

MAŁGORZATA DUDZIŃSKA**Wzory empiryczne do określania pierśnicowych liczb kształtu drzewostanów buka nizinnego**

Empirical equations for determination dbh form factors for the lowland beech stands

ABSTRACT

The paper presents the results of studies, which have led to the development of empirical equations for determining various kinds of dbh form factors. The studies concerned beech stands growing in the north of Poland. Dbh form factors for stand can be determined using the said equations on the basis of the average dbh or average stand height. The same set of empirical equations was also developed to determine form factors for trees.

KEY WORDS

beech, form factor, empirical equation

Wstęp

W praktyce gospodarczej do określania miąższości drzewostanu najczęściej stosuje się tablice. Obecnie do nauki i praktyki gospodarczej coraz częściej wprowadzane są wzory empiryczne. W Polsce opracowanie ich rozpoczął Bruchwald. W 1973 roku ogłosił pracę, w której poddał krytyce dotychczasowy sposób opracowywania tablic, determinujący powstawanie błędów systematycznych. Jednocześnie autor przedstawił koncepcję opracowania nowych tablic, które pozbawione byłyby tej wady. Według zaproponowanej metodyki sporządzono tablice i jednocześnie wzory empiryczne, pozwalające wyznaczyć pierśnicowe liczby kształtu oraz miąższości strzał w korze i bez kory dla różnych gatunków drzew. Pierwsze wzory na podstawie przedstawionego programu badań zostały opracowane dla sosny [Bruchwald 1975, 1978a, 1978b, 1996, Bruchwald, Dudek 1978, Bruchwald, Rymer-Dudzińska 1978a, 1978b, 1984a, Michalak 1988], a następnie dla świerka [Bruchwald, Rymer-Dudzińska 1981a, 1981b, 1984a, 1988a, 1988b, 1988c, 1996, Bruchwald, Wróblewski, 1993], jodły [Bruchwald 1992], dębu [Bruchwald, Dudzińska, Wirowski 1994], brzozy [Bruchwald i inni 2001] i buka górskiego [Dudzińska, 2002].

Niniejsza praca jest kontynuacją zaprezentowanego na łamach „Sylwana” artykułu pt. „Wzory empiryczne do określania pierśnicowych liczb kształtu górskich drzewostanów bukowych” [Dudzińska 2002]. Jej celem jest przedstawienie wyników badań, które doprowadziły do opracowania wzorów empirycznych do określania drzewostanowych liczb kształtu oraz wzorów do określania pierśnicowych liczb kształtu dla drzew (stałych linii liczb kształtu) dla buka nizinnego.

MAŁGORZATA DUDZIŃSKA

Zakład Urządzania i Monitoringu Lasu
Instytut Badawczy Leśnictwa
ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r. nr 3
02-362 Warszawa
e-mail: M.Dudzinska@bles.waw.pl

Materiał i metodyka badań

Badania oparto na materiale empirycznym pochodzącym z 77 drzewostanów bukowych położonych w północnej i środkowej części Polski, na terenie nadleśnictw: Gryfino, Kartuzy, Sławno i Brzeziny. Buki pochodzące

z tych drzewostanów nazywane będą na potrzeby pracy bukiem nizinnym. Wiek badanych drzewostanów wahał się od 51 do 154 lat. Przeciętne pierśnice przyjmowały wartości od 20 do 56,4 cm. Średnia wysokość drzewostanów na powierzchniach próbnych kształtowała się od 18,1 do 39,7 m. Bonitacja wahała się od 26,3 do 45,7 m. Na założonych powierzchniach zmierzono pierśnice wszystkich drzew oraz wysokości około 25 drzew. Z obrzeży powierzchni wybrano i ścięto po ok. 10 drzew próbnych, które następnie zostały pomierzone sekcyjnie. Na podstawie wykonanych pomiarów obliczono dla każdego drzewa próbnego miąższość wzorem sekcyjnym środkowego przekroju, a następnie wartości różnego rodzaju pierśnicowych liczb kształtu drzewa. Wyznaczono również przeciętne wartości liczb kształtu dla drzewostanu jako ilorazy sum odpowiednich miąższości drzew próbnych do sum ich walców porównawczych.

Wyniki

Realizacja pierwszego etapu badań, zmierzającego do opracowania wzorów empirycznych na pierśnicowe liczby kształtu drzewostanu, polegała na analizie siły związku pomiędzy liczbami kształtu a średnią pierśnicą i wysokością drzewostanu. Ponieważ cechą najsilniej związaną z badanymi liczbami kształtu okazała się przeciętna pierśnica, poszukiwania modelu regresji najlepiej opisującego tę zależność doprowadziły do uzyskania następujących równań:

$$F_1 = 0.4600 \cdot D^{-0.008} \quad [1]$$

$$F_3 = 0.4390 \cdot D^{-0.005} \quad [2]$$

gdzie:

- F_1 – pierśnicowa liczba kształtu strzały w korze,
- F_3 – pierśnicowa liczba kształtu strzały bez kory,
- D – przeciętna pierśnica.

Przy opracowywaniu równań dla liczb kształtu grubizny i drewna użytkowego zastosowano kombinację dwóch funkcji: na pierśnicową liczbę kształtu strzały F_1 , lub F_3 i na iloraz odpowiedniej części strzały do miąższości strzały (w korze lub bez kory).

W celu wyznaczenia równań dla odpowiednich ilorazów miąższości zbadano ich powiązanie z przeciętnymi cechami drzewostanu: pierśnicą i wysokością, a następnie wybrano model regresji najlepiej wyrównujący badane zależności. Doprowadziło to do powstania następujących równań empirycznych:

$$F_g = 0.46 \cdot D^{-0.008} \cdot \left(1.1168 - \frac{48.115}{D^2} \right) \quad [3]$$

$$F_5 = 0.439 \cdot D^{-0.005} \cdot \left(1.0008 - \frac{2.9964}{(D-3)^2} \right) \quad [4]$$

$$F_{18} = 0.439 \cdot D^{-0.005} \cdot \left(1 - \left(0.0240 + \frac{308.9892}{D^2} \right)^2 \right) \quad [5]$$

gdzie:

F_g – pierśnicowa liczba kształtu grubizny drzewa,

F_5 – pierśnicowa liczba kształtu części pnia bez kory od podstawy do miejsca, w którym grubość bez kory wynosi 5 cm,

F_{18} – pierśnicowa liczba kształtu części pnia bez kory od podstawy do miejsca, w którym grubość bez kory wynosi 18 cm,

W wypadku, kiedy nie jest znana pierśnica drzewostanu można skorzystać ze wzorów opartych na średniej wysokości:

$$F_1 = 0.4508 + \frac{1}{H^2} \quad [6]$$

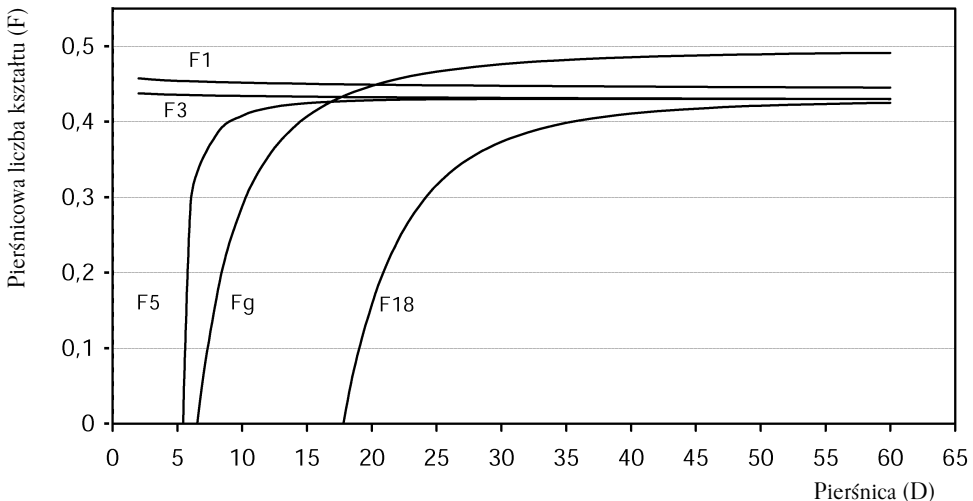
$$F_3 = 0.4216 + \frac{1}{H^2} \quad [7]$$

$$F_g = \left(0.4508 + \frac{1}{H^2}\right) \cdot \left(1.1124 - \frac{33.3273}{H^2}\right) \quad [8]$$

$$F_5 = \left(0.4508 + \frac{1}{H^2}\right) \cdot \left(0.9675 - \frac{14.4268}{(H-5)^2}\right) \quad [9]$$

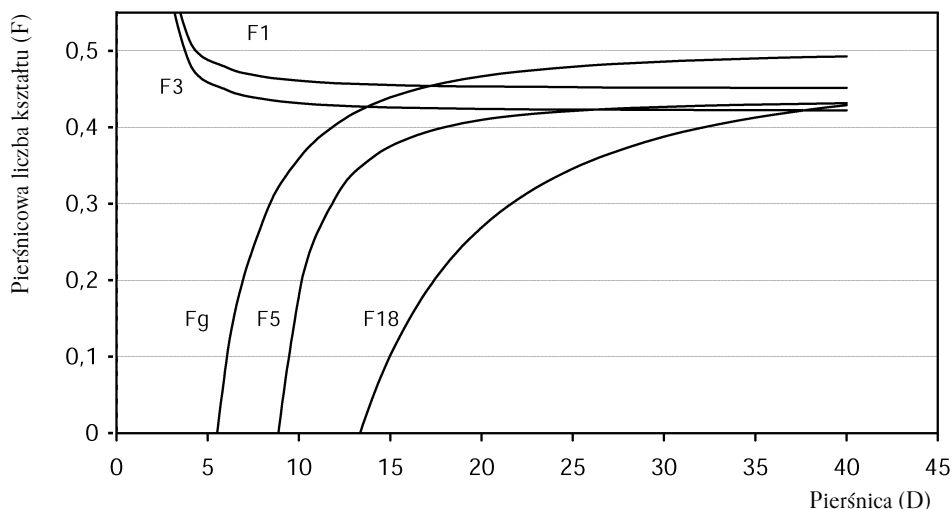
$$F_{18} = \left(0.4508 + \frac{1}{H^2}\right) \cdot \left(1.0697 - \frac{190.7010}{H^2}\right) \quad [10]$$

Na wykresach pokazano jak zmieniają się wartości liczb kształtu wraz ze wzrostem przeciętnej pierśnicy (ryc. 1) i średniej wysokości (ryc. 2).



Ryc. 1.

Zależność pierśnicowych liczb kształtu buka nizinnego od przeciętnej pierśnicy drzewostanu
The relationship between dbh form factors of the lowland beech and the mean dbh of a stand



Ryc. 2.

Zależność pierśnicowych liczb kształtu buka nizinnego od przeciętnej wysokości drzewostanu
The relationship between dbh form factors of the lowland beech and the mean height of a stand

Na podstawie uzyskanych wzorów można oszacować wartości drzewostanowych liczb kształtu. Błąd średni oszacowania liczby kształtu F_1 wzorem [1] wynosi $\pm 5,2\%$ (średnia arytmetyczna błędów procentowych równa się $-1,0\%$), a wzorem [6] $\pm 5,2\%$ (średnia arytmetyczna błędów procentowych równa się $0,0\%$). Mniej dokładny jest wzór [2] służący do wyznaczania liczby kształtu F_3 , jego błąd wynosi $\pm 5,8\%$, a średnia arytmetyczna $+0,3\%$. Określając liczbę kształtu F_3 wzorem [7] popełni się błąd wynoszący $\pm 5,7\%$ (średnia arytm. $-1,7\%$). Błąd średni oszacowania liczby kształtu F_g wzorami [3, 8] wynosi odpowiednio $\pm 5,0\%$ (średnia arytm. $-1,0\%$) i $\pm 5,3\%$ (średnia arytm. $+0,2\%$).

W przypadku liczby kształtu F_5 wzór uwzględniający w swej budowie przeciętną pierśnicę [4] daje większe błędy ($\pm 5,8\%$, średnia arytm. $+0,2\%$) od wzoru opartego na średniej wysokości [9] ($\pm 5,5\%$, średnia arytm. $-0,8\%$). Błędy wzorów służących do wyznaczania liczby kształtu F_{18} wynoszą dla wzoru [5] $\pm 7,5\%$ (średnia arytm. $+0,5\%$), a dla wzoru [10] $\pm 9,3\%$ (średnia arytm. $+0,5\%$).

Zaprezentowane wzory [1-10] liczb kształtu drzewostanu mogą posłużyć do wyznaczania miąższości drzewostanów buka nizinnego. W wypadku kiedy znana jest przeciętna pierśnica drzewostanu, należy stosować wzory oparte na tej cesze [1-5]. W innych przypadkach, np. przy pomiarze drzewostanu metodą Bitterlicha, wykorzystać można wzory [6-10] oparte na średniej wysokości drzewostanu.

W kolejnym etapie badań opracowano wzory empiryczne stałych linii liczb kształtu. Przeanalizowano związek liczb kształtu z pierśnicą drzew w obrębie drzewostanów, a następnie wybrano do dalszych badań model regresji liniowej, najwierniej charakteryzujący tę zależność. Wyznaczenie odpowiednich współczynników funkcji doprowadziło do uzyskania następujących wzorów:

$$f_1 = 0.4600 \cdot D^{-0.008} + (0.0059 - 0.0001 \cdot D) \cdot (D - d) \quad [11]$$

$$f_3 = 0.4390 \cdot D^{-0.005} + (0.0059 - 0.0001 \cdot D) \cdot (D - d) \quad [12]$$

$$f_g = \left(0.4600 \cdot D^{-0.008} + (0.0059 - 0.0001 \cdot D) \cdot (D-d)\right) \cdot \left(1.1168 - \frac{48.115}{d^2}\right) \quad [13]$$

$$f_5 = \left(0.4390 \cdot D^{-0.005} + (0.0059 - 0.0001 \cdot D) \cdot (D-d)\right) \cdot \left(1.0008 - \frac{2.9964}{(d-3)^2}\right) \quad [14]$$

$$f_{18} = \left(0.4390 \cdot D^{-0.005} + (0.0059 - 0.0001 \cdot D) \cdot (D-d)\right) \cdot \left(1 - \left(0.0240 + \frac{308.9892}{d^2}\right)^2\right) \quad [15]$$

gdzie :

- f – odpowiednie pierśnicowe liczby kształtu,
- d – pierśnica drzewa,
- D – przeciętna pierśnica drzewostanu.

Za pomocą wzorów [11-15] oraz znając wartość środkową stopnia pierśnicy oraz jego wysokość, można określić miąższość pojedynczego drzewa w stopniu grubości, a następnie miąższość całego drzewostanu.

Wnioski

1. Opracowano wzory empiryczne służące do określania drzewostanowych liczb kształtu F_1 , F_3 , F_g , F_5 i F_{18} dla buka nizinnego. We wzorach wartości liczb kształtu uzależniono od przeciętnej pierśnicy (D) [1, 2, 3, 4, 5] i przeciętnej wysokości drzewostanu (H) [6, 7, 8, 9, 10]. Błąd średni oszacowania pierśnicowej liczby kształtu F_1 wzorami [1, 6], na podstawie przeciętnej pierśnicy i wysokości, wynosi odpowiednio $\pm 5,2\%$ i $\pm 5,2\%$. Analogiczne błędy szacowania F_3 [2, 7] wynoszą $\pm 5,8\%$ i $5,7\%$. Błędy standardowe wyznaczania przeciętnych wartości liczb kształtu F_g , F_5 , F_{18} , ze wzorów opartych na przeciętnej pierśnicy [3, 4, 5] wynoszą odpowiednio $\pm 5,0\%$, $\pm 5,8\%$, $\pm 7,5\%$, a ze wzorów opartych na średniej wysokości [8, 9, 10], przyjmują wielkości $\pm 5,3\%$, $\pm 5,5\%$ i $\pm 9,3\%$.
2. Wzory na drzewostanowe liczby kształtu mogą być stosowane w praktyce do wyznaczania miąższości drzewostanu w metodach pomiarowych i pomiarowo-szacunkowych. W metodach, w których znana jest przeciętna pierśnica drzewostanu, zaleca się stosowanie wzorów opartych na tej cesze. W innych metodach pomiaru np. Bitterlicha wykorzystać można wzory oparte na średniej wysokości drzewostanu.
3. Opracowano wzory stałych linii liczb kształtu. Pozwalają one wyznaczyć liczby kształtu pojedynczych drzew. Wzory oparte są na przeciętnej pierśnicy drzewostanu i pierśnicy drzewa. Mogą one znaleźć zastosowanie przy określaniu odpowiednich rodzajów miąższości drzewostanu metodami pomiarowymi lub pomiarowo-szacunkowymi.
4. Zaprezentowane zestawy wzorów empirycznych służących do określania różnych liczb kształtu mogą być rozwinięte w tablice. Czynność ta, czysto techniczna, może zostać z łatwością zrealizowana. Wzory opracowano jednak z myślą o ich przetwarzaniu techniką komputerową.

Literatura

- Bruchwald A. 1973. Tablice liczb kształtu strzał bez kory dla drzewostanów sosnowych. Sylwan, 4:9-27.
 Bruchwald A. 1975. Tables of form factor for stems-in-bark in pine stands. Bull. Acad. Pol. Sc. Ser. Biol., 8:543-547.
 Bruchwald A. 1978a. Formulae for construction of tables of form factors for stems in pine stands. Bull. Acad. Pol. Sc. Ser. Biol., 2:111-118.
 Bruchwald A. 1978b. Tablice liczb kształtu w korze i bez kory dla sosny. ZN SGGW, Leś., 26:7-19.

- Bruchwald A. 1992. Wzory empiryczne do określania miąższości drzewostanów jodłowych. Sylwan, 7:17-23.
- Bruchwald A. 1996. New empirical formulae for determination of volume of Scots pine stands. FFP, s. A, 38:5-10.
- Bruchwald A., Dudek A. 1978. Tablice miąższości drewna okrągłego grubego drzewostanów sosnowych na pniu. ZN SGGW, Leś., 26:85-92.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1978a. Tablice miąższości strzał w korze dla drzewostanów sosnowych. ZN SGGW, Leś., 26:69-75.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1978b. Tablice miąższości strzał bez kory drzewostanów sosnowych. ZN SGGW, Leś., 26:7-83.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1984a. Tables of thick wood volume of trees with bark for pine stands. Ann. Warsaw Agricult. Univ. - SGGW-AR, For. and Wood Technol., 32:27-30.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1981a. Wzory empiryczne do określania pierśnicowej liczby kształtu strzały w korze dla świerka. Sylwan, 3:11-15.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1981b. Wzory empiryczne do określania miąższości strzał w korze dla świerka. Sylwan, 4:19-22.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1984b. Empirical formulae for determination of thick wood volume for spruce. Ann. Warsaw Agricult. Univ. - SGGW-AR, For. and Wood Technol., 32:53-55.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1988a. Empirical equations for determining the b.h. form factors of stems without bark in spruce stands. Ann. Warsaw Agricult. Univ. - SGGW-AR, For. and Wood Technol., 37:3-7.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1988b. Uniform lines of the b.h. form factors of stems without bark for spruce stands. Ann. Warsaw Agricult. Univ. - SGGW-AR, For. and Wood Technol., 37:9-13.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1988c. Volume tables of stems without bark for spruce stands. Ann. Warsaw Agricult. Univ. - SGGW-AR, For. and Wood Technol., 37:15-19.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1996. Nowy wzór empiryczny do określania pierśnicowej liczby kształtu grubizny drzewa dla świerka. Sylwan, 12:25-31.
- Bruchwald A., Wróblewski L. 1993. Wzory empiryczne do określania miąższości drzewostanów świerkowych. Sylwan, 9:15-20.
- Bruchwald A., Dudzińska M., Wirowski M. 1994. Wzory empiryczne do określania miąższości drzewostanów dębowych. Sylwan, 2:5-11.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T., Dudek A., Michalak K., Tomusiak R., Wróblewski L., Zasada M., 2001. Model wzrostu dla brzozy. Dokumentacja naukowa w Zakładzie Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu SGGW w Warszawie.
- Dudzińska M. 2002. Wzory empiryczne do określania pierśnicowych liczb kształtu górskich drzewostanów bukowych. Sylwan, 8:31-39.
- Michalak K. 1988. Empiric formulas for determining the volume of standing thick roundwood in pine stands. Ann. Warsaw Agricult. Univ. - SGGW-AR, For. and Wood Technol., 36:97-100.

SUMMARY

Empirical equations for determination dbh form factors for the lowland beech stands

The aim of the paper was to present empirical equations for determining dbh form factors. The studies were based on empirical materials collected from 77 beech stands growing in the northern and central Poland (Gryfino, Kartuzy, Sławno and Brzeziny).

Dbh form factors for stand based on the measurements were determined: stem under bark (F_1), in bark (F_3), merchantable (large) timber (F_g), industrial wood: the length of the stem from the base to the point in which stem diameter inside bark is 5 cm (F_5) the length of the stem from the base to the point in which stem diameter inside bark is 18 cm (F_{18}). For these the following set of empirical equations was developed based on the average dbh [1-5] and the average height [6-10] of the stand. The standard error of equation [1] was $\pm 5.2\%$, equation [2] $\pm 5.8\%$, equation [3] $\pm 5.0\%$, equation [4] $\pm 5.8\%$, equation [5] $\pm 7.5\%$, equation [6] $\pm 5.2\%$, equation [7] $\pm 5.7\%$, equation [8] $\pm 5.3\%$, equation [9] $\pm 5.5\%$ and equation [10] $\pm 9.3\%$.

The set of empirical equation [11-15] was also developed for a tree. Tree dbh and the mean stand dbh are needed to determine tree form factors.