

KATARZYNA KAŻMIERCZAK, MARCIN NAWROT, WITOLD PAZDROWSKI,
AGNIESZKA JĘDRASZAK, TOMASZ NAJGRAKOWSKI

Smukłość modrzewia europejskiego (*Larix decidua* MILL.) i jej związki z innymi cechami biometrycznymi

Slenderness of European larch (*Larix decidua* MILL.) and its relationships
to other biometric parameters

ABSTRACT

Kaźmierczak K., Nawrot M., Pazdrowski W., Jędraszak A., Najgrakowski T. 2012. Smukłość modrzewia europejskiego (*Larix decidua* MILL.) i jej związki z innymi cechami biometrycznymi. Sylwan 156 (2): 83-88.

The study presents the relationships between larch slenderness and age, breast height diameter, height, crown width, crown projection area, crown length and habitat type. The study comprised larch trees in a dominant stand of different age classes growing in fresh mixed coniferous (BMśw), fresh mixed deciduous (LMśw) and fresh deciduous (Lśw) forest habitats. The slenderness of each larch was calculated as the ratio of tree height to breast height diameter. The crown projection area was calculated as a circle with a radius equal to the average radius of the crown. The average crown radius was established after its projection in the four main geographical directions. The crown length was calculated as the difference between the height of a tree and the height of crown location. Also an attempt was made to describe tree slenderness using multiple regression equations.

KEY WORDS

larch, slenderness, age, forest habitat type, tree growth area, crown projection area

ADDRESSES

Katarzyna Kaźmierczak ⁽¹⁾ – e-mail: kasiakdendro@wp.pl
Marcin Nawrot ⁽²⁾ – e-mail: marcin.nawrot@up.poznan.pl
Witold Pazdrowski ⁽²⁾ – e-mail: kul@up.poznan.pl
Agnieszka Jędraszak ⁽²⁾ – e-mail: topola@up.poznan.pl
Tomasz Najgrakowski ⁽¹⁾ – e-mail: dentomn@up.poznan.pl

⁽¹⁾ Zakład Dendrometrii i Produkcji Lasu; Uniwersytet Przyrodniczy; ul. Wojska Polskiego 71C; 60-625 Poznań

⁽²⁾ Katedra Użytkowania Lasu; Uniwersytet Przyrodniczy; ul. Wojska Polskiego 71A; 60-625 Poznań

Wstęp

Smukłość drzewa jest jedną z cech kształtu przekroju podłużnego i obliczana jest jako iloraz wysokości drzewa [m] i jego pierśnicy [cm]. Można ją kształtować poprzez zabiegi hodowlane, począwszy od zastosowanej więzby, przez czyszczenia czy trzebieże. Smukłość bowiem zależy od przestrzeni wzrostu, jaką ma do dyspozycji pojedyncze drzewo w drzewostanie. Im jest ta przestrzeń większa, tym przyrost grubości w porównaniu z przyrostem wysokości jest większy, a smukłość – mniejsza. Najczęściej przestrzeń wzrostu pojedynczego drzewa definiowana jest wielkością korony, jej elementów lub wskaźnikami bazującymi na cechach pomiarowych korony.

W Polsce współczynnik smukłości badano u sosny [Rymer-Dudzińska 1992a, b], świerka [Orzeł, Socha 1999; Kaźmierczak i in. 2008b], dębu [Kaźmierczak i in. 2008a, 2009], drzewostanów

dębowych i bukowych [Rymer-Dudzińska, Tomusiak 2000] oraz wielu gatunków drzew z Puszczy Niepołomickiej [Orzeł 2007]. Smukłość drzewa była ponadto cechą decydującą o wyborze drzew próbnych [Orzeł, Socha 1999]. Znalazła się także w obszarze badań Pollanschütza, który sugerował uwzględnianie tej cechy przy wyznaczaniu drzew dorodnych [Rymer-Dudzińska 1992a]. Badania nad smukłością prowadzili ponadto Carvalho Oliveira [Rymer-Dudzińska 1992a] i Rottmann [Zajączkowski 1991].

Celem pracy jest analiza zależności smukłości modrzewia z drzewostanu panującego różnych klas wieku wzrastających na różnym siedlisku od wybranych cech biometrycznych.

Materiał i metody

Materiał badawczy stanowią wyniki pomiaru 72 modrzewi, pochodzących z 24 drzewostanów wzrastających w warunkach boru mieszanego świeżego, lasu mieszanego świeżego oraz lasu świeżego (po osiem drzewostanów). Badaniami objęto drzewostany rosnące na terenie Nadleśnictw Choszczno i Nowogard (RDLP Szczecin), Babimost (RDLP Zielona Góra) oraz Gołębki (RDLP Toruń), gdzie modrzew występował w formie domieszki, w zmieszaniu co najmniej grupowym.

Drzewa próbne wybrano zgodnie z zasadami metody Hartiga z czterech kolejnych klas wieku począwszy od drugiej. Z każdego drzewostanu wybrano po trzy drzewa próbne. Wybierano drzewa o prawidłowo ukształtowanych koronach [Lemke 1966]. Rzeczywistą wysokość ustalono po ścięciu drzew. Powierzchnię rzutu korony obliczono jako pole powierzchni koła o promieniu równym średniemu promieniowi korony. Natomiast średni promień korony ustalono po jej rzutowaniu w czterech podstawowych kierunkach geograficznych. Długość korony obliczono jako różnicę pomiędzy wysokością drzewa a wysokością osadzenia korony. Dla każdego modrzewia obliczono współczynnik smukłości. Ustalono podstawowe charakterystyki statystyczne. Ustalono siłę związku smukłości i wieku, pierśnicy, wysokości, szerokości korony, powierzchni rzutu korony, długości korony i siedliska. Opisano smukłość równaniami regresji wielokrotnej, które uzyskano w wyniku analizy krokowej.

Wyniki

Pierśnica badanych drzew wynosiła od 15 do 52 cm, ze średnią 29,04 cm i współczynnikiem zmienności 29,31% (tab. 1). Mniejszą zmiennością wyróżniała się wysokość (niespełna 20%), przy średniej arytmetycznej wynoszącej 24,92 m. Największa zmienność (blisko 115%) cechowała powierzchnię rzutu korony (tab. 1). Wahala się ona od 4,91 do 135,81 m², ze średnim polem wnoszącym 19,14 m². Szerokość korony modrzewia osiągnęła od 2,50 do 13,15 m, przy średniej równej 4,53 m. Współczynnik zmienności tej cechy wyniósł 43,80%. W porównaniu

Tabela 1.

Wybrane charakterystyki statystyczne cech modrzewi
Selected statistical characteristics of the biometric parameters of larch trees

Cecha	\bar{x}	min	max	s_{dx}	V [%]
Pierśnica [cm]	29,04	15,00	52,00	8,51	29,31
Wysokość [m]	24,92	13,20	33,80	4,91	19,70
Powierzchnia rzutu korony [m ²]	19,14	4,91	135,81	21,92	114,51
Średnica korony [m]	4,53	2,50	13,15	1,98	43,80
Długość korony [m]	7,93	2,50	15,50	3,03	38,23
Smukłość	0,89	0,61	1,26	0,14	16,08

z szerokością korony nieco mniej zmienną cechą okazała się jej długość, której zmienność osiągnęła 38,23%. Długość korony wynosiła od 2,50 do 15,50 m, z wartością średnią równą blisko 8 m. Najmniej zmienną cechą drzewa była smukłość (16,08%). Osiągnęła ona poziom od 0,61 do 1,26, ze średnią wynoszącą 0,89 (tab. 1).

Ze wszystkimi badanymi cechami, poza siedliskowym typem lasu, smukłość wykazała istotną statystycznie zależność. Ze wzrostem wszystkich cech biometrycznych smukłość modrzewi maleje. Najsilniejszy związek stwierdzono z grubością drzewa (−0,728), szerokością korony (−0,578) i powierzchnią jej rzutu (−0,493). Najmniejszą siłą zależności uzyskano w przypadku wysokości (−0,290), wieku (−0,285) i długości korony (−0,248).

Smukłość opisano dodatkowo empirycznymi równaniami wielorakimi. Do zmiennych niezależnych zaliczono wszystkie analizowane cechy biometryczne. W wyniku estymacji parametrów otrzymano kolejne równania do określania smukłości modrzewi:

$$s = 0,9571 - 0,0004 \cdot STL - 0,0015 \cdot w - 0,0305 \cdot d_{1,3} + 0,0341 \cdot h + 0,0019 \cdot p_k - 0,0103 \cdot d_k + 0,0070 \cdot l_k \quad [1]$$

$$s = 0,9153 - 0,0014 \cdot w - 0,0305 \cdot d_{1,3} + 0,0340 \cdot h + 0,0019 \cdot p_k - 0,0104 \cdot d_k + 0,0071 \cdot l_k \quad [2]$$

$$s = 0,9190 - 0,0305 \cdot d_{1,3} + 0,0338 \cdot h + 0,0019 \cdot p_k - 0,0101 \cdot d_k + 0,0073 \cdot l_k \quad [3]$$

$$s = 0,8959 - 0,0311 \cdot d_{1,3} + 0,0341 \cdot h + 0,0011 \cdot p_k + 0,0076 \cdot l_k \quad [4]$$

i w końcu równanie optymalne o postaci:

$$s = 0,9049 - 0,0307 \cdot d_{1,3} + 0,0343 \cdot h + 0,0011 \cdot p_k \quad [5]$$

Każdorazowo po wyłączeniu wpływu pierśnicy, moc zależności pomiędzy smukłością a wysokością rosła, zaś korelacja zmieniała się na dodatnią (tab. 2). Potwierdza to większą intensywność wzrostu pierśnicy niż wysokości u tych samych drzew. Smukłość modrzewi jest wyjaśniona zmiennością pierśnicy, wysokości i powierzchni rzutu korony (równanie [5]) na poziomie ponad 90% (przy współczynniku korelacji wielokrotnej równym 0,952). Uzyskane równanie regresji potwierdza zależność smukłości od przestrzeni wzrostu, jaką ma do dyspozycji pojedyncze drzewo.

Dyskusja

Smukłość można kształtować zabiegami hodowlanymi, regulując przestrzeń wzrostu drzew, począwszy od zastosowanej więźby, przez czyszczenia i trzebieże. Im przestrzeń drzewa jest większa, tym przyrost na grubość jest większy w stosunku do przyrostu wysokości, a to powoduje zmniejszenie współczynnika smukłości. Jednak stosując zabiegi hodowlane należy łączyć sprzeczne wymagania jakości produkowanego surowca i odporności drzew. Zwiększanie powierzchni wzrostu

Tabela 2.

Współczynniki korelacji wielokrotnej i cząstkowej dla zależności smukłości od wybranych cech drzew
Multiple and partial correlation coefficients for the dependence of slenderness on the selected tree parameters

Równanie	R _{wielorakie}	R _{cząstkowe}						
		STL	wiek	pierśnica	wysokość	pow. rzutu korony	średnica korony	długość korony
[3.1]	0,954	−0,006	−0,022	−0,916*	0,853*	0,208	−0,092	0,152
[3.2]	0,954		−0,021	−0,916*	0,857*	0,209	−0,094	0,172
[3.3]	0,954			−0,919*	0,893*	0,203	−0,093	0,183
[3.4]	0,954			−0,937*	0,898*	0,380*		0,189
[3.5]	0,952			−0,936*	0,895*	0,372*		

* współczynnik korelacji istotny na poziomie $\alpha=0,05$; significant at $\alpha=0,05$

drzewa może powodować rozrost korony i zwiększenie jej gałęzistości, co może prowadzić do pogorszenia jakości poprzez sękatość. Średnia przestrzeń pojedynczego modrzewia [Kaźmierczak i in. 2010] jest większa od średniej przestrzeni pojedynczej sosny [Kaźmierczak 2009, 2010], zaś mniejsza od przestrzeni dębu [Kaźmierczak, Stosik 2008].

Z wiekiem oraz wzrostem pierśnicy i wysokości średnia smukłość sosny malała, zaś rosła przy wroście zagęszczenia i klasy bonitacji. Zależność smukłości z powyższymi cechami przyjmowała kształt prostoliniowy. Najsilniej związana była z wiekiem i przeciętną pierśnicą drzewostanu, słabiej z jego wysokością i zagęszczeniem, a słabo z bonitacją [Rymer-Dudzińska 1992b]. Z pogarszaniem się pozycji drzewa w drzewostanie smukłość sosen rosła. Średnia smukłość drzew drzewostanu panującego była nieco wyższa od średniej uzyskanej dla drzew górujących i panujących, a jednocześnie wyraźnie niższa od smukłości drzewostanu opanowanego oraz średniej dla całego drzewostanu [Rymer-Dudzińska 1992a].

Smukłość świerków Sudetów Środkowych malała ze wzrostem wieku, pierśnicy, wysokości i miąższości. Najsilniejszy związek stwierdzono z pierśnicą i miąższością, słabszy z wiekiem i wysokością [Kaźmierczak i in. 2008b]. Smukłość świerka zmienia się także w zależności od położenia nad poziomem morza. Świerki rosnące w niższych partiach gór cechowały się na ogół większą smukłością. Duży spadek smukłości drzew ze wzrostem wysokości ich położenia miał miejsce pomiędzy wzniesieniem 1000 i 1200 m. Odmienność dynamiki przyrostu na grubość i przyrostu na wysokość w tym przedziale wysokościowym wynikać może z naturalnego przystosowania do pogarszających się warunków wzrostu [Orzeł, Socha 1999].

W drzewostanach bukowych smukłość wahała się od 0,70 do 1,27, a ich średnia wyniosła 0,93. W drzewostanach dębowych smukłość występowała w szerszych granicach: od 0,56 do 1,36, ze średnią 0,81. Smukłość drzewostanów bukowych w największym stopniu zależy od przeciętnej pierśnicy, dalej od wieku, wysokości oraz procentu grubości kory, nie zależy zaś od procentu długości korony. Dla drzewostanów dębowych uzyskano podobne wyniki, jednak zależności były silniejsze. Nie stwierdzono zależności smukłości od procentu długości korony oraz procentu grubości kory na pierśnicy [Rymer-Dudzińska, Tomusiak 2000]. Smukłość dębów w wieku od 41 do 148 lat wahała się od 0,56 do 1,32, ze średnią 0,84. Stwierdzono istotne zróżnicowanie smukłości ze względu na stanowisko biosocjalne, którego pogarszanie się powodowało wzrost smukłości. W największym stopniu smukłość skorelowana była z pierśnicą, dalej z pierśnicowym polem przekroju i podwójną grubością kory na pierśnicy. Nieco słabiej zależała od klasy Krafta, miąższości i wieku. Najmniejszą moc korelacji stwierdzono z wysokością. Ze wzrostem wszystkich cech poza klasą Krafta i pierśnicową liczbą kształtu smukłość dębów malała [Kaźmierczak i in. 2009]. Średnia smukłość dębów malała z wiekiem drzew od 1,20 do 0,72, ze średnią wartością 1,00. Począwszy od 60 roku życia układała się poniżej jedności. Ze wzrostem pierśnicy, przyrostu pierśnicy, miąższości i przyrostu miąższości smukłość drzew malała, zaś w przypadku wysokości zaobserwowano tendencję odwrotną [Kaźmierczak i in. 2008a].

Analiza smukłości głównych gatunków drzew z Puszczy Niepołomickiej również wykazała wpływ wieku na współczynnik smukłości drzew, który zasadniczo malał z wiekiem [Orzeł 2007]. Drzewa liściaste okazały się bardziej smukłe od sosny czy modrzewia. Współczynnik smukłości był silniej skorelowany z pierśnicą niż z wysokością. Ponadto obie cechy pomiarowe w większym stopniu wyjaśniały zmienność smukłości sosny i modrzewia niż występujących w Puszczy Niepołomickiej gatunków liściastych.

Analiza współczynnika smukłości modrzewia wykazała wpływ wieku i pozycji drzewa w strukturze pionowej drzewostanu. Współczynnik smukłości malał z wiekiem, zaś wzrastał z pogarszaniem się pozycji drzewa w strukturze pionowej drzewostanu [Kaźmierczak i in. 2011].

Wnioski

- ✦ Smukłość modrzewi maleje ze wzrostem pierśnicy, wysokości, powierzchni rzutu korony, szerokości i długości korony oraz z wiekiem drzew.
- ✦ Nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu siedliska na wielkość smukłości badanych drzew.
- ✦ Na kształtowanie smukłości wpływa wielkość powierzchni wzrostu, jaką dysponuje pojedyncze drzewo (zdefiniowana powierzchnią rzutu korony).
- ✦ Smukłość modrzewia można określić równaniem regresji w zależności od pierśnicy, wysokości i powierzchni rzutu korony, które przyjęło postać:

$$s = 0,9049 - 0,0307 \cdot d_{1,3} + 0,0343 \cdot h + 0,0011 \cdot p_k$$

Literatura

- Kaźmierczak K. 2009. Wybrane miary przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa w bliskorębnym drzewostanie sosnowym. Sylwan 153 (5): 298-303.
- Kaźmierczak K. 2010. Kształtowanie się wybranych cech przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa w 50-letnim drzewostanie sosnowym. Sylwan 154 (4): 267-274.
- Kaźmierczak K., Nawrot M., Pazdrowski W., Najgrakowski T., Jędraszak A. 2011. Kształtowanie się smukłości modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) w zależności od siedliska, wieku i pozycji biosocjalnej. Sylwan 155 (7): 472-481.
- Kaźmierczak K., Pazdrowski W., Nawrot M., Szymański M. 2010. Przestrzeń pojedynczego drzewa w drzewostanie panującym w zależności od wieku oraz typu siedliskowego lasu na przykładzie modrzewia (*Larix decidua* Mill.). Sylwan 154 (11): 764-772.
- Kaźmierczak K., Pazdrowski W., Mańka K., Szymański M., Nawrot M. 2008a. Kształtowanie się smukłości pni dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w zależności od wieku drzew. Sylwan 152 (7): 39-45.
- Kaźmierczak K., Pazdrowski W., Paraniak P., Szymański M., Nawrot M. 2008b. Smukłość jako miara stabilności świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) na przykładzie drzewostanów Sudetów Środkowych. Human and nature safety 3: 228-230.
- Kaźmierczak K., Pazdrowski W., Szymański M., Nawrot M., Mańka K. 2009. Slenderness of stems of common oak (*Quercus robur* L.) and selected biometric traits of trees. Human and nature safety 4: 53-56.
- Kaźmierczak K., Stosik M. 2008. Analiza wybranych cech przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa na przykładzie 135-letniego drzewostanu dębowego. Sylwan 152 (2): 3-9.
- Lemke J. 1966. Korona jako kryterium oceny dynamiki wzrostowej drzew w drzewostanie sosnowym. FFP seria A 12: 185-236.
- Orzeł S. 2007. A comparative analysis of slenderness of the main tree species of the Niepolomice Forest. EJPAU Forestry 10 (2).
- Orzeł S., Socha J. 1999. Smukłość świerka w sześćdziesięcioletnich drzewostanach Beskidów Zachodnich. Sylwan 143 (4): 35-43.
- Rymer-Dudzińska T. 1992a. Smukłość drzew w drzewostanach sosnowych. Sylwan 136 (11): 35-44.
- Rymer-Dudzińska T. 1992b. Zależność średniej smukłości drzew w drzewostanach sosnowych od różnych cech taksonomicznych drzewostanu. Sylwan 136 (12): 19-25.
- Rymer-Dudzińska T., Tomusiak R. 2000. Porównanie smukłości drzewostanów bukowych i dębowych. Sylwan 144 (9): 45-52.
- Zajęzkowski J. 1991. Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu. Wyd. Świat, Warszawa.

SUMMARY

Slenderness of European larch (*Larix decidua* MILL.) and its relationships to other biometric parameters

The study presents the results of an analysis of the dependence of larch slenderness on age, breast height diameter, height, crown width, crown projection area, crown length and habitat.

The study comprised larch trees of I, II and III Kraft's classes in the stands of different age classes growing in the fresh mixed coniferous (BMśw), fresh mixed deciduous (LMśw) and fresh deciduous (Lśw) forest habitats. The slenderness of each larch tree was calculated as the ratio of tree height to breast height diameter. The research material consisted of the measurements of 72 larch trees from 24 stands. Sample trees were selected from four successive age classes, starting with class II, in accordance to Hartig's method. Three sample trees with properly developed crowns were selected from each stand. The real height was determined after the felling of trees. The crown projection area was calculated as a circle with a radius equal to the average radius of the crown. The average crown radius was established after its projection in the four main geographical directions. The crown length was calculated as the difference between the height of a tree and the height of crown location. Also an attempt was made to describe tree slenderness using multiple regression equations.

Slenderness of larch trees decreases with the increase in diameter at breast height, height, crown projection area, crown width and length as well as tree age. No statistically significant effect was found for the habitat type, but size of the growth area of a single tree (determined by the crown projection area) influences tree slenderness. The slenderness of larch trees can be determined by regression equation based on breast height diameter, height and crown projection area, which took the form of $s=0,9049-0,0307 \cdot d_{1,3}+0,0343 \cdot h+0,0011 \cdot p_k$.