

JUSTYNA NOWAKOWSKA

Ocena dokładności wzoru Pollanschütza do obliczania miąższości pojedynczego drzewa sosny I klasy wieku rosnącej w uprawie plantacyjnej w LZD Rogów

Precision Assessment of the Pollanschütz's Formula for Calculating the Volume of First-age-class Single Pine Tree Growing on a Plantation within the Rogów Forest Experiment Station Area

Wstęp i cel pracy

W latach 1971–1974 na terenie LZD w Rogowie założono 5 plantacyjnych powierzchni badawczych. Celem badań na tych powierzchniach jest opracowanie kompleksowych zasad prowadzenia gospodarki plantacyjnej szybko rosnących rodzimych gatunków drzew leśnych (Brz, Św, Md, So), a więc wybranie w określonych warunkach siedliskowych gatunku charakteryzującego się największymi efektami produkcyjnymi przy zastosowaniu odpowiednich zabiegów agrotechnicznych (6).

Efekty produkcyjne wyrażone są zapasem oraz rocznym przyrostem miąższości (bieżącym i przeciętnym całkowitej produkcji) na 1 ha. W celu określenia tych cech od 1981 roku rozpoczęto pomiary na poszczególnych powierzchniach powtarzane cyklicznie co pięć lat. Do obliczania miąższości drzew poszczególnych gatunków w ramach różnych wariantów uprawowych i powierzchni badawczych, zgodnie z przyjętą metodyką, stosowany jest wzór Pollanschütza oparty na trzech następujących elementach: wysokości drzewa (h), pierśnicy — średnicy mierzonej na wysokości 1,3 m ($d_{1,3}$) oraz średnicy mierzonej na wysokości względnej równej 0,3 wysokości drzewa ($d_{0,3h}$). Wzór ten dla sosny ma postać następującą (5):

$$V = \frac{\pi}{4} h [-0,209860 d_{1,3}^2 + 0,814030 (d_{0,3h} d_{1,3}) + 0,000195795 h d_{1,3} + 0,0317280 d_{1,3}]$$

gdzie:

V — miąższość pojedynczego drzewa w dcm^3 ,

h — wysokość drzewa w dcm

$d_{1,3}$ — pierśnica drzewa w dcm

$d_{0,3h}$ — średnica drzewa na 0,3 wysokości w dcm .

Celem niniejszej pracy jest ocena wybranego wzoru do określania miąższości pojedynczego drzewa sosny I klasy wieku rosnącej w warunkach uprawy plantacyjnej na terenie LZD w Rogowie. Ocenę przeprowadzono porównując wartości miąższości otrzymywanych przy zastosowaniu wzoru z wartościami rzeczywistymi (uzyskanymi na podstawie pomiarów sekcyjnych).

Materiał badawczy

Sosna w uprawach plantacyjnych w Nadleśnictwie Rogów występuje na trzech powierzchniach badawczych:

- **nr I** — założonej w 1971 roku w uroczysku Zacywilki na siedlisku lasu świeżego w 3 wariantach:
 - przy zastosowaniu rozluźnionej więźby ($2,5 \times 0,7 \text{ m}$) głębokiej orki i nawożenia mineralnego oraz organicznego (A),
 - przy zastosowaniu rozluźnionej więźby ($2,5 \times 0,7 \text{ m}$) i głębokiej orki, bez nawożenia (B),
 - uprawa sposobem gospodarczym (więźba sadz. $1,3 \times 0,7 \text{ m}$) (C);
- **nr II** — założonej w 1971 roku w uroczysku Gutkowice na siedlisku zdegradowanego boru świeżego w 3 wariantach takich jak na powierzchni nr I;
- **nr V** — założonej w 1974 roku w uroczysku Gutkowice na siedlisku zdegradowanego boru świeżego w 3 wariantach:
 - głęboka orka oraz nawożenie mineralne (A);
 - sadzenie w jamki z torfem oraz nawożenie mineralne (B),
 - uprawa sposobem gospodarczym (C);

we wszystkich wariantach zastosowano więźbę sadzenia $2,5 \times 0,7 \text{ m}$ (4).

Materiał badawczy do oceny dokładności wzoru Pollanschütza pochodzi z pomiarów drzew wybranych na poszczególnych powierzchniach (oddzielnie dla każdego wariantu badawczego) przy okazji wykonywania cięć rozluźniających. Dla powierzchni nr I pochodzi on z 3 okresów: 1978 roku (sosna 8-letnia), 1986 roku (16-letnia) i 1990 roku (20-letnia), dla powierzchni nr II — z 2 okresów: 1981 roku (11-letnia) i 1990 roku (20-letnia) i dla powierzchni nr V — z 2 okresów: 1985 roku (11-letnia) i 1990 roku (16-letnia). Liczbę wyciętych drzew według powierzchni i wariantów badawczych z poszczególnych okresów zawiera tabela 1.

Materiał pomiarowy we wszystkich okresach zbierany był w jednakowy sposób. Spośród wyciętych drzew wybierano do pomiarów sekcyjnych od kilkunastu do kilkadziesiątu drzew reprezentujących pełny zakres pierśnic występujących w danym okresie i wariantcie. Na ściętych drzewach pomierzono długości strzał taśmą stalową lub parcianą, wynik zaokrąglając do 5 cm, pierśnicę oraz grubość na 0,3 wysokości średnicomierzem z dokład-

TABELA 1

Liczba drzew wyciętych ogółem (WO) oraz pomierzonych sekcyjnie (PS) według powierzchni i wariantów uprawowych, w poszczególnych okresach

Nr pow.	Wariant badawczy	Wiek So w momencie wykonywania cięć rozluźniających							
		8 lat		11 lat		16 lat		20 lat	
		WO	PS	WO	PS	WO	PS	WO	PS
I	Głęboka orka i nawożenie (A)	1598	63	–	–	187	18	283	30
	Głęboka orka bez nawożenia (B)	519	21	–	–	81	12	99	17
	Gospodarczy (C)	–	–	–	–	77	–	43	12
II	Głęboka orka i nawożenie (A)	–	–	1407	55	–	–	352	35
	Głęboka orka bez nawożenia (B)	–	–	448	17	–	–	127	36
	Gospodarczy (C)	–	–	220	–	–	–	37	29
V	Głęboka orka i nawożenie (A)	–	–	1567	57	483	48	–	–
	Sadz. w jamki z torfem i nawoż. (B)	–	–	1380	59	474	43	–	–
	Gospodarczy (C)	–	–	1513	60	505	45	–	–

nością do 0,1 cm. Następnie strzały podzielono na 1-metrowe sekcje i wykonano pomiar średnic w środku każdej pełnej sekcji oraz średnicy postawy stożka tworzącego ostatnią niepełną sekcję, w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach, z dokładnością do 0,1 cm. Przyjmując średnią arytmetyczną z dwóch pomiarów zaokrągloną do 0,1 cm za średnicę koła, obliczono sposobem sekcyjnym środkowego przekroju miąższość każdej strzały w korze, zaokrąglając wynik do 0,00001 m³, którą uważano za miąższość rzeczywistą. Następnie obliczono miąższość każdej strzały pomierzonej sekcyjnie stosując wzór Pollanschütza, wynik zaokrąglając również do 0,00001 m³.

Znając miąższość rzeczywistą oraz badaną, obliczono dla każdej strzały błąd procentowy wtórny.

Znajomość wielkości i rozkładu błędów procentowych wtórnych dla poszczególnych drzew pozwoli ocenić przydatność badanego wzoru do obliczania miąższości pojedynczego drzewa sosny I klasy wieku, rosnącej w warunkach uprawy plantacyjnej.

Metodyka badań

Materiał badawczy zbierany był z uwzględnieniem okresu pomiarowego (wieku drzew), powierzchni plantacyjnej (siedliskowego typu lasu) i wariantu uprawy (stosowanie różnych zabiegów agrotechnicznych). Ważnym zagadnieniem było zbadanie, który z tych czynników wpływa istotnie na dokładność określania miąższości pojedynczego drzewa wzorem Pollanschütza, a więc na błąd procentowy wtórny określania miąższości. W tym celu

przeprowadzono badania nad istotnością różnic między średnimi arytmetycznymi błędów procentowych wtórnych (obliczonych z uwzględnieniem znaku błędów) metodą analizy wariancji. Porównywano ze sobą wartości średnich arytmetycznych obliczonych dla:

- różnych wariantów uprawowych występujących na tej samej powierzchni plantacyjnej, w każdym okresie pomiarowym;
- różnych wariantów uprawowych występujących na różnych powierzchniach plantacyjnych i dla tego samego wieku drzew;
- różnych wariantów uprawowych, różnego wieku drzew i tej samej powierzchni plantacyjnej.

Zbadano normalność rozkładów procentowych wtórnych dla pojedynczych drzew. Posługiwano się kryterium chi-kwadrat Pearsona zgodności rozkładu empirycznego z teoretycznym określonym funkcją de Moivre'a-Gaussa oraz sposobem uproszczonym polegającym na porównaniu wyrażenia $\frac{[\chi^2 - k]}{\sqrt{2n}}$ z liczbą 3. Liczbę stopni swobody k obliczono ze wzoru $k = s - f - 1$, gdzie s oznacza liczbę klas (porównywanych grup), f — liczbę szacowanych parametrów ($f = 2$ — średnia arytmetyczna i odchylenie standardowe) (1, 2).

Dla poszczególnych powierzchni, wariantów uprawowych i okresów pomiarowych obliczono średnią arytmetyczną błędów oraz odchylenie standardowe.

W celu zbadania zależności wartości błędów procentowych wtórnych od pierśnicy drzew, obliczono dla zbiorów jednowiekowych sosen równania regresji stosując matematyczną metodę najmniejszych kwadratów. Następnie, aby stwierdzić, czy między wymienionymi zmiennymi występuje związek liniowy obliczono współczynniki korelacji.

Wyniki badań

Na podstawie wyników badań zestawionych w tabeli 2 można stwierdzić, że dokładność obliczania miąższości pojedynczej sosny wzorem Pollanschütza nie zależy od wariantu badawczego ani od siedliskowego typu lasu (różnice pomiędzy średnimi są statystycznie nieistotne). Na dokładność obliczania miąższości pojedynczego drzewa badanym wzorem istotny wpływ ma wiek drzew. Dla tych samych powierzchni plantacyjnych i wariantów uprawowych, lecz różnych okresów pomiarowych (różnego wieku drzew) otrzymane błędy procentowe wtórne różnią się w sposób statystycznie istotny. Na tej podstawie cały materiał badawczy podzielono na cztery jednorodne grupy obejmujące wyniki pomiarów drzew będących w tym samym wieku, a więc 8, 11, 16 i 20 lat.

Zamieszczone w tabeli 3 wyniki badań wykazują, że dla drzew starszych (16- i 20-letnich) rozkład uzyskanych błędów wtórnych jest zgodny z rozkładem normalnym, natomiast dla drzew młodszych (8- i 11-letnich) rozkład empiryczny błędów odbiega istotnie od rozkładu normalnego.

Na podstawie danych zawartych w tabeli 4 można stwierdzić, że:

- dla sosen najmłodszych (8- i 11-letnich) obliczając miąższość wzorem Pollanschütza uzyskujemy w znacznym stopniu wyniki obarczone błędami ujemnymi, udział błędów procentowych wtórnych ujemnych wynosi odpowiednio 73,8% i

TABELA 2
Wyniki badań nad istotnością różnic średnich arytmetycznych

Wiek So	Porównywane pow. plantac. warianty badaw. i okresy pomiarowe	Wartość F oblicz.	Wartość krytyczna F		Istotność różnic
			$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$	
8 lat	pow. I (Lśw), ur. Zacywilki, wariant A i B	0,7784	5,99	13,70	Nie stwierdzono istotnych różnic
11 lat	pow. II (Bśw-d), ur. Gutkowice, wariant A i B	0,1144	5,99	13,70	Nie stwierdzono istotnych różnic
11 lat	pow. V (Bśw-d), ur. Gutkowice, wariant A, B i C	4,9129	4,26	8,02	Nie stwierdzono istotnych różnic przy $\alpha=0,01$
11 lat	pow. II i V, warianty A _{II} , B _{II} , A _V , B _V , C _V	1,5034	3,06	4,89	Nie stwierdzono istotnych różnic
16 lat	pow. I, wariant A i B	1,2791	4,30	7,95	Nie stwierdzono istotnych różnic
16 lat	pow. V, wariant A, B, C	1,7671	4,26	8,02	Nie stwierdzono istotnych różnic
16 lat	pow. I i V, warianty A _I , B _I , A _V , B _V i C _V	3,5228	2,54	3,68	Nie stwierdzono istotnych różnic przy $\alpha=0,01$
20 lat	pow. I, wariant A, B, C	2,1655	3,29	5,31	Nie stwierdzono istotnych różnic
20 lat	pow. II, wariant A, B, C	0,0282	3,11	4,88	Nie stwierdzono istotnych różnic
20 lat	pow. I i II, wariant A _I , B _I , C _I , A _{II} , B _{II} , C _{II}	1,4243	3,00	4,82	Nie stwierdzono istotnych różnic
8, 16, 20 lat	pow. I, wariant A, B, C	23,1190	3,11	4,88	Różnice istotne
11 i 20 lat	pow. II, wariant A, B, C	13,6290	3,90	6,81	Różnice istotne
11 i 18 lat	pow. V, wariant A, B, C	15,6887	2,77	4,25	Różnice istotne

82,7%. Dla drzew 16- i 20-letnich udział błędów procentowych wtórnych ujemnych i dodatnich jest podobny;

- wielkość przedziału, w jakim zawarte są błędy procentowe wtórne jest najmniejsza dla sosen 8-letnich (błędy zawierają się w granicach od $-25,32\%$ do $+10,78\%$), dla drzew 11-letnich znacznie wzrasta (od $-65,62\%$ do $+65,91\%$), a następnie wraz z wiekiem maleje — dla drzew 16-letnich błędy zawierają się w granicach od $-32,45\%$ do $+34,06\%$, natomiast dla drzew 20-letnich — od $-17,31\%$ do $+21,22\%$. Podobną zależność obserwuje się, analizując wielkość odchylenia standardowego błędów procentowych wtórnych dla poszczególnych okresów pomiarowych.

Na podstawie porównania obliczonych wartości współczynników korelacji (dla sosen 8-letnich $r = 0,41$; 11-letnich $r = 0,55$; 16-letnich $r = 0,33$; 20-letnich $r = 0,13$) z wartościami odczytanymi z tablicy rozkładu współczynników korelacji (3) dla sosen 8-, 11- i 16-letnich otrzymano zależność $r_{obl} > r_{tabl}$, dla sosen 20-letnich natomiast $r_{obl} < r_{tabl}$. Na tej podstawie można stwierdzić, że pewien związek liniowy pomiędzy pierśnicą drzewa i błędem procentowym wtórnym określania miąższości wzorem Pollanschütza występuje dla drzew najmłodszych. Dla drzew 20-letnich nie występuje zależność liniowa pomiędzy wymienionymi cechami.

TABELA 3
Wyniki badań nad zgodnością rozkładów empirycznych z normalnym rozkładem Gaussa

Wiek So	k	Wartości krytyczne χ^2 przy $\alpha=$				Wartość obliczona χ^2	$\frac{ \chi^2 - k }{\sqrt{2n}}$	Rozbieżność
		0,10	0,05	0,01	0,001			
8 lat	5	9,236	11,070	15,086	20,517	16,153	3,527	Istotna
11 lat	19	25,989	28,869	34,805	42,312	38,033	3,090	Istotna
16 lat	12	18,549	21,026	26,217	32,909	25,024	2,658	Nieistot.
20 lat	11	17,275	19,625	24,725	31,264	5,830	1,102	Nieistot.

TABELA 4
Wyniki badań nad dokładnością obliczania miąższości pojedynczego drzewa sosny wzorem Pollanschütza

Wiek drzew (lat)	Liczba drzew	Pomierzono z błędami						Granice błędów		Średnia arytm. błędu	Odchyl. standard.
		ujemnymi		równymi zeru		dodatnimi		od	do		
		szt.	%	szt.	%	szt.	%				
8	84	62	73,8	1	1,2	21	25,0	-25,32	+10,76	-5,65	7,17
11	248	206	83,1	2	0,8	40	16,1	-65,62	+65,91	-11,74	14,52
16	166	81	48,8	1	0,6	84	50,6	-32,45	+34,06	-0,10	9,80
20	159	70	44,0	-	-	89	56,0	-17,31	+21,22	+1,12	7,30

Wnioski

- Dokładność badanego wzoru nie zależy od wariantu uprawowego ani od siesliska.
- Na dokładność badanego wzoru istotny wpływ ma wiek drzew.
- Nie zaobserwowano wyraźnej zależności liniowej pomiędzy wielkością uzyskanych błędów procentowych wtórnych a pierśnicą drzew.
- Dla najmłodszych sosen (8- i 11-letnich) przy obliczaniu miąższości pojedynczego drzewa wzorem Pollanschütza popełnia się systematyczny błąd ujemny. Dla drzew starszych (16- i 20-letnich) nie popełnia się błędów systematycznych, udział błędów ujemnych i dodatnich jest prawie równy.
- Wzór Pollanschütza może być stosowany do obliczania miąższości pojedynczego drzewa dla sosen wzrastających w warunkach uprawy plantacyjnej. Najdokładniejsze wyniki otrzymano dla drzew starszych (20-letnich).

*Z Katedry Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej
SGGW w Warszawie*

Literatura

1. **Borowski M.:** Statystyka matematyczna, wydanie IV. Warszawa; Skrypty SGGW 1979.
2. **Bruchwald A.:** Statystyka matematyczna dla leśników. Warszawa: Wydawnictwo SGGW 1989.
3. **Czechowski T., Fisz M., Iwiński T., Lange O., Sadowski W., Zasepa R.:** Tablice statystyczne. Warszawa: PWN 1957.
4. Dokumentacja: "Badania nad plantacyjną uprawą Brz, Św, Md, So na ubogim i bogatym siedlisku w Lasach Doświadczalnych SGGW w Rogowie". Warszawa; Maszynopis w Katedrze Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW 1975.
5. **Rosa W., Stępień E.:** Metodyka określania miąższości i przyrostu miąższości drzew oraz badania kształtowania się struktury sortymentowej drzew w uprawach plantacyjnych. Warszawa; Maszynopis w Katedrze Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW 1978.
6. **Szymkiewicz B.:** Plantacje szybko rosnących drzew leśnych prowadzone w Lasach Doświadczalnych Akademii Rolniczej w Rogowie, Warszawa; Postępy Techniki w Leśnictwie XXIII, PWRiL 1973.

Summary

Production effects on experimental plots within the Rogów Forest Experiment Station area were expressed in the form of the growing stock and annual volume increment. The Pollanschütz's formula was used to make volume calculations. The appraisal of utility of the formula selected to volume calculations for first-age-class single pine tree growing in plantation conditions was the aim of the work. That appraisal was made through a comparison of volume values obtained with the aid of the applied formula versus real values obtained on the basis of sectional measurements. The following conclusions could be drawn from investigational results:

- The precision of the formula in question depends on tree age but not on plantation or site variant.
- No distinct linear relationship was found between the magnitude of secondary percentual errors at volume calculations and the tree dbh.
- A minus error was observed to be systematic when using the Pollanschütz's formula to single tree volume calculations in the youngest (8 and 11-year-old) pines. No such error was done at older (16 and 20-year-old) trees, the shares of minus and plus errors being almost equal.
- The Pollanschütz's formula can be used at single tree volume calculations for pines growing in plantation conditions. The most precise results were obtained with older (20-year-old) trees.