

Wpływ sposobu redukcji grubości kory i zaokrąglania wyników na dokładność określania miąższości dłuźyc świerka pospolitego z położeń górskich

Justyna Sulej, Robert Tomusiak

Abstrakt. Drewno w Polsce na ogół sprzedawane jest z korą, chociaż jego ewidencjonowana ilość wyliczana jest bez kory. Zasady pomiaru i obliczania miąższości surowca drzewnego przedstawione są w normie PN-D-95000:2002. Celem pracy było porównanie dokładności trzech podanych w tej normie sposobów określania miąższości drewna bez kory dla dłuźyc świerkowych z położeń górskich oraz zbadanie wpływu sposobu zaokrąglania wyników na dokładność określania miąższości. Zagadnienia te mają znaczenie gospodarcze z powodu dużej ilości drewna świerkowego trafiającego na rynek. Do porównań przyjęto następujące sposoby określania miąższości bez kory: potrącenie tablicowe grubości kory w miejscu pomiaru, potrącenie procentowego udziału kory w miąższości dłuźycy oraz pomiar średnicy w środku dłuźycy po okorowaniu miejsca pomiaru. Uwzględniono ponadto trzy warianty zaokrąglania wyników: w dół, matematyczne oraz bez zaokrąglania. Drzewa do badań zostały pobrane w Górach Izerskich i Beskidzie Żywieckim z litych świerczyn rosnących na wysokościach 500, 800 i 1000 m n.p.m. Nie stwierdzono istotnych różnic w określaniu miąższości dłuźyc świerkowych bez kory, w zależności od wysokościowego położenia drzewostanów. Stwierdzono natomiast, że wszystkie trzy analizowane sposoby redukcji kory przyczyniają się do zaniżania miąższości sprzedawanego drewna. Najmniej dokładna okazała się metoda najpowszechniej stosowana w Lasach Państwowych.

Słowa kluczowe: szacowanie grubości kory, *Picea abies* (L.) H. Karst., norma PN-D-95000:2002, drewno wielkowymiarowe, drewno świerkowe, pomiar surowca drzewnego

Abstract. Influence of a method of reducing bark thickness and rounding of results on accuracy of determination of logs' volume of Norway spruce from mountain locations. Timber in Poland is sold with bark, but the evidenced amount is calculated without bark according to adequate standards. The measurement and volume determination principles are given in PN-D-95000:2002 standard. The aim of the study was a comparison of three methods of determination of volume of spruce logs without bark from mountain areas, as well as estimation of impact of way of rounding the results on the accuracy of volume determination. This problem has economic importance due to a big amount of spruce wood delivered to the market. The following methods of determination of logs' volume without bark were compared: bark reduction according to table values included in the standards, reduction of a percentage share of bark in a log volume, and measurement of a diameter without bark.

In the paper also three methods of a rounding results were compared: rounding down, half rounding down, and without rounding. Sample trees were collected in Izera Mountains and in west part of Beskid Mountains in spruce stands located on altitudes of 500, 800 i 1000 m a.s.l. The results proved no statistically significant differences of errors of determination of logs volume with bark between stands located on different altitudes. It was noticed, that all three methods of bark reduction underestimate timber volume. The most inaccurate was the most commonly used in State Forests method.

Key words: estimation of bark thickness, *Picea abies* (L.) H. Karst., standard PN-D-95000:2002, large sized wood, spruce timber, timber measurement

Wstęp

Trafiający na rynek surowiec drzewny ewidencjonowany jest bez kory. Choć ekonomicznie kora stanowi niewielką wartość, należy pamiętać, że ma ona wiele cennych zastosowań, m.in. jako dodatek do wyrobu płyt pilśniowych i wiórowych, składnik do produkcji kompostu, biomasa na cele energetyczne, okrywa gleby w ogrodnictwie (Głowacki i in. 2004). Grubość kory jest często zróżnicowana, nawet wśród drzew tego samego gatunku, na co mają wpływ warunki siedliskowe, wiek drzewa, pochodzenie, położenie geograficzne oraz wysokość nad poziomem morza (Assmann 1968).

W celu określenia miąższości surowca drzewnego, sprzedawanego zwykle w korze, niezbędne jest zastosowanie odpowiednich metod. Sposoby określania miąższości drewna w PGL Lasy Państwowe określone są w Zarządzeniu nr 72 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 27.09.2013 r., które nakazuje przeprowadzać pomiar zgodnie z normą PN-D-95000:2002. Norma ta dopuszcza trzy sposoby określania miąższości dłużyc bez kory. W każdym z nich miąższość określana jest wzorem środkowego przekroju, będącym iloczynem długości i przekroju w połowie długości bryły dendrometrycznej (Bruchwald 1999).

W literaturze brakuje wyników dokładności określania miąższości dłużyc bez kory dla świerka pospolitego, pomimo że opinie leśników-praktyków dotyczące oceny efektywności stosowanych metod są na ogół krytyczne. Należy przy tym zwrócić uwagę, że świerk jest drugim, zaraz po sosnie zyczejnej, najczęściej występującym gatunkiem iglastym w polskich lasach, a jego udział w powierzchni lasów wynosi ponad 6% (Raport o stanie Lasów 2015). Dlatego też badania nad miąższością kory tego gatunku mogą mieć znaczenie z punktu widzenia gospodarki leśnej. W świetle powyższych przesłanek jako cel badań przyjęto ocenę dopuszczonych normą PN-D-95000:2002 trzech metod określania miąższości dłużyc bez kory oraz różnych sposobów zaokrąglania wyników.

Materiał i metody

Badaniami objęto świerk pospolity rosnący w Górach Izerskich (Nadleśnictwo Świeradów) i w Beskidzie Żywieckim (Nadleśnictwo Ujszoły) – regionach charakteryzujących się dużym udziałem drzewostanów świerkowych na wysokości powyżej 500 m n.p.m. Materiał empiryczny objął pomiary sekcyjne czterdziestu drzew leżących, w tym: 17 drzew w Górach Izerskich na siedlisku LMGśw, na wysokości ok. 500 m n.p.m. (w wydz. 223h), oraz 23 drzew

w Beskidzie Żywieckim, w tym: 10 drzew na siedlisku LGśw, na powierzchni położonej na wysokości 800 m n.p.m. (w wyd. 21d) i 13 drzew na siedlisku LMGśw na wysokości 1000 m n.p.m. (w wydzielaniu 300a). Odrębność geograficzna, siedliskowa i historyczna badanych drzewostanów nie rzutuje na uzyskane wyniki, ponieważ nie są porównywane drzewostany ze sobą, tylko różne sposoby pomiaru w obrębie każdego drzewostanu osobno.

Obiektem badań były dłużyce świerkowe o długości 14 m, pochodzące z odziomkowej części pnia. Przy pomocy taśmy zmierzono długość strzały oraz wyznaczono środki metro- wych sekcji, w których wykonano dwa prostopadłe pomiary średnic za pomocą średnicomierza precyzyjnego oraz pomiary grubości kory z dwóch stron pnia za pomocą koromierza. Wyniki pomiarów średnic pnia w środku każdej sekcji zostały uśrednione. Następnie odjęto podwójną grubość kory w środku każdej sekcji, dzięki czemu uzyskano średnicę pnia bez kory.

Dla każdej dłużycy obliczono miąższość w korze i bez kory za pomocą wzoru sekcyjnego środkowego przekroju (Bruchwald 1999):

$$V_{rz} = l_s \cdot (g_{s1} + g_{s2} + \dots + g_{sn})$$

gdzie:

l_s – długość sekcji [m]

$g_{1/2}$ – pole przekroju w połowie sekcji [m²]

V_{rz} – miąższość rzeczywista dłużycy [m³].

Miąższości dłużyc obliczone wzorem sekcyjnym uznano za miąższości rzeczywiste. Stanowiły one referencję do wyliczenia błędów ocenianych w pracy metod. Ocenie podlegały trzy metody określania miąższości drewna bez kory, opisane w normie PN-D-95000:2002. Pierwsza z nich zakłada pomiar grubości w korze w środku dłużycy, od której odejmuje się grubość kory, zgodnie z wartościami zawartymi w Normie (w Tablicy 1), które wynoszą: 1 cm przy grubości pnia w korze do 24 cm, 2 cm dla pni o grubości od 25 do 49 cm oraz 3 cm dla pni o grubości 50 cm i większej. Dla tak wyznaczonej grubości bez kory w środku dłużycy, do obliczenia miąższości kłody stosuje się wzór środkowego przekroju. Druga metoda zakłada potrącenie procentowego udziału kory w miąższości dłużycy. Na podstawie grubości w korze w środku dłużycy oblicza się miąższość dłużycy w korze za pomocą wzoru środkowego przekroju. Następnie odejmuje się przewidzianą normą miąższość kory, która dla świerka wynosi 8,5% (wg Tablicy 2 w Normie), uzyskując miąższość drewna bez kory. Trzecia metoda polega na pomiarze średnicy w środku dłużycy po uprzednim zdjęciu kory i podstawienie grubości bez kory do wzoru środkowego przekroju. W niniejszych badaniach zamiast mechanicznego okorowania zastosowano pomiar grubości kory za pomocą koromierza. Po odjęciu podwójnej grubości kory w środku dłużycy stosowano wzór Hubera (Bruchwald 1999) do wyliczenia miąższości dłużycy bez kory.

Ponadto, przy obliczaniu miąższości każdą z przedstawionych metod zostały uwzględnione trzy warianty zaokrągleń. W wariantcie 1. zaokrąglano wyniki zawsze w dół: pomiary grubości do pełnych cm, a wyniki obliczeń miąższości wyrażone w m³ – do dwóch miejsc po przecinku. Wariant 2. uwzględniał zaokrąglanie matematyczne: grubości do pełnych cm w górę, jeżeli ułamek centymetra przekroczył 5 mm, w przeciwnym przypadku grubości zaokrąglano w dół, a wyliczone miąższości zaokrąglane były matematycznie do dwóch miejsc po przecinku. W wariantcie 3. nie stosowano zaokrągleń grubości i miąższości, a do obliczeń podstawiano pomiary grubości wykonane w rozdzielczości 1 mm.

Następnie dla miąższości obliczonych każdą z trzech ocenianych metod po zastosowaniu trzech wariantów zaokrągleń obliczono błędy procentowe wtórne. Stanowiły one wyrażoną

w procentach różnicę między miąższością uzyskaną daną metodą a miąższością rzeczywistą. Na koniec zbadano wielkość różnic miąższości między przyjętymi dwoma metodami określania miąższości dłuźyc (potrącenie udziału kory w miąższości dłuźycy oraz korowanie miejsca pomiaru), a powszechnie stosowaną w leśnictwie metodą, przyjmującą tablicowe potrącenie grubości kory w środku dłuźycy.

Błędy procentowe wtórne scharakteryzowano za pomocą miar statystyki opisowej. Zastosowano test t dla pojedynczej próby przy stałej odniesienia 0, w celu stwierdzenia czy dany sposób określania miąższości wykazuje tendencję do generowania błędów systematycznych (stała tendencja do zawyżania bądź zaniżania wyników). Porównanie średnich wielkości błędów danej metody pomiędzy powierzchniami z wysokości 500, 800 i 1000 m n.p.m. przeprowadzono za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji. Do oceny wpływu metody pomiaru, wariantu zaokrąglania wyników oraz interakcji między tymi czynnikami na dokładność określanych miąższości dłuźyc zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji. W przypadku stwierdzenia istotnego wpływu któregokolwiek z wymienionych czynników na średnią wielkość błędów miąższości stosowano test porównań wielokrotnych przeprowadzony metodą RIR Tukey'a, który pozwalał wyróżnić grupy homogeniczne. Porównania wielkości różnic między metodą III a najczęściej stosowaną metodą I oraz różnic między metodą II a metodą I dokonano za pomocą testu istotności różnic między średnimi dla prób zależnych. Testowanie hipotez statystycznych przeprowadzono przy poziomie istotności 0,05 w pakiecie Statistica v.13 (Dell Inc. 2016).

Wyniki

W przypadku każdej z metod i położenia drzewostanu n.p.m. (tab. 1) średnie arytmetyczne błędów wskazały zaniżanie miąższości dłuźyc, chociaż występowała duża zmienność w zależności od metody i wariantu zaokrąglania wyników pomiarów. Skrajną wielkość średniej arytmetycznej błędów (-10,2%) odnotowano przy zastosowaniu metody I i zaokrąglania wyników pomiaru grubości w dół (wariant 1), dla drzewostanu w Beskidzie Żywieckim na wysokości 800 m n.p.m.

W badaniach nie wykazano istotnego statystycznie wpływu wysokości n.p.m. na wielkość określanej miąższości dłuźyc dla każdej z zastosowanych metod. Prawdopodobieństwo testowe w teście analizy wariancji dla różnych metod i wariantów wynosiło od 0,399 do 0,968 (tab. 1).

Tab. 1. Dokładność określania miąższości dłuźyc w zależności od położenia drzewostanu nad poziomem morza

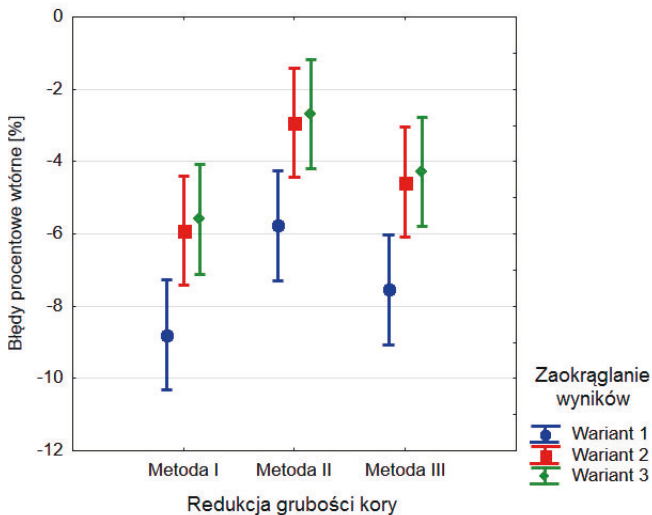
Table 1. The accuracy of logs' volume determination according to altitude of stands location

Lokalizacja	Wariant 1 zaokrąglanie w dół		Wariant 2 zaokrąglanie matemat.		Wariant 3 bez zaokrąglania	
	Śr ± OS	Anova	Śr ± OS	Anova	Śr ± OS	Anova
Metoda I - potrącenie grubości kory						
500 m n.p.m. – Góry Izerskie	-9,1 ± 6,7	F = 0,94 p = 0,399	-6,0 ± 5,6	F=0,06 p=0,940	-5,7 ± 5,9	F=0,14 p=0,868
800 m n.p.m. – Beskid Żywiecki	-10,2 ± 3,2		-6,3 ± 4,1		-6,1 ± 2,4	
1000 m n.p.m. – Beskid Żywiecki	-7,3 ± 4,1		-5,5 ± 5,5		-5,0 ± 4,5	

Metoda II – potrącenie procentowego udziału kory						
500 m n.p.m. – Góry Izerskie	-5,6 ± 6,6	F = 0,52 p = 0,598	-2,6 ± 5,9	F=0,08 p=0,919	-2,5 ± 6,1	F=0,03 p=0,968
800 m n.p.m. – Beskid Żywiecki	-7,1 ± 3,2		-3,2 ± 3,7		-3,0 ± 2,5	
1000 m n.p.m. – Beskid Żywiecki	-5,0 ± 3,8		-3,2 ± 4,5		-2,7 ± 4,2	
Metoda III – pomiar średnicy bez kory						
500 m n.p.m. – Góry Izerskie	-8,1 ± 5,6	F = 0,27 p = 0,761	-5,3 ± 7,1	F=0,30 p=0,741	-4,8 ± 5,9	F=0,19 p=0,820
800 m n.p.m. – Beskid Żywiecki	-7,1 ± 2,8		-3,9 ± 3,3		-3,6 ± 2,8	
1000 m n.p.m. – Beskid Żywiecki	-7,1 ± 3,3		-4,1 ± 4,2		-4,2 ± 3,6	

Brak istotnych statystycznie różnic miąższości dłuźyc między powierzchniami położonymi na wysokościach 500, 800 i 1000 m n.p.m. określanych każdą z metod upoważniły do prowadzenia w dalszej części pracy analizy dla wszystkich drzew razem.

Bez względu na zastosowaną metodę pomiaru i wariant zaokrąglania pomiarów grubości, stwierdzono ujemne wartości średnich arytmetycznych błędów procentowych wtórnych miąższości dłuźyc bez kory (ryc. 1).



Ryc. 1. Dokładność trzech metod określania miąższości dłuźyc bez kory w różnych wariantach zaokrąglania wyników pomiarów (średnia arytmetyczna błędów ± 95% przedział ufności). Objasnienia zmiennych w tekście

Fig. 1. The accuracy of three methods of determination of logs' volume without bark for different variants of rounding measurements results (arithmetic mean of errors ± 95% confidence interval). Descriptions of variables in the text

Przeprowadzony test t dla pojedynczej próby przy stałej odniesienia 0,0 wykazał stałą tendencję do zaniżania miąższości dłużyc świerkowych bez kory ($p < 0,001$) we wszystkich metodach i w każdym wariancie zaokrąglania pomiarów grubości.

Na podstawie dwuczynnikowej analizy wariancji wykazano istotne różnice w dokładności ocenianych metod ($p < 0,001$) oraz wariantów zaokrąglania wyników pomiaru ($p < 0,001$). Nie stwierdzono natomiast istotnych interakcji między tymi czynnikami (tab. 2). Spośród ocenianych metod najmniejszą średnią arytmetyczną błędów charakteryzuje się metoda II (-3,80%), której dokładność okazała się największa i istotnie różna od stanowiących drugą grupę homogeniczną metod III i I.

Spośród ocenianych wariantów zaokrąglania wyników pomiaru, większą dokładnością charakteryzują się: wariant 3. (średnia -4,19%) i wariant 2. (-4,47%). Warianty te nie różnią się istotnie między sobą średnią wielkością błędów. Dokładność określania miąższości dłużyc jest istotnie niższa (średnia -7,37%) w stanowiącym oddzielną grupę homogeniczną wariancie 1. (tab. 2).

Tab. 2. Charakterystyka błędów określania miąższości dłużyc z wykorzystaniem dwuczynnikowej analizy wariancji (czynnik 1 – metoda określania miąższości bez kory, czynnik 2 – wariant zaokrąglania wyników)
Table 2. Characteristics of errors of determination of volume of logs by the two-factor analysis of variance (factor 1 – method of determination of volume without bark, factor 2 – variant of rounding)

Czynnik	Liczba dłużyc	Średnia arytm.	Odch. stand.	Dwuczynnikowa analiza wariancji	Grupy homogeniczne (test HSD Tukey'a)	
Metoda określania miąższości bez kory						
Metoda I – potrącenie grubości kory	120	-6,77	5,18	F = 11,224 p < 0,001	X	
Metoda II – potrącenie % udziału kory	120	-3,80	5,03		X	
Metoda III – pomiar średnicy bez kory	120	-5,46	4,91		X	
Wariant zaokrąglania wyników						
Wariant 1 – zaokrąglanie w dół	120	-7,37	4,97	F = 15,746 p < 0,001	X	
Wariant 2 – zaokrąglanie matematyczne	120	-4,47	5,21		X	
Wariant 3 – bez zaokrąglania	120	-4,19	4,76		X	
Interakcje: Metoda określania miąższości bez kory * Wariant zaokrąglania wyników						
Metoda I *	Wariant 1	40	-8,80	5,21	F = 0,036 p = 0,999	brak istotnych różnic – grupy homogeniczne nie są wyróżniane
	Wariant 2	40	-5,91	5,09		
	Wariant 3	40	-5,60	4,72		
Metoda II *	Wariant 1	40	-5,78	5,04		
	Wariant 2	40	-2,93	4,86		
	Wariant 3	40	-2,68	4,71		
Metoda III *	Wariant 1	40	-7,54	4,24		
	Wariant 2	40	-4,57	5,36		
	Wariant 3	40	-4,28	4,50		

Najniższe wartości spośród wszystkich analizowanych kombinacji, a tym samym największe błędy zaobserwowano dla metody I w wariancie 1. (średnia -8,80%). Najdokładniejszy pomiar dała kombinacja metody II i wariantu 3. (-2,68%) (tab. 2).

Sprawdzono także, czy występują istotne różnice między metodami drugą i trzecią a stosowaną powszechnie w Lasach Państwowych metodą pierwszą. W każdym wariancie zaokrąglania wyników, średnie procentowe różnic miąższości wyliczanych w stosunku do metody I, przyjmują wartości dodatnie, zarówno dla metody II jak i metody III (tab. 3).

Tab. 3. Charakterystyka procentowych różnic pomiaru miąższości między metodami II i III a najczęściej stosowaną w Lasach Państwowych metodą I

Table 3. Characteristics of percentage differences of volume obtained by method II or III and the most frequently used in State Forests method I

Metoda określenia miąższości bez kory	Liczebność	Średnia	Odch. stand.	Test t dla pojed. próby	Test t istotności różnic między średnimi dla prób zależnych
Wariant 1 - zaokrąglanie w dół					
Metoda II – potrącenie % udziału kory	40	3,37	2,60	p < 0,001	t = 3,771 p < 0,001
Metoda III – pomiar średnicy bez kory	40	1,51	3,94	p = 0,020	
Wariant 2 - zaokrąglanie matematyczne					
Metoda II – potrącenie % udziału kory	40	3,22	2,53	p < 0,001	t = 3,296 p = 0,002
Metoda III – pomiar średnicy bez kory	40	1,48	3,97	p = 0,023	
Wariant 3 - bez zaokrąglania					
Metoda II – potrącenie % udziału kory	40	3,11	2,20	p < 0,001	t = 6,446 p < 0,000
Metoda III – pomiar średnicy bez kory	40	1,44	2,76	p = 0,002	

Oznacza to, że stosowanie metody II pozwala uzyskać o 3,11-3,37% więcej miąższości dłużyc (w zależności od wariantu zaokrąglania wyników pomiaru grubości) w porównaniu z metodą I. Metoda trzecia jest bardziej zbliżona do metody pierwszej i generuje mniejsze błędy, a różnice między nimi wynoszą ok. 1,5%. Przeprowadzony test t dla pojedynczej próby wskazuje, że w każdym wariancie różnica pomiaru miąższości między metodą II a I oraz między metodą III a I okazała się istotna statystycznie (p < 0,05). Jednocześnie test istotności różnic między średnimi dla prób zależnych wykazuje, że odbieganie dokładnością metody II oraz III od metody I różni się istotnie w każdym wariancie zaokrąglania grubości i miąższości.

Dyskusja

Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić, że każda z ocenianych metod generuje błędy systematyczne przy określaniu miąższości dłużyc świerkowych, przyczyniając się do

zaniżania ewidencjonowanej miąższości dłuźyc w zakresie od 3,8 do 6,8%. Zakładając, że przy odbiorze dopuszczalny jest wybór metody określania miąższości, celowe staje się porównanie ich dokładności. Najdokładniejszą z ocenianych metod okazała się metoda II (potrącenie procentowego udziału kory). Pozostałe metody charakteryzują się istotnie niższą dokładnością. Jest to cenna informacja, ponieważ metoda, która okazała się w niniejszej pracy najdokładniejsza, najprawdopodobniej nie jest w ogóle stosowana w praktyce leśnictwa. Ponadto metoda stosowana najczęściej (potrącenie grubości kory) nie różni się istotnie od metody bazującej na bezpośrednim pomiarze grubości bez kory (korowanie w miejscu pomiaru). Średnie wielkości błędów dla obu tych metod wyniosły odpowiednio -6,77 i -5,46%.

W analogicznych badaniach przeprowadzonych przez Antosika (2016) dla sosny w wieku rębności stwierdzono istotne statystycznie różnice w średniej wielkości błędów dla poszczególnych metod. Sposób I zaniżał miąższość dłuźyc sosnowych średnio o 5,42% a sposób III o 1,80%, natomiast sposób II zawyżał średnio o 3,81%. W badaniach Antosika podobnie jak w naszych sposobem najkorzystniejszym z punktu widzenia sprzedającego okazał się sposób uwzględniający potrącenie procentowego udziału kory. Analiza wielkości tej cechy pozwala stwierdzić, że rzeczywisty (liczony wzorem sekcyjnym środkowego przekroju) udział kory badanych sosen wyniósł ok. 16,5%. Z kolei różnica miąższości dłuźyc w korze i bez kory liczona wzorem zwykłym środkowego przekroju przy znajomości średnicy środkowej w korze i bez kory wskazuje na udział kory wynoszący ok. 13% dłuźyc sosnowych. Tymczasem norma (Tablica 2) przewiduje dla sosny zaledwie 8%. Te rozbieżności powodują, że od wyliczonej miąższości w korze odejmowana jest mniejsza część (tabelaryczne 8%) udziału kory zamiast rzeczywistych kilkunastu procent, przez co automatycznie wyliczana jest większa miąższość bez kory. O wielkościach udziału kory znacznie większych niż przewiduje to norma, świadczą również wyniki innych badaczy. Obszerne badania dotyczące udziału kory w miąższości strzały prowadziła Dudzińska (1964, 1973, 1997). Autorka przedstawia wyniki badań dla 63-letniego drzewostanu sosnowego na siedlisku Bśw z Puszczy Białej (1964), w którym pomiarami sekcyjnymi objęto powierzchnię składającą się z 499 drzew, wykazując zmienność procentowego udziału kory w miąższości całej strzały w szerokich granicach od 8,9 do 25,4%, przy średniej wartości 15,2%. Inne badania wykazują, że średnia wartość procentowego udziału kory w drzewostanach sosnowych waha się w przedziale od 12 do 15% (Borowski 1974). Z kolei w drzewostanach modrzewiowych wielkość tej cechy kształtuje się na poziomie zbliżonym do 13% (Orzeł i Kulej 1999).

Największe błędy generuje metoda I, w której kora została potrącona na podstawie wartości zawartych w Tablicy 1 z normy PN-D-95000:2002. Grubości kory do potrącenia okazały się zawyżone. W większości przypadków, ze względu na grubość pnia w środku dłuźycy, norma determinowała potrącenie 20 mm na korę, natomiast grubość kory zmierzona koromierzem wynosiła średnio ok. 17 mm dla drzew z Beskidu Żywieckiego i ok. 18 mm dla drzew z Gór Izerskich. Rozbieżności między normą PN-D-95000:2002, a rzeczywistymi wielkościami grubości kory świerków okazały się jednak znacznie mniejsze niż zaobserwowane przez Antosika (2016) dla sosny z Nadleśnictwa Barycz. Biorąc to pod uwagę warto podjąć analizę dokładności wzoru środkowego przekroju do określania miąższości dłuźyc świerkowych, gdyż istnieje obawa, że wzór nie jest dostosowany do kształtu pierwszych 14 metrów długości pni tego gatunku, wzrastającego w warunkach górskich.

Trudno jest odnieść obserwowane grubości kory w środkach dłuźyc (w tym przypadku na wysokości pnia 7,0 m, mających bezpośredni wpływ na wynik określania miąższości bez kory),

do innych przykładów z literatury. Dotychczas w badaniach grubości kory najczęściej obiektem zainteresowania była pierśnica. Dodatkowo w literaturze jest mało wyników badań dotyczących grubości kory świerka pospolitego. Zmienność grubości kory na pierśnicy w drzewostanach sosnowych badana była przez Meixnera (1971, 1972, 1973, 1978), który w postaci równań empirycznych określił związek tej cechy z różnymi cechami drzewa. Z kolei Bruchwald (1975) stwierdził, że grubość kory na strzale sosny charakteryzuje się dużą zmiennością, co uniemożliwia powstanie prostych i dokładnych tablic grubości kory. Wynikiem jego pracy są również obserwacje, że procent grubości kory osiąga największe wartości w części odziomkowej i wierzchołkowej strzały oraz że wraz z wiekiem drzewa maleje procent grubości kory na całej strzale.

Wpływ na wyniki badań może mieć technika wykonywania pomiarów koromierzem. Brak doświadczenia w posługiwaniu się tym narzędziem może powodować błędy pomiaru (West 2009). Należy zauważyć, że użycie koromierza przy pomiarze gatunków z grubą korą może powodować zawyżone wyniki (Śmelko 2000, Van Laar i Akça 2007). Biorąc pod uwagę, że pomiary sekcyjne drzew prowadzone były z wykorzystaniem koromierza, powyższe informacje mogą tłumaczyć powstawanie ujemnych błędów przy określaniu miąższości bez kory sposobem pierwszym.

Pomijając w literaturze faktem jest również sposób zaokrąglania wyników pomiaru. Dla badanych drzew świerkowych zaokrąglanie pomiarów grubości w dół do pełnych centymetrów miało największy wpływ na zaniżenie miąższości (średnia arytmetyczna błędów dla tej grupy wyników wynosi -7,37%). Pozostałe warianty zaokrąglania (zaokrąglanie matematyczne i brak zaokrągleń) stanowiły grupę homogeniczną o istotnie niższych średnich arytmetycznych błędów (odpowiednio -4,47 i -4,19%). Dlatego kwestie zaokrągleń powinny być także uwzględnione w ewentualnej weryfikacji obowiązujących metod określania miąższości drewna.

Nie stwierdzono natomiast interakcji między metodami określania miąższości a wariantami zaokrągleń pomiarów grubości. Oznacza to, że bez względu na wybraną metodę największy błąd powstaje przy zaokrągleniu w dół a najmniejszy, gdy wyniki pomiarów grubości w ogóle nie będą zaokrąglane. Stwierdzono, że największe błędy generuje metoda I obejmująca tabelaryczne potrącenie grubości kory z zaokrągleniem wyników pomiaru w dół (charakteryzująca się średnią arytmetyczną błędów -8,8%). Najdokładniejsza natomiast okazała się metoda II obejmująca potrącenie udziału kory w miąższości drzewca bez zaokrąglania wyników pomiaru (charakteryzująca się średnią arytmetyczną błędów -2,68%). Pomimo że jest to rozwiązanie najbliższe rzeczywistości spośród analizowanych, należy pamiętać, że w dalszym ciągu przyczynia się ono do zaniżania miąższości drzewca świerkowych (błędy systematyczne).

Powyższe spostrzeżenia dotyczą analiz, w których punktem odniesienia jest miąższość rzeczywista. W praktyce handlu drewnem punktem odniesienia może być natomiast metoda stosowana powszechnie, a taką jest metoda I, w której stosuje się tabelaryczne potrącenie kory. Przyjęcie takiego odniesienia wskazuje ile kupujący/sprzedający może zyskać lub stracić, jeśli miąższość danej partii drewna wyznaczona byłaby inną metodą. Wyniki przeprowadzonych w niniejszej pracy analiz wskazują, że wybierając metodę II (potrącenie % udziału kory) można oczekiwać miąższości wyższej średnio o ponad 3%, a wybierając metodę III (pomiar średnicy bez kory) – o około 1,5% w stosunku do metody I.

Podsumowanie i wnioski

1. Wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły ocenić dokładność sposobów pomiaru miąższości dłużyc bez kory świerka pospolitego z połóż górskich. Wszystkie testowane sposoby określania miąższości bez kory wykazały tendencję do generowania błędów systematycznych; potrącenie grubości kory zaniża miąższość dłużyc średnio o 6,8%, potrącenie procentowe udziału kory o 3,8% a pomiar średnicy środkowej bez kory o 5,5%.

2. Spośród testowanych rozwiązań najbardziej uzasadniony jest wybór potrącenia procentowego udziału kory z zaokrągleniem matematycznym wyników obliczeń. Metoda ta, dopuszczona przez normę PN-D-95000:2002, nie jest stosowana w PGL LP, choć dla badanych świerków z połóż górskich wykazała najwyższą dokładność.

3. Duży wpływ na wielkość uzyskanej miąższości ma sposób zaokrąglenia wyników. Najmniej dokładne okazało się zaokrąglenie wyników w dół (średnia arytmetyczna błędów -7,4%). Matematyczny sposób zaokrąglenia oraz brak zaokrąglenia mają zbliżony wpływ na dokładność określania miąższości (odpowiednio -4,5% i -4,2%).

4. Wysokość n.p.m. (500, 800 i 1000 m) nie wpływa na wielkość generowanych błędów miąższości dla wszystkich kombinacji metody określania miąższości i wariantu zaokrąglenia wyników.

5. Uzyskane wyniki wskazują na potrzebę aktualizacji norm grubości kory i udziału kory w miąższości dłużycy świerka pospolitego oraz na potrzebę weryfikacji dokładności stosowanego wzoru środkowego przekroju.

Podziękowania

Pragniemy złożyć serdeczne podziękowanie pracownikom Nadleśnictwa Świeradów: Nadleśniczemu Panu Lubomirowi Leszczyńskiemu, Zastępcy Nadleśniczego Pani Annie Kostrz i leśniczemu leśnictwa Czerniawa Panu Grzegorzowi Schubertowi oraz pracownikom Nadleśnictwa Ujsoły: Nadleśniczemu Panu Piotrowi Olesiakowi, Zastępcy Nadleśniczego Panu Janowi Salachnie i leśniczemu leśnictwa Gawłowskie Panu Marcinowi Klekociukowi za pomoc w realizacji badań i bardzo życzliwe przyjęcie. Gorąco dziękujemy też uczestnikom interdyscyplinarnego obozu Sekcji Biometrii Leśnej i Sekcji Użytkowania Lasu Koła Naukowego Leśników „Izery 2015” oraz obozu Sekcji Biometrii Leśnej KNL „Beskid Żywiecki 2016” za pomoc w zbieraniu materiału badawczego wykorzystanego w niniejszej pracy.

Literatura

- Antosik P. 2016. Ocena dokładności określania miąższości dłużyc bez kory sposobami zawartymi w normie PN-93/D-95000 na przykładzie sosny zwyczajnej z Nadleśnictwa Barycz. Praca magisterska, maszynopis w Samodzielnej Pracowni Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu, SGGW w Warszawie.
- Assmann E. 1968. Nauka o produktywności lasu. PWRiL, Warszawa.
- Borowski M. 1974. Przyrost drzew i drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
- Bruchwald A. 1975. Grubość kory na różnych wysokościach pnia sosny. ZNAR w Warszawie, 22: 127-137.
- Bruchwald A. 1999. Dendrometria. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Dell Inc. 2016. Dell Statistica (data analysis software system), version 13. software.dell.com.
- Głowacki S., Staniszewski P., Ruszczyńska J. 2004. Current trends in utilization of bark forest trees' bark. Annals of Warsaw Agricultural University SGGW-AR, Forest and Wood Technology, nr 55.

- Dudzińska T. 1964. Badania nad udziałem kory w miąższości strzał w drzewostanie sosnowym Puszczy Białej. Sylwan, 1: 33-40.
- Dudzińska T. 1973. Dokładność określenia procentu miąższości kory w drzewostanach sosnowych na podstawie tabel Władysława Płońskiego, Bolesława Radwańskiego i Tadeusza Trampler. Sylwan, 2: 21-28.
- Dudzińska T. 1997. Wzory empiryczne do określenia procentu miąższości kory sosny. Sylwan, 6: 17-20.
- Meixner J. 1971. Grubość kory sosny na wysokości pierśnicy. PTPN, Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych, 32: 101-105.
- Meixner J. 1972. Badania grubości kory sosny na wysokości 1,30 m od ziemi. PTPN, Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych, 34: 141-152.
- Meixner J. 1973. Grubość kory drzew na wysokości pierśnicy w przeszlębnych drzewostanach sosnowych. PTPN, Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych, 36: 107-116.
- Meixner J. 1978. Statystyczna charakterystyka podwójnej grubości kory drzew na wysokości 1,30 m w drzewostanach sosnowych. Sylwan, 11: 41-48.
- Norma PN-D-95000:2002. Surowiec drzewny. Pomiar, obliczenie miąższości i cechowanie.
- Orzeł S., Kulej M. 1999. Bark thickness of larches of various Polish provenances in an experimental area of the Forest Experimental Station in Krynica. FFP, seria A, z. 41.
- Raport o stanie lasów 2015. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- Šmelko Š. 2000. Dendrometria. Technická Univerzita, Zvolen.
- Van Laar A. Akça A. 2007. Forest mensuration. Springer, Dordrecht.
- West P. W. 2009. Bark Thickness. W: Tree and Forest Measurement. Springer-Verlag, Berlin.
- Zarządzenie nr 72 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 27.09.2013 r. w sprawie wprowadzenia warunków technicznych na drewno wielkowieńcowe iglaste.

Justyna Sulej¹, Robert Tomusiak²

¹ Sekcja Biometrii Leśnej Koła Naukowego Leśników

² Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu

Wydział Leśny, SGGW w Warszawie

sulej.justyna@gmail.com, robert.tomusiak@wl.sggw.pl