

PIOTR CIOSMAK

## Pełność strzał świerka bez kory

Fullness of spruce stems under bark

**Abstract.** The paper presents research results of spatial variability of the most important tree shape parameter – stem fullness. The exponent of shape calculated using Bruchwald method (1980) is a measure of stem fullness. The shape variation depended on natural-forest region, stand age, site quality and elevation a. s. l. The analysis was based on the empirical material collected from 357 stands situated in the territory of Poland and in 69 stands in the territory of Lithuania and Ukraine.

**Key word:** exponent of shape, stem fullness, spruce

### Wstęp

**B**adanie kształtu strzały drzew jest jednym z najbardziej interesujących, a zarazem najmniej poznanych dotychczas zagadnień dendrometrii (Bruchwald i in. 1998). U różnych gatunków drzew kształt przekroju podłużnego strzały jest różny. Zróżnicowanie to istnieje również w obrębie tych samych gatunków. Wpływa na to wiele czynników m.in.: wiek, warunki siedliskowe, położenie geograficzne, wysokość nad poziomem morza. Poznanie powiązań kształtu strzały z poszczególnymi czynnikami ma zarówno znaczenie poznawcze jak i praktyczne.

Informację o kształcie strzały można uzyskać z porównania przebiegu krzywej morfologicznej i tworzącej regularnych brył obrotowych o równaniu

$$y^2 = px^r$$

gdzie:

- y – promień bryły na dowolnej wysokości,
- x – odległość promienia od wierzchołka,
- p – parametr kształtu,
- r – wykładnik kształtu.

Na przebieg tworzącej wpływ wywiera wykładnik kształtu. Jego wartość decyduje o wklęsłości bądź wypukłości bryły. Parametr kształtu powiązany jest z wartościami średnic na poszczególnych wysokościach pnia.

Celem pracy jest poznanie pełności strzał świerka bez kory. Badania dotyczyć będą zmienności kształtu z uwzględnieniem krain przyrodniczo-leśnych, wieku, bonitacji i wysokości położenia drzewostanu nad poziomem morza. Wyniki tych badań są pierwszym etapem realizacji programu budowy modeli przekroju podłużnego strzał dla świerka.

## Materiał badawczy

Podstawą badań był materiał empiryczny zebrany w 357 drzewostanach świerkowych położonych w krainach:

I. Bałtyckiej	– 10 drzewostanów,
II. Mazursko–Podlaskiej	– 143 drzewostany,
V. Śląskiej	– 35 drzewostanów,
VII. Sudeckiej	– 88 drzewostanów,
VIII. Karpackiej	– 81 drzewostanów.

W badaniach uwzględniono również materiał zebrany w 69 drzewostanach znajdujących się na terenie dzisiejszej Litwy i Ukrainy.

Wiek drzewostanów wahał się w granicach od 15 lat do 186 lat. Przeciętna pierśnica wynosiła od 3,9 cm do 40,1 cm. Klasa bonitacji siedliska określona modelem wzrostu kształtowała się w granicach od 16,1 m do 50,2 m (Bruchwald i inni. 1999).

W każdym drzewostanie po pomiarach wysokości i pierśnicy na drzewach stojących, ścięto od kilkunastu do kilkudziesięciu drzew, w niektórych nawet kilkaset. Na ściętych drzewach określono wiek i pomierzono długość strzał oraz grubości w połowie jedno- lub dwumetrycznych sekcji. Pozwoliło to na określenie miąższości każdego drzewa sposobem sekcyjnym środkowego przekroju.

## Wyniki badań

Istnieje wiele sposobów określenia pełności strzał drzew leśnych. Wspomnieć można między innymi o metodach Gieruszyńskiego (Gieruszyński 1948), Wielgosza (Wielgosz 1935); Grochowskiego (Grochowski 1933). W sposobach tych porównuje się grubości określonych miejsc na strzale. Zgrubienia występujące w danym miejscu, a także błąd wynikający z pomiaru grubości jest przyczyną dużej zmienności wykładnika kształtu, a także dużych rozbieżności między tworzącą otrzymaną danym sposobem i krzywą morfologiczną strzały. Wymienione wady zostały w dużym stopniu wyeliminowane w sposobie zaproponowanym przez Bruchwalda (Bruchwald 1980), w którym wykładnik kształtu określa się wzorem

$$r = \frac{\ln 2}{\ln l - \ln(l - l_{0,5v})} - 1$$

gdzie:

$l$  – długość strzały,

$l_{0,5v}$  – długość odziomkowej części strzały, której miąższość jest równa połowie miąższości całej strzały.

TABELA 1

Średnie wartości wykładnika kształtu strzał bez kory w drzewostanach świerkowych dla krain przyrodniczo-leśnych Polski oraz terenów Ukrainy i Litwy

Kraina	Liczba drzewostanów	Wykładnik kształtu (r)
I	10	1,07
II	143	0,97
V	35	1,14
VII	89	1,10
VIII	81	1,12
Ukraina	49	1,17
Litwa	19	1,18
Razem	426	1,08

Dokładność określenia wykładnika kształtu przedstawionym wzorem, będzie zależała od zastosowanego sposobu określenia miąższości, a zwłaszcza od przyjętej długości sekcji. Przy dużej ich liczbie dokładniej określona zostanie miąższość strzały i jej części, a jedna z przyczyn większej dokładności tego sposobu wynikać będzie ze znacznej redukcji błędów pomiarowych. Sposób Bruchwalda zastosowany zostanie w dalszej części pracy do badań nad pełnością strzał.

Dla poszczególnych drzewostanów obliczono wykładniki kształtu strzał świerka bez kory. Średnia arytmetyczna wykładników wynosi 1,08, a w przybliżeniu odpowiednikiem takiej bryły jest paraboloida. Obliczono również odchylenie standardowe tej cechy otrzymując 0,178 oraz współczynnik zmienności, który wynosi 16,6%.

Dla poszczególnych krain przyrodniczo-leśnych otrzymano różne wartości wykładnika kształtu (tab. 1). Przeciętnie największą pełnością charakteryzowały się drzewostany świerkowe położone w krainie II (0,97), najmniejszą natomiast w krainie V (1,14). Stosunkowo dużą wartość wykładnika kształtu otrzymano dla krainy VIII – Karpackiej, co może być związane z usytuowaniem pionowym drzewostanów. Na uwagę zasługują wyniki dla powierzchni założonych w drzewostanach świerkowych Ukrainy i Litwy, gdzie wystąpiły wysokie wartości wykładników kształtu.

Średnie wartości wykładnika kształtu obliczono również dla poszczególnych klas wieku (tab. 2). Ze wzrostem wieku następuje zmniejszenie wykładnika kształtu od wartości 1,13, do wartości minimalnej w przedziale wiekowym 60-100 lat wynoszącej 1,05. W drzewostanach w wieku powyżej 100 lat wykładnik kształtu jest nieco większy od wartości minimalnej.

Obok krainy przyrodniczo-leśnej i wieku, badano również wpływ bonitacji siedliska na kształtowanie się wartości wykładnika kształtu (tab. 3). Ze wzrostem bonitacji od 16 do 40 wystąpił wyraźny spadek wykładnika kształtu. W drzewostanach o bonitacjach powyżej 40 m wykładnik kształtu jest bardzo wysoki. Różnica między skrajnymi wartościami wykładnika kształtu wynosi dla poszczególnych bonitacji 0,22.

TABELA 2

Średnie wartości wykładnika kształtu strzał bez kory w drzewostanach świerkowych dla klas wieku.

Wiek	Liczba drzewostanów	Wykładnik kształtu (r)
40	16	1,13
40-60	124	1,12
60-80	153	1,05
80-100	90	1,05
>100	43	1,09

TABELA 3

Średnie wartości wykładnika kształtu strzał bez kory w drzewostanach świerkowych dla klas bonitacji drzewostanu

Bonitacja	Liczba drzewostanów	Wykładnik kształtu (r)
16-24	21	1,13
24-28	72	1,10
28-32	96	1,10
32-36	98	1,09
36-40	95	0,97
>40	19	1,19

TABELA 4

Średnie wartości wykładnika kształtu strzał bez kory w drzewostanach świerkowych w zależności od wysokości położenia nad poziomem morza

Wysokość n.p.m (m)	Liczba drzewostanów	Wykładnik kształtu (r)
0-300	55	1,17
300-600	32	1,08
600-900	66	1,12
>900	38	1,18

W badaniach dotyczących wykładnika kształtu uwzględniono też wysokość położenia drzewostanu nad poziomem morza (tab. 4). Przyjęto cztery klasy tej cechy: do 300 m n.p.m. (drzewostany krain I, II, V, i z terenów Litwy), 300-600 m n.p.m. (drzewostany krain V, VII, VIII), 600-900 m n.p.m. (drzewostany krain VII, VIII i z terenów Ukrainy) i powyżej 900 m n.p.m. (drzewostany krainy VIII i z terenów Ukrainy). Najbardziej pełne okazały się drzewostany występujące na wysokości 300-600 m n.p.m. (1,08), a najmniej pełne drze-

TABELA 5

Średnie wartości wykładnika kształtu strzał bez kory w drzewostanach świerkowych położonych w poszczególnych krainach przyrodniczo-leśnych oraz na terenach Ukrainy i Litwy w zależności od wieku drzewostanu

Wiek	Kraina													
	I		II		V		VII		VIII		Ukraina		Litwa	
	n	r	n	r	n	r	n	r	n	r	n	r	n	r
<60			43	1,07	14	1,09	33	1,10	29	1,16	12	1,21	9	1,17
60-80	6	1,07	46	0,88	11	1,16	46	1,11	30	1,13	10	1,16	4	1,11
80-100	3	1,07	39	0,98	7	1,19	10	1,09	12	1,01	16	1,14	3	1,16
>100	1	1,10	15	0,95	3	1,16			10	1,10	11	1,19	3	1,28

TABELA 6

Średnie wartości wykładnika kształtu strzał bez kory w drzewostanach świerkowych położonych w poszczególnych krainach przyrodniczo-leśnych oraz na terenach Ukrainy i Litwy w zależności od klasy bonitacji drzewostanu

Bonitacja	Kraina													
	I		II		V		VII		VIII		Ukraina		Litwa	
	n	r	n	r	n	r	n	r	n	r	n	r	n	r
16-28	3	1,07	18	1,06	7	1,21	34	1,09	15	1,17	15	1,13	1	1,21
28-32	3	1,07	34	1,04	9	1,12	19	1,12	13	1,13	11	1,19	7	1,19
32-36	1	1,02	37	1,03	10	1,13	17	1,14	21	1,11	7	1,18	5	1,17
>36			52	0,86	7	1,10	13	1,07	20	1,14	16	1,19	6	1,16

wostany z wysokości powyżej 900 m n.p.m. (1,18) i z wysokości do 300 m n.p.m. (1,17). Różnica pomiędzy skrajnymi wartościami  $r$  nie jest duża, bo wynosi 0,10.

Na podstawie przedstawionych wyników nie można jednoznacznie stwierdzić, który z uwzględnionych czynników ma decydujący wpływ na kształtowanie się pełności strzał. Przeprowadzono więc dalszą analizę wykładnika kształtu w poszczególnych krainach przyrodniczo-leśnych w zależności od wieku, a dalej także i bonitacji siedliska.

Dla poszczególnych krain przyrodniczo-leśnych obliczono średnie wartości wykładnika kształtu w ramach klas wieku (tab. 5). W III klasie wieku najmniejszą wartość wykładnika kształtu otrzymano dla krainy II (Mazursko-Podlaskiej), a najwyższą dla VIII (Karpackiej). Różnica dotycząca wartości skrajnych wykładnika kształtu nie jest jednak duża, bo wynosi 0,09. Podobne obliczenia wykonano dla krain przyrodniczo-leśnych, biorąc pod uwagę drzewostany IV klasy wieku, V klasy i klasy starsze. W każdym z rozpatrzonych przypadków największą pełnością charakteryzują się średnio drzewostany świerkowe krainy Mazursko-Podlaskiej (II), a najmniejszą pełnością drzewostany krainy Śląskiej (V). Duża różnica między wykładnikami kształtu otrzymanymi dla krain przyrodniczo-leśnych dotyczy zwłaszcza drzewostanów IV klasy wieku, bo wynosi ona 0,28. Dla porównania warto zwrócić uwagę na wartości wykładników kształtu dla drzewostanów Ukrainy, gdzie w większości przypadków przyjmują one największe wartości. Można stwierdzić, że położenie geograficzne różnicuje kształt strzał. Różnice w średnich wartościach wykładników kształtu dla poszczególnych krain przyrodniczo-leśnych występują zarówno biorąc pod uwagę cały materiał empiryczny, jak i rozpatrując różnice biorąc pod uwagę drzewostany o zbliżonym wieku.

Kształtująca się z wiekiem pełność strzał ma bardzo zmienny przebieg (tab. 5). W krainie Mazursko-Podlaskiej i Karpackiej wartości maksymalne występują w I, II, III klasie wieku, a w krainie Śląskiej i Sudeckiej w IV i V klasie.

Obliczono również średnie wartości wykładnika kształtu w drzewostanach o tej samej klasie bonitacji, z uwzględnieniem ich położenia w poszczególnych krainach przyrodniczo-leśnych (tab. 6). We wszystkich przypadkach najbardziej pełne są drzewostany występujące w II (Mazursko-Podlaskiej) i I (Bałtyckiej) krainie przyrodniczo-leśnej. Najmniej pełne są drzewostany krain: V (bon. 16-28), VII (bon. 34) i VIII (bon. 30 i pow. 36). Największa różnica między wartościami skrajnymi (biorąc pod uwagę drzewostany z terenów Polski) występuje w najwyższej klasie bonitacji i wynosi 0,28. W pozostałych klasach różnice kształtują się od 0,09 do 0,15.

Przebieg średnich wartości wykładnika kształtu w zależności od klasy bonitacji jest w krainie II i V taki sam jak we wszystkich drzewostanach ogółem. Największe wartości tej cechy w tych krainach występują w najniższej klasie bonitacji. Wraz ze wzrostem bonitacji pełność drzewostanów wzrasta. Podobny przebieg występuje w krainie VIII, gdzie różnica dotyczy jedynie najwyższych klas. Zupełnie odmiennie kształtują się średnie wartości wykładnika kształtu w krainie VII (Sudeckiej) i z terenów Ukrainy, gdzie najpełniejsze są drzewostany najniższej klasy bonitacji.

## Podsumowanie i wnioski

- W badanych drzewostanach świerkowych przeciętna wartość wykładnika kształtu strzał bez kory wynosi 1,08, odchylenie standardowe 0,178, a współczynnik zmienności 16,6%. Wykładnik kształtu jest więc niewiele większy od jedności. W teorii dendrometrii odpowiednikami takich brył są paraboloidy.
- Wielkość wykładnika zależy od wieku drzewostanu. Związek ten występuje w obrębie wszystkich drzewostanów, a także stwierdza się go w krainach przyrodniczo-leśnych.
- Przeciętna wartość wykładnika zależy od bonitacji: jej wzrost pociąga za sobą początkowo wzrost pełności, a następnie wystąpienie kulminacji i spadek. Zależność tę można zauważyć dla wszystkich drzewostanów ogółem oraz w obrębie większości krain przyrodniczo-leśnych.
- Wielkość wykładnika kształtu różnicuje położenie drzewostanów w stosunku do wysokości nad poziomem morza. Największą pełność mają drzewostany rosnące na wysokości 300-600 m, a najmniejszą rosnące poniżej 300 m i ponad 900 m n.p.m.
- Przeciętne wartości wykładników kształtu w drzewostanach poszczególnych krain przyrodniczo-leśnych są wypadkową wpływu różnych, w tym również analizowanych w tej pracy czynników. Największe wartości wykładnika kształtu występowały w krainie V (1,14), a najmniejsze w krainie II (0,97). Pośrednie miejsca zajmują drzewostany w krainach: I (1,07), VII (1,10) i VIII (1,12).
- Uzyskane wyniki wskazują na potrzebę opracowania odrębnych modeli strzał przekroju podłużnego świerka dla północnej i południowej Polski. Dla terenów górskich należy ponadto uwzględnić zróżnicowanie wykładnika kształtu w zależności od położenia drzewostanu nad poziomem morza. Ze względu na małą wartość tej cechy dla drzewostanów świerkowych rosnących poniżej 900 m n.p.m., zachodzi potrzeba opracowania takiego modelu także dla tej grupy drzewostanów.

*Zakład Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego  
ul. Rakowiecka 26/30, 02-528 Warszawa*

## Literatura

1. Bruchwald A.: Badanie kształtu strzał drzew leśnych. *Folia Forestalia Polonica*, ser. A, 1980, z. 24.
2. Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T.: Badania nad zmiennością geograficzną kształtu sosny. *Sylvan*, 1998, nr 10.
3. Bruchwald A. i in.: Model wzrostu dla drzewostanów świerkowych. *Sylvan*, 1999, nr 1.
4. Gieruszyński T.: O kształcie strzał drzew leśnych. *Sylvan*, 1948, nr 2-4.
5. Grochowski J.: Wykładnik kształtu strzały. Jego rola w dendrometrii i w doświadczałnictwie leśnym. *Roczniki Nauk Rolniczych i Leśnych*, Poznań 1933; t. XXIX.
6. Wielgosz T.: Metodyczne rozważania nad oznaczeniem elementów kształtu strzał drzew leśnych. *Prace I Polskiego Naukowego Zjazdu Leśniczego*, Poznań 1935.

# Summary

## Fullness of spruce stems under bark

The paper presents results of the first stage of the research on the spruce stem fullness. The exponent of shape calculated using Bruchwald method (1980) is a measure of stem fullness. The research covered the shape variation depending on the natural-forest region, stand age, site quality and altitude a. s. l.

The analysis was based on the empirical material collected from 357 stands situated in the territory of Poland and in 69 stands in the territory of Lithuania and Ukraine. The stand age ranged between 15 and 186 years. The average dbh equalled 3.9 to 40.1 cm. A height growth model was used to calculate site quality class, which ranged from 16.1 to 50.2 m (Bruchwald et al. 1999).

The most important results are as follows:

- The average value of the shape exponent of spruce stems under bark equalled 1.08, standard deviation 0.178, and variation coefficient 16.6%. The shape exponent was slightly higher than one. In the theory of dendrometry such object have the shape of a paraboloid.
- The value of the shape exponent was age-dependent. This correlation was present in all stands, as well as in natural-forest regions.
- The average value of the shape exponent depended on site quality: the higher was the site quality the stem fullness was at the beginning also higher then reached its culmination and dropped. This correlation could be noted for all the stands as a whole and for most natural-forest districts.
- The value of the exponent depended on the elevation on which stands were growing. The highest fullness exhibited the stands at an elevation 300-600 m. while the lowest at an elevation below 300 and above 900 m a. s. l.
- The average values of the shape exponents in the stands of individual natural-forest districts are the resultant of different factors including those analysed in this paper. The highest values of the shape exponent were found in the V natural – forest district (1.14), and the lowest – in the II natural-forest district (0.97). Intermediate position had stands in the natural– forest districts: I (1.07), VII (1.10) and VIII (1.12).
- The obtained results indicate that there is a need to construct separate spruce stem longitudinal-section models for northern and southern Poland. For the mountain regions the variation of the shape exponent depending on the location of spruce stands a. s. l. should be also considered. Due to the low value of this characteristic for spruce stands below 900 m a. s. l. such a model should be constructed for this group of stands.