

JAN MEIXNER

Praktyczna dokładność wzoru Gieruszyńskiego w porównaniu z innymi wzorami dendrometrycznymi

Practical Accuracy of the Gieruszyński's Formula in Comparison
with Other Formulae for Cubic Volume Determination

Wstęp

Zasadniczym celem niniejszej pracy jest ustalenie dokładności określenia miąższości strzał sosny w korze za pomocą wzoru Gieruszyńskiego (6) i porównania jej z dokładnością uzyskiwaną przy stosowaniu wzorów: Hubera (średkowego przekroju), Hubera — dwupołówkowego, Hossfelda, Tjurina oraz dwóch wzorów Simony'ego. Zagadnienie to było tematem prac dyplomowych wykonanych pod kierunkiem autora i na materiale empirycznym przez niego zgromadzonym, przez Burzyńską-Jędrzejczak (4), Łobocką (18), Skornowicza (24) i Ziałackiego (26). Publikacja niniejsza stanowi podsumowanie tych badań.

Pominięto wzory uwzględniające pole przekroju podstawy strzały (wzory Smaliana, Rieckiego, Breymanna), gdyż — jak wynika to z dotychczasowych badań — dają one duże systematyczne błędy dodatnie.

Rozpatrywane wzory mają dla strzał całkowitych następującą postać:

wzór Gieruszyńskiego

$$V = L (0,23g_{1/10} + 0,58g_{1/2})$$

wzór Hubera

$$V = Lg_{1/2}$$

wzór Hubera-dwupołówkowy

$$V = L/2(g_{1/4} + g_{3/4})$$

wzór Hossfelda

$$V = 3/4Lg^{1/3}$$

wzór Tjurina

$$V = 2/3Lg^{1/4}$$

wzór Simony'ego 1

$$V = L/3(2g^{1/4} + 2g^{3/4} - g^{1/2})$$

wzór Simony'ego 2

$$V = L/2(g^{1/5} + g^{4/5})$$

We wzorach tych L oznacza długość strzały, a g pole przekroju poprzecznego, położonego na względnej długości.

Przy ocenie dokładności wzorów dendrometrycznych wyróżnia się dokładność teoretyczną i praktyczną (empiryczną). Pierwsza odnosi się do regularnych brył obrotowych, spełniających równanie $y^2 = px^r$ (gdzie: y — promień przekroju poprzecznego, p — parametr kształtu, x — odległość promienia od wierzchołka bryły, r — wykładnik kształtu). Określa ona dokładność z jaką ustala się objętość tych brył za pomocą wzoru dendrometrycznego, w zależności od wykładnika kształtu i ilorazu średnic krańcowych ($U = d_1/d_0$). W Polsce pionierskie badania w tym zakresie zawdzięczamy prof. Tadeuszowi Wielgoszowi (25).

Dokładność praktyczna odnosi się do pomiaru miąższości drewna za pomocą wzorów dendrometrycznych. Za wartość rzeczywistą (bezbłędną) przyjmuje się z reguły miąższość ustaloną w sposób możliwie najdokładniejszy — z reguły przez pomiar sekcyjny.

W dendrometrii wyróżnia się dwa rodzaje błędów procentowych:

zasadniczy błąd procentowy

$$p_1 = \frac{V' - V}{V'} 100$$

wtórny błąd procentowy

$$p_2 = \frac{V' - V}{V} 100$$

gdzie:

V' — miąższość ustalona wzorem dendrometrycznym,

V — miąższość rzeczywista.

Wyniki dotychczasowych badań

Obszerniejszych badań nad dokładnością wzoru Gieruszyńskiego dotychczas nie przeprowadzono. Autor (6) ocenił teoretyczną dokładność tego wzoru posługując się zasadniczym błędem procentowym (tab. 1). Dla walca, paraboloidy i stożka daje on wyniki bezbłędne. Dla $0 < r < 1$ oraz $r > 2$ błędy ujemne, a dla $1 < r < 2$ błędy dodatnie.

TABELA 1

Dokładność teoretyczna wzoru Gieruszyńskiego dla brył całkowitych (6); zasadniczy błąd procentowy (p_1)

Wykładnik kształtu r	p_1	Wykładnik kształtu r	p_1
0,00	0,00	1,75	0,63
0,25	-11,73	2,00	0,00
0,50	-5,47	2,25	-0,80
0,75	-1,91	2,50	-1,67
1,00	0,00	2,75	-2,58
1,25	0,83	3,00	-3,44
1,50	0,96	3,50	-5,00

Gieruszyński (6) określił także dokładność praktyczną wzoru na przykładzie 60 kłód¹ i strzał świerka w wieku 80–90 lat. Ocena dotyczyła miąższości bez kory.

Dla strzał błąd przeciętny był równy 1,5%, błąd średni $\pm 1,8\%$, a błąd dla łącznego pomiaru $+0,7\%$. Analogiczne dane dla wzoru Hubera wynosiły: 4,0%, $\pm 4,8\%$ i 1,9%. Dla kłód¹ rezultaty były jeszcze lepsze. Błąd przeciętny wyniósł 0,7%, błąd średni $\pm 0,9\%$, a przy łącznym pomiarze $+0,07\%$. Wzór Hubera wykazał analogicznie 2,6%; 3,4% i 1,1%. Dane te dowodzą, że wzór Gieruszyńskiego znacznie przewyższa dokładność osiągniętą przy stosowaniu wzoru Hubera. Przemawia to za przeprowadzeniem dalszych badań, opartych na liczniejszym materiale empirycznym, odnoszącym się do głównych gatunków lasotwórczych, przede wszystkim sosny.

Dotychczas najwięcej opracowań poświęcono ocenie dokładności wzoru Hubera, powszechnie stosowanego w praktyce gospodarczej. Wymienić można przykładowo prace Flurego (5), Kunzego (14, 15), Schiffla (23), Glasera (8), Bazali (1), Hampla (11), Grochowskiego (9), Korsunia (12), Leporsky'ego (17), Gieruszyńskiego (7), Radwańskiego (19), Rosy (21, 22), Grodzkiego (10), Bruchwalda i Grochowskiego (3), Lemkego (16), oraz Bruchwalda (2).

Na podstawie dotychczasowych badań można stwierdzić, że praktyczna dokładność ustalania miąższości strzał za pomocą wzoru Hubera kształtuje się różnie. Zależy ona od pełności strzały. Strzały bardziej pełne wykazują z reguły błędy dodatnie, a mniej pełne — ujemne. Pełność zaś zależy, między innymi, od gatunku drzewa, jego wieku, warunków wzrostu oraz od tego czy miąższość jest określana z korą czy bez kory. Przykładowo można podać, że strzały sosny i modrzewia odznaczają się mniejszą pełnością niż strzały świerka i jodły.

Przy określaniu miąższości pojedynczych strzał sosny w korze za pomocą wzoru Hubera przeważają błędy ujemne, a przy łącznym pomiarze występują wyłącznie te błędy (2, 3, 9, 15, 16, 21, 23).

Badań dotyczących się pozostałych wzorów jest znacznie mniej. Według dotychczasowych publikacji wzór Hossfelda odznacza się zbliżoną do wzoru Hubera dokładnością (2, 9, 12).

¹Wzór Gieruszyńskiego dla kłód (brył ściętych) ma postać: $V = L(0,23g_{1/10} + 0,58g_{1/2} + 0,19g_L)$

Dużą dokładnością charakteryzuje się także wzór Tjurina. Według Lemkego (16) zajmuje on pod względem praktycznej dokładności drugie miejsce po wzorze Hubera, a przed wzorem Hossfelda.

Wzór Simony'ego ustępuje pod względem dokładności wzorom Hubera, Hossfelda i Tjurina (16). Wszystkie te wzory wykazują, w zdecydowanej przewadze, przy ustalaniu miąższości pojedynczych strzał sosny w korze, błędy ujemne (2, 9, 16), a przy łącznym pomiarze wyłącznie te błędy (9, 16).

Odnosnie dokładności empirycznej wzorów Hubera-dwupołówkowego i Simony'ego 2 brak jest w dostępnej literaturze danych.

Materiał empiryczny, metodyka badań

Podstawę oceny dokładności praktycznej stanowi wynik sekcyjnego pomiaru strzał w korze na zupełnych zrębach badawczych założonych w 35, 77, 78 i 80-letnich drzewostanach sosnowych (tab. 2). Na wyznaczonych zrębach wszystkie drzewa ponumerowano. Oznaczono na nich miejsce położenia pierśnicy. Pomierzono je na drzewach stojących. Stosowano pomiar z dwóch prostopadłych kierunków. Odczyty zaokrąglono do pełnych mm. Średnią arytmetyczną z tych pomiarów przyjęto za rzeczywistą pierśnicę. Po ścięciu drzew zmierzono długość strzał oraz dokonano sekcyjnego ustalenia ich miąższości. Posługiwano się sekcyjnym wzorem Hubera. W drzewostanie 35-letnim stosowano sekcje 1 m, a w pozostałych 2 m. Miąższość sekcyjną określono w zaokrągleniu do 0,0001 m³. Przyjęto ją za wielkość bezbłędną.

Niezbędne grubości do ustalenia miąższości strzał według rozpatrywanych wzorów określono drogą interpolacji między najbliższymi grubościami wynikającymi z sekcyjnego pomiaru. Z badań wyłączono drzewa obumarłe, dwójki i o uschniętych wierzchołkach.

W drzewostanie 35-letnim błędy ustalono dla 474, w 77-letnim — 454, 78-letnim — 198, a w 80-letnim 356 sosen. Dla każdej strzały obliczono wtórne błędy procentowe analizowanych wzorów. Na podstawie tych danych ustalono średnią arytmetyczną błędów procentowych (\bar{p}) i ich odchylenie standardowe (S_p). Błąd popełniony przy jednym losowym spostrzeżeniu (P) będzie zawarty w granicach $P = \bar{p} \pm S_p$ (przy poziomie ufności $\beta = 0,6826$) i przy założeniu, że rozkład badanej populacji jest zgodny z rozkładem normalnym. Określono też dokładność wzorów przy łącznym pomiarze wszystkich strzał (P_w).

TABELA 2
Charakterystyka taksacyjna drzewostanów

Wiek drzewostanu (lat)	Wielkość pow. prób. (ha)	Liczba drzew n (sztuk)	Przeciętna		Bonitacja siedliska	Czynnik zadrzew.	Siedliskowy typ lasu
			wysokość (m)	pierśnica (cm)			
35	0,14	479	12,54	10,7	I,7	1,01	Bśw
77	0,50	472	19,82	20,7	II,6	1,00	Bśw
78	0,25	198	19,14	21,6	II,6	0,97	Bśw
80	0,50	378	20,67	23,1	II,3	1,04	Bśw

Wyniki badań

Wyniki oceny praktycznej dokładności analizowanych wzorów zestawiono w tabeli 3. Podano w niej także rezultaty oceny zgodności rozkładów błędów z rozkładem normalnym. Stosowano kryterium χ^2 (chi kwadrat). Hipotezę tę sprawdzono na poziomie istotności $\alpha=0,01$ oraz $0,05$. W tabeli 3 jednym znakiem + (w rubryce "odchylenie standardowe") oznaczono rozkłady, co do których nie ma powodu do odrzucenia sprawdzanej hipotezy — przy $\alpha = 0,01$, a dwoma ++ przy $\alpha = 0,05$.

TABELA 3
Dokładność ustalania miąższości strzał sosny w korze za pomocą wzorów dendrometrycznych

Wzór	Wiek drzewo- stanu (lat)	Wtórne błędy % popełnione przy pomiarze pojedynczych strzał pomierzono z błędami			średnia arytmetyczna <i>p</i>	odchylenie standardowe <i>S_p</i>	Wtórny błąd % przy łącznym pomiarze <i>P_w</i>
		ujemnymi	równymi zeru	dodatnimi			
% drzew							
Gieruszyń- skiego	35	21,5	2,5	76,0	1,99	3,08	2,03
	77	53,3	—	46,7	-0,25	4,09	0,68
	78	40,9	0,5	58,6	0,59	5,26	0,45
	80	43,8	0,3	56,5	0,31	2,67++	0,68
Hubera	35	67,3	1,7	31,0	-3,44	6,82	-2,22
	77	79,5	—	20,5	-5,89	6,62++	-3,13
	78	79,3	0,5	20,2	-5,86	6,91++	-3,85
	80	72,8	0,3	26,9	-4,07	7,26++	-2,25
Hubera- dwupołów- kowy	35	99,2	0,2	0,6	-7,44	3,46+	-7,85
	77	88,6	0,2	11,2	-5,49	5,02	-4,49
	78	84,3	—	15,7	-6,55	5,75++	-3,90
	80	87,1	0,8	12,1	-4,63	4,21++	-3,52
Hossfelda	35	91,1	0,4	8,5	-5,58	4,73	-4,28
	77	81,7	0,2	18,1	-4,89	5,49+	-3,81
	78	81,3	1,0	17,7	-5,65	6,08++	-4,18
	80	82,6	0,3	17,1	-4,74	5,16++	-3,11
Tjurina	35	92,6	1,1	6,3	-5,76	4,27+	-5,24
	77	73,3	—	26,7	-3,38	5,43	-2,77
	78	75,8	0,5	23,7	-4,39	6,35++	-3,98
	80	78,1	0,3	21,6	-3,64	5,26	-2,39
Simony'ego 1	35	97,7	0,2	2,1	-8,77	4,30++	-9,46
	77	81,1	—	18,9	-5,15	6,10	-4,65
	78	80,3	—	19,7	-6,68	7,63++	-6,17
	80	81,2	0,8	18,0	-4,60	5,79++	-4,06
Simony'ego 2	35	97,7	0,4	1,9	-8,20	3,37+	-8,84
	77	85,0	0,7	14,3	-5,56	5,23	-4,95
	78	88,9	—	11,6	-6,05	5,56++	-5,79
	80	88,7	0,3	11,0	-5,08	3,86	-4,37

+) rozkład błędów nie odbiega od rozkładu normalnego — przy poziomie istotności $\alpha=0,01$

++) rozkład błędów nie odbiega od rozkładu normalnego — przy poziomie istotności $\alpha=0,05$

Spośród 28 rozkładów błędów tylko w 11 przypadkach różnią się one istotnie od rozkładu normalnego.

W odniesieniu do tych wzorów, których rozkłady błędów nie odbiegają istotnie od rozkładu normalnego można ustalić prawdopodobieństwo wystąpienia błędów w dowolnie przyjętym zakresie, jeśli znana jest średnia arytmetyczna i odchylenie standardowe. I tak przykładowo przy rozkładzie normalnym w interwale wyznaczonym przez $\bar{p} \pm S_p$ zawartych będzie 68,26%, przy $\bar{p} \pm 2S_p$ — 95,45%, a przy $\bar{p} \pm 3S_p$ — 99,73% ogółu błędów.

Wzór Gieruszyńskiego, w porównaniu z pozostałymi wzorami, odznacza się dużą zgodnością liczby błędów ujemnych i dodatnich. Wyjątek stanowi tu drzewostan najmłodszy, w którym błędy dodatnie wyraźnie przeważają; wynoszą one bowiem 76% ogółu spostrzeżeń.

Pozostałe wzory wykazują bardzo znaczną przewagę błędów ujemnych nad dodatnimi. Jest ona wśród tych wzorów najmniejsza przy wzorze Hubera — od 67,3% (drzewostan 35-letni) do 72,8–79,5% (drzewostany IV klasy wieku), a największe przy stosowaniu wzoru Hubera-dwupołówkowego (od 84,3% do 99,2%) i wzoru Simony'ego 2 (od 85,0% do 97,7%).

Wzory Hubera-dwupołówkowy, Hossfelda, Tjurina, Simony'ego 1 i Simony'ego 2 charakteryzują się, w drzewostanie II klasy wieku, największą przewagą błędów ujemnych nad dodatnimi. W drzewostanach IV klasy wieku jest ona trochę mniejsza. Rzutuje to na wielkość i znak średnich arytmetycznych błędów procentowych.

Średnie arytmetyczne wtórnych błędów procentowych, popełnionych przy ustalaniu miąższości strzał za pomocą wzoru Gieruszyńskiego są w trzech drzewostanach dodatnie, a w jednym ujemne. Pozostałe wzory odznaczają się wyłącznie ujemnymi średnimi.

Drzewostan II klasy wieku charakteryzuje się znacznie większymi błędami od drzewostanów IV klasy wieku. Wyjątek stanowi wzór Hubera, który w drzewostanie najmłodszym wykazuje średnią (–3,44%) — mniejszą od średnich drzewostanów 77,78 i 80-letniego, które są zawarte w interwale od –5,58% do –8,77%.

W drzewostanie II klasy wieku kolejność wzorów pod względem rosnących średnich wielkości błędów procentowych jest następująca: 1) wzór Gieruszyńskiego 1,99%; 2) wzór Hubera –3,44%; 3) wzór Hossfelda –5,58%; 4) wzór Tjurina –5,76%; 5) wzór Hubera-dwupołówkowy –7,44%; wzór Simony'ego 2 –8,20% oraz 7) wzór Simony'ego 1 –8,77%.

W drzewostanach IV klasy wieku kolejność ta uległa pewnej zmianie. Pierwsze miejsce zajmuje nadal wzór Gieruszyńskiego 0,22% (jest to średnia z trzech drzewostanów), 2) wzór Tjurina –4,29%; 3) wzór Hubera –4,81%; 4) wzór Hossfelda –5,16%; 5) wzór Hubera-dwupołówkowy –6,02%; 6) wzór Simony'ego 1 –6,22% oraz 7) wzór Simony'ego 2 –6,32%.

Na dokładność ustalania miąższości pojedynczych strzał sosen ma wpływ poza średnią arytmetyczną błędów procentowych także ich odchylenie standardowe. Wyraża to wzór $P = \bar{p} \pm S_p$.

Analizowane wzory odznaczają się najmniejszymi odchyleniami standardowymi w drzewostanie 35-letnim. Wyjątek stanowi tu wzór Hubera. W tym drzewostanie najmniejsze

odchylenie standardowe (rozrzut błędów wokół ich średniej arytmetycznej) wykazuje wzór Gieruszyńskiego (3,04%), trochę większe wzory Hubera-dwupołówkowy (3,46%) i Simony'ego 2 (3,87%) oraz wzory Tjurina (4,27%), Simony'ego 1 (4,30%) i Hossfelda (4,73%), a największe wzór Hubera, bo aż 6,82%.

W drzewostanach 77,78 i 80-letnim także najmniejsze odchylenie standardowe występuje przy wzorze Gieruszyńskiego (4,01% — średnia wielkość z trzech drzewostanów). Następne miejsca zajmują wzory Simony'ego 2 (4,88%) i Hubera-dwupołówkowy (4,99%) oraz Hossfelda (5,58%) i Tjurina (5,68%). Największym zaś odchyleniem standardowym wyróżniają się wzory Simony'ego 1 (6,51%) oraz Hubera (6,93%).

Uwzględniając średnią arytmetyczną błędów procentowych i ich odchylenie standardowe można uszeregować rozpatrywane wzory — według malejącej dokładności — następująco. Największą dokładność uzyska się ustalając miąższość pojedynczych strzał sosny za pomocą wzoru Gieruszyńskiego. Trochę gorsze rezultaty osiąga się korzystając z wzorów Hossfelda, Tjurina i Hubera, a najmniej dokładne posługujące się wzorami: Hubera-dwupołówkowym, Simony'ego 1 oraz Simony'ego 2.

Przy łącznym pomiarze wszystkich strzał drzewostanu wzór Gieruszyńskiego wykazuje we wszystkich drzewostanach małe błędy dodatnie, a pozostałe wzory błędy ujemne, przewyższające znacznie swą bezwzględną wielkością błędy wykazane dla wzoru Gieruszyńskiego. Szeregując dokładność uzyskaną przy łącznym pomiarze od największej do najmniejszej uzyska się następującą kolejność: 1) wzór Gieruszyńskiego (błędy od 0,45% do 2,03%, 2) wzór Hubera (od -2,22% do -3,85%), 3) wzór Tjurina (od -2,39% do -5,24%), 4) Hossfelda (od -3,11% do 4,28%), 5) Hubera-dwupołówkowy (-3,52% do -7,85%), 6) Simony'ego 2 (od -4,37% do -8,84%) i 7) Simony'ego 1 (od -4,06% do -9,46%).

Wnioski

- Przeprowadzone badania wykazały, że przy ustalaniu miąższości pojedynczych strzał sosen w korze, za pomocą wzoru Gieruszyńskiego, występują błędy dodatnie i ujemne. W młodszych drzewostanach (II klasy wieku) przeważają błędy dodatnie, a w starszych (IV klasy wieku) prawdopodobieństwo wystąpienia błędów dodatnich i ujemnych jest zbliżone.
- Pozostałe wzory charakteryzują się bardzo znaczną przewagą błędów ujemnych. Wśród nich najmniejszą wykazuje wzór Hubera w drzewostanie 35-letnim, ale i wtedy błędy ujemne stanowią 2/3 ogółu spostrzeżeń.
- Spośród rozpatrywanych wzorów największą dokładnością ustalania miąższości pojedynczych strzał wyróżnia się wzór Gieruszyńskiego. Mniej dokładne są wzory Hossfelda, Tjurina i Hubera. Największe błędy występują przy stosowaniu wzorów: Hubera-dwupołówkowego, Simony'ego 1 i Simony'ego 2.
- Przy łącznym pomiarze wszystkich strzał drzewostanu wzór Gieruszyńskiego wykazuje nieznaczne błędy dodatnie, a pozostałe dużo większe błędy ujemne.
- Przy łącznym pomiarze wszystkich strzał zdecydowanie pierwsze miejsce, pod względem dokładności, zajmuje wzór Gieruszyńskiego. Gorsze rezultaty osiąga

się stosując wzory: Hubera, Tjurina i Hossfelda, a najgorsze posługując się wzorami: Hubera-dwupołówkowym, Simony'ego 2 i Simony'ego 1.

*Z Katedry Dendrometrii
Akademii Rolniczej w Poznaniu*

Literatura

1. **Bazala E.:** Die Huberische Formel und die Möglichkeit der Verbesserung ihrer Resultate. Centralblatt f.d. gesamte Forstwesen. 1923.
2. **Bruchwald A.:** Dendrometria. Wyd. SGGW-AR, Warszawa 1986.
3. **Bruchwald A., Grochowski J.:** Właściwa liczba kształtu strzały $f_{1/2}$ w drzewostanach sosnowych jako miara pełności strzały i podstawa oceny dokładności wzoru środkowego przekroju. Sylwan 1977, nr 12.
4. **Burzyńska-Jędrzejczak G.:** Dokładność obliczania miąższości strzał sosnowych w korze za pomocą niektórych wzorów dendrometrycznych. Maszynopis w Katedrze Dendrometrii AR w Poznaniu, 1991.
5. **Flury Ph.:** Untersuchungen über die Genauigkeit der Kubierung liegender Stämme aus Länge und Mittenstärke. Mitt.d.schweiz. Centr.Anst.f.d.forstl. Versuchswesen der Schweiz, 1892.
6. **Gieruszyński T.:** Formułki miąższościowe dla drzew ściętych. Sylwan 1948, z. 2–4.
7. **Gieruszyński T.:** O dokładności wzoru Hubera. Sylwan 1953, z. 4.
8. **Glaser:** Über Inhaltsermittlung verkaufmässig zugerichteter Stämme aus Länge und einem Durchmesser. Allg.Forst-u. Jagdwesen 1911.
9. **Grochowski J.:** Wykładnik kształtu strzały. Jego rola w dendrometrii i doświadczałnictwie leśnym. Roczn. Nauk Roln. i Leśn. T. XXIX, Poznań 1933.
10. **Grodzki M.:** Ocena dokładności wzoru Hubera przy pomiarze dłużyc kopalniakowych. Prace Inst. Badaw.Leśn., Warszawa 1968, nr 359.
11. **Hampel R.:** Untersuchungen über die Genauigkeit der Mittenflächenformel (Hubersche Formel). Centralblatt f.d. gesamte Forstwesen 1931.
12. **Korsuň F.:** Krychlení kulatiny ze středové kruhové základny a delky (tzv. Metoda Huberova). Sbornik vyzk. ustavu zemed. CSR, Praha 1931.
13. **Korsuň F.:** Kubovací metody se dvěma příčnými řezy. Sbornik vyzk. ustavu zemed. CSR, Praha 1934.
14. **Kunze M.:** Über die Inhaltsberechnung des Langnutzholzes. Thar. forstl. Jahrgang. 1892.

15. **Kunze M.:** Untersuchungen über die Genauigkeit der Inhaltsberechnungen der Stämme aus Mittenstärke und Länge. Mitt. aus. d.kön.forstl. Versuchsanstalt zu Tharandt, 1912, H. 1.
16. **Lemke J.:** Dokładność określania miąższości strzał sosnowych przy użyciu zwykłych wzorów dendrometrycznych. PTPN, Prace Kom.N.Roln. i Kom.N.Leśn., 1981, T, 52.
17. **Leporsky A.:** Několik teoretických úvah o rozdílech objemu dlouhého dříví, stanovených pomoci vzorce Huberova a metodu kubování dle dvoumetrových sekci. Lesnicka prace, R. XX, 1941.
18. **Łobocka B.:** Dokładność określania miąższości strzał w korze za pomocą niektórych wzorów dendrometrycznych. Maszynopis w Katedrze Dendrometrii AR w Poznaniu, 1991.
19. **Radwański B.:** Ocena dokładności i przydatności w praktyce prostszych sposobów oznaczania przyrostu miąższości na drzewach leżących. Prace Inst. Badaw. Leśn., Warszawa 1962, nr 243.
20. **Radwański B.:** Ocena "Tabel miąższości kopalniaków" Tadeusza Gieruszyńskiego. Sylwan 1955, z. 6.
21. **Rosa W.:** Badanie dokładności wzoru pięciu równych sekcji. Folia Forest. Polonica, 1961, seria A, z. 7.
22. **Rosa W.:** Analiza zmiany dokładności wzoru pięciu równych sekcji dla sosny po okorowaniu. Folia Forest. Polonica, 1968, seria A, z. 14.
23. **Schiffel A.:** Die Kubierung von Rundholz aus zwei Durchmesser und Länge. Mitt, a.d.forst.Versuchswes.Oesterr., 1902.
24. **Skornowicz W.:** Dokładność ustalania miąższości strzał sosny w korze za pomocą wzorów dendrometrycznych. Maszynopis w Katedrze Dendrometrii AR w Poznaniu, 1991.
25. **Wielgosz T.:** Teoria dokładności wzorów ksylometrycznych. Roczn. Nauk Roln. i Leśn., Poznań 1926, T. 15.
26. **Ziałacki J.:** Dokładność ustalania miąższości strzał sosny za pomocą niektórych wzorów dendrometrycznych. Maszynopis w Katedrze Dendrometrii AR w Poznaniu, 1991.

Summary

The paper is devoted to the evaluation of the accuracy of determining volume of stems outside bark by means of the formulae: Gieruszyński's, Huber's, Huber's two-halves, Tjurin's, Simony's 1 and Simony's 2. Four pine stands of age 35, 77, 78 and 80 years were the object of the study (Table 2).

The carried out research proved that in determination of volume of single pine stems by means of the Gieruszyński's formula, there occur both positive and negative errors. In

younger stands (II age class) prevail positive errors, while in older ones (IV age class) the probability of the occurrence of positive and negative errors is similar. Other formulae show a very considerable prevalence of negative errors over positive ones (Table 3).

From among the formulae having been taken into consideration, the Gieruszyński's formula decidedly stands out by its accuracy of determining volume of single stems. The Hossfeld's, Tjurin's and Huber's formulae are less accurate. The greatest errors occur when Huber's two-halves and both Simony's formulae are applied.

When the total volume of all stems is determined, the Gieruszyński formula gives small positive errors, while other formulae — much greater negative errors (Table 3).

As regards accuracy obtained in total volume determination, the Gieruszyński formula gets decidedly the first place, next are Huber's, Tjurin's and Hossfeld's formulae, and the worst results are obtained when applying Huber's two-halves and both Simony's formulae.