UNIWERSYTET PRZYRODNICZY W POZNANIU
WYDZIAŁ LEŚNY I TECHNOLOGII DREWNA
KATEDRA UŻYTKOWANIA LASU

Kamila Płońska-Kaczor

Ocena miąższości i wartości kłód sosnowych w relacji do metod pomiarowych i wybranych cech morfologicznych surowca drzewnego

Autoreferat pracy doktorskiej
wykonanej pod kierunkiem
prof. UPP dr. hab. Jarosława Szabana
w Katedrze Użytkowania Lasu
Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu

POZNAŃ 2023

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP ... 3
2. CEL PRACY I HIPOTEZA BADAWCZA ... 4
   2.1. Cel ... 4
   2.2. Hipoteza ... 4
3. METODYKA BADAŃ ... 5
   3.1. Zakres pracy i teren badań ... 5
   3.2. Pomiary terenowe ... 5
   3.3. Pomiary wykonywane w tartaku ... 7
   3.4. Legenda – opis zastosowanych w pracy skrótów i oznaczeń ... 7
   3.5. Opracowanie statystyczne wyników ... 9
   3.6. Analiza ekonomiczna ... 10
4. WYNIKI ... 11
   4.1 Analiza różnic występujących między górnymi średnicami minimalnymi ... 11
   4.2 Analiza różnic występujących między długościami ... 11
   4.3 Analiza różnic występujących między zbieżystościami ... 12
   4.4 Analiza różnic występujących między miąższościami ... 12
      4.4.1. Przy założeniu zbieżystości rzeczywistej Z_{rz3} i długości rzeczywistej L_{rz} (M1) ... 12
      4.4.2. Przy założeniu zbieżystości nominalnej Z_{n3} i długości nominalnej L_n (M2) ... 13
      4.4.3. Przy założeniu zbieżystości ustalonej Z_u i długości rzeczywistej L_{rz} (M3) ... 14
      4.4.4. Przy założeniu zbieżystości ustalonej Z_u i długości nominalnej L_n (M4) ... 15
   4.5 Analiza różnic występujących między miąższościami kłód z podziałem na wybrane wady drewna ... 16
   4.6 Analiza różnic występujących między miąższościami kłód w grupie kłód z wadami drewna ... 18
   4.7 Analiza różnic występujących między miąższościami kłód z podziałem na miejsce położenia kłody na strzale ... 18
   4.8. Analiza ekonomiczna ... 20
5. DYSKUSJA ... 21
6. STWIERDZENIA I WNIOSKI ... 27
7. LITERATURA ... 30

1. WSTĘP

Drewno jest materiałem wykorzystywanym w wielu dziedzinach gospodarki i na tyle niezastąpionym, że potencjalnych klientów nie zniechęca nawet ciągły wzrost jego ceny. Rozwój budownictwa i meblarstwa oraz wielu innych gałęzi przemysłu opartych na surowcu drzewnym generuje zwiększony popyt na drewno.

Proces przerobu surowca drzewnego poddawany był od wielu lat ciągłym udoskonaleniom i modernizacji. Dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu możliwe jest obliczenie m.in. miąższości drewna, dlatego istotną stała się kwestia dostosowania sposobu pomiaru surowca w lesie do obmiaru elektronicznego wykonanego u odbiorcy.

W zakładach przetwarzających surowiec drzewny zastosowanie ma głównie drewno okrągłe, którego produkcja w 2020 roku wynosiła 3 912 mln m^3 w ujęciu globalnym (Forest product statistics 2020). Dla porównania w tym samym roku w krajach Unii Europejskiej było to ok. 488 mln m^3 (EUROSTAT Statistics…2021). Od 2012 roku pozyskanie drewna w UE systematycznie się zwiększało, dopiero w roku 2020 zanotowano nieznaczny spadek (EUROSTAT Statistics…2021). Opierając się na danych statystycznych PGL LP, w Polsce można zaobserwować podobną tendencję.

W Polsce podczas wyrobu i pomiaru drewna stosuje się zazwyczaj warunki techniczne wprowadzane przez Dyrektora Generalnego LP na mocy zarządzenia. Okazuje się, że zarówno polscy jak i zagraniczni odbiorcy drewna nieustannie mają zastrzeżenia co do sposobu przygotowania i pomiaru surowca.

W niniejszej pracy przedmiotem badań są kłody sosnowe, których sprzedaż w LP rośnie z roku na rok, przewyższając już nieznacznie sprzedaż surowca wielkowymiarowego przygotowywanego w dłużycach (Płońska i in. 2016). Z tego względu, w pracy podjęto próbę analizy wybranych cech pomiarowych drewna, na przykładzie drewna kłodowanego sosnowego oraz ich wpływ na obliczenie miąższości surowca. Zbadano również znaczenie występowania niektórych cech morfologicznych drewna, uznawanych jako wady, żeby sprawdzić czy ich obecność rzutuje na wynik miąższości surowca.

Pojawiające się permanentnie różnice w miąższości drewna pomierzonego w sposób ręczny przez pracowników LP w odniesieniu do pomiarów wykonanych w nowoczesnych zakładach drzewnych przez urządzenia elektroniczne zrodziły zamysł powstania niniejszej pracy.

Podsumowując, praca jest próbą znalezienia najlepszych rozwiązań i sposobów pomiaru drewna oraz ma na celu wypełnienie luki poznawczej w tym zakresie.

2. CEL PRACY I HIPOTEZA BADAWCZA

2.1. Cel

Celem pracy było porównanie różnych metod obliczania miąższości kłód sosnowych, używając do tego różnych elementów pomiarowych. Utylitarnym aspektem powyższej analizy było znalezienie rozwiązań, które pozwolą wypracować metodę pomiaru surowca drzewnego najbardziej zbliżoną do pomiaru elektronicznego wykonywanego przez urządzenia pomiarowe w tartakach.

Praca ma także na celu ustalenie czy na różnice w miąższości pomiędzy pomiarem wykonanym ręcznie, a pomiarem elektronicznym mogą mieć wpływ cechy morfologiczne drewna (wady drewna).

Zamierzeniem niniejszej rozprawy było także ustalenie jak różnice w miąższości surowca drzewnego pomierzonego różnymi metodami przekładają się na wynik finansowy.

2.2. Hipoteza

W pracy przyjęto założenie, że cechy morfologiczne drzew mogą wpływać na wynik pomiaru miąższości. Różnice powstające pomiędzy miąższością obliczoną metodami tradycyjnymi, a pomiarem elektronicznym mogą wynikać z różnych aspektów, m.in. z występowania wad drewna takich jak krzywizny. Znaczenie ma prawdopodobnie również nadmierna zbieżystość kłód, a także występowanie dużej ilości guzów.

Na wstępie badań uznano, że miąższość elektroniczna obliczona w tartaku powinna wyjść wyższa od miąższości obliczonej przez pracowników Służby Leśnej ze względu na metodę pomiaru miąższości drewna kłodowanego oficjalnie stosowaną w PGL Lasy Państwowe, która opiera się na pomiarze najmniejszej średnicy górnej kłody.

Tym samym założono, że efekt finansowy sprzedaży drewna kłodowanego uzyskany przez Lasy Państwowe będzie dla nich niekorzystny, ponieważ według przewidywań odbiorca miał otrzymać więcej surowca drzewnego niż deklarowano na leśnych kwitach wywozowych. Oznaczałoby to, że część drewna odebrał nieodpłatnie, co byłoby równoznaczne ze stratami ekonomicznymi Lasów Państwowych jako dostawcy.

3. METODYKA BADAŃ

3.1. Zakres pracy i teren badań

Badania kłód sosnowych przeprowadzono partiami na materiale pozyskanym z siedmiu leśnictw należących do czterech nadleśnictw, na terenie trzech Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych. Ogółem dokonano pomiaru 253 sztuk kłód sosnowych pochodzących z powierzchni zrębowych, z trzech różnych siedlisk (Tab. 1).

Tab. 1. Powierzchnie, z których pozyskano kłody sosnowe

RDLP	Nadl.	Leśnictwo	TSL	Wydzielenie	Sposób pozyskania	Długość nominalna kłód [m]
Zielona Góra	Lubsko	Mierków	BMśw	209b	maszynowe	5,00
		Tuplice	BMśw	371b	maszynowe	4,00
	Wymiarki	Straszów	Bśw	298h	maszynowe	4,00
		Dąbrówka	BMś	180b	maszynowe	4,00
		Jamno	Bśw	248h	maszynowe	5,00
Gdańsk	Kwidzyn	Sarnowo	LMśw	74f	maszynowe	2,60-2,70
Szczecin	Strzelce Krajeńskie	Danków	BMśw	34g	maszynowe	2,60

3.2. Pomiary terenowe

Pomiarów terenowych dokonywano na powierzchniach zrębowych przed zrywką drewna lub na składnicy w tartaku (Ryc. 1).

Ryc. 1 Pomiar drewna na powierzchni zrębowej – zdjęcie po lewej stronie, oraz pomiar na składnicy drewna – zdjęcie po prawej stronie (Fot. Kamila Płońska-Kaczor)

Pomiaru dokonywano za pomocą klasycznych urządzeń pomiarowych wykorzystywanych przez pracowników Służby Leśnej, tj. średnicomierza i taśmy mierniczej (Ryc. 2). Do badań wykorzystano średnicomierz marki Quercus oraz taśmę

samozwijającą Spencer. Urządzenia pomiarowe posiadały stosowne świadectwa legalizacji. Dodatkowo używano: obracaków do obracania sztuk, narzędzi korujących, znaczników, farby do znakowania kłód.

Ryc. 2 Pomiar kłód wykonany za pomocą średnicomierza i taśmy mierniczej (Fot. Kamila Płońska-Kaczor)

Każda kłoda na powierzchni została oznaczona na czole kolejnym numerem. Elementami pomiaru były: długość rzeczywista oraz średnice (górna minimalna i maksymalna, dolna minimalna oraz maksymalna). Określano i mierzono także wady występujące na kłodach (Ryc. 3).

Klasyfikacja i pomiar odbywały się w oparciu o normy i warunki techniczne.

Dla każdej kłody zaznaczono, z której części dłużycy pochodziła.

Odrębne pomiary terenowe wykonane były przez pracownika Służby Leśnej.

Ryc. 3 Wady występujące na analizowanych kłodach, krzywizna – zdjęcie po lewej stronie oraz guz w miejscu występowania zdrowego sęka – zdjęcie po prawej stronie (Fot. Kamila Płońska-Kaczor)

3.3. Pomiary wykonywane w tartaku

Kłody transportowano do tartaku, gdzie były oceniane pod względem jakościowym oraz ilościowym za pomocą specjalistycznych urządzeń pomiarowych.

Badania odbywały się w dwóch tartakach, jeden znajdował się w Baruth na terenie Niemiec (Klenk Holz AG), drugi w Czarnej Wodzie (STEICO). Pomiar w obydwu zakładach wykonywany był przy pomocy urządzeń firmy Microtec, które były skalibrowane w analogiczny sposób. Każda kłoda była okorowywana oraz sprawdzana pod kątem obecności elementów metalowych (wykrywalność odłamków od 6mm wielkości). Następnie przy pomocy czterech urządzeń skanujących wałki skanowano (mierzono średnice) z częstotliwością pomiaru co 1cm (Ryc. 4). Ponadto wspomniane systemy dawały możliwość określenia również takich cech, jak wielkość krzywizny, zbieżystość czy spłaszczenie poszczególnych wałków. W efekcie końcowym obliczana była miąższość każdej kłody.

Ryc. 4 Urządzenie służące do skanowania drewna kłodowanego – zdjęcie po lewej stronie, obraz skanowanej kłody – zdjęcie po prawej stronie (Fot. Kamila Płońska-Kaczor)

3.4. Legenda – opis zastosowanych w pracy skrótów i oznaczeń

1. <u>Pomiar wykonany na potrzeby badań:</u>

Zbieżystość obliczona ze wzoru w oparciu o:

Z_{rz1} – średnicę dolną min $d_{d\,min}$ i średnicę górną min $d_{g\,min}$ oraz długość rzeczywistą L_{rz}

Z_{rz2} – średnicę dolną max d_{dmax} i średnicę górną max d_{gmax} oraz długość rzeczywistą L_{rz}

Z_{rz3} – średnicę dolną średnią $d_{dś}$ i średnicę górną średnią $d_{gś}$ oraz dług rzeczywistą L_{rz}

Z_{n1} – średnicę dolną min d_{dmin} i średnicę górną min d_{gmin} oraz długość nominalną L_n

Z_{n2} – średnicę dolną max d_{dmax} i średnicę górną max d_{gmax} oraz długość nominalną L_n

Z_{n3} – średnicę dolną średnią $d_{dś}$ i średnicę górną średnią $d_{gś}$ oraz długość nominalną L_n

Z_u → zbieżystość ustalona (0,7cm/m), podana w Zarządzeniu nr 74 DGLP z 27.09.2013

Miąższość obliczona ze wzoru w oparciu o:

V_{w1}→ średnicę górną min d_{gmin}, zbieżystość rzeczywistą Z_{rz3}, długość rzeczywistą L_{rz}

V_{w2}→ średnicę górną min d_{gmin}, zbieżystość nominalną Z_{n3}, długość nominalną L_n

V_{w3}→ średnicę górną min d_{gmin}, zbieżystość ustaloną Z_u, długość rzeczywistą L_{rz}

V_{w4}→ średnicę górną min d_{gmin}, zbieżystość ustaloną Z_u, długość nominalną L_n

V_{w5}→ średnicę górną max d_{gmax}, zbieżystość rzeczywistą Z_{rz3}, długość rzeczywistą L_{rz}

V_{w6}→ średnicę górną max d_{gmax}, zbieżystość nominalną Z_{n3}, długość nominalną L_n

V_{w7} → średnicę górną max d_{gmax}, zbieżystość ustaloną Z_u, długość rzeczywistą L_{rz}

V_{w8} → średnicę górną max d_{gmax}, zbieżystość ustaloną Z_u, długość nominalną L_n

V_{w9}→ średnicę górną średnią $d_{gś}$, zbieżystość rzeczywistą Z_{rz3}, długość rzeczywistą L_{rz}

V_{w10}→ średnicę górną średnią $d_{gś}$, zbieżystość nominalną Z_{n3}, długość nominalną L_n

V_{w11}→ średnicę górną średnią $d_{gś}$, zbieżystość ustaloną Z_u, długość rzeczywistą L_{rz}

V_{w12}→ średnicę górną średnią $d_{gś}$, zbieżystość ustaloną Z_u, długość nominalną L_n

V_{w13}→ średnicę dolną min d_{dmin}, zbieżystość rzeczywistą Z_{rz3}, długość rzeczywistą L_{rz}

V_{w14}→ średnicę dolną min d_{dmin}, zbieżystość nominalną Z_{n3}, długość nominalną L_n

V_{w15}→ średnicę dolną min d_{dmin}, zbieżystość ustaloną Z_u, długość rzeczywistą L_{rz}

V_{w16}→ średnicę dolną min d_{dmin}, zbieżystość ustaloną Z_u, długość nominalną L_n

V_{w17}→ średnicę dolną max d_{dmax}, zbieżystość rzeczywistą Z_{rz3}, długość rzeczywistą L_{rz}

V_{w18}→ średnicę dolną max d_{dmax}, zbieżystość nominalną Z_{n3}, długość nominalną L_n

V_{w19}→ średnicę dolną max d_{dmax}, zbieżystość ustaloną Z_u, długość rzeczywistą L_{rz}

V_{w20}→ średnicę dolną max d_{dmax}, zbieżystość ustaloną Z_u, długość nominalną L_n

V_{w21}→ średnicę dolną średnią $d_{dś}$, zbieżystość rzeczywistą Z_{rz3}, długość rzeczywistą L_{rz}

V_{w22}→ średnicę dolną średnią $d_{dś}$, zbieżystość nominalną Z_{n3}, długość nominalną L_n

V_{w23}→ średnicę dolną średnią $d_{dś}$, zbieżystość ustaloną Z_u, długość rzeczywistą L_{rz}

V_{w24}→ średnicę dolną średnią $d_{dś}$, zbieżystość ustaloną Z_u, długość nominalną L_n

V_{w25}→ średnicę średnią $d_ś$, zbieżystość rzeczywistą Z_{rz3}, długość rzeczywistą L_{rz}

V_{w26}→ średnicę średnią $d_ś$, zbieżystość nominalną Z_{n3}, długość nominalną L_n

V_{w27}→ średnicę średnią $d_ś$, zbieżystość ustaloną Z_u, długość rzeczywistą L_{rz}

V_{w28}→ średnicę średnią $d_ś$, zbieżystość ustaloną Z_u, długość nominalną L_n

Miąższość odczytana z tablic miąższości kłód w oparciu o:

V_{t1}→ średnicę górną minimalną d_{gmin} oraz długość nominalną L_n

V_{t2}→ średnicę górną minimalną d_{gmin} oraz długość rzeczywistą L_{rz}

V_{t3}→ średnicę górną maksymalną d_{gmax} oraz długość nominalną L_n

V_{t4}→ średnicę górną maksymalną d_{gmax} oraz długość rzeczywistą L_{rz}

V_{t5}→ średnicę górną średnią $d_{gś}$ oraz długość nominalną L_n

V_{t6}→ średnicę górną średnią $d_{gś}$ oraz długość rzeczywistą L_{rz}

2. Pomiar wykonany przez Służbę Leśną:

$d_{g\ min}$ L– średnica górna minimalna

L_nL- długość nominalna przyjęta do pomiaru miąższości

VL – miąższość obliczona w rejestratorze (w oparciu o L_nL oraz d_{gmin}L)

3. Pomiar wykonany w tartaku przy wykorzystaniu urządzeń pomiarowych:

d_{gmin} e – średnica górna min pomierzona przy zastosowaniu pomiaru elektronicznego (elektroniczna)

Ze – zbieżystość pomierzona przy zastosowaniu pomiaru elektronicznego (elektroniczna)

Le – długość pomierzona przy zastosowaniu pomiaru elektronicznego (elektroniczna)

Ve – miąższość obliczona przy zastosowaniu pomiaru elektronicznego (elektroniczna)

3.5. Opracowanie statystyczne wyników

Do obliczeń miąższości wykorzystano zbieżystość obliczoną na podstawie wzoru Z= $(d_d-d_g)/L$ lub zbieżystość nazwana ustaloną Z_u=0,7cm/m, którą określało Zarządzenie nr 74 Dyrektora Generalnego LP z 27 września 2013r.

Miąższość kłód (V_{w1}…V_{w28}) obliczono na podstawie modyfikacji wzoru określonego w Zarządzeniu nr 74 Dyrektora Generalnego LP z 27 września 2013 r.:

$$V = \frac{\pi}{40000} \times \left(d_g + z \times \frac{l}{2}\right)^2 \times l),$$

gdzie:

dg – średnica górna bez kory (cm)

z – zbieżystość na odcinku kłody od przekroju górnego do środkowego (cm/m)

l – długość kłody (m)

oraz w oparciu o Tymczasowe tablice miąższości kłód iglastych będące załącznikiem nr 2 do ww. dokumentu.

Miąższość otrzymana ze wzoru została policzona w 28 wariantach, w oparciu o różne średnice oraz długości, a także wybrane zbieżystości. Z kolei miąższość odczytaną z tablic uzyskano w 6 wariantach, dla wybranych średnic oraz długości.

Opracowanie wszelkich danych przeprowadzono za pomocą programu Statistica13.5PL. Analizowano różnice pomiędzy wybranymi cechami lub parametrami wymiarowymi kłód.

Na podstawie testu Shapiro-Wilka na poziomie $p < 0,05$ stwierdzono, że analizowane zmienne w podrozdziałach 4.1. – 4.4. nie posiadają rozkładu normalnego. Z tego względu do oceny zróżnicowania tych zmiennych nie można zastosować jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA, lecz jej alternatywę w postaci testu Kruskala-Wallisa.

Odmienna sytuacja miała miejsce w odniesieniu do cech analizowanych w podrozdziałach 4.5. – 4.7., gdzie stwierdzono rozkład cech zbliżony do normalnego i zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA.

3.6. Analiza ekonomiczna

W pracy podjęto próbę porównania wartości drewna kłodowanego, która została obliczona w oparciu o różne miąższości. W analizie wykorzystano ceny podane w raporcie okresowym na portalu www.e-drewno.pl – „Sprzedaż grupy WK_STANDARD SO - sosna na aukcjach systemowych w PGL LP". Do obliczeń zastosowano średnią cenę surowca reprezentatywnego z roku 2021 wynoszącą **372,66 zł/m^3**.

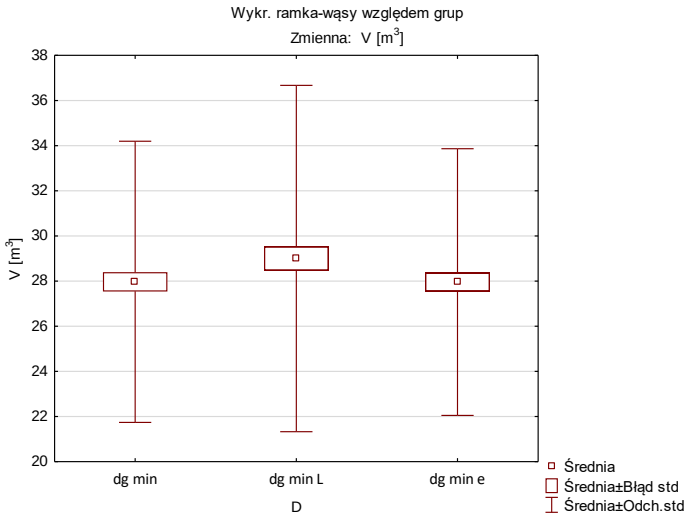
<u>Analiza została wykonana dla:</u>

a) przeciętnej miąższości pojedynczej kłody (V_{w1}…V_{w28}; V_{t1}…V_{t6}; VL i Ve)
b) miąższości całej partii surowca (V_{w1}…V_{w28}; V_{t1}…V_{t6}; VL i Ve)

4. WYNIKI

4.1 Analiza różnic występujących między górnymi średnicami minimalnymi

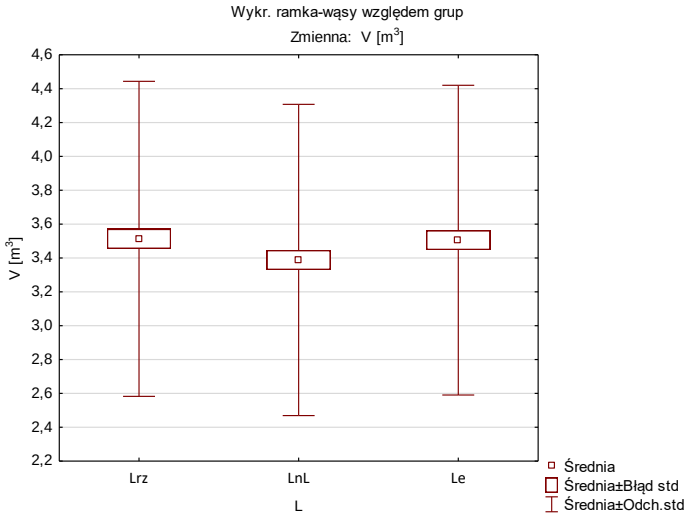
Z przeprowadzonej analizy różnic pomiędzy średnicami górnymi minimalnymi pomierzonymi w toku badań, przez Służbę Leśną, a na koniec przez urządzenia pomiarowe w tartaku nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic (Ryc. 5).



Ryc. 5 Charakterystyka statystyczna średnic górnych minimalnych dla badanych kłód, pomierzonych w toku badań, przez Służbę Leśną oraz ustalonych podczas pomiaru elektronicznego w tartaku

4.2 Analiza różnic występujących między długościami

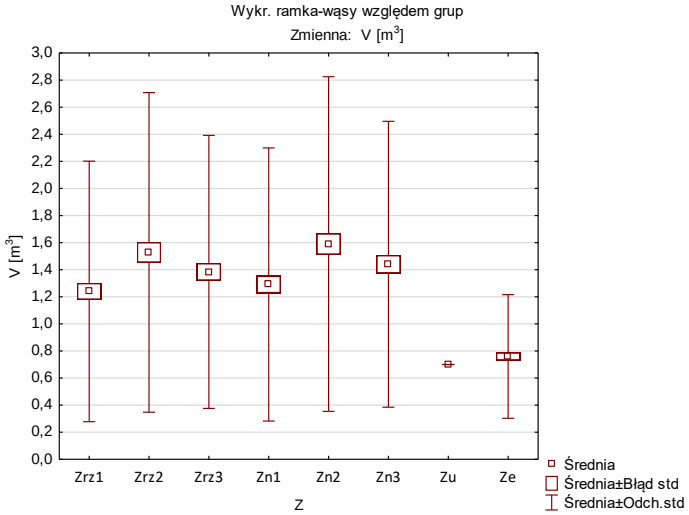
Dzięki przeprowadzonej analizie różnic pomiędzy długościami stwierdzono, że statystycznie istotne różnice występowały zarówno między długością rzeczywistą, a nominalną, jak i między długością elektroniczną, a nominalną. Nie stwierdzono natomiast istotnych statystycznie różnic między długością rzeczywistą a długością elektroniczną (Ryc. 6).



Ryc. 6 Charakterystyka statystyczna długości badanych kłód dla długości rzeczywistej, nominalnej i ustalonej podczas pomiaru elektronicznego

4.3 Analiza różnic występujących między zbieżystościami

Z przeprowadzonej analizy różnic zbieżystości obliczonych za pomocą różnych wzorów stwierdzono statystycznie istotne różnice w mniej niż połowie uzyskanych wartości zbieżystości (Ryc. 7).



Ryc. 7 Charakterystyka statystyczna zbieżystości badanych kłód obliczana za pomocą różnych wzorów (metod)

4.4 Analiza różnic występujących między miąższościami

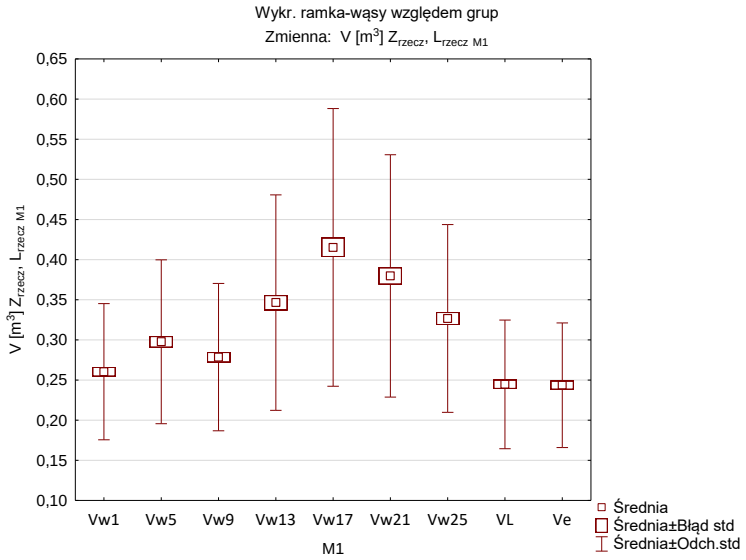
4.4.1. Przy założeniu zbieżystości rzeczywistej Z_{rz3} i długości rzeczywistej L_{rz} (M1)

Z przeprowadzonej analizy różnicy miąższości obliczonych za pomocą różnych wzorów, statystycznie istotne różnice stwierdzono pomiędzy większością uzyskanych miąższości (Tab. 2, Ryc. 8).

Tab. 2 Test Kruskala-Wallisa dla różnic w miąższościach kłód obliczanych za pomocą wzorów opartych o różne średnice przy zbieżystości Z_{rz3} i długości rzeczywistej L_{rz} (wartość p dla porównań wielokrotnych)

Zależna:	Wartości p dla porównywanych wzorów								
V [m3]	V_{w1}	V_{w5}	V_{w9}	V_{w13}	V_{w17}	V_{w21}	V_{w25}	VL	Ve
V_{w1}		0,007159	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000
V_{w5}	0,007159		1,000000	0,021370	0,000000	0,000001	0,618329	0,000006	0,000001
V_{w9}	1,000000	1,000000		0,000006	0,000000	0,000000	0,000995	0,022378	0,006194
V_{w13}	0,000000	0,021370	0,000006		0,001486	0,953635	1,000000	0,000000	0,000000
V_{w17}	0,000000	0,000000	0,000000	0,001486		1,000000	0,000009	0,000000	0,000000
V_{w21}	0,000000	0,000001	0,000000	0,953635	1,000000		0,038642	0,000000	0,000000
V_{w25}	0,000000	0,618329	0,000995	1,000000	0,000009	0,038642		0,000000	0,000000
VL	1,000000	0,000006	0,022378	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		1,000000
Ve	1,000000	0,000001	0,006194	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	

Zaznaczono różnice istotne statystycznie na poziomie $p < 0,05$



Ryc. 8 Charakterystyka statystyczna miąższości badanych kłód dla różnych wzorów przy założeniu zbieżystości rzeczywistej (Z_{rz3}) i długości rzeczywistej (L_{rz})

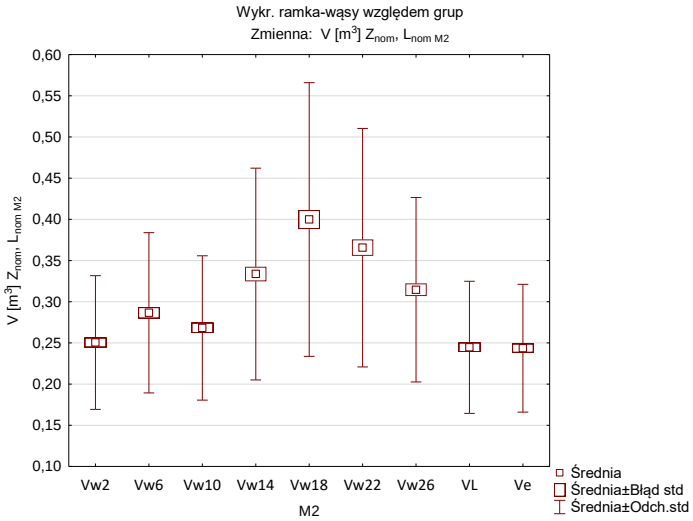
4.4.2. Przy założeniu zbieżystości nominalnej Z_{n3} i długości nominalnej L_n (M2)

Z przeprowadzonej analizy różnic pomiędzy miąższościami obliczonymi za pomocą różnych wzorów, statystycznie istotne różnice stwierdzono pomiędzy większością uzyskanych miąższości (Tab. 3, Ryc. 9).

Tab. 3 Test Kruskala-Wallisa dla różnic w miąższościach kłód obliczanych za pomocą wzorów opartych o różne średnice przy zbieżystości nominalnej Z_{n3} i długości nominalnej L_n (wartość p dla porównań wielokrotnych)

Zależna: V [m³]	Wartości p dla porównywanych wzorów								
	V_{w2}	V_{w6}	V_{w10}	V_{w14}	V_{w18}	V_{w22}	V_{w26}	VL	Ve
V_{w2}		0,004646	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000
V_{w6}	0,004646		1,000000	0,015651	0,000000	0,000000	0,546948	0,000917	0,000170
V_{w10}	1,000000	1,000000		0,000003	0,000000	0,000000	0,000642	0,679919	0,239042
V_{w14}	0,000000	0,015651	0,000003		0,001046	0,872754	1,000000	0,000000	0,000000
V_{w18}	0,000000	0,000000	0,000000	0,001046		1,000000	0,000005	0,000000	0,000000
V_{w22}	0,000000	0,000000	0,000000	0,872754	1,000000		0,029777	0,000000	0,000000
V_{w26}	0,000000	0,546948	0,000642	1,000000	0,000005	0,029777		0,000000	0,000000
VL	1,000000	0,000917	0,679919	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		1,000000
Ve	1,000000	0,000170	0,239042	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	

Zaznaczono różnice istotne statystycznie na poziomie $p < 0,05$



Ryc. 9 Charakterystyka statystyczna miąższości badanych kłód dla różnych wzorów przy założeniu zbieżystości nominalnej (Z_{n3}) i długości nominalnej (L_n)

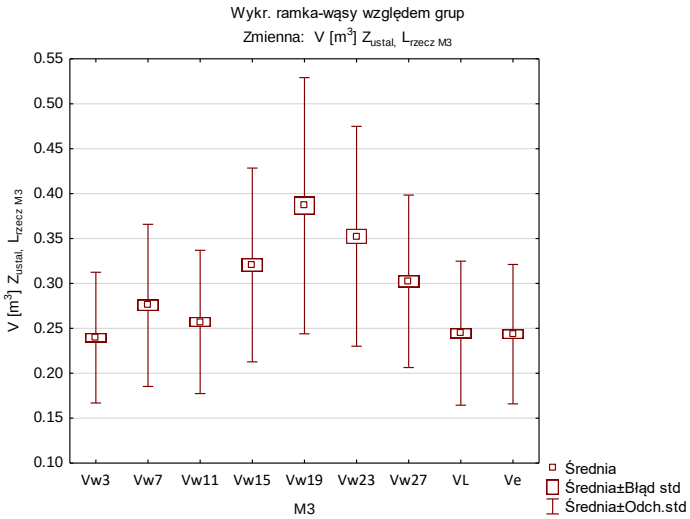
4.4.3. Przy założeniu zbieżystości ustalonej Z_u i długości rzeczywistej L_{rz} (M3)

Z przeprowadzonej analizy różnic pomiędzy miąższościami obliczonymi za pomocą różnych wzorów, statystycznie istotne różnice stwierdzono pomiędzy większością uzyskanych miąższości (Tab. 4, Ryc. 10).

Tab. 4 Test Kruskala-Wallisa dla różnic w miąższościach kłód obliczanych za pomocą wzorów opartych o różne średnice przy zbieżystości ustalonej Z_u i długości rzeczywistej L_{rz} (wartość p dla porównań wielokrotnych)

Zależna: V [m^3]	Wartości p dla porównywanych wzorów								
	V_{w3}	V_{w7}	V_{w11}	V_{w15}	V_{w19}	V_{w23}	V_{w27}	VL	Ve
V_{w3}		0,002178	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000
V_{w7}	0,002178		1,000000	0,000686	0,000000	0,000000	0,125021	0,043854	0,011821
V_{w11}	1,000000	1,000000		0,000000	0,000000	0,000000	0,000032	1,000000	1,000000
V_{w15}	0,000000	0,000686	0,000000		0,000096	0,328956	1,000000	0,000000	0,000000
V_{w19}	0,000000	0,000000	0,000000	0,000096		1,000000	0,000000	0,000000	0,000000
V_{w23}	0,000000	0,000000	0,000000	0,328956	1,000000		0,002697	0,000000	0,000000
V_{w27}	0,000000	0,125021	0,000032	1,000000	0,000000	0,002697		0,000000	0,000000
VL	1,000000	0,043854	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		1,000000
Ve	1,000000	0,011821	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	

Zaznaczono różnice istotne statystycznie na poziomie $p < 0,05$



Ryc. 10 Charakterystyka statystyczna miąższości badanych kłód dla różnych wzorów przy założeniu zbieżystości ustalonej (Z_u) i długości rzeczywistej (L_{rz})

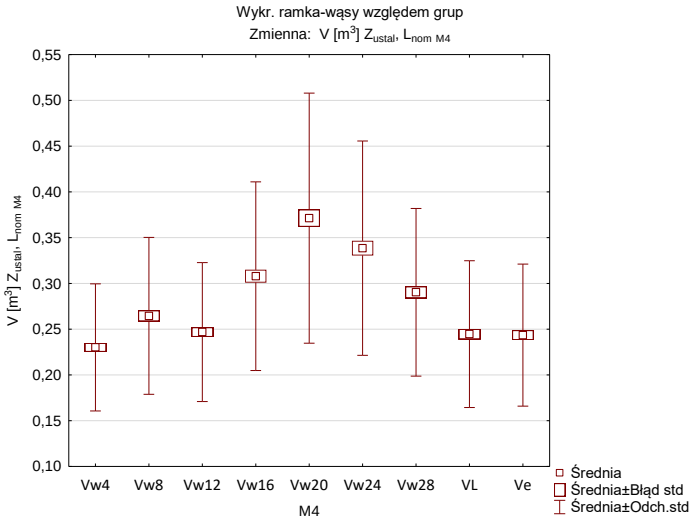
4.4.4. Przy założeniu zbieżystości ustalonej Z_u i długości nominalnej L_n (M4)

Z przeprowadzonej analizy różnic pomiędzy miąższościami obliczonymi za pomocą różnych wzorów, gdzie wartością stałą była zbieżystość ustalona Z_u oraz długość nominalna L_n, statystycznie istotne różnice stwierdzono pomiędzy większością uzyskanych miąższości (Tab. 5, Ryc. 11).

Tab. 5 Test Kruskala-Wallisa dla różnic w miąższościach kłód obliczanych za pomocą wzorów opartych o różne średnice przy założeniu zbieżystości ustalonej Z_u i długości nominalnej L_n (wartość p dla porównań wielokrotnych)

Zależna: V [m^3]	Wartości p dla porównywanych wzorów								
	V_{w4}	V_{w8}	V_{w12}	V_{w16}	V_{w20}	V_{w24}	V_{w28}	VL	Ve
V_{w4}		0,001656	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000
V_{w8}	0,001656		1,000000	0,000442	0,000000	0,000000	0,101556	1,000000	0,610765
V_{w12}	1,000000	1,000000		0,000000	0,000000	0,000000	0,000020	1,000000	1,000000
V_{w16}	0,000000	0,000442	0,000000		0,000054	0,277444	1,000000	0,000000	0,000000
V_{w20}	0,000000	0,000000	0,000000	0,000054		1,000000	0,000000	0,000000	0,000000
V_{w24}	0,000000	0,000000	0,000000	0,277444	1,000000		0,001838	0,000000	0,000000
V_{w28}	0,000000	0,101556	0,000020	1,000000	0,000000	0,001838		0,000017	0,000003
VL	1,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000017		1,000000
Ve	1,000000	0,610765	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000003	1,000000	

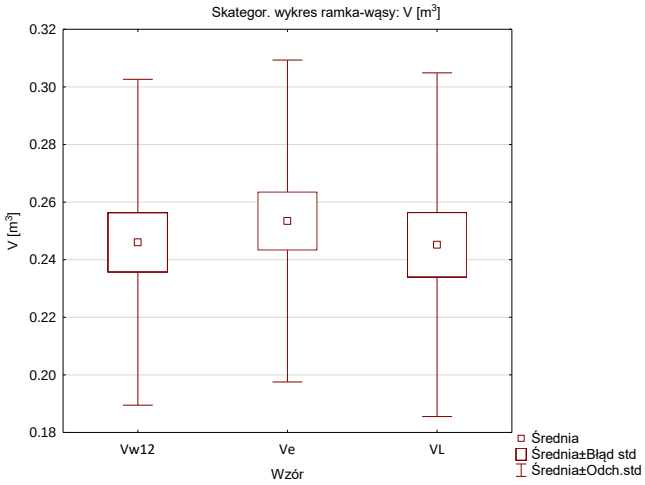
Zaznaczono różnice istotne statystycznie na poziomie $p < 0,05$



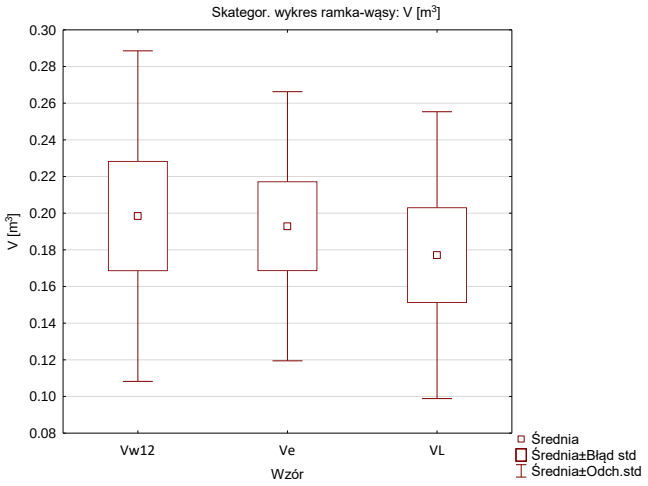
Ryc. 11 Charakterystyka statystyczna miąższości badanych kłód dla różnych wzorów przy założeniu zbieżystości ustalonej (Z_u) i długości nominalnej (L_n)

4.5 Analiza różnic występujących między miąższościami kłód z podziałem na wybrane wady drewna

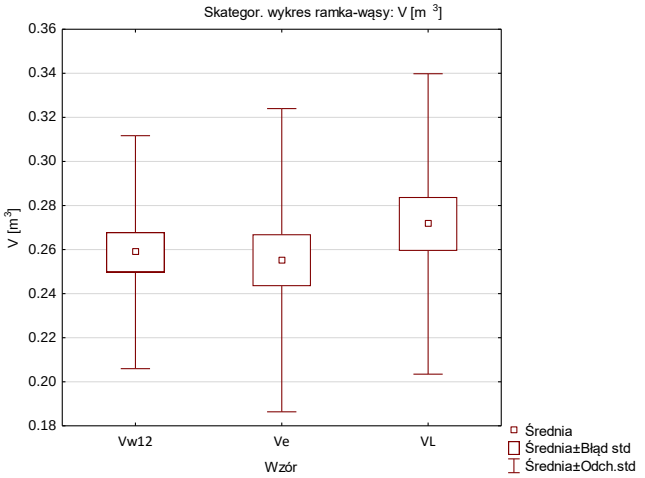
Po przeprowadzonej analizie wariancji na poziomie istotności $p < 0,05$, w obrębie każdej grupy kłód z wybranymi wadami drewna (guzy, krzywizny, zbieżystość, spłaszczenia) stwierdzono brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy miąższościami obliczonymi wg wzoru V_{w12}, Ve oraz VL (Ryc. 12, Ryc. 13, Ryc. 14, Ryc. 15).



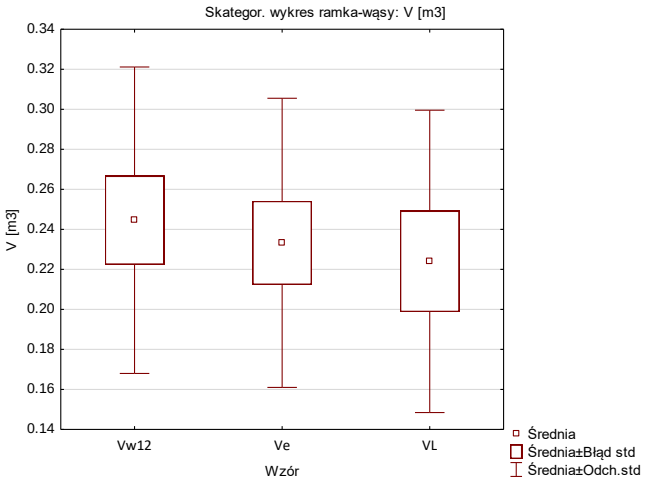
Ryc. 12 Charakterystyka statystyczna wybranych miąższości kłód w grupie kłód z min. 3 guzami o wysokości powyżej 1cm lub mniej niż 3 guzami o wysokości od 4cm



Ryc. 13 Charakterystyka statystyczna wybranych miąższości kłód w grupie kłód z krzywiznami o odchyleniu od osi równym bądź większym od 1cm



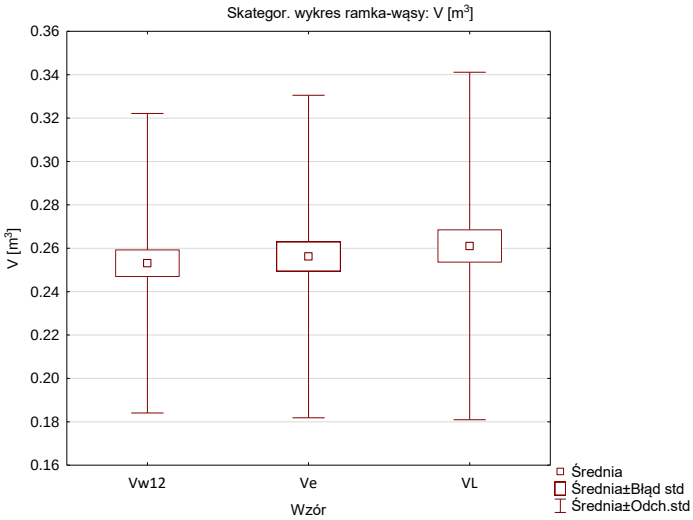
Ryc. 14 Charakterystyka statystyczna wybranych miąższości kłód w grupie kłód ze zbieżystością większą bądź równą 2cm/m



Ryc. 15 Charakterystyka statystyczna wybranych miąższości kłód w grupie kłód ze spłaszczeniem większym bądź równym 4cm

4.6 Analiza różnic występujących między miąższościami kłód w grupie kłód z wadami drewna

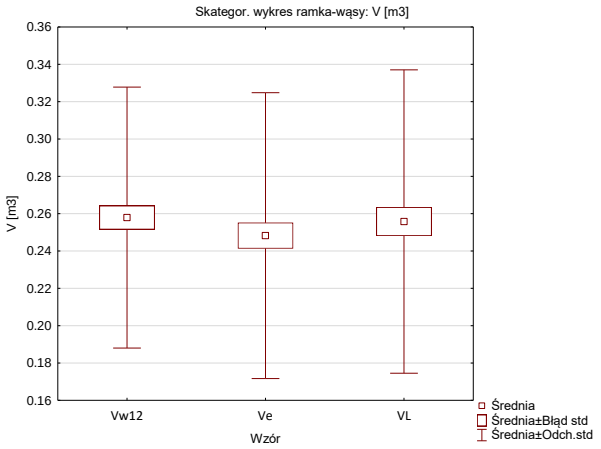
Po przeprowadzonej analizie wariancji na poziomie istotności $p < 0,05$ w grupie kłód, w której występowały wady drewna, nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy miąższościami obliczonymi wzorem V_{w12}, Ve oraz VL (Ryc. 16).



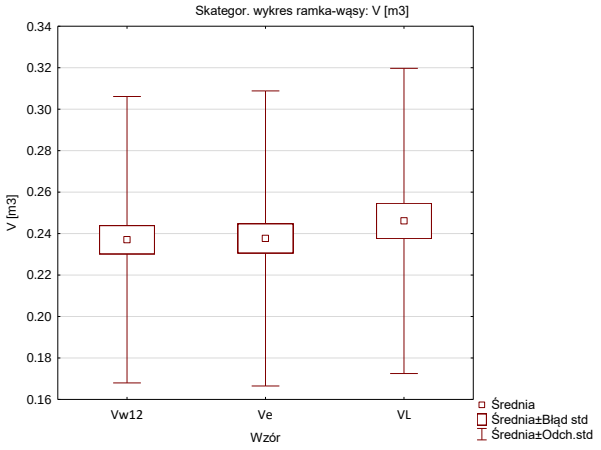
Ryc. 16 Charakterystyka statystyczna wybranych miąższości kłód w grupie, w której występowały wady drewna

4.7 Analiza różnic występujących między miąższościami kłód z podziałem na miejsce położenia kłody na strzale

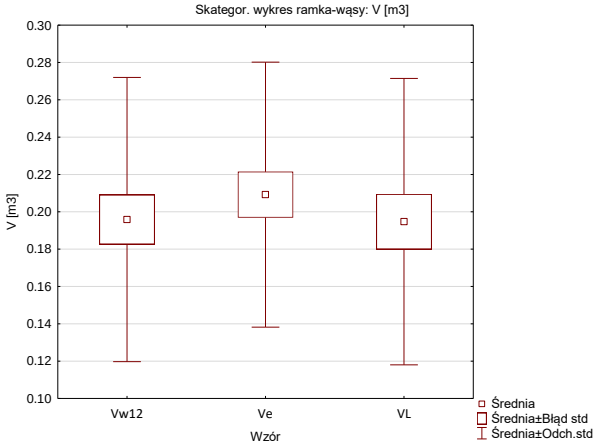
Po przeprowadzonej analizie wariancji na poziomie istotności $p < 0,05$, w każdej grupie kłód z poszczególnych części strzały (odziomek, środek, wierzchołek) stwierdzono brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy miąższościami V_{w12}, Ve oraz VL (Ryc. 17, Ryc. 18, Ryc. 19).



Ryc. 17 Charakterystyka statystyczna wybranych miąższości kłód w grupie kłód pozyskanych z odziomkowej części strzały



Ryc. 18 Charakterystyka statystyczna wybranych miąższości kłód w grupie kłód pozyskanych ze środkowej części strzały



Ryc. 19 Charakterystyka statystyczna wybranych miąższości kłód w grupie kłód pozyskanych z wierzchołkowej części strzały

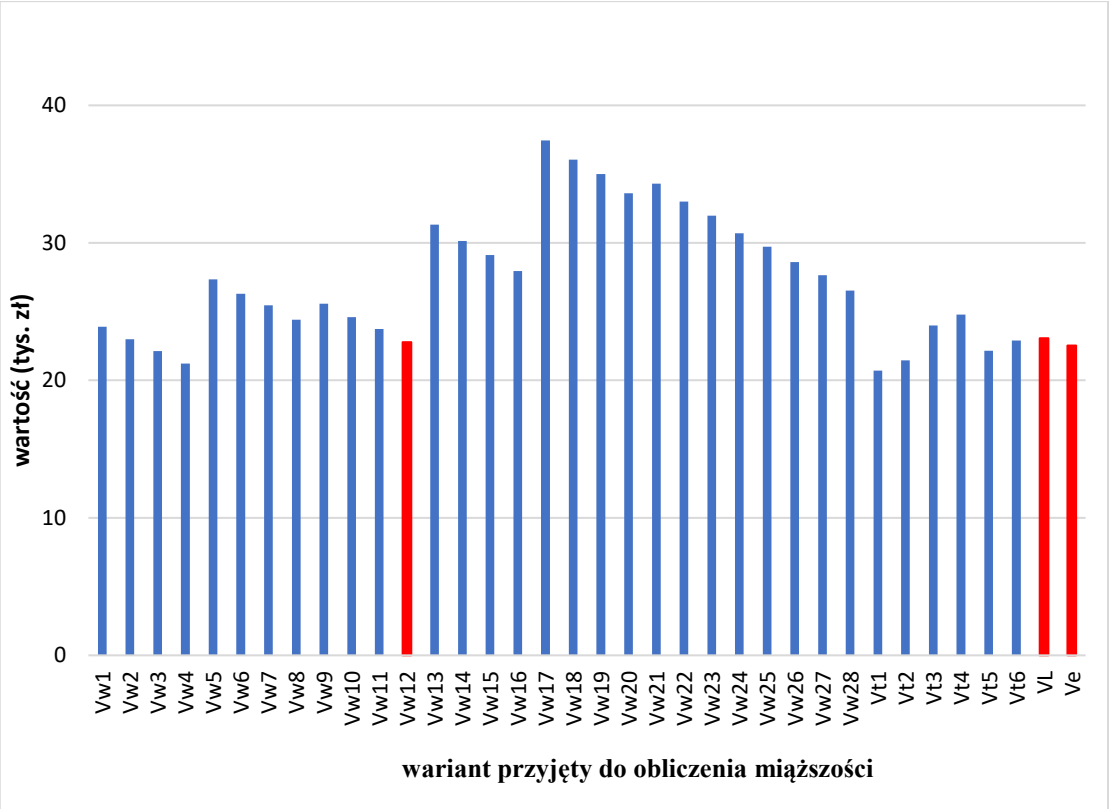
4.8. Analiza ekonomiczna

Analiza ekonomiczna wykonana dla badanej partii kłód wykazała, że najmniejszą wartość surowca otrzymano dla V_{t1} i wyniosła ona 20 712,44 zł (Tab. 6, Ryc. 20). Najmniejszą wartość surowca dla miąższości obliczonej ze wzoru stwierdzono dla V_{w4} i była ona równa 21 224, 91 zł (Tab. 6). Najwyższą zaś wartość surowca zaobserwowano dla wzoru V_{w17} i wynosiła ona 37 456, 30 zł (Tab. 6).

Różnica pomiędzy wartością kłód odebranych przez pracowników LP, a wartością kłód pomierzonych w tartaku wynosiła 532,26 zł. Przyjmując, że w roku 2022 roczna sprzedaż drewna sosnowego kłodowanego w Polsce równała się 7 085 665 m^3, a średnia roczna cena kłód sosnowych osiągnęła wartość 411 zł/m^3 (http://drewno.zilp.lasy.gov.pl) otrzymano różnicę wielkości około 70 mln zł.

Tab. 6 Zestawienie miąższości i wartości kłód dla wariantów obliczeń wykorzystanych w pracy

	przeciętna miąższość kłody [m^3]	**wartość kłody o przeciętnej miąższości [zł]**	**miąższość całej partii kłód [m^3]**	**wartość całej partii kłód [zł]**
V_{w1}	0,253	94,45	64,121	23 895,21
V_{w2}	0,244	90,88	61,696	22 991,76
V_{w3}	0,235	87,44	59,365	22 123,05
V_{w4}	**0,225**	**83,89**	**56,955**	**21 224,91**
V_{w5}	0,290	108,05	73,354	27 336,08
V_{w6}	0,279	103,94	70,562	26 295,77
V_{w7}	0,270	100,58	68,285	25 447,00
V_{w8}	0,259	96,49	65,506	24 411,57
V_{w9}	0,271	101,07	68,618	25 571,35
V_{w10}	0,261	97,24	66,016	24 601,40
V_{w11}	0,252	93,84	63,706	23 740,73
V_{w12}	0,242	90,02	61,117	22 775,88
V_{w13}	0,332	123,82	84,063	31 327,03
V_{w14}	0,320	119,15	80,894	30 145,79
V_{w15}	0,309	115,11	78,152	29 124,00
V_{w16}	0,297	110,49	75,015	27 955,08
V_{w17}	**0,397**	**148,05**	**100,511**	**37 456,30**
V_{w18}	0,382	142,47	96,723	36 044,68
V_{w19}	0,371	138,40	93,957	35 014,14
V_{w20}	0,357	132,87	90,207	33 616,41
V_{w21}	0,364	135,55	92,027	34 294,86
V_{w22}	0,350	130,44	88,558	33 001,98
V_{w23}	0,339	126,37	85,795	31 972,26
V_{w24}	0,326	121,31	82,361	30 692,49
V_{w25}	0,315	117,50	79,771	29 727,42
V_{w26}	0,303	113,06	76,755	28 603,50
V_{w27}	0,293	109,29	74,198	27 650,81
V_{w28}	0,281	104,89	71,207	26 536,00
V_{t1}	**0,220**	**81,87**	**55,580**	**20 712,44**
V_{t2}	0,228	84,81	57,580	21 457,76
V_{t3}	0,254	94,81	64,370	23 988,12
V_{t4}	0,263	98,00	66,530	24 793,07
V_{t5}	0,235	87,52	59,420	22 143,46
V_{t6}	0,243	90,47	61,420	22 888,78
VL	0,245	91,16	61,985	23 063,28
Ve	0,239	89,06	60,460	22 531,02



Ryc. 20 Wartość całej partii kłód w zależności od wariantu obliczenia miąższości (w tys. zł)

5. DYSKUSJA

Zamysł powstania niniejszej pracy zrodził się po analizie dokumentacji zakupu i sprzedaży sosnowego surowca kłodowanego. Rezultatem analizy przytoczonych zestawień było zaobserwowanie powtarzających się różnic między miąższością surowca deklarowaną na leśnych kwitach wywozowych. Powstałe rozbieżności były niejednokrotnie przedmiotem reklamacji odbiorców drewna względem Lasów Państwowych. Badania przeprowadzone na potrzeby niniejszej pracy miały wyjaśnić, między innymi przyczynę powstawania permanentnych różnic między wspomnianymi miąższościami surowca kłodowanego.

Istotna stała się kwestia dostosowania sposobu pomiaru surowca kłodowanego w momencie jego odbiórki w terenie do obmiaru elektronicznego wykonywanego u odbiorcy. Janák (2007) pisał o elektronicznym odbiorze surowca drzewnego jako o systemie złożonym z kilku operacji, których celem jest określenie wymiarów drewna, a następnie obliczenie jego miąższości oraz jakości.

Wiele badań podjęto na temat sposobów pomiaru miąższości surowca drzewnego, jednak tylko nieliczne z nich (Janák 2005, 2007, Staudenmaier 2012, Thomas i Bennett 2014) ogólnikowo rozpatrują sposoby pomiaru miąższości surowca

drzewnego w odniesieniu do pomiaru elektronicznego. Dotychczas nie analizowano jednak tego zagadnienia w realiach polskich. Nie oceniano również wpływu metod pomiarowych (opartych na modyfikacji różnych średnic, długości i zbieżystości) oraz wybranych cech morfologicznych surowca na miąższość i wartość drewna. Być może istnieją modyfikacje tradycyjnej metody pomiarowej, dające wyniki bardziej zbliżone do obliczeń elektronicznych niż sposoby stosowane dotychczas. Utylitarnym aspektem badań wykonanych w niniejszej pracy było znalezienie rozwiązań, które pomogłyby wypracować taką metodę.

Przed podjęciem badań zakładano, że przemysł drzewny otrzymuje od Lasów Państwowych więcej drewna niż deklarowane jest to na leśnych kwitach wywozowych.

Wykonana w toku niniejszych badań analiza rozbieżności pomiędzy średnicami górnymi minimalnymi wykazała, że nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy średnicą górną minimalną odczytaną w toku badań (d_{gmin}), a średnicą uzyskaną podczas pomiaru elektronicznego (d_{gmin} e) oraz odczytem otrzymanym przez Służbę Leśną (d_{gmin} L).

Można podejrzewać, że sytuacja ta mogła wyniknąć z niedbałego pomiaru średnic wykonanego przez pracowników terenowych Służby Leśnej bądź ze stosowania nieaktualnej metody pomiaru „na krzyż" lub też z niedokładnego zaokrąglania wyników pomiaru. Niewykluczone również, że pracownik Służby Leśnej zapobiegawczo zawyżał odczytywane średnice z obawy przed zarzutami, że działa na niekorzyść Lasów Państwowych. Istnieje również możliwość popełnienia pomyłki w trakcie wprowadzania danych do rejestratora. Obciążenie pracowników terenowych Lasów Państwowych ogromną ilością obowiązków sprzyja powstawaniu błędów, m.in. wykonywanie podwójnej pracy podczas przepisywania notatek zapisanych w formie papierowej do urządzeń elektronicznych. Reasumując zagadnienie pomiaru średnicy górnej kłód, potwierdzono stwierdzenia Stempskiego (2021) w kwestii potrzeby wprowadzenia zmian branżowych regulacji w zakresie pomiaru surowca kłodowanego.

W toku badań przewidywano również, że pomiary długości wykonane elektronicznie będą zbliżone do pomiarów przeprowadzonych w terenie na potrzeby niniejszej pracy. Analiza statystyczna potwierdziła to założenie i pomiędzy wspomnianymi długościami nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic.

Analiza różnic występujących między zbieżystością określoną na potrzeby niniejszej pracy, a zbieżystością elektroniczną i zbieżystością ustaloną (wykorzystywaną w Lasach Państwowych) udowodniła, że zagadnienie zbieżystości

kłód jest sprawą bardzo istotną w kalkulacji miąższości drewna i bez wątpienia należałoby prowadzić dalsze analizy w tym zakresie. Niniejsze badania wykazały, że większość wzorów wykorzystanych w niniejszej pracy do obliczenia zbieżystości, różniła się istotnie statystycznie od zbieżystości ustalonej równej 0,7 cm/m (zgodnie z Zarządzeniem nr 74 Dyrektora Generalnego LP z dnia 27 września 2013 w sprawie odbioru i obrotu drewna iglastego wyrabianego w kłodach w jednostkach organizacyjnych Lasów Państwowych). Analogiczną sytuację zauważono w porównaniu zbieżystości obliczonej ze wzorów ze zbieżystością elektroniczną, której wartość wynosiła średnio 0,8 cm/m.

Na potrzeby niniejszej pracy podjęto się także analizy statystycznej różnic występujących między miąższościami obliczonymi w oparciu o różne kombinacje elementów pomiarowych. Uzyskane wartości zestawiano z miąższością określoną przez Służbę Leśną oraz z miąższością elektroniczną.

Porównanie miąższości obliczonych w oparciu o różne średnice pomierzone na potrzeby badań (d_{gmin}, d_{gmax}, $d_{gś}$, d_{dmin}, d_{dmax}, $d_{dś}$ lub $d_{ś}$) oraz stałą zbieżystość i długość (w zależności od wariantu były to Z_{rz3}, Z_{n3} lub Z_u oraz L_{rz} lub L_n) dawało zbliżone do siebie wyniki, które wskazywały na statystycznie istotne różnice w większości analizowanych przypadków. Jednakże w każdej modyfikacji stwierdzono brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy miąższością zadeklarowaną na wywozowym kwicie leśnym VL a miąższością elektroniczną Ve. Uzyskane wyniki są zaprzeczeniem wyników spodziewanych, ponieważ zakładano, że Ve osiągnie co najmniej w większości przypadków wartość wyższą niż VL. Wykonana w pracy analiza porównawcza wykazała, że VL w zasadzie niczym nie różni się od Ve, co mogłoby wynikać z omawianej już kwestii pomiarów średnicy górnej minimalnej.

Jest możliwe, że średnice górne minimalne zawyżone z różnych względów, które opisano powyżej, wpłynęły na wynik miąższości. Nie można również wykluczyć, że przyczyną tak małych rozbieżności pomiędzy omawianymi miąższościami mógł być fakt nieprawidłowego zmygłowania przygotowanych kłód. Istnieje prawdopodobieństwo, że zamiast ułożenia wszystkich wałków stosie górnymi końcami w jednym kierunku, część z nich ułożono dolnym końcem w kierunku wykonywania pomiaru. Przyczyny można upatrywać także w braku ujednoliconych standardów pomiaru surowca w tartaku.

Inną przypuszczalną kwestią wpływającą na brak różnic między miąższością elektroniczną Ve, a miąższością obliczoną przez pracowników Służby Leśnej VL jest

również niedoskonałość elektronicznych systemów pomiarowych. Thomas i Bennett (2014) nawiązując do podstawowych problemów pojawiających się podczas skanowania kłód, pisali m.in. o trudnościach w pomiarze i odczycie danych spowodowanych kurzem lub zwisającą korą.

Dokładność pomiarów miąższości drewna kłodowanego jest ściśle związana z dokładnością pomiarów średnicy i długości kłód, a każdy błąd w określaniu tych parametrów skutkuje błędem w obliczeniach miąższości (Thomas i Bennett 2014).

Porównania sposobów pomiaru miąższości kłód podjął się także Janák (2005, 2007). Podobnie jak Thomas i Bennett (2014), autor doszedł do wniosku, że wyniki uzyskane podczas obliczania miąższości kłód przy zastosowaniu metody Hubera są bardzo zbliżone do wyników otrzymanych w trakcie pomiaru elektronicznego.

Badaniem miąższości kłód w szerokim ujęciu zajmował się także Staudenmaier (2012), który podkreślał wpływ sposobu zaokrąglenia odczytanych średnic na wartość obliczonej miąższości. Staudenmaier (2012) pisał o potrzebie sprecyzowania definicji i specyfikacji w zakresie zasad pomiaru elementów koniecznych do obliczenia miąższości kłód, co według autora stanowi warunek konieczny do porównywalności wymiarów. Wiarygodny pomiar miąższości surowca kłodowanego będzie możliwy dopiero wówczas, kiedy jasna i oczywista będzie podstawa do tego pomiaru.

Do podobnych wniosków doszedł Stempski (2021) badając wpływ metod pomiaru i sposobu zaokrąglenia średnicy górnej na wynik miąższości kłód. Autor stwierdził statystycznie istotny wpływ sposobu określenia średnicy górnej kłody na wynik jej miąższości. Wniosek ten nie znalazł jednakże potwierdzenia w niniejszej pracy, ponieważ, jak już wspomniano, z przeprowadzonej analizy różnic pomiędzy średnicami górnymi minimalnymi pomierzonymi w toku badań, następnie przez Służbę Leśną, a ostatecznie przez urządzenia pomiarowe w tartaku, nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic. Ponadto badania Stempskiego (2021) wykazały, że aktualna metoda pomiaru średnicy górnej wykorzystywana w Lasach Państwowych dawała istotnie mniejsze wyniki miąższości niż pozostałe metody zastosowane przez autora w toku badań. Stwierdzenie powyższe zgodne jest ze spodziewanymi wynikami niniejszej pracy, zaprzecza natomiast wynikom rzeczywistym uzyskanym w toku badań, które wykazały, że średnia miąższość VL (obliczona przez pracownika Służby Leśnej) była wyższa od miąższości Ve. Co więcej, pomiędzy tymi miąższościami stwierdzono brak statystycznie istotnych różnic. Z kolei w porównaniu z miąższościami obliczonymi na potrzeby niniejszej pracy (V_{w1}...V_{w28}, V_{t1}...V_{t6}), miąższość VL w większości

przypadków osiągała średnio mniejszą wartość. Wynika to zapewne z faktu, że w rozprawie przyjęto do obliczeń wiele wariantów średnic, a w przypadku badań Stempskiego (2021) ograniczono się do znaczenia sposobu pomiaru i zaokrąglenia (bądź jego braku) wyłącznie średnicy górnej.

Wpływ sposobu odbioru surowca drzewnego na wynik jego miąższości badali również Grodecki i Stempski (2001), którzy wykorzystywali różne metody obliczania miąższości dłużyc, a następnie kłód powstałych po ich przerzynce. Jednakże w odróżnieniu od wyników uzyskanych przez Stempskiego (2021), autorzy mierzyli nie tylko średnicę górną, ale również średnicę środkową. Według naukowców miąższość kłód otrzymana ze wzoru Hubera, czyli w oparciu o średnicę środkową dawała wyniki zbliżone w stosunku do miąższości kłód obliczonej na podstawie średnicy w górnym końcu (różnica 1,02 %).

Zastosowanie wzoru Hubera do obliczania miąższości kłód brzozowych zbadał Bruchwald i in. (2018). Autorzy stwierdzili, w przeciwieństwie do powyższych wniosków, że wykorzystanie wzoru środkowego przekroju generuje zbyt duże błędy ujemne w przypadku drewna kłodowanego brzozowego.

Warto nadmienić, że odczytując miąższość z Tymczasowych tablic miąższości kłód iglastych w oparciu o średnicę górną średnią $d_{gś}$, zarówno dla długości nominalnej L_n, jak i dla długości rzeczywistej L_{rz} odczytana miąższość nie różni się istotnie od miąższości elektronicznej Ve. W obu wariantach bazujących na średnicy górnej średniej $d_{gś}$ (V_{t5} i V_{t6}) nie miało znaczenia, którą długość przyjęto jako podstawę do odczytu. W tej sytuacji nie miał znaczenia nadmiar długości kłód, co z pewnością jest zaletą tych dwóch metod, ponieważ pozwala na odczytanie miąższości jedynie na podstawie średnicy górnej średniej $d_{gś}$.

W niniejszej pracy miąższość kłód obliczono na podstawie uproszczonego wzoru określonego w Zarządzeniu nr 74 Dyrektora Generalnego LP z 27 września 2013 r., który był zmodyfikowany w 28 wariantach. Najbliższa miąższości elektronicznej okazała się wartość miąższości obliczonej ze wzoru w wariancie 12 (V_{w12} = 0,242 m^3). Wzór V_{w12} opierał się na średnicy górnej średniej $d_{gś}$, zbieżystości ustalonej Z_u oraz długości nominalnej L_n. Należy wspomnieć, że różnica powstała między V_{w12}, a Ve daje wartość dodatnią, co oznacza, że pomimo zastosowania uśrednionej średnicy górnej, tartak otrzymałby 0,003 m^3 superaty na jednej kłodzie. Biorąc pod uwagę fakt, że średnia roczna sprzedaż drewna sosnowego kłodowanego w roku 2022 wynosiła 7 085 665 m^3, mamy do czynienia z ilością 28 342 660 sztuk kłód sprzedanych w ciągu

roku (zakładając, że na 1m^3 przypadają średnio 4 kłody). Wówczas wielkość wspomnianej superaty osiąga około 85 tys. m^3 rocznie. Powyższe twierdzenie pozwala wnioskować, że zaniechana metoda tzw. „pomiaru na krzyż" ma jednak uzasadnienie w wynikach niniejszych badań.

W niniejszej rozprawie rozpatrywano różnice występujące pomiędzy miąższościami kłód z podziałem na wybrane wady drewna, z podziałem na kłody z wadami, a także z uwzględnieniem miejsca położenia kłody na strzale. Analizie statystycznej poddano trzy wybrane miąższości, a mianowicie miąższość obliczoną ze wzoru V_{w12}, miąższość VL określoną przez Służbę Leśną według zasad praktykowanych w Lasach Państwowych oraz miąższość elektroniczną Ve. Miąższość V_{w12} została wybrana do porównań ze względu na fakt, że osiągała wartości najbliższe w stosunku do miąższości elektronicznej Ve.

W żadnym z analizowanych wariantów nie potwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy porównywanymi miąższościami. Oznacza to, że poddane analizie cechy morfologiczne drewna (wybrane wady drewna) nie mają istotnego wpływu na różnice miąższości pomiędzy pomiarem wykonanym w toku badań, a pomiarem elektronicznym. Brak istotnych różnic między miąższościami zanotowano także w grupach kłód pochodzących z trzech różnych miejsc na strzale (odziomek, środek, wierzchołek).

Zamierzeniem niniejszej pracy było zbadanie wpływu różnych metod pomiaru miąższości surowca na ostateczną wartość drewna. Oceniano także czy potencjalne różnice pomiędzy miąższością pomierzoną różnymi metodami ma przełożenie na wynik finansowy. Rozpatrywano różnicę powstałą pomiędzy wartością drewna pomierzonego przez pracowników Służby Leśnej i wartością drewna pomierzonego elektronicznie w tartaku. Wyniki tego porównania dały różnicę wielkości 2,4 % pomiędzy powyższymi wartościami kłód, co przekładało się na wartość równą 532,26 zł. Biorąc pod uwagę miąższość drewna sosnowego kłodowanego sprzedanego w Polsce przez PGL LP w roku 2022 (7 085 665 m^3) oraz jego średnią roczną cenę w tym roku (411 zł/m^3) (http://drewno.zilp.lasy.gov.pl), powyższa różnica pomiędzy wartością surowca sosnowego kłodowanego wyniosłaby aż 70 mln zł. Rozważany przykład jednoznacznie podkreśla wagę problemu i wskazuje, że już niewielka różnica miąższości przekłada się na zauważalne różnice w rozrachunku ekonomicznym.

6. STWIERDZENIA I WNIOSKI

1. Pomiędzy wartościami średnic górnych minimalnych pomierzonych w toku badań (d_{gmin}), przez Służbę Leśną ($d_{gmin}L$) i urządzenia pomiarowe w tartaku ($d_{gmin}e$) wykazano różnice, ale nie były one istotne statystycznie.

2. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy elektronicznym pomiarem długości (Le), a pomiarem przeprowadzonym w terenie na potrzeby niniejszej pracy (L_{rz}). Wynika z tego, że ewentualne uszkodzenia kory, lub niedokładność przerzynki nie wpływają na elektroniczny pomiar długości.

3. Stwierdzono, że wszystkie analizowane wzory do obliczenia zbieżystości (Z_{rz1}, Z_{rz2}, Z_{rz3}, Z_{n1}, Z_{n2}, Z_{n3}) różniły się istotnie statystycznie zarówno od zbieżystości ustalonej (Z_u) wynoszącej 0,7 cm/m, jak i od zbieżystości pomierzonej elektronicznie (Ze), której średnia wartość wynosiła 0,8 cm/m. Natomiast pomiędzy zbieżystością ustaloną zarządzeniem (Z_u) i zbieżystością obliczoną za pomocą urządzeń pomiarowych w tartaku (Ze) nie zauważono istotnych statystycznie różnic.

4. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy zbieżystościami obliczonymi w oparciu o długość rzeczywistą (L_{rz}) i różne kombinacje średnic. Podobnie brak istotnych statystycznie różnic zauważono w grupie zbieżystości obliczonych na podstawie długości nominalnej kłód (L_n) oraz różnych kombinacji średnic. Oznacza to, że wybór średnicy nie ma znaczenia w przypadku obliczania zbieżystości, przy założeniu, że w obrębie każdej grupy kalkulację opiera się o tę samą długość (rzeczywistą lub nominalną), a w każdym wariancie dla średnicy dolnej i górnej bierze się pod uwagę te same wartości (minimalne, maksymalne lub średnie).

5. Analiza różnic występujących pomiędzy rozpatrywanymi zbieżystościami wykonana w toku niniejszych badań wskazuje na potrzebę rewizji poglądów i przyjętych wartości w kwestii zbieżystości kłód. Wykazano, że wartość zbieżystości na poziomie 0,7 cm/m wydaje się zbyt niska.

6. Stwierdzono istotne statystycznie różnice pomiędzy większością miąższości obliczonych w oparciu o stałą zbieżystość i stałą długość, ale różne średnice. Wybór odpowiedniej średnicy kłody jest kluczowym elementem podczas obliczania miąższości

drewna kłodowanego i generuje on powstawanie różnic pomiędzy analizowanymi wartościami.

7. Stwierdzono brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy miąższością zadeklarowaną na wywozowym kwicie leśnym, obliczoną przez pracownika Służby Leśnej (VL), a miąższością pomierzoną elektronicznie (Ve). Wyjaśnieniem tej sytuacji może być fakt, że czasami pracownicy Służby Leśnej wykonują pomiar nieprawidłowo zmygłowanego surowca, w którym nie wszystkie kłody są odwrócone cieńszymi końcami w kierunku pomiaru. Niewykluczone również, że sporadycznie przy odbiorze zawyżane są średnice kłód z obawy przed zarzutami działania na niekorzyść Lasów Państwowych.

8. Przyjmując do obliczenia miąższości kłód średnicę górną minimalną d_{gmin} (V_{w1}, V_{w2}, V_{w3}, V_{w4}) nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w porównaniu z miąższością obliczoną elektronicznie. Okazuje się, że w powyższym przypadku wybór długości i zbieżystości nie wpływa na powstanie rozbieżności w stosunku do miąższości obliczonej elektronicznie (Ve). Przyjmując natomiast do obliczenia miąższości kłód średnicę górną maksymalną d_{gmax} (V_{w5}, V_{w6}, V_{w7}, V_{w8}) lub średnicę górną średnią $d_{gś}$, (V_{w9}, V_{w10}, V_{w11}, V_{w12}) statystycznie istotne różnice występowały w większości przypadków.

9. Badania potwierdziły, że w każdym wariancie z wykorzystaniem średnicy górnej (minimalnej d_{gmin} – V_{w1}, V_{w2}, V_{w3}, V_{w4}, maksymalnej d_{gmax} – V_{w5}, V_{w6}, V_{w7}, V_{w8} oraz średniej $d_{gś}$ – V_{w9}, V_{w10}, V_{w11}, V_{w12}) występują istotne statystycznie różnice pomiędzy miąższościami opartymi na zbieżystości rzeczywistej (Z_{rz3}) i długości rzeczywistej (L_{rz}), a miąższościami obliczonymi z wykorzystaniem zbieżystości ustalonej Z_u i długości nominalnej L_n.

10. Korzystając z „Tablic miąższości kłód iglastych” do obliczenia miąższości kłód najkorzystniejszy okazał się wariant, w którym do odczytu wykorzystywano średnicę górną średnią $d_{gś}$. We wspomnianym przypadku niezależnie od przyjętej długości (nominalnej lub rzeczywistej) miąższość tablicowa równa była miąższości pomierzonej elektronicznie.

11. Wartość miąższości najbardziej zbliżoną do miąższości elektronicznej osiągnięto stosując do obliczeń wzór oznaczony w niniejszej pracy jako V_{w12}, wykorzystujący średnicę górną średnią ($d_{gś}$), zbieżystość ustaloną (Z_u) oraz długość nominalną (L_n).

12. Miąższości kłód obliczone ze wzoru V_{w4}, w którym wykorzystano średnicę górną minimalną, zbieżystość ustaloną i długość nominalną, były mniejsze względem miąższości obliczonej przez Służbę Leśną (VL), pomimo wykorzystywania do kalkulacji tych samych parametrów. Wniosek powyższy jest zastanawiający, ponieważ do obliczeń ze wzoru V_{w4} przyjęto średnicę górną minimalną bez zaokrąglenia, natomiast do obliczenia miąższości VL średnicę górną minimalną zaokrągloną do pełnych centymetrów w dół. Fakt ten wskazywałby raczej na uzyskanie większej miąższości przy wykorzystaniu wzoru V_{w4} niż w przypadku miąższości obliczonej przez pracowników Służby Leśnej.

13. Zauważono potrzebę wprowadzania dalszych zmian i kontynuacji badań w kwestii pomiaru parametrów i miąższości surowca kłodowanego celem ujednolicenia standardów. Konieczność dopracowania uregulowań dotyczących pomiaru surowca w branży leśno-drzewnej zdaje się być potrzebna zarówno dla sprzedawców, jak i dla odbiorców surowca drzewnego (głównie tartaków). W aktualnej sytuacji zawsze ktoś ponosi stratę, dlatego należałoby wprowadzić regulacje, które będą porządkować zasady pomiaru.

14. Analizowane cechy morfologiczne surowca drzewnego (wady drewna) oraz położenie kłody na strzale (odziomek, środek, wierzchołek) nie mają statystycznie istotnego wpływu na różnice pomiędzy miąższością obliczoną metodami tradycyjnymi, a miąższością uzyskaną za pomocą pomiaru elektronicznego.

15. Ekonomiczna analiza różnic między miąższością obliczoną przez pracowników Służby Leśnej, a miąższością elektroniczną udowodniła, że już niewielka różnica miąższości może wygenerować ogromne straty finansowe, rzędu nawet kilkudziesięciu milionów złotych rocznie w skali kraju.

7. LITERATURA

1. Bruchwald A., Dmyterko E., Witkowska J., Jodłowski K. 2018. Sposoby określania miąższości kłód brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth). Sylwan 162(6). 443-451.

2. Eurostat Statistics Explained, Wood products - production and trade 2021. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Wood_products_-_production_and_trade#Wood-based_industries [dostęp 10.03.2022].

3. Forest product statistics 2020. Global production and trade in forest products in 2020, https://www.fao.org/forestry/statistics/80938/en/ [dostęp 10.03.2022].

4. Grodecki J., Stempski W. 2001. Różnicowanie się miąższości drewna wielkowymiarowego w zależności od systemu pozyskiwania i sposobu jego odbiórki. PTPN. Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych 90. 35−45.

5. Janák K. 2005. Differences in volume of round timber caused by different determination methods. Drvna Industrija 56 (4). 165 – 170.

6. Janák K. 2007. Differences in round wood measurements using electronic 2D and 3D systems and standard manual method. Drvna industrija, Vol. 58 No. 3. 127-133.

7. Płońska K., Szaban J., Kowalkowski W., Jakubowski M. 2016. Dynamics of change in the cut-to-length timber market in Poland. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology No 96. 7 – 11.

8. Staudenmaier J. 2012. Verfahren zur einzelstammweisen Volumen- und Konturermittlung von Rundholz am Beispiel von NadelStammholzabschnitten (Method for single-stem volume and contour determination of roundwood using the example of trunk sections). Fortliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), Freiburg, 75 p.

9. Stempski W. 2021. Wpływ metody określania średnicy górnej na wynik miąższości kłód sosnowych. Sylwan 165 (2). 109−116.

10. Thomas R.E., Bennett N.D., 2014. Accurately determining log and bark volumes of saw logs using highresolution laser scan data. Proceedings of the 19th Central Hardwood Forest Conference, Carbondale, USA. 283-294.

11. Zarządzenie nr 74 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 27.09. 2013 w sprawie odbioru i obrotu drewna iglastego wyrabianego w kłodach w jednostkach organizacyjnych Lasów Państwowych. Portal Leśno-Drzewny 2021-11-09, http://drewno.zilp.lasy.gov.pl/drewno/Normy [dostęp 12 czerwca 2022].

12. https://www.edrewno.pl/stock/report_file.php?fileName=sys_SO_WK_STANDARD_2021-10_v0.pdf [dostęp 10 stycznia 2023].
13. http://drewno.zilp.lasy.gov.pl/drewno/informacja_o_realizacji_sprzedazy_drewna_w_pgl_lp_w_latach_2018-2022.pdf [dostęp 28.02.2023].