

## SMUKŁOŚĆ SOSNY ZWYCZAJNEJ W WYBRANYCH DRZEWOSTANACH SOSNOWYCH NA SIEDLISKACH BORU MIESZANEGO ŚWIEŻEGO ORAZ LASU MIESZANEGO ŚWIEŻEGO

Krzysztof Turczański<sup>1</sup>✉, Katarzyna Kaźmierczak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra Siedliskoznawstwa i Ekologii Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 71F, 60-625 Poznań

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

### ABSTRAKT

**Wstęp.** Sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) występuje pospolicie na siedliskach borów, borów mieszanych oraz lasów mieszanych. Najwyższą bonitację uzyskuje na siedliskach boru mieszanego świeżego oraz lasu mieszanego świeżego. W tychże warunkach gatunek może osiągać zróżnicowane wielkości pierśnicy, wysokości oraz smukłości.

**Cel pracy.** Celem przedstawionych badań było określenie kształtowania się smukłości sosny zwyczajnej w różnym wieku oraz w odmiennych warunkach wzrostu, tj. w dębowo-sosnowym typie lasu na siedliskach boru mieszanego świeżego oraz lasu mieszanego świeżego.

**Material i metody.** Analizie poddano osiem powierzchni badawczych wielkości 0,2 ha, zlokalizowanych na terenie Nadleśnictw Durowo i Goleniów. Drzewostany charakteryzowały się dominacją sosny w składzie gatunkowym (>90%) oraz wysokim zadrzewieniem (>0,9). Wiek sosny wahał się od 31 do 104 lat.

**Wyniki i konkluzje.** Analiza wykazała, iż przeciętna smukłość sosny maleje wraz z wiekiem drzewostanu, niezależnie od warunków siedliskowych. Jednoczynnikowa analiza wariancji ze względu na siedliskowe warunki wzrostu, przy podobnym poziomie smukłości ( $s > 1,0$  m/cm i  $s < 0,8$  m/cm), wykazała istotny wpływ siedliska w obrębie grup z podobną średnią smukłością w obu przedziałach.

**Słowa kluczowe:** *Pinus sylvestris* L., smukłość, wiek drzewostanu, typ siedliskowy lasu, dębowo-sosnowy typ lasu

### WSTĘP

Sosna zwyczajna należy do najpospolitszych gatunków drzew rosnących na terenie Polski. Dzięki dość szerokiej skali ekologicznej pojawia się powszechnie od boru suchego po siedliska lasu mieszanego. Najwyższą bonitację jako gatunek główny (I–II) uzyskuje na siedliskach boru mieszanego świeżego (BMśw) oraz lasu mieszanego świeżego (LMśw). Dominacja sosny w składzie gatunkowym występuje w dębowo-sosnowym typie

lasu (db-so). W tychże warunkach tworzą się drzewostany dwupiętrowe z dodatkowym udziałem dębu szypułkowego lub bezszypułkowego w II piętrze, III–IV bonitacji (Siedliskowe..., 2003). W warunkach Krainy Bałtyckiej (I) oraz Krainy Wielkopolsko-Pomorskiej (III) sosna wzrasta przede wszystkim na glebach piaszczystych, wodnolodowcowych i rzecznych, średnio zasobnych, świeżych, z głębokim poziomem wody

✉krzysztof.turczanski@up.poznan.pl, <https://orcid.org/0000-0002-8369-9165>

gruntowej (Zielony i Kliczkowska, 2012). Skład gatunkowy runa oraz drzewostanu odpowiada właściwym borom z grupy gatunków mezotroficznymi (BMśw) oraz niewielkiemu udziałowi gatunków lasów liściastych (LMśw) (Siedliskowe..., 2003). Sosny rosnące w typie lasu db-so (Matuszkiewicz, 2007) tworzą na BMśw zbiorowiska *Quercus roboris-Pinetum typicum*, natomiast na LMśw – *Quercus roboris-Pinetum coryletosum* (LMśw).

Smukłość drzewa jest syntetyczną miarą stosowaną powszechnie m.in. w określeniu stabilności drzewostanu na działanie wiatru (Bruchwald i Dmyterko, 2010; 2012; Burschel i Huss, 1997; Zajązkowski, 1991). Według Zajązkowskiego (1991) sosna zwyczajna należy do gatunków względnie odpornych na ryzyko uszkodzenia. Badania nad smukłością różnych gatunków drzew na terenie Puszczy Niepołomickiej, w tym sosny zwyczajnej, przeprowadził Orzeł (2007). Szczegółowe analizy wykonała Rymer-Dudzińska (1992a; 1992b). Wyniki wykazały zależność smukłości od wieku drzewa, przeciętnej pierśnicy, wysokości drzewostanu, bonitacji i zagęszczenia. Ponadto badania w litych drzewostanach sosnowych na terenie Puszczy Zielonka wykazały zależność smukłości od klasy biosocjalnej (Kaźmierczak, 2012). Kształtowanie się podstawowych cech biometrycznych sosny w odrębnych krainach przyrodniczo-leśnych analizowali Turczański i Beker (2016). Wyniki wykazały, iż drzewostany sosnowe charakteryzowały się znacznymi różnicami w uzyskanych przeciętnych wartościach pierśnicy, wysokości drzewa i wysokości osadzenia korony.

Przedstawiony przegląd pozwala stwierdzić, iż sosna zwyczajna jest gatunkiem, który doczekał się wielu szczegółowych badań w aspekcie kształtowania się podstawowych cech biometrycznych. W niniejszej pracy skupiono się na określeniu smukłości sosny w różnym wieku oraz w odmiennych warunkach wzrostu, tj. w dębowo-sosnowym typie lasu na siedliskach boru mieszanego świeżego oraz lasu mieszanego świeżego. Są to siedliska, które występują często w bezpośrednim sąsiedztwie w dużych kompleksach leśnych. Różnią się przede wszystkim warunkami glebowymi, które mają bezpośrednie przełożenie na kształtowanie się cech pomiarowych drzew. Dlatego też niniejsze wyniki badań pozwoliły uszczegółwić wiedzę na temat wpływu badanych zmiennych na smukłość sosny.

## CEL PRACY

Celem pracy było określenie kształtowania się smukłości sosny w różnym wieku oraz w odmiennych warunkach wzrostu, tj. w dębowo-sosnowym typie lasu na siedliskach boru mieszanego świeżego oraz lasu mieszanego świeżego.

## MATERIAŁ BADAWCZY

Materiał do analiz zebrano z ośmiu powierzchni badawczych wielkości 0,2 ha, zlokalizowanych na terenie Nadleśnictwa Durowo, Leśnictwa Orla (Kraina Wielkopolsko-Pomorska (III), Mezonegion Pojezierzy Wielkopolskich) oraz Nadleśnictwa Goleniów, Leśnictwa Goleniów (Kraina Bałtycka (I), Mezonegion Puszczy Wkrzańskiej i Goleniowskiej) (Zielony i Kliczkowska, 2012). Wiek drzewostanów na BMśw wahał się od 31 do 86 lat, natomiast na LMśw od 52 do 104 lat. Łącznie pomierzono 281 drzew. Wybrane drzewostany charakteryzowały się wysokim udziałem sosny w składzie gatunkowym (>0,9), db-so typem lasu oraz wskaźnikiem zadrzewienia >0,9 (tab. 1).

## METODYKA BADAŃ

W wybranych drzewostanach pomierzono pierśnice i wysokości 20% drzew stojących. Pomiar pierśnicy wykonano za pomocą średnicomierza z zaokrągleniem do 1 mm. Pomiar wysokości drzewa wykonano z zaokrągleniem do 1 dcm z użyciem wysokościomierza elektronicznego Vertex. Zebrane dane posłużyły do obliczenia smukłości, stanowiącej iloraz wysokości drzewa [m] do jego pierśnicy [cm] oraz podstawowych miar statystycznych smukłości, tj. wartości maksymalnych, minimalnych, średniej arytmetycznej ( $\bar{x}$ ), odchylenia standardowego (SD) oraz współczynnika zmienności ( $V$ ). Kształtowanie się smukłości sosny zbadano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji. W pierwszej kolejności przetestowano wpływ wieku na smukłość drzewa. Analizę wykonano dla każdego siedliska oddzielnie ze względu na reprezentowanie przez wybrane drzewostany różnych klas wieku. Przeprowadzono ponadto jednoczynnikową analizę wariancji ze względu na siedliskowe warunki wzrostu przy podobnym poziomie smukłości. Wykonano ją w dwóch grupach drzewostanów (przeciętna

**Tabela 1.** Opis powierzchni badawczych  
**Table 1.** Characteristic of the study plots

Powierzchnia badawcza Study plot	TSL Forest site type	Wiek drzewostanu Stand age	Zadrzewienie Stocking index	Udział gatunku Species share	Przeciętna wysokość* Average height* m	Przeciętna pierśnica* Average* dbh cm	Lokalizacja powierzchni Coordinates of the study plots
111h	BMśw	31	1.1	10 So	13.6	12.9	N 52.8288 E 17.1406
726a	BMśw	40	1.0	10 So	18.1	19.6	N 53.6080 E 14.7819
738c	BMśw	85	0.9	10 So	28.4	30.1	N 53.6024 E 14.7958
91i	BMśw	86	0.9	10 So	24.7	31.5	N 52.8388 E 17.1592
111c	LMśw	52	1.0	9 So 1 Db	21.3	20.6	N 52.8308 E 17.1428
754c	LMśw	53	1.0	9 So 1 Db	26.9	23.3	N 53.5969 E 14.8037
147g	LMśw	99	0.9	9 So 1 Db	27.6	35.8	N 52.8202 E 17.1722
722f	LMśw	104	0.9	9 So 1 Db	30.9	44.7	N 53.6065 E 14.8032

\*Obliczenia własne.

Źródło: <https://www.bdl.lasy.gov.pl/>.

LMśw – mesic mixed broadleaved forest, BMśw – mesic mixed coniferous forest, So – Scots pine, Db – oak.

\*The authors' calculations.

Source: <https://www.bdl.lasy.gov.pl/>.

smukłość powyżej 1,0 m/cm oraz poniżej 0,8 m/cm). Celem stwierdzenia, które z drzewostanów różniących się wiekiem i typem siedliskowym lasu różnią się istotnie smukłością przeprowadzono porównania wielokrotne testem Tukeya dla grup o niejednakowej liczebności. Analizy wykonano osobno ze względu na wiek sosny oraz zajmowany typ siedliskowy lasu. Obliczenia wykonano w pakiecie Statistica 13.3.

## WYNIKI

Wyniki wykazały, iż zasadniczo smukłość sosny zwyczajnej malała z wiekiem drzewostanu w wybranych warunkach BMśw i LMśw. Na BMśw największą średnią smukłością (1,10 m/cm) wyróżniały się najmłodsze 31-letnie sosny, podobną smukłością (1,07

m/cm i 1,18 m/cm) cechowały się sosny 52-letnie i 53-letnie na LMśw. Najmniejsze średnie wartości odnotowano w drzewostanach najstarszych w obu analizowanych typach siedliskowych lasu (na poziomie >0,8 m/cm; tab. 2).

Pierwszą analizę wariancji wykonano jedynie ze względu na wiek, oddzielnie dla obu siedlisk, ze względu na brak drzewostanów w podobnym wieku na obu omawianych typach siedliskowych lasu. Stwierdzono istotny wpływ wieku na smukłość badanych sosen (tab. 3).

W celu stwierdzenia, które z analizowanych drzewostanów, różniących się wiekiem, różnią się istotnie smukłością, przeprowadzono porównania wielokrotne testem Tukeya dla grup o niejednakowej liczebności. Na ich podstawie wyróżniono po trzy

**Tabela 2.** Podstawowe charakterystyki statystyczne smukłości sosny  
**Table 2.** Basic statistical characteristics of pine tree slenderness

Wiek drzewostanu Stand age	Maksymalne Maximum m/cm	Minimalne Minimum m/cm	$\bar{x}$ m/cm	SD m/cm	<i>V</i> %
BMśw – mesic mixed coniferous forest					
31	0,70	1,54	1,10	0,19	17,3
40	0,59	1,26	0,96	0,19	19,5
85	0,67	1,28	0,93	0,15	16,5
86	0,60	0,95	0,79	0,08	10,4
LMśw – mesic mixed broadleaved forest					
52	0,74	1,42	1,07	0,18	16,4
53	0,81	1,65	1,18	0,20	17,1
99	0,66	1,03	0,78	0,11	14,0
104	0,49	1,15	0,71	0,15	20,5

**Tabela 3.** Analiza wariancji smukłości ze względu na wiek  
**Table 3.** ANOVA analysis of slenderness in terms of age

Źródło zmienności Source of variability	Suma kwadratów Total square deviation	Liczba stopni swobody Degree of freedom	Średni kwadrat odchyleń Mean square deviation	<i>F</i>	<i>p</i> wartość <i>p</i> -value
BMśw – mesic mixed coniferous forest					
Wyraz wolny – Intercept	103,3158	1	103,3158	3 585,594	0,000*
TSL – Forest site type	1,6284	3	0,5428	18,838	0,000*
Błąd – Error	3,5730	124	0,0288		
LMśw – mesic mixed broadleaved forest					
Wyraz wolny – Intercept	110,4651	1	110,4651	3 703,751	0,000*
TSL – Forest site type	5,3552	3	1,7851	4,99	0,000*
Błąd – Error	4,4440	149	0,0298		

\*Istotny wpływ na poziomie 0,05.

\*Statistically significant effect at 0.05.

grupy jednorodne na każdym z siedlisk. Odrębną grupę, o najmniejszej średniej smukłości, stanowią sosny z 86-letniego drzewostanu rosnące na BMśw. Do drugiej grupy zaliczono dwa drzewostany (85- i 40-letni), których smukłość przekroczyła 0,9 m/cm.

Trzecią grupę jednorodną tworzą najmłodsze 31-letnie sosny o średniej smukłości 1,1 m/cm. Odmianą sytuację stwierdzono w przypadku drzewostanów na LMśw. Oba najstarsze drzewostany, ze średnią smukłością poniżej 0,8 m/cm, stanowią odrębną grupę

**Tabela 4.** Jednorodne grupy smukłości drzew ze względu na wiek

**Table 4.** Homogeneous tree slenderness groups in terms of age

Wiek drzewostanu Stand age	$\bar{x}$ m/cm	Grupy jednorodne Homogeneous groups
BMśw – mesic mixed coniferous forest		
86	0,79	b
85	0,93	a
40	0,96	a
31	1,10	c
LMśw – mesic mixed broadleaved forest		
104	0,71	a
99	0,78	a
52	1,07	b
53	1,18	c

homogeniczną. Pozostałe dwa młodsze drzewostany, 52- i 53-letnie tworzą oddzielne grupy (tab. 4).

W poszczególnych drzewostanach, przeprowadzono ponadto jednoczynnikową analizę wariancji ze względu na siedliskowe warunki wzrostu przy podobnym poziomie smukłości. Przeprowadzono ją w dwóch grupach drzewostanów. Pierwszą stanowiły drzewostany ze średnią smukłością  $>1,0$  m/cm. W tej grupie znalazł się najmłodszy drzewostan z BMśw i dwa najmłodsze LMśw (tab. 1 i 2). Drugą grupę stworzono z drzewostanów o średniej smukłości  $<0,8$  m/cm. W tej grupie znalazł się 86-letni drzewostan rosnący na BMśw oraz oba około stuletnie drzewostany z LMśw. Przeprowadzona analiza wariancji wykazała istotny wpływ siedliska w obrębie grup z podobną średnią smukłością w obu przedziałach średniej smukłości ( $>1,0$  m/cm i  $<0,8$  m/cm; tab. 5).

Przeprowadzono ponadto analizę porównań wielokrotnych z związku z istotnym zróżnicowaniem drzewostanów o zbliżonej smukłości na obu analizowanych siedliskach. W przypadku smukłości  $>1,0$  m/cm procedura pozwoliła wyróżnić dwie grupy jednorodne, choć zasadniczo nie różniące się istotnie. Obydwa drzewostany z siedliska LMśw są różne, jednak 31-letni drzewostan z uboższych warunków siedliskowych (BMśw) został włączony do jednorodnej grupy

**Tabela 5.** Jednoczynnikowa analiza wariancji smukłości ze względu na warunki wzrostu przy smukłości  $>1$  m/cm oraz  $<0,8$  m/cm

**Table 5.** One-way ANOVA analysis of slenderness in terms of site tree growth conditions at slenderness ratio of  $>1$  m/cm and  $<0.8$  m/cm

Źródło zmienności Source of variability	Suma kwadratów Total square deviation	Liczba stopni swobody Degree of freedom	Średni kwadrat odchylenia Mean square deviation	F	p wartość p-value
Smukłość $s$ , m/cm – Slenderness $s = h/d_{1,3} > 1.0$ , m/cm					
Wyraz wolny – Intercept	193,0123	1	193,0123	5 408,786	0,000*
TSL – Forest site type	0,3499	2	0,1749	4,902	0,009*
Błąd – Error	5,4241	152	0,0357		
Smukłość $s$ , m/cm – Slenderness $s = h/d_{1,3} < 0.8$ , m/cm					
Wyraz wolny – Intercept	38,26323	1	38,26323	2 638,870	0,000*
TSL – Forest site type	0,10355	2	0,05178	3,571	0,034*
Błąd – Error	0,97149	67	0,01450		

\*Istotny wpływ na poziomie 0,05.

\*Statistically significant effect at 0.05.

**Tabela 6.** Jednorodne grupy drzew ze względu na typ siedliskowy lasu przy średniej smukłości >1 m/cm oraz <0,8 m/cm  
**Table 6.** Homogeneous groups of trees in terms of forest site type at slenderness ratio of >1 m/cm and <0.8 m/cm

TSL Forest site type	Wiek drzewostanu Stand age	$\bar{x}$ m/cm	Grupy jednorodne Homogeneous groups	
Smukłość $s$ , m/cm – Slenderness $s = h/d_{1,3} > 1.0$ m/cm				
LMśw	52	1,07	a	
BMśw	31	1,10	a	b
LMśw	53	1,18	b	
Smukłość $s$ , m/cm – Slenderness $s = h/d_{1,3} < 0.8$ m/cm				
LMśw	104	0,71	a	
LMśw	99	0,78	a	
BMśw	86	0,79	a	

LMśw – mesic mixed broadleaved forest, BMśw – mesic mixed coniferous forest.

z 52-letnim oraz do drugiej z 53-letnim drzewostanem na siedlisku LMśw. W grupie drzewostanów o średniej smukłości <0,8 m/cm sytuacja kształtowała się odmiennie. Pomimo uzyskania istotnego zróżnicowania w analizie wariancji, test Tukeya dla grup o niejednakowej liczebności wyróżnił tylko jedną grupę jednorodną, w której znalazły się wszystkie włączone do tej grupy drzewostany (tab. 6).

## DYSKUSJA

Badania nad smukłością sosny zwyczajnej wykazały, iż jest to miara silnie skorelowana z wiekiem drzewa, przeciętną pierśnicą, wysokością drzewostanu, bonitacją, zagęszczeniem (Rymer-Dudzińska, 1992a). Stwierdzono, że przeciętna smukłość malała wraz ze wzrostem wieku drzewa. Zmniejszenie następowało w sytuacji wzrostu przeciętnej pierśnicy i wysokości drzewostanu, natomiast wzrost smukłości korelował ze zwiększeniem się klasy bonitacji i zagęszczenia (Rymer-Dudzińska, 1992b). Istotny wpływ wieku na smukłość potwierdziły również wyniki prac Orła (2007). Wymieniony autor wykazał ponadto, iż sosna cechowała się mniejszą smukłością niż gatunki

liściaste, a podobną jak modrzew europejski. Prace prowadzone przez Kaźmierczak i in. (2011) dowiodły, iż smukłość modrzewia zależy od wieku i pozycji biosocjalnej drzewa. Nie wykazano natomiast wpływu żyźności siedliska na analizowaną miarę.

Wyniki prac nad smukłością innych gatunków drzew wykazały zależności zbieżne z otrzymanymi dla sosny zwyczajnej. Na przykład smukłość jesionu wyniosłego na siedlisku lasu świeżego zależała najbardziej od wieku i klasy wysokości (Turczański i Kaźmierczak, 2018), a smukłość buka warunkowały średnia pierśnicy, wiek, wysokość oraz grubość kory (Rymer-Dudzińska i Tomusiak, 2000). Na podstawie uzyskanych wyników można wykazać, iż smukłość sosen malała zasadniczo z wiekiem drzewa w obu analizowanych typach siedliskowych lasu. Analiza danych pozwoliła wyodrębnić trzy jednorodne grupy dla obu siedlisk. Na LMśw smukłość z wiekiem kształtowała się typowo. Na BMśw oddzielne grupy tworzyły drzewostan najstarszy (86-letni) z najniższą wartością smukłości oraz najmłodszy (31-letni) z największą smukłością. Do jednej grupy zaklasyfikowano drzewostany 85- i 40-letnie mające zbliżone wartości badanej cechy. Jest to wyjątek będący wynikiem różnicy wysokości i grubości sosen 85-letnich rosnących w Nadleśnictwie Goleniów i 86-letnich rosnących w Nadleśnictwie Durowo (28,4 m i 24,7 m). Przeciętna smukłość drzewostanu 85-letniego (0,93 m/cm) przewyższa średnią smukłość sosen 86-letnich (0,79 m/cm). Według badań Burschela i Husa (1997) uzyskana wartość smukłości – poniżej 1 m/cm – czyni ten drzewostan niestabilnym. Tempo wzrostu wysokości jest znacznie szybsze od wzrostu grubości. Można to stwierdzić, porównując średnie cechy drzewostanu w zbliżonym wieku i warunkach siedliskowych. Różnica wysokości występująca między obydwoma badanymi drzewostanami wynosi blisko 4 m. Podobną niestabilnością cechują się analizowane drzewostany 99- i 104-letnie.

Jednoczynnikowa analiza wariancji ze względu na siedliskowe warunki wzrostu, przy podobnym poziomie smukłości ( $s > 1,0$  m/cm i  $s < 0,8$  m/cm), wykazała istotny wpływ siedliska w obrębie grup z podobną średnią smukłością w obu przedziałach. Analiza porównań wielokrotnych pozwoliła wyodrębnić jednorodne grupy drzew, w skład których weszły sosny rosnące zarówno na BMśw, jak i na LMśw. Wynika

to ze zbliżonych warunków obu analizowanych typów siedliskowych, cechujących się podobnym składem gatunkowym drzewostanu (db-so) i zasadniczo zbliżonymi wartościami przeciętnej pierśnicy i wysokości. Różnice w osiągniętych rozmiarach mogą wynikać z wielu czynników – edaficznych, genetycznych czy klimatycznych. Część z analizowanych drzewostanów była przedmiotem szerszych badań nad kształtowaniem się podstawowych cech biometrycznych sosny w odrębnych krainach przyrodniczo-leśnych. Wyniki wykazały zróżnicowanie struktury biometrycznej rozpatrywanych drzewostanów sosnowych zależnie od położenia geoklimatycznego. Miarą tego są zwłaszcza różnice w średniej wysokości drzewostanów i rozstępie wysokości, przenoszące się na bonitację i sumaryczną miąższość drzewostanów (Turczański i Beker, 2016). Ponadto wymienieni autorzy stwierdzili, iż na siedliskach BMśw, BMw i LMśw wysokość drzewostanów Krainy Bałtyckiej osiąga wartości znacznie wyższe niż w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej i jest zbliżona lub większa od średniej krajowej. Może to tłumaczyć różnice występujące w smukłości między wspomnianymi wyżej 85- i 86-letnimi drzewostanami rosnącymi na BMśw.

## WNIOSKI

Przeciętna smukłość sosny zwyczajnej zasadniczo maleje z wiekiem drzewostanu, niezależnie od warunków siedliskowych. Wyjątkiem jest drzewostan 85-letni na siedlisku boru mieszanego świeżego, którego średnia smukłość przewyższa średnią smukłość sosen 86-letnich i czyni ten drzewostan niestabilnym. Wynika to ze zróżnicowania wzrostu wysokości i grubości drzew wchodzących w skład drzewostanu.

Wysoka smukłość sosen w wieku 52 i 53 lat w warunkach lasu mieszanego świeżego czyni te drzewostany niestabilnymi, ale świadczy też o dużej pełności strzał sosen.

Jednoczynnikowa analiza wariancji ze względu na siedliskowe warunki wzrostu, przy podobnym poziomie smukłości ( $s > 1,0$  m/cm i  $s < 0,8$  m/cm), wykazała istotny wpływ siedliska w obrębie grup z podobną średnią smukłością w obu przedziałach. Analiza porównań wielokrotnych pozwoliła wyodrębnić jednorodne grupy drzew, w skład których weszły sosny rosnące zarówno na BMśw i LMśw.

## PIŚMIENNICTWO

- Bank Danych o Lasach. Pobrano 25 sierpnia 2019 roku z: <https://www.bdl.lasy.gov.pl/portal/mapy>
- Bruchwald, A., Dmyterko, E. (2010). Metoda określania ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr [A method of determining risk of wind damage to tree stands]. *Leśn. Pr. Bad.*, 71(2), 165–173 [in Polish]. <https://doi.org/10.26202/sylwan.2014132>
- Bruchwald, A., Dmyterko, E. (2012). Ryzyko powstawania szkód w drzewostanach poszczególnych nadleśnictw Polski [Risk of damage to stands in individual forest districts in Poland]. *Sylwan*, 156(1), 19–27 [in Polish]. <https://doi.org/10.26202/sylwan.2011054>
- Bruchwald, A., Rymer-Dudzińska, T. (1990). Investigations on the relationship between the height and breast height diameter of pine trees according to various variables of the stand in the site classes. *Ann. Warsaw Agric. Univ. SGGW-AR, For. Wood Technol.*, 39, 13–18.
- Burschel, P., Huss, J. (1997). *Grundriss des Waldbaus*. Berlin: Parey Buchverlag.
- Kaźmierczak, K. (2012). Smukłość sosen w klasach biosocjalnych [Slenderness of pine trees in social classes of tree position in the stand]. *For. Lett.*, 103, #33–39 [in Polish]. Pobrano z: <http://forestryletters.pl/index.php/forestryletters/article/view/7>
- 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 [The effect of forest site type, age and social class of tree position in the stand on slenderness in European larch (*Larix decidua* Mill.)]. *Sylwan*, 155(7), 472–481 [in Polish]. <https://doi.org/10.26202/sylwan.2010096>
- Matuszkiewicz, J. M. (2007). *Zespoły leśne Polski* [Polish forest plant communities]. Warszawa: Wyd. PWN [in Polish].
- Orzeł, S. (2007). A comparative analysis of slenderness of the main tree species of the Niepolomice Forest. *EJPAU Forestry*, 10(2), #13. Pobrano z: <http://www.ejpau.media.pl/volume10/issue2/art-13.html>
- Rymer-Dudzińska, T. (1992a). Smukłość drzew w drzewostanach sosnowych [Slenderness of trees in pine stands]. *Sylwan*, 136(11), 35–44 [in Polish].
- Rymer-Dudzińska, T. (1992b). Zależność średniej smukłości drzew w drzewostanach sosnowych od różnych cech taksacyjnych drzewostanu [Dependence of average slenderness of trees in pine stands on different forest inventory characteristics of the stand]. *Sylwan*, 136(12), 19–25 [in Polish].

- Rymer-Dudzińska, T., Tomusiak, R. (2000). Porównanie smukłości drzewostanów bukowych i dębowych [A comparison of slenderness in beech and oak stands]. *Sylwan*, 144(9), 45–52 [in Polish].
- Siedliskowe podstawy hodowli lasu. Załącznik nr 1 do zasad hodowli i użytkowania lasu wielofunkcyjnego [Silviculture foundations for silviculture. Annex no. 1 to the regulations for silviculture and forest utilisation of a multi-functional forest] (2003). Warszawa: CILP [in Polish].
- Turczański, K., Beker, C. (2016). Porównanie struktury wybranych drzewostanów sosnowych Nadleśnictw Durowo i Goleniów położonych w odrębnych krainach przyrodniczo-leśnych [Comparison the structure of chosen pine tree stands at forest districts Durowo and Goleniów located in separate natural-forest lands]. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar.*, 15(2), 113–121 [in Polish]. <https://doi.org/10.17306/J.AFW.2016.2.14>
- Turczański, K., Kaźmierczak, K. (2018). Wpływ wieku i klasy wysokości na zróżnicowanie cech pomiarowych jesionu wyniosłego (*Fraxinus excelsior* L.) rosnącego na siedlisku lasu świeżego [The impact of age and height class on the diversity of measurement characteristics of European ash (*Fraxinus excelsior* L.) growing in a fresh broadleaved forest]. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar.*, 17(3), 257–265 [in Polish]. <https://doi.org/10.17306/J.AFW.2018.3.2018.3.23>
- Zajączkowski, J. (1991). Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu [Forest resistance to harmful effects of wind and snow]. Warszawa: Wyd. Świat [in Polish].
- Zielony, R., Kliczkowska, A. (2012). Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski [The natural-forest regionalization of Poland 2010]. Warszawa: Wyd. CILP [in Polish].

## SLENDERNESS OF SCOTS PINE WITHIN THE SELECTED PINE STANDS IN MESIC MIXED CONIFEROUS FOREST AND MESIC MIXED BROADLEAVED FOREST

### ABSTRACT

**Introduction.** Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is a common species found in a wide range of forest site types from dry coniferous forest to mesic mixed broadleaved forest. The highest site index is recorded for pine in mesic mixed coniferous forests and mesic mixed broadleaved forests. Under these site conditions pine trees may also achieve different values of dbh, height and slenderness.

**Aim of the study.** The aim of the study was to determine regularities of Scots pine slenderness at various age and in different growth conditions, i.e. in the oak-pine forest type within mesic mixed coniferous forest and mesic mixed broadleaved forest.

**Material and methods.** Eight study plots of 0.2 ha, located in the Durowo and Goleniów Forest Districts, were selected for the analysis. Stands were characterized by the dominance of pine in the species composition (>90%) and high stocking (>0.9). The age of the pine trees ranged from 31 to 104 years.

**Results and conclusions.** The analysis showed that the average slenderness of pine trees decreases with the age of the stand, regardless of the site conditions. One-way analysis of variance (ANOVA) in terms of site growth conditions at a similar level of slenderness ( $s > 1.0$  m/cm and  $s < 0.8$  m/cm) indicated a significant impact of the site within groups with similar average slenderness in both groups.

**Keywords:** *Pinus sylvestris* L., slenderness, age of the stand, forest site type, oak and pine forest type