

TERESA RYMER-DUDZIŃSKA, MAŁGORZATA DUDZIŃSKA

Analiza rozkładu pierśnic w drzewostanach bukowych

An analysis of the tree dbh distribution in beech stands

Abstract. Values of location measures, variability, and obliqueness of tree diameters at the breast height (dbhs) were studied in beech stands. An assessment of concordance of their distributions with theoretical distributions: normal, logarithmic-normal, Weibull's, beta, Sb. Johnson's, and double normal was made. The assessment was carried out using the Kolmogorow-Smirnow test. The logarithmic-normal distribution approximated the distribution of tree dbhs in beech stands in the best way, if compared to the other ones mentioned above.

Keywords: beech, tree dbh distribution, compliance with theoretical distributions

Wstęp

Zagadnienie aproksymacji rozkładów pierśnic drzew w drzewostanach za pomocą rozkładów teoretycznych jest niezwykle ważne przy modelowaniu wzrostów drzewostanów. Wybór rozkładu teoretycznego najodpowiedniejszego do aproksymacji rozkładu empirycznego powinien być poprzedzony wcześniejszą oceną zgodności rozkładów empirycznych z różnymi rozkładami teoretycznymi. Badania takie powinny być przeprowadzone na dużym materiale empirycznym.

W Polsce oceną zgodności rozkładów pierśnic z rozkładami teoretycznymi zajmowali się Siekierski [7] i Zasada [8]. Przedmiotem zainteresowania Siekierskiego były rozkłady pierśnic w jednowiekowych drzewostanach sosnowych i świerkowych oraz świerków w drzewostanach mieszanych świerkowo-sosnowych. Autor przeprowadził ocenę zgodności rozkładów pierśnic z rozkładami teoretycznymi: Weibulla, beta, Sb. Johnsona oraz podwójnym normalnym, zaproponowanym i stosowanym w modelu wzrostu sosny przez Bruchwalda [2, 1], a opracowanym teoretycznie przez Siekierskiego [6].

Badania przeprowadzone przez Zasadę [8] dotyczyły zgodności rozkładu pierśnic drzew w drzewostanach jodłowych z tymi samymi rozkładami teoretycznymi, które uwzględnił w swoich badaniach Siekierski. Badaniami rozkładów pierśnic w drzewostanach bukowych, jodłowych, świerkowych, dębowych, a także mieszanych z udziałem tych gatunków zajmowali się Jaworski i inni [3-5].

Badania te były prowadzone przy okazji szerszych badań nad strukturą drzewostanów górskich oraz jej zmianami z upływem lat. Oceniono wielkość, zmienność, skośność, kurtozę pierśnic drzew, a także opisowo kształt oraz typ rozkładu bez przeprowadzania oceny statystycznej. W literaturze polskiej brak jest badań nad zgodnością rozkładów pierśnic drzew w drzewostanach bukowych z rozkładami teoretycznymi.

Celem niniejszej pracy jest poznanie miar położenia i miar zmienności pierśnic drzew w drzewostanach bukowych, a także przeprowadzenie oceny zgodności ich rozkładów z rozkładami teoretycznymi. Spośród sześciu uwzględnionych w badaniach rozkładów teoretycznych wybrany zostanie ten, który najlepiej charakteryzuje empiryczny rozkład pierśnic.

Materiał i metodyka badań

Badania opierają się na materiale empirycznym zebrany na 76 powierzchniach próbnych założonych w drzewostanach bukowych położonych na terenie Obrębu Zawoja, Nadleśnictwo Sucha Beskidzka (31 powierzchni) i w Bieszczadach na terenie Nadleśnictwa Stuposiany (37 powierzchni) oraz Nadleśnictwa Dynów (8 powierzchni). W dalszej części pracy materiały z Nadleśnictw Stuposiany i Dynów będą nazywane bieszczadzkiemi. Na powierzchniach próbnych pomierzono z zaokrągleniem do 1 mm pierśnice wszystkich drzew.

Drzewostany były różnowiekowe. Przeciętny wiek drzewostanów wahał się od 26 do 145 lat. Rozkład pierśnic drzew w drzewostanach bukowych scharakteryzowano wielkością średniej arytmetycznej (\bar{d}), średniej kwadratowej (d_g), mediany (\bar{d}_e), wielkością minimalną (d_{\min}) i maksymalną (d_{\max}), wielkością \bar{d}_1 (kwartył pierwszy – określa 25% podzbiór pierśnic o wartościach poniżej jego wartości), \bar{d}_3 (kwartył trzeci określa 25% podzbiór pierśnic o wartościach powyżej jego wartości), odchyleniem standardowym (δ) oraz współczynnikiem zmienności (V) i współczynnikiem skośności (a_s).

Przeprowadzono także badania zgodności rozkładów empirycznych pierśnic z sześcioma rozkładami teoretycznymi: normalnym (N), logarytmiczno-normalnym (LN), Weibulla (W), beta (B), Sb. Johnsona (J), podwójnym normalnym (PN). Ocenę przeprowadzono za pomocą testu Kołmogorowa-Smirnowa przy poziomie istotności 0,05. Statystykę D_n Kołmogorowa-Smirnowa, opartą na maksymalnej różnicy między dystrybuantą empiryczną i teoretyczną wykorzystano również do porównania stopnia zgodności rozkładu empirycznego z teoretycznym. W tym celu dla każdego rozkładu teoretycznego obliczono sumę i średnią arytmetyczną D_n . Ponadto dla każdej powierzchni próbnej określono rangę rozkładów teoretycznych w zależności od wielkości statystyki D_n . Rangę 1 przyporządkowano rozkładowi o najniższej wartości D_n , czyli najbardziej zgodnemu z rozkładem empirycznym, rangi wyższe od 2 do 6 kolejnym rozkładom o wzrastającej wielkości D_n .

Przy wyborze rozkładu teoretycznego, którym najlepiej daje się aproksymować rozkład pierśnic drzew, brano pod uwagę następujące kryteria:

- liczbę drzewostanów, w których badany rozkład teoretyczny nie różni się istotnie od rozkładu empirycznego,

- wielkość średniej arytmetycznej D_n ,
- średnią arytmetyczną rang,
- sumaryczną wielkość rang określoną dla każdego rozkładu ze względu na trzy pierwsze kryteria.

Wyniki

Ogólna charakterystyka rozkładów pierśnic

Rozpiętość grubości drzew w badanych drzewostanach jest bardzo duża. Przyczyną tego jest różnowiekowość drzewostanów (tab. 1).

Współczynnik zmienności pierśnic waha się w poszczególnych drzewostanach od 26,9 do 83,3%, a w jednym drzewostanie wyniósł nawet 102,2%, przeciętnie wynosi 46,5%, a więc jest mniej więcej dwukrotnie większy niż w drzewostanach sosnowych. Prawie we wszystkich drzewostanach wartość mediany jest mniejsza od średniej arytmetycznej pierśnic, tylko w jednym drzewostanie wartości są równe, a w pięciu mediana jest większa. Świadczy to o dodatniej skośności rozkładów pierśnic. Potwierdza to znak wskaźnika asymetrii – we wszystkich drzewostanach z wyjątkiem jednego jest dodatni. W niektórych drzewostanach skośność jest duża.

Kształt rozkładów jest bardzo różny, od prawie symetrycznego po skrajnie asymetryczny, dość często bi- i multimodalny, albo z niewyraźnym ośrodkiem dominującym (ryc. 1, 2, 3). Nie stwierdzono, aby kształt rozkładu zależał wyraźnie od wieku. Być może wynika to z tego, że są to drzewostany różnowiekowe i średni wiek określony na podstawie pewnej próby nie charakteryzuje dobrze rozkładu wieku drzew w drzewostanie.

Badania te potwierdzają stwierdzoną przez Jaworskiego i innych [3-5] dużą zmienność pierśnic drzew w drzewostanach bukowych, dodatnią asymetryczność rozkładów oraz różnorodny ich kształt.

Ocena zgodności rozkładów pierśnic z rozkładami teoretycznymi

Otrzymane wyniki dla drzewostanów z Obrębu Zawoja i z Bieszczadów nieco różnią się od siebie. Dlatego analizę przeprowadzono najpierw oddzielnie dla obu ośrodków, a następnie łącznie dla całego materiału.

- W badanych drzewostanach bukowych nie stwierdzono ani jednego przypadku, aby rozkład pierśnic istotnie różnił się przy poziomie istotności 0,05 od wszystkich rozpatrywanych rozkładów teoretycznych. Zdarzały się jednak takie przypadki, w których różnił się od kilku z nich.

Z analizy absolutnej i względnej liczby drzewostanów, w których różnica między rozkładem empirycznym pierśnic a poszczególnymi rozkładami teoretycznymi nie jest istotna statystycznie przy poziomie istotności 0,05 (tab. 2) wynika, że w drzewostanach Zawoi (Z) na pierwszym miejscu (o największej liczbie przypadków zgodności) uplasował się rozkład Sb. Johnsona (J), na drugim miejscu trzy

TABELA 1a
Charakterystyka rozkładu piersznicy drzew w drzewostanach bukowych. Nadleśnictwo Sucha Beskidzka, Obręb Zawoja

Lp.	Oddz.	W	dg	\bar{d}	d_e	δ	d_{min}	d_{max}	d_1	d_3	a_s	V
1	9B	35	10,7	10,0	9,1	3,90	5,3	28,1	7,1	12,7	1,45	39,1
2	9C	48	13,9	12,9	12,5	4,97	3,4	27,5	8,8	16,0	0,62	38,4
3	26b	62	19,6	18,1	16,9	7,68	6,0	49,1	12,0	22,5	0,88	42,5
4	27b	51	15,1	14,1	13,0	5,43	7,0	30,4	9,6	17,4	0,84	38,5
5	30b	77	18,9	17,5	17,2	7,18	3,0	45,2	11,2	22,4	0,57	40,9
6	31p	53	18,5	17,1	15,8	6,97	7,0	40,8	11,6	21,4	0,95	40,7
7	40a	115	26,6	25,2	24,2	8,64	10,0	50,7	19,4	30,2	0,49	34,3
8	47a	62	16,6	15,4	14,3	6,16	7,0	39,4	10,9	18,7	1,40	39,9
9	66d	44	11,8	10,6	9,9	5,25	2,8	25,6	6,6	14,4	0,54	49,6
10	77b	53	14,5	13,6	13,2	5,18	7,0	30,0	9,3	16,7	1,05	38,1
11	82c	31	7,7	6,5	5,5	4,09	1,1	24,0	3,2	8,7	1,03	63,0
12	82g	48	14,1	12,7	13,2	6,24	2,2	29,5	6,6	17,1	0,12	49,3
13	88a	38	9,2	7,8	6,8	4,90	1,4	32,2	3,9	10,2	1,53	62,6
14	88c	50	10,8	9,6	9,0	5,12	1,6	23,9	5,2	12,9	0,61	53,5
15	101b	75	20,8	19,5	19,0	7,11	7,1	38,9	13,6	24,2	0,32	36,5
16	104c	72	18,0	16,8	14,5	7,23	7,0	41,0	10,6	21,1	0,83	43,9
17	105b	66	21,0	19,0	17,6	8,95	7,0	57,5	12,3	23,2	1,51	47,1
18	106a	67	15,8	14,8	13,8	5,54	0,5	35,3	10,9	18,0	0,76	37,4
19	107a	66	19,4	18,0	16,5	7,26	7,8	42,0	13,0	21,4	1,11	40,4
20	122a	34	11,4	10,7	10,3	3,78	5,0	22,9	7,8	13,0	0,80	35,2
21	154a	-	19,3	18,3	17,9	6,39	7,9	39,5	12,9	23,6	0,37	35,0
22	163a	75	20,5	19,5	19,1	6,26	8,8	38,8	15,2	23,2	0,45	32,1
23	164a	78	21,0	19,7	19,4	7,12	7,7	60,0	14,1	24,3	1,38	36,1
24	174c	99	21,4	20,4	20,0	6,58	7,4	43,1	15,6	24,5	0,61	32,3
25	182f	56	12,6	11,5	10,7	5,12	2,3	30,5	7,9	14,5	0,98	44,6
26	183a	50	10,9	10,2	9,4	3,74	4,0	22,3	7,3	12,2	0,86	36,7
27	184a	50	8,0	7,5	7,2	2,72	2,4	15,6	5,5	9,3	0,41	36,3
28	190a	66	17,9	17,0	16,7	5,38	7,3	32,0	12,9	20,6	0,57	31,6
29	192d	-	19,0	17,7	16,9	6,73	7,0	41,5	12,3	22,1	0,67	37,9
30	203b	46	7,8	6,9	5,7	3,64	2,2	17,3	4,0	9,1	0,88	53,1
31	205a	-	7,8	7,3	7,1	2,82	1,1	15,0	5,4	9,2	0,37	38,5

TABELA 1b1
 Charakterystyka rozkładu pierśnic drzew w drzewostanach bukowych. Nadleśnictwo Stuposiany

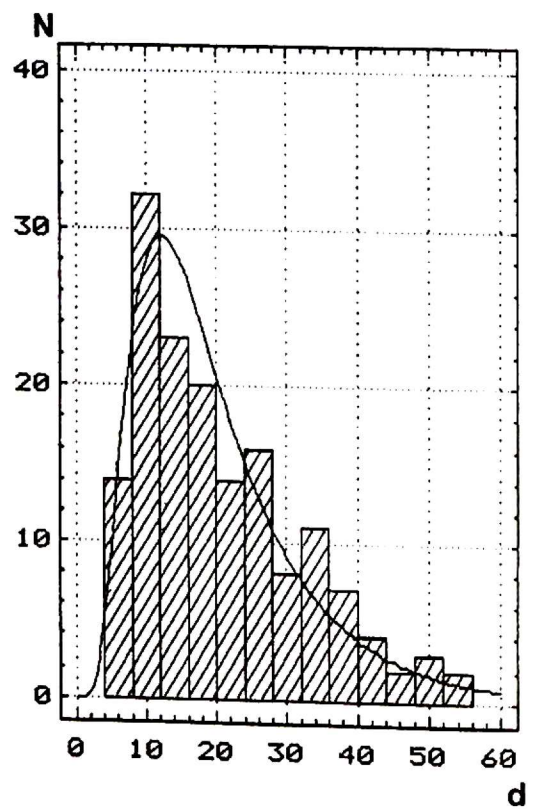
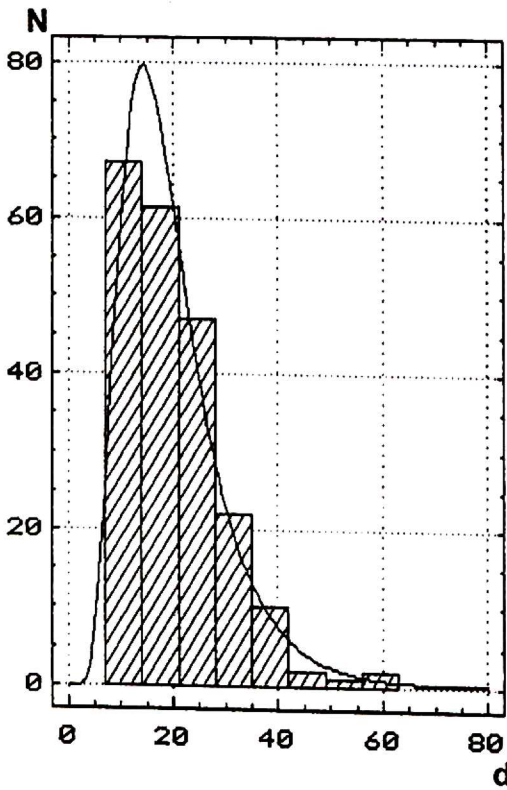
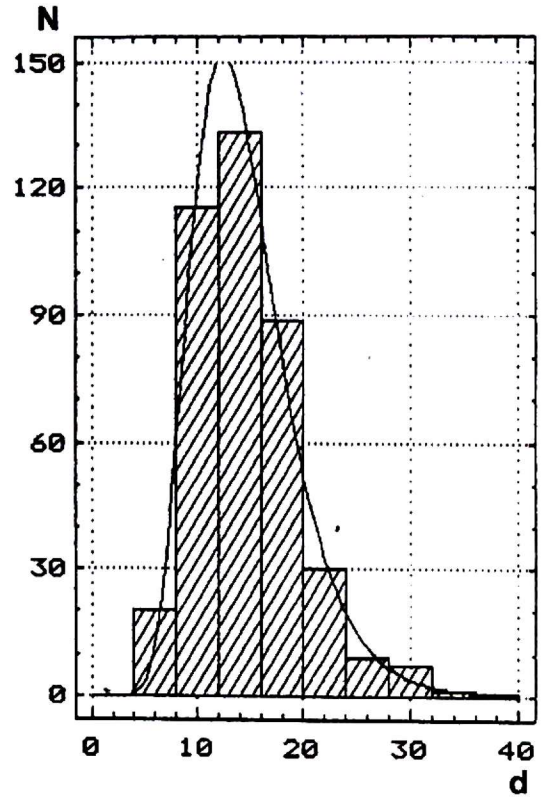
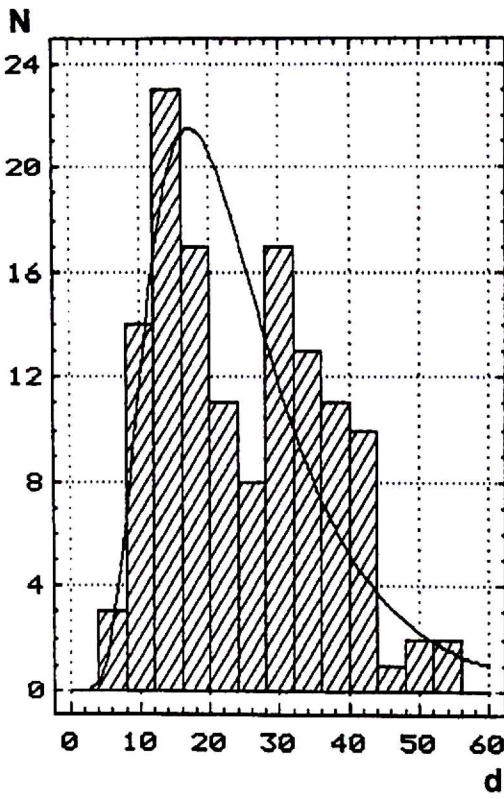
Lp.	Nr pow.	W	dg	\bar{d}	d_e	δ	d_{\min}	d_{\max}	d_1	d_3	a_s	V
1	1	74	20,7	18,9	16,3	8,46	5,8	53,7	12,4	25,1	0,87	44,7
2	3	79	27,4	24,9	23,9	11,48	7,6	52,8	13,7	33,9	0,36	46,1
3	4	77	19,7	17,4	14,1	9,22	7,0	48,2	10,3	22,0	1,19	53,0
4	5	69	25,2	22,7	20,6	11,14	7,0	54,5	12,9	31,0	0,62	49,2
5	6	77	31,8	27,7	27,0	15,67	6,7	72,0	12,6	38,9	0,57	56,6
6	7	84	43,0	36,4	31,0	23,00	7,0	97,0	15,1	55,2	0,53	63,2
7	8	72	29,9	27,1	26,6	12,80	8,3	71,7	16,1	34,5	0,67	47,3
8	9	65	28,8	22,7	16,4	17,74	2,7	70,0	7,3	36,1	0,79	78,0
9	10	76	32,1	26,9	23,5	17,63	3,0	76,0	11,8	39,3	0,53	65,5
10	11	68	31,9	27,9	25,0	15,56	3,2	78,0	16,0	37,7	0,68	55,8
11	12	69	27,8	23,3	16,8	15,20	5,1	75,0	11,7	32,8	1,24	65,1
12	13	71	32,1	26,6	19,2	18,07	5,4	85,0	11,5	40,5	0,96	67,9
13	14	74	26,3	21,9	16,1	14,59	5,1	68,0	10,8	29,2	1,32	66,6
14	15	53	14,8	11,4	9,0	9,50	3,1	76,0	6,2	12,6	3,56	83,3
15	16	78	27,4	24,4	23,6	12,60	0,6	58,8	14,3	32,8	0,52	51,7
16	17	79	22,0	19,6	18,0	10,11	4,2	54,7	11,0	25,8	0,90	51,7
17	18	87	40,0	37,5	37,3	14,01	7,8	69,0	26,5	48,2	0,07	37,3

TABELA 1b2
Charakterystyka rozkładu pierśnic drzew w drzewostanach bukowych. Nadleśnictwo Stuposiany

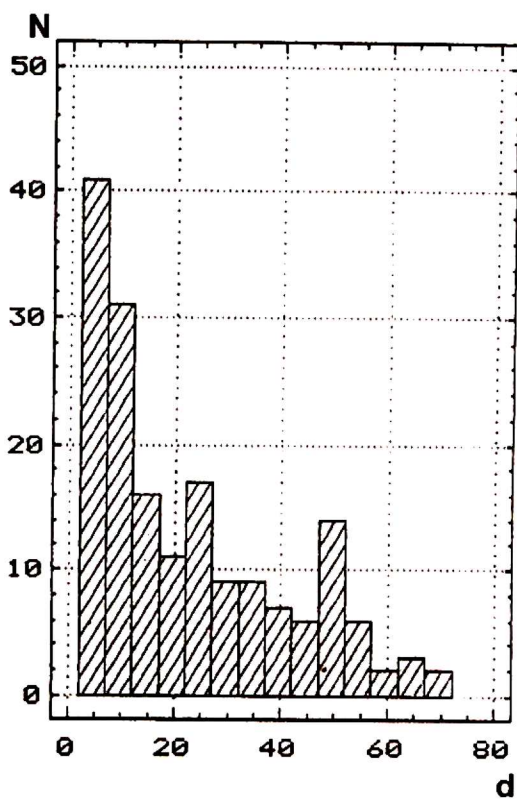
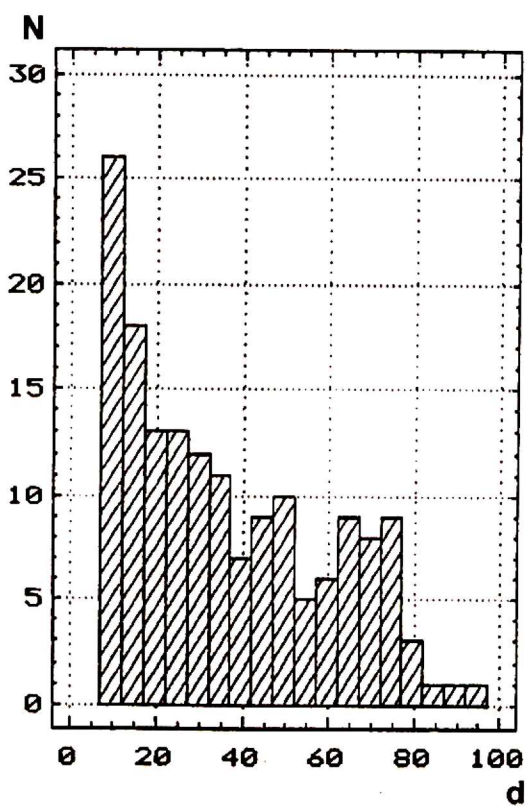
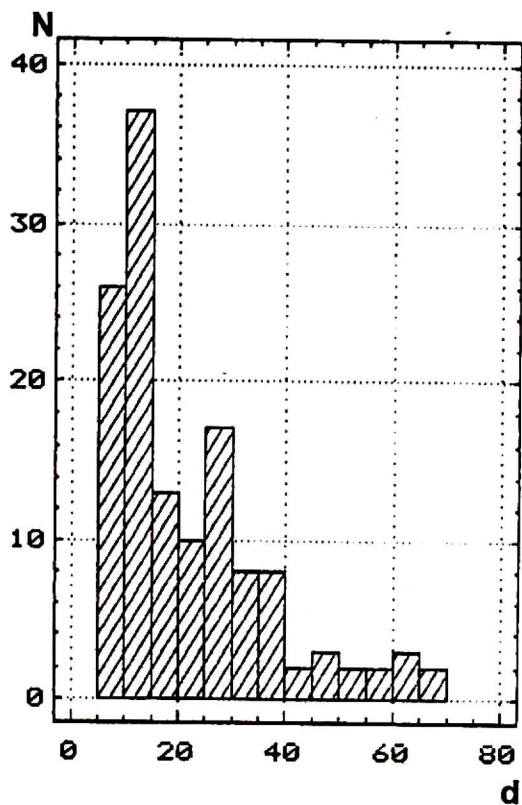
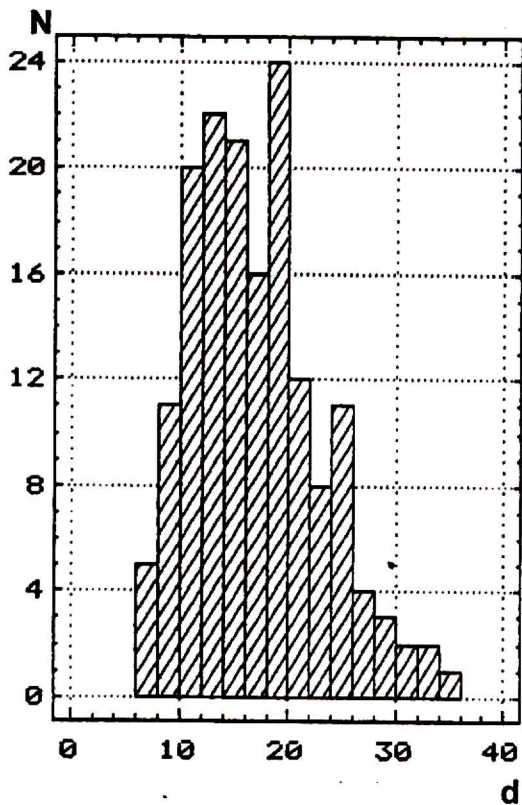
Lp.	Nr pow.	W	dg	\bar{d}	d_c	δ	d_{\min}	d_{\max}	d_1	d_3	a_s	V
18	21	77	33,3	28,3	26,0	17,68	7,0	132,1	14,3	38,0	1,86	62,5
19	22	118	32,1	27,4	22,3	16,81	7,2	71,0	14,3	38,5	0,96	61,3
20	23	62	17,0	15,8	15,0	6,26	7,0	54,1	11,3	19,0	1,66	39,6
21	24	63	18,5	17,3	16,5	6,59	1,8	46,5	12,7	21,6	0,78	38,0
22	25	67	24,9	17,4	15,7	318,00	7,0	224,0	10,6	20,8	10,16	102,2
23	26	66	17,8	16,9	16,7	5,51	7,4	44,3	12,4	19,9	0,91	32,6
24	27	65	17,6	16,8	16,5	5,28	8,0	45,1	12,5	20,3	1,02	31,4
25	28	69	15,3	14,6	14,1	4,83	7,0	34,1	10,9	17,3	0,93	33,2
26	29	69	14,4	13,7	13,2	4,40	5,7	27,3	10,6	16,7	0,59	32,1
27	30	69	14,1	13,2	12,8	4,92	1,4	30,0	9,3	16,4	0,62	37,2
28	31	111	37,7	32,9	33,5	18,41	7,2	75,0	15,2	49,6	0,17	55,9
29	32	77	22,2	19,9	18,6	9,76	7,0	61,3	12,2	25,0	1,27	49,1
30	33	77	21,5	19,5	18,1	8,93	7,5	59,2	12,8	23,9	1,44	45,7
31	34	77	18,4	16,6	14,2	8,03	7,0	60,5	10,5	21,5	1,43	48,4
32	35	69	16,3	14,7	12,7	7,21	4,2	43,6	9,2	19,0	1,06	49,2
33	36	88	16,0	14,2	12,0	7,47	3,2	42,4	8,4	18,4	1,15	52,6
34	37	77	25,8	22,6	19,2	12,44	7,0	67,0	13,0	31,3	0,97	55,0
35	38	77	28,2	23,8	17,8	15,31	7,1	75,0	11,0	33,8	1,06	64,4
36	39	82	23,4	20,3	18,6	11,59	3,8	54,1	10,8	26,9	0,85	57,0
37	40	89	23,2	19,5	16,3	12,60	3,0	67,0	9,2	26,7	1,05	64,5

TABELA 1c
 Charakterystyka rozkładu piersńnic drzew w drzewostanach bukowych. Nadleśnictwo Dynów

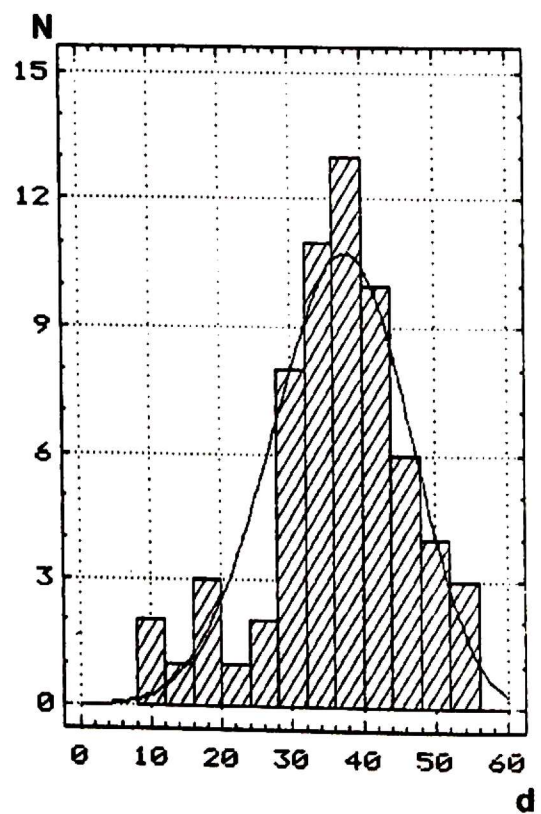
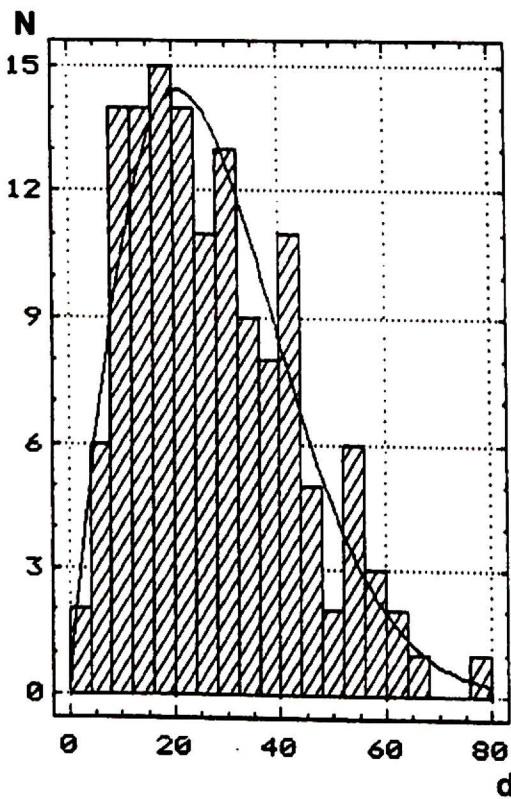
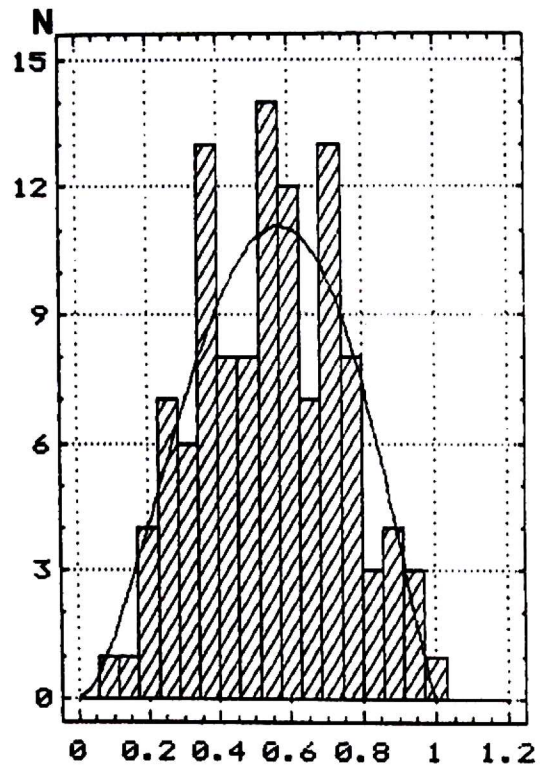
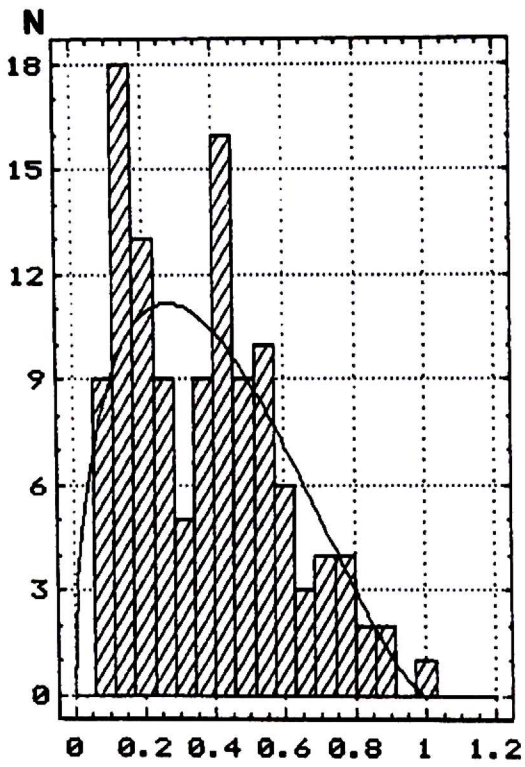
Lp.	Nr pow.	W	dg	\bar{d}	d_c	δ	d_{\min}	d_{\max}	d_1	d_3	a_s	V
38	42	87	37,7	36,4	36,9	9,80	10,9	53,2	31,6	42,8	-0,65	26,9
39	43	63	17,8	16,8	16,0	6,04	5,4	35,3	12,1	20,2	0,52	36,0
40	44	59	20,5	19,0	18,9	7,69	5,5	47,7	13,0	23,5	1,15	40,5
41	45	109	34,6	32,4	32,4	12,24	7,8	62,6	23,3	40,5	0,22	37,8
42	46	65	17,0	15,1	12,6	7,72	5,0	39,6	9,3	19,3	1,21	51,0
43	47	96	33,0	30,7	32,1	12,28	7,4	62,2	22,0	38,9	0,05	40,1
44	48	113	30,6	29,0	28,7	9,92	8,5	51,5	22,8	35,8	-0,05	34,2
45	49	99	29,5	27,5	28,5	10,89	10,6	55,0	17,3	35,7	0,23	39,6



RYC. 1. Rozkłady pierśnic drzew w drzewostanach bukowych, które wykazały największą zgodność z rozkładem logarytmiczno-normalnym



RYC. 2. Rozkłady pierśnic drzew w drzewostanach bukowych, które wykazały największą zgodność z rozkładem beta (a, b), rozkładem Weibulla (c, d)



RYC. 3. Rozkłady pierśnic drzew w drzewostanach bukowych, które wykazały największą zgodność z rozkładem podwójnym normalnym (a, b), Sb. Johnsona (c, d)

TABELA 2

Liczba drzewostanów, w których różnica między rozkładem empirycznym pierśnic a poszczególnymi rozkładami teoretycznymi nie jest istotna statystycznie przy poziomie istotności 0,05

Pow.	Ogólna liczba drzewostanów	Rozkład teoretyczny											
		N		LN		W		B		J		PN	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Z	31	25	80,7	29	94,4	29	93,6	29	93,6	30	96,8	27	87,1
B	45	22	48,9	40	88,9	30	66,7	31	68,9	44	97,8	27	60,0
Z+B	76	47	61,8	69	90,8	59	77,7	60	79,0	74	97,4	54	71,1

TABELA 3

Średnie wartości statystyki Dn Kołmogorowa-Smirnowa określającej zgodność rozkładu pierśnic z poszczególnymi rozkładami teoretycznymi

Powierzchnia	Ogólna liczba drzewostanów	Rozkład teoretyczny											
		N		LN		W		B		J		PN	
		Dn		Dn		Dn		Dn		Dn		Dn	
Z	31	0,086118		0,070563		0,073562		0,075620		0,077237		0,074080	
B	45	0,112258		0,080116		0,086011		0,094215		0,070838		0,100467	
Z+B	76	0,101756		0,076219		0,079801		0,086630		0,073448		0,089704	

rozkłady: rozkład logarytmiczno-normalny (LN), Weibulla (W) i beta (B), a na następnych miejscach rozkład podwójny normalny (PN) i normalny (N).

Podobnie kształtuje się kolejność rozkładów w drzewostanach z Bieszczadów (B). Na pierwszym i drugim miejscu znajduje się też rozkład J i LN, na dwóch ostatnich miejscach (piątym i szóstym) PN i N. Zmiany wystąpiły na miejscu trzecim i czwartym. Zajęły je rozkład B i W. Dla całości materiału (drzewostany Z + B) kolejność rozkładów jest identyczna jak dla drzewostanów z B.

Wprawdzie kolejność drzewostanów w Z i B jest bardzo podobna, to jednak procentowy udział drzewostanów, w których rozkłady pierśnic są zgodne z badanymi rozkładami teoretycznymi w B jest znacznie mniejszy niż w Z. W Z udział tych drzewostanów kształtuje się na poziomie od 96,8% (r. J) do 80,7% (r. N), natomiast w B na poziomie od 97,8% (r. J) do 48,9% (r. N) i dla pozostałych rozkładów 88,9% (LN), 68,9% (B), 66,7% (W), 60,0% (PN).

Biorąc pod uwagę tylko to jedno kryterium (liczba drzewostanów o rozkładzie pierśnic nie różniącym się istotnie od danego rozkładu teoretycznego) najlepiej opisuje rozkłady pierśnic w drzewostanach z Z rozkład J i równorzędnie rozkłady LN, W, B. Również odpowiedni pod tym względem jest rozkład PN. W drzewostanach z B najodpowiedniejszy jest rozkład J i ewentualnie rozkład LN. Przy stosowaniu pozostałych rozkładów należy spodziewać się niezgodności w około 30% drzewostanów. Dla całości materiału również najlepszy jest rozkład J i LN.

- Ze względu na wartość średniej arytmetycznej statystyki D_n (tab. 3) na pierwszym miejscu w drzewostanach z Z znajduje się rozkład LN, a na kolejnych miejscach rozkłady W, PN, B, J i N. W drzewostanach z B pierwsze miejsce zajmuje rozkład J, następne LN, W, B, PN, N. Dla całego materiału kolejność rozkładów jest taka sama jak dla B.
- Biorąc pod uwagę średnią wartość rangi poszczególne rozkłady uplasowały się na różnych miejscach w zależności od pochodzenia drzewostanów (tab. 4). W Z najlepszym rozkładem okazał się rozkład LN (3,00), a w dalszej kolejności W (3,03), PN (3,26), B (3,29), J (3,71) i N (4,71). W drugiej grupie drzewostanów (B) na pierwszym miejscu znalazł się rozkład J (2,44), a na następnych miejscach rozkłady LN (3,07), B (3,24), W (3,31), PN (4,11) i N (4,80). We wszystkich łącznie drzewostanach na pierwszym miejscu znalazł się rozkład J (2,69), a na kolejnych miejscach LN (3,04), W (3,20), B (3,26), PN (3,76) i N (4,78). Różnice w wielkości średniej wartości rang dla rozkładów, które zajęły dwa pierwsze miejsca dla całości materiału są niewielkie.

Oprócz średniej wartości rang bardzo ważny jest również procentowy udział drzewostanów, w których poszczególne rozkłady znalazły się na kolejnych (od 1 do 6) miejscach albo inaczej rozkład rang.

Rozkład LN ze względu na średnią wartość rangi w drzewostanach z Z znajduje się na pierwszym miejscu. Również w największej liczbie drzewostanów (32,3%) otrzymał on rangę 1, a w ponad połowie drzewostanów (51,7%) rangę 1 i 2.

Ten sam rozkład, w drzewostanach z B i wszystkich drzewostanach łącznie, ze względu na średnią wartość rangi znalazł się na drugim miejscu. W drzewostanach

TABELA 4a

Liczba drzewostanów, w których poszczególne rozkłady teoretyczne zajęły rangę od 1 do 6, jako ocenę stopnia zbliżenia do rozkładu empirycznego

Ranga	N			LN			Z			B			Z+B			Z+B			
	Z	n	%	Z	n	%	B	n	%	Z	n	%	B	n	%	Z+B	n	%	
																			Z
1				10		32,3	7		15,6	17		22,4							
2	3	9,7	4,4	6	6,6	19,3	15	33,3	21	27,6									
3	3	9,7	8,9	3	9,2	9,7	9	20,0	12	15,8									
4	4	12,9	15,6	3	14,5	9,7	4	8,9	7	9,2									
5	11	35,4	42,2	4	39,5	12,9	2	4,4	6	7,9									
6	10	32,3	28,9	5	30,2	16,1	8	17,8	13	17,1									
	31	100	100	31	100	100	45	100	76	100									
Średnia	4,71		4,8	3,0		3,07	3,04												
wart. rangi																			
Ranga	B			J			Z			B			Z+B			Z+B			
	Z	n	%	Z	n	%	B	n	%	Z	n	%	B	n	%	Z+B	n	%	
																			Z
1	2	6,5	17,8	6	19,4	48,9	28	36,8											
2	9	29,0	17,8	5	16,1	17,8	8	17,1	13	17,1									
3	5	16,1	13,3	2	6,5	6,7	3	6,6	5	6,6									
4	10	32,3	28,9	5	16,1	2,2	1	7,9	6	7,9									
5	3	9,7	17,8	5	16,1	15,5	7	15,8	12	15,8									
6	2	6,4	4,4	8	25,8	8,9	4	15,8	12	15,8									
	31	100	100	31	100	100	45	100	76	100									
Średnia	3,29		3,24	3,71		2,44	2,96												
wart. rangi																			

TABELA 4b
Liczba drzewostanów, w których poszczególne rozkłady teoretyczne zajęły rangę od 1 do 6, jako ocenę stopnia zbliżenia do rozkładu empirycznego

Ranga	W		B		Z+B	
	Z	%	n	%	n	%
1	4	12,9	3	6,7	7	9,2
2	5	16,1	8	17,8	13	17,1
3	13	42,0	14	31,1	27	35,5
4	4	12,9	14	31,1	18	23,7
5	5	16,1	4	8,9	9	11,9
6	2	4,4	2	2,6		
	31	100	45	100	76	100
Średnia wartość rangi	3,03		3,31		3,20	

Ranga	PN		B		Z+B	
	Z	%	n	%	n	%
1	9	29,0	5	11,1	14	18,4
2	3	9,7	4	8,9	7	9,2
3	5	16,1	9	20,0	14	18,4
4	5	16,1	6	13,3	11	14,5
5	3	9,7	5	11,1	8	10,5
6	6	19,4	16	35,6	22	29,0
	31	100	45	100	76	100
Średnia wartość rangi	3,26		4,11		3,76	

z B w około 16% drzewostanów otrzymał najwyższą (1) rangę, a w 48,9% rangę 1 i 2, podobnie w 50% wszystkich drzewostanów zajął dwa pierwsze miejsca.

Na drugim miejscu w drzewostanach z Z znalazł się rozkład W z wynikiem bardzo zbliżonym do wyniku dla rozkładu LN. Rozkład rang dla tego rozkładu teoretycznego jest jednak zupełnie inny. W największej liczbie drzewostanów (42%) otrzymał on trzecie miejsce (ranga 3) i symetrycznie w 29% drzewostanów rangę 1 i 2 oraz 4 i 5. W żadnym drzewostanie nie zajął miejsca 6. Rozkład W w drzewostanach z B w największej liczbie drzewostanów (62,2%) uzyskał rangę 3 (31,1%) i 4 (31,1%) a w 17,8% rangę 2. W tej grupie drzewostanów znalazł się on na czwartym miejscu po rozkładach J, LN, B. Łącznie dla wszystkich drzewostanów rozkład W znajduje się na trzecim miejscu. Rozkład jego rang kształtuje się podobnie jak dla drzewostanów z B. Największa jest liczba spostrzeżeń o randze 3 (35,5%), a następnie randze 4 (23,7%) i 2 (17,1%).

Na trzecim miejscu w drzewostanach z Z uplasował się rozkład PN. Rozkład rang tego rozkładu jest bardzo interesujący. W dużej liczbie drzewostanów (29%) zajął on pierwsze miejsce, tylko nieznacznie go w tym wyprzedził rozkład LN (32,3%), ale jednocześnie w dużej liczbie drzewostanów (19,4%) zajął ostatnie miejsce. W pozostałych rangach udział drzewostanów jest symetryczny.

W drzewostanach z B udział drzewostanów, w których rozkład PN zajął ostatnie miejsce jest jeszcze większy i sięga 35,6%.

Dla wszystkich drzewostanów (Z+B) rozkład rang jest podobny jak dla drzewostanów z Z, z tym, że większy jest udział drzewostanów z rangą 6 (29,0%). Rozkład ten jest bardzo nierówny. Dla niektórych rozkładów empirycznych bardzo dobry, dla innych zupełnie nieodpowiedni.

Zajmijmy się jeszcze rozkładem J. W drzewostanach z Z zajął on przedostatnie miejsce – piąte; w drzewostanach z B natomiast pierwsze.

W drzewostanach z B w prawie połowie drzewostanów (48,9%) zajął on pierwsze miejsce (ranga 1), a w 66,7% rangę 1 i 2. W najmniejszej liczbie przypadków rangę 4 i 3.

W drzewostanach z Z w dość dużej liczbie drzewostanów (19,4%) zajął pierwsze miejsce, ale w jeszcze większej, bo w 25,8% miejsce ostatnie, a w 58% drzewostanów miejsce od 4 do 6.

Biorąc pod uwagę wyniki z wszystkich drzewostanów rozkład J zajął pierwsze miejsce ze względu na średnią wartość rangi. Potwierdza to rozkład drzewostanów w poszczególnych rangach. W największej ich liczbie (36,8%) rozkład J znalazł się na 1 miejscu, w ponad połowie (53,9%) zajął dwa pierwsze miejsca. Jego wadą jest to, że w prawie 32% drzewostanów zajął miejsca 5 i 6. Udział liczby drzewostanów w poszczególnych rangach jest trochę podobny do rozkładu PN. Rozkład J podobnie jak PN jest rozkładem skrajnym dającym albo bardzo dobre wyniki, albo złe.

Z rozważań tych wynika, że ze względu na średnią wartość rangi i rozkład rang, najbardziej uniwersalnym rozkładem, w miarę odpowiednim dla wszystkich omawianych grup drzewostanów, jest rozkład LN.

TABELA 5

Zestawienie badanych rozkładów teoretycznych i przydzielenie im kolejnych miejsc ze względu na:

- 1) liczbę drzewostanów, w których odrzucono hipotezę zerową o zgodności danego rozkładu z rozkładem pierśnic,
- 2) średnią wartość DN,
- 3) średnią wielkość rangi ustalonej na podstawie wartości Dn w każdym drzewostanie

	Z			B			Z+B			Suma rang			Miejsce rozkładu		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	Z	B	Z+B	Z	B	Z+B
N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	18	18	18	6	6	6
LN	2	1	1	2	2	2	2	3	2	4	6	7	1	2	2
W	2	2	2	4	4	3	4	1	3	6	11	8	2	4	3
B	2	4	4	3	3	4	3	4	4	10	10	11	3	3	4
J	1	5	5	1	1	1	1	2	1	11	3	4	4	1	1
PN	5	3	3	5	5	5	5	5	5	11	15	15	4	5	5

- Biorąc pod uwagę równocześnie wszystkie trzy kryteria oceny zgodności rozkładów teoretycznych z rozkładem pierśnic (tab. 5) w drzewostanach z Z pierwsze miejsce zajął rozkład LN, drugie – rozkład Weibulla, trzecie – beta, równorzędne czwarte miejsce – rozkład J i PN, a ostatnie – N.

W drzewostanach z B pierwsze miejsce zajął rozkład J (ryc. 3c, d), drugie – LN (ryc. 1), trzecie – B (ryc. 2a, b), a w dalszej kolejności rozkład W (ryc. 2c, d), PN (ryc. 3a, b) i N.

Łącznie we wszystkich drzewostanach pierwsze miejsce zajął rozkład J (zadecydowała o tym najlepsza pozycja tego rozkładu w drzewostanach z B), drugie miejsce – podobnie jak w B – zajął rozkład LN, trzecie – W, a następnie w kolejności: B, PN i N.

Ze względu na to, że w drzewostanach z Z rozkład J znalazł się dopiero na czwartym miejscu oraz na to, że rozkład ten, jak analizowano wcześniej, jest mało zrównoważony, tzn. w niektórych drzewostanach bardzo dobrze charakteryzuje rozkład pierśnic, a w innych jest najgorszym z rozpatrywanych rozkładów, rozkładu tego nie można postawić na pierwszym miejscu, jako najbardziej zbliżonego do empirycznego rozkładu pierśnic drzew w drzewostanach bukowych.

Za rozkład najlepiej charakteryzujący empiryczny rozkład pierśnic drzew w drzewostanach bukowych można chyba uznać rozkład LN, który w drzewostanach z Z znalazł się na pierwszym miejscu, a w drzewostanach z B i dla całości materiału na drugim miejscu, a zatem jest mniej więcej odpowiedni dla wszystkich drzewostanów. Jego zaletą jest również to, że jest w większym stopniu zrównoważony niż rozkład J.

Podsumowanie i wnioski

- Współczynnik zmienności pierśnic drzew w badanych drzewostanach bukowych waha się od 26,9 do 83,5% (w jednym drzewostanie wyniósł 102,1%), przeciętnie wynosi 46,5%. Jest więc mniej więcej dwukrotnie większy niż w drzewostanach sosnowych.
- Rozkład pierśnic charakteryzuje się skośnością dodatnią. W niektórych drzewostanach jest ona duża.
- Kształt rozkładów jest bardzo różny od prawie symetrycznego po skrajnie asymetryczny, dość często bi- i multimodalny, albo z niewyraźnym ośrodkiem dominującym.
- Ze względu na ogólną sumę rang ustalonych z uwzględnieniem trzech kryteriów, którym poddane były badane rozkłady, na pierwszym miejscu łącznie we wszystkich drzewostanach znalazł się rozkład Sb. Johnsona. Zajął on również pierwsze miejsce w drzewostanach z Bieszczadów. Niestety, w drzewostanach z Zawoi był dopiero na czwartym miejscu. Rozkład ten charakteryzuje się małą stabilizacją. W wielu drzewostanach okazał się najlepszym, ale również w dużej liczbie drzewostanów najgorszym z rozpatrywanych rozkładów. Z tego względu nie

można go uznać za odpowiedni do charakteryzowania rozkładu pierśnic we wszystkich górskich drzewostanach bukowych.

- Rozkładem teoretycznym, którym najlepiej da się aproksymować rozkład pierśnic drzew w górskich drzewostanach bukowych jest rozkład logarytmiczno-normalny. Rozkład ten zajął pierwsze miejsce w drzewostanach Obrębu Zawoja i drugie miejsce w drzewostanach bieszczadzkich oraz dla całości materiału. Jest zatem odpowiedni dla mniej więcej wszystkich badanych drzewostanów.
- Rozkładami, które zajęły dalsze miejsca, ale również mogą być brane pod uwagę przy aproksymacji rozkładów pierśnic w drzewostanach bukowych, są rozkłady Weibulla i beta.
- Nieodpowiednie do charakteryzowania rozkładów pierśnic w górskich drzewostanach bukowych okazały się rozkłady: normalny i podwójny normalny. Ten ostatni rozkład, podobnie jak rozkład Johnsona, jest rozkładem zajmującym skrajne miejsca, w wielu drzewostanach najlepsze, ale również w dużej liczbie najgorsze.
- Należy prowadzić dalsze badania nad rozkładami pierśnic drzew w drzewostanach bukowych. Być może pozwolą one na jednoznaczne scharakteryzowanie drzewostanów, w których można by było stosować do aproksymacji rozkład Johnsona, albo podwójnie normalny.

Literatura

1. **Bruchwald A.** Introductory program of the MDI-1 growth model for Scots pine. Ann. Warsaw Agric. Univ. – SGGW-AR, For. and Wood Technol., 1987, 36, 3-9.
2. **Bruchwald A.** Simulation algorithm of the distribution of b.h. diameters of trees in pine stands. Ann. Warsaw Agric. Univ. – SGGW-AR, For. and Wood Technol., 1988, 37, 91-95.
3. **Jaworski A., J. Kaczmarek.** Struktura i dynamika dolnoregłowych drzewostanów o charakterze pierwotnym w Babiogórskim Parku Narodowym (na przykładzie trzech powierzchni doświadczalnych). Acta Agraria et Silvestria, 1990, 29, 31-47.
4. **Jaworski A., J. Skrzyszewski.** Budowa, struktura i dynamika drzewostanów dolnoregłowych o charakterze pierwotnym w rezerwacie Łopuszna. Acta Agraria et Silvestria, 1995, 33, 3-37.
5. **Jaworski A., M. Pach, J. Skrzyszewski.** Budowa i struktura drzewostanów z udziałem buka i jawora w kompleksie leśnym Moczowne oraz pod Rabią Skałą (Bieszczady). Acta Agraria et Silvestria, 1995, 33, 39-73.
6. **Siekierski K.** Three methods of estimation of parameters in the double normal distribution and their applicability to modeling tree diameter distributions. Ann. Warsaw Agric. Univ.–SGGW, For. and Wood Technol., 1991, 42, 13-17.

7. **Siekierski K.** Evaluation of the goodness of fit of some statistical distributions to tree diameter distributions. *Ann. Warsaw Agric. Univ. – SGGW, For. and Wood Technol.*, 1992, 43, 7-14.
8. **Zasada M.** Ocena zgodności rozkładów pierśnic w drzewostanach jodłowych z niektórymi rozkładami teoretycznymi. *Sylwan* 1995, 12, 61-69.

*Z Katedry Produkcyjności Lasu SGGW w Warszawie
i Zakładu Urządzania Lasu IBL*

Summary

An analysis of the tree dbh distribution in beech stands

The research was based on an empirical material collected from 76 sample plots located in beech stands on the Zawoja (Z) subdistrict area and in the Bieszczady (B) Mts. The dbhs of all trees were measured with approximation to 1 mm. the tree stands were of various age; the average age of stands ranged from 26 to 145 years.

Location measures and variability measures were found for all the stands under study. An assessment of the compliance of their distributions with theoretical distributions has been carried out, and namely with the following distributions: normal (N), logarithmic-normal (LN), Weibull's (W), beta (B), Sb. Johnson's (J), and double normal (PN). The assessment has been carried out with the Kolmogorow-Smirnow test at the 0.05 significance level. In the result of the research carried out it was found as follows:

- The tree dbh variability coefficient in beech stands under study ranged from 26.9 to 83.5% (it was 102.1% in one stand), and it was 46.5% on the average. It was then as twice as great as in pine stands.
- Dbhs distribution has got a plus slant. In some stands it is great.
- The shape of distributions is very variable, from almost symmetrical up to extremely asymmetric, bimodal and multiple modal rather often, or it has an unclear dominating centre.
- Due to the total sum of ranks established with taking three criteria into account, that were proofs for distributions under study, the Sb. Johnson's distribution took the first place in the set of stands altogether. It took also the first place for the stands from the Bieszczady Mts. However, for the stand of Zawoja it got only the 4th place. This distribution is characteristic for its little stabilisation. It proved to be the best in many stands, but also the worst from among the distributions under study for a considerable number of stands. For this reason it cannot be acknowledged as a suitable one for describing the dbhs distribution in all mountain beech stands.
- The logarithmic-normal distribution is the theoretical distribution that can be most easily used for the best approximation of tree dbhs distributions in mountain beech stands. This distribution took the first place for stands of the Zawoja forest

subdistrict, and the second place for the Bieszczady Mts stands, and for the whole study material. Therefore it was suitable for almost all the stands under study.

- The Weibull's and Beta distributions were those that took lower locations, but they can be taken into account when approximating dbhs distributions for beech stands.
- The normal and double normal distributions proved to be unsuitable for description of dbhs distributions in mountain beech stands. This last distribution, and the Johnson's distribution alike, are the distributions taking extreme locations, the best ones for many stands, but also the worst for a considerable number of stands.
- Further studies on tree dbhs distributions should be carried out in beech stands. They would perhaps allow unmistakably describe stands where the Johnson's and double normal distributions can be used for approximation.