

KATARZYNA KAŻMIERCZAK

## Wybrane miary przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa w bliskorębnym drzewostanie sosnowym

Selected measures of the growth space of a single tree in maturing pine stand

### ABSTRACT

Każmierczak K. 2009. Wybrane miary przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa w bliskorębnym drzewostanie sosnowym. Sylwan 153 (5): 298-303.

The paper presents the results of an analysis of the characteristics of the growth space of a single tree in a 88-years-old pine stand. The following measures of the single tree growth space were selected and determined: crown projection area –  $p_k$  [m<sup>2</sup>], 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 –  $ppd=p_k \cdot h$  [m<sup>3</sup>], 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, 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

Przeźren wrostu pojedynczego drzewa najczęściej definiowana jest wielkością korony i jej elementów oraz wskaźnikami bazującymi na cechach pomiarowych korony. Badania dotyczące budowy i kształtu koron różnych gatunków drzew prowadzili Burger oraz Badoux [za Borowski 1974]. W literaturze polskiej badania koron prowadzono głównie w drzewostanach sosnowych [Lemke 1966], co jest zrozumiałe, ponieważ w Polsce sosna zwyczajna jest najpospolitszym i najważniejszym gospodarczo gatunkiem.

Pojęcie liczby przestrzeni wzrostowej pojawiło się w literaturze dzięki Seebachowi w 1845 roku [za Assman 1968]. Zagadnienie to rozwijali także Mayer [1958] i Freist [za Assman 1968]. Zależność wielkości korony od różnych cech drzewa badali m.in.: Dubravac i Krejci [1993], Dubravac [1998, 1999, 2003, 2004] oraz Hemery i in. [2005]. Miś i Sugiero [2004] wprowadzili pojęcie przestrzeni pojedynczego drzewa, 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 88-letnim drzewostanie sosnowym. Ocenie poddano także moc związków pomiędzy tymi miarami oraz zbadano zależność cech przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa od pierśnicy i wysokości.

Dla każdego drzewa przyjęto następujące miary przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa:

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

## Materiał i metody

Materiał badawczy został zebrany na jednohektarowym zrębie zupełnym założonym w 88-letnim litym drzewostanie sosnowym wznoszącym się na siedlisku boru świeżego w Nadleśnictwie Doświadczalnym Zielonka. Na powierzchni zrębowej rosły 474 sosny i jeden dąb oraz znajdowało się 12 drzew o uschniętych wierzchołkach. Wszystkie analizy przeprowadzono wyłącznie dla 474 sosen.

Dla każdego drzewa zgodnie z kryteriami klasyfikacji Krafta ustalono stanowisko biosocjalne. Poza tym pomierzono:

1. pierśnicę w korze w dwóch kierunkach (N-S i W-E) z zaokrągleniem do 0,1 cm; średnią arytmetyczną tych pomiarów przyjęto za pierśnicę drzewa,
2. długość drzewa z zaokrągleniem do 0,01 m ustalono po ścięciu i przyjęto ją za wysokość drzewa,
3. powierzchnię rzutu korony na podstawie rzutowanych, przy pomocy rzutownika koron, charakterystycznych punktów koron drzew (przeciętnie 7 do 14).

Na podstawie zebranego materiału pomiarowego określono wszystkie wymienione powyżej miary przestrzeni wzrostu 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 (1 ha) i liczby znajdujących się tam wszystkich drzew (487). Tak wyliczone jednostkowe pole dla pojedynczego drzewa wyniosło 20,534 m<sup>2</sup>.

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, wysokości i wszystkich przyjętych miar przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa maleją z obniżeniem stanowiska biosocjalnego drzewa (tab. 1). Średnie arytmetyczne cech przestrzeni wzrostu oraz pierśnicy i wysokości uzyskane dla całego drzewostanu osiągają poziomy wartości średnich drzewostanu panującego. Nie odbiegają one również od tych, które otrzymano dla drzew reprezentujących II klasę Krafta (tab. 1).

Cechami najbardziej zmiennymi w całym drzewostanie okazały się: przestrzeń pojedynczego drzewa, powierzchnia rzutu korony oraz procent wykorzystania jednostkowego pola. Współczynnik zmienności tych miar wyniósł ponad 50% (tab. 2). Zmienność pozostałych miar przestrzeni wzrostu dla drzewostanu osiągnęła poziom od blisko 8 do ponad 38%. Stwierdzono wzrost zmienności poszczególnych miar wraz z pogarszaniem się pozycji drzewa. Zmienność badanych cech w obrębie poszczególnych klas biosocjalnych była mniejsza od zmienności ustalonej w całym drzewostanie. Jedynie w przypadku drzewostanu opanowanego zmienność szerokości korony, liczby przestrzeni wzrostowej Seebacha, ilorazu powierzchni rzutu korony oraz stopnia rozłożystości korony przewyższała wartości uzyskane dla całego drzewostanu (tab. 2).

Wyniki testowania zgodności rozkładu rozpatrywanych cech z rozkładem normalnym prezentuje tabela 3. Wartości  $p$  mniejsze od 0,05 stanowią podstawę do odrzucenia hipotezy o zgodności rozkładu empirycznego z rozkładem normalnym. Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że powierzchnię rzutu koron, iloraz powierzchni rzutu korony, przestrzeń pojedynczego drzewa oraz procent wykorzystania jednostkowego pola cechuje rozkład odbiegający od rozkładu normalnego. Potwierdzają to wyniki obu zastosowanych testów (tab. 3). Dla pierśnicy, wysokości oraz szerokości korony, liczby przestrzeni wzrostowej Seebacha i stopnia rozłożystości test Lillieforsa odrzuca hipotezę o ich zgodności z rozkładem normalnym, zaś test Kołmogorowa-Smirnowa stwierdza brak podstaw do podjęcia takiej decyzji.

Oceniono siłę związku pomiędzy badanymi cechami przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa. Przeanalizowano także ich zależność od pierśnicy, wysokości i klasy Krafta. Uzyskane

**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 <sup>2</sup> ]	$d_k$ [m]	$\frac{d_k}{d_{1,3}}$	$\frac{d_k^2}{d_{1,3}^2}$	$ppd$ [m <sup>3</sup> ]	$\frac{d_k}{h}$	$pwj/p$ [%]
I	87	34,76	22,74	30,85	6,20	18,03	333,83	703,35	0,27	150,26
II	287	27,62	21,55	16,91	4,57	16,63	284,31	365,35	0,21	82,34
III	95	22,77	20,01	9,97	3,47	15,35	250,05	198,17	0,17	48,55
I-III	469	27,96	21,46	18,09	4,65	16,63	286,56	394,19	0,22	88,10
IV	5	19,44	19,39	4,02	2,19	11,35	138,34	77,15	0,11	19,58
d-stan	474	27,87	21,44	17,94	4,62	16,58	284,99	390,84	0,22	87,37

**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	$n$	$d_{1,3}$	$h$	$p_k$	$d_k$	$\frac{d_k}{d_{1,3}}$	$\frac{d_k^2}{d_{1,3}^2}$	$ppd$	$\frac{d_k}{h}$	$pwj/p$
I	87	11,28	6,97	28,09	14,40	16,57	32,08	29,77	15,04	28,09
II	287	12,50	6,05	35,82	17,82	16,70	34,23	37,16	18,09	35,82
III	95	10,73	6,09	49,31	23,59	24,81	52,86	48,61	25,73	49,31
I-III	469	17,47	7,57	48,80	24,88	18,80	37,96	52,96	22,82	48,80
IV	5	4,69	4,80	51,42	28,11	30,50	57,37	50,06	30,30	51,42
d-stan	474	18,28	7,47	51,93	26,26	19,32	38,83	55,95	24,11	51,93

wyniki zestawiono w tabeli 4. Na ich podstawie można stwierdzić, iż prawie we wszystkich przypadkach obliczone współczynniki korelacji są istotne statystycznie na poziomie 0,05.

Wszystkie badane cechy wykazują istotny statystycznie związek z klasą Krafta (tab. 4). Z pogarszaniem się stanowiska biosocjalnego maleją analizowane miary przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa, jak również pierśnica i wysokość. Najmniejszym współczynnikiem korelacji odznacza się zależność liczby przestrzeni wzrostowej Seebacha oraz ilorazu powierzchni rzutu korony od klasy Krafta. Nieco silniej ze stanowiskiem biosocjalnym związana jest wysokość i stopień rozłożystości korony. Pozostałe cechy opisujące przestrzeń wzrostu związane są z naturalnymi klasami drzew na zbliżonym poziomie. Oczywiście z najmocniejszą siłą korelacji mamy do czynienia w przypadku pierśnicy.

Z siedmiu badanych cech przestrzeni wzrostu pięć wykazuje istotny statystycznie związek z wysokością i pierśnicą (tab. 4). Tylko stopień wysunięcia korony oraz iloraz powierzchni rzutu korony nie wykazują takiej zależności z podstawowymi cechami pomiarowymi drzewa. Najsilniej od pierśnicy zależy przestrzeń pojedynczego drzewa, szerokość korony, powierzchnia rzutu korony i procent wykorzystania jednostkowego pola. Nieco słabiej zależy od pierśnicy stopień rozłożystości korony. Wszystkie analizowane cechy rosną wraz ze wzrostem pierśnicy

**Tabela 3.**

Testowanie hipotezy o normalności rozkładu analizowanych cech  
Testing of distribution normality

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

**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	$p_k$	$d_k$	$\frac{d_k}{d_{1,3}}$	$\frac{d_k^2}{d_{1,3}^2}$	$\frac{d_k}{h}$	$ppd$	$p\omega jp$
$d_{1,3}$		0,655*	-0,743*	0,692*	0,701*	0,016	-0,009	0,555*	0,734*	0,692*
$h$	0,655*		-0,546*	0,421*	0,426*	-0,044	-0,062	0,153*	0,528*	0,421*
klasa Krafta	-0,743*	-0,546*		-0,703*	-0,725*	-0,298*	-0,265*	-0,623*	-0,721*	-0,703*
$p_k$	0,692*	0,421*	-0,703*		0,987*	0,681*	0,666*	0,938*	0,990*	1,000*
$d_k$	0,701*	0,426*	-0,725*	0,987*		0,711*	0,686*	0,957*	0,973*	0,987*
$d_k/d_{1,3}$	0,016	-0,044	-0,298*	0,681*	0,711*		0,991*	0,799*	0,618*	0,681*
$d_k^2/d_{1,3}^2$	-0,009	-0,062	-0,265*	0,666*	0,686*	0,991*		0,777*	0,601*	0,666*
$d_k/h$	0,555*	0,153*	-0,623*	0,938*	0,957*	0,799*	0,777*		0,886*	0,938*
$ppd$	0,734*	0,528*	-0,721*	0,990*	0,973*	0,618*	0,601*	0,886*		0,990*
$p\omega jp$	0,692*	0,421*	-0,703*	1,000*	0,987*	0,681*	0,666*	0,938*	0,990*	

\* wartości istotne statystycznie na poziomie 0,05; values significant at 0,05 level

drzew. Podobny związek miar przestrzeni zaobserwowano z wysokością, jednak uzyskane współczynniki korelacji osiągają nieco mniejszą wartość niż dla pierśnicy (tab. 4).

Wszystkie cechy przestrzeni wzrostu drzewa są ze sobą skorelowane (tab. 4), a wzrost jednej cechy powoduje wzrost drugiej. Zależnością prostoliniową cechuje się związek procentu wykorzystania jednostkowego pola z powierzchnią rzutu korony. Tylko nieco słabsza jest zależność powierzchni rzutu korony z przestrzenią pojedynczego drzewa, szerokością korony i stopniem rozłożystości korony. Najmniejszym współczynnikiem korelacji cechują się związki cech przestrzeni wzrostu ze stopniem wysunięcia korony i ilorzem powierzchni rzutu korony.

## Wnioski

- ✚ Wszystkie przyjęte miary przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa wykazują istotną statystycznie zależność od klasy Krafta. Pierśnica i wysokość oraz cechy przestrzeni wzrostu drzew maleją wraz z pogarszaniem się ich stanowiska w drzewostanie.
- ✚ Zmienność wszystkich cech określających przestrzeń wzrostu drzewa rośnie z pogarszaniem się jego stanowiska biosocjalnego. Zmienność badanych cech w obrębie poszczególnych klas Krafta jest mniejsza od zmienności ustalonej dla całego drzewostanu. Najbardziej zmienne cechy (współczynnik zmienności powyżej 50%) to: przestrzeń pojedynczego drzewa, powierzchnia rzutu korony oraz procent wykorzystania jednostkowego pola.
- ✚ Powierzchnię rzutu korony, ilorz powierzchni rzutu korony, przestrzeń pojedynczego drzewa oraz procent wykorzystania jednostkowego pola cechuje rozkład odbiegający od rozkładu normalnego.
- ✚ Stopień wysunięcia korony oraz ilorz powierzchni rzutu korony nie wykazują istotnej statystycznie zależności z pierśnicą i wysokością. Najsilniej od pierśnicy zależą: przestrzeń pojedynczego drzewa, szerokość korony, powierzchnia rzutu korony i procent wykorzystania jednostkowego pola. Wszystkie te cechy rosną wraz ze wzrostem pierśnicy drzew. Podobny związek miar przestrzeni zaobserwowano z wysokością.
- ✚ Wszystkie cechy opisujące przestrzeń wzrostu pojedynczego drzewa są ze sobą skorelowane, a wzrost jednej cechy powoduje wzrost drugiej.

## Literatura

- Assmann E. 1968. Nauka o produktywności lasu. PWRiL, Warszawa.
- Borowski M. 1974. Przyrost drzew i drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
- Dubravac T. 1998. Istrazivanje strukture krosanja hrasta luznjaka i obicnoga graba u zajednici. (*Carpino betuli-Quercetum roboris*. Anić 1959, Rauš 1969). Rad. Sum. Inst. 33 2: 61-102.
- Dubravac T. 1999. Utjecaj broja stabala na promjer krošnje hrasta luznjaka u zajednici. (*Carpino betuli-Quercetum roboris*. Anić ex Rauš 1969). Radovi 34 2: 23-37.
- Dubravac T. 2003. Dinamika razvoja promjera krošanja hrasta luznjaka i običnoga graba ovisno o prsnom promjeru i dobi. Radovi 38 1: 35-54.
- Dubravac T. 2004. Dinamika razvoja dužina krošanja hrasta luznjaka i običnoga graba ovisno o prsnom promjeru i dobi. Radovi 39 1: 51-69.
- Dubravac T., Krejci V. 1993. Ovisnost promjera horizontale projekcije krosanja hrasta luznjaka o totalnim visinama stabala pojedinih dobnih razreda ekolosko-gospodarkog tipa II-G-10. (*Carpino betuli-Quercetum roboris*. (Anić 1959 Rauš 1969). Rad. Sum. Inst. 28 1/2: 79-89.
- 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.
- 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. Folia Forestalia Polonica seria 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.

## SUMMARY

### Selected measures of the growth space of a single tree in maturing pine stand

The paper presents the results of an analysis of the features of the single tree growth space in a 88-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 growth space of a tree were selected and determined: crown projection area –  $p_k$  [m<sup>2</sup>], 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 –  $ppd=p_k \cdot h$  [m<sup>3</sup>], crown spread (crown deflection coefficient) –  $d_k/h$ , and percentage use of a unit area –  $pwj/p=100 \cdot p_k/p_j$  [%].

The biosocial position was set for each tree using Kraft's classification criteria. Also, the following was measured:

1. Dbh in bark in two directions (N-S and W-E) with accuracy of up to 0.1 cm; the arithmetic mean of those measurements was assumed as tree dbh.
2. Tree height with accuracy of up to 0.1 m set after tree was cut was assumed as tree height.
3. Crown projection area on the basis of the characteristic tree crown points projected with the use of a crown projector, characteristic points in tree crowns (7 to 14 on average).

On the basis of the calculations, the following conclusions were reached:

1. All of the adopted measures of the single tree growth space show a statistically significant dependence on Kraft's classes. Dbh, height and tree growth space characteristic decrease with deteriorating of tree position in the stand.
2. Variability of all the features describing the tree growth space increases with its deteriorating biosocial position in the stand. The variability of examined characteristics of within individual Kraft's classes is lower than that for the whole stand. The greatest variability (over 50%) was found for the characteristics area of a single tree, crown projection area and percentage use of a unit area.
3. Crown width, crown projection area ratio, area of a single tree and percentage use of a unit area have distribution differing from the normal.
4. The crown deflection degree and crown projection area ratio do not show statistically significant dependence on dbh and height. Area of a single tree, crown width, and percentage use of a unit area show the highest dependence on dbh. All of the analysed features increase with the growth of tree dbh. A similar relationship of the characteristics of the growth space with tree height was noted.
5. All the characteristics describing the growth space of a single tree are correlated and the growth of one of them entails the growth of the other one.