

**ANNA BIENIASZ, HUBERT LACHOWICZ, WŁODZIMIERZ BURACZYK, TADEUSZ MOSKALIK**

## **Jakość techniczna drewna 35-letnich świerków (*Picea abies* L. H. Karst) rosnących na powierzchni proveniencyjnej w LZD Rogów**

Technical quality of wood of 35 years old Norway spruce (*Picea abies* L. H. Karst) growing on experimental plot in the Rogów Forest Experimental Station

### **ABSTRACT**

Bieniasz A., Lachowicz H., Buraczyk W., Moskalik T. 2017. Jakość techniczna drewna 35-letnich świerków (*Picea abies* L. H. Karst) rosnących na powierzchni proveniencyjnej w LZD Rogów. Sylwan 161 (10): 851-860.

The aim of this paper is to investigate and compare structural, mechanical and physical properties of wood of Norway spruce growing on experimental plot in Rogów (central Poland). The planting material consisted of seeds sourced from six selected provenances. Three of them originated from lowlands, while the others have mountain origins (tab. 1). The plot was established in 1975 and the wood was harvested in 2010. Wood samples were prepared and measured according to the Polish Standards describing those procedures. The following properties were subjected to the research and statistical analyses: average tree-ring width, share of latewood, wood density, compression strength parallel to grain, static bending, modulus of elasticity in static bending and the coefficients of compression strength parallel to grain, static bending, and modulus of elasticity in static bending. Results of the investigation were correlated in the frame of each provenance. Wood density determines values of compression strength parallel to grain, static bending and modulus of elasticity in static bending. The higher wood density, the higher values of the mechanical properties. Ordering provenances by the wood density demonstrates the same results as ordering by values of compression strength parallel to grain. The high values of density and mechanical properties prove good technical quality of the analysed wood. The structural properties (the average tree-ring width and the share of latewood) are correlated to the wood density as well. They are additional features to describe wood quality, but are not as accurate as the mechanical properties. The quality of wood from all investigated provenances is high, what makes impossible to distinguish wood from selected provenances using applied features. Wood from Nowe Ramuki and Kartuzy (i.e. lowland) provenances has the best quality parameters, while one from Istebna Bukowiec and Stronie Śląskie (mountain) provenances demonstrated the worst properties (tab. 2). The results do not prove the opinion about the best quality of Norway spruce wood originating from the mountains.

### **KEY WORDS**

wood properties, structural, mechanical and physical parameters, conifer timber

### **ADDRESSES**

Anna Bieniasz <sup>(1)</sup> – e-mail: [anna.bieniasz@wl.sggw.pl](mailto:anna.bieniasz@wl.sggw.pl)  
Hubert Lachowicz <sup>(1)</sup> – e-mail: [hubert.lachowicz@wl.sggw.pl](mailto:hubert.lachowicz@wl.sggw.pl)

Włodzimierz Buraczyk <sup>(2)</sup> – e-mail: wburaczyk@wp.pl

Tadeusz Moskalik <sup>(1)</sup> – e-mail: tadeusz.moskalik@wl.sggw.pl

<sup>(1)</sup> Katedra Użytkowania Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

<sup>(2)</sup> Katedra Hodowli Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

## Wstęp

Jakość techniczna drewna rodzimych gatunków drzew od lat stanowi przedmiot wielu badań. Jej znajomość pozwala na podjęcie właściwej decyzji o przeznaczeniu drewna, co jest niezbędne w praktycznym aspekcie użytkowania lasu. Gęstość drewna świerkowego – własność fizyczną informującą o jakości drewna – z różnych pochodzeń badali Barzdajn [1996], Matras [2001] oraz Szaban i in. [2014]. Analiza zmienności gęstości wywołanej czynnikiem genetycznym prowadzona na surowcu drzewnym pozyskanym z plantacji nasiennej wykazała bardzo duże różnice między gęstością drewna pochodzącego z różnych drzew [Jakubowski i in. 2013]. Badania jakości surowca świerkowego, głównie z terenu Beskidów, prowadzili Barszcz [1995], Barszcz i Michalec [2003, 2007] oraz Michalec [2007, 2011]. Oktaba i in. [2002] zajmowali się tematyką jakości drewna świerka w drzewostanach będących pod wpływem zanieczyszczeń przemysłowych. Przedmiotem obserwacji innych badaczy była szerokość przyrostów rocznych u świerka – jedna z cech, która wpływa na jakość techniczną surowca – w zależności od wysokości n.p.m. [Puchalski 1966; Modrzyński 1988; Ochał 2000; Feliksik, Wilczyński 2003; Michalec i in. 2016]. W tym zakresie uzyskano jednak różne wyniki i zależność szerokości słoja oraz gęstości drewna od wysokości n.p.m. nie została jednoznacznie potwierdzona.

Niniejsza praca stanowi uzupełnienie literatury na temat jakości technicznej drewna świerkowego w zależności od pochodzenia, stwierdzonej na podstawie badań strukturalnych, fizycznych i mechanicznych cech drewna. Po badaniach wytrzymałościowych drewna, określeniu gęstości oraz współczynników jakości wytrzymałościowej można jednoznacznie porównać drewno danych pochodzeń pod kątem jakości technicznej. Wyniki analizy właściwości strukturalnych uzupełniają charakterystykę jakościową drewna i można je odnieść do wyników badań fizycznych i mechanicznych.

Celem pracy było zbadanie zmienności wybranych właściwości strukturalnych, fizycznych i mechanicznych drewna 35-letnich świerków sześciu krajowych populacji rosnących na powierzchni proveniencyjnej w leśnictwie Głuchów LZD w Rogowie.

## Materiał i metody

Badania przeprowadzono we współpracy z Katedrą Hodowli Lasu SGGW w Warszawie na materiale pozyskanym w 2010 roku na powierzchni proveniencyjnej zlokalizowanej w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Rogowie, w leśnictwie Głuchów (oddział 231d, dawniej 179c). Powierzchnia badawcza została założona w 1975 roku, zatem w czasie pozyskania surowca w ramach cięć rozluźniających drzewostan liczył 35 lat. Całkowita powierzchnia drzewostanu doświadczalnego, rosnącego na siedlisku lasu wilgotnego, wynosi 3 ha. Do założenia powierzchni proveniencyjnej wykorzystano 3-letnie sadzonki 19 pochodzeń świerka (17 krajowych oraz 2 z terenu Niemiec) posadzone w więźbie 1,5×1,5 m. Powierzchnia badawcza została założona w układzie trzech bloków (powtórzeń) po 100 drzew w każdym powtórzeniu, co pozwala określić wpływ czynnika genetycznego na wzrost i jakość surowca drzewnego świerków badanych pochodzeń.

W 2010 roku wyznaczono zabieg rozluźniający drzewostan na powierzchni proveniencyjnej, a następnie z przeznaczonych do wycięcia drzew wybrano po 6 najgrubszych z 6 krajowych

pochodzeń. Wybór pochodzeń uwzględnił lokalizację drzewostanów matecznych, z których 3 rosy w zasięgu północnym (nizinny) oraz 3 w warunkach górskich (zasięg południowy) (tab. 1).

Z pozyskanego materiału wyrobiono i pobrano próbki do badań właściwości technicznych według wytycznych PN-77/D-04227. Z surowca drzewnego reprezentującego 6 pochodzeń świerka pospolitego wybrano i sporządzono próbki drewna o wymiarach zgodnych z polską normą do poszczególnych rodzajów badań drewna, tj. 20×20×300 mm do badania gęstości, wytrzymałości na zginanie statyczne i modułu sprężystości przy zginaniu statycznym oraz 20×20×30 mm do badania gęstości, średniej szerokości słoja, udziału drewna późnego i ściskania wzdłuż włókien. Gęstość została oznaczona zgodnie z PN-77/D-04101, a wilgotność – PN-77/D-04100. Liczba próbek z wyszczególnionych pochodzeń wyniosła 346. Z każdego pochodzenia wyselekcjonowano po około 60 prób. Następnie przeprowadzono badania właściwości fizycznych i mechanicznych drewna, przy jego wilgotności wynoszącej około 12%. Gęstość wyznaczono po zważeniu próbek z dokładnością do 0,001 g i wykonaniu pomiarów stereometrycznych (w kierunkach: promieniowym, stycznym i podłużnym) suwmiarką elektroniczną z dokładnością do 0,01 mm. Następnie zeskanowano powierzchnię przekroju poprzecznego próbek krótkich i pomierzono szerokość drewna wczesnego i późnego słoju, korzystając z programów CDendro 7.8 i Coorecorder 7.8 w celu obliczenia średniej szerokości słoja oraz udziału drewna późnego. Badania zginania statycznego, współczynnika sprężystości przy zginaniu statycznym oraz ściskania wzdłuż włókien przeprowadzono odpowiednio według norm PN-77/D-04103, PN-63/D-04117 i PN79/D-04102, przy wilgotności 12%. Przy użyciu uniwersalnej maszyny wytrzymałościowej ZD-10, z ważnym świadectwem legalizacji, zbadano właściwości mechaniczne:

- wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien  $R_c$  [MPa],
- wytrzymałość na zginanie statyczne  $R_g$  [MPa],
- moduł sprężystości przy zginaniu statycznym  $E_g$  [MPa].

Dysponując wartościami powyższych parametrów obliczono współczynniki:

- jakości wytrzymałościowej przy ściskaniu wzdłuż włókien  $JR_c$  [km],
- jakości wytrzymałościowej przy zginaniu statycznym  $JR_g$  [km],
- jakości wytrzymałościowej modułu sprężystości przy zginaniu statycznym  $JE_g$  [km].

Analizę statystyczną przeprowadzono w programie Statistica (StatSoft Inc.). Ze względu na brak zgodności rozkładu badanych cech z rozkładem normalnym do porównania pochodzeń wybrano test Kruskala-Wallisa. Przyjęty poziom istotności wynosił  $p < 0,05$ .

**Tabela 1.**

Pochodzenia świerka wybrane do badań właściwości drewna  
Selected origin of spruce to study the properties of wood

Pochodzenie Origin	Numer Number	Kraina przyrodniczo-leśna Natural-forest province	Dzielnica przyrodniczo-leśna Natural-forest district	Drzewostan mateczny Maternal stand	
				Wysokość [m n.p.m.] Altitude [m a.s.l.]	Wiek [lata] Age [years]
Borki	5	Mazursko-Podlaska	Pojezierza Mazurskiego	180	71
Nowe Ramuki	6	Mazursko-Podlaska	Równiny Mazurskiej	200	90
Stronie Śląskie	9	Sudecka	Sudetów Wschodnich	820	123
Istebna Bukowiec	11	Karpacka	Beskidu Śląskiego i Małego	630	121
Rycerka Zwardoń	13	Karpacka	Beskidu Żywieckiego	620	89
Kartuzy	21	Bałtycka	Pojezierza Drawsko-Kaszubskiego	200	90

## Wyniki

Najwyższą średnią szerokość słoja (3,36 mm) obserwuje się w pochodzeniu nr 9 (Stronie Śląskie), zaś najmniejszą w pochodzeniu nr 6 (Nowe Ramuki) – 2,80 mm (tab. 2). Maksymalna wartość występuje w pochodzeniu nr 21 (Kartuzy) – 6,63 mm, a minimalna (1,41 mm) – w pochodzeniu nr 5 (Borki). W pochodzeniu nr 21 obserwuje się też największe odchylenie standardowe – 1,04 mm. Wykazano istotny wpływ pochodzenia materiału sadzeniowego na średnią szerokość słoja ( $p < 0,0001$ ). Pochodzenie nr 9 (Stronie Śląskie) różni się istotnie statystycznie od wszystkich pozostałych pochodzeń, z wyjątkiem 11 (Istebna Bukowiec), gdzie wartości są dość zbliżone.

Najwyższa średnia wartość udziału drewna późnego występuje w proveniencji nr 21 (Kartuzy) – 11,63%, najmniejsza – w pochodzeniu nr 9 (Stronie Śląskie) – 9,09%. Największe maksimum spośród wszystkich pochodzeń wykazuje Istebna Bukowiec (nr 11) – 20,44%, gdzie widoczne jest również największe odchylenie standardowe – 3,59%. Minimum występuje w pochodzeniu nr 9 (Stronie Śląskie) – 4,39%. Średni udział drewna późnego u świerka według Wanina [1953] wynosi 21-26%. Wykazano istotny wpływ pochodzenia materiału sadzeniowego na udział drewna późnego ( $p < 0,0001$ ). Również w przypadku tej cechy najwięcej różnic istotnych statystycznie wykazuje pochodzenie nr 9 (Stronie Śląskie), które różni się od pochodzeń nr 6 (Nowe Ramuki), 13 (Rycerka Zwardoń) oraz 21 (Kartuzy), a zbliżone jest z pochodzeniami nr 5 (Borki) oraz 11 (Istebna Bukowiec).

Największą średnią wartość gęstości wykazuje pochodzenie nr 6 (Nowe Ramuki) – 451,55 kg/m<sup>3</sup>, najmniejszą nr 11 (Istebna Bukowiec) – 397,33 kg/m<sup>3</sup>. Maksymalną wartość gęstości (565,86 kg/m<sup>3</sup>) również obserwuje się w próbach pochodzenia nr 6 (Nowe Ramuki), zaś minimum (330,88 kg/m<sup>3</sup>) w proveniencji nr 9 (Stronie Śląskie). Średnia wartość gęstości dla świerka wynosi 470 kg/m<sup>3</sup> [Krzysik 1974]. Pochodzenie nr 13 (Rycerka Zwardoń) cechuje największe odchylenie standardowe – 51,70 kg/m<sup>3</sup>. Stwierdzono istotny wpływ pochodzenia materiału sadzeniowego na gęstość drewna ( $p < 0,0001$ ). Występują istotne różnice pomiędzy wartościami gęstości prób proveniencji nr 13 (Rycerka Zwardoń) a pozostałymi górnymi pochodzeniami – nr 9 (Stronie Śląskie) i nr 11 (Istebna Bukowiec) – które mają zbliżone wartości.

Najgęstsze próbki z pochodzenia nr 6 (Nowe Ramuki) okazały się najbardziej wytrzymałe na ściskanie (najwyższa średnia wartość tej cechy to 61,9 MPa), a najmniej gęste – z pochodzenia nr 11 (Istebna Bukowiec) – są najmniej wytrzymałe (najniższa średnia to 53,8 MPa). Przy próbach trzech proveniencji (5 – Borki, 6 – Nowe Ramuki, 21 – Kartuzy) obserwuje się tę samą wartość maksimum – 77,7 MPa. Największa wartość odchylenia standardowego – podobnie jak przy gęstości – występuje w pochodzeniu nr 13 (Rycerka Zwardoń). Średnia wartość wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien dla świerka wynosi 50 MPa [Krzysik 1974]. Wykazano istotny wpływ pochodzenia materiału sadzeniowego na wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien ( $p < 0,0001$ ). Najwięcej różnic istotnych statystycznie wykazują pochodzenia nr 6 (Nowe Ramuki), 11 (Istebna Bukowiec) i 21 (Kartuzy), natomiast pochodzenie nr 13 (Rycerka Zwardoń) różni się jedynie od pochodzenia nr 11 (Istebna Bukowiec).

Najwyższa średnia wartość współczynnika jakości wytrzymałościowej na ściskanie wzdłuż włókien – 13,94 km – cechuje pochodzenie nr 21 (Kartuzy), a najmniejsza – 13,50 km – proveniencję nr 5 (Borki). Nie stwierdzono istotnego wpływu pochodzenia materiału sadzeniowego na tę własność ( $p = 0,0724$ ). Różnice wartości tej cechy pomiędzy pochodzeniami nie są istotne statystycznie. Wszystkie wartości są do siebie zbliżone, zatem rozważania o tych wynikach nie wnoszą korzyści do kompleksowej analizy danych.

Wykazano istotny wpływ pochodzenia materiału sadzeniowego na wytrzymałość na zginanie statyczne ( $p < 0,0001$ ). Najwyższą średnią wartością tej cechy wyróżnia się pochodzenie nr 21 (Kartuzy) – 95,2 MPa, kolejną ma pochodzenie nr 6 (Nowe Ramuki) – 91,9 MPa, z próbkami drewna o najwyższej gęstości. Nie ma różnic istotnych statystycznie pomiędzy tymi dwoma pochodzeniami. Pochodzenie nr 21 (Kartuzy) różni się istotnie statystycznie od pozostałych pochodzeń (poza pochodzeniem nr 6 – Nowe Ramuki). Najmniej różniącym się od innych jest pochodzenie nr 13 (Rycerka Zwardoń). Wszystkie średnie wartości wytrzymałości na zginanie statyczne dla świerka przewyższają średnią wartość tej cechy podawaną przez Krzysika [1974] – 78 MPa. Maksimum występuje w pochodzeniu nr 5 (Borki) – 129,7 MPa, a minimum w proveniencji nr 6 (Nowe Ramuki) – 38,5 MPa.

Podobnie jak przy analizie współczynnika jakości wytrzymałościowej przy ścisaniu wzdłuż włókien, również dla współczynnika jakości wytrzymałościowej przy zginaniu statycznym nie wykazano różnic istotnych statystycznie, poza parą pochodzeń nr 21 (Kartuzy) – o najwyższej średniej wartości tej cechy (21,11 km) – i nr 11 (Istebna Bukowiec) – o najniższej średniej (19,71 km) – które skrajnie się od siebie różnią również pod względem innych badanych właściwości. Pozostałe wielkości są do siebie zbliżone. Wykazano istotny wpływ pochodzenia materiału sadzeniowego na tę cechę ( $p = 0,0203$ ).

Proweniencja nr 21 (Kartuzy) ma najwyższą średnią wartość modułu sprężystości przy zginaniu statycznym – 12 170 MPa. Wynik ten nie różni się istotnie statystycznie od kolejnej najwyższej średniej wartości, która występuje w pochodzeniu nr 6 (Nowe Ramuki). Wszystkie wartości średnich poza dwoma najniższymi, które wystąpiły w pochodzeniach nr 9 (Stronie Śląskie) i 11 (Istebna Bukowiec) (odpowiednio: 10 678 i 10 482 MPa), przeważają nad średnią wartością modułu sprężystości przy zginaniu statycznym, która według Krzysika [1974] wynosi 11 000 MPa. Wartości minimum (6036 MPa) i maksimum (17 402 MPa) wystąpiły w tej samej proveniencji nr 6 (Nowe Ramuki). Stwierdzono istotny wpływ pochodzenia materiału sadzeniowego na tę cechę ( $p < 0,001$ ).

Najwyższą średnią wartość współczynnika jakości wytrzymałościowej modułu sprężystości przy zginaniu statycznym (2760,81 km) obserwuje się w pochodzeniu nr 13 (Rycerka Zwardoń), zaś najniższą (2614,83 km) w pochodzeniu nr 11 (Istebna Bukowiec). Między tymi proveniencjami zachodzi różnica istotna statystycznie. Pozostałe pochodzenia mają zbliżone wartości – różnice nie są istotne statystycznie, zatem nie wykonano szczegółowej analizy, podobnie jak w przypadku pozostałych współczynników jakości wytrzymałościowej. Wykazano istotny wpływ pochodzenia materiału sadzeniowego na tę cechę ( $p = 0,0037$ ).

## Dyskusja

Prezentowane wyniki pozwalają podjąć próbę określenia jakości technicznej drewna z wyszczególnionych pochodzeń. Trzy wybrane pochodzenia (5 – Borki, 6 – Nowe Ramuki oraz 21 – Kartuzy) są zlokalizowane w północnym zasięgu świerka w Polsce, pozostałe trzy (9 – Stronie Śląskie, 11 – Istebna Bukowiec, 13 – Rycerka Zwardoń) – w południowym. Wyniki dają więc ogólny obraz jakości technicznej drewna tego gatunku z wybranych baz surowcowych w kraju, wyrosłych na terenie powierzchni doświadczalnej LZD w Rogowie.

Średnia szerokość słoja dostarcza z pewnością cennych informacji na temat warunków wzrostu i rozwoju, a także jakości drewna i jego możliwego zastosowania. Puchalski [1966] i Ochał [2000] stwierdzili zmniejszanie się średniej szerokości słoja wraz z wysokością n.p.m. Z kolei według badań Feliksika i Wilczyńskiego [2003] w Beskidach Zachodnich wzrost szerokości przyrostu świerka jest zależny od wzrostu wysokości n.p.m., ponieważ w okresie wegetacji, a zwłaszcza

latem, zwiększa się zapotrzebowanie na ciepło. Zwiększanie się średniej szerokości słoja i zmniejszanie udziału drewna późnego wraz ze wzrostem wysokości n.p.m. zaobserwował też Modrzyński [1988] na podstawie badań w Karkonoskim Parku Narodowym. Wyniki niniejszej pracy pozwalają częściowo uzasadnić drugie twierdzenie – największą średnią wartość średniej szerokości słoja wykazała próba pochodzenia nr 9 (Stronie Śląskie), kolejną – nr 11 (Istebna Bukowiec) (tab. 2). Pierwszy z drzewostanów matecznych znajdował się na wysokości 820 m n.p.m., zaś drugi – 630 m n.p.m. Pod względem tej cechy wszystkie proveniencje, poza pochodzeniem nr 11 (Istebna Bukowiec), różnią się istotnie statystycznie od proveniencji nr 9 (Stronie Śląskie) – nawet trzecia próba pochodząca z górskiego obszaru (nr 13 – Rycerka Zwardoń). Drzewostan mateczny, z którego pozyskano nasiona w Rycerce Zwardoniu, usytuowany był na wysokości 620 m n.p.m., zatem warunki siedliskowe były bardziej pokrewne pozostałym górskim pochodzeniom (Stronie Śląskie, Istebna Bukowiec) niż nizinnym. Warunki wzrostu na uprawie doświadczalnej w LZD Rogów były optymalne dla każdego drzewa poszczególnych pochodzeń, zakłada się zatem, że wykształciły wszystkie cechy fenotypowe.

Przyjmuje się, że u gatunków iglastych drewno wąskosłoiste jest twarde, ciężkie i wytrzymałe, zaś drewno szerokosłoiste ma niższe właściwości mechaniczne. Wartość graniczna pomiędzy drewnem szerokosłoistym a wąskosłoistym wynosi 3 mm (w niektórych sortymentach 2 mm). Jak zauważa Krzysik [1957], pogląd ten jest częściowo słuszny i może służyć za przybliżony wskaźnik właściwości mechanicznych drewna. W większej mierze zależą one od ilościowego stosunku drewna wczesnego i późnego w słojach. Ze wzrostem udziału drewna późnego zwiększa się gęstość drewna, a także jego właściwości mechaniczne [Kokociński 2004]. Wynika to z budowy anatomicznej – komórki drewna późnego są grubościennie w porównaniu z komórkami drewna wczesnego.

Częściowo zauważa się zależność między udziałem drewna późnego a średnią szerokością słoja w badanych próbach. Pochodzenie o największej średniej wartości średniej szerokości słoja – Stronie Śląskie (nr 9) – ma najmniejszą średnią wartość udziału drewna późnego spośród badanych proveniencji. Przy porównaniu średnich wartości tych cech pozostałych pochodzeń widoczna jest zależność mniejszego udziału drewna późnego od większej średniej szerokości słoja, poza proveniencją nr 5 (Borki).

Można zaobserwować pewną relację między udziałem drewna późnego a gęstością drewna badanych świerków. Pochodzenie nr 21 (Kartuzy), wyróżniające się największym średnim udziałem drewna późnego (11,63%), ma również wysoką średnią gęstość ( $441,75 \text{ kg/m}^3$ ), następną po proveniencji nr 6 – Nowe Ramuki ( $451,55 \text{ kg/m}^3$ ). Nie wykazano istotnych różnic pomiędzy tymi pochodzeniami. Zastanawiający jest wysoki udział drewna późnego w próbce pochodzącej z Rycerki Zwardonia (pochodzenie nr 13), na drugim miejscu w zestawieniu średnich wartości tej cechy. Próba ta ma również stosunkowo wysoką gęstość drewna.

Potwierdzenie w wynikach badań znajduje zależność wzrostu gęstości drewna od zmniejszania się średniej szerokości słoja. Pochodzenie nr 6 (Nowe Ramuki), które cechuje najmniejsza średnia wartość średniej szerokości słoja (2,80 mm) spośród badanych pochodzeń, okazało się być najgęstsze (średnia wartość gęstości –  $451,55 \text{ kg/m}^3$ ). Kolejna pod względem gęstości próba drewna ( $441,75 \text{ kg/m}^3$ ) pochodzi również z nizinnego drzewostanu matecznego (pochodzenie nr 21 – Kartuzy). Drewno z Rycerki Zwardonia (pochodzenie nr 13) jest także dosyć gęste ( $427,16 \text{ kg/m}^3$ ) i – co zaskakujące – różni się istotnie statystycznie jedynie od pozostałych pochodzeń górskich, które mają najniższe wartości gęstości (9 – Stronie Śląskie –  $399,47 \text{ kg/m}^3$  oraz 11 – Istebna Bukowiec –  $397,33 \text{ kg/m}^3$ ). Warto wspomnieć, że wyróżniają się one największymi średnimi wartościami średnich szerokości słoja (odpowiednio: 3,36 i 3,24 mm).

**Tabela 2.**

Średnia (M), mediana (Me), minimum (Min), maksimum (Max) i odchylenie standardowe (SD) średniej szerokości słoja (s), udziału drewna późnego ( $Dr_p$ ), gęstości (g), wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien (Rc), współczynnika jakości wytrzymałościowej przy ścisnaniu wzdłuż włókien (JRc), zginania statycznego (Rg), współczynnika jakości wytrzymałościowej przy zginaniu statycznym (JRg), modułu sprężystości przy zginaniu statycznym (Eg), współczynnika jakości wytrzymałościowej modułu sprężystości przy zginaniu statycznym (JEg) drewna badanych pochodzeń (5, 6, 9, 11, 13, 21) świerka pospolitego przy wilgotności 12%

Mean (M), median (Me), minimum (Min), maximum (Max) and standard deviation (SD) of average tree-ring width (s), share of latewood ( $Dr_p$ ), wood density (g), compression strength parallel to grain (Rc), coefficient of compression strength parallel to grain (JRc), static bending (Rg), coefficient of static bending (JRg), modulus of elasticity in static bending (Eg), coefficient of modulus of elasticity in static bending (JEg) of wood of analysed Norway spruce provenances (5, 6, 9, 11, 13, 21) at 12% moisture content

		5	6	9	11	13	21	Razem Total
	N	62	56	60	55	62	51	346
s [mm]	M	2,86	2,80	3,36	3,24	2,88	2,95	3,01
	Me	2,64	2,68	3,23	3,02	2,69	2,51	2,85
	Min	1,41	1,47	2,08	2,00	1,65	1,81	1,41
	Max	6,19	4,81	5,01	6,13	5,22	6,63	6,63
	SD	0,75	0,69	0,69	0,83	0,78	1,04	0,82
$Dr_p$ [%]	M	9,26	10,90	9,09	9,97	10,95	11,63	10,26
	Me	8,88	10,58	8,68	9,36	10,85	11,90	9,80
	Min	4,56	5,44	4,39	4,83	4,85	5,21	4,39
	Max	20,42	17,95	15,93	20,44	16,96	18,84	20,44
	SD	3,16	3,20	2,29	3,59	2,90	3,29	3,20
g [kg/m <sup>3</sup> ]	M	420,63	451,55	399,47	397,33	427,16	441,75	422,55
	Me	410,29	451,02	394,72	391,50	437,78	449,46	418,17
	Min	355,88	371,83	330,88	339,44	331,31	351,16	330,88
	Max	553,43	565,86	481,5	486,78	547,21	538,05	565,86
	SD	41,94	43,15	34,23	33,57	51,70	46,43	46,47
Rc [MPa]	M	56,9	61,9	54,3	53,8	58,8	61,7	57,8
	Me	55,4	60,5	53,6	53,4	58,1	62,6	56,4
	Min	43,9	48,6	43,6	37,7	44,3	44,5	37,7
	Max	77,7	77,7	72,2	72,1	75,7	77,7	77,7
	SD	7,8	7,6	6,5	6,0	9,0	7,9	8,2
JRc [km]	M	13,5	13,70	13,58	13,52	13,73	13,94	13,66
	Me	13,62	13,87	13,71	13,56	13,77	13,92	13,73
	Min	11,66	11,33	11,20	9,64	11,32	12,41	9,64
	Max	14,86	15,08	15,48	14,82	15,31	15,16	15,48
	SD	0,87	0,80	0,85	0,84	0,81	0,70	0,83
Rg [MPa]	M	85,6	91,9	82,6	79,1	87,3	95,2	86,8
	Me	84,4	93,5	80,4	78,1	82,8	98,6	85,2
	Min	59,2	38,5	48,0	57,9	60,1	62,1	38,5
	Max	129,7	121,7	109,4	99,4	127,3	115,4	129,7
	SD	14,1	17,4	10,9	10,7	17,2	14,1	15,2
JRg [km]	M	20,05	20,10	20,44	19,71	20,13	21,11	20,24
	Me	20,36	20,42	20,48	20,05	20,09	21,13	20,38
	Min	13,9	9,71	12,00	15,20	14,13	17,17	9,71
	Max	24,79	24,55	23,68	23,06	23,91	24,71	24,79
	SD	2,31	3,04	1,95	1,81	2,15	1,73	2,24

Tabela 2. ciąg dalszy

		5	6	9	11	13	21	Razem Total
Eg [MPa]	M	11 422	12 141	10 678	10 482	11 964	12 170	11 467
	Me	11 271	12 308	10 493	10 248	11 900	12 430	11 314
	Min	6 413	6 036	7 327	8 353	7 663	8 731	6 036
	Max	16 022	17 402	14 339	13 047	15 710	15 957	17 402
	SD	2 011	2 082	1 442	1 330	2 268	1 898	1 981
JEg [km]	M	2 676,48	2 656,82	2 644,37	2 614,83	2 760,81	2 699,84	2 676,48
	Me	2 769,43	2 732,72	2 680,65	2 630,85	2 840,83	2 656,32	2 722,68
	Min	1 506,29	1 332,02	1 830,52	2 136,19	1 678,14	2 201,03	1 332,02
	Max	3 255,96	3 381,74	3 069,52	3 072,66	3 187,15	3 254	3 381,74
	SD	356,31	327,95	282,81	217,99	288,73	235,71	292,76

N – liczebność; amount

Wyniki przeprowadzonych badań gęstości i wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien dowodzą ścisłego powiązania tych dwóch cech. Kolejność pochodzeń zestawionych pod względem gęstości jest taka sama jak zestawionych pod względem wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien. Porównując proweniencje pod kątem wytrzymałości na zginanie statyczne oraz modułu sprężystości przy zginaniu statycznym, obserwuje się dokładnie to samo uporządkowanie co w przypadku dwóch poprzednich cech, z wyjątkiem zamiany miejsc dwóch pierwszych proweniencji (najbardziej wytrzymałe jest drewno z Kartuz – pochodzenie nr 21, a kolejne drewno z Nowych Ramuk – pochodzenie nr 6).

Na podstawie analizy wszystkich cech stwierdza się, że najlepsze drewno spośród badanych proweniencji pod kątem jakości technicznej wykazały próby pochodzeń z nizin: nr 21 (Kartuzy) oraz nr 6 (Nowe Ramuki). Najmniej wytrzymałe pod względem wszystkich badanych cech fizycznych i strukturalnych jest drewno pochodzące z górskiego drzewostanu matecznego – nr 11 (Istebna Bukowiec). Słabej jakości technicznej, jako kolejne po proweniencji nr 11, jest drewno również z górskiego drzewostanu – pochodzenia nr 9 (Stronie Śląskie). Drewno świerkowe z innej górskiej proweniencji – Rycerki Zwardoń (nr 13) – pod względem wszystkich cech wypada lepiej jakościowo niż drewno z trzeciego nizinnego pochodzenia nr 5 (Borki). Testy statystyczne wykazują istotne różnice pomiędzy pochodzeniem nr 13 (Rycerka Zwardoń) a pochodzeniami góorskimi (nr 9 – Stronie Śląskie oraz 11 – Istebna Bukowiec). Bliższe są wyniki badań próby proweniencji nr 13 z badaniami prób najlepszych jakościowo, które pochodzą z nizin (nr 6 – Nowe Ramuki oraz nr 21 – Kartuzy).

Monnin [1932] uznaje współczynnik jakości wytrzymałościowej ściskania wzdłuż włókien za podstawę do oceny jakości technicznej drewna. Analizując wyniki przez pryzmat jakościowej charakterystyki drewna opartej na własności opracowanej przez tego autora, można wysunąć wniosek, że według takiej oceny wszystkie próbki są wysokiej jakości technicznej, gdyż nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie. Prób nie sposób również porównać, analizując wyniki pozostałych współczynników jakości wytrzymałościowych.

Michalec [2007], analizując jakość surowca świerkowego z północno-wschodniej i południowo-zachodniej bazy surowcowej w Polsce, stwierdza, że drewno świerkowe z nizin przeważa nad drewnem świerkowym góorskim pod względem jakości – przy uwzględnieniu udziału procentowego drewna klas wysokiej jakości oraz wskaźnika „W”. Większy jest też udział drzew z wadami w górkich drzewostanach. Charakteryzuje je jednak wyższa zasobność w porównaniu z drzewostanami nizinnymi, w związku z tym występuje tam więcej drewna klas dobrej jakości. W świetle



tych badań panujący pogląd o lepszym jakościowo drewnie świerkowym z południowej bazy surowcowej zostaje tylko częściowo potwierdzony.

Z kolei według Matrasy [2001] zróżnicowanie gęstości drewna nie ma charakteru regionalnego – wysoka i niska gęstość drewna świerkowego występowała zarówno u świerków z północnego zasięgu, jak i z południowego. Michalec i in. [2016] nie wykazali również istotnej korelacji gęstości drewna z wysokością n.p.m.

Na podstawie wyników niniejszej pracy można stwierdzić, że drewno pochodzenia górskiego ma gorszą jakość techniczną od drewna z nizinnych proveniencji, podważając tym samym powszechnie panujące przekonanie o lepszym jakościowo drewnie świerkowym z południowego zasięgu występowania w Polsce. Jednak pochodzenie nr 13 (Rycerka Zwardoń) jest przykładem drewna górskiej proveniencji o stosunkowo dobrej jakości technicznej.

## Wnioski

- ✦ Najlepsze drewno świerkowe pod względem jakości technicznej, pozyskane z powierzchni doświadczalnej LZD w Rogowie, pochodzi z nizinnych proveniencji Nowe Ramuki (6) oraz Kartuzy (21).
- ✦ Drewno świerkowe najlepszej jakości technicznej pochodzi z górskich drzewostanów matecznych pochodzeń: Istebna Bukowiec (11) oraz Stronie Śląskie (9).
- ✦ Wspomniane wyżej wyniki nie potwierdzają poglądu na temat lepszego jakościowo drewna świerkowego górskiego pochodzenia.
- ✦ Drewno jednego z górskich pochodzeń – Rycerki Zwardoń (13) – okazało się być stosunkowo dobrej jakości, a wartości jego cech nie różnią się istotnie statystycznie od drewna najlepszego jakościowo z Nowych Ramuk oraz Kartuz. Wartości własności mechanicznych drewna tego pochodzenia wykazują lepszą jakość techniczną od drewna trzeciej nizinnej proveniencji – Borki (5). Tym samym trudno jest jednoznacznie stwierdzić zależność jakości technicznej od lokalizacji drzewostanu na nizinach bądź w górach.
- ✦ Badane współczynniki jakości wytrzymałościowej nie dają wyników pozwalających porównywać jakość techniczną prób drewna tak dokładnie, jak pozostałe badane cechy.

## Literatura

- Barszcz A. 1995. Ocena jakości surowca drzewnego i zmienności wad drewna w rębnych drzewostanach świerkowych na terenie Beskidów. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie. Rozprawy 199: 1-85.
- Barszcz A., Michalec K. 2003. Związki między wysokością nad poziomem morza i typem ugałęzienia a wybranymi cechami drzew i drewna świerka pospolitego (*Picea abies* [L.] Karst.). Acta Scientiarum Polonorum. Leśnictwo i Drzewnictwo 2 (2): 5-18.
- Barszcz A., Michalec K. 2007. Spruce timber quality in trees with different thickness from the Beskidy Mountains. Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria 6 (3): 5-15.
- Barzdajn W. 1996. Zmienność gęstości drewna świerka pospolitego (*Picea abies* L. Karst) w Polsce. PTPN. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych 82: 7-14.
- Feliksik E., Wilezyński J. 2003. Termiczne uwarunkowania przyrostu tkanki drzewnej świerka pospolitego (*Picea abies* L. Karst) w reglu dolnym Beskidu Żywieckiego. Acta Agraria et Silvestria. Series Silvestris 41.
- Jakubowski M., Pazdrowski W., Gonet A., Kałuziński D. 2013. Gęstość umowna drewna świerka pospolitego (*Picea abies* L. Karst) pozyskanego z plantacji nasiennej. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauki, Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych. Forestry Letters 106: 7-13.
- Kokociński W. 2004. Drewno – pomiary właściwości fizycznych i mechanicznych. Prodruc, Poznań.
- Krzysik F. 1957. Nauka o drewnie. PWRiL, Warszawa.
- Krzysik F. 1974. Nauka o drewnie. PWN, Warszawa.
- Matras J. 2001. Zróżnicowanie gęstości drewna populacji świerka na powierzchni doświadczalnej w Knyszynie w relacji do zróżnicowania populacji matecznych. Prace IBL A 914 (1): 21-33.
- Michalec K. 2007. Jakość surowca świerkowego (*Picea abies* [L.] Karst.) pochodzącego z głównych ośrodków i zasięgów jego występowania w Polsce. Drewno. Prace Naukowe. Doniesienia. Komunikaty 50 (177): 57-78.

- Michalec K. 2011. Kształtowanie się jakości surowca świerkowego w zależności od wysokości nad poziomem morza i wystawy. Sylwan 155 (6): 373-383.
- Michalec K., Wąsik R., Barszcz A. 2016. Zmienność wybranych cech makrostruktury i gęstości drewna świerkowego (*Picea abies* (L.) Karst.) z regla dolnego i górnego. Sylwan 160 (10): 855-860.
- Modrzyński J. 1988. Nieprawidłowe zależności między udziałem drewna późnego i przyrostem grubości drzewostanów świerkowych (*Picea abies* (L.) Karst.) w Karkonoskim Parku Narodowym a wzniesieniem nad poziom morza. Roczniki AR Poznań. Leśnictwo 190 (23): 103-123.
- Monnin M. 1932. L'essai des bois. Kongres Międzynarodowego Związku Badania Materiałów. Zürich.
- Ochał W. 2000. Struktura i dynamika przyrostu grubości drzew w drzewostanach świerkowych masywu Skrzyczne. Sylwan 144 (1): 75-85.
- Oktaba J., Paschalis P., Staniszewski P. 2002. Selected indicators of pine and spruce wood technical quality from the forest being under the impact of industrial pollution. Folia Forestalia Polonica A, Forestry 44.
- PN-63/D-04117 Fizyczne i mechaniczne własności drewna. Oznaczanie współczynnika sprężystości przy zginaniu statycznym. PKN, Warszawa.
- PN-77/D-04100. Drewno. Oznaczanie wilgotności. PKN, Warszawa.
- PN-77/D-04101. Drewno. Oznaczanie gęstości. PKN, Warszawa.
- PN-77/D-04103. Drewno. Oznaczanie wytrzymałości na zginanie statyczne. PKN, Warszawa.
- PN-77/D-04227. Drewno. Ogólne wytyczne pobierania i przygotowania próbek. PKN, Warszawa.
- PN-79/D-04102. Drewno. Oznaczanie wytrzymałości naściskanie wzdłuż włókien. PKN, Warszawa.
- Puchalski T. 1966. Świerk rodzimy w górnym reglu Pilska. Struktura drzewostanu, przyrost grubości i udział drewna późnego u drzew. Sylwan 110 (12): 1-23.
- Szaban J., Kowalkowski W., Karaszewski Z., Jakubowski M. 2014. Effect of tree provenance on basic wood density of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) grown on an experimental plot at Siemianice forest experimental station. Drewno. Prace Naukowe. Doniesienia. Komunikaty 57 (191): 135-143.