

## WPŁYW JAKOŚCI SUROWCA SOSNOWEGO Z PUSZCZY NOTECKIEJ NA JEGO RACJONALNE WYKORZYSTANIE W PRZEROBACH MECHANICZNYCH

Marek Wieruszewski<sup>1✉</sup>, Edward Roszyk<sup>2</sup>, Waldemar Moliński<sup>2</sup>, Ginter J. Hruzik<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra Mechanicznej Technologii Drewna, Wydział Leśny i Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 38/42, 60-627 Poznań

<sup>2</sup>Katedra Nauki o Drewnie i Techniki Ciepłej, Wydział Leśny i Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 38/42, 60-627 Poznań

### ABSTRAKT

W Puszczy Noteckiej dominującym gatunkiem jest sosna zwyczajna, rosnąca na siedlisku boru świeżego (Bśw) oraz boru mieszanego świeżego (BMśw). Celem badań było zweryfikowanie jakości i wytrzymałości sortymentów sosnowych drzewostanów dojrzałych IV i V klasy wieku. Specyficzne walory surowca drzewnego zostały określone dla drzewostanów na siedlisku Bśw, BMśw, jako dominujących w strukturze warunków glebowo-wilgotnościowych. Baza surowcowa o znacznym poziomie zasobności stanowi materiał do zróżnicowanych przerobów mechanicznych. Dostępność drewna o określonych walorach jakościowo-wytrzymałościowych wpływa na wielorakość profilowania przerobu. Cechy jakościowe surowca drzewnego wpływają na wytrzymałościowe cechy technologiczne drewna sosnowego siedlisk Bśw i BMśw z terenów Puszczy Noteckiej. Potwierdzają to zarówno procesy klasyfikacji tarcicy, jak i próby laboratoryjne.

**Słowa kluczowe:** drewno sosny, Puszcza Notecka, jakość drewna, wytrzymałość drewna

### WSTĘP

Powierzchnia Puszczy Noteckiej szacowana jest na 1372 km<sup>2</sup>. To obszar leśny położony pomiędzy rzekami Wartą oraz Notecią, a od strony wschodniej sięga aż do rzeki Wełny. Pomimo znacznej powierzchni jest to region o jednolitym ukształtowaniu geograficznym, przyrodniczym oraz turystycznym. Na jej terenie znajduje się jeden park krajobrazowy oraz szesnaście rezerwatów przyrody (Bank Danych o Lasach, b.d.)

Obszar objęty terytorium Puszczy Noteckiej, jako Leśny Kompleks Promocyjny, został utworzony w dniu

14.10.2004 roku zarządzeniem ówczesnego dyrektora generalnego Lasów Państwowych. W skład Puszczy Noteckiej wchodzi osiem nadleśnictw: Karwin, Krucz, Międzychód, Oborniki, Potrzebowice, Wronki, Skwierzyna i Sieraków.

Drzewostany na obszarze Puszczy Noteckiej w znaczącym stopniu pochodzą ze odnowień, które na dużą skalę rozpoczęły się w drugiej połowie XIX wieku. Dominują tu – jednolite co do gatunku i wieku – około 70-letnie drzewostany sosnowe, stanowiące blisko 92%

Praca została zrealizowana w ramach projektu finansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, w ramach programu „Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo” BIOSTRATEG, na podstawie umowy nr BIOSTRATEG3/344303/14/NCBR/2018.

✉marek.wieruszewski@up.poznan.pl, <https://orcid.org/0000-0002-4867-195X>

udziału gatunkowego (Przybyła, 2015), z domieszką brzozy. Jest to wynik kłęski żywiołowej na początku XX wieku, wywołanej przez strzygonię choinówkę (*Panolis flammea* Den. et Schiff., 1775). W wyniku gradacji szkodnika na przełomie lat 1923–1924 uszkodzonych zostało około 70 tys. ha lasów na terenach Puszczy Noteckiej oraz Borów Tucholskich. W wyniku dalszych spustoszeń w 1925 roku w historycznie zlokalizowanych nadleśnictwach Międzychód, Sieraków, Bucharzewo, Drawsko, Potrzebowice i Wronki zrębami objęto 18,2 tys. ha lasu, a do 1927 roku założono zręby zupełne na powierzchni 27,5 tys. ha, co odpowiada 60-letniemu rozmiarowi użytkowania lasu (Anders i Kusiak, 2005). Obszary te podlegały w kolejnych latach zalesieniu, aby odtworzyć potencjał gospodarczy. Zmiany w strukturze gatunkowej i wiekowej istniejących obecnie drzewostanów wynikają również z pożarów w roku 1992, gdzie łącznie uległo uszkodzeniu około 6 tys. hektarów lasów (Anders i Kusiak, 2005). Obecnie prowadzona gospodarka leśna przyczyniła się do zmian – udział sosny stanowi w nowych nasadzeniach tylko 74%.

Sosna zwyczajna jest najpopularniejszym gatunkiem przemysłowym, ponieważ zajmuje prawie 70% powierzchni całkowitej lasów w Polsce (Bank danych o lasach, b.d.). Gatunek ten ceniony jest pod kątem właściwości jakościowo-wytrzymałościowych. Występuje w warunkach siedliskowych od najmniej żyznych, takich jak na przykład gleby piaszczyste, wydmy przez mokradła, aż po najbardziej żyzne gleby, np. czarnoziemy. W Polsce najlepsze warunki wzrostowe zapewniają jej tereny nizinne. Sosna zwyczajna osiąga do 35 metrów wysokości. Na jej wzrost bardzo mocno wpływają warunki siedliskowe ze wskazaniem siedlisk ubogich jako preferowanych dla nasadzeń tego gatunku (Puchalski i Prusinkiewicz, 1975; Zawadzka i Sławski, 2007). Definicja typu siedliskowego lasu jest umownym, uogólnionym wskaźnikiem, wykazującym z gospodarczego punktu widzenia podobieństwo możliwości produkcyjnej lasu. Głównymi elementami, na podstawie których można określić dany typ siedliskowy lasu, są: warunki glebowe i wilgotnościowe, roślinność dna lasu (runo), drzewostan. Według wymienionych czynników na terenie Puszczy Noteckiej jako główne rodzaje siedlisk możemy wyróżnić: bór świeży (Bśw), bór mieszany świeży (BMśw), las mieszany (LM), las świeży (Lśw), las

wilgotny (Lw) (Jaszczak i in., 2017; Sokołowski i in., 1997; Brożek i Zwydlak, 2003).

Sosna zwyczajna jest podstawowym gatunkiem występującym w Puszczy Noteckiej, znajdującym duże zastosowanie w przemyśle, budownictwie i meblarstwie. Największą jej zaletą jest wysoka wytrzymałość przy stosunkowo niewielkim ciężarze, a także łatwość obróbki. Materiał sosnowy pozyskiwany z terenów puszczańskich jest powszechnie wykorzystywany w wielu gałęziach przemysłu drzewnego. Dzięki wysokiej zdolności wchłaniania impregnatów przez strefę bielastą często znajduje zastosowanie np. jako podkłady kolejowe oraz wyroby programu ogrodowego. Zakres użytkowania sosny jest bardzo szeroki: od kopalniaków czy słupów teletechnicznych w formie okrągłej do desek podłogowych i elementów parkietowych (Hruzik, 2006). Około 70% drewna okrągłego sosny zwyczajnej z Puszczy Noteckiej jest wykorzystywane do przerobów mechanicznych i produkcji materiałów drewnopochodnych, natomiast tylko niewielkie ilości są używane w celach przerobów chemicznych (Bowyer, 2016; Zborowska i in., 2018).

Na właściwości użytkowe drewna w dużym stopniu wpływają warunki siedliskowe, w jakich wrażliwe drzewostany, jednak każdy z gatunków w odmienny sposób reaguje na ich zmienność. Gdy żyzność gleby jest porównywalna na dwóch różnych obszarach, warunki klimatyczne odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu gęstości i właściwości mechanicznych (Krzysik, 1974). Właściwości te wpływają na cechy użytkowe pozyskiwanego drewna i na jego optymalne wykorzystanie.

Należy również wspomnieć, że drewno sosnowe wykazuje duże zróżnicowanie pod względem gęstości i wytrzymałości. Jednym z czynników, który determinuje to zróżnicowanie, jest typ siedliskowy lasu. Sosna na terenach bagiennych może osiągać niską gęstość, wynoszącą około 230 kg/m<sup>3</sup>, a także niski udział drewna późnego w przyrostach rocznych – poniżej 20%. W przypadku terenów optymalnych dla tego gatunku, którym jest na przykład bór świeży II i III bonitacji, gęstość drewna przekroczyć może nawet 800 kg/m<sup>3</sup> (Kusiak, red., 2013). Drewno późne ekstremalnie osiąga do 50% przyrostu, a wytrzymałość takiej sosny porównywalna jest do wytrzymałości twardych

gatunków liściastych (Suwała, red., 2000; Aleksiejak, 2014; Jakubowski, 2004).

## CEL ORAZ ZAKRES PRACY

Celem pracy była analiza zmian właściwości drewna w drzewostanach sosnowych w zależności od siedliska. Badania obejmowały klasyfikację wytrzymałościową materiału badawczego pozyskanego z drzew modelowych drzewostanu sosnowego Puszczy Noteckiej. Założeniem było potwierdzenie wpływu siedliska na zmiany podstawowych właściwości wytrzymałościowych i wymiary pozyskiwanych sortymentów drewna okrągłego.

## METODYKA BADAŃ

Badania doświadczalne przeprowadzono na surowcu z terenu Puszczy Noteckiej, Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Pile na obszarze Nadleśnictwa Krucz.

Powierzchnie analizowane w pracy ograniczyły się do konkretnych typów siedliskowych – boru świeżego (Bśw) i boru mieszanego świeżego (BMśw).

Bór świeży (Bśw) charakteryzuje siedlisko na glebach piaszczystych lub żwirach polodowcowych i rzecznych. Bory te zajmują niecałe 30% powierzchni leśnych w całej Polsce, z ok. 49% udziałem dla Puszczy Noteckiej (Przybyła, 2015). W przypadku boru świeżego drzewostan jest niezbyt zwarty. Jako gatunek panujący występuje zazwyczaj sosna w II–IV klasie bonitacji.

Bór mieszany świeży (BMśw) występować może w przypadku umiarkowanie świeżym bez wyraźnego wpływu wody, natomiast silnie świeży pod jej słabym wpływem. Podział ten ma również znaczenie, jeśli chodzi o rodzaj występujących gleb. W pierwszym przypadku mamy do czynienia z glebami rdzawymi, rzadziej bielcowymi, drugi wariant charakteryzuje się glebami bielcowymi, które w części dolnej są oglejone. Drzewostan w BMśw Puszczy Noteckiej stanowią ok. 21% i gatunek panujący tworzy głównie sosna I-II klasy bonitacji (Przybyła, 2015).

Przeprowadzone badania cech jakościowych przeprowadzono na siedlisku boru świeżego oraz boru mieszanego świeżego w następujących grupach wiekowych:

- II klasy wieku: (drzewa w wieku 40 lat)
- V/VI klasy wieku (drzewa w wieku ok 100 lat).

Do analizy przyjęto dane pomiarowe struktury wymiarowej drzewostanów sosnowych metodą powierzchni próbnych poprzez wydzielenie pojedynczych powierzchni badawczych o wymiarach 50m × 50m. Losowe powierzchnie próbne określono schematycznie, w układzie powierzchni reprezentatywnych. Pomiar drzewostanów wykonano metodą posztuczną, polegającą na pomiarze średnicy pojedynczej sztuki drzewa na wysokości 1,30 m (pierśnica) oraz wysokości drzew w celu ustalenia zasobności (Zabielski, 1974). W ramach prac należało pogrupować drzewa w zależności od stopni grubości; określić wysokości drzew; odczytać wysokość wyrównana dla poszczególnych stopni grubości; określić miąższość grubizny pojedynczego drzewa (na podstawie gatunku i wieku odczyt miąższości na podstawie pierśnicy i wysokości); zsumować miąższość wszystkich stopni ( $\sum n \cdot v$ ); przeliczyć miąższość na 1 ha drzewostanu ( $\sum n \cdot V/A$  – zasobność drzewostanu). Objętość ustalono na podstawie tablic miąższości stosowanych w Lasach Państwowych (Lasy Państwowe, b.d.).

W ramach wytypowanych siedlisk i planowanych prac leśnych zestawiono wykaz lokalizacji powierzchni przyjętych do badań (tab. 1). Powierzchnie te charakteryzowały się zmiennością w zakresie typu siedliskowego danego terenu oraz wieku drzewostanu (Otwarta Encyklopedia Leśna, b.d.).

Z wybranych powierzchni wydzielono materiał badawczy w postaci pojedynczych drzew modelowych reprezentujących uśrednione wyniki wymiarowe grubości (pierśnic). Ze strefy odziomkowej pozyskano surowiec w postaci wałków długości 0,5 m. Przetarto go na bale, a następnie rozpiłowano na próbki laboratoryjne w liczbie 20 szt. z bala o wymaganych wymiarach przekroju 20 mm × 20 mm, dostosowanych do typu testów wytrzymałościowych (rys. 1).

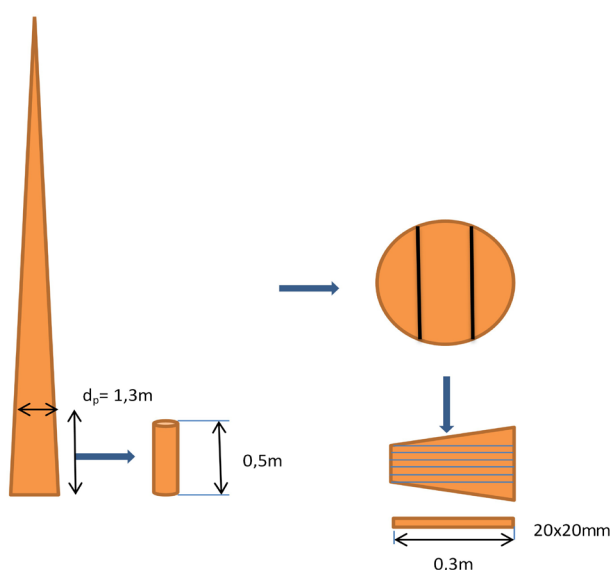
## Właściwości fizyczne drewna

Jedną z podstawowych cech drewna jest jego gęstość. Aby go zmierzyć, wykonano pomiary stereometryczne oraz masy próbek zgodnie z normą PN-EN 384+A1:2018-12.

Wilgotność drewna oznaczono w warunkach laboratoryjnych zgodnie z PN-EN 13183-1 metodą

**Tabela 1.** Oznaczenie powierzchni przyjętych do badań  
**Table 1.** Determination of areas accepted for testing

Oznaczenie powierzchni Area marking	Leśnictwo Forestry	Oddział Forest department	Pododdział Subdepartment	Typ siedliskowy Habitat	Wiek (lata) Age (years)
A	Ciszkowo	106	c	Bśw	96
B	Biała	74	c		104
C	Biała	91	c	BMśw	91
D	Gniewomierz	154	g		88
E	Ciszkowo	105	l	Bśw	40
F	Ciszkowo	106	m		
G	Garncarskibród	604	a	BMśw	40
H	Garncarskibród	604	c		



**Rys. 1.** Schemat pozyskania próbek laboratoryjnych do badań

**Fig. 1.** Scheme for obtaining laboratory samples for testing

suszarkowo-wagową. Badania te przeprowadzono na próbkach pozyskanych po próbie wytrzymałościowej, wykonując pomiar umożliwiający identyfikację materiału.

Gęstość w stanie powietrznosuchym wyliczono ze wzoru (Kokociński, 2004):

$$= \frac{m_w}{V_w}, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (1)$$

gdzie:

$m_w$  – masa próbki o wilgotności 12%, kg lub g  
 $V_w$  – objętość próbki przy wilgotności 12%, m<sup>3</sup> lub cm<sup>3</sup>.

Dodatkowe badanie słoistości przeprowadzono na poprzecznych przekrojach dostępnych próbek pozyskanych z bali rdzeniowych zgodnie z normą PN-D-94021:2013.

Obliczono średnią liczbę słojów w 1 cm wg wzoru (2) (Kokociński, 2004):

$$n = \frac{N}{l}, \frac{\text{szt.}}{\text{cm}} \quad (2)$$

gdzie:

$n$  – liczba słojów w 1 cm, szt.  
 $N$  – liczba słojów zawartych w długości odcinka pomiarowego, szt.  
 $l$  – długość odcinka pomiarowego, cm.

W obliczeniach uśredniono szerokość przyrostu rocznego  $S$ , korzystając ze wzoru (3):

$$s = \frac{l}{N}, \text{ mm} \quad (3)$$

gdzie:

$N, l$  – opis jak wyżej.

W przyroście wyróżniamy dwie strefy: drewna wczesnego (jaśniejsza) oraz drewna późnego (ciemniejsza). Określenie udziału drewna późnego jest przydatne w ocenie właściwości technicznych materiału. Wyznacza się go ze wzoru (4) (Kokociński, 2004):

$$Dr_p = \frac{p}{l} \cdot 100, \% \quad (4)$$

gdzie:

$p$  – suma przyrostów drewna późnego, cm  
 $l$  – długość odcinka pomiarowego, cm.

Następnie wykonano pomiary masy z dokładnością do 0,01 g oraz zmierzono wymiary próbek z dokładnością do 0,1 mm. Wyniki posłużyły do obliczenia gęstości materiału w stanie powietrzno-suchym. Gęstość w stanie powietrzno-suchym wyliczono ze wzoru (5):

$$p_w = \frac{m_w}{v_w}, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (5)$$

gdzie:

$m_w$  – masa próbki o wilgotności 12%, kg  
 $V_w$  – objętość próbki przy wilgotności 12%, m<sup>3</sup>.

### Badanie wytrzymałościowe

Badanie podstawowych właściwości mechanicznych przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej Zwick/Reoll, o zakresie pomiarowym 10 kN. Przygotowane próbki laboratoryjne o wymiarach: 20 mm × 20 mm × 300 mm były klimatyzowane w warunkach laboratoryjnych do wilgotności 12%. Wyznaczenia wybranych parametrów mechanicznych drewna, w tym modułu sprężystości liniowej  $E_m$  oraz wytrzymałości  $R_{gw}$ , w badaniu na zginanie trójpunktowe, przeprowadzono wg norm PN-77/D-04103 w zginaniu statycznym (6).

$$R_{gw} = \frac{3 \cdot P_{\max} \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}, \text{MPa} \quad (6)$$

gdzie:

$P_{\max}$  – maksymalna siła niszcząca, N  
 $l$  – rozstaw podpór, mm  
 $b$  – szerokość próbki, mm  
 $h$  – wysokość próbki.

Uzyskane wyniki przeliczono na poziom wilgotności drewna wynoszący 12%. Wpływ wilgotności drewna poprawiono, stosując wzór Bauschingera (7) (Kokociński, 2004):

$$R_{12} = R_{gw} [1 + \alpha (W - 12)] \quad (7)$$

gdzie:

$W$  – wilgotność drewna w chwili badania, %  
 $\alpha$  – współczynnik przeliczeniowy  $\alpha = 0,04$ .

Analogicznie wykonuje się kolejne pomiary, zwiększając za każdym razem obciążenie o 100 N. Ostatni pomiar strzałki wykonuje się przy obciążeniu 500 N. Otrzymane wyniki podstawia się do wzoru (8):

$$E_g = \frac{(P_i - P_1) \cdot l^3}{4(f_i - f_1) \cdot b \cdot h^3}, \text{MPa} \quad (8)$$

gdzie:

$P_i$  – obciążenie danego zakresu, N  
 $P_1$  – obciążenie wstępne, N  
 $l$  – rozstaw podpór, mm  
 $b$  – szerokość próbki, mm  
 $h$  – wysokość próbki, mm  
 $f_i$  – strzałka ugięcia przy obciążeniu danego zakresu, mm  
 $f_1$  – strzałka ugięcia wymuszona obciążeniem wstępnym, mm.

Jeśli wilgotność próbki mieści się w przedziale 9–15%, należy przeliczyć otrzymaną wartość modułu na wartość współczynnika sprężystości przy 12-procentowej wilgotności według wzoru (10):

$$E_g = E_{gw} [1 + \alpha (W - 12)] \quad (10)$$

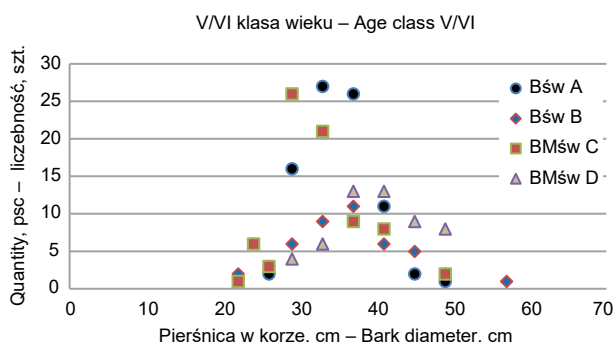
gdzie:

$W$  – wilgotność drewna w chwili badania, %  
 $\alpha$  – współczynnik przeliczeniowy  $\alpha = 0,02$ .

### WYNIKI I DYSKUSJA

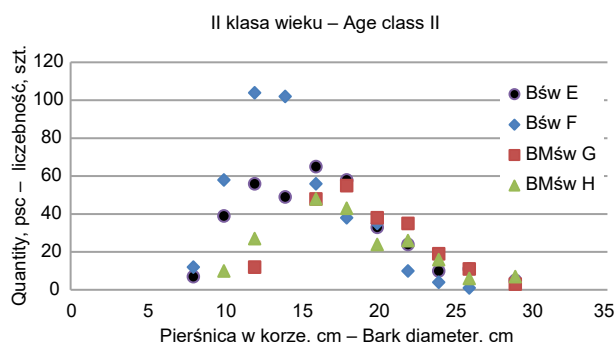
W poszczególnych powierzchniach leśnych wykazano dominujący udział drzew o pierśnicy z przedziału 22–57 cm. Dane pogrupowano pod względem typu siedliskowego oraz wieku drzewostanu (rys. 2 i 3).

Na podstawie weryfikacji badanych drzewostanów w tabeli 2 przedstawiono zasobność drzewostanu na podstawie średnicy i wysokości drzew na poszczególnych powierzchniach badawczych. Wykazano wyrównaną zasobność dla siedlisk Bśw zarówno II, jak i V/VI klasy wieku.



**Rys. 2.** Zastawienie pierśnic dla Bśw i BMśw V/VI klasy wieku (Stawujak, 2021)

**Fig. 2.** Breaking Breaks for Bśw and BMśw V/VI age classes (Stawujak, 2021)



**Rys. 3.** Zastawienie pierśnic dla Bśw i BMśw II klasy wieku (Stawujak, 2021)

**Fig. 3.** Breaking Breaking Breaks for Bśw and BMśw II age classes (Stawujak, 2021)

**Tabela 2.** Zasobność drzewostanów na podstawie powierzchni badawczej

**Table 2.** Stand richness based on study plots

Oznaczenie powierzchni Area marking	Zasobność drzewostanu Stand volume of the surveyed quantity m <sup>3</sup>	Zasobność drzewostanu Stock volume m <sup>3</sup> /ha
A	105,96	423,84
B	58,81	235,24
C	64,69	258,76
D	74,88	299,52
E	54,25	217,00
F	54,52	218,08
G	50,86	203,44
H	44,29	177,16

### Słoistość

Szerokość słoików może być uważana w praktyce za orientacyjny wskaźnik technicznych właściwości drewna. W drewnie sosny wąskosłoistość jest wskaźnikiem wyższej przydatności technicznej niż szerokość (Krzysik, 1974).

W badaniach przeprowadzonych na próbkach w postaci bali pozyskanych z materiałów badawczych

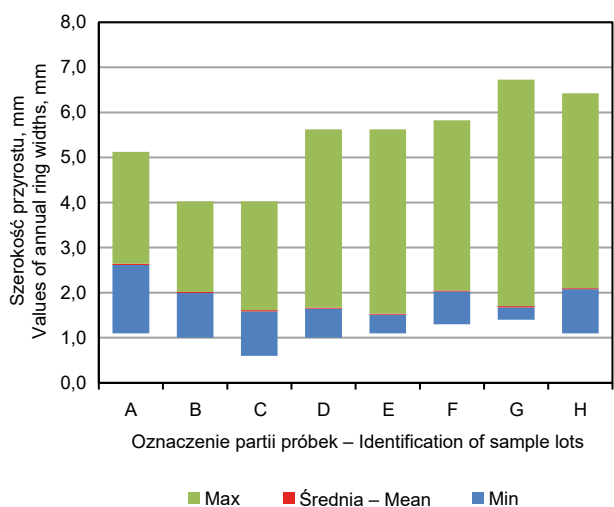
**Tabela 3.** Charakterystyczne wartości szerokości słoików rocznych próbek laboratoryjnych

**Table 3.** Characteristic values of the width of annual rings of laboratory samples

Oznaczenia próbek Sample	A	B	C	D	E	F	G	H
Minimalne, mm Minimum, mm	1,1	1,0	0,6	1,0	1,1	1,3	1,4	1,1
Średnia, mm Average, mm	2,6	2,0	1,6	1,6	1,5	2,0	1,7	2,1
Maksymalne, mm Maximum, mm	5,1	4,0	4,0	5,6	5,6	5,8	6,7	6,4

ustalono wartości przeciętnej szerokości słoika rocznego drewna sosnowego dla każdej partii próbek (tab. 3).

Przedstawione na rysunku 4 przedziały szerokości słoików rocznych drewna sosny V/VI i II klasy wieku wskazują na duże zróżnicowanie tej cechy, co może mieć negatywny wpływ na rozłożenie naprężeń w czasie obciążeń mechanicznych zarówno w etapach obróbczych, jak i użytkowych pozyskiwanych produktów. W drewnie sosnowym dojrzałym V/VI klasy wieku minimalna zmierzona szerokość słoika rocznego wahała się od 0,6 mm do 5,6 mm. Słoistość drewna otrzymanego z próbek sosnowych drewna II klasy wieku obejmowała większy zakres wymiarowy i wynosiła od 0,6 mm do 6,7 mm. Zmienność ta jest cechą



**Rys. 4.** Wartości szerokości słoży rocznych dla prób doświadczalnych

**Fig. 4.** Values of annual ring widths for experimental samples

charakterystyczną dla drewna z udziałem stref młodocianych (Tomczak i Jelonek, 2013; Roszyk i in., 2016).

Udział drewna późnego do całej szerokości słoja rocznego w drewnie sosny ma ogromny wpływ na właściwości mechaniczne drewna i jego wykorzystanie jako materiału konstrukcyjnego. U drzew młodych (II klasy wieku) dla badanej sosny wraz ze zwiększeniem szerokości słoja rośnie udział cienkościennego drewna wczesnego, szerokość strefy drewna późnego ulega tylko nieznacznym zmianom. W drewnie dojrzałym o układzie wąskosłoistym dla surowca z powierzchni V/VI klasy wieku stosunek drewna późnego

**Tabela 4.** Średni udział drewna późnego w poszczególnych partiach próbek

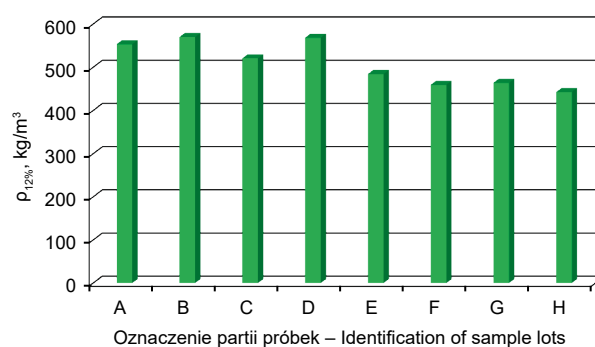
**Table 4.** Average proportion of latewood in each sample lot

Oznaczenia próbek / Sample	A	B	C	D	E	F	G	H
Średni udział drewna późnego, % / Average proportion of late wood, %	43,0	42,0	32,8	44,9	37,9	35,2	34,9	34,4

do drewna wczesnego przedstawia się korzystnie, co potwierdzają liczne badania (Krzysik, 1974; Roszyk i in., 2016; Zborowska i in., 2018).

Uzyskane wyniki badań dotyczące udziału drewna późnego dla próbek pozyskanych z drzew modelowych (tab. 4) wskazują na jego wyrównany udział w badanym drewnie sosnowym II klasy wieku (F–H): w przedziale 34–38 %. Wyższy rozrzut udziału drewna późnego zaobserwowano w drewnie sosnowym V/VI klasy wieku (A–D): w przedziale 32–45%. Porównawcze zestawienie średnich szerokości przyrostów rocznych z uwzględnieniem udziału drewna późnego i wczesnego dla próbek z poszczególnych partii potwierdza większy rozrzut badanej wielkości dla drewna drzewostanu V/VI klasy wieku.

Wyniki pomiarów gęstości (rys. 5) w badanym drewnie sosnowym II klasy wieku (F–H) mieszczą się w przedziale 443–485 kg/m<sup>3</sup>, natomiast w drewnie sosnowym dojrzałym V/VI klasy wieku (A–D) w przedziale 520–570 kg/m<sup>3</sup>. Nieznacznie wyższe wskaźniki prezentują próbki z siedliska Bśw. Wyniki te są porównywalne lub wyższe od danych literaturowych, prezentujących badaną cechę drewna sosny zwyczajnej z terenów Polski Zachodniej (Bembek i in., 2014; Sewerniak i Piernik, 2012).



**Rys. 5.** Rozkład gęstości drewna dla badanych powierzchni

**Fig. 5.** Average distribution of wood density for the tested surfaces

### Zestawienie właściwości mechanicznych

Wyniki charakterystycznych wartości badań modułu sprężystości przy zginaniu trójpunktowym próbek laboratoryjnych obliczono dla wilgotności 12% (tab. 5).

**Tabela 5.** Moduł sprężystości przy wilgotności 12% próbek laboratoryjnych

**Table 5.** Modulus of elasticity at 12% moisture content of laboratory samples

Oznaczenie próbek Sample	Moduł sprężystości MOE MPa			s*	v** %
	min	średnia med.	max		
	A	6 050	10 037		
B	5 060	12 418	13 310	1 896,7	18,2
C	5 390	11 442	14 520	1 759,5	18,8
D	11 330	13 676	14 530	722,6	6,4
E	7 275	9 769	11 385	650,6	6,1
F	6 600	8 470	11 036	2 158,6	23,6
G	6 270	8 716	11 570	2 027,9	21,5
H	6 600	8 357	12 104	1 873,7	20,8

Objaśnienie: \*odchylenie standardowe wartości średniej, \*\*współczynnik zmienności wartości średniej.

Legend: \*standard deviation, \*\*variation.

Prezentowane wyniki badań dla próbek ze strefy odziumkowej wskazują na wyższe wartości wytrzymałości drewna sosnowego V i VI klasy wieku. Jednak dla drewna z BMśw wyniki pomiarów bezpośrednich wskazują nieznacznie wyższe wskaźniki sprężystości niż materiał pobrany z Bśw. Podobna tendencja została zauważona dla drewna drzewostanów II klasy wieku.

Interpretując dane zawarte w tabeli 5, można stwierdzić, że wyniki badań modułu sprężystości próbek laboratoryjnych każdej z partii próbek odznaczały się dużą zmiennością wyników dla drewna młodszych drzewostanów (dominująca wartość współczynnika zmienności przekraczała 20%). Wynika z tego, że materiał młodszych drzewostanów nie jest jednolity pod względem parametrów mechanicznych (Pazdrowski i Spława-Neyman, 1996; Krzosek i in., 2021; Tomczak i in., 2013).

### Moduł sprężystości

Średni moduł sprężystości drewna sosnowego z Puszczy Noteckiej (rys. 6) pozyskanego z próbek drzew V/VI klasy wieku wynosił 11 893 MPa, natomiast dla

drewna sosny pozyskanego z próbek drewna II klasy wieku 8828 MPa. Porównując otrzymane wyniki, można jednoznacznie stwierdzić, że materiał pozyskany z próbek drewna dojrzałego znacznie odbiega od danych drewna niższych klas wieku. Dla drewna sosnowego drzewostanów dojrzałych otrzymane wyniki są o 34 % niższe od danych dla drewna sosnowego młodych drzewostanów. Wyniki uzyskane w badaniach surowca z Puszczy Noteckiej są porównywalne z danymi literaturowymi (Fernandes i in., 2017; Tomczak i Jelonek, 2012; 2013; Kokociński, 2004) i wskazują, że moduł sprężystości zarówno II, jak i V/VI klasy wieku jest zawarty w przedziale górnych wartości uzyskiwanych dla drewna sosny w Polsce.

### Wytrzymałość na zginanie

Wyniki charakterystycznych wartości badań wytrzymałości na zginanie próbek laboratoryjnych obliczone dla wilgotności 12% przedstawione w tabeli 6, podobnie jak wyniki modułu sprężystości próbek laboratoryjnych (tab. 5), prezentują znaczny rozrzut uzyskanych wyników w większości badanej partii próbnej.

**Tabela 6.** Wytrzymałość na zginanie przy wilgotności 12% próbek laboratoryjnych

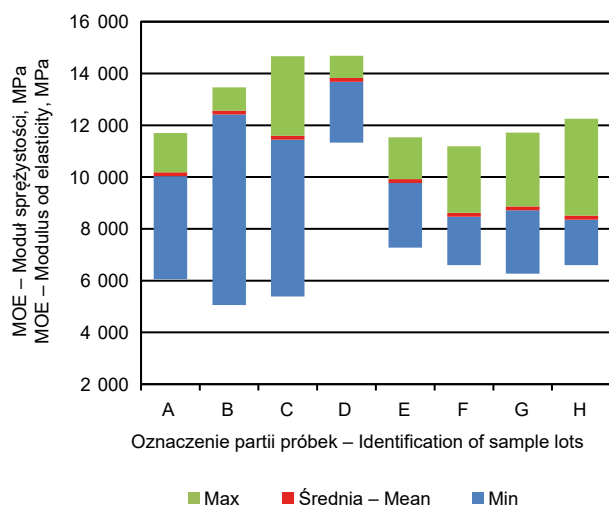
**Table 6.** Bending strength at 12% moisture content of laboratory samples

Oznaczenie próbek Sample	MOR Wytrzymałość na zginanie MPa			s*	v**
	min	średnia med.	max		
	A	69	106		
B	53	118	137	17,42	17,00
S	58	107	143	16,39	19,83
D	100	117	126	5,19	5,16
E	77	89	90	4,67	5,27
F	72	93	112	18,67	20,53
G	62	87	116	20,51	23,89
H	53	82	105	17,42	21,75

Objaśnienie: \*odchylenie standardowe wartości średniej, \*\*współczynnik zmienności wartości średniej.

Legend: \*standard deviation, \*\*variation.



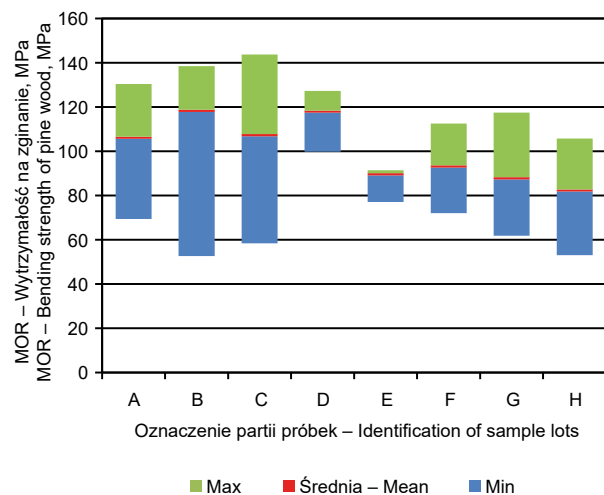


**Rys. 6.** Moduł sprężystości próbek laboratoryjnych przy wilgotności 12%

**Fig. 6.** Modulus of elasticity of laboratory samples at 12% moisture content

Drewno użyte do produkcji próbek drewna II klasy wieku nie było jednolite, na co wskazują uzyskane rozbieżności w wynikach badań właściwości mechanicznych (rys. 6 i 7).

Średnia wytrzymałość na zginanie próbek laboratoryjnych pozyskanych z próbek sosnowych dojrzałych



**Rys. 7.** Wytrzymałość na zginanie drewna sosny

**Fig. 7.** Bending strength of pine wood

wynosi 112 N/mm<sup>2</sup>, natomiast z próbek sosnowych młodych drzewostanów 88 N/mm<sup>2</sup>. Porównując powyższe wyniki z danymi literaturowymi (Fernandes i in., 2017; Tomczak i Jelonek, 2012; 2013), można stwierdzić, że wytrzymałość na zginanie drewna sosny V/VI klasy wieku jest zawarta w przedziale górnych wartości prezentowanych przez badaczy drewna sosny na terenie Polski (Krzosek i in., 2020; 2021).

W zakresie oceny cech technicznych i mechanicznych właściwości drewna wskazano na zdecydowanie wysokie walory wytrzymałościowe drewna dojrzałego V/VI klasy wieku pozyskane z terenów Puszczy Noteckiej. Zestawienie właściwości mechanicznych drewna sosnowego uzyskane w trakcie testów wskazują na zdecydowanie niższą wytrzymałość drewna II klasy wieku. Surowiec ten stanowi drewno niedojrzałe technicznie. Jest to jednak wartościowy surowiec dla celów produkcji materiałów opakowaniowych oraz wyrobów programu ogrodowego.

Dane z przeprowadzonych prac badawczych stanowią element cyklu i będą weryfikowane w dalszych badaniach zasobności Puszczy Noteckiej

## WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

- W prezentowanych wynikach powierzchni próbnych reprezentujących BMśw i Bśw drzewostany sosnowe Puszczy Noteckiej V/VI klasy wieku wykazują dominację drzew o pierśnicy w przedziale 29–37 cm. Graniczne wymiar pomiędzy 22 cm a 49 cm w pierśnicy świadczą o znacznym zróżnicowaniu cech drzewostanów. Zmienność ta zarówno przekłada się na wskaźnik użyteczności technologicznej drewna sosnowego, jak i wskazuje na zmienność charakterystyki wymiarowej możliwych do pozyskania sortymentów wielkowymiarowych o przeznaczeniu tartaczynowym dostosowanym do technologii agregatowych w zależności od siedliska (Kozakiewicz i in., 2018; Wieruszewski i Mydlarz, 2021; Wieruszewski i in., 2022).
- Drzewostany sosnowe należące do BMśw w II klasie wieku osiągały pierśnice w przedziale 10–29 cm. Dominujące drzewa o pierśnicy 16–18 cm świadczą o wyrównanym wzroście drzew o średniej wysokości 17,5 metra.

- Drzewostany sosnowe rosnące na siedlisku BMśw generują surowiec o wyższych właściwościach wytrzymałościowych niż drzewa rosnące na Bśw niezależnie od wieku drzewostanu.
- W młodych drzewostanach sosnowych zauważalna jest różnica właściwości użytkowych określonych przez cechy wytrzymałościowe drewna dla dwóch podstawowych typów siedliskowych BMśw i Bśw (niższa w Bśw). Różnice te ulegają redukcji wraz z wiekiem drzewostanów.
- W obecnych niedoborach surowca zasobność wykazana dla badanych drzewostanów sosnowych Puszczy Noteckiej w V/VI klasie wieku posiadała wyższą zasobność w przypadku Bśw niż BMśw, które to siedlisko generuje większe zmiany w miąższości drzewostanu.

## PIŚMIENICTWO

- Aleksiejak, M. (2014). Kształtowanie się przyrostów rocznych drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z Puszczy Noteckiej. Praca dyplomowa. Poznań: Katedra Nauki o Drewnie Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
- Anders, P., Kusiak, W. (2005). Puszcza Notecka. Przewodnik krajoznawczy. Poznań: Oficyna Wydawnicza G&P.
- Bank Danych o Lasach (b.d.). Pobrano 23.04.2022 z: [www.bdl.lasy.gov.pl/portal/mapy](http://www.bdl.lasy.gov.pl/portal/mapy)
- Bembenek, M., Karaszewski, Z.; Kondracki, K., Łacka, A., Mederski, P. S., ..., Wegiel, A. (2014). Value of merchantable timber in Scots pine stands of different densities. *Drewno*, 57, 133–142.
- Bowyer, J. L. (2016). The U.S. Forest Product Industry – past, present and future. *Drewno*, 59 (197), 9–24. DOI: 10.12841/wood.1644-3985.C35.03
- Brożek, S., Zwydak, M. (2003). Atlas gleb leśnych Polski. Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.
- Fernandes, C., Gaspar, M. J., Pires, J., Alves, A., Simões, R., ..., Lousada, J. L. (2017). Physical, chemical and mechanical properties of *Pinus sylvestris* wood at five sites in Portugal. *iForest*, 10, 669–679. DOI:10.3832/ifor2254-010
- Hruzik, G. J. (2006). Zużycie surowca i materiałów drzewnych w wyrobach przemysłu tartacznego. *Drewno*, 49, 175, 25–44.
- Jakubowski, M. (2004). The share of sapwood, heartwood juvenile wood and mature wood in pine stems (*Pinus sylvestris* L.) in relation to site conditions. *Sylvan*, 148, 16–24, DOI: 10.26202/sylvan.9200401
- Jaszczak, R., Ważyński, B., Wajchman-Świtalska, S. (2017). Prawne aspekty leśnictwa miejskiego w Polsce. *Sylvan*, 161(8), 659–668.
- Kokociński, W. (2004). Drewno. Pomiary właściwości fizycznych i mechanicznych. Poznań: Prodruck, 19–25, 40–44, 107–115, 132–137.
- Kozakiewicz, P., Rębkowski, B., Koczan, G., Krzosek, S. (2018). Influence of machining technologies and quality of logs on material losses of typical supply of Scots pine wood (*Pinus sylvestris* L.) destined for layered floorboards. *Fol. For. Pol., Series A – Forestry*, 60(4), 241–247. DOI: 10.2478/ffp-2018-0025
- Krzosek, S., Burawska-Kupniewska, I., Mańkowski, P. (2020). The Influence of Scots Pine Log Type (*Pinus sylvestris* L.) on the Mechanical Properties of Lumber. *Forests*, 11, 1257. DOI:10.3390/f11121257
- Krzosek, S., Grzeńkiewicz, M., Burawska-Kupniewska, I., Mańkowski, P., Wieruszewski, M. (2021). Mechanical properties of polish-grown *Pinus sylvestris* L. Structural sawn timber from the butt, middle and top logs. *Wood Res.*, 66 (2), 231–242. DOI: 10.37763/wr.1336-4561/66.2.231242
- Krzysik, F. (1974). *Nauka o drewnie*. Warszawa: PWN.
- Kusiak, W. (red.). (2013). Określenie gęstości umownej oraz składu chemicznego surowca sosnowego Puszczy Noteckiej w aspekcie przydatności do mechanicznego i chemicznego przerobu drewna. Sprawozdanie końcowe z pracy usługowej 13/2013/U. Poznań: Wydział Technologii Drewna, UP w Poznaniu.
- Lasy Państwowe (b.d.). Tablice miąższości. Pobrano 08.09.2022 z: [https://www.lasy.gov.pl/pl/publikacje/copy\\_of\\_gospodarka-lesna/uzytkowanie/tablice-miazszosci-1/tablice-miazszosci-xls/view](https://www.lasy.gov.pl/pl/publikacje/copy_of_gospodarka-lesna/uzytkowanie/tablice-miazszosci-1/tablice-miazszosci-xls/view)
- Otwarta Encyklopedia Leśna (b.d.). Pobrano 23.04.2022 z: [www.encyklopedia.laspolskie.pl](http://www.encyklopedia.laspolskie.pl)
- Pazdrowski, W., Splawa-Neyman, S. (1996). Macrostructure of scots pine wood from unripe forest stand grown in conditions of dry forest. *Folia For. Pol. B*, 27, 58–62.
- PN-77/D-04103:1997 (1977). Drewno – oznaczanie wytrzymałości na zginanie statyczne. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-D-94021:2013 (2013). Tarcica iglasta konstrukcyjna sortowana metodami wytrzymałościowymi. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-EN 13183-1: 2004 (2004). Wilgotność sztuki tarcicy – Część 1: Oznaczanie wilgotności metodą suszarkowo-wagową. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny.

- PN-EN 384+A1:2018-12 (2018). Drewno konstrukcyjne – oznaczanie wartości charakterystycznych właściwości mechanicznych i gęstości. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny.
- Przybyła, C. (red.). (2015). Dokumentacja hydrologiczno-środowiskowa jako podstawa zwiększenia retencji w Leśnym Kompleksie Promocyjnym Puszcza Notecka.. Poznań: RDLP. Maszynopis.
- Puchalski, T., Prusinkiewicz, Z. (1975). Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego. Warszawa: Państwowe Wydawn. Rolnicze i Leśne.
- Roszyk, E., Moliński, W., Kusiak, W., Prądyński, W., Zborowska, M. (2016). Physical properties of Scots pine wood from the Notecka Forest. *Sylvan*, 160 (7), 547–555.
- Sewerniak, P., Piernik, A. (2012). Regression models for impact of soil properties on site index class of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in south-western Poland. *Sylvan*, 156, 563–571. DOI:10.26202/sylvan.2012043.
- Sokołowski, A. W., Kliczkowska, A., Grzyb, M. (1997). Określenie jednostek fitosocjologicznych wchodzących w zakres siedliskowych typów lasu. Warszawa: Prace IBL, 32, ser. B.
- Stawujak, A. (2021). Wpływ siedliskowy na właściwości technologiczne wybranego surowca iglastego. Praca dyplomowa. Poznań: WLiTD..
- Suwała, M. (red.). (2000). Poradnik użytkownika lasu: dla leśników praktyków: praca zbiorowa. Warszawa: Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”.
- Tomczak, A., Jelonek, T. (2012). Technical parameters of juvenile and mature wood in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Sylvan*, 156, 695–702. DOI:10.26202/sylvan.2011136.
- Tomczak, A., Jelonek, T. (2013). Promieniowa zmienność właściwości drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wyrosłej na gruntach porolnych. *For. Res. Pap.*, 74, 171–177.
- Tomczak, A., Jelonek, T., Jakubowski, M. (2013). Density of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood as an indicator of tree resistance to strong winds. *Sylvan*, 157, 539–545. DOI:10.26202/sylvan.2012110.
- Wieruszewski, M., Mydlarz, K. (2021). The Influence of Habitat Conditions on the Properties of Pinewood. *Forests*, 12, 1311. <https://doi.org/10.3390/f12101311>
- Wieruszewski, M., Trociński, A., Kawalerczyk, J., Derkowski, A., Mirski, R. (2022). The Strength of Pine (*Pinus sylvestris* L.) Sawn Timber in Correlation with Selected Wood Defects. *Materials*, 15(11), 3974. <https://doi.org/10.3390/ma15113974>
- Zabiński, B. (1974). Dalsze wyjaśnienia dotyczące potencjału produkcyjnego lasów polskich. *Sylvan*, 118(12).
- Zawadzka, D., Sławski, M. (2007). Spotkania z przyrodą. Las. Warszawa: Wyd. Multico Oficyna Wydawnicza.
- Zborowska, M., Prądyński, W., Kusiak, W., Stachowiak-Wencek, A., Roszyk, E., Moliński, W. (2018). A selection of the application of *Pinus sylvestris* L. from Puszcza Notecka by chemical analysis. *Drewno*, 61(202). DOI:10.12841/wood.1644-3985.D10.02

## THE INFLUENCE OF THE QUALITY OF PINE RAW MATERIAL FROM THE NOTEC FOREST ON ITS RATIONAL USE IN MECHANICAL PROCESSING

### ABSTRACT

In the Notecka Forest, the dominant species is Scots pine growing in the strongly dominant habitat of fresh coniferous forest (Bśw) and fresh mixed coniferous forest (BMśw). The aim of the study was to verify the quality and strength of pine sorties of mature stands of the 4th and 5th age classes. The specific qualities of the wood raw material were determined for stands on the habitat Bśw, BMśw, as dominant in the structure of soil and moisture conditions. The raw material base with a significant level of abundance provides material for differentiated mechanical processing. The availability of wood with specific qualitative and strength characteristics affects the multiplicity of processing profiling. The influence of the qualitative characteristics of the wood material, as well as the uniform distribution of defects, affects the strength technological characteristics of pine wood of Bśw and BMśw habitats from the Notec Forest. This is confirmed by both lumber grading processes and laboratory tests.

**Keywords:** pine wood, Notecka Forest, quality of wood, strength of wood

