

WPŁYW METOD POMIARU ŚREDNICY GÓRNEJ SOSNOWEGO DREWNA KŁODOWANEGO NA KSZTAŁTOWANIE SIĘ JEGO MIĄŻSZOŚCI

Włodzimierz Stempski✉

Katedra Ekonomiki i Techniki Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań

ABSTRAKT

Miąższność wielkowymiarowego drewna wyrabianego w kłodach określa się najczęściej na podstawie pomiaru średnicy górnej kłód bez kory (d_g). Pomiar ten wykonywany jest po najmniejszej średnicy, a jego wynik zaokrągla się do pełnych centymetrów w dół. Zasadniczym celem badań była ocena wpływu sposobu określania średnicy górnej kłód na wynik ich miąższości. Zanalizowano także zmiany liczebności oraz sumarycznej miąższości kłód w klasach wymiarowych. Pomiarami objęto 1200 kłód sosnowych wszystkich klas wymiarowych (1K – $d_g \leq 22$ cm, 2K – $d_g : 23-32$ cm, 3K – $d_g \geq 33$ cm). Średnicę górną kłód pomierzono czterema metodami: w dwóch wykonano jednokrotny pomiar po najmniejszej średnicy z zaokrągleniem wyniku: do pełnych centymetrów tylko w dół (metoda pierwsza), w górę lub w dół (metoda druga) (w górę – dla wyniku po przecinku >5 mm, w dół – dla wyniku po przecinku ≤ 5 mm). W dwóch kolejnych metodach wykonano pomiary najmniejszej i największej średnicy, które zaokrąglano do pełnych centymetrów w dół. Średnią z tych pomiarów zaokrąglano w metodzie trzeciej do pełnych centymetrów w dół, a w metodzie czwartej wg reguł matematycznych. W metodach drugiej, trzeciej i czwartej uzyskano zwiększenie średnich średnic górnych kłód odpowiednio o 1,6%, 2,6% i 3,8% w stosunku do metody pierwszej. Wzrost średnich miąższości był dwukrotnie większy. W metodach drugiej, trzeciej i czwartej odnotowano wzrost liczebności (i sumarycznych miąższości) kłód w klasach wymiarowych 2K i 3K (szczególnie wyraźny w przypadku najgrubszych kłód o średnicy górnej ≥ 33 cm). Badania wykazały, że w metodzie czwartej miąższości kłód są statystycznie istotnie większe niż w metodzie pierwszej (wyniki dla wszystkich kłód). W klasach wymiarowych 1K i 2K istotnie większe miąższości niż w metodzie pierwszej stwierdzono nie tylko w metodzie czwartej, ale także trzeciej. W przypadku najgrubszych kłód 3K klasy wymiarowej nie było statystycznie istotnego wpływu metody określania średnicy górnej na wynik miąższości kłody.

Słowa kluczowe: pomiar drewna, kłody, średnica górna, sosna zwyczajna

WSTĘP

Jednym z efektów postępującej mechanizacji w użytkowaniu lasu, przejawiającej się coraz większą ilością drewna pozyskiwanego harvesterami (Bodył, 2019; 2022), jest zwiększenie udziału drewna wielkowymiarowego w postaci kłód. Według danych Zakładu

Informacji Lasów Państwowych (Portal..., 2022) w 2015 roku w PGL LP sprzedano 2,8 mln m^3 kłodowanego drewna sosnowego, w następnych latach ilość ta sukcesywnie się zwiększała, osiągając w 2018 roku 5,8 mln m^3 . W 2019 roku zanotowano spadek

✉wlodzimierz.stempski@up.poznan.pl, <https://orcid.org/0000-0003-2983-8504>

do poziomu 5,2 mln m³, a rok później kolejny wzrost do 5,4 mln m³ i aż 6,6 mln m³ w 2021 roku. W latach 2020–2021 zanotowano także przewagę kłód nad dłużycami w strukturze sprzedaży wielkowiariowego surowca sosnowego, która wykazuje wyraźną tendencję wzrostową (w 2020 r. różnica wynosiła ok. 0,2 mln m³, w 2021 r. 1,3 mln m³, a za pierwszy kwartał 2022 r. już ponad 0,5 mln m³).

Kłody w przeciwieństwie do dłużyc są półproduktem o określonych parametrach zgodnych z wymaganiami odbiorcy, co po stronie sprzedającego generuje wyższe koszty związane z ich wyrobem. Nie znajduje to jednak odzwierciedlenia w ich cenie, bowiem wyższe ceny uzyskuje drewno w postaci dłużyc (Szaban i Kornas, 2020). Pomijając ten aspekt, pozyskiwanie kłód wykazuje wiele zalet, chociażby z uwagi na mniejsze szkody w drzewostanie powstające podczas nasiębniernej zrywki takiego drewna (Limbeck-Lilienau, 2003; Suwała, 2003; Slamka i Radocha, 2010; Jourgholami, 2012; Stempski i Jabłoński, 2018; Picchio i in., 2020). Zrywka wielkowiariowego drewna w postaci kłód specjalistycznymi ciągnikami typu forwarde jest także efektywniejsza niż zrywka półpodwieszona dłużyc (Grodecki i Stempski, 2002; Stempski, 2003); kłody są korzystniejsze również z punktu widzenia wywozu drewna (Motała, 2006).

Miąższość wielkowiariowego drewna wyrabianego w kłodach określana jest na podstawie pomiaru ich średnicy górnej; możliwy jest także pomiar stosów (Witkowska i Jodłowski, 2019). Duża pracochłonność ręcznego pomiaru średnicy w górnym końcu, przy jednoczesnym wzroście ilości drewna kłodowanego, sprawia, że poszukiwane są bardziej efektywne metody określania miąższości kłód (Mederski i in., 2021). Do rozwiązań takich należy fotooptyczny pomiar czół stosów kłód (Pachuta i Chojnacki, 2018; Pásztory i in., 2018), który cechuje się istotnie krótszym czasem w stosunku do metody tradycyjnej (Stańczykiewicz, 2021). W Polsce pomiar fotooptyczny zastosowano do drewna pochodzącego z drzewostanów, które ucierpiały wskutek huraganowych wiatrów w sierpniu 2017 roku (Majerowski i in., 2017). Mimo że dotychczasowe testy i doświadczenia potwierdziły możliwość stosowania fotooptycznego pomiaru drewna w praktyce (Sarżyński, 2021), podstawowa metoda określania miąższości kłód opiera się na ręcznym pomiarze średnicy w górnym końcu. Średnica ta mierzona jest

przymiarem liniowym lub średnicomierzem po najmniejszej średnicy, z dokładnością do 1 mm, a wynik pomiaru zaokrągla się do pełnych centymetrów w dół (Zarządzenie..., 2019). Celem pracy była ocena wpływu sposobu określania średnicy górnej na wynik miąższości kłód. Analizowano także zmiany liczebności oraz sumarycznej miąższości kłód w klasach wymiarowych (miąższości także bez podziału na klasy wymiarowe).

MATERIAŁ I METODY

Pomiarami objęto partię 1200 kłód o długości 2,5 m, 3 m i 4 m, przy czym 92% tej liczby stanowiły kłody o długości 3 m. Użyte w badaniach kłody pochodziły ze wszystkich klas grubości: kłód 1. klasy wymiarowej (grubości) – 1K o średnicy górnej (d_g) < 22 cm było 57,7%, kłód 2. klasy (2K) o d_g 23 – 32 cm – 38,6%, a kłód 3. klasy (3K) o d_g ≥ 33 cm – 3,7%. W badaniach zastosowano cztery metody określania średnicy górnej:

1. Jednokrotny pomiar po najmniejszej średnicy z dokładnością do 1 mm i zaokrągleniem wyniku do pełnych centymetrów w dół.
2. Jednokrotny pomiar po najmniejszej średnicy z dokładnością do 1 mm i zaokrągleniem wyniku po przecinku >5 mm do pełnych centymetrów w górę, a ≤5 mm do pełnych centymetrów w dół.
3. Dwukrotny pomiar po najmniejszej i największej średnicy z zaokrągleniem wyników do pełnych centymetrów w dół. Średnia z tych pomiarów także zaokrąglona do pełnych centymetrów w dół.
4. Dwukrotny pomiar po najmniejszej i największej średnicy z zaokrągleniem wyników do pełnych centymetrów w dół. Średnia z tych pomiarów zaokrąglona do pełnych centymetrów według reguł matematycznych.

Metoda pierwsza (pomiar referencyjny) stosowana jest w praktyce leśnej (Zarządzenie..., 2019), metodę drugą przyjęto według normy PN-D-95000:2002 (2002), trzecią według aktualizacji tej normy z 2005 roku (PN-D-95000:2002/Az1:2005) (2005), a czwartą według normy europejskiej PN-EN 1309-2:2006 (2006).

Ww. metodami policzono średnie średnice i miąższości kłód (ogółem i w klasach grubości). Miąższości

kłód policzono ze wzoru uwzględniającego zbieżność $z = 0,75$ cm/m (Zarządzenie..., 2019). Przeanalizowano także wpływ metody określania średnicy górnej na liczebność kłód w klasach grubości i ich sumaryczną miąższość w tych klasach i ogółem. Statystyczna analiza wyników polegała na ocenie istotności różnic pomiędzy średnicami określonymi czterema sposobami i czy są istotne statystycznie różnice pomiędzy średnimi miąższościami kłód wyliczonymi na podstawie średnicy górnej ustalonej czterema różnymi sposobami. W pierwszym etapie tej analizy sprawdzono wyniki średnic i miąższości pod kątem zgodności ich rozkładów z rozkładem normalnym (zastosowano test Shapiro–Wilka). W zależności od tego, czy rozkłady średnic i miąższości były zgodne z rozkładem normalnym, do oceny istotności różnic między średnicami górnymi i miąższościami określonymi czterema metodami zastosowano analizę wariancji (wszystkie rozkłady zgodne z rozkładem normalnym) lub test Kruskala-Wallisa (w sytuacji gdy chociaż jeden rozkład był niezgodny z rozkładem normalnym). Weryfikację hipotez statystycznych przeprowadzono na poziomie istotności $\alpha = 0,05$; obliczenia wykonano w pakiecie Statistica v. 13.

WYNIKI

Średnie średnice i miąższości kłód zwiększały się sukcesywnie od metody pierwszej do czwartej (tab. 1),

Tabela 1. Średnie średnice górne (d_g), cm i miąższości (v), m^3 kłód

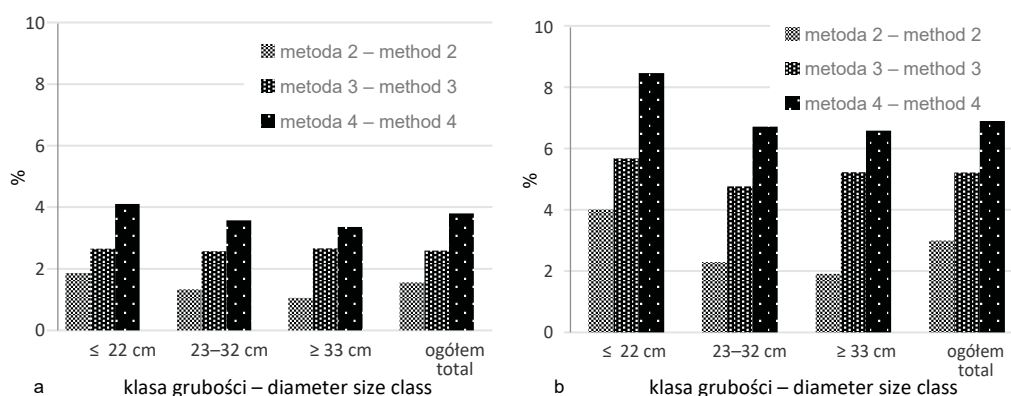
Table 1. Mean top log diameters (d_g), cm and volume (v), m^3 logs

Metoda Method	≤22 cm		23–32 cm		≥33 cm		Ogółem Total	
	d_g	v	d_g	v	d_g	v	d_g	v
1	18,8	0,10	26,3	0,19	35,1	0,32	22,3	0,14
2	19,1	0,10	26,7	0,19	35,5	0,32	22,7	0,15
3	19,3	0,11	27,0	0,20	36,1	0,33	22,9	0,15
4	19,6	0,11	27,3	0,20	36,3	0,34	23,2	0,15

przy czym zdecydowanie większy wzrost wyników dla metod drugiej, trzeciej i czwartej stosunku do metody pierwszej uzyskano dla miąższości (rys. 1.).

Z uwagi na brak zgodności rozkładów wyników średnic i miąższości z rozkładem normalnym (tab. 2) do oceny istotności różnic pomiędzy średnicami i miąższościami określonymi czterema sposobami zastosowano test Kruskala-Wallisa. Test ten wykazał statystycznie istotny wpływ metody na wyniki pierśnic ogółem i we wszystkich klasach wymiarowych, a miąższości – ogółem i w klasach wymiarowych 1K i 2K (tab. 3).

Dla kłód 1K klasy grubości stwierdzono statystycznie istotnie mniejsze średnice w metodzie pierwszej niż drugiej ($p = 0,016$) i trzeciej niż czwartej ($p < 0,001$)



Rys. 1. Procentowe zmiany średniej średnicy górnej (a) i miąższości (b) kłód w metodach drugiej, trzeciej i czwartej (metoda pierwsza – 0%)

Fig. 1. Percentage changes in mean top diameter (a) and volume (b) of logs in methods 2, 3 and 4 (method 1 – 0%).

Tabela 2. Prawdopodobieństwa testowe p testu Shapiro–Wilka zgodności rozkładów średnic górnych i miąższości kłód z rozkładem normalnym

Table 2. The probability value p of the Shapiro–Wilk test for correspondence of the distributions of top diameters and log volume with the normal distribution

Metoda Method	1K (≤ 22 cm)		2K (23–32 cm)		3K (≥ 33 cm)		Ogółem –Total	
	d_g	v	d_g	v	d_g	v	d_g	v
1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
3	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
4	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

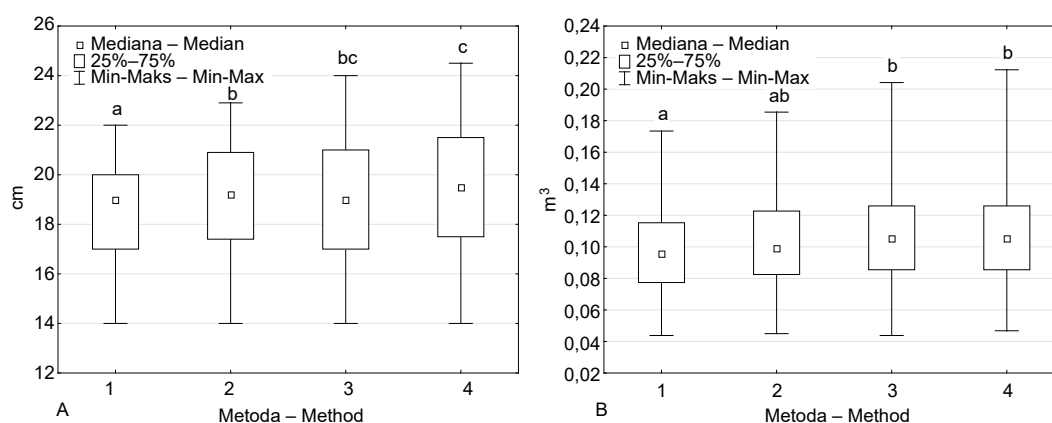
Tabela 3. Prawdopodobieństwa testowe p testu Kruskala–Wallisa porównań sum rang wyników średnic górnych i miąższości kłód między metodami

Table 3. The probability value p of the Kruskal–Wallis test for comparisons of rank sum of top diameters and log volume between the methods

Parametr Parameter	1K (≤ 22 cm)	2K (23–32 cm)	3K (≥ 33 cm)	Ogółem Total
Średnica górna Top diameter	0,000	0,000	0,035	0,000
Miąższość Volume	0,000	0,000	0,092	0,001

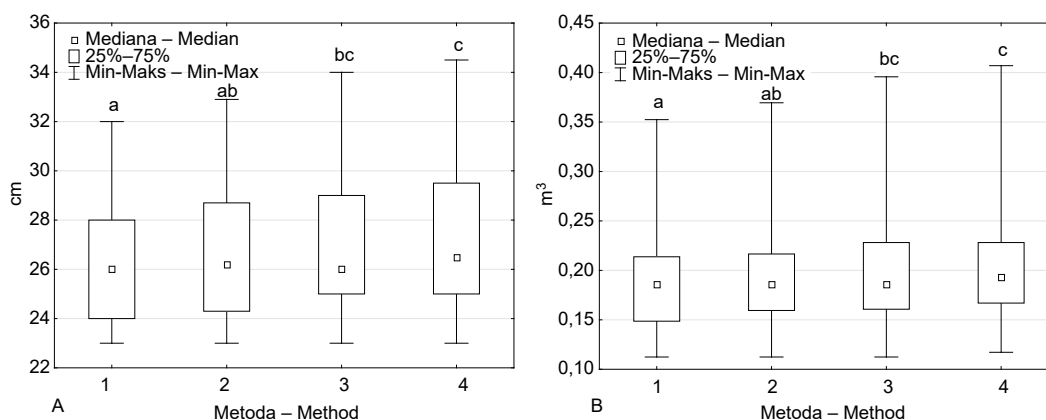
oraz w metodzie drugiej niż czwartej ($p = 0,010$) (rys. 2A). W przypadku miąższości tych kłód metoda pierwsza wykazała statystycznie istotnie mniejszy wynik niż metoda trzecia ($p = 0,009$) i czwarta ($p < 0,001$). Wyniki dla metody drugiej nie różniły się istotnie od wyników pozostałych metod (rys. 2B).

Kłody 2K klasy grubości wykazywały statystycznie istotnie mniejsze średnice w metodzie pierwszej niż trzeciej i czwartej ($p < 0,001$) oraz w metodzie drugiej niż czwartej ($p = 0,013$) (rys. 3A). Analogiczna sytuacja dotyczyła miąższości tych kłód (rys. 3B). Prawdopodobieństwo testowe p różnic między metodami pierwszą a trzecią, pierwszą a czwartą, drugą

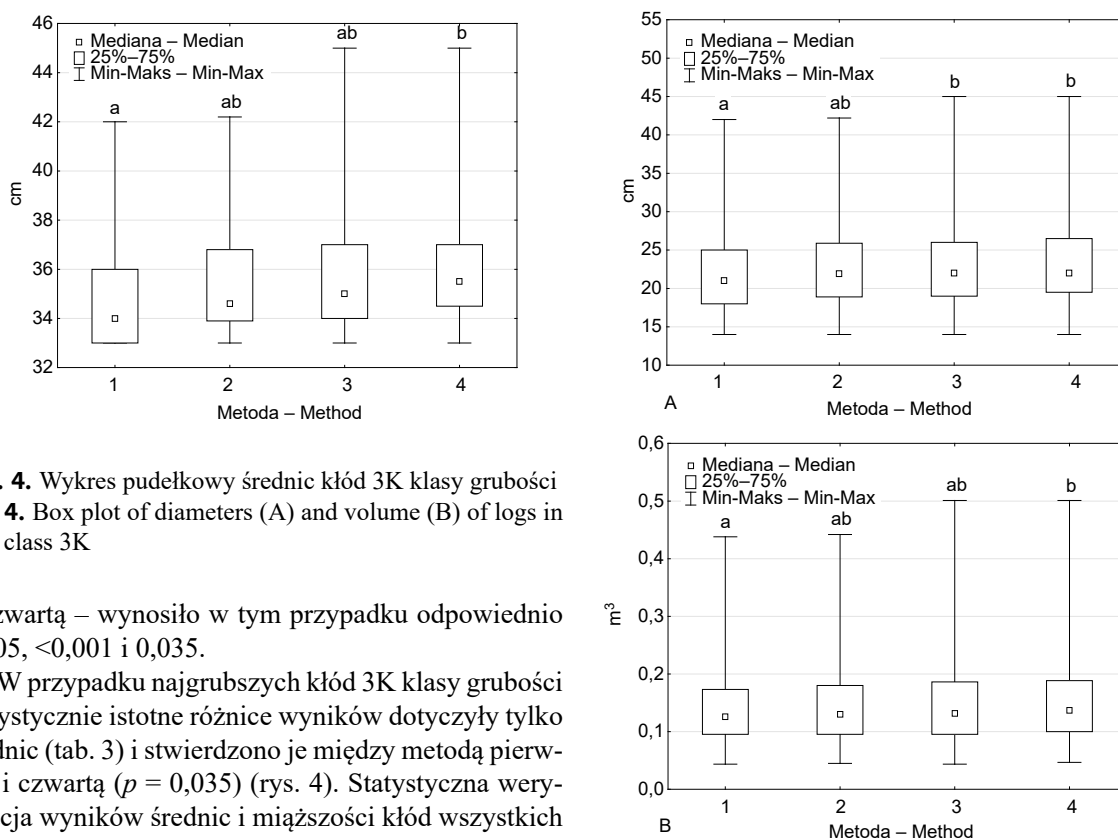


Rys. 2. Wykres pudełkowy średnic (A) i miąższości (B) kłód 1K klasy grubości (różne małe litery na rys. 2 i pozostałych oznaczają różnice istotne statystycznie)

Fig. 2. Box plot of diameters (A) and volume (B) of logs in size class 1K (different small letters in Fig. 2 and the other figures denote statistically significant differences)



Rys. 3. Wykres pudełkowy średnic (A) i miąższowości (B) kłód 2K klasy grubości
Fig. 3. Box plot of diameters (A) and volume (B) of logs in size class 2K



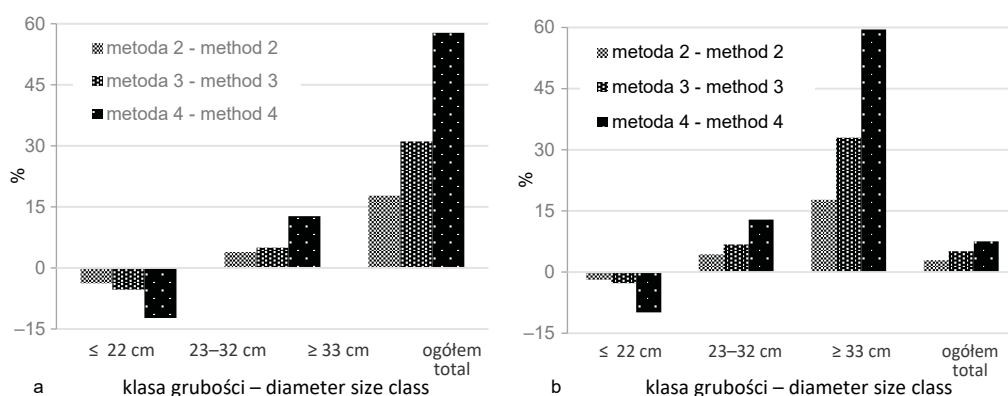
Rys. 4. Wykres pudełkowy średnic kłód 3K klasy grubości
Fig. 4. Box plot of diameters (A) and volume (B) of logs in size class 3K

a czwartą – wynosiło w tym przypadku odpowiednio 0,005, <0,001 i 0,035.

W przypadku najgrubszych kłód 3K klasy grubości statystycznie istotne różnice wyników dotyczyły tylko średnic (tab. 3) i stwierdzono je między metodą pierwszą i czwartą ($p = 0,035$) (rys. 4). Statystyczna weryfikacja wyników średnic i miąższowości kłód wszystkich klas grubości wykazała istotnie mniejsze średnice górne kłód w metodzie pierwszej niż trzeciej ($p = 0,033$) i czwartej ($p < 0,001$), natomiast w przypadku miąższowości metoda pierwsza dała istotnie mniejszy wynik tylko od metody czwartej ($p = 0,001$) (rys. 5).

Rys. 5. Wykres pudełkowy średnic (A) i miąższowości (B) kłód wszystkich klas grubości

Fig. 5. Box plot of diameters (A) and volume (B) of logs in all size classes



Rys. 6. Procentowe zmiany liczby (a) i sumarycznej miąższowości (b) kłód w metodach drugiej, trzeciej i czwartej (metoda pierwsza – 0%)

Fig. 6. Percentage changes in number (a) and total volume (b) of logs in methods 2, 3 and 4 (method 1 – 0%)

Różny sposób określania średnicy górnej spowodował zmiany liczebności kłód w klasach wymiarowych. W metodach drugiej, trzeciej i czwartej zwiększyła się liczebność grubszych kłód (klas 2K i 3K), a zmniejszyła kłód najcieńszych 1K klasy grubości (rys. 6a).

Największe zmiany stwierdzono dla kłód 3K klasy grubości, których udział w skrajnym przypadku (dla metody czwartej) zwiększył się o prawie 58% w stosunku do metody pierwszej (dla metody trzeciej było to 31%, a dla drugiej prawie 18%). W przypadku kłód 2K klasy grubości zmiany były zdecydowanie mniejsze i wynosiły prawie 13% dla metody czwartej i tylko około 5% oraz 4% odpowiednio dla metody trzeciej i drugiej. Podobne zależności stwierdzono w przypadku miąższowości kłód, przy czym zmiany były w tym przypadku o 1–2 pp. większe (rys. 6b). Wyniki dla miąższowości kłód wszystkich klas łącznie (ogółem) były zdecydowanie mniejsze. W metodzie drugiej stwierdzono zwiększenie sumarycznej miąższowości wszystkich kłód o niecałe 3%, w trzeciej o nieco ponad 5%, a w czwartej o 7,5% (rys. 6b).

DYSKUSJA

Obowiązujący obecnie sposób określania miąższowości kłód mierzonych w sztukach pojedynczo i grupowo (Zarządzenie..., 2019) opiera się na pomiarze średnicy górnej kłody po najmniejszej średnicy z dokładnością do 1 mm i zaokrągleniem wyniku do pełnych

centymetrów w dół. Sposób ten wprowadzono do praktyki w 2004 roku pierwszym zarządzeniem Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych dotyczącym kłód (Zarządzenie..., 2004). Zarządzenie to zawierało zbiór tymczasowych zasad odbioru i ewidencji drewna kłodowanego iglastego i było efektem zwiększonego wówczas zainteresowaniem kłodami ze strony odbiorców spoza Polski (Piątkowski, 2013). Zastąpienie tych doraźnych regulacji nastąpiło dopiero 8 lat później, w 2012 roku (Zarządzenie..., 2012). W międzyczasie drewno kłodowane odbierano zgodnie z zarządzeniem 35; zdarzały się wówczas także przypadki posztucznego odbioru kłód i wyliczania ich miąższowości na podstawie pomiaru średnicy środkowej (Tarkowska, 2011). W późniejszym okresie kwestie związane z pomiarem, odbiorem i ewidencją drewna kłodowanego regulowały kolejne zarządzenia, które wprowadzały drobne zmiany, np. w kwestii pomiaru kłód w stosach nieregularnych (zwiększenie maksymalnej średnicy górnej takich kłód z 22 cm do 32 cm).

Obecnie kwestie pomiaru, odbioru i ewidencji drewna kłodowanego reguluje Zarządzenie nr 51 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 30 września 2019 r. (Zarządzenie..., 2019). Wszystkie te zarządzenia nie zmieniły wprowadzonego w 2004 roku sposobu pomiaru średnicy górnej po najmniejszej średnicy z zaokrągleniem wyniku do pełnych centymetrów w dół. W niniejszej pracy poza tą metodą zastosowano trzy inne, zgodne z przedmiotowymi normami

dotyczącymi pomiaru surowca drzewnego i obliczania jego miąższowości. W czasie kiedy wprowadzono tymczasowe zasady odbioru i ewidencji drewna kłodowanego iglastego (Zarządzenie..., 2004) obowiązywała norma PN-D-95000:2002 (2002). Przewidywała ona wprawdzie jednokrotny pomiar z dokładnością do 1 mm prostopadłe do osi podłużnej przechodzącej przez środek geometryczny przekroju poprzecznego (po mniejszej średnicy), ale zaokrąglenie wyniku nie tylko w dół, lecz także w górę, jeżeli ułamek centymetra przekroczył 5 mm. Taki sposób ustalania średnicy górnej zastosowano w metodzie drugiej, w której uzyskano zwiększenie średniej średnicy górnej o około 1,6%, a miąższowości o 3% w stosunku do metody pierwszej. Wyniki te nie były statystycznie istotnie większe niż w metodzie pierwszej (istotne różnice uzyskano jedynie dla najcieńszych kłód 1K klasy grubości). Warto zaznaczyć, że norma ta przewidywała także dwukrotny pomiar średnicy w przypadku wyraźnego spłaszczenia. Zapis o zaokrągleniu wyniku pomiaru średnicy górnej tylko w dół pojawił się w 2005 roku w aktualizacji normy PN-D-95000:2002 (PN-D-95000:2002/Az1:2005), ale tylko w odniesieniu do cieńszych kłód o grubości do 19 cm. W przypadku grubości drewna 20 cm i więcej średnicę należało określić na podstawie dwóch pomiarów wykonanych prostopadłe do siebie. Wyniki tych pomiarów i obliczoną z nich średnią należało zaokrąglić do pełnych centymetrów w dół. Tym sposobem policzono w pracy średnice górne i miąższowości kłód w metodzie trzeciej. Uzyskano w niej statystycznie istotne zwiększenie średnicy górnej w stosunku do metody pierwszej, natomiast procentowy wzrost średniej miąższowości był nawet większy od wzrostu średnicy, ale różnica była statystycznie nieistotna. Statystycznie istotnie większe miąższowości kłód uzyskano dopiero dla metody czwartej, w której średnią z dwóch pomiarów (zaokrąglonych w dół) zaokrąglano według reguł matematycznych. Różnymi metodami określania miąższowości kłód zajmowała się Tarkowska (2011). Jedną z nich była metoda bazująca na jednokrotnym pomiarze najmniejszej średnicy górnej w trzech wariantach: z zaokrągleniem w dół do pełnych centymetrów (metoda stosowana w praktyce wówczas i dzisiaj), bez zaokrągleń i z zaokrągleniami matematycznymi. Uzyskany przez tę badaczkę wynik miąższowości dla wariantu z matematycznymi zaokrągleniami był o 4,8% większy niż dla metody

stosowanej w praktyce. W niniejszej pracy uzyskano dla analogicznego wariantu (metoda 2) nieco mniejszą różnicę, wynoszącą 3%, przy czym był to wynik dla kłód wszystkich klas wymiarowych (grubości). Dla grubszych kłód 2K i 3K klasy grubości było to odpowiednio prawie 4,5% i 18%. Podobnie jak średnie wartości miąższowości kłód zwiększały się miąższowości sumaryczne całej partii 1200 kłód – o około 3%, 5% i 8% odpowiednio dla metod drugiej, trzeciej i czwartej. Te relatywnie niewielkie wzrosty miąższowości wszystkich kłód wynikały ze zwiększenia miąższowości grubszych kłód (2K i 3K klasy grubości) w metodach drugiej, trzeciej i czwartej, ale kosztem miąższowości kłód 1K klasy grubości. W przypadku tych grubszych kłód procentowe wzrosty ich sumarycznych miąższowości były dużo większe niż dla wszystkich klas grubości. Dotyczyło to w szczególności kłód najgrubszych 3K klasy wymiarowej.

Wzrost miąższowości kłód w metodach drugiej, trzeciej i czwartej w stosunku do metody powszechnie stosowanej w praktyce powoduje także określone konsekwencje finansowe. Przyjmując jako wielkość bazową ilość sprzedanego drewna kłodowanego (sosnowego) za 2021 rok w wysokości 6557 tys. m³ (Portal..., 2022), dodatkowe miąższowości tego drewna wyniosłyby prawie 197 tys. m³ dla metody drugiej, prawie 341 tys. m³ dla metody trzeciej i bez mała 492 tys. m³ dla metody czwartej. Przy cenie sprzedaży sosnowego drewna kłodowanego z 2021 roku w wysokości 287 zł/m³ (Portal..., 2022) dodatkowy efekt finansowy wyniosłyby ok. 56,5 mln zł, prawie 98 mln zł i ponad 141 mln zł odpowiednio dla metod drugiej, trzeciej i czwartej. Przyjmując cenę sprzedaży tego surowca z pierwszego kwartału tego roku, która jest zdecydowanie wyższa (409 zł/m³), byłoby to prawie 80,5 mln zł, 139,5 mln zł i ponad 201 mln zł (odpowiednio dla metod: 2, 3 i 4). W powyższych obliczeniach przyjęto założenie, że miąższość wszystkich kłód sprzedanych przez Lasy Państwowe w 2021 roku obliczono na podstawie pomiaru średnicy górnej. Tak zapewne nie było, bowiem drewno kłodowane mierzono jest coraz częściej w stosach. Dlatego też obliczenia te mają charakter wyłącznie symulacyjny, niemniej ich wyniki podają w wątpliwość słuszność stosowania przez sprzedającego drewno najmniej korzystnej metody określania średnicy górnej kłód. Argumentem za stosowaniem takiego sposobu może być to, że nie jest

bardzo pracołłonny, co przy zwiększającej się sukcesywnie ilości drewna kłodowanego ma na pewno duże znaczenie. Warto jednak w tym miejscu wskazać, że w zasadzie identyczną pracołłonnością cechuje się metoda druga, która także opiera się na jednokrotnym pomiarze najmniejszej średnicy, a zaokrąglenie wyniku nie tylko w dół, lecz także w górę nie powinno stanowić większego problemu. Symulacja finansowych efektów jej stosowania wykazała wprawdzie, że korzyści są w tym przypadku najmniejsze, niemniej sięgają w skali całych Lasów Państwowych kwoty kilkudziesięciu mln zł rocznie.

WNIOSKI

1. Stosowana w praktyce metoda określania miąższości kłód na podstawie pomiaru średnicy górnej po najkrótszej linii z zaokrągleniem wyniku do pełnych centymetrów w dół wykazała mniejsze średnie miąższości kłód niż pozostałe metody, przy czym różnice istotne statystycznie stwierdzono w stosunku do metod bazujących na dwukrotnym pomiarze średnicy górnej.
2. Zwiększenie wyników średnic górnych w metodach drugiej, trzeciej i czwartej spowodowało zmiany liczebności i sumarycznych miąższości kłód w klasach wymiarowych (redukcję liczby i miąższości kłód 1K klasy wymiarowej i wyraźne zwiększenie liczby i miąższości grubszych kłód, szczególnie 3K klasy wymiarowej).
3. Większe średnice górne kłód w metodach drugiej, trzeciej i czwartej zwiększyły także sumaryczne miąższości wszystkich kłód wyliczone na podstawie tych średnic (bez podziału na klasy wymiarowe). Zwiększenie tych miąższości było w tym przypadku zdecydowanie mniejsze niż w klasach wymiarowych 2K i 3K.

PIŚMIENICTWO

- Bodył, M. (2019). Rozmiar pozyskania maszynowego w Polsce [Volume of timber harvested by mechanized felling in Poland]. *Drwal*, 3, 5–9 [in Polish].
- Bodył, M. (2022). Rozmiar pozyskania maszynowego w Polsce [Volume of timber harvested by mechanized felling in Poland]. *Drwal*, 4, 24–28 [in Polish].

- Grodecki, J., Stempski, W. (2002). Analiza porównawcza wydajności zrywki ciągnikiem typu forwarder i klembank [Comparative analysis of wood extraction output with a forwarder and a clambunk]. *Zesz. Prob. Postęp. Nauk Rol.*, 486(1), 203–208 [in Polish].
- Jourgholami, M. (2012). Operational impacts to residual stands following ground-based skidding in Hyrcanian Forest, northern Iran. *J. For. Res.*, 23(2), 333–337. <https://doi.org/10.1007/s11676-012-0261-5>
- Limbeck-Lilienau, B. (2003). Residual stand damage caused by mechanized harvesting systems. W: T. Steinmüller, K. Stampfer (red.), *Proceedings of high tech forest operations for mountainous terrain*. 5–9 Oct. Schlaegl-Austro, 2003. Vienna: University of Natural Resources and Life Sciences.
- Majerowski, T., Pranke, W., Szmyra, W. (2017). Oko w oko ze stosem [Eye to eye with the stack]. *Głos Lasu*, 11(563), 20–22 [in Polish].
- Mederski, P. S., Jędrzejewska, M., Borzyszkowski, W., Krzewina, W. (2021). Dokładność wybranych metod foto-optycznych do pomiaru średnic drewna kłodowanego układanego w stosach [Accuracy of selected photo-optical methods for measuring the diameters of logs in stacks]. W: K. Tomczak (red.), *Konferencja „Innowacyjne metody pomiaru drewna w leśnictwie i przemyśle drzewnym”*, Poznań 17–19 XI 2021. Poznań: WLITD UPP [in Polish].
- Motała, R. (2006). Proces transportu drewna z perspektywy międzynarodowego koncernu Stora Enso [Timber transport process from the perspective of the international Concern Stora Enso]. W: D. J. Gwiazdowicz (red.), *Materiały Forum Leśnego „Człowiek Las Drewno”*, Poznań 13 XI 2006 (s. 61–64). Poznań: Międzynarodowe Targi Poznańskie [in Polish].
- Pachuta, A., Chojnacki, K. (2018). Fotooptyczny pomiar drewna w stosie [Photo-optical timber stack measurement]. *Techn. Roln. Ogrodn. Leśn.*, 2, 14–16 [in Polish].
- Pásztory, Z., Heinzmann, B., Barbu, M-C. (2018). Manual and Automatic Volume Measuring Methods for Industrial Timber. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 159 (1): 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/159/1/012019>
- Piątkowski, J. (2013). Kłodowanie podczas pozyskiwania drewna [Logging during harvesting]. *Gazeta Przemysłu Drzewnego*, 1, 4 [in Polish].
- Picchio, R., Mederski, P. S., Tavankar, F. (2020). How and How Much, Do Harvesting Activities Affect Forest Soil, Regeneration and Stands? *Curr. Forestry Rep.*, 6, 115–128. <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00113-8>

- PN-D-95000:2002 (2002). Surowiec drzewny. Pomiar, obliczanie miąższowości i cechowanie [Round wood – Measurement, determination of volume and marking]. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny [in Polish].
- PN-D-95000:2002/Az1:2005 (2005). Surowiec drzewny. Pomiar, obliczanie miąższowości i cechowanie [Round wood – Measurement, determination of volume and marking]. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny [in Polish].
- PN-EN 1309-2:2006 (2006). Round and sawn timber – Method of measurement of dimensions – Part 2: Round timber - Requirements for measurement and volume calculation rules. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny.
- Portal Leśno-Drzewny (2022). Informacja o wykonanej sprzedaży wybranych grup sortymentów drewna w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe w latach 2018–2022. Pobrane 26 maja 2022 z: http://drewno.zilp.lasy.gov.pl/drewno/informacja_o_wykonanej_sprzedazy_wybranych_grup_sortymentow_drewna_w_pgl_lp_w_latach_2018-2022_i_kw.pdf.
- Sarzyński, J. (2021). Fotooptyczny pomiar surowca drzewnego w PGL LP [Photo-optical measurement of raw wood in the State Forests]. W: K. Tomczak (red.), Konferencja „Innowacyjne metody pomiaru drewna w leśnictwie i przemyśle drzewnym”, Poznań, 17–19 XI 2021. Poznań: WLiTD [in Polish].
- Slamka, M., Radocha, M. (2010). Results of harvesters and forwarders operations in Slovakian forests. *Lesn. Časopis For. J.*, 56(1), 1–15. <https://doi.org/10.2478/v110114-009-0010-7>
- Stańczykiewicz, A. (2021). Dokładność i czasochłonność fotooptycznego pomiaru drewna średnio- i wielkowieściowego [Accuracy and time-consumption of photo-optical measurement of medium and large-size wood]. W: K. Tomczak (red.), Konferencja „Innowacyjne metody pomiaru drewna w leśnictwie i przemyśle drzewnym”, Poznań, 17–19 XI 2021. Poznań: WLiTD [in Polish].
- Stempski, W. (2003). Efektywność pozyskiwania drewna systemem sortymentowym w cięciach rębnych drzewostanów sosnowych [Effectiveness of wood harvesting with the CTL system in felling cuts of pine stands]. W: H. Różański (red.), Wybrane problemy techniki leśnej w leśnictwie wielofunkcyjnym (s. 35–46). Bydgoszcz: Międzynarodowe Targi Bydgoskie „SAWO” Sp. z o.o. w Bydgoszczy [in Polish].
- Stempski, W., Jabłoński, K. (2018). Damage to Trees from Wood Extraction in Motor-Manual Wood Harvesting Technologies in Thinning of Pine Stands. *Baltic For.*, 24(2), 313–320.
- Suwała, M. (2003). Uszkodzenia drzew w drzewostanach sosnowych przy pozyskiwaniu drewna w praktyce leśnej [Tree damage in pine stands resulting from wood harvesting in forest practice]. *Pr. Inst. Bad. Leśn. A.*, 3(959), 61–80 [in Polish].
- Szaban, J., Kornas, M. (2020). Zmiany miąższowości, udziału klas jakości i wartości topolowego surowca drzewnego w zależności od sposobu manipulacji [Changes in volume, grade and value in poplar timber depending on timber size variants]. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar.*, 19(4), 225–231. <https://doi.org/10.17306/J.AFW.2020.4.24> [in Polish].
- Tarkowska, M. (2011). Wybrane aspekty różnych sposobów odbioru drewna kłodowanego [Some aspects of the different ways of receiving CTL timber]. *Las Pol.*, 4, 16–17 [in Polish].
- Witkowska, J., Jodłowski, K. (2019). Określenie współczynników zamiennych dla drewna wielkowieściowego kłodowanego sosnowego i świerkowego [Determination of conversion factors for pine and spruce logs in stacks]. *Leśn. Pr. Bad.*, 80(3), 181–187 [in Polish].
- Zarządzenie nr 35 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z 14 maja 2004 r. w sprawie tymczasowych zasad odbioru i ewidencji drewna kłodowanego iglastego. [Order no. 35 of the Director General of the State Forests dated 14 March 2004 on the temporary principles of measuring, classifying and registering coniferous timber cut into logs], znak OM-260/3/01/04.
- Zarządzenie nr 51 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 30 września 2019 r. w sprawie wprowadzenia warunków technicznych stosowanych w obrocie surowcem drzewnym w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe [Order no. 72 of the Director General of the State Forests dated 27 September 2013 on the introduction of technical requirements used in the marketing of timber in the State Forests], znak ZM.800.8.2019.
- Zarządzenie nr 53 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 29 czerwca 2012 r. w sprawie zasad odbioru i obrotu drewna iglastego wyrabianego w kłodach oraz ewidencji surowca drzewnego w jednostkach organizacyjnych Lasów Państwowych [Order no. 53 of the Director General of the State Forests dated 29 June 2012 on the principles of measuring, classifying and marketing coniferous timber cut into logs and registering timber in organizational units of the State Forests], znak: EM-900-9/2012.

EFFECT OF TOP DIAMETER MEASUREMENT METHODS USED FOR SCOTS PINE LOG WOOD ON ITS VOLUME

ABSTRACT

Volume of large-sized cut to length timber is typically determined based on measurement of the top diameter inside bark (d_g). In practice this measurement is taken at the smallest diameter and the result is rounded down to the full number of cm. The primary aim of this study was to assess the effect of the manner of measuring the top diameter on the resulting calculation of log volume. Changes in the number and total volume of logs in individual size classes. Measurements were taken on 1200 pine logs in all size classes (1K – $d_g < 22$ cm, 2K – $d_g: 23\text{--}32$ cm, 3K – $d_g \geq 33$ cm). The top diameter of logs was measured using four methods: in two methods a single measurement was taken on the smallest diameter rounding the results to full cm: down (method 1), either up or down (method 2) (rounding up in the case of results >5 mm after the decimal point, rounding down the results ≤ 5 mm after the decimal point). In the next two methods the smallest and the largest diameters were measured, with the results rounded down to full cm. The mean of these measurements was rounded down in method 3 to full cm, while in method 4 the mathematical rules were followed. In methods 2, 3 and 4 increased values were obtained for means of log diameter by 1.6%, 2.6% and 3.8%, respectively, in relation to method 1. The increase in means of volume was 2-fold greater. In methods 2, 3 and 4 an increase was recorded in the number (and total volume) of logs in size classes 2K and 3K (which was particularly evident in the case of the thickest logs with $d_g \geq 33$ cm). Analyses showed statistically greater log volume in method 4 compared to method 1 (results for all logs). In size classes 1K and 2K significantly greater volumes than in method 1 were recorded not only in method 4, but also in method 3. In the case of the thickest logs of size class 3K no statistically significant effect on log volume results was found for the method to determine the top diameter.

Keywords: wood measurement, logs, top diameter, Scots pine