja rocznego drewna sosnowego przy ściskaniu w kierunku promieniowym (około 1860 N/mm^2) jest 2,56 razy większy od modułu warstwy wczesnej (722 N/mm^2). Badania potwierdziły, że przy wzroście objętości próbek obserwuje się wpływ czynnika skali, jako efektu wzrostu różnicy właściwości drewna wczesnego i późnego (Bodig i Jayne, 1982; Madsen, 1990, 1992; Lam, 1987, 1990) na właściwości mechaniczne drewna. Główne znaczenie odgrywa tu zmiana długości próbki. Zjawisko to nosi nazwę tzw. efektu długości.

Dla badanych powierzchni próbek laboratoryjnych uzyskano wyniki charakteryzujące się znacznym wskaźnikiem odchylenia standardowego modułu sprężystości. Jednoczenie wykazano niewielkie zróżnicowanie wartości średnich tego parametru dla wyników badań laboratoryjnych drewna pochodzącego z obstawy bocznej. Średnie wartości modułu uzyskały zbliżone wielkości w przedziale od 9203 N/mm^2 do 10354 N/mm^2, co pozwala ocenić jakość techniczną surowca obstawy bocznej jako zrównoważoną, bez wpływu pochodzenia z wybranych lokalizacji (powierzchnie I-V).

Wartości modułu sprężystości określone zarówno dla elementów wielkowymiarowych ze strefy centralnej badanego surowca, jak i próbek laboratoryjnych z niego pozyskanych. Wskazano na uzyskane wartości średnie modułu sprężystości elementów laboratoryjnych w przedziale 9237 N/mm^2 do 10259 N/mm^2. Średnie wartości w przypadku próbek laboratoryjnych pozyskanych zarówno ze strefy przyobwodowej, jak i materiału strefy centralnej posiadały zbliżone moduły sprężystości. Rozpatrywany odrębnie dla próbek małowymiarowych i wielkowymiarowych materiał z poszczególnych powierzchni nie wykazywał znacznych różnic średniej wartości modułu sprężystości. W analizie wyników indywidualnych lokalizacji doboru surowca doświadczalnego najwyższe parametry jakości technicznej dla postaci małowymiarowej posiadało drewno sosnowe z powierzchni I, a najniższe z powierzchni IV. Jednocześnie w przypadku elementów wielkowymiarowych najwyżej oceniony (najwyższe średnie moduły sprężystości) został surowiec z powierzchni V, zarówno ze strefy centralnej, jak i przyobwodowej.

Wyniki badań potwierdzone testami nieniszczącymi świadczą w sposób jednoznaczny, że właściwości sprężyste elementów stosowanych w praktyce przemysłowej a ich postacią małowymiarową (próbki laboratoryjne) różnią się wartościami. W przypadku litych próbek wielkowymiarowych średnia wartość modułu sprężystości jest niższa od wartości uzyskanych dla odpowiednich próbek laboratoryjnych, wyjątek stanowią jedynie materiały z Nadleśnictwa Iława. Dla próbek z belek litych różnice modułu sprężystości (efekt skali) wynosiły dla Barlinka 9%, dla Człuchowa -0,6%, dla Bornego Sulinowa 10,3 %, dla Sulechowa 16,7% i (wyjątek) dla Iławy -11%. W przypadku próbek pozyskanych z drewna obstawy bocznej różnice średnich wartości modułu sprężystości wynosiły kolejno dla: Barlinka 16,0%, Człuchowa 9,1%, Bornego Sulinowa 6%, Sulechowa 29,3 % i (wyjątek) Iławy -10,2%. Charakterystyczny jest także brak zróżnicowania wartości odchylenia standardowego dla próbek strefy centralnej surowca doświadczalnego. Lepsze wyniki uzyskane z pomiaru właściwości sprężystych dla próbek laboratoryjnych można tłumaczyć znacznie większą jednorodnością materiału i prawie całkowitym brakiem anatomicznych wad drewna, które z kolei występowały w naturalnej ilości w elementach pełnowymiarowych. Z kolei na podstawie analizy współczynników zmienności wartości średnich można zauważyć, że pełnowymiarowe elementy wykazywały zbliżony rozrzut wyników.

Klasy wytrzymałości

Przeprowadzone badania właściwości mechanicznych polskiej sosnowej tarcicy konstrukcyjnej pochodzącej z pięciu wybranych krain przyrodniczo-leśnych wskazują na możliwość przyporządkowania polskich klas sortowniczych do ich europejskich odpowiedników, podobnie jak zaprezentował to w swojej pracy Krzosek (2009). Ze względu na właściwości sprężysto-wytrzymałościowe klasie KW przypisano klasę C30, klasie KG – C24, a klasie KG – C18. W oparciu o powyższe badania i klasyfikację wytrzymałościową tarcicy konstrukcyjnej PN-EN 338 postanowiono dokonać analizy wskazań jakościowych dla grup badanego surowca z poszczególnych nadleśnictw. Dokonano podziału wszystkich próbek litych na klasy wytrzymałościowe), które obowiązują podczas obrotu drewnem konstrukcyjnym na rynku europejskim (PN-EN 338:2016).

Klasę wytrzymałości określano tak jak dla próbek modelowych według PN-EN 338, przyjmując jako kryterium wyniki średniego modułu sprężystości oraz 5% kwantyl modułu

sprężystości. Wyniki przedstawiono w tabeli 4 i 5 w układzie podziału na próbki o przekroju promieniowym i stycznym oraz w tabeli 6 dla grupy próbek tarcicy bocznej kierowanej do klejenia.

Warunki spełniania wymogów dla określonych klas wytrzymałości PN-EN 338 wykazują, że oprócz próbek litych klejenie warstwowe drewna podnosi ogólną jakość drewna (poprawia cechy mechaniczne), z którego zostało wykonane, jednak poprawa nie jest znacząca. Elementy lite mimo początkowych bardzo stabilnych wydzieleń klasy wytrzymałości, posiadały w próbkach laboratoryjnych uzyskały najsłabsze wyniki klasyfikacji wytrzymałościowej, szczególnie w odniesieniu do materiału pozyskanego z przekroju promieniowym. Ma to związek z wadami występującymi w próbkach litych, które zostały wyeliminowane w elementach klejonych.

Na podstawie porównania wyników badań zaprezentowanych w powyższych tabelach, można stwierdzić, że wyższe klasy wytrzymałościowe uzyskano dla grupy elementów litych o przekroju stycznym. W tej grupie surowca otrzymano najwyższe wyniki dla tarcicy z Nadleśnictwa Iława. Niższe wskaźniki klasyfikacji (PN-EN 338) określono dla łącznego zestawienia wyników badań próbek litych surowca strefy centralnej w zależności od wartości modułu sprężystości dla przekroju poprzecznego badanego surowca. Jednocześnie widoczna jest wyrównana wytrzymałość elementów klejonych (tab. 6), dla których najsłabsze wyniki osiąga surowiec pochodzący z Nadleśnictwa Sulechów.

Tabela 4. Spełnienie warunku klas wytrzymałości PN-EN 338 wg modułu sprężystości surowca na długości dłużyc grupy elementów litych promieniowych
Table 4. The elastic modulus of the raw material overlog length in the group of solid radial elements in view of requirements for strength classes PN-EN 338

Klasa wytrzymałości Strength class	Oznaczenie powierzchni – Marking area														
	Próbki ze strefy odziomkowej Samples from the bott-end zone					Próbki ze strefy środkowej Samples from the central zone					Próbki ze strefy wierzchołkowej Samples from the top zone				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
C14	S	S	S	-	S	S	S	S	5%	S	S	S	S	5%	S
C16	S	S	S	-	S	S	Mod	S	-	5%	S	S	S	-	S
C18	-	S	S	-	S	5%	-	S	-	-	-	-	5%	-	5%
C20	-	-	S	-	-	5%	-	5%	-	-	-	-	5%	-	-
C22	-	-	S	-	-	5%	-	-	-	-	-	-	5%	-	-
C24	-	-	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	-	-
C27	-	-	5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C30	-	-	5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C35	-	-	5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

S – dana partia spełnia kryteria normy (the batch meets the standard requirements)
Mod – średni moduł sprężystości z danej partii spełnia warunki normy (the average modulus of elasticity from a given batch meets the standard requirements)
5% – 5% kwantyl modułu sprężystości spełnia warunki normy (the 5% quantile of the elastic modulus meets the standard requirements)

Warto jednak zaznaczyć, że wyniki badań, jak również dane publikacyjne, wskazują na znaczne zróżnicowanie właściwości mechanicznych polskiej sosnowej tarcicy konstrukcyjnej pochodzącej z różnych krain przyrodniczo-leśnych pomimo przynależności do tej samej klasy sortowniczej (Praca zbiorowa, 1964; Dziewanowski, 1967; Praca zbiorowa, 1974; Dzbeński, 2005; Nożyński, 2006; Krzosek, 2009). Porównując wyniki badań wymienionych autorów z rezultatami doświadczeń niniejszej pracy, można potwierdzić występowanie takiego zróżnicowania na korzyść zdecydowanie lepszych właściwości wytrzymałościowych drewna sosny pochodzącej z Nadleśnictwa Iława.

Weryfikacja wskaźników jakościowych przebadanego surowca sosnowego na długości dłużyc modelowych z powierzchni badawczych została ujęta również poprzez odniesienie do klas wytrzymałościowych drewna konstrukcyjnego w zgodności z PN-EN 386.

Zaprezentowane wyniki klasyfikacji surowca strefy centralnej o promieniowym układzie przyrostów rocznych wskazują na wysokie walory drewna strefy odziomkowej (Borne Sulinowo – C24) i stopniowy spadek właściwości w miarę zbliżania się do wierzchołka. Elementy wielkowymiarowe strefy wierzchołkowej uzyskały wyższe klasy wytrzymałości (Iława – C30) i 5% kwantyl modułu sprężystości. Ogólna weryfikacja prezentowanych wyników potwierdza niższe wskazania wytrzymałościowe (moduł sprężystości) dla surowca strefy środkowej. Wykazano jednocześnie wysokie walory tarcicy obstawy bocznej wykorzystanej do produkcji belek klejonych, oscylujące w przedziale klas wytrzymałościowych C14-C22.

Tabela 5. Spełnienie warunku klas wytrzymałości PN-EN 338 wg modułu sprężystości surowca grupy elementów litych stycznych na długości dłużyc
Table 5. The modulus of elasticity of timber in the group of tangential solid elements over log length in view of requirements for strength classes PN-EN 338

Klasa wytrzymałości Strength class	Oznaczenie powierzchni – Marking area														
	Próbki ze strefy odziomkowej Samples from the bottom zone					Próbki ze strefy środkowej Samples from the middle zone					Próbki ze strefy wierzchołkowej Samples from the upper zone				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
C14	S	S	S	S	S	S	S	S	-	S	S	S	S	S	S
C16	S	S	S	-	S	S	S	S	-	S	S	S	S	5%	S
C18	-	S	S	-	S	5%	5%	-	-	S	5%	S	S	-	S
C20	-	-	S	-	S	-	-	-	-	S	5%	S	S	-	S
C22	-	-	Mod	-	S	-	-	-	-	Mod	5%	5%	S	-	S
C24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	5%	5%	-	S
C27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	5%	5%	-	S
C30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	5%	5%	-	S
C35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	5%	-	-
C40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	-	-	-

Tabela 6. Spełnienie warunku klas wytrzymałości PN-EN 338 wg modułu sprężystości surowca grupy elementów klejonych z tarcicy strefy przyobwodowej na długości dłużyc
Table 6. The modulus of elasticity of timber in the group of glued elements from the circumferential zone over log length in view of requirements for strength classes PN-EN 338

Klasa wytrzymałości Strength class	Oznaczenie powierzchni – Marking area														
	Próbki ze strefy odziomkowej Samples from the bott-end zone					Próbki e strefy środkowej Samples from the center zone					Próbki ze strefy wierzchołkowej Samples from the top zone				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
C14	S	S	S	S	S	S	S	S	5%	S	S	S	S	Mod	S
C16	S	S	S	S	S	Mod	S	S	-	S	Mod	S	S	Mod	S
C18	S	S	5%	5%	S	-	Mod	-	-	S	Mod	-	S	Mod	S
C20	S	S	-	5%	S	-	-	-	-	-	-	-	S	-	S
C22	S	S	-	-	S	-	-	-	-	-	-	-	S	-	S
C24	5%	Mod	-	-	5%	-	-	-	-	-	-	-	5%	-	-
C27	5%	Mod	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	-	-
C30	5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	-	-
C35	5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	-	-
C40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Zapis PN-EN 386 wskazuje szereg wymagań w zakresie procesu produkcji konstrukcyjnych materiałów klejonych i nakazują stosowanie jednej grupy klejów podczas takiego procesu. Dotyczą one badań zarówno elementów konstrukcyjnych, ale także procesu produkcji oraz kontroli wytrzymałościowych każdej warstwy (PN-EN 14080; PN-EN 386). Konieczna jest kontrola połączeń wieloklinowych, które również wpływają na wytrzymałość wstęgi (PN-EN 387). Złożoność badań produkcji drewna klejonego pozwoliła jedynie na określenie szczególnie istotnych właściwości fizycznych i mechanicznych poklejonych próbek, których wyniki opisano w pracy.

Prędkość propagacji fal ultradźwiękowych i soniczny moduł sprężystości w drewnie sosny

Zastosowanie nieniszczących metod oceny właściwości materiałowych drewna ma ogromne znaczenie dla przemysłu drzewnego. Klasyfikacja nieniszcząca polega na określaniu właściwości fizycznych i mechanicznych materiału bez redukcji jego zastosowania. Wyniki takie osiąga się poprzez badania nieniszczące mechaniczne. W doświadczeniach naukowych potwierdzono również, że nieniszcząca ocena drewna stanowi narzędzie do zastosowana przemysłowego w celu poprawy kontroli jakości procesu oraz ujednolicenia właściwości produktów. Ponieważ właściwości mechaniczne i sprężyste drewna mają w większości pozytywną korelację liniową, często łączy się lub stosuje zamiennie metody statyczne i dynamiczne. W porównaniu do metody statycznej, metoda dynamicznego modułu sprężystości obejmuje wykorzystanie wibracji, czasu propagacji fali ultradźwiękowej i sposobu pomiaru tłumień falowych. Kierunki te zostały uwzględnione w ramach opracowania przy

zastosowaniu przyjętej w metodyce formy badań współczynnika prędkości i tłumienia fal ultradźwiękowych.

Wyniki badań „sonicznego" modułu sprężystości wraz z podstawowymi parametrami statystycznymi zestawiono w tabeli 7 i 8. W celu ułatwienia analizy tych wyników w tabeli 7 i 8 podano także przedziały gęstości badanych próbek z różnych powierzchni pobrania drewna. Analiza danych zawartych w tabeli 7 wskazuje, że średnie wartości modułów sprężystości dynamicznej są wyższe od podawanych w literaturze przeciętnych wartości dla badanego gatunku (Kollmann i Côté, 1968; Wood Handbook, 1974; Krzysik, 1978). Mieszczą się jednak w przedziale wskazywanym w literaturze dla tej wielkości.

Tabela 7. „Soniczny" moduł sprężystości w kierunku wzdłuż włókien drewna sosny strefy centralnej
Table 7. "Sonic" modulus of elasticity in the direction along the grain in the central zone of pine wood

Pochodzenie The origin of samples from the forest district	Gęstość drewna Density of wood (kg/m^3)			„Soniczny" moduł sprężystości "Sonic" modulus of elasticity(N/mm^2)					Odchylenie standardowe Standard deviation ±S (N/mm^2)	Współczynnik zmienności Coefficient of variation V (%)
	min.	średnia average	max.	min.	klasa class	średnia average	klasa class	max.		
Barlinek	466	566	661	9053	C35	12936	C30	16148	1139	8,80
Człuchów	466	551	645	8807	C35	12460	C30	15362	1202	9,50
Borne Sulinowo	502	556	697	10824	C50	12885	C30	15058	1015	7,87
Sulechów	424	557	661	8950	C35	12956	C30	16180	1367	10,55
Iława	425	567	725	7908	C27	12922	C30	15896	1454	11,25

Związki dynamicznego (sonicznego) modułu sprężystości w kierunku wzdłużnym z gęstością badanych gatunków drewna potwierdzono w przeprowadzonych badaniach.

Analiza powyższych zależności wykazuje, że korelacja pomiędzy modułem sprężystości a gęstością drewna dla sosny jest istotna. Wzrost wartości modułu sprężystości wynika z faktu wpływu gęstości drewna sosny na prędkość propagacji fal ultradźwiękowych.

Tabela 8. „Soniczny" moduł sprężystości w kierunku wzdłuż włókien drewna sosny obstawy bocznej
Table 8. „Sonic" modulus of elasticity in the direction along the grain in side board timber

Pochodzenie The origin of samples from the forest district	Gęstość drewna Density of wood (kg/m3)			„Soniczny" moduł sprężystości "Sonic" modulus of elasticity (N/mm^2)					Odchylenie standardowe Standard deviation ±S (N/mm^2)	Współczynnik zmienności Coefficient of variation V (%)
	min.	średnia average	max.	min.	klasa class	średnia average	klasa class	max.		
Człuchów	536	554	572	12023	C50	12863	C30	13464	1219	9,4
Barlinek	529	571	600	12507	C50	13215	C35	14080	1065	8,1
Borne Sulinowo	502	543	599	11327	C50	12718	C30	14219	1089	8,6
Iława	533	563	596	8173	C30	12972	C30	13750	1411	10,8
Sulechów	522	553	577	8950	C35	12956	C30	16180	1372	10,6

Potwierdzono związki pomiędzy modułem sprężystości drewna a jego gęstością, które są silniejsze aniżeli zależności między gęstością a prędkością propagacji fal ultradźwiękowych.

Z badań wynika, że wartość dynamicznego (sonicznego) modułu sprężystości wzrasta wraz ze wzrostem gęstości drewna. Zależność ta jest konsekwencją wcześniej prezentowanego związku pomiędzy prędkością propagacji fal ultradźwiękowych i gęstością drewna.

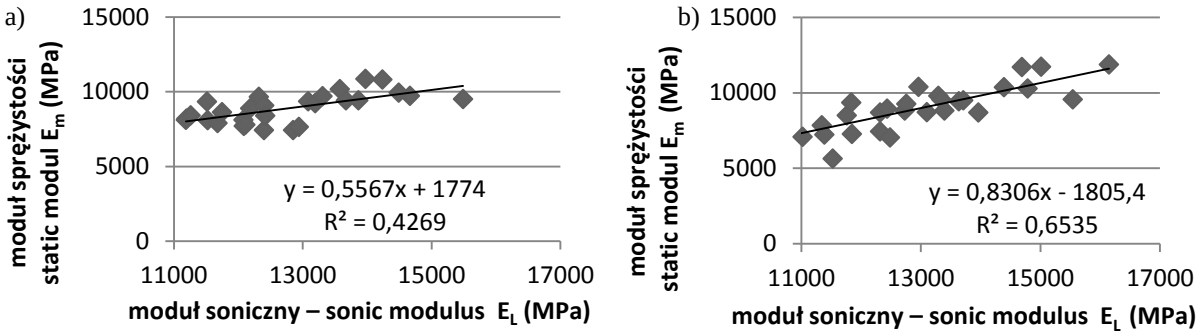
Dźwięk w drewnie klejonym rozchodzi się szybciej aniżeli w litej belce drewnianej. Powyższe porównania wskazują wpływ gęstości na kształtowanie się wskaźnika „sonicznego" modułu sprężystości. Podejmując się analizy badanego zjawiska, należy przyjąć, że gęstość drewna nie może być jednoznacznym wyznacznikiem prędkości rozchodzenia się wzdłuż włókien fal ultradźwiękowych.

Porównując średnie wartości określonego metodą wytrzymałościową modułu sprężystości i „sonicznego" modułu z analogicznymi danymi oznaczonymi dla drewna litego oraz klejonego, można stwierdzić, że moduł sprężystości drewna określony w badaniach wytrzymałościowych charakteryzował się niższymi wartościami w odniesieniu do wskazań uzyskanych w metodzie wykorzystującej efekt propagacji fali akustycznej. Zauważalne jest także zmniejszenie wartości wskaźnika odchylenia standardowego w doświadczeniach opartych na sonicznym module sprężystości. Powyższe ustalenia wydają się bardzo istotne przy wykorzystywaniu metody ultradźwiękowej do oceny technicznej drewna.

Dokonując oceny ustalonego wskaźnika modułu sprężystości dynamicznej według zasad klasyfikacji wytrzymałościowej PN-EN 338, określono klasy wytrzymałości dla doświadczalnego surowca sosnowego. W spełnionych warunkach granicznych 5% kwantylu modułu sprężystości wzdłuż włókien tarcica strefy centralnej została zaklasyfikowana do klas od C27 do C50. Wartości średnie modułu sprężystości dynamicznej w tej strefie pochodzenia surowca zostały sklasyfikowane wyłącznie jako zgodne z klasą C30. Wyższe oceny w powyższej klasyfikacji uzyskał surowiec strefy przyobwodowej, mieszcząc się w klasach od C30 do C50 dla trzech badanych powierzchni. Wartości średnie modułu sprężystości w przypadku tarcicy bocznej w większości również utrzymywały się w klasie C30 z wyjątkiem powierzchni II (Barlinek), gdzie tarcicy nadano klasę wytrzymałości C35.

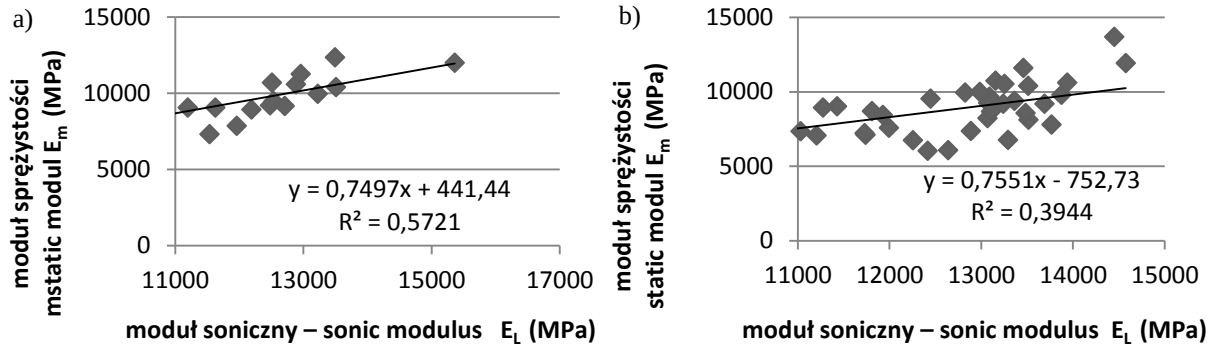
Dokonując bezpośredniego porównania modułu dynamicznego (sonicznego) oraz statycznego modułu sprężystości dla tak zinterpretowanych wyników klasyfikacji wytrzymałościowej, można stwierdzić, że metody soniczne pozwalają na nadanie wyższych klas wytrzymałościowych tarcicy sosnowej. Wskaźniki spełniające warunki średnich modułów sprężystości w metodzie mechanicznej nieniszczącej pozwoliły na nadanie sortymentom tartym strefy centralnej klas C16 - C22. Tarcica boczna spełniała średnie wymagania, przypisane dla klasy C14 - C22. Tak zestawione wyniki potwierdzają znaczną różnicę w klasyfikacji wytrzymałościowej pomiędzy zastosowanymi metodami badań nieniszczących.

W analizie przedmiotowego problemu postanowiono dokonać porównawczego zestawienia wyników doświadczeń uzyskanych w ocenie prędkości propagacji fali akustycznej oraz w badaniach maszynowych nieniszczących z zastosowaniem czteropunktowego zginania. Wzajemne relacje badanych właściwości zaprezentowano na rycinach 4-8.



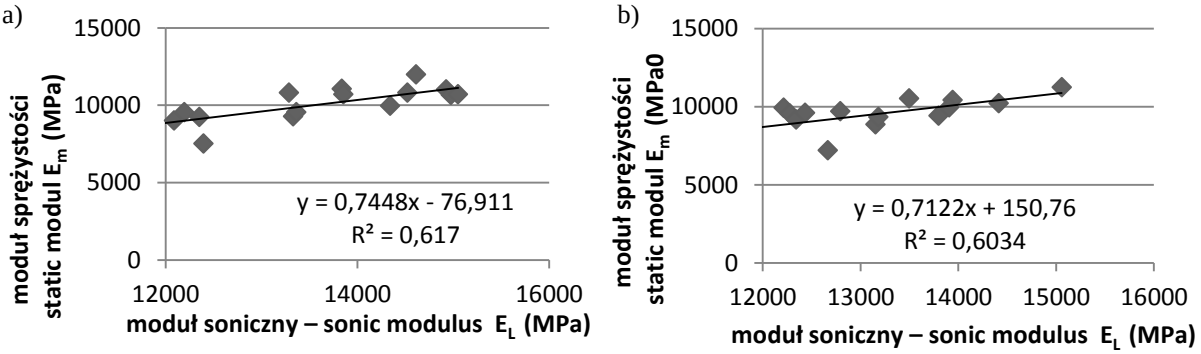
Ryc. 4. Zależność sonicznego modułu sprężystości od określonego mechanicznie modułu Younga drewna litego sosny z Nadleśnictwa Barlinek: a) próbki o układzie stycznym, b) próbki o układzie promieniowym

Fig. 4. Dependence of sonic modulus of elasticity on the mechanically determined Young's modulus of solid pine wood from the Barlinek forest district: a) tangential samples, b) radial samples



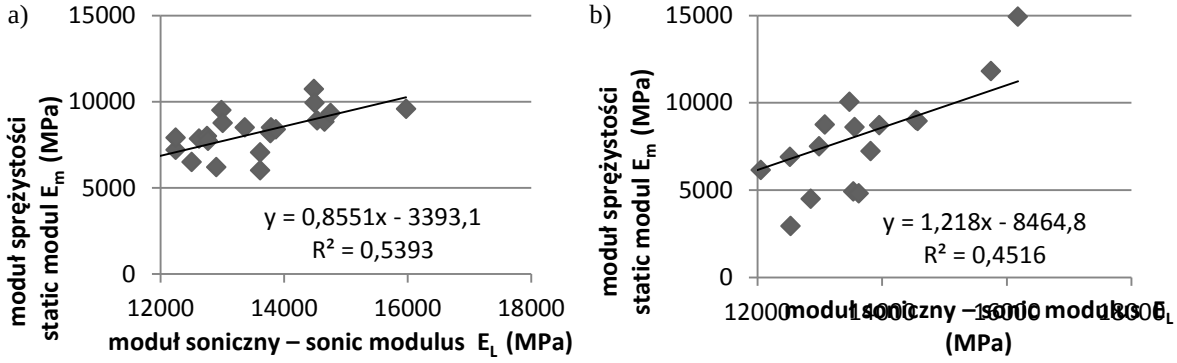
Ryc. 5. Zależność sonicznego modułu sprężystości od określonego mechanicznie modułu Younga drewna litego sosny z Nadleśnictwa Człuchów: a) próbki o układzie stycznym, b) próbki o układzie promieniowym

Fig. 5. Dependence of sonic modulus of elasticity on the mechanically determined Young's modulus of solid pine wood from the Człuchów forest district: a) tangential samples, b) radial samples



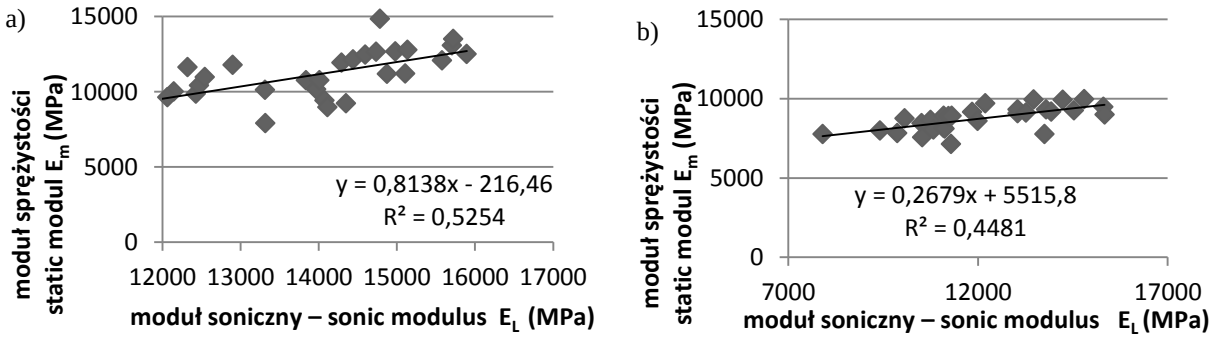
Ryc. 6. Zależność sonicznego modułu sprężystości od określonego mechanicznie modułu Younga drewna litego sosny z Nadleśnictwa Borne Sulinowo: a) próbki o układzie stycznym, b) próbki o układzie promieniowym

Fig. 6. Dependence of sonic modulus of elasticity on the mechanically determined Young's modulus of solid pine wood from the Borne Sulinowo forest district: a) tangential samples, b) radial samples



Ryc. 7. Zależność sonicznego modułu sprężystości od określonego mechanicznie modułu Younga drewna litego sosny z Nadleśnictwa Sulechów: a) próbki o układzie stycznym, b) próbki o układzie promieniowym

Fig. 7. Dependence of sonic modulus of elasticity on the mechanically determined Young's modulus of solid pine wood from the Sulechów forest district: a) tangential samples, b) radial samples



Ryc. 8. Zależność sonicznego modułu sprężystości od określonego mechanicznie modułu Younga drewna litego sosny z Nadleśnictwa Iława: a) próbki o układzie stycznym, b) próbki o układzie promieniowym

Fig. 8. Dependence of sonic modulus of elasticity on the mechanically determined Young's modulus of solid pine wood from the Iława forest district: a) tangential samples, b) radial samples

W odniesieniu do porównania właściwości tarcicy głównej z różnych rejonizacji, zweryfikowanych w dwóch odrębnych metodycznie badaniach modułu sprężystości, bezsprzecznie można zauważyć, iż wyniki „soniczne" uzyskują wyższe wartości aniżeli moduł odczytany w przypadku badań wytrzymałościowych pozyskanych na drodze testów mechanicznych. Jednocześnie widoczna jest tendencja do utrzymania wyższych wskazań modułu sonicznego, czego potwierdzeniem są dodatnie wartości współczynników kierunkowych dla tych parametrów. Rezultaty uzyskiwane w tym badaniu charakteryzują się mniejszymi wskazaniami współczynnika zmienności, w stosunku do testów próbek na maszynie wytrzymałościowej.

W odniesieniu do porównania wyników uzyskiwanych w odrębnych metodycznie badaniach modułu sprężystości dla drewna z obstawy bocznej zaobserwowano, iż wyniki „soniczne" uzyskują zbliżone wartości. Jednocześnie stwierdzono rozbieżność wskazań w przypadku badanego surowca pochodzącego z Nadleśnictwa Człuchów i Barlinek, gdzie wskazania modułu sonicznego posiadały odniesienie do niższych wartości obliczonego modułu ustalonego w badaniach maszynowych. Wartości uzyskiwane w pozostałych nadleśnictwach wykazywały podobne tendencje skorelowanego wzrostu w obu wskazaniach badanej charakterystyki materiału zbieżne dla tarcicy głównej i bocznej.

Wnioski i ocena efektów końcowych

Wyniki przeprowadzonych badań i analiza związana z określeniem jakości drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) dla wybranej rejonizacji Polski Zachodniej w przypadku siedliska lasu mieszanego świeżego i drzewostanów 90-120-letnich pozwalają sformułować następujące wnioski:

- Potwierdzono liniową zależność udziału strefy twardzielowej w funkcji od średnicy badanych kłód sosnowych. Wzrost średnicy twardzieli d_{tw} jest proporcjonalny do zmiany średnicy kłód. Stwierdzono, że wzrost średnicy kłód wiąże się ze wzrostem udziału objętościowego strefy twardzielowej, którego trend mieścił się w granicach 35-43%.

- Pomimo względnie dużego zróżnicowania szerokości przyrostów rocznych badanego drewna sosny z terenów Polski Zachodniej, średnia słoistość elementów litych kształtuje się na poziomie 2,2 mm, wykazując najmniejsze przyrosty w przyobwodowej części kłód, co pozwala je zaliczyć do materiału wąskosłoistego.
- Badane drewno sosny zwyczajnej o wilgotności 12% pozyskane z powierzchni doświadczalnych charakteryzuje się średnią gęstością 560 kg/m^3, która to klasyfikuje surowiec jako drewno w klasie C45 według PN-EN 338 dla tego gatunku. Zdecydowanie mniejsze zróżnicowanie średniej gęstości drewna zanotowano dla elementów strefy przyobwodowej.
- Wskaźniki wydajności przyjęte do racjonalnego przerobu surowca sosnowego w przypadku przetarć zintegrowanych kształtują się dla przetarcia jednokrotnego: 73%, Wydajność materiałowa przerobu wtórnego wynosi odpowiednio: 55% i 52,5%, a na etapie prefabrykacji wynosi około 38 - 40%.

- Na podstawie klasyfikacji PN-EN 338 sosnowych elementów wielkowymiarowych strefy centralnej przekroju pnia, dla poszczególnych badanych powierzchni, uzyskano wyniki oceny wytrzymałościowej w zakresie od C16 do C22. Moduł sprężystości sosnowych elementów wielkowymiarowych uzyskanych ze strefy przyobwodowej surowca pozwolił na dokonanie klasyfikacji wytrzymałościowej (PN-EN 338) w przedziale od C14 do C22. W badanych grupach elementów wielkowymiarowych stwierdzono równomierne wskazania klasyfikacyjne, co jest charakterystyczne dla materiałów o ujednoliconej budowie.
- W odniesieniu do wyników uzyskiwanych w dwóch odrębnych metodycznie testach modułu sprężystości elementów wielkowymiarowych litych można zauważyć wyższe wyniki badania „sonicznego" w odniesieniu do modułu sprężystości uzyskanego w maszynowym zginaniu próbek.
- Uzyskane wyniki wskazują na dobre właściwości wytrzymałościowe drewna sosny zwyczajnej jako surowca konstrukcyjnego, a uzyskane z nich próbki klejone charakteryzują się właściwościami porównywalnymi do elementów z drewna litego.

Zaprezentowane badania służą pozyskaniu wiedzy koniecznej do ustalenia systemu oceny jakościowo-wytrzymałościowej klejonych materiałów drzewnych oraz elementów litych. Pozwalają one na określenie wpływu podstawowych czynników technologicznych w różnych etapach produkcyjnych na jakość pozyskanych wyrobów przerobu wraz z przyjętą klasyfikacją jakościową materiałów konstrukcyjnych. Wyniki opracowania przyczynią się do optymalizacji procesu wytwórczego, a jednocześnie zwiększenia efektywność przerobu drewna sosnowego na wysokiej jakości elementy konstrukcyjne. Przeprowadzenie doświadczeń praktycznych (przerobów eksperymentalnych z uwzględnieniem wpływu czynników technologicznych na wydajność materiałową pierwiastkowego i wtórnego przerobu surowca) pozwoliło na opracowanie danych technologicznej przydatności sosnowego surowca tartacznego z terenów Polski Zachodniej do produkcji określonych sortymentów konstrukcyjno-budowlanych o wymaganej jakości.

Dokonanie jakościowej analizy porównawczej poddanego przerobom surowca sosnowego dla celów konstrukcyjnych, z uwzględnieniem pochodzenia z poszczególnych krain przyrodniczo-leśnych Polski, pozwoliło na pogłębienie dotychczasowej wiedzy na temat rodzimego drewna sosnowego i jego przydatności dla budownictwa. Ocena przydatności surowca sosnowego została odniesiona do współczesnych wymagań normatywnych obowiązujących w Unii Europejskiej.

Porównawczy charakter przeprowadzonych analiz i dociekań uwzględniający badania nieniszczące może stanowić uzupełnienie wiedzy na temat klasyfikacji jakościowej tarcicy sosnowej litej i klejonej warstwowo z przeznaczeniem dla potrzeb budownictwa.

5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO – BADAWCZYCH

Głównym nurtem mojej działalności naukowo-badawczej są wskaźniki technologiczne pierwiastkowego przerobu drewna oraz jego przydatność w zależności od rodzaju surowca i stosowanych technologii pozyskania materiałów tartych. Obejmował on następującą problematykę badawczą:

- Technologie pierwiastkowego przerobu drewna iglastego i liściastego,
- Przydatność drewna gatunków szybkorosnących do przerobów tartacznych,
- Charakterystyka technologiczna i przydatność drewna iglastego i liściastego do produkcji tarcicy i wyrobów litych,
- Przeroby drewna iglastego na sortymenty tarcicy konstrukcyjnej.

Od początku zatrudnienia w 1998 roku w Katedrze Mechanicznej Technologii Drewna Akademii rolniczej w Poznaniu im. A. Cieszkowskiego (obecnie Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu) do chwili obecnej, podstawowym obszarem moich zainteresowań badawczych jest tematyka racjonalnego zagospodarowania surowca drzewnego, kierowanego do przerobów mechanicznych. Dotyczy ona przede wszystkim wskaźników wydajnościowych i jakościowych, w procesach przetarcia i prefabrykacji surowca drzewnego na materiały przeznaczeniowe, dla różnych gałęzi przemysłu drzewnego. Badania w tej tematyce prowadzono już w początkowych latach ubiegłego wieku. Związane one były przede wszystkim z wytwarzaniem drzewnych materiałów litych i modyfikację gotowych półproduktów, dodatkami substancji wiążącymi podnoszącymi wydajność tego procesu. W produkcji materiałów tartych iglastych i liściastych oprócz aspektów jakościowych znaczną rolę odgrywa dostosowanie szeregów wymiarowych produktów do dostępnego przekroju surowca drzewnego. Stosowanie nowoczesnych technologii znacząco podnosi możliwości racjonalnego gospodarowania dostępnymi zasobami surowcowymi. W realizowanych przeze mnie badaniach potwierdzono przydatność procesów numerycznego sortowania i programowania przetarć na poprawę wskaźników wydajności ilościowej.

W dalszych badaniach skoncentrowałem się na racjonalności wykorzystania surowca generowanego przez gatunki szybkorosnące. W wyniku prowadzonych badań wskazano, że można osiągnąć wysokie wskaźniki wydajności jakościowe przerobów dla drewna daglezji zielonej (*Pseudotsuga menzesi*i Fir.). Dostosowanie technologii przetarć, w zależności od pochodzenia surowca i jego dojrzałości technicznej, wpływa na kształtowanie się wskaźników wydajności. Badania, nad zastosowaniem drewna daglezji zielonej, w grupie gatunków szybkorosnących przyczyniły się do potwierdzenia, że wprowadzenie tego surowca w obszar przerobów przemysłowych, gwarantuje poprawę procesu technologicznego, określanego poprzez wydajność materiałową ilościową i jakościową uzyskiwanych półfabrykatów przeznaczniowych bez wad. Przy zastosowaniu technik analitycznych i numerycznych, dokonałem analizy wpływu rozkładu cech jakościowych surowca daglezjowego na jego przydatność dla potrzeb wybranych gałęzi przemysłu drzewnego. Wyniki badań uzyskane przy pomocy siatek wymiarowych elementów umownych skłaniają do stwierdzenia, że dostosowanie wydajnościowe przerobów tartacznych do potrzeb odbiorców półfabrykatów

drzewnych jest ściśle zależne od struktury wymiarowej tych elementów. Wskaźnik wydajności rośnie w miarę wzrostu szerokości przetwarzanego surowca okrągłego oraz w zależności od szerokości prefabrykowanej tarcicy. Ponadto stwierdzono, że jakość surowca pogarsza się w miarę oddalania od strefy odziomkowej.

Badania te realizowane były między innymi w ramach projektu badawczego (KBN Nr 3P06L3624). W zakresie podobnych działań, tzn. związanych z badaniami jakości drewna daglezjowego opracowano i zaprezentowano szereg referatów i artykułów (P1, P4, M1, PN1).

W latach 2002-2005 uczestniczyłem w realizowanych w Katedrze Mechanicznej Technologii Drewna projektach badawczych interdyscyplinarnych i finansowanym przez KBN (Nr 9/TD/22/WI/03, Nr 3/22/WI/07/AE Nr 2 P06L 022 26). Dotyczyły one wpływu oddziaływania zmiennych warunków przerobu drewna na ich optymalizację i efektywność produkcji wyrobów. Zapoczątkowały one cykl badań kontynuowanych do tej pory. Czynniki determinujące poziom racjonalnego przetarcia drewna cennych gatunków liściastych oraz iglastych uzależnione są od struktury przeznaczeniowej planowanych wyrobów oraz właściwego doboru technologii przerobów indywidualnych. Efekty działań są zależne od czasu pozyskania surowca, zapotrzebowania rynkowego i intensywności jego oddziaływania, a ich ocena podlega obiektywnym kryteriom tak materiałowym, jak i ekonomicznym. W badaniach drewna i materiałów drzewnych ważna jest ocena właściwości jakościowych po procesie ich produkcji, która jednocześnie będzie miarodajna z punktu widzenia szacowania ich właściwości w okresie użytkowania oraz pozwoli na określenie funkcjonalności powstałych przy ich zastosowaniu produktów. Stosowanie procesów przetarcia indywidualnego, gwarantuje uzyskanie zarówno wysokiej wydajności ilościowej, jak również odpowiedniego poziomu jakościowego. W okresie intensywnych prac związanych z problemem wykorzystania zasobów drewna iglastego na rzecz rozwoju budownictwa drewnianego uczestniczyłem w realizacji 2 projektów badawczych KBN (N309 026639, N309 109040). W moim przypadku prace dotyczyły oceny przydatności surowca sosnowego do określonych zastosowań konstrukcyjnych w oparciu o badania wytrzymałościowe niszczące i nieniszczące. Wskazano na zalety wstępnego sortowania surowca sosnowego w celu wyeliminowania wpływu negatywnego rozkładu wad na właściwości mechaniczne elementów wielkowymiarowych dla zastosowań budowlanych. Zastosowanie metody wstępnego sortowania pozwoliło na znaczące ograniczenie odrzutów w ramach badań, zgodnych z wymaganiami PN-EN 338, PN-EN 384 i PN-EN-1995-1-1. Badania weryfikowano o ocenę zgodną z PN-82/D-94021 dostosowaną do wymagań europejskich w formie PN-D-94021:2013. W ramach tego zakresu badań przeprowadzono także porównanie poziomu wykorzystania materiałów tartych w zależności od pochodzenia na przekroju poprzecznym drewna okrągłego. Za najkorzystniejsze z punktu widzenia badań uznano tarcicę boczną, stanowiącą znaczny udział produktów przerobu drewna okrągłego. W badaniach dotyczących problemu zagospodarowania tarcicy obstawy bocznej potwierdzono, że jest to surowiec o znacznym potencjale jakościowym, jednak ze względu na wymiary przekroju poprzecznego oraz występowanie wad budowy anatomicznej, może wymagać wprowadzenia dodatkowych procesów obróbczych i zastosowanie systemów klejowych, które wpływają na ujednoliconą jakość i wymiary uzyskiwanych produktów gotowych. Wyniki badań w tym zakresie przedstawiono między innymi w 7 artykułach naukowych (P30, **P31**, **P40**, P41, P42, P44, P60), referatach i komunikatach naukowych

(K6, K7, K8, K9).

Ograniczona podaż surowca drzewnego oraz panująca konkurencja o jego pozyskanie, pomiędzy przemysłem celulozowo-papierniczym, energetyką, a intensywnie rozwijającym się przemysłem materiałów drewnopochodnych spowodowały, że w zakresie moich zainteresowań badawczych pojawiły się zagadnienia dotyczące wykorzystania drewna niskiej jakości. Istotnym osiągnięciem okazało się wykazanie, że sortymenty średniowymiarowe w przypadku precyzyjnego sortowania mogą stanowić substytut przeznaczeniowe surowca wielkowymiarowego. W podobnym kierunku zmierzają także realizowane przeze mnie badania nad możliwością wykorzystania surowca dębowego do produkcji drzewnych materiałów podłogowych, stawiających wysokie wymagania o charakterze wizualnym. Pomimo szeregu utrudnień związanych z pozyskiwaniem i sortowaniem drewna średniowymiarowego oraz kumulowaniem w jego strukturze wad budowy anatomicznej, można z nich wytwarzać produkty o właściwościach spełniających kryteria materiałów o wysokich wymaganiach jakościowych. Jednocześnie poziom wydajności uzyskiwany w przerobach grupowych dla surowca średniowymiarowego jest niższy niż dla drewna wielkowymiarowego klas jakości. Na wskaźniki te wpływają właściwości materiałów tartych (niejednorodna budowa, duży udział wad budowy anatomicznej, niewłaściwa geometria). Mimo to drewno iglaste średniowymiarowe stanowi znaczący potencjał surowcowy dla potrzeb przerobów mechanicznych. Formowanie kłód i wałków kierowanych do przetarć, generowane jest przydatnością tego surowca dla takich kierunków przerobu jak program architektury ogrodowej czy na wyroby opakowaniowe. Dodatkowe zalety wykorzystania tej postaci surowca to aspekt ekonomiczny i poziom dostępności, konkurencyjny z drewnem wielkowymiarowym. Technologię przetwarzania drewna średniowymiarowego charakteryzuje łatwość transportu, bez konieczności stosowania specjalistycznego sprzętu i skomplikowanych linii technologicznych. Zaprojektowane formy przetarcia można bardzo szybko zrealizować w oparciu o proste technologie bazujące na pilarkach wielotarczowych, w przeciwieństwie do działań związanych z kształtowaniem drewna wielkowymiarowego. Ograniczeniem są wskaźniki jakościowe generowane w przerobie wtórnym, charakterystycznym dla prefabrykacji i wytwarzania produktów finalnych. Wykonywanie prefabrykatów z tego materiału, mimo niższych wskaźników wydajności, pozwala na zwiększenie efektywności uzyskiwanych wyrobów gotowych. Od dłuższego czasu rośnie skala jej przerobu i zakres zastosowań drewna średniowymiarowego gatunków europejskich. Bezpośrednie porównanie właściwości jakościowych działa niestety na niekorzyść tej grupy surowcowej w stosunku do drewna wielkowymiarowego. Wyniki prac zawarto między innymi w 5 publikacjach (**P49**, P50, P51, P52 i **P57**, K13**)** i komunikatach naukowych.

Zmiany dotyczące klasyfikacji i przerobu surowca drzewnego związane są z badaniami, które obejmują wykorzystanie drewna specjalnego. Ten surowiec wymaga szczególnego sposób traktowania – poprzez odpowiednie procesy manipulacyjne, jak i przyjmowanych metod przetarć i prefabrykacji. W ujęciu technologicznym wzrost średnicy i długości przetwarzanych sortymentów - wpływają na podniesienie zarówno użyteczności, jak i wydajności materiałowej na kolejnych poziomach obróbki, co istotnie podnosi efektywność produkcji. Dostosowanie przetarć do parametrów jakościowo wymiarowych surowca przekłada się na efektywne wykorzystanie drewna w procesie produkcji półfabrykatów przeznaczeniowych. Badania związane z surowcem dębowym zostały zaprezentowane między

innymi w 4 publikacjach tematycznych (**JCR2**, **P60**, **P62**, P64).

W obszarze moich zainteresowań dotyczących zintegrowanych procesów przerobu drewna okrągłego znalazła się sosna zwyczajna, świerk i modrzew. Badano wpływ czynników technologicznych na wskaźniki wydajności ilościowej i jakościowej pozyskiwanych materiałów tartych oraz elementów przeznaczeniowych. Oprócz materiałów tartych powstających w procesie głównego przetarcia, badałem udział produkty ubocznych powstających w zakładach tartacznych. Przebadany surowiec pochodzący z wybranych lokalizacji w Polsce generuje zmienne ilości produktów ubocznych w zależności od przyjętych technologii przetarcia, poprzez zmienne parametry obróbcze uwzględniające przedziały wymiarowe przerabianego surowca drzewnego. Powstała gama rodzajowa produktów ubocznych generuje wartość dodaną przerobu i jest głównie wykorzystywana w produkcji płyt drewnopochodnych oraz na materiały energetyczne, co oddziałuje w znacznym stopniu na zmniejszony poziom zanieczyszczenia środowiska. W prowadzonych badaniach wskazano wpływ gatunkowy i dobór rozwiązań technologicznych przerobów, na poziom obciążeń produktami ubocznymi i wykazano główne czynniki pozwalające na ich minimalizację. Wyniki tych badań przedstawiono w publikacjach i komunikatach naukowych (P53, P54, P58, P66, PN6).

W obecnych badaniach, realizowanych w Katedrze Tworzyw Drzewnych, w projekcie badawczym finansowanym przez NCBR (Biostrateg 3/344303/1/NCBR/2018), poszukiwane są racjonalne kierunki zastosowania dla dostępnego surowca sosnowego zarówno w postaci tarcicy, jak i produktów ubocznych. Dobór surowca do potrzeb nowych produktów konstrukcyjnych weryfikowany jest poprzez jego odpowiednią rejonizację i pre-sortowanie, co obniżyłoby koszty wytwarzania tego materiału i ułatwiłoby dostęp do surowca z ograniczonej bazy surowcowej w Europie. Badania te mają charakter utylitarny. Dla oceny surowca stosowane są normatywy europejskie oraz krajowe zasady klasyfikacji jakościowej. Zasady te mają swoje podłoże w wydzieleniu kierunków przerobu drewna okrągłego. Do oceny wybrano typy siedliskowe, charakterystyczne dla występowania sosny zwyczajnej. Ocenie poddano siedliska od wstępnie rozpoznanego boru świeżego, poprzez las mieszany świeży. Do badań wydzielono powierzchnie reprezentujące główne krainy przyrodniczo leśne Polski. Uzyskany materiał dobrano metodycznie zgodnie z przyjętymi kryteriami wyboru modelowego, w celu oszacowania potencjalnych cech technicznych w oznaczaniu wytrzymałości na zginanie, modułu sprężystości przy zginaniu, wytrzymałości na rozciąganie, jakości sklejenia. W wyniku wstępnie przeprowadzonych badań stwierdzono, że z punktu widzenia klasyfikacji jakościowej wytrzymałości na zginanie, oczekiwanymi rezultatami charakteryzuje się drewno strefy środkowej o stycznym układzie przyrostów rocznych. Uwzględniając wpływ innych właściwości fizycznych (gęstość, słoistość), na wymagania stawiane materiałom jakie oferuje drewno sosny z terenów Polski Zachodniej. Badania prowadzone są również w odniesieniu do wpływu rozkładu wad na pobocznicy drzew modelowych, uwzględnianym w klasyfikacji jakościowo wytrzymałościowej surowca drzewnego, a uzyskiwanymi właściwościami wyrobów tartacznych. W chwili obecnej kontynuuję badania nad poprawą doboru surowca sosnowego dla potrzeb wysoko wymagających działów gałęzi przemysłu drzewnego, jaką jest budownictwo drewniane i stolarka otworowa. Dotychczasowy dorobek naukowy w tym zakresie to między innymi 3

opublikowane artykuły (**P63**, **JCR3, JCR4**), oraz przygotowywane kolejne.

Uzyskane dotychczas wyniki są przede wszystkim przedstawiane jako oryginalne prace twórcze w renomowanych czasopismach z listy A i B wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, jak również na konferencjach krajowych i międzynarodowych oraz seminariach w formie wystąpień i/lub sesji posterowych.

Mój łączny dorobek naukowy, wliczając prace składające się na osiągnięcie naukowe obejmuje 5 publikacji z listy A, oraz 68 z listy B. Szczegółowy wykaz osiągnięć naukowych przedstawiono w załączniku nr 5.

6. Literatura

Andrzejewski, R., Weigle, A. (2003). Różnorodność biologiczna Polski. Warszawa, Narodowa Fundacja Ochrony Środowiska.

Baszeń, M. (2004). Model obliczeniowy elementów z otworami konstrukcji szkieletowych budynków drewnianych z poszyciem wraz z weryfikacją doświadczalną. Praca doktorska, Politechnika Białostocka, Białystok 2004.

Białobok, S., Boratyński A., Bugała W. (1993). Biologia sosny zwyczajnej, PAN , Poznań-Kórnik s. 45–66.

Blass, H.J., Romani, M. (2001). Tragfähigkeitsuntersuchungen an Verbundträgern aus BS-Holz und Faserverbundkunststoff-Lamellen. In: Holz als Roh- und Werkstoff 59, 364-373.

Bodig, J., Jayne, B., (1982). Mechanics of Wood and Wood Composites. Van Nostrand Reinhold Company, New York Cincinnati Toronto London Melbourne.

Buchholz, J. (1975). Jakość sosnowego drewna tartacznego jako kryterium dojrzałości technicznej drzew i drzewostanów. Roczniki AR Poznań. Rozprawa hab. nr 55.

Buchholz, J. (1984). Wpływ wieku na jakość techniczną drewna sosnowego. Folia Forestalia Polonica Seria B, zeszyt 15.

Buchholz, J., Hruzik, G.J. (1981). Jakość techniczna sosnowego drewna tartacznego reprezentującego drzewostany boru mieszanego świeżego. PTPN, Prace Komisji Technologii Drewna nr 10, 3-12.

Buchholz, J., Hruzik, J.G. (1970). Z badań nad ustaleniem wymiernej zależności pomiędzy jakością sosnowego drewna tartacznego i produkowanych z niego materiałów tartych. Rocznik WSR, Poznań.

Buchholz, J., Hruzik, J.G., Meyer, B. (1990). Badania wybranych właściwości sosnowego drewna tartacznego pochodzącego z baz surowcowych objętych szkodami leśnymi. Folia Forest Polonica, Seria B, zeszyt 21, Poznań.

Buczkowski, W. (2000). Budownictwo ogólne. Tom 1. Materiały i wyroby budowlane, Arkady, Warszawa.

Buczkowski, W. (2010). Budownictwo ogólne. Tom 4, Konstrukcje budynków. Arkady, Warszawa.

Burmester, A. (1965). Zusammenhang zwischen Schallgeschwindigkeit und morphologischen, physikalischen und mechanischen Eigenschafen von Holz. Holz als Roh-und Werkst, 6, 227-236.

Cedro, A., Cedro, B. (2018). Influence of climatic conditions and air pollution on radial growth of Scots pine (Pinus sylvestris L.) in Szczecin's city forests. LeśnePraceBadawcze / Forest Research Papers, Czerwiec / June 2018, Vol. 79 (2). 105–112.

Centrum Budownictwa Szkieletowego (2004). Katalog budownictwa drewnianego 2004. CBS, Gdańsk.

Chmielowski, J., Kozakiewicz, P., Buraczyk, W. (2018). Variability of annual rings and density of Scots pine (Pinus sylvestris L.) wood of Bolewice origin from the provenance surface in Rogów. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology No 102, 11–15.

Czerwiński, T. (2006). Budownictwo ludowe w Polsce, Wydawnictwo Sport i Turystyka – MUZA SA, Warszawa.

Czuczeło, K. (2005). Badanie drewna klejonego warstwowo z tarcicy sosnowej sortowanej wytrzymałościowo. Praca doktorska. Warszawa.

DIN EN 1927-2:2008-06 Qualitäts-Sortierung von Nadel-Rundholz – Teil 2: Kiefern.

Dzbeński, W. (1984). Nieniszczące badania mechanicznych właściwości iglastej tarcicy konstrukcyjnej wybranymi metodami statycznymi i dynamicznymi (rozprawa habilitacyjna). Wyd. SGGW-AR, Warszawa.

Dzbeński, W. (1994). Normalizacja w polskim drzewnictwie na tle wymagań europejskich. Przemysł Drzewny 10/1994.

Dzbeński, W. (1995). Polska tarcica budowlano-konstrukcyjna na tle wymagań europejskich. IX Konferencja Naukowa Wydziału Technologii Drewna SGGW, Warszawa.

Dzbeński, W., Korczewski, A. O. (1973). Wpływ prawodawstwa leśnego na zaopatrzenie przemysłu drzewnego w surowiec tartaczny. Przemysł Drzewny nr 4/1973.

Dzbeński, W., Kozakiewicz, K., Krzosek, S. (2005). Wytrzymałościowe sortowanie tarcicy budowlano-konstrukcyjnej. Warszawa.

Dziarnowski, Z., Michniewicz, W. (1974). Konstrukcje z drewna i materiałów drewnopochodnych. Arkady, Warszawa.

Epsten, B. (1998). Szwedzkie budownictwo szkieletowe. Lekkie Budownictwo Szkieletowe nr 14, Zakłady Graficzne Atex, Gdańsk.

Fabisiak, E. (2005). Zmienność podstawowych elementów anatomicznych i gęstości drewna wybranych gatunków drzew. Rocznik Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy Naukowe, Zeszyt 369, Poznań.

Fabisiak, E., Moliński, W. (2009). Variation in the microfibryl angle in tangent walls of tracheids in individual Anna rings of intermediate pine trees (Pinus sylvestris L.). Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology No 68, 231–239.

Fabisiak, F., Moliński, W., Roszyk, E. (2007). The propagation velocity of ultrasound waves along the graininthe juvenile and mature, normal and reaction wood of pine (Pinus sylvestris L.). Ann. WULS – SGGW, For. and Wood Technol., 61, 200–206.

Farruggia, F., Perre', P. (2000). Microscopic tensile test in the transverse plane of early wood and latewood parts of spruce. Wood Sci. Technol., 34.

Freas A. D. (1949). Summary Studies of The Strength of Glued Laminated Wood Construction. United States Department of Agriculture Forest Service Forest products Laboratory, Madison 5, Wisconsin, August 1949.
Giefing, D.F., Jabłoński, K. (1989). Zależnośćmiędzygęstością a wilgotnościądrewnażywychsosen [The relationship between the density and humidity of wood of living pines], Sylwan 133(1–2), 75–82.
Gonet, B. (1991). Reologiczne właściwości drewna. Przemysł Drzewny nr 3/1991, 3–5.
Hruzik, J.G. (1979). Jakość sosnowego surowca tartacznego jako kryterium optymalizacji produkcji elementów przeznaczeniowych. Fol. Forest Polonica, zeszyt 13.
Hruzik, J.G. (1993). Technologiczna optymalizacja przerobu drewna na materiały tarte i półfabrykaty przeznaczeniowe. Zeszyt AR236, Poznań.
Hruzik, J.G. (2001). Efektywność przerobu drewna w małych i średnich zakładach tartacznych. Wood & Paper Review, styczeń/luty 2001, Warszawa.
Hruzik, J.G. (2006): Zużycie surowców i materiałów drzewnych w wyrobach przemysłu tartacznego. Drewno – Wood 2006, vol 49, nr 175, Poznań.
Jackowski, J. (1972). Badanie zależności pomiędzy szerokością słoi rocznych, a jakością drewna w drzewostanach sosnowych Niziny Szczecińskiej. Fol. Forest. Polonica, B, zeszyt 11, 1972.
Jelonek, T., Pazdrowski, W., Tomczak, A. (2009). Właściwości drewna sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.) na gruntach porolnych w północnej Polsce. Leśne Prace Badawcze, 70(3), 277–286.
Jelonek, T., Gzyl, J., Arasimowicz-Jelonek, M., Tomczak, A., Remlein, A. (2016). Wpływ wybranych wskaźników stabilności drzew na grubość ścian cewek u sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.). Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar., 15(1), 13–21.
Kalinowska, A. (1993). System budownictwa modułowego. Artykuł zamieszczony w dwumiesięczniku „Lekkie Budownictwo Szkieletowe" nr 26, Zakłady Graficzne Atex, Gdańsk.
Kärenlampi, P. P., Riekkinen, M. (2004). Maturity and growth rate effects on Scots pine basic density. Wood Science and Technology, 38: 465–473.
Kobyliński, F. (1967). Wyniki badań technicznych właściwości drewna drzewostanów sosnowych z różnych krain przyrodniczo-leśnych. Przemysł Drzewny, 11, 6–7.
Kollmann, F. (1951). Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Berlin, 1951
Kollmann, F., Cöte, W.A. (1968a): Principles of wood science and wood technology. Solid wood – part I, Berlin-Heidelberg-N. York 1968.
Kotwica, J. (2008). Konstrukcje drewniane w budownictwie tradycyjnym. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 2008.
Kozakiewicz, P., Krzosek, S. (2013). Inżynieria materiałów drzewnych. Wydanie I, Wydawnictwo SGGW Warszawa.
Krähenbühl, A., Kerautret, B., Debled-Rennesson, I., Mothe, F., Longuetaud, F. (2014). Knot segmentation in 3D CT images of wet wood. Pattern Recognit. 47(12), 3852–3869.
Kránitz, K. (2014). Effect of natural aging on wood. Dissertation submitted to ETH Zurich.
Krzosek, S. (1995). Maszynowe sortowanie tarcicy w Niemczech. Przemysł Drzewny nr 2/1995, 10–12.
Krzosek, S. (1998a). Wytrzymałościowe sortowanie tarcicy konstrukcyjnej, Lekkie Budownictwo Szkieletowe nr 4, 10–11.
Krzosek, S. (1998b). Badanie gęstości jako kryterium wytrzymałościowej jakości iglastej tarcicy konstrukcyjnej. Rozprawa doktorska Wydział Technologii Drewna SGGW, Warszawa 1998.
Krzosek, S. (2009). Wytrzymałościowe sortowanie polskiej, sosnowej tarcicy konstrukcyjnej różnymi metodami. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
Krzosek, S., (2011). Timber strength grading of Pinus sylvestris L. using a visual method according to Polish Standard PN-82/D-94021 and German Standard DIN 4074. Wood Research, Vol. 56 (3), 435–440.
Krzosek, S., Bacher M. (2011). Aktueller Stand der maschinellen Festigkeitssortierung von Schnittholz in Polen und in Europa. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology 74: 254–259.
Krzosek, S., Grześkiewicz, M. (2008). Strength grading Polish-grown Pinus sylvestris L. structural sawn timber using Timber Grader MTG and visual method. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology No 66, 26-31.
Krzysik, F. (1978). Nauka o drewnie. PWN, Warszawa 1978.
Küch, W. (1943). Der Einfluss des Feuchtigkeitsgehalte auf die Festigkeit von Voll und Schichtholz. HolzRoh- u. Werkst. 6(5/6):157–161.
Kokociński, W., (2004). Drewno. Pomiary właściwości fizycznych i mechanicznych. PoznańLam, F. (1987).: Length Effectson Tension and Compression. Forintek, Vancouver, Canada.
Lam, F. (1990). Effect of Lengthon the Tensile Strength of Lumber. Forintek, Vancouver, Canada.
Laurow, Z. (1973). Zmienność niektórych cech drewna sosnowego w zależność od pochodzenia. Przegl. Papiern. 29 (10), 351–353.
LST L EN 1927-2:2008: Apvaliosios spygliuočių medienos klasifikavimas pagal Kocybę. 2 dalis. Pušys.
Madsen, B. (1990). Length effectsin 38 mm spruce – piine – fir dimension lumber. Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 17 (2).
Madsen, B. (1992). Size effect in hem – fir lumber. Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 18, Nr 4.
Makowski, A., Noskowiak, A. (2009). Wpływ ukierunkowania złącza klinowego na nośność połączenia, materiały

konferencyjne „Drewno i materiały drewnopochodne w konstrukcjach budowlanych”. Tom VIII, Mielczarek Z., Szczecin 2009.

Marcinkowska, A., Moliński, W. (2003). **Wpływ gęstości drewna na propagacje fal ultradźwiękowych wzdłuż włókien.** Annals of Warsaw Agricultural University SGGW, Forestry and Wood Technology No 53, Warszawa.

Marcinkowska, A., Moliński, W. (2005). Wpływ wtórnego zróżnicowania strukturalnego drewna na prędkość propagacji i współczynnik tłumienia fal ultradźwiękowych wzdłuż włókien. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Technologia Drewna. Nr 40, 43–49.

Matuszkiewicz, J.M. (1994). Krajobrazy roślinne i regiony geobotaniczne. Atlas Rzeczypospolitej Polskiej. Mapa 42. 5. Warszawa, Główny Geodeta Kraju.

Matuszkiewicz, J. M. (2001). Zespoły leśne Polski. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.

Matuszkiewicz, J.M. (2008). Regionalizacja geobotaniczna Polski (dane cyfrowe). Warszawa, IGiPK PAN.

Mielczarek, Z. (1994). Budownictwo drewniane. Arkady, Warszawa.

Misztal, B. (2006). Forecasting in time of rheological defections of truss girders, consolidated from wood, wood-based material and steel. WCTE 2006 – 9th World Conference on Timber Engineering, Portland, OR, USA, August 6–10, 2006.

Misztal, B. (2008). Comparison of the vibration frequency and damping of beam models made of dry and wet pine wood. WCTE 2008, 10th World Conference on Timber Engineering, Miyazaki, JAPAN, June 2–5, 2008.

Misztal, B**. (**2010**).** Dynamic parameters of the free vibrations of various wood species.. WCTE 2010, 11th World Conference on Timber Engineering, Riva del Garda, Trentino, Italy, June 20–24, 2010.

Moliński, W., Krauss, A. (2008). Radial gradient of modulus of elasticity of wood and tracheid cell walls in dominant pine trees (Pinus sylvestrisL.). Folia Forestalia Polonica, Series B, Issue 39, 19–29.

Mroczkiewicz, L. (1952). Podział Polski na krainy i dzielnice przyrodniczo-leśne. Prace IBL, nr 80, Warszawa.

Neuhaus, H. (2006). Budownictwo drewniane. Polskie Wydawnictwo Techniczne, Rzeszów.

Niedzielska, B., Muszyński, Z. (1986). Badania porównawcze wybranych właściwości drewna drzew doborowych na tle drzew populacji 8 proweniencji sosny zwyczajnej z terenu Polski. AR, Kraków.

Nożyński, W. (1987). Wpływ liczby spoin na ugięcia belek drewnianych klejonych warstwowo. Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Stolarki Budowlanej; Wołomin 1987; zeszyt 1, 22–29.

Pajchrowski, G. Jabłoński, L., Szumiński, G. (2009). Krajowa baza drewna tartacznego do produkcji drewna konstrukcyjnego spełniającego wymagania wynikające z Dyrektywy na wyroby budowlane (89/106/EEC). ETAP VII. Analiza kierunków rozwoju urządzeń do wytrzymałościowej klasyfikacji drewna konstrukcyjnego. Instytut Technologii Drewna, Zakład Badania i Zastosowania Drewna, Poznań.

Paschalis, P. (1980). Zmienność jakości technicznej drewna sosny pospolitej we wschodniej części Polski. Sylwan 124, 1, 29–43.

Pazdrowski, W. (1988). Wartość techniczna drewna sosny (Pinus sylvestris L.) w zależności od jakości pni drzew w drzewostanach rębnych, Roczniki AR Poznań, Poznań.

Pazdrowski, W. (1992). Zmiany jakości i wartości drewna w drzewostanach sosnowych przy stosowaniu podkrzesywania drzew. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy, Naukowe, 224.

Pazdrowski, W., Spława-Neyman, S. (1993). Badanie wybranych właściwości drewna sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.) na tle klas biologicznych w drzewostanie, Folia Forestalia Polonica, Seria B, Zeszyt 24, Warszawa.

Pazdrowski, W., Spława-Neyman, S. (1996). Budowa i fizyczna charakterystyka drewna sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.) z drzewostanów w wieku przedrębnym, jako podstawa racjonalizacji przeznaczeń i wykorzystania surowca drzewnego, X Konferencja Naukowa Wydziału Technologii Drewna SGGW, Wydawnictwo Fundacja rozwój SGGW, Warszawa.

PN-79/D-01011 Wady drewna.

PN-81/B-03150.01 Konstrukcje z drewna i materiałów drewnopochodnych. Obliczenia statyczne i projektowanie. Materiały.

PN-82/D-94021 Tarcica iglasta konstrukcyjna sortowana metodami wytrzymałościowymi.

PN-92/D-95017 Surowiec drzewny. Drewno wielkowymiarowe iglaste. Wspólne wymagania i badania.

PN-93/D-02002 Surowiec drzewny. Podział, terminologia i symbole.

PN-B-03150:2000/Az2:2003 Konstrukcje z drewna i materiałów drewnopochodnych. Obliczenia statyczne i projektowanie. (zmiana Az2).

PN-D-94021:2013 Tarcica konstrukcyjna iglasta sortowana metodami wytrzymałościowymi.

PN-EN 338: 2016 Drewno konstrukcyjne. Klasy wytrzymałości.

PN-EN 384+A1:2018 Drewno konstrukcyjne. Oznaczane wartości charakterystycznych właściwości mechanicznych i gęstości.

PN-EN 385:2002 Złącza klinowe w konstrukcjach drewnianych – Wymagania jakościowe i minimalne wymagania produkcyjne.

PN-EN 386:2002 Drewno klejone warstwowo. Wymagania eksploatacyjne i minimalne wymagania produkcyjne.

PN-EN 408:2012 Drewno konstrukcyjne lite i klejone warstwowo. Oznaczanie niektórych właściwości fizycznych i mechanicznych.

PN-EN 844-1:2001. Drewno okrągłe i tarcica. Terminologia. Terminy ogólne dla drewna okrągłego i tarcicy.

PN-EN 844-10:2001 Drewno okrągłe i tarcica. Terminologia. Terminy dotyczące przebarwień i uszkodzeń grzybowych.
PN-EN 844-11:2001 Drewno okrągłe i tarcica. Terminologia. Terminy dotyczące uszkodzeń powodowanych przez owady.
PN-EN 844-12:2002 Drewno okrągłe i tarcica. Terminologia. Terminy uzupełniające i indeks ogólny.
PN-EN 844-2:2000 Drewno okrągłe i tarcica. Terminologia. Terminy ogólne dotyczące drewna okrągłego.
PN-EN 844-4:2002 Drewno okrągłe i tarcica. Terminologia. Terminy dotyczące budowy drewna.
PN-EN 844-5:2000 Drewno okrągłe i tarcica. Terminologia. Terminy dotyczące wymiarów drewna okrągłego.
PN-EN 844-7:2000 Drewno okrągłe i tarcica. Terminologia. Terminy dotyczące anatomicznej budowy drewna.
PN-EN 844-8:2000 Drewno okrągłe i tarcica. Terminologia. Terminy dotyczące cech drewna okrągłego.
PN-EN 1995-1-1 Eurokod 5 -- Projektowanie konstrukcji drewnianych -- Część 1-1: Postanowienia ogólne -- Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków.
PN-EN 1310:2000 Drewno okrągłe i tarcica. Metody pomiaru cech.
PN-EN 1311:2000 Drewno okrągłe i tarcica. Metody pomiaru biologicznej degradacji.
PN-EN 1315-2:2001 Klasyfikacja wymiarowa. Drewno okrągłe iglaste.
PN-EN 14080: 2013 Konstrukcje drewniane. Drewno klejone warstwowo. Wymagania.
PN-EN 14081-1:2011 Konstrukcje drewniane. Drewno konstrukcyjne o przekroju prostokątnym sortowane wytrzymałościowo. Część 1: Wymagania ogólne.
PN-EN 14081-2:2013 Konstrukcje drewniane. Drewno konstrukcyjne o przekroju prostokątnym sortowane wytrzymałościowo. Część 2: Sortowanie maszynowe; wymagania dodatkowe dotyczące wstępnych badań typu.
PN-EN 14081-3:2012 Konstrukcje drewniane. Drewno konstrukcyjne o przekroju prostokątnym sortowane wytrzymałościowo. Część 3: Sortowanie maszynowe; dodatkowe wymagania dotyczące zakładowej kontroli produkcji.
PN-EN 14081-4:2009 Konstrukcje drewniane. Drewno konstrukcyjne o przekroju prostokątnym sortowane wytrzymałościowo. Część 4: Sortowanie maszynowe. Nastawy urządzeń sortujących do kontroli maszynowej.
Połubojarinow, G.I. (1976).Płotnostdriewiesiny. Lesn. Premyszl. Moskwa 1976.
Pożgaj, A. (1982). Wpływ wymiarów przekroju poprzecznego próbek na ich pełzanie w naturalnych warunkach atmosferycznych Reologia drewna i konstrukcji drewnianych – Sympozjum Akademii Rolniczej w Poznaniu. Materiały. Zielonka 21–22 październik 1982.
Pracazbiorowa (1965). Working stresses for structural timbers. Forest Products Research Bukketin, No 47.
Pracazbiorowa (1974). The strength properties of timber. The strength properties of European redwood and whitewood. MTP Construction.
Praca zbiorowa (2016). Ekspertyza dotycząca norm i warunków technicznych na surowiec drzewny, Poznańska Grupa Naukowa.
Raczkowska, L., Raczkowski, J. (1978). Właściwości drewna sosny w zależności od stref przyrostowych wysokości i promienia drzew różnych klas wieku. Prace Ośrodka Rozwoju drzewnictwa Poznań nr 31, 72–82.
Ross, R.J., Zerbe, J.I., Wang, X., Green, D.W., Pellerin, R.F. (2005). Stress wave nondestructive evaluation of Douglas-fir peeler cores. Forest Prod. J., 55, 90−94.
Roszyk, E. (2016). Wilgotnościowe i ultrastrukturalne uwarunkowania parametrów mechanicznych drewna sosny (Pinus sylvestris L.) rozciąganego wzdłuż włókien. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Rozprawy naukowe, nr 485.
Roszyk, E., Moliński, W., Kusiak, W., Prądzyński, W., Zborowska, M. (2016). Właściwości fizyczne drewna sosny zwyczajnej z Puszczy Noteckiej. Sylwan 160 (7): 547−555.
Ruszczyk, G. (2007). Drewno i architektura. Dzieje budownictwa drewnianego w Polsce. Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
Sell, J. (1989). Eigenschaften und Kenngrosen von Holzarten, Zurich 1989.
Sherwood, G., Stroh, R. (1989). Wood-frame house construction. Dover Publications. INC., New York.
Smal, H., Olszewska, M. (2008). The effect of afforestation with Scots pine (Pinus sylvestris L.) of sandy post-arable soils, on their selected properties. II. Reaction, carbon, nitrogen and phosphorus. Plant Soil, 305, 171–187.
Spława-Neyman, S. (1994). Selected properties of Scots pine (Pinus sylvestris L.) wood in dependence upon forest stand type and age of the trees. Prace Instytutu Technologii Drewna 1/2 /137/138/, 19–28.
Spława-Neyman, S., Urbanik, E. (1999). Klasyfikacja i pomiary iglastego drewna okrągłego w świetle norm europejskich. Przem. Drzew., nr 7/8, 8–10.
Sterr, R. (1963). Untersuchungen zur Dauerfestigkeit von Schichtholzbalken. Mitteilung aus dem Institut für Holzforschung und Holztechnik der Universität München. Holz als Roh und Werkstoff 21 Jg. Heft 2 Februar 1963.
Szukała, R., Szumiński, G. (2003). Badanie podstawowych właściwości iglastej tarcicy konstrukcyjnej zgodnie z normami europejskimi. ITD, Poznań 2003.
Ślęzak, G. (2006). Klasyfikacja surowca drzewnego w Polsce – Poradnik leśniczego, PWRiL Warszawa, 2006.
Tomczak, A., Jelonek, T. (2012). Parametry techniczne młodocianego i dojrzałego drewna sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.). Sylwan, 156(9): 695–702.
Tomczak, A., Jelonek, T. (2013). Radial variation in the wood properties of Scots pine (Pinus sylvestris L.) grown on

former agricultural soil. Leśne Prace Badawcze (ForestResearchPapers), Czerwiec (June) 2013, Vol. 74 (2), 171–177.

Tomczak, A., Jelonek, T., Zoñ, L. (2010). Porównanie wybranych właściwości fizycznych drewna młodocianego i dojrzałego sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.) z drzewostanów rębnych. Sylwan, 154(12), 809–817.

Tomczak, A., Pazdrowski, W., Jelonek, T., Grzywiński, W. (2009). Jakość drewna sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.). Część I. Charakterystyka wybranych cech i właściwości drewna wpływających na jego jakość. Sylwan 153 (6), 363-372.

Vacchiano, G., Motta, R., Long, J.N., Shaw, J, D. (2008). A density management diagram for Scots pine (Pinus sylvestris L.): A tool for assessing the forest's protective effect. Forest Ecology and ManagementVolume 255, Issue 7, 20 April 2008 (s. 2542–2554).

Wang, S.Y., Ko, C.Y. (1998). Dynamic modulus of elasticity and bending properties of large beams of Taiwan-grown Japanese cedar from different plantation spacing sites. Mokuzai Gakkaishii, 44, 62–68.

Wieruszewski, M., Gołuński, G., Hruzik, G. J., Gotych, V. (2010). Glued elements for construction. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology No 72, 453–458.

Wieruszewski, M., Gotych, V., Hruzik, G.J., Gołuński, G. (2009). Jakość sosnowych elementów klejonych dla budownictwa szkieletowego. VIII Konferencja Naukowa „Drewno i materiały drewnopochodne w konstrukcjach budowlanych" ZUT, Szczecin.

Wieruszewski, M., Gotych, V., Rudiiger, T. (2013). Evaluation of pine raw material for construction using visual classification. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology No84, s. 315-320.

Wiktorski, T. (2003). Kierunki i skutki działań dostosowawczych polskiego przemysłu tartacznego do integracji z Unią Europejską w zakresie normalizacji, praca dyplomowa, SGGW 2003.

Witkowska, J. (1997). Regionalna zmienność gęstości sosny zwyczajnej. Warszawa, 11. Konferencja Naukowa Wydziału Technologii Drewna SGGW.

Zarządzenie nr 47 Dyrektora Generalnego LP z dnia 31 maja 2002 roku zmieniające zarządzenie w sprawie norm na surowiec drzewny obowiązujących w PGLLP.

Zarządzenie nr 72 Dyrektora Generalnego LP z dnia 27.09.2013 roku w sprawie wprowadzenia warunków technicznych na drewno wielkowymiarowe iglaste.

Zarządzenie nr 74 z dnia 27.09.2013 r.: Tymczasowe zasady odbioru i ewidencji drewna iglastego wyrabianego w kłodach.

Zielony, R. (2014). Regionalizacja przyrodniczo-leśna wczoraj i dziś – uwarunkowania i potrzeby zmian. VI Zimowa Szkoła Leśna IBL.

7. DZIAŁALNOŚĆ DYDAKTYCZNA

Wraz z początkiem mojego zatrudnienia, każdego roku realizuję pensum dydaktyczne wraz z godzinami nadliczbowymi, pracując ze studentami studiującymi w trybie stacjonarnym, jak i niestacjonarnym. Prowadziłem ćwiczenia laboratoryjne oraz za zgodą Rady Wydziału Technologii Drewna, wykłady na kierunku technologia drewna z przedmiotów: tartacznictwo A i tartacznictwo B, technologia wyrobów tartacznych A, technologia wyrobów tartacznych B, procesy mechanicznego przerobu drewna, drzewne materiały skrawane. Organizowałem oraz prowadziłem ćwiczenia terenowe dla studentów stacjonarnych i niestacjonarnych w takich zakładach jak Barlinek S.A., Poltarex, KPPD, Dąbex, Stelmet. Od czterech lat współorganizuję również kursy brakarskie surowca okrągłego dla studentów Wydziału Technologii Drewna oraz współorganizuję liczne seminaria szkoleniowe dla przemysłu.

Poza działalnością dydaktyczną na rzecz studentów Uniwersytetu, w ramach projektów realizowanych przez Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu i współfinansowanych przez Unię Europejską prowadziłem zajęcia dla uczniów szkół podstawowych w ramach programu „Młodego odkrywcy”. Od roku 2012 byłem prelegentem na „Festiwalu Nauki i Sztuki" (Załącznik 5).

8. INNE FORMY DZIAŁALNOŚCI

Od roku 2014 byłem członkiem Zespołu ds. Jakości Kształcenia na kierunku studiów technologia drewna.

W latach 2012-2014 i 2014-2018 byłem członkiem Rady Wydziału Technologii Drewna

Od roku 2014 pełniłem funkcję kierownika Zakładu Mechanicznej Technologii Drewna oraz byłem członkiem Rady Katedry Tworzyw Drzewnych.

Jestem przewodniczącym Zakładowego Koła Stowarzyszenia Techników Leśnictwa i Drzewnictwa od 2013 roku i Zakładowego Koła Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk od 2018 roku.

Szczegółowy wykaz osiągnięć naukowo-dydaktycznych i organizacyjnych przedstawiono w załączniku nr 5.

Szczegółowy wykaz publikacji

Jestem współautorem w 81 publikacjach naukowych (w tym 5 z listy A), oraz 15 materiałów konferencyjnych, co stanowi łącznie 633 pkt MNiSW.
Całkowity sumaryczny IF opublikowanych prac wynosi 2,742 co stanowi 80 pkt MNiSW.

Tabelaryczny wykaz publikacji podsumowujący dorobek publikacyjny

Nazwa czasopisma	Rok wydania	Liczba publikacji	Liczba punktów	Sumaryczna liczba punktów	Impact Factor*	Sumaryczny Impact Factor*
Czasopisma z listy A						
Wood Resorts	2015	1	15	15	0,399	0,399
Drvna industrija	2017	1	20	20	0,616	0,616
Sylwan	2016	1	15	15	0,481	0,481
	2017	2	15	30	0,623	1,246
Łącznie**				80		2,742

*** - zgodnie z rokiem wydania pracy**

Wykaz publikacji podsumowujący dorobek publikacyjny

do uzyskania stopnia doktora

Nazwa czasopisma	Rok wydania	Liczba publikacji	Liczba punktów	Sumaryczna liczba punktów
Czasopisma z listy B				
Ann. Warsaw Univ. Life Sci. - SGGW, For. Wood Technol.	2000	2	2	4
	2003	1	3	3
INTERCATHEDRA'	2001	1	3	3
Łącznie		4	-	10

po uzyskaniu stopnia doktora

Nazwa czasopisma	Rok wydania	Liczba publikacji	Liczba punktów*	Sumaryczna liczba punktów
Czasopisma z listy B				
Ann. Warsaw Univ. Life Sci. - SGGW, For. Wood Technol.	2004	1	3	3
	2005	2	3	6
	2006	1	3	3
	2008	2	6	12
	2009	2	6	12
	2010	2	6	12
	2011	2	6	12
	2013	1	6	6
	2015	1	10	10
	2016	3	10	30
	2017	2	10	20
	2018	4	10	40
INTERCATHEDRA	2005	1	3	3
	2006	2	3	6
	2007	2	6	12
	2008	4	6	24
	2009	3	6	18
	2010	4	6	24
	2011	3	8	24
	2012	2	8	16
	2013	4	10	40
	2015	5	10	50
	2016	4	10	40
	2017	3	10	30
Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCLXVIII	2005	1	3	3
ACTA Scientiarum Polonorum	2017	1	6	6
	2018	1	6	6
Łącznie				468

*** - zgodnie z rokiem wydania pracy**

Zestawienie liczbowe osiągnięć w pracy naukowo-badawczej

Rodzaj publikacji/aktywności	Przed uzyskaniem stopnia doktora			Po uzyskaniu stopnia doktora		
	Ilość	IF	Punkty MNiSW	Ilość	IF	Punkty MNiSW
Oryginalne prace twórcze	4		10	74	2,742	578
Monografie; rozdziały w monografiach i książkach naukowych	2	-	10	7	-	35
Artykuły popularno -naukowe	-	-	-	6	-	-
Referaty naukowe wygłoszone na konferencjach	8	-	-	30		-
Łączna liczba punktów	20			613		
Łączna liczba cytowań*	-			4		
Łączna liczba cytowań**	-			3		
Liczba cytowań bez autocytowań*	-			4		
Liczba cytowań bez autocytowań**	-			3		
Indeks H	-			1		

* - zgodnie z bazą Web of Science

** - zgodnie z bazą SCOPUS

Poznań 29.04.2019

.....
Podpis wnioskodawcy