

ARKADIUSZ BRUCHWALD, HENRYK ŻYBURA

Stałe krzywe wysokości dla drzewostanów modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.)

Height curves for European larch (*Larix decidua* Mill.) stands

Abstract. Equations of height curves (2) and height standard deviation with excluded dbh effect (4) were developed on the basis of the empirical material collected from 163 larch stands. The equation can be useful in generating tree heights to determine stand volumes in the height models, as well as to build volume tables for larch.

Key words: height curves, larch

Wstęp

W praktyce urządzania lasu pomiarowi wysokości drzewostanu podlega zwykle niewielka liczba drzew. Na jej podstawie nie można wykreślić krzywej wysokości i dojść do średniej wysokości stopnia pierśnicy. Cel ten da się jednak zrealizować wykorzystując wzory empiryczne noszące nazwę stałych krzywych wysokości. Dysponując takimi wzorami, otrzymanie krzywej wysokości dla drzewostanu wymaga określenia jego przeciętnej pierśnicy i średniej wysokości.

Stałe krzywe wysokości stosowane są w praktyce leśnictwa od wielu lat. Wmontowano je w niektóre tablice służące do określania miąższości drzewostanu (Tjurin i in. 1945, Laer, Spiecker 1951, Trampler 1974). Zastosowanie znalazły również w modelach wzrostu do określania wysokości pojedynczych drzew (Bruchwald 1986).

W Polsce opracowano dotychczas wzory empiryczne dla następujących gatunków drzew:

- sosny (Rymer-Dudzińska 1978, 1994),
- jodły (Bruchwald 1993),
- świerka (Bruchwald, Wróblewski 1994),
- buka (Bruchwald, Witkowska 1993),
- grabu (Bruchwald, Wirowski 1993),
- dębu (Bruchwald, Dudzińska, Wirowski 1996),
- brzozy (Zasada 2000),

— olszy (Bruchwald, Dmyterko, Dudzińska, Wirowski 2001).

Głównym celem niniejszej pracy jest zaprezentowanie wzoru empirycznego stałych krzywych wysokości dla modrzewia europejskiego. Przedstawione zostaną również wyniki badań nad zmiennością wysokości drzew oraz powiązaniem tej cechy z pierśnicą.

Materiał badawczy

Do badań wykorzystano materiał empiryczny zebrany w 163 drzewostanach modrzewiowych. Były to zarówno drzewostany lite jak i mieszane, w tych ostatnich udział modrzewia był dominujący. Powierzchnie założono w 34 nadleśnictwach, m. in.: Prudnik (RDLP Katowice), Brzesko (RDLP Kraków), Pińczów (RDLP Radom), Dobrzany (RDLP Szczecin), Kolbudy (RDLP Gdańsk), Stare Jabłonki (RDLP Olsztyn), Drygały (RDLP Białyсток). Wykorzystano również dane ze stałej powierzchni badawczej założonej w 1931 r. przez prof. Wiedemanna w Nadleśnictwie Namysłów. Jest to obecnie 160 letni drzewostan modrzewiowy z udziałem sosny i jodły.

Wiek poszczególnych drzewostanów wahał się od 12 do 172 lat, a w materiale przeważała IV klasa wieku. Przeciętna pierśnica kształtowała się w zakresie od 15,3 do 68,6 cm, średnia wysokość od 11,4 do 44,8 m, a określona funkcją wzrostu wysokość bonitacja od 27,9 do 49,8 m.

W wybranych drzewostanach założono powierzchnie badawcze na których pomiarowi podlegały pierśnice wszystkich drzew. Średnio na 25 drzewach w każdym drzewostanie pomierzono wysokości z uwzględnieniem pierśnicy. Pomiary na drzewach stojących wykonywano wysokościomierzem firmy SUUNTO. Do budowy krzywej wysokości wzięto również dane ze ściętych drzew próbnych.

Wyniki badań

Dla scharakteryzowania związku zachodzącego między wysokością i pierśnicą drzew drzewostanu zastosowano funkcję o postaci

$$h = \left(\frac{d}{\alpha + \beta \cdot d} \right)^2 + 1,3 \quad (1)$$

gdzie:

- h – wysokość drzewa w metrach,
- d – pierśnica drzewa w centymetrach,
- α, β – współczynniki funkcji.

Funkcja jest stale rosnąca, a przy pierśnicy wynoszącej zero daje wartość 1,3 m. Nadaje się więc ona nie tylko do wyrównywania związku wysokości z pierśnicą, ale również do ekstrapolacji poza zbiór danych empirycznych.

W każdym drzewostanie wyrównano związek między wysokością i pierśnicą drzew funkcją (1), po jej wcześniejszej transformacji do postaci liniowej. Współczynniki funkcji otrzymano powszechnie stosowaną metodę najmniejszych kwadratów. Obliczono również

wskaźniki korelacji, wariancję i odchylenie standardowe oraz współczynniki zmienności wysokości drzew każdego drzewostanu. Analogiczne miary obliczono, eliminując z dyspersji wysokości drzew wpływ pierśnicy.

Otrzymane dla poszczególnych drzewostanów wskaźniki korelacji oceniające moc związku między wysokością i pierśnicą drzew, wahały się od 0,027 do 0,987, ze średnią 0,665. Małe wartości tych wskaźników, niekiedy nie istotnie różniące się od zera, otrzymywano najczęściej dla starych drzewostanów modrzewiowych.

Dyspersja wysokości drzew oceniona współczynnikiem zmienności, kształtowała się w poszczególnych drzewostanach od 9,3 do 26,6%, ze średnią 9,3%. Zwykle większe wartości tej miary występowały w drzewostanach młodych. Zmienność wysokości drzew zmniejszyła się znacznie po wyeliminowaniu wpływu pierśnicy. Współczynnik zmienności wahał się od 1,6 do 16,8%, a wartość średnia wyniosła 6,3%.

Opracowanie funkcji stałych krzywych wysokości wymaga zbudowania równania empirycznego dla współczynnika *beta* funkcji (1). Poszukiwania doprowadziły do opracowania funkcji potęgowej, a otrzymane równanie ma postać:

$$\beta = 0,6162 \cdot H^{-0,4046} \quad (2)$$

gdzie *H* jest średnią wysokością drzewostanu.

Moc badanego związku jest dość duża, bowiem wskaźnik korelacji ją oceniający wynosi 0,853. Sprawdzone również stopień powiązania współczynnika *beta* z przeciętną pierśnicą drzewostanu. Otrzymana wartość wskaźnika korelacji 0,724 wskazuje na mniejszą przydatność tej cechy drzewostanu do budowy ogólnego równania stałych krzywych wysokości.

Wykorzystując opracowany wzór (2) oraz funkcję (1), równanie empiryczne stałych krzywych wysokości przybierze postać:

$$h = \frac{d^2 \cdot (H - 1,3)}{[D - 0,6162 \cdot H^{-0,4046} \cdot \sqrt{H - 1,3} \cdot (D - d)]^2} + 1,3 \quad (3)$$

gdzie:

H – przeciętna wysokość drzewostanu,

D – średnia pierśnica drzewostanu,

d – pierśnica konkretnego drzewa lub wartość środkowa stopnia pierśnicy.

Krzywą wysokości dla drzewostanu modrzewiowego otrzymuje się po podstawieniu do równania (3) przeciętnej pierśnicy i średniej wysokości tego drzewostanu.

Do niektórych zadań biometrycznych, np. do wygenerowania wysokości drzew, niezbędna jest również informacja dotycząca odchylenia standardowego wysokości drzew z wyłączonym wpływem pierśnicy ($O_{h,d}$) (Bruchwald, Rymer-Dudzińska 1988). Miara ta dla drzewostanów modrzewiowych została ujęta równaniem empirycznym powiązaniem ze średnią wysokością drzewostanu (*H*):

$$O_{h,d} = 0,1171 \cdot H^{0,7903} \quad (4)$$

Przedstawiony wzorem (4) związek nie jest zbyt silny. Wskaźnik korelacji oceniający moc powiązania badanych cech wynosi 0,435 i różni się istotnie od zera.

Wnioski

- W obrębie drzewostanów modrzewiowych dyspersja wysokości drzew jest bardzo zróżnicowana. Współczynnik zmienności tej cechy waha się od wartości małej, wynoszącej 3,5%, do bardzo dużej, bo równej 26,6%. Wartość średnia tej miary zmienności wynosi 9,3%.
- W poszczególnych drzewostanach występuje nieliniowy związek między wysokością i pierśnicą drzew, który aproksymowano funkcją (1). Jego moc oceniona wskaźnikiem korelacji wahała się od wartości nie istotnie różniących się od zera (wartość najmniejsza 0,027), do wartości istotnych, bardzo dużych (największej 0,987). Wartość średnia tej miary mocy korelacji wynosi 0,665.
- Wyraźne obniżenie dyspersji wysokości uzyskuje się po wyłączeniu z niej wpływu pierśnicy drzewa. Współczynnik zmienności wysokości kształtuje się wówczas od 1,6 do 16,8%, a jego wartość średnia wynosi 6,3%.
- Dla drzewostanów modrzewiowych opracowano równanie stałych krzywych wysokości drzew (2) oraz równanie odchylenia standardowego wysokości z wyłączonym wpływem pierśnicy (4). Mogą one znaleźć zastosowanie do generowania wysokości drzew, czynności wykonywanej przy określaniu miąższości drzewostanów.

Zakład Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu SGGW
02-528 Warszawa, ul. Rakowiecka26/30
e-mail: les_kpl@delta.sggw.waw.pl

Katedra Hodowli Lasu SGGW
02-528 Warszawa, ul. Rakowiecka26/30
e-mail: les_khl@delta.sggw.waw.pl

Literatura

- Bruchwald A., 1986. Simulation growth model MDI-1 for Scot pine. Ann. Warsaw Agricult. Univ. SGGW-AR, For. And Wood Technol., 34: 47-52.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T., 1988. Simulation of the height in pine stand. Ann. Warsaw Agricult. Univ. SGGW-AR, For. And Wood Technol., 37: 97-103.
- Bruchwald A., 1993. Uniform Height Curves for Silver-fir Stands. Ann. Warsaw Agricult. Univ. SGGW-AR, For. And Wood Technol., 44: 3-5.
- Bruchwald A., Dmyterko E., Dudzińska M., Wirowski M., 2001. Stałe krzywe wysokości dla drzewostanów olszy czarnej. Sylwan, 11: 15-19.
- Bruchwald A., Dudzińska M., Wirowski M., 1994. Uniform height curves for oak stands. Ann. Warsaw Agricult. Univ. SGGW-AR, For. And Wood Technol., 45: 3-5.
- Bruchwald A., Wirowski M., 1993. Stałe krzywe wysokości dla grabu. Sylwan, 6: 45-48.

- Bruchwald A., Witkowska J.**, 1993, Stałe krzywe wysokości dla drzewostanów bukowych. Sylwan, 4: 39-42.
- Bruchwald A., Wróblewski L.**, 1993, Uniform height curves for Norway-Spruce stands. Folia Forestalia Polonica, S. A, 36: 43-47.
- Lear W., Spiecker M.**, 1951, Massenberechnungstafeln zur Ermittlung von Vorrat und Zuwachs von Beständen. J. D. Sauerländers Verlag, Frankfurt a. M.
- Rymer-Dudzińska T.**, 1978, Stałe krzywe wysokości dla drzewostanów sosnowych. Zesz. Nauk. SGGW-AR, Rozprawy naukowe 102.
- Rymer-Dudzińska T.**, 1994, Nowe wzory empiryczne krzywej wysokości dla sosny. Sylwan, 11: 21-24.
- Tjurin A., Naumienko I., Woropanow P.**, 1945, Lesnaja wspomagatielnaja kniżka. Moskwa.
- Trampler T.**, 1974, Drzewostanowe tablice miąższości dla sosny, świerka, jodły, buka i dębu. Prace IBL, nr 451.
- Zasada M.**, 2000, Stałe krzywe wysokości dla brzozy. Sylwan, 6: 27-31.

Summary

Height curves for European larch (*Larix decidua* Mill.) stands

The paper presents empirical equations of height curves for European larch. Empirical material was collected from 163 larch stands representing developmental stages from a thicket (12 years) to an old-growth (172 years). The relationship between tree height and dbh was described in the form of a function:

$$h = \left(\frac{d}{\alpha + \beta \cdot d} \right)^2 + 1,3 \quad [1]$$

where:

- h – tree height in meters,
- d – tree dbh in centimetres,
- α, β – coefficients of the function.

Having developed the function for the beta parameter in the form of $\beta = 0.6162 \cdot H^{-0.4046}$ the following equation of height curves was obtained:

$$\beta = 0,6162 \cdot H^{-0,4046} \quad [2]$$

The coefficients of the correlations evaluating the strength of the relationship between the height and the dbh of trees in the examined stands ranged from 0.027 to 0.987 with the mean 0.665. The height variation ranged between 9.3 and 26.6%, and after having considered the impact of the dbh – between 1,6 and 16.8%.

The height curve for a stand can be determined by placing the mean dbh and the mean height of this stand into the equation.