

## SMUKŁOŚĆ ŚWIERKÓW (*PICEA ABIES* (L.) H. KARST) W 30-LETNIM NIEPIELĘGNOWANYM DRZEWOSTANIE I JEJ ZWIĄZEK Z WYBRANYMI CECHAMI BIOMETRYCZNYMI\*

Robert Korzeniewicz<sup>1</sup>✉, Marcin Jakubowski<sup>2</sup>, Tomasz Jelonek<sup>2</sup>,  
Katarzyna Kaźmierczak<sup>3</sup>, Arkadiusz Tomczak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra Hodowli Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 69, 60-625 Poznań

<sup>2</sup>Katedra Użytkowania Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 71A, 60-625 Poznań

<sup>3</sup>Katedra Urządzania Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań

### ABSTRAKT

**Wstęp.** W pracy przedstawiono analizę związku smukłości z wybranymi cechami biometrycznymi w 30-letnim niepielęgnowanym drzewostanie świerkowym (*Picea abies* (L.) H. Karst), rosnącym w warunkach siedliskowych boru mieszanego świeżego (BMśw).

**Materiał i metody.** Materiał badawczy pochodził z wyodrębnionej części stałej powierzchni doświadczalnej Katedry Hodowli Lasu, założonej na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice. Położenie geograficzne 51°12'N i 18°03'E. Pomiary i obserwacje wykonano w 30 roku życia drzew.

**Wyniki.** Badane, niepielęgnowane świerki w wieku 30 lat charakteryzują się wysoką przeciętną smukłością wynoszącą  $s = 1,24$  m/cm. Ustalono, że niepielęgnowany drzewostan świerkowy charakteryzował się budową warstwową, jego przeciętna wysokość ( $h$ ) wyniosła 6,81 m, a przeciętna pierśnica ( $d_{1,3}$ ) blisko 6,0 cm. Stwierdzono, że w niepielęgnowanym drzewostanie świerkowym smukłość jest skorelowana z niektórymi cechami biometrycznymi badanych drzew. Dodatkowo ustalono, że korelacje smukłości z innymi cechami świerków tracą moc wraz z pogorszeniem pozycji biosocjalnej w drzewostanie. Cechą najbardziej związaną ze smukłością jest pierśnica drzewa ( $d_{1,3}$ ) – niezależnie od pozycji biosocjalnej, a następnie wysokość osadzenia korony ( $h_{ok}$ ) oraz szerokość korony ( $d_k$ ).

**Wnioski.** Rosnące w niepielęgnowanym drzewostanie 30-letnie świerki pospolite są drzewami niestabilnymi ze względu na dużą smukłość, a przez to mogą być mniej odporne na szkodliwe działanie wiatru i śniegu.

**Słowa kluczowe:** hodowla lasu, świerk pospolity, smukłość, wysokość, pierśnica

### WSTĘP

Smukłość drzew, definiowana jako iloraz wysokości drzewa [m] do jego pierśnicy [cm] (Jaworski, 2004), jest miarą przez wielu autorów uważaną za prosty

wskaźnik stabilności pojedynczych drzew i drzewostanów (Burschel i Huss, 1997; Jelonek i in., 2014). Niektórzy, jak Zajączkowski (1991), posługując się

\*Badania sfinansowano z dotacji podmiotowej na utrzymanie potencjału badawczego Katedry Hodowli Lasu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

✉korzon@up.poznan.pl

współczynnikiem smukłości, oceniają odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu. Schütz i in. (2006) za pomocą tego wskaźnika oceniają zagrożenia drzewostanów świerkowych oraz bukowych od huraganów i silnych wiatrów. Inni, np. Bruchwald i Dmyterko (2010, 2011, 2012), wykorzystują odwrotność współczynnika smukłości do oceny ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr. Cytowani w artykule autorzy wskazują, że czynnikami wpływającymi na smukłość drzew są: cechy gatunkowe, wiek, zagęszczenie, warunki siedliskowe i zajmowana przez nie pozycja biosocjalna. Jaworski (2004) podaje, że na smukłość drzew mają wpływ także przeprowadzone cięcia pielęgnacyjne (czyszczenia i trzebieże), które kształtują przestrzeń wzrostu, a tym samym wpływają na warunki wzrostu drzew i kształtowania się cech drzewostanu. Badaniami i analizą związków smukłości z cechami drzew i drzewostanów różnych gatunków zajmowano się w przeszłości w Polsce. Smukłością świerka interesowali się Orzeł i Socha (1999), a ocenę stabilności na przykładzie drzewostanów Sudetów Środkowych zaprezentowała Kaźmierczak i in. (2008a). Średnia smukłość strzał świerków z Sudetów wyniosła 0,86 m/cm, przy czym świerki najcieńsze charakteryzowały się większą smukłością. Wykazano także odwrotny, statystycznie istotny związek smukłości świerków z pierśnicą ( $r = -0,883$ ) i miąższością ( $r = -0,807$ ), nieco mniejszy z wiekiem oraz wysokością. Badania dotyczące smukłości najważniejszego polskiego gatunku (sosny zwyczajnej) prowadzili: Rymer-Dudzińska (1992a; 1992b), Jelonek i in. (2014) oraz Kaźmierczak i in. (2015). Analizę smukłości dębu przeprowadzili Rymer-Dudzińska i Tomusiak (2000) oraz Kaźmierczak i in. (2008b; 2009). Porównanie smukłości drzewostanów bukowych i dębowych zawarte jest w publikacji Rymer-Dudzińskiej i Tomusiaka (2000). Spośród gatunków o mniejszym znaczeniu są dostępne opracowania dotyczące modrzewia europejskiego (Kaźmierczak i in., 2012) oraz brzozy brodawkowatej (Korzeniewicz i in., 2016). Porównanie smukłości różnych gatunków drzew z Puszczy Niepołomickiej zaprezentował Orzeł (2007).

Praca uzupełnia wiedzę dotyczącą kształtowania się wybranych cech biometrycznych świerka pospolitego (*Picea bies* (L.) H. Karst) rosnącego w 30-letnim niepielęgowanym drzewostanie w warunkach

siedliskowych boru mieszanego świeżego (BMśw). W pracy przedstawiono ocenę związku między smukłością a innymi wybranymi cechami pomiarowymi drzewa.

## MATERIAŁY I METODY

Materiał badawczy pochodzi ze stałej powierzchni doświadczalnej Katedry Hodowli Lasu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, założonej przez profesora Stanisława Szymańskiego (Szymański, 1975; 1982; Korzeniewicz i in., 2016).

Pomiary i obserwacje wykonano na części powierzchni doświadczalnej na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice w leśnictwie Wielisławice, w oddziale 25h, w pobliżu stacji doświadczalnej Morawina. Zgodnie z opisem glebowo-siedliskowym, dominującym typem siedliskowym lasu jest bór mieszany świeży (BMśw), wykształcony na glebie bielcowo-rdzawej, porolnej, powstałej z polodowcowych piasków luźnych (Szymański, 1975; 1982). Pod względem regionalizacji przyrodniczo-leśnej (Kliczkowska i Zielony, 2012) nadleśnictwo jest położone w Krainie Śląskiej (V), Mezoregionie Równiny Oleśnickiej (V.18). Zgodnie z regionalizacją geobotaniczną Matuszkiewicza (2008), teren nadleśnictwa został zaliczony do Prowincji Środkowoeuropejskiej, Podprowincji Środkowoeuropejskiej Właściwej, Działu Brandenbursko-Wielkopolskiego (B), Krainy Południowowielkopolsko-Łużyckiej (B4), Okręgu Doliny Górnej Prozny (B.4b.16). Położenie geograficzne 51°12'N i 18°03'E.

Doświadczenie w układzie blokowym z trzema powtórzeniami założono wiosną w 1970 roku z zachowaniem więźby 1 × 1 m (zagęszczenie początkowe 10 tys. szt./ha). Do odnowienia powierzchni użyto rocznych sadzonek. W doświadczeniu, oprócz opisywanego w pracy świerka pospolitego (*Picea bies* (L.) H. Karst), na 27 poletkach o powierzchni 399 m<sup>2</sup> każde, posadzono jeszcze osiem innych gatunków drzew. Jest to jedno z dwóch wielogatunkowych doświadczeń powstałych z inicjatywy profesora Szymańskiego, które posłużyły do prowadzenia badań nad rytmem i tempem wzrostu. W drzewostanach nie prowadzono żadnych cięć pielęgnacyjnych (Szymański 1975; 1982), dzięki czemu jest możliwa ocena wpływu naturalnych procesów na

kształtowanie się smukłości rosnących w doświadczeniu gatunków.

Pomiary pierśnicy ( $d_{1,3}$ ) w korze w dwóch kierunkach wykonano na drzewach stojących z dokładnością do 0,1 cm, a średnią arytmetyczną przyjęto za pierśnicę drzewa. Wysokość drzewa ( $h$ ) oraz wysokość osadzenia korony ( $h_{ok}$ ) pomierzono z dokładnością do 0,1 m za pomocą wysokościomierza Vertex III. Promień rzutu korony ( $r_k$ ) ustalono na podstawie rzutowanych czterech punktów korony drzewa. Pomiar odległości rzutu do środka podstawy drzewa wykonano za pomocą taśmy mierniczej z dokładnością do 0,1 m. Za promień korony drzewa przyjęto średnią arytmetyczną z wykonanych pomiarów.

Wyniki pomiarów pozwoliły na wykonanie obliczeń i analizę następujących cech:

1.  $s$  – smukłości [m/cm], jako ilorazu wysokości drzewa [m] do jego pierśnicy [cm]
2.  $l_k$  – długości korony [m], z różnicy między wysokością drzewa ( $h$ ) a wysokością osadzenia korony ( $h_{ok}$ )
3.  $l_k/h$  – względnej długości korony, jako stosunku długości korony ( $l_k$ ) do wysokości drzewa ( $h$ )
4.  $d_k$  – szerokości korony [m] obliczonej jako podwojony iloczyn promienia korony ( $r_k$ ).

Wszystkie drzewa z powierzchni próbnych zostały zaklasyfikowane do odpowiedniej warstwy biosocjalnej (piętra drzewostanu) według założeń Assmanna (1968), gdzie w warstwie górnej znajdują się drzewa o wysokości ponad 80% wysokości górnej drzewostanu, w warstwie środkowej znalazły się drzewa w przedziale 50–80% wysokości górnej drzewostanu, natomiast w dolnej – o wysokości poniżej 50% wysokości

górnej drzewostanu. Do podziału na warstwy drzewostanu przyjęto wysokość górną Weissego, określoną się na podstawie 20% najgrubszych drzew w drzewostanie (Beker, 2007).

Do analizy statystycznej zebranego materiału wykorzystano oprogramowanie Statistica v. 13.1.

## WYNIKI

W wieku 30 lat, w wyniku wyłącznie naturalnych procesów konkurencji między drzewami i obumierania egzemplarzy najmniej stabilnych, zagęszczenie świerków na powierzchniach badawczych w przeliczeniu na jeden hektar wahało się w przedziale od 4636 do 5739 sztuk. Przeciętna przeżywalność przekroczyła nieco ponad 50,5%. Strukturę biosocjalną w badanych drzewostanach świerkowych zaprezentowano w tabeli 1. Do najwyższej warstwy, o wysokości ponad 80% wysokości górnej drzewostanu, zaklasyfikowano nieco ponad 23% świerków. Wśród żywych drzew ponad 7,6% w wieku 30 lat nie osiągnęło wysokości 1,3 m.

Analizę statystyczną podstawowych cech biometrycznych 30-letnich świerków rosnących w warunkach siedliskowych BMśw przedstawiono w tabeli 2. Wyniki zaprezentowano oddzielnie dla całej badanej próby i z podziałem na warstwy (piętra) drzewostanu. Przeciętna pierśnica ( $d_{1,3}$ ) w całej populacji wyniosła blisko 6,0 cm i charakteryzowała się wysoką zmiennością (54,36%). W rozkładzie grubości ponad 25% przypadków odnotowano w klasie między 4,0 a 6,0 cm. Świerki znajdujące się w górnej warstwie osiągnęły przeciętną pierśnicę powyżej 10,0 cm, przy czym

**Tabela 1.** Struktura biosocjalna w 30-letnim drzewostanie ze świerkiem pospolitym  
**Table 1.** Position social class of trees in 30-year-old Norway spruce stand

Stanowisko biosocjalne Position social class of tree	Udział drzew Share of trees		
	szt. – pcs.	szt./ha – pcs/ha	%
Warstwa górna Overstory	143	1 195	23,68
Warstwa środkowa Middle story	181	1 512	29,97
Warstwa dolna Understory	280	2 339	46,35

**Tabela 2.** Charakterystyka statystyczna wybranych cech biometrycznych w 30-letnim drzewostanie świerkowym  
**Table 2.** Statistical characteristics of selected biometric features in 30-year-old Norway spruce stand

Stanowisko biosocjalne Position social class of tree	$N$ szt. – psc.	$\bar{x}$	Min	Max	$Var$	$S_{dx}$	$V$	$A$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pierśnica $d_{1,3}$ , cm – DBH $d_{1,3}$ , cm								
Cały drzewostan – Whole stand	558	5,99	0,5	20,15	10,61	3,257	54,36	0,925
Warstwa górna – Overstory	143	10,08	6,0	20,15	7,14	2,673	26,51	1,175
Warstwa środkowa – Middle story	181	6,37	4,0	10,65	1,56	1,250	19,62	0,568
Warstwa dolna – Understory	234	3,20	0,5	6,30	1,57	1,255	39,24	0,011
Wysokość $h$ , m – Height $h$ , m								
Cały drzewostan – Whole stand	604	6,81	0,3	18,1	16,49	4,061	59,62	0,325
Warstwa górna – Overstory	143	12,39	10,1	18,1	3,28	1,812	14,63	1,070
Warstwa środkowa – Middle story	181	8,10	6,2	10,0	1,28	1,132	13,97	0,026
Warstwa dolna – Understory	280	3,13	0,3	6,1	2,55	1,596	50,97	0,119
Wysokość osadzenia korony $h_{ok}$ , m – Height crown distribution $h_{ok}$ , m								
Cały drzewostan – Whole stand	604	3,51	0,1	10,5	4,74	2,18	62,0	0,420
Warstwa górna – Overstory	143	5,58	1,0	10,5	3,45	1,86	33,3	-0,276
Warstwa środkowa – Middle story	181	4,47	1,2	7,6	2,62	1,62	36,2	-0,290
Warstwa dolna – Understory	280	1,83	0,1	4,9	1,16	1,08	58,9	0,581
Długość korony $l_k$ , m – Crown length $l_k$ , m								
Cały drzewostan – Whole stand	604	3,30	0,1	14,2	7,25	2,69	81,56	1,053
Warstwa górna – Overstory	143	6,81	2,7	14,2	5,13	2,26	33,27	0,652
Warstwa środkowa – Middle story	181	3,63	0,8	8,2	2,88	1,70	46,78	0,402
Warstwa dolna – Understory	280	1,30	0,1	4,9	0,82	0,91	69,64	1,132
Względna długość korony $l_k/h$ – Relative crown length $l_k/h$								
Cały drzewostan – Whole stand	604	0,46	0,08	0,93	0,03	0,18	40,18	0,244
Warstwa górna – Overstory	143	0,55	0,25	0,93	0,02	0,15	27,42	0,336
Warstwa środkowa – Middle story	181	0,44	0,12	0,85	0,04	0,20	44,08	0,335
Warstwa dolna – Understory	280	0,42	0,08	0,88	0,03	0,18	41,97	0,388
Średnica korony $d_k$ , m – Crown diameter $d_k$ , m								
Cały drzewostan – Whole stand	604	1,92	0,35	5,45	0,59	0,76	39,85	0,512
Warstwa górna – Overstory	143	2,68	1,05	5,45	0,49	0,70	26,07	0,735
Warstwa środkowa – Middle story	181	2,05	0,70	3,25	0,30	0,55	26,67	-0,154
Warstwa dolna – Understory	280	1,45	0,35	3,35	0,30	0,55	37,74	0,295

Tabela 2 – cd. / Table 2 – cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Smukłość $s$ , m/cm – Slenderness $s = h/d_{1,3}$ , m/cm							
Cały drzewostan – Whole stand	558	1,24	0,62	3,40	0,08	0,28	22,27	2,428
Warstwa górna – Overstory	143	1,27	0,75	1,82	0,05	0,22	17,04	0,336
Warstwa środkowa – Middle story	181	1,30	0,81	1,90	0,04	0,20	15,50	0,185
Warstwa dolna – Understory	234	1,17	0,62	3,40	0,11	0,34	28,82	3,479

$\bar{x}$  – średnia,  $Var$  – wariancja,  $S_{dx}$  – odchylenie standardowe,  $V$  – współczynnik zmienności,  $A$  – skośność.  
 $\bar{x}$  – mean,  $Var$  – variance,  $S_{dx}$  – standard deviations,  $V$  – coefficient of variation,  $A$  – skewness.

najgrubsze ponad 20,0 cm. Pod względem wysokości ( $h$ ) świerki w wieku 30 lat osiągnęły przeciętną wysokość 6,81 m i podobnie jak pierśnica charakteryzowały się wysokim współczynnikiem zmienności. Wpływ na taki stan ma liczna reprezentacja drzew w dolnej warstwie drzewostanu. Wysokość drzew zaliczonych do warstwy górnej średnio przekroczyła nieco ponad 12 m, przy czym zakres mieścił się w przedziale od 10,0 m do ponad 18,0 m. W warstwie górnej najczęściej obserwowano świerki w przedziale wysokości od 10 m do 12 m (ponad 52%). Wysokość osadzenia korony ( $h_{ok}$ ) przeciętnie wynosiła nieco ponad 3,5 m, a zakres wahał się w szerokich granicach. Z wysokością osadzenia korony jest związana jej długość ( $l_k$ ). Obie cechy są silnie powiązane z zajmowaną przez drzewa pozycją biosocjalną. Jednak proporcje pomiędzy długością korony świerków w wieku 30 lat, niezależnie od zajmowanej warstwy w drzewostanie, są podobne i oscylują w granicach średniej całej badanej populacji (0,46). Oznacza to, że około połowy wysokości badanych świerków stanowi korona. Świerki 30-letnie rosnące w niepielęgnowanym drzewostanie miały koronę o średnicy ( $d_k$ ) poniżej 2,0 m.

Przeciętna smukłość ( $s$ ) w niepielęgnowanym drzewostanie świerkowym w wieku 30 lat wyniosła 1,24 m/cm. Drzewa rosnące w warstwie górnej i środkowej charakteryzowały się ponadprzeciętną smukłością, którą dodatkowo cechował relatywnie mały współczynnik zmienności. W warstwie górnej drzewostanu tylko 5,6% drzew charakteryzowało się smukłością poniżej 1,0 m/cm, nieco większy udział drzew względnie stabilnych odnotowano w warstwie środkowej (6,6%). Najwięcej drzew o smukłości poniżej 1,0 m/cm rosło w dolnej warstwie drzewostanu, blisko 28%.

Przeprowadzona analiza korelacji smukłości ( $s$ ) dla wszystkich obserwacji, bez podziału na warstwy drzewostanu, wskazuje że najsilniejszy związek charakteryzuje wysokość osadzenia korony ( $r = -0,2888$ ) i średnicę korony ( $r = -0,2646$ ), a słabszy cechuje pierśnicę ( $d_{1,3}$ ) i wysokość ( $h$ ). W badanym drzewostanie w większości korelacje między smukłością ( $s$ ) a innymi badanymi cechami drzew są statystycznie istotne (poza długością korony).

Szczegółowe analizy związków pomiędzy wybranymi cechami badanych drzew z podziałem na warstwy drzewostanu przedstawiono w tabelach 3–5. Drzewa rosnące w warstwie górnej drzewostanu charakteryzują się silniejszymi związkami smukłości z innymi badanymi cechami biometrycznymi (tab. 3). Wyniki przedstawiają się inaczej niż dla całej próby. Cechą najbardziej ujemnie skorelowaną ze smukłością ( $s$ ) jest pierśnica ( $d_{1,3}$ ), a następnie średnica korony ( $d_k$ ). W środkowej warstwie 30-letniego drzewostanu świerkowego obserwujemy dalej statystycznie istotne, nieco słabsze, związki smukłości ( $s$ ) z badanymi cechami drzew (tab. 4). Podobnie jak w górnej warstwie drzewostanu, dodatnią korelację obserwujemy tylko między smukłością ( $s$ ) a wysokością osadzenia korony ( $h_{ok}$ ). W dolnej warstwie drzewostanu smukłość ( $s$ ) nie jest związana z wysokością ( $h$ ) oraz wysokością osadzenia korony ( $h_{ok}$ ), w pozostałych przypadkach odwrotna zależność jest statystycznie istotna, pozostaje jednak na niskim poziomie (tab. 5).

## DYSKUSJA

Świerk pospolity jest jednym z najważniejszych gatunków lasotwórczych. Jego znaczenie gospodarcze,

**Tabela 3.** Współczynnik korelacji liniowej Pearsona między smukłością 30-letnich świerków rosnących w górnej warstwie drzewostanu a wybranymi cechami drzew

**Table 3.** The Pearson linear correlation coefficient relationship between the slenderness of 30-year-old Norway spruce growing in upper part of the stand and selected characteristics of trees

	$s$ , m/cm	$d_{1,3}$ , cm	$h$ , m	$h_{ok}$ , m	$l_k$ , m	$l_k/h$	$d_k$ , m
$s$ , m/cm	1,0000 $p = -$	-,7932 $p = 0,00$	-,2922 $p = ,000$	,3003 $p = ,000$	-,4800 $p = ,000$	-,4313 $p = ,000$	-,7028 $p = 0,00$
$d_{1,3}$ , cm	-,7932 $p = 0,00$	1,0000 $p = -$	,7784 $p = 0,00$	-,0699 $p = ,407$	,6801 $p = 0,00$	,3939 $p = ,000$	,7627 $p = 0,00$
$h$ , m	-,2922 $p = ,000$	,7784 $p = 0,00$	1,0000 $p = -$	,2382 $p = ,004$	,6048 $p = ,000$	,1878 $p = ,025$	,4692 $p = ,000$
$h_{ok}$ , m	,3003 $p = ,000$	-,0699 $p = ,407$	,2382 $p = ,004$	1,0000 $p = -$	-,6294 $p = ,000$	-,8986 $p = 0,00$	-,3699 $p = ,000$
$l_k$ , m	-,4800 $p = ,000$	,6801 $p = 0,00$	,6048 $p = ,000$	-,6294 $p = ,000$	1,0000 $p = -$	,8871 $p = 0,00$	,6787 $p = 0,00$
$l_k$ , m	-,4313 $p = ,000$	,3939 $p = ,000$	,1878 $p = ,025$	-,8986 $p = 0,00$	,8871 $p = 0,00$	1,0000 $p = -$	,5725 $p = ,000$
$d_k$ , m	-,7028 $p = 0,00$	,7627 $p = 0,00$	,4692 $p = ,000$	-,3699 $p = ,000$	,6787 $p = 0,00$	,5725 $p = ,000$	1,0000 $p = -$

$s$  – smukłość,  $d_{1,3}$  – pierśnica,  $h$  – wysokość,  $h_{ok}$  – wysokość osadzenia korony,  $l_k$  – długość korony,  $l_k/h$  – względna długość korony,  $d_k$  – średnica korony.

$s$  – slenderness ( $h/d_{1,3}$ ),  $d_{1,3}$  – diameter,  $h$  – height,  $h_{ok}$  – height to the crown base,  $l_k$  – crown length,  $l_k/h$  – relative crown length,  $d_k$  – crown diameter.

wynikające z wysokiej produktywności, zdecydowało o wykorzystaniu poza miejscami jego naturalnego występowania. Gatunek jest często obecny w polskich lasach, jako monokultury jednowiekowe, w miejscach narażonych na oddziaływanie czynników biotycznych i abiotycznych. Szczególnie istotny wpływ na drzewostany świerkowe mają wiatr oraz śnieg (Bruchwald i Dmyterko, 2010; 2011; 2012; Schütz i in., 2006; Zajączkowski, 1991).

W leśnictwie poszukuje się miar, które w sposób obiektywny pozwoliłyby na ocenę ryzyka wystąpienia uszkodzeń od wiatru i śniegu. Problem nabiera szczególnie istotnego znaczenia w, gdy za pomocą łatwych do wyliczenia wskaźników można powiązać rytm wzrostu drzew z terminem oraz intensywnością prowadzonych zabiegów pielęgnacyjnych, które mogą wpływać na stabilność pojedynczych drzew i całego

drzewostanu. W badaniach stwierdzono, że u ponad 85% drzew współczynnik smukłości przekroczył poziom dużej niestabilności  $>1$  m/cm, którą to wartość, Burschel i Huss (1997) uznają za graniczną.

W 30-letnim sztucznie założonym niepielęgowanym drzewostanie świerkowym przeciętna smukłość wyniosła 1,24 m/cm i była wysoka, niezależnie od pozycji biosocjalnej drzew. Jest to wynik spodziewany i spowodowany prawdopodobnie dużym zagęszczeniem początkowym (10 tys. szt./ha) oraz dużą przeżywalnością do wieku 30 lat (ponad 50,5%). Rymer-Dudzińska (1992b) podaje, że w 40-letnich drzewostanach sosnowych współczynnik smukłości poniżej 1,0 m/cm jest możliwy przy małym zagęszczeniu (współczynnik zagęszczenia  $Z < 0,5$ ). Świerki rosnące w górnej warstwie drzewostanu charakteryzowały się smukłością nieco powyżej średniej

**Tabela 4.** Współczynnik korelacji liniowej Pearsona między smukłością 30-letnich świerków rosnących w środkowej warstwie drzewostanu a wybranymi cechami drzew

**Table 4.** The Pearson linear correlation coefficient relationship between the slenderness of 30-year-old Norway spruce growing in middle part of the stand and selected characteristics of trees

	$s$ , m/cm	$d_{1,3}$ , cm	$h$ , m	$h_{ok}$ , m	$l_k$ , m	$l_k/h$	$d_k$ , m
$s$ , m/cm	1,0000	-,6882	,1759	,5498	-,4067	-,4906	-,6074
	$p = -$	$p = 0,00$	$p = ,018$	$p = ,000$	$p = ,000$	$p = ,000$	$p = 0,00$
$d_{1,3}$ , cm	-,6882	1,0000	,5684	-,2493	,6168	,4752	,6800
	$p = 0,00$	$p = -$	$p = ,000$	$p = ,001$	$p = 0,00$	$p = ,000$	$p = 0,00$
$h$ , m	,1759	,5684	1,0000	,2781	,4019	,1122	,2558
	$p = ,018$	$p = ,000$	$p = -$	$p = ,000$	$p = ,000$	$p = ,133$	$p = ,001$
$h_{ok}$ , m	,5498	-,2493	,2781	1,0000	-,7678	-,9144	-,5500
	$p = ,000$	$p = ,001$	$p = ,000$	$p = -$	$p = 0,00$	$p = 0,00$	$p = ,000$
$l_k$ , m	-,4067	,6168	,4019	-,7678	1,0000	,9466	,6949
	$p = ,000$	$p = 0,00$	$p = ,000$	$p = 0,00$	$p = -$	$p = 0,00$	$p = 0,00$
$l_k/h$	-,4906	,4752	,1122	-,9144	,9466	1,0000	,6762
	$p = ,000$	$p = ,000$	$p = ,133$	$p = 0,00$	$p = 0,00$	$p = -$	$p = 0,00$
$d_k$ , m	-,6074	,6800	,2558	-,5500	,6949	,6762	1,0000
	$p = 0,00$	$p = 0,00$	$p = ,001$	$p = ,000$	$p = 0,00$	$p = 0,00$	$p = -$

$s$  – smukłość,  $d_{1,3}$  – pierśnica,  $h$  – wysokość,  $h_{ok}$  – wysokość osadzenia korony,  $l_k$  – długość korony,  $l_k/h$  – względna długość korony,  $d_k$  – średnica korony.

$s$  – slenderness ( $h/d_{1,3}$ ),  $d_{1,3}$  – diameter,  $h$  – height,  $h_{ok}$  – height to the crown base,  $l_k$  – crown length,  $l_k/h$  – relative crown length,  $d_k$  – crown diameter.

doświadczenia. Smukłość 30-letnich świerków z badań przeprowadzonych na powierzchniach doświadczalnych jest nieco mniejsza w porównaniu ze smukłością 30-letniej brzozy brodawkowatej (Korzeniewicz i in., 2016). Natomiast 30-letnie dęby badane przez Kaźmierczak i in. (2008b) były zdecydowanie mniej smukłe ( $s = 1,09$ ). Duża wartość współczynnika smukłości zapewne ma związek z młodym wiekiem drzewostanu. W fazie kulminowania przyrostu na wysokość świerki bardzo konkurują ze sobą o przestrzeń wzrostu, a brak jakichkolwiek zabiegów pielęgnacyjnych nasila ten proces. Badania prowadzone przez Rymer-Dudzińską (1992b) w drzewostanach sosnowych potwierdziły, że smukłość jest największa w pierwszych fazach rozwojowych, natomiast maleje ze wzrostem wieku. W badaniach prowadzonych w drzewostanach drugiej klasy wieku

Orzeł (2007) ustalił, że przeciętna smukłość ośmiu badanych gatunków wyniosła 0,817 m/cm. Wymieniony autor zauważył, że wiek drzew jest czynnikiem wpływającym na ich smukłość.

Zaobserwowano też, że smukłość zmienia się wraz z położeniem przestrzennym drzew w drzewostanie. W badaniu ustalono, iż wraz z pogorszeniem się pozycji biosocjalnej badana cecha początkowo rośnie ( $s = 1,30$ ), a następnie maleje w warstwie dolnej ( $s = 1,17$ ). W drzewostanach sosnowych (Rymer-Dudzińska, 1992a) oraz modrzewiowych (Kaźmierczak i in., 2012) smukłość rośnie wraz z pogorszeniem pozycji biosocjalnej.

W badanym drzewostanie świerkowym smukłość była skorelowana z wieloma cechami drzew. Zauważono, że związek smukłości z badanymi cechami maleje wraz z pogorszeniem pozycji biosocjalnej drzew.

**Tabela 5.** Współczynnik korelacji liniowej Pearsona między smukłością 30-letnich świerków rosnących w dolnej warstwie drzewostanu a wybranymi cechami drzew

**Table 5.** The Pearson linear correlation coefficient relationship between the slenderness of 30-year-old Norway spruce growing in lower part of the stand and selected characteristics of trees

	$s$ , m/cm	$d_{1,3}$ , cm	$h$ , m	$h_{ok}$ , m	$l_k$ , m	$l_k/h$	$d_k$ , m
$s$ , m/cm	1,0000 $p = -$	-,4193 $p = ,000$	-,1200 $p = ,067$	-,0023 $p = ,972$	-,1815 $p = ,005$	-,1788 $p = ,006$	-,3216 $p = ,000$
$d_{1,3}$ , cm	-,4193 $p = ,000$	1,0000 $p = -$	,9149 $p = 0,00$	,6182 $p = 0,00$	,7264 $p = 0,00$	,1866 $p = ,004$	,5541 $p = 0,00$
$h$ , m	-,1200 $p = ,067$	,9149 $p = 0,00$	1,0000 $p = -$	,7596 $p = 0,00$	,7022 $p = 0,00$	,0879 $p = ,180$	,4074 $p = ,000$
$h_{ok}$ , m	-,0023 $p = ,972$	,6182 $p = 0,00$	,7596 $p = 0,00$	1,0000 $p = -$	,0703 $p = ,284$	-,5338 $p = ,000$	-,0260 $p = ,692$
$l_k$ , m	-,1815 $p = ,005$	,7264 $p = 0,00$	,7022 $p = 0,00$	,0703 $p = ,284$	1,0000 $p = -$	,7190 $p = 0,00$	,6533 $p = 0,00$
$l_k$ , m	-,1788 $p = ,006$	,1866 $p = ,004$	,0879 $p = ,180$	-,5338 $p = ,000$	,7190 $p = 0,00$	1,0000 $p = -$	,5190 $p = ,000$
$d_k$ , m	-,3216 $p = ,000$	,5541 $p = 0,00$	,4074 $p = ,000$	-,0260 $p = ,692$	,6533 $p = 0,00$	,5190 $p = ,000$	1,0000 $p = -$

$s$  – smukłość,  $d_{1,3}$  – pierśnica,  $h$  – wysokość,  $h_{ok}$  – wysokość osadzenia korony,  $l_k$  – długość korony,  $l_k/h$  – względna długość korony,  $d_k$  – średnica korony.

$s$  – slenderness ( $h/d_{1,3}$ ),  $d_{1,3}$  – diameter,  $h$  – height,  $h_{ok}$  – height to the crown base,  $l_k$  – crown length,  $l_k/h$  – relative crown length,  $d_k$  – crown diameter.

Wynik doświadczenia może wskazywać, że istnieje związek między brakiem prowadzenia zabiegów pielęgnacyjnych a cechami biometrycznymi 30-letnich drzewostanów świerkowych, w tym współczynnika smukłości. Najbardziej smukłe i najmniej stabilne są drzewa rosnące w warstwie środkowej. W drzewostanach świerkowych przedmiotem hodowli powinny więc być drzewa mniej smukłe, bardziej stabilne, czyli rosnące w warstwie górnej.

- W drzewostanie świerkowym w wieku 30 lat najbardziej smukłe i najmniej stabilne są drzewa zaliczone do warstwy środkowej. Prowadząc trzebieże górne, należy uwzględnić ten fakt, ponieważ może dojść do odsłonięcia drzew mało stabilnych.
- Silny, odwrotnie proporcjonalny związek smukłości z pierśnicą ( $d_{1,3}$ ) oraz średnicą korony ( $d_k$ ) należy uwzględnić w trakcie prowadzenia zabiegów pielęgnacyjnych.

## WNIOSKI

- Brak pielęgnacji drzewostanów świerkowych może wpływać na wysokość współczynnika smukłości, która w wieku 30 lat może przekraczać wartości uznawane za krytyczne dla drzew stabilnych.

## PÍSMIENICTWO

- Assmann, E. (1968). Nauka o produktywności lasu. Warszawa: PWRiL.
- Beker, C. (2007). Wysokość górna w drzewostanach sosnowych. Sylwan, 3, 36–42.



- Bruchwald, A., Dmyterko, E. (2010). Metoda określania ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr. *Leśn. Pr. Bad.*, 71(2), 165–173. <http://dx.doi.org/10.2478/v10111-010-0012-3>
- Bruchwald, A., Dmyterko, E. (2011). Zastosowanie modeli ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny zagrożenia lasów nadleśnictwa. *Sylvan*, 155(7), 459–471.
- Bruchwald, A., Dmyterko, E. (2012). Ryzyko powstawania szkód w drzewostanach poszczególnych nadleśnictw Polski. *Sylvan*, 156(1), 19–27.
- Burschel, P., Huss, J. (1997). *Grundriss des Waldbaus*. Berlin: Parey Buchverlag.
- Zajączkowski, J. (1991). *Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu*. Warszawa: Wyd. Świat.
- Jaworski, A. (2004). *Podstawy przyrostowe i ekologiczne odnawiania i pielęgnacji drzewostanów*. Warszawa: PWRiL.
- Jelonek, T. (2013). Analiza wskaźników stabilności drzew w drzewostanach sosnowych uszkodzonych przez wiatr. *Sylvan*, 157(5), 323–329.
- Jelonek, T., Tomczak, A., Pazdrowski, W. (2014). Wybrane wskaźniki stabilności drzew w drzewostanach sosnowych narażonych na wiatr. *Stud. Mater. CEPL Rogow.*, 39, 35–45.
- Kaźmierczak, K., Pazdrowski, W., Paraniak, P., Szymański, M., Nawrot, M. (2008a). Smukłość jako miara stabilności świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) na przykładzie drzewostanów Sudetów Środkowych. *Materiały konferencyjne Human and nature safety 2008* (3), 228–230.
- Kaźmierczak, K., Pazdrowski, W., Mańka, K., Szymański, M., Nawrot, M. (2008b). Kształtowanie się smukłości pni dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w zależności od wieku drzew. *Sylvan*, 7, 39–45.
- 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. *Materiały konferencyjne Human and nature safety 2009* (2), 53–56.
- Kaźmierczak, K., Borzyszkowski, W., Korzeniewicz, R. (2015). Slenderness of 35-year-old pines from a dominant stand as an indicator of a stand stability. *For. Lett.*, 108, 32–35.
- Kaźmierczak, K., Nawrot, M., Pazdrowski, W., Najgrakowski, T., Jędraszak, A. (2012). Kształtowanie się smukłości modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) w zależności od siedliska, wieku i pozycji biosocjalnej. *Sylvan*, 156(2), 83–88.
- Kliczkowska, A., Zielony, R. (2012). *Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2010*. Warszawa: GDLP.
- Korzeniewicz, R., Borzyszkowski, W., Szmyt, J., Kaźmierczak, K. (2016). Smukłość 30-letniego niepielęgowanego drzewostanu brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.) *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar.*, 15(2) 79–86.
- Matuszkiewicz, J. M. (2008). *Regionalizacja geobotaniczna Polski*. Warszawa: IGiPZ PAN.
- Orzeł, S. (2007). A comparative analysis of slenderness of the main tree species of the Niepolomice Forest. *EJPAU Forestry*, 10(2). Pobrano z <http://www.ejpau.media.pl/forestry/volume8/issue4/index.html>
- Orzeł, S., Socha, J. (1999). Smukłość świerka w sześćdziesięcioletnich drzewostanach Beskidów Zachodnich. *Sylvan*, 4, 35–43.
- Rymer-Dudzińska, T. (1992a). Smukłość drzew w drzewostanach sosnowych. *Sylvan*, 11, 35–44.
- Rymer-Dudzińska, T. (1992b). Zależność średniej smukłości drzew w drzewostanach sosnowych od różnych cech taksacyjnych drzewostanu. *Sylvan*, 12, 19–25.
- Rymer-Dudzińska, T., Tomusiak, R. (2000). Porównanie smukłości drzewostanów bukowych i dębowych. *Sylvan*, 144(9), 45–52.
- Schütz, J.-P., Götz, M., Schmid, W., Mandallaz, D. (2006). Vulnerability of spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) forest stands to storms and consequences for silviculture. *Eur. J. For. Res.*, 125, 291–302.
- Szymański, S. (1975). Wstępne wyniki badań tempa wzrostu w pierwszej młodości kilku ważniejszych gatunków drzew leśnych na siedlisku boru mieszanego świeżego. W: *Gospodarka leśna i drzewna na tle nowoczesnej ochrony środowiska. Referaty na Zjazd Absolwentów Wydziału Leśnego*(s. 36–43). Poznań: AR.
- Szymański, S. (1982). Wzrost niektórych gatunków drzew leśnych w pierwszych 10 latach życia na siedlisku boru mieszanego świeżego. *Sylvan*, 7, 11–29.

## **SLENDERNESS OF 30-YEAR STAND NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* (L.) H. KARST) AND ITS RELATIONSHIPS TO OTHER BIOMETRIC PARAMETERS**

### **ABSTRACT**

**Background.** The presented study is focused on the analysis of the relationship between slenderness and selected biometric characteristics of Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst) stand growing at the mixed fresh coniferous forest site.

**Material and methods.** Data was collected on three plots established on the permanent experimental plot of the Department of Silviculture, located at the Siemianice Experimental Forests (51°12'N and 18°03'E). Measurements and observations were carried out on the 30-year-aged trees.

**Results.** Trees were characterized by high values of the average slenderness index,  $s = 1.24 \text{ m} \cdot \text{cm}^{-1}$ . It was found that Norway spruce stand was structured in terms of vertical profile. Its average height ( $h$ ) was 6.81 m, and the DBH ( $d_{1.3}$ ) was ca. 6.0 cm. Results showed that  $s$  index is correlated with a few biometric traits of trees. In addition, it was stated that the correlation of slenderness with other features was weaker for lower biosocial classes of trees. The highest correlation was observed between  $s$  index and DBH ( $d_{1.3}$ ) – regardless of the biosocial position, followed by the crown height ( $h_{ok}$ ), and crown width ( $d_k$ ).

**Conclusion.** The static of trees in the unmanaged 30-year-old stands was not stable 30-year-old wind and snow damage.

**Keywords:** silviculture, Norway spruce, slenderness, height, diameter