

KATARZYNA KAŻMIERCZAK

Kształtowanie się wybranych cech przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa w 50-letnim drzewostanie sosnowym

Selected measures of the growth space of a single tree in 50-years-old Scots pine stand

ABSTRACT

Kaźmierczak K. 2010. Kształtowanie się wybranych cech przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa w 50-letnim drzewostanie sosnowym. Sylwan 154 (4): 267-274.

The paper presents the results of an analysis of the characteristics of the growth space of a single tree in a 50-years-old pine stand. The following measures of the single tree growth space were selected and determined: crown projection area – p_k [m²], crown diameter – d_k [m], Seebach's growth space number (also called the crown deflection degree) – $d_p/d_{1,3}$, crown projection area to basal area ratio – $d_k^2/d_{1,3}^2$, single tree space – $ppd=p_k \cdot h$ [m³], crown spread (crown deflection coefficient) – d_k/h , and percentage use of a unit area – $pwj\% = 100 \cdot p_k/p_j$ [%]. Analyses included the biosocial position of each tree.

KEY WORDS

growth space, crown, Scots pine

ADDRESSES

Katarzyna Kaźmierczak – e-mail: kasiakdendro@wp.pl

Zakład Dendrometrii i Produkcyjności Lasu; Uniwersytet Przyrodniczy; ul. Wojska Polskiego 71 C; 60-625 Poznań

Wstęp

W drzewostanie zachodzą różne procesy – przede wszystkim wzrostu i konkurencji. Istotą tego ostatniego jest zaspokojenie wymagań życiowych poszczególnych drzew. Pod wpływem wzrostu i konkurencji kształtuje się struktura drzewostanu. Na zachodzące w drzewostanie procesy wpływają czynniki siedliskowe, biotyczne, abiotyczne i antropogeniczne. Planowanie użytków powinno być oparte na ocenie dynamiki wzrostowej drzew. Ten aspekt kieruje zainteresowania badawcze na pojedyncze drzewo, jego wymiary, wiek, przyrost, wielkość korony oraz przestrzeń wzrostu z uwzględnieniem właściwości gatunku.

Najczęściej przestrzeń wzrostu pojedynczego drzewa definiowana jest wielkością korony i jej elementów oraz wskaźnikami bazującymi na cechach pomiarowych korony. Wynika to z tego, iż wzrost i przyrost drzew w dużym stopniu zależy od wielkości korony. Zatem ważne jest poznanie wielkości, budowy i kształtu korony. Badania dotyczące koron różnych gatunków drzew prowadzili Burger oraz Badoux [za Borowskim 1974]. Opisanie rozwoju korony umożliwiło także opracowanie kryteriów ustalania uszkodzeń drzew, drzewostanów i kompleksu leśnego [m.in.: Gruber 1987, 1992; Bruchwald, Dmyterko 2007; Dmyterko 1994; Dmyterko, Bruchwald 2007a, b].

Przebieg przestrzeni wzrostu, jaką ma do dyspozycji pojedyncze drzewo w drzewostanie, zmienia się z czasem. Początkowo sadzonki użyte do odnowienia lub zalesiania dysponują taką samą

powierzchnią gruntu. Jej wielkość zależy m.in. od gatunku drzewa, rodzaju siedliska, sposobu uprawy gleby, wieku materiału sadzeniowego i celu produkcyjnego. Seebachowi [1845] zawdzięczamy pojęcie liczby przestrzeni wzrostowej. Zagadnienie to rozwijali dalej także Mayer [1958] i Freist [za Assmannem 1968]. Badaniem zależności wielkości korony od różnych cech drzewa zajmowali się również m.in.: Dubravac i Krejci [1993], Dubravac [1998, 1999, 2003, 2004] czy Hemery i in. [2005]. W Polsce badaniem wielkości korony w drzewostanach sosnowych zajmował się Lemke [1966]. Zależność przyrostu pierśnicy od m.in. powierzchni rzutu korony i objętości korony u sosen badał Dudek [1963], zaś związek pomiędzy polem rzutu korony a bieżącym przyrostem miąższości – Zajączkowski [1973]. Pojęcie przestrzeni pojedynczego drzewa wprowadzili Miś i Sugiero [2004], zaś Kaźmierczak i Stosik [2008] – procent wykorzystania jednostkowego pola i stopień wykorzystania przestrzeni.

Cel i zakres badań

Celem pracy jest analiza miar przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa w 50-letnim drzewostanie sosnowym. Ocenie poddano również moc związków pomiędzy przyjętymi miarami. Zbadano także ich zależność od pierśnicy i wysokości. Dla każdego drzewa przyjęto następujące miary przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa:

- powierzchnię rzutu korony – p_k [m²],
- szerokość korony – d_k [m],
- liczbę przestrzeni wzrostowej Seebacha (zwanej również stopniem wysunięcia korony) – $d_k d_{1,3}$,
- iloraz powierzchni rzutu korony – $d_k^2/d_{1,3}^2$,
- stopień rozłożystości korony (współczynnik wychylenia korony) – d_k/h ,
- przestrzeń pojedynczego drzewa – $ppd=p_k \cdot h$ [m³],
- procent wykorzystania jednostkowego pola – $pwjp=100 \cdot p_k/p_j$ [%].

Materiał i metodyka

Materiał badawczy został zebrany na powierzchni 0,25 ha zrębu zupełnego założonego w 50-letnim litym drzewostanie sosnowym wzrastającym na siedlisku boru mieszanego świeżego w Nadleśnictwie Doświadczalnym Zielonka. Na powierzchni zrębowej rosły 274 sosny i znajdowało się 30 drzew o uschniętych wierzchołkach, które pominięto w dalszych badaniach. Dla każdego drzewa zgodnie z kryteriami klasyfikacji Krafra ustalono stanowisko biosocjalne. Poza tym zmierzono:

- pierśnicę w korze w dwóch kierunkach (N-S i W-E) z zaokrągleniem do 0,1 cm, a średnią arytmetyczną z tych pomiarów przyjęto za pierśnicę drzewa,
- długość drzewa z zaokrągleniem do 0,01 m ustalono po ścięciu i przyjęto ją za wysokość drzewa,
- powierzchnię rzutu korony na podstawie rzutowanych przy pomocy rzutownika koron charakterystycznych punktów koron drzew (przeciętnie 4 do 14).

Na podstawie zebranego materiału pomiarowego określono wszystkie wymienione powyżej cechy przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa. Szerokość korony (d_k) uzyskano z powierzchni rzutu korony przyjętej za pole koła. Procent wykorzystania jednostkowego pola określono jako pole rzutu korony wyrażone w procentach jednostkowego pola, zaś jednostkowe pole drzew ustalono na podstawie ilorazu powierzchni badanego drzewostanu (0,25 ha) i liczby znajdujących się tam wszystkich drzew (304). Tak wyliczone jednostkowe pole dla pojedynczego drzewa wyniosło 8,22 m².

Dla każdej cechy przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa oraz pierśnicy i wysokości wyliczono podstawowe charakterystyki statystyczne. Zbadano rozkład pierśnicy, wysokości oraz miar przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa stosując testy zgodności: Kołmogorowa-Smirnowa oraz Lillieforsa. Obliczono siłę związku pomiędzy cechami opisującymi przestrzeń wzrostu drzew oraz ich zależności od wysokości i pierśnicy. Do obliczeń wykorzystano pakiet Statistica 7.1.

Wyniki

Średnie wartości pierśnicy i wysokości oraz analizowanych miar przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa zwiększają się z polepszaniem stanowiska biosocjalnego. Średnie arytmetyczne wszystkich badanych cech ustalone dla całego drzewostanu kształtują się na poziomie wartości uzyskanych dla drzewostanu panującego. Nie odbiegają również znacznie od tych, które wyliczono dla drzew II klasy Krafta (tab. 1).

Najmniej zmienną cechą jest wysokość (tab. 2). Współczynnik zmienności ustalony dla całego drzewostanu przekracza nieco 7%, zaś dla poszczególnych klas Krafta uzyskano jeszcze mniejszy poziom zmienności. Zmiennością około 10% w poszczególnych klasach biosocjalnych charakteryzuje się pierśnica. W drzewostanie panującym współczynnik zmienności tej cechy

Tabela 1.

Średnie wartości pierśnicy, wysokości i miar przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa w klasach Krafta i w drzewostanie

Means of breast height diameter, height and measures of the single tree growth space in biosocial classes and in the stand

Klasa Krafta	n [szt.]	$d_{1,3}$ [cm]	h [m]	p_k [m ²]	d_k [m]	$\frac{d_k}{d_{1,3}}$	$\frac{d_k^2}{d_{1,3}^2}$	ppd [m ³]	$\frac{d_k}{h}$	pwj/p [%]
I	32	23,51	20,53	11,85	3,85	16,44	274,33	243,49	0,19	144,14
II	125	18,74	19,22	6,97	2,92	15,55	249,89	133,96	0,15	84,80
III	72	15,45	18,29	4,59	2,37	15,38	245,80	83,92	0,13	55,89
I-III	229	18,37	19,11	6,91	2,88	15,62	252,02	133,53	0,15	84,00
IVa	36	13,08	16,88	3,16	1,98	15,16	235,60	53,36	0,12	38,39
IVb	9	12,29	16,27	3,31	2,01	16,26	269,68	53,25	0,12	40,30
IV	45	12,94	16,77	3,18	1,98	15,35	241,66	53,34	0,12	38,73
d-stan	274	17,48	18,72	6,29	2,73	15,58	250,32	120,36	0,14	76,57

Tabela 2.

Współczynniki zmienności [%] pierśnicy, wysokości i miar przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa w klasach Krafta i w drzewostanie

Coefficients of variability [%] of breast height diameter, height and measures of the single tree growth space in biosocial classes and in the stand

Klasa Krafta	n [szt.]	$d_{1,3}$	h	p_k	d_k	$\frac{d_k}{d_{1,3}}$	$\frac{d_k^2}{d_{1,3}^2}$	ppd	$\frac{d_k}{h}$	pwj/p
I	32	9,75	4,48	25,14	13,04	12,47	24,99	26,42	13,30	25,14
II	125	10,80	4,22	40,30	20,96	18,28	36,37	40,58	21,34	40,30
III	72	9,88	4,41	38,52	20,54	20,04	39,38	38,48	21,38	38,52
I-III	229	17,34	5,68	49,31	25,24	18,15	35,79	52,79	23,36	49,31
IVa	36	9,57	5,72	32,67	16,82	16,23	32,51	33,58	17,33	32,67
IVb	9	7,09	7,23	47,40	21,99	15,26	30,86	44,23	25,99	47,40
IV	45	9,46	6,08	35,34	17,59	16,10	32,25	35,12	19,11	35,34
d-stan	274	20,45	7,36	54,56	27,65	17,82	35,25	59,29	24,34	54,56

przekracza 17%, a w całym drzewostanie wynosi ponad 20%. Spośród omawianych cech przestrzeni wzrostu najbardziej zmiennymi w drzewostanie są: przestrzeń pojedynczego drzewa, powierzchnia rzutu korony oraz procent wykorzystania jednostkowego pola (tab. 2). Współczynnik zmienności tych miar obliczony dla całego drzewostanu przekroczył 50%. Znacznie mniejszą zmiennością w drzewostanie cechuje się iloraz powierzchni rzutu korony (35,25%), szerokość korony (27,65%) i stopień jej rozłożystości (24,34%). Najmniej zmienną miarą przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa jest liczba przestrzeni wzrostowej Seebacha (17,82%). W obrębie klas Krafta zmienność analizowanych miar jest mniejsza (tab. 2).

Wyniki testowania zgodności rozkładu rozpatrywanych cech pomiarowych drzew oraz miar ich przestrzeni wzrostu z rozkładem normalnym prezentuje tabela 3. Powierzchnię rzutu korony, szerokość korony, przestrzeń pojedynczego drzewa oraz procent wykorzystania jednostkowego pola cechuje rozkład odbiegający od rozkładu normalnego. Potwierdzają to wyniki obu zastosowanych testów. W przypadku pierśnicy i liczby przestrzeni wzrostowej Seebacha stwierdzono brak podstaw do odrzucenia hipotezy o zgodności rozkładu empirycznego z rozkładem normalnym. W przypadku wysokości, ilorazu powierzchni rzutu korony oraz stopnia jej rozłożystości test Lillieforsa odrzuca hipotezę o ich zgodności z rozkładem normalnym, zaś test Kołmogorowa-Smirnowa stwierdza brak podstaw do podjęcia takiej decyzji.

Oceniono moc zależności pomiędzy badanymi przestrzeniami wzrostu pojedynczego drzewa oraz zbadano ich związek z pierśnicą, wysokością i klasą biosocjalną. Wyniki zestawiono w tabeli 4. Prawie we wszystkich przypadkach obliczone współczynniki korelacji są istotne statystycznie na poziomie 0,05. Z pogarszaniem się stanowiska biosocjalnego maleją cechy przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa oraz pierśnica i wysokość. Zależność liczby przestrzeni wzrostowej Seebacha oraz ilorazu powierzchni rzutu korony od klasy Krafta jest nieistotna statystycznie na poziomie 0,05. Najsilniejszy związek z pozycją biosocjalną drzewa odnotowano dla pierśnicy i wysokości. Spośród rozpatrywanych miar przestrzeni z klasą Krafta najmocniej związana jest przestrzeń pojedynczego drzewa, zaś najslabiej stopień rozłożystości korony. Pozostałe cechy opisujące przestrzeń wzrostu związane są z klasami biosocjalnymi na zbliżonym poziomie.

Z siedmiu rozpatrywanych miar przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa pięć wykazuje istotny statystycznie związek z pierśnicą i wysokością (tab. 4). Jedynie w przypadku stopnia wysunięcia korony oraz ilorazu powierzchni rzutu korony nie stwierdzono zależności od pierśnicy i wysokości. Najsilniej od pierśnicy zależy przestrzeń pojedynczego drzewa, powierzchnia rzutu

Tabela 3.

Testowanie hipotezy o normalności rozkładu analizowanych cech
Testing of distribution normality

Badana cecha	Test	
	Kołmogorowa-Smirnowa	Test Lillieforsa
$d_{1,3}$	$p > 0,20$	$p < 0,10$
h	$p > 0,20$	$p < 0,05$
p_k	$p < 0,01$	$p < 0,01$
d_k	$p < 0,05$	$p < 0,01$
$d_k/d_{1,3}$	$p > 0,20$	$p > 0,20$
$d_k^2/d_{1,3}^2$	$p > 0,20$	$p < 0,01$
d_k/h	$p < 0,20$	$p < 0,01$
ppd	$p < 0,01$	$p < 0,01$
$p\omega_jp$	$p < 0,01$	$p < 0,01$

Tabela 4.

Współczynniki korelacji pierśnicy, wysokości i miar przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa
Coefficients of correlation of breast height diameter, height and measures of the single tree growth space

Cecha	$d_{1,3}$	h	klasa Krafta	p_k	d_k	$\frac{d_k}{d_{1,3}}$	$\frac{d_k^2}{d_{1,3}^2}$	$\frac{d_k}{h}$	ppd	p_{wjp}
$d_{1,3}$		0,785*	-0,847*	0,785*	0,784*	0,062	0,041	0,644*	0,822*	0,785*
h	0,785*		-0,788*	0,534*	0,537*	-0,087	-0,096	0,307*	0,605*	0,534*
klasa Krafta	-0,847*	-0,788*		-0,678*	-0,687*	-0,081	-0,077	-0,544*	-0,709*	-0,678*
p_k	0,785*	0,534*	-0,678*		0,988*	0,621*	0,607*	0,947*	0,994*	1,000*
d_k	0,784*	0,537*	-0,687*	0,988*		0,658*	0,638*	0,966*	0,977*	0,988*
$d_k/d_{1,3}$	0,062	-0,087	-0,081	0,621*	0,658*		0,993*	0,779*	0,557*	0,621*
$d_k^2/d_{1,3}^2$	0,041	-0,096	-0,077	0,607*	0,638*	0,993*		0,761*	0,542*	0,607*
d_k/h	0,644*	0,307*	-0,544*	0,947*	0,966*	0,779*	0,761*		0,909*	0,947*
ppd	0,822*	0,605*	-0,709*	0,994*	0,977*	0,557*	0,542*	0,909*		0,994*
p_{wjp}	0,785*	0,534*	-0,678*	1,000*	0,988*	0,621*	0,607*	0,947*	0,994*	

* wartości istotne statystycznie na poziomie 0,05

* values significant statistically at 0.05 level

korony i procent wykorzystania jednostkowego pola oraz szerokość korony. Nieco słabszą zależność od pierśnicy stwierdzono ze stopniem rozłożystości korony. Wszystkie cechy rosną ze wzrostem charakterystycznej średnicy drzewa. Podobny związek miar przestrzeni zaobserwowano z wysokością, jednak uzyskane współczynniki korelacji są nieco mniejsze niż w przypadku pierśnicy.

Wszystkie cechy przestrzeni wzrostu drzewa są ze sobą skorelowane (tab. 4), a wzrost jednej cechy powoduje wzrost drugiej. Najsilniejszą zależność prostoliniową ustalono między procentem wykorzystania jednostkowego pola a powierzchnią rzutu korony. Nieco słabsza jest zależność powierzchni rzutu korony od przestrzeni pojedynczego drzewa, szerokością korony i stopnia jej rozłożystości. Najmniejszym współczynnikiem korelacji charakteryzują się związki cech przestrzeni wzrostu i stopnia wysunięcia korony oraz ilorazu powierzchni rzutu korony.

Dyskusja

W prezentowanej pracy omówiono cechy przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa określone dla 50-letnich sosen. Wcześniej została przeprowadzona analiza kształtowania się wybranych miar przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa w 88-letnim drzewostanie sosnowym [Każmierczak 2009]. Porównując wyniki obu prac można stwierdzić, iż wielkość przyjętych cech przestrzeni wzrostu zwiększa się z wiekiem drzew. Średnia powierzchnia rzutu korony drzewa w drzewostanie 88-letnim była blisko trzykrotnie większa od tej w drzewostanie 50-letnim. W przypadku drzew górujących przewaga na korzyść osobników starszych była ponad dwu i półkrotna. Najmniejszą różnicę odnotowano w IV klasie Krafta, gdyż powierzchnia rzutu koron drzew bliskorębnych przewyższała 50-letnie tylko 1,3 razy. Średnia przestrzeń pojedynczego drzewa drzewostanu 88-letniego była większa ponad trzykrotnie od tej w drzewostanie 50-letnim. W poszczególnych klasach drzewostanu górującego była blisko trzy razy większa, zaś u drzew IV klasy jedynie przewyższała 1,4 razy drzewa młodsze. Szerokość koron sosen w drzewostanie starszym około półtorakrotnie przewyższała szerokość koron drzew III klasy wieku. Nieco mniejszą różnicę stwierdzono dla współczynnika wychylenia korony. Jeszcze mniejszą zaś różnicę zaobserwowano w przypadku liczby przestrzeni wzrostowej Seebacha i ilorazu powierzchni rzutu korony. Przestrzeń pojedynczego drzewa u 88-letnich sosen była około trzykrotnie większa od ustalonej dla drzew 50-letnich i zasadniczo malała z pogarszaniem się biosocjalnego stano-

wiska drzewa. Procent wykorzystania jednostkowego pola zasadniczo nie zmienił się z wiekiem drzewostanu. Jedynie w przypadku IV klasy Krafta u drzew starszych osiągnął połowę tego, co wyliczono u drzew młodszych. Porównując współczynniki zmienności miar przestrzeni wzrostu ustalone w obu drzewostanach, nie można jednoznacznie stwierdzić wyraźnych różnic.

Odnosząc prezentowane wyniki do uzyskanych w 135-letnim drzewostanie dębowym, stwierdzono istotniejsze różnice [Kaźmierczak, Stosik 2008]. Wynikać one mogą zarówno z różnicy wieku obu porównywanych drzewostanów, jak i odmienności gatunku. Średnia powierzchnia rzutu koron wszystkich dębów jest blisko sześciokrotnie większa od badanych sosen. Podobną różnicę zaobserwowano w drzewostanie panującym. U dębów górujących jest ona jeszcze większa, bo blisko dziewięciokrotna, zaś w pozostałych klasach biosocjalnych – około pięciokrotna. Szerokość koron 135-letnich dębów jest ponad dwukrotnie większa od szerokości koron 50-letnich sosen, jedynie u drzew I klasy Krafta osiągnęła trzykrotnie większą wartość. W przypadku liczby przestrzeni wzrostowej Seebacha i ilorazu powierzchni rzutu korony, podobnie jak u 88-letnich sosen, tak i w porównaniu z dębami nie zaobserwowano większego zróżnicowania. Przestrzeń pojedynczego drzewa u dębów była ponad dziewięciokrotnie większa niż u omawianych sosen. Największą różnicę odnotowano u drzew górujących (blisko 14 razy). Jednakże malała ona z pogarszaniem stanowiska biosocjalnego drzewa. Współczynnik wychylenia koron dębów natomiast tylko około półtorakrotnie przewyższał tę miarę u sosen. Procent wykorzystania jednostkowego pola był większy jedynie u górujących dębów, zaś w pozostałych klasach Krafta był mniejszy od obliczonego dla sosen. Porównując zmienność analizowanych miar przestrzeni wzrostu obliczonych w 135-letnim drzewostanie dębowym z uzyskanymi dla 50-letnich sosen można stwierdzić, iż z pogarszaniem się pozycji biosocjalnej dębu zmienność cech przestrzeni wzrostu w porównaniu z sosną jest większa.

Wnioski

- ✚ Cechy pomiarowe drzew (pierśnica i wysokość) oraz większość przyjętych miar przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa wykazują istotną statystycznie zależność od klasy biosocjalnej. Maleją one wraz z pogarszaniem się stanowiska drzewa w drzewostanie. Jedynie liczba przestrzeni wzrostowej Seebacha oraz iloraz powierzchni rzutu korony nie są istotnie zależne.
- ✚ Zmienność cech drzew w obrębie poszczególnych klas Krafta jest mniejsza od zmienności ustalonej dla całego drzewostanu. Najniższym współczynnikiem zmienności określonym dla miar przestrzeni wzrostu wyróżniają się drzewa górujące. Zasadniczo zmienność rośnie z pogarszaniem się stanowiska biosocjalnego drzewa.
- ✚ Najbardziej zmiennymi miarami w drzewostanie są: przestrzeń pojedynczego drzewa, powierzchnia rzutu korony oraz procent wykorzystania jednostkowego pola. Współczynnik zmienności tych miar przekroczył 50%. Najmniej zmienną miarą przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa jest liczba przestrzeni wzrostowej Seebacha.
- ✚ Powierzchnię rzutu koron, jej szerokość, przestrzeń pojedynczego drzewa oraz procent wykorzystania jednostkowego pola cechuje rozkład odbiegający od rozkładu normalnego.
- ✚ Stopień wysunięcia korony oraz iloraz powierzchni rzutu korony nie wykazują istotnej statystycznie zależności od pierśnicy i wysokości. Najsilniej z pierśnicą oraz z wysokością związana jest przestrzeń pojedynczego drzewa, a najsłabiej – współczynnik wychylenia korony.
- ✚ Wszystkie miary opisujące przestrzeń wzrostu pojedynczego drzewa są ze sobą skorelowane.

Literatura

Assmann E. 1968. Nauka o produktywności lasu. PWRiL, Warszawa.

- Borowski M. 1974. Przyrost drzew i drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2007. Reakcja przyrostowa świerka w powiązaniu ze stopniem uszkodzenia korony. Sylwan 151 (11): 22-34.
- Dmyterko E. 1994. Metody określania stopnia uszkodzenia drzewostanów sosnowych przez emisje przemysłowe. Prace IBL 782: 128-155.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2007a. Kryteria określania uszkodzenia świerka. Sylwan 151 (6): 12-23.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2007b. Drzewostanowa metoda określania uszkodzenia świerka. Sylwan 151 (6): 24-33.
- Dubravac T. 1998. Istrazivanje strukture krosanja hrasta lužnjaka i običnoga graba u zajednici (*Carpino betuli-Quercetum roboris* (Anić 1959 Raus 1969)). Rad. Sum. Inst. 33 (2): 61-102.
- Dubravac T. 1999. Utjecaj broja stabala na promjer krošnje hrasta lužnjaka u zajednici (*Carpino betuli-Quercetum roboris* Anić ex Rauš 1969). Rad. Sum. Inst. 34 (2): 23-37.
- Dubravac T. 2003. Dinamika razvoja promjera krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba ovisno o prsnom promjeru i dobi. Rad. Sum. Inst. 38 (1): 35-54.
- Dubravac T. 2004. Dinamika razvoja dužina krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba ovisno o prsnom promjeru i dobi. Rad. Sum. Inst. 39 (1): 51-69.
- Dubravac T. Krejci V. 1993. Ovisnost promjera horizontale projekcije krosanja hrasta lužnjaka o totalnim visinama stabala pojedinih dobnih razreda ekološko-gospodarkog tipa II-G-10 (*Carpino betuli-Quercetum roboris* (Anić/emend. Raus 1969)). Rad. Sum. Inst. 28 (1/2): 79-89.
- Dudek A. 1969. Zależność intensywności przyrostu miąższości i przyrostu pierśnicy od wielkości korony. Fol. For. Pol. ser. A 15: 149-169.
- Gruber F. 1987. Das Verzweigungssystem und der Nadelfall der Fichte [*Picea abies* (L.) Karst.] als Grundlage zur Beurteilung von Waldschäden. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben, Reihe A, 26.
- Gruber F. 1992. Dynamik und Regeneration der Gehölze. Baumarchitektur auf ökologisch-dynamischer Grundlage und zur Bioindikation am Beispiele der Europäischen Fichte [*Picea abies* (L.) Karst.], Weißtanne (*Abies alba* Mill.), Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* Franco) und Europäischen Lärche (*Larix decidua* Mill.). Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, 86/Teil I.
- Hemery G. E., Savill P. S., Pryor S. N. 2005. Application of the crown diameter-stem diameter relationship for different species of broadleaved trees. Forest Ecology and Management 215 (1/3): 285-294.
- Kazmierczak K. 2009. Wybrane miary przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa w bliskorębnym drzewostanie sosnowym. Sylwan 153 (5): 298-303.
- Kazmierczak K., Stosik M. 2008. Analiza wybranych cech przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa na przykładzie 135-letniego drzewostanu dębowego. Sylwan 154 (2): 3-9.
- Lemke J. 1966. Korona jako kryterium oceny dynamiki wzrostowej drzew w drzewostanie sosnowym. Fol. For. Pol. Ser. A 12: 185-236.
- Mayer R. 1958. Kronengröße und Zuwachsleistung der Traubeneiche auf süddeutschen Standorten. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung.
- Miś R., Sugiero D. 2004. Jednostkowe pole i przestrzeń drzew młodego pokolenia w dwugeneracyjnej buczynie karpackiej. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 3 (1): 25-39.
- Zajączkowski J. 1973. Przyrost miąższości w klasach biosocjalnych starszych drzewostanów sosnowych. Sylwan 117 (1): 1-10.

SUMMARY

Selected measures of the growth space of a single tree in 50-years-old Scots pine stand

The paper presents the results of an analysis of the characteristics of the growth space of a single tree in a 50-years-old pine stand. The research also covered the strength of the relations between those features and their correlation to tree dbh and height. The following measures of the single tree growth space were selected and determined: crown projection area – p_k [m²], crown diameter – d_k [m], Seebach's growth space number (also called the crown deflection degree) – $d_k/d_{1,3}$, crown projection area to basal area ratio – $d_k^2/d_{1,3}^2$, single tree space – $ppd=p_k \cdot h$ [m³], crown spread (crown deflection coefficient) – d_k/h , and percentage use of a unit area – $pwj p=100 \cdot p_k/p_j$ [%].

Empirical material was collected at 0.25 ha clear cut area in 50-years-old pure Scots pine stand growing on fresh mixed conifer forest habitat in the Zielonka Experimental Forest District.

The biosocial position was set for each tree using Kraft's classification criteria. Basic statistical measures were calculated for each of the analysed parameters as well as for dbh and height. Agreement with normal distribution was also checked. The strength of the relations between analysed features and their correlation to tree dbh and height was calculated.

The following conclusions were drawn:

- ✦ Majority of the adopted measures of the single tree growth space as well as dbh and height show a statistically significant dependence on Kraft's classes. They decrease with deteriorating of tree position in the stand. Only Seebach's growth space number and crown projection area to basal area ratio are in not significant relationship to the Kraft's class.
- ✦ Variability of examined characteristics of within individual Kraft's classes is lower than that for the whole stand. The smallest coefficient of variability was found for dominant trees (1st Kraft's class). In general, the variability increases with deterioration of the tree's biosocial position in the stand
- ✦ The greatest (over 50%) variability at the stand level was found for area of a single tree, crown projection area and percentage use of a unit area. Seebach's growth space number turned to be the most stable feature.
- ✦ Crown width, crown projection area ratio, area of a single tree and percentage use of a unit area have their distribution different from the normal one.
- ✦ The crown deflection degree and crown projection area ratio do not show statistically significant dependence on dbh and height. Area of a single tree shows the highest dependence on dbh and the lowest is characteristic for crown deflection degree.
- ✦ All the characteristics describing the growth space of a single tree are correlated to each other.