

MIECZYŚLAW TURSKI, TOMASZ ANDRZEJEWSKI

Wpływ zwiększania się wieku drzewostanu dwupiętrowego na zmienność sum powierzchni przekroju pierśnicowego i miąższości drzew na powierzchniach próbnych różnych wielkości

Effect of ageing on the variation of basal area and volume sums on sample plots varying in size in a two-storey stand

ABSTRACT

Turski M., Andrzejewski T. 2005. Wpływ zwiększania się wieku drzewostanu dwupiętrowego na zmienność sum powierzchni przekroju pierśnicowego i miąższości drzew na powierzchniach próbnych różnych wielkości. Sylwan 9: 15-23.

The paper provides an analysis of changes in coefficients of variation of basal area and merchantable volume sums on sample plots of various sizes 1, 2, 4, 10, 6, 25 and 50 ares in a two-storey stand (storey I – pine 195 years, storey II - oak 105 years) over the last decade. The authors established how many times the number of sample plots of a given size at a given age should be increased in relation to the last measurement to attain the same result accuracy. Moreover, the optimal size of small sample plots that can grant the most accurate results was calculated.

KEY WORDS

sample plot, basal area, volume, two-storey stand, pine, oak

ADDRESSES

Mieczysław Turski – Katedra Dendrometrii; Akademia Rolnicza;
ul. Wojska Polskiego 71c; 60-625 Poznań; mturski@au.poznan.pl

Tomasz Andrzejewski – Katedra Dendrometrii; Akademia Rolnicza;
ul. Wojska Polskiego 71c; 60-625 Poznań; tomand@au.poznan.pl

Wstęp

W metodach pomiarowo-szacunkowych określania miąższości drzewostanu powierzchnia przekroju drzewostanu jest określana z reguły na podstawie pomierzonych pierśnic drzew na powierzchniach próbnych. Jednym ze sposobów zakładania powierzchni próbnych jest sposób matematyczno-statystyczny, polegający na tym, że zamiast jednej dużej powierzchni próbnej w drzewostanie jest lokalizowanych szereg małych, rozmieszczonych w sposób losowy bądź systematyczny. Podstawową zaletą sposobu matematyczno-statystycznego jest brak subiektywizmu, a co za tym idzie błędu systematycznego. Nie mniej ważną cechą jest możliwość oceny dokładności określania ustalonej cechy drzewostanu (powierzchnia przekroju, miąższość) oraz, co jest bardzo istotne, wskazanie liczby pomiarów niezbędnych do otrzymania z góry założonej dokładności. W Polsce tą problematyką zajmowało się wielu autorów, m.in.: Bruchwald [1970, 1972, 1973], Kukuła [1987, 1988a, 1988b], Meixner i Witkowski [1964], Meixner [1971, 1973, 1981, 1989, 1990, 1993], Meixner i in. [1997a, 1997b], Przybylska [1977], Rosa [1970a, 1970b, 1972], Trampler [1953]. Interesujące badania nad polem przekroju pierśnicowego prowadzili także Zajączkowski [1983] i Żybura [1997]. Niniejsza praca jest kontynuacją badań prowadzonych przez Meixnera i in. [1997b] w tym samym drzewostanie po upływie 10 lat od ostat-

niego pomiaru. Głównym celem pracy jest przedstawienie współczynników zmienności sum powierzchni przekroju pierśnicowego i miąższości grubizny drzew na powierzchniach próbnych różnych wielkości (1, 2, 4, 10, 16, 25 i 50 arów) po 10 latach. W pracy ustalono także ile razy należy zwiększyć liczbę powierzchni próbnych o określonych rozmiarach w stosunku do ostatniego pomiaru, tak aby uzyskać identyczną dokładność. Ostatnim zadaniem było określenie optymalnych wielkości powierzchni próbnych tak, aby otrzymać największą dokładność przy określaniu powierzchni przekroju pierśnicowego i miąższości.

Material i metody

Pomiarów dokonano na stałej czterohektarowej powierzchni badawczej (200 × 200 m) założonej przez Katedrę Dendrometrii AR w Poznaniu, a zlokalizowanej na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Murowanej Goślinie w drzewostanie o pow. 10,8 ha na siedlisku BMśw w oddziale 27A. W badanym drzewostanie I piętro tworzy 195-letnia sosna, a II piętro 105-letni dąb. Bardziej szczegółowy opis powierzchni badawczej został przedstawiony przez Meixnera i in. [1997b]. Powierzchnia ta została podzielona na jednoarowe działki (10 × 10 m), na których pomierzono pierśnicę i wysokość każdego drzewa. Pomiaru te były podstawą do obliczenia na każdej jednoarowej działce sum powierzchni przekroju pierśnicowego i miąższości grubizny sosny oraz dębu wykorzystując „Tablice miąższości drzew stojących” Czuraja, Radwańskiego i Strzemeskiego [1960]. Łącząc ze sobą sąsiadujące działki otrzymano większe powierzchnie próbne: 2, 4, 10, 16, 25 i 50-arowe. Powierzchnie 2, 10 i 50 arowe usytuowano w dwóch wariantach: 2-arowe – prostokąty o podstawie 10 m i boku 20 m oraz o podstawie 20 m i boku 10 m, 10-arowe – 20 × 50 m oraz 50 × 20 m i 50 arowe 50 × 100 m i 100 × 50 m. Pozostałe powierzchnie były kwadratami. Dodając powierzchnie przekroju i miąższości uzyskane dla powierzchni jednoarowych otrzymano dane dla większych działek. Tabela 1 podaje charakterystykę taksacyjną drzewostanu z 1994 roku (wszystkie dane z tego roku pochodzą z pracy Meixnera i in. [1997b]) oraz z 2004 roku. W ciągu ostatnich dziesięciu lat zmniejszyła się liczba sosen rosnących w pierwszym piętrze o 41 sztuk (o 24% stanu z 1994 roku). Dąb rosnący w drugim piętrze zmniejszył swoją o 131 sztuk, co stanowi 11,1% stanu sprzed 10 lat. Na całej czterohektarowej powierzchni w ciągu ostatnich 10 lat powierzchnia przekroju pierśnicowego i miąższość sosen zmniejszyła się odpowiednio o 5,02 m² i 62,89 m³ natomiast dębu wzrosła o 13,49 m² i 265,56 m³. Wzrosła średnia przekrojowa pierśnica w przypadku sosny z 48,7 cm do 51,3 cm, a dębu z 28,8 cm do 33,1 cm. Średnia wysokość sosen zwiększyła się z 31,3 m do 31,9 m, a dębów z 23,6 m do 25,5 m.

Wyniki badań

Wzrost wieku drzewostanu o 10 lat spowodował zwiększenie się współczynnika zmienności powierzchni przekroju W_G obliczonego dla tych samych wielkości działek – tabela 2. Zmienność

Tabela 1.

Charakterystyka taksacyjna drzewostanu
Taxation characteristics of a stand

Rok pomiaru	Piętro	Wiek	Liczba drzew [szt.]		Pow. przekroju [m ²]		Miąższość grubizny [m ³]		Średnia pierśnica [cm]	Średnia wysokość [m]
			4 ha	1 ha	4 ha	1 ha	4 ha	1 ha		
1994	So	185	171	43	31,89	7,97	425,88	106,47	48,7	31,3
2004		195	130	32	26,87	6,72	362,99	90,75	51,3	31,9
1994	Db	95	1180	295	76,72	19,18	931,61	232,9	28,8	23,6
2004		105	1049	262	90,21	22,55	1197,17	299,29	33,1	25,5

Tabela 2.

Charakterystyka statystyczna sum powierzchni przekroju pierśnicowego drzew na powierzchniach próbnych różnych wielkości

Statistical characteristics for basal area sums of trees on sample plots of various sizes

Rok pomiaru	Wiek d-stanu [lat]	Wielkość powierzchni próbnej [ha]	Liczba powierzchni próbnych [n]	Średnia arytmetyczna [m ²]	Odchylenie standardowe [m ²]	Współczynnik zmienności [%]
I piętro – Sosna						
1994	185	0,01	400	0,0797	0,1287	161,5
		0,02	400	0,1595	0,1852	116,1
		0,04	100	0,3189	0,2736	85,8
		0,10	80	0,7972	0,5030	63,1
		0,16	25	1,2756	0,7461	58,5
		0,25	16	1,9931	0,9547	47,9
		0,50	16	3,9862	1,5374	38,6
2004	195	0,01	400	0,0656	0,1234	188,1
		0,02	400	0,1312	0,1819	138,6
		0,04	100	0,2624	0,2847	108,5
		0,10	80	0,6559	0,5052	77
		0,16	25	1,0495	0,7877	75,1
		0,25	16	1,6398	0,9141	55,7
		0,50	16	3,2797	1,4512	44,2
II piętro – Dąb						
1994	95	0,01	400	0,1918	0,107	55,8
		0,02	400	0,3836	0,1541	40,2
		0,04	100	0,7672	0,2324	30,3
		0,10	80	1,918	0,4612	24
		0,16	25	3,0688	0,7075	23,1
		0,25	16	4,795	0,979	20,4
		0,50	16	9,59	1,6407	17,1
2004	105	0,01	400	0,2262	0,1342	59,3
		0,02	400	0,4524	0,1965	43,4
		0,04	100	0,9047	0,3031	33,5
		0,10	80	2,2618	0,5693	25,2
		0,16	25	3,6188	0,8825	24,4
		0,25	16	5,6545	1,1514	20,4
		0,50	16	11,3089	1,9518	17,3

względna powierzchni przekroju pierśnicowego sosen dla działek jednoarowych w wieku 185 lat wynosiła 161,5%, a dziesięć lat później 188,1%. Analogiczne wartości dla powierzchni 10-arowych to odpowiednio 63,1% i 77,0%, a 50-arowych 38,6% i 44,2%. Jest to wynik zmniejszającej się liczby sosen stanowiących I piętro. Z kolei współczynniki zmienności powierzchni przekroju dębu stanowiącego II piętro są wyraźnie mniejsze i dla przykładu dla działek jednoarowych w wieku 95 lat jest to wartość 55,8%, a 105 lat 59,3%. Przy działkach 10-arowych wzrost wieku o 10 lat spowodował zwiększenie współczynnika zmienności z 24% do 25,2%, a 50-arowych z 17,1% do 17,3%. W przypadku działek 25-arowych współczynniki zmienności powierzchni przekroju mają taką samą wartość.

Współczynniki zmienności sum miąższości drzew obu gatunków, przy uwzględnieniu tych samych wielkości działek, zestawiono w tabeli 3. Są one większe w przypadku dębu na każdej

Tabela 3.

Charakterystyka statystyczna sum miąższości drzew na powierzchniach próbnych różnych wielkości
 Statistical characteristics for volume sums of trees on sample plots of various sizes

Rok pomiaru	Wiek d-stanu [lat]	Wielkość powierzchni próbnej [ha]	Liczba powierzchni próbnych [n]	Średnia arytmetyczna [m ³]	Odchylenie standardowe [m ³]	Współczynnik zmienności [%]
I piętro - Sosna						
1994	185	0,01	400	1,0646	1,7248	162,0
		0,02	400	2,1291	2,4840	116,7
		0,04	100	4,2583	3,6795	86,4
		0,10	80	10,6457	6,8063	63,9
		0,16	25	17,0332	10,1557	59,6
		0,25	16	26,6144	13,0007	48,8
		0,50	16	53,2287	21,0208	39,5
2004	195	0,01	400	0,9016	1,6717	185,4
		0,02	400	1,8033	2,4710	137,0
		0,04	100	3,6065	3,8795	107,6
		0,10	80	9,0163	6,9836	77,5
		0,16	25	14,4260	10,6633	73,9
		0,25	16	22,5406	12,6705	56,2
		0,50	16	45,0812	20,1361	44,7
II piętro - Dąb						
1994	95	0,01	400	2,3290	1,3534	58,1
		0,02	400	4,6580	1,9771	42,4
		0,04	100	9,3161	2,9819	32,0
		0,10	80	23,2903	5,8673	25,2
		0,16	25	37,2644	9,0098	24,2
		0,25	16	58,2256	12,3518	21,2
		0,50	16	116,4512	21,0250	18,1
2004	105	0,01	400	2,9683	1,8408	62,0
		0,02	400	5,9365	2,6954	45,4
		0,04	100	11,8731	4,0842	34,4
		0,10	80	29,6828	7,5978	25,6
		0,16	25	47,4924	11,9107	25,1
		0,25	16	74,2069	15,4234	20,8
		0,50	16	148,4137	25,8419	17,4

z działek, niezależnie od ich wielkości, od współczynników ustalonych dla pola przekroju pierścnicowego. Dla sosny taka prawidłowość miała miejsce w 1994 roku, a dziesięć lat później dla działek 10, 25 i 50-arowych. Dla działek 1, 2, 4 i 16-arowych mamy do czynienia z sytuacją odwrotną, gdyż współczynniki zmienności sum miąższości są mniejsze od współczynników zmienności sum powierzchni przekroju pierścnicowego.

W tabeli 4 są przedstawione dokładności, jakie uzyska się stosując działki o określonej wielkości z błędem standardowym średniej arytmetycznej

$$p = \frac{W_1}{\sqrt{n}}$$

gdzie:

W_1 – współczynnik zmienności działki jednoarowej,

n – wielokrotność powierzchni danej działki w stosunku do działki jednoarowej.

Tabela 4.

Porównanie dokładności W_G i W_V przy stosowanych wielkościach działek z błędem standardowym:
Comparison of W_G and W_V accuracy at a given plot size with the standard error:

$$V_p = \frac{W_1}{\sqrt{n}}$$

Wiek [lat]	Wielkość pow. próbnej [ha]	W_{G_a} [%]	P_G [%]	W_{V_a} [%]	P_V [%]	Wiek [lat]	Wielkość pow. próbnej [ha]	W_{G_a} [%]	P_G [%]	W_{V_a} [%]	P_V [%]
I piętro – So						II piętro – Db					
185	0,01	161,5	161,5	162,0	162,0	95	0,01	55,8	55,8	55,8	55,8
	0,02	116,1	114,2	116,7	114,6		0,02	40,2	39,5	42,4	39,5
	0,04	85,8	80,7	86,4	81,0		0,04	30,3	27,9	32,0	27,9
	0,10	63,1	51,1	63,9	51,2		0,10	24,0	17,6	25,2	17,6
	0,16	58,5	40,4	59,6	40,5		0,16	23,1	13,9	24,2	13,9
	0,25	47,9	32,3	48,8	32,4		0,25	20,4	11,2	21,2	11,2
	0,50	38,6	22,8	39,5	22,9		0,50	17,1	7,9	18,1	7,9
195	0,01	188,1	188,1	185,4	185,4	105	0,01	59,3	59,3	62,0	62,0
	0,02	138,6	132,9	137,0	131,1		0,02	43,4	41,9	45,4	43,8
	0,04	108,5	94,04	107,6	92,7		0,04	33,5	29,7	34,4	31,0
	0,10	77,0	59,48	77,5	58,6		0,10	25,2	18,8	25,6	19,6
	0,16	75,1	47,02	73,9	46,4		0,16	24,4	14,8	25,1	15,5
	0,25	55,7	37,62	56,2	37,1		0,25	20,4	11,9	20,8	12,4
	0,50	44,3	26,59	44,7	26,2		0,50	17,3	8,4	17,4	8,8

Dane z tabeli 4 potwierdzają znany powszechnie fakt, że właściwsze jest rozmieszczenie zamiast jednej dużej powierzchni próbnej wielu mniejszych o tym samym łącznym obszarze. W przypadku sosen w wieku 185 lat współczynnik zmienności sum powierzchni przekroju działek 2-arowych wyniósł 116,1%, natomiast błąd standardowy 114,2% (różnica 1,9%), dziesięć lat później dla tej samej wielkości działek odpowiednio 138,6% i 132,9% (różnica 5,7%). Dla działek 50-arowych różnica dla drzew I piętra w wieku 185 lat wynosi 15,8%, a w wieku 195 lat 17,71%. Analogiczne dane odnoszące się do sum miąższości przedstawiają się następująco: wiek 185 lat 2,1% i 16,6%; wiek 195 lat 5,9% i 18,5%. Podobnie rzecz się ma z dębem rosnącym w drugim piętrze. Obliczone różnice w przypadku powierzchni 2-arowej dla pola przekroju w wieku 95 lat to 0,7%, a w wieku 105 lat 1,5%, natomiast dla działek 50-arowych odpowiednio 9,2% i 8,9%. Dane odnoszące się do miąższości wynosiły dla działek 2-arowych w wieku 95 lat 2,9%, a w wieku 105 lat 1,6%, natomiast 50-arowych odpowiednio obliczone różnice to 10,2% i 8,6%.

Jeżeli dwie cechy taksacyjne wykazują różne wielkości współczynnika zmienności, a mają być określone z tą samą dokładnością, wówczas wykorzystując wzór na procentowy błąd standar-

dowy średniej arytmetycznej $p = \frac{W}{\sqrt{n}}$ otrzymamy: $p = \frac{W_1}{\sqrt{n_1}}$ oraz $p = \frac{W_2}{\sqrt{n_2}}$.

Stąd $\frac{n_2}{n_1} = \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^2$. Bazując na tym wzorze podano w tabeli 5 kwadraty ilorazów współczyn-

ników zmienności sum powierzchni przekroju i miąższości grubizny drzew, dla obu gatunków, uwzględniając pomiary dokonane w 1994 i 2004 roku. Nie zaobserwowano związku pomiędzy wielkością działek a wartością obliczonych kwadratów ilorazów. Analizując dane przedstawione

w tabeli 5 można stwierdzić, że wielkości obliczone dla powierzchni przekroju są większe niż dla miąższości (wyjątek działka jednoarowa dla dębu). Widać także, że generalnie piętro dolne z dębem posiada mniejsze wartości obliczonych współczynników niż piętro górne z sosną, niezależnie od wielkości działki.

Niezwykle ważną sprawą jest ustalenie optymalnej wielkości działek zapewniającej uzyskanie najdokładniejszego wyniku. Jest to możliwe przy zastosowaniu jednostkowego współczynnika zmienności, pojęcia wprowadzonego i zdefiniowanego przez Bruchwalda [1970] jako:

$$\text{gdzie: } W_j = W_a \cdot \sqrt{n_a}$$

W_j – zmienność odpowiadająca takiej wielkości działki, na której znajduje się średnio jedno drzewo,

W_a – współczynnik zmienności odpowiadający działce o wielkości a ,

n_a – średnia liczba drzew na tych działkach.

Obliczone jednostkowe współczynniki zamieszczono w tabeli 6. Zarówno dla sosny (w wieku 185 i 195 lat) jak i dla dębu (w wieku 95 i 105 lat)

Tabela 6.

Jednostkowe współczynniki zmienności W_j
Unit coefficients of variation W_j

Wielkość pow. próbnej [ha]	Wiek [lat]	I piętro – Sosna Pow. przekroju pierśnicowego [%]	Miąższość grubizny [%]	Wiek [lat]	II piętro – Dąb Pow. przekroju pierśnicowego [%]	Miąższość grubizny [%]
0,01		105,5	105,9		95,8	99,8
0,02		107,4	107,8		97,6	103,0
0,04		112,2	113,0		104,1	109,9
0,10	185	130,5	130,5	95	130,4	135,9
0,16		153,0	155,9		158,7	166,3
0,25		156,5	159,5		175,2	182,1
0,50		178,5	182,6		207,7	219,9
0,01		107,2	105,7		96,0	100,4
0,02		111,8	110,5		99,5	104,0
0,04		123,7	122,7		108,5	111,4
0,10	195	138,8	139,7	105	128,9	131,1
0,16		171,2	168,5		158,0	162,6
0,25		158,9	160,2		164,9	168,4
0,50		178,4	180,2		197,6	199,2

Tabela 5.

Zestawienie kwadratów ilorazów współczynników zmienności sum powierzchni przekroju i miąższości grubizny drzew dla 10-letniego okresu przyrostowego

Specification of squares of quotients of variation coefficients for basal area and merchantable volume sums for a 10-year-old increment period

Wielkość pow. próbnej [ha]	$\left(\frac{W_{G04}}{W_{G94}}\right)^2$	$\left(\frac{W_{V04}}{W_{V94}}\right)^2$
I piętro – Sosna		
0,01	1,36	1,31
0,02	1,43	1,38
0,04	1,60	1,55
0,10	1,49	1,47
0,16	1,65	1,54
0,25	1,35	1,33
0,50	1,31	1,28
II piętro – Dąb		
0,01	1,13	1,14
0,02	1,17	1,15
0,04	1,22	1,16
0,10	1,10	1,03
0,16	1,11	1,08
0,25	1,00	0,96
0,50	1,02	0,92

optymalne są działki jednoarowe. Jednostkowe współczynniki zmienności miąższości dębu 95 i 105-letniego są zawsze niewiele większe od ustalonych dla powierzchni przekroju pierśnicowego. Podobnie rzecz się ma w przypadku sosny w wieku 185 lat (z wyjątkiem działek 10-arowych gdzie oba jednostkowe współczynniki zmienności mają taką samą wartość). Dziesięć lat później ta sytuacja miała miejsce w przypadku działek 10, 25 i 50-arowych. W przypadku działek 1, 2, 4 i 16-arowych jednostkowe współczynniki zmienności miąższości grubizny są mniejsze od obliczonych dla powierzchni przekroju.

Do przedstawionych wyników w tej pracy odnosi się także uwaga zawarta w opracowaniu Meixnera i in. [1997], że dane dotyczące miąższości nie są podstawą do ustalenia dokładności określania zasobności drzewostanu (w praktyce nie mierzy się pierśnicy i wysokości pojedynczych drzew w celu wyliczenia miąższości jako sumy miąższości pojedynczych drzew), a jedynie pozwalają na pewne porównanie w odniesieniu do liczb charakteryzujących powierzchnie przekroju pierśnicowego.

Wnioski

- ✦ Wzrost wieku drzewostanu dwupiętrowego o 10 lat spowodował zwiększenie się współczynników zmienności sum powierzchni przekroju pierśnicowego (W_G) i miąższości grubizny (W_V) na działkach o tej samej wielkości. Zmniejszanie się liczby drzew wraz z wiekiem jest główną przyczyną mniejszej dokładności określania pola powierzchni przekroju pierśnicowego i miąższości drzewostanu.
- ✦ Współczynniki zmienności określone dla sum powierzchni przekroju i miąższości w przypadku sosny I piętra w wieku 185 i 195 lat są zdecydowanie większe od analogicznych dla dębu II piętra w wieku 95 i 105 lat. Największe różnice są dla najmniejszych działek (ponad trzy razy większe wartości w 2004 roku przy działkach jednoarowych). Zwiększanie się wielkości działek powoduje zmniejszanie się tych różnic. W ramach tego samego piętra współczynniki zmienności sum powierzchni przekroju i miąższości niewiele się różnią. Dla dębu zarówno 95 jak i 105-letniego W_V jest niewiele większy od W_G . Podobnie jest w przypadku sosny w wieku 185 lat oraz sosny 195-letniej dla działek 10, 25 i 50-arowych
- ✦ Chcąc określić z tą samą dokładnością powierzchnię przekroju pierśnicowego na działkach o tej samej wielkości należy po 10 latach dla piętra z sosną zwiększyć liczbę powierzchni próbnych jednoarowych 1,36-razy, czteroarowych 1,60-razy, a pięćdziesięcioarowych 1,31-razy. W przypadku dębu te wielkości są mniejsze i przykładowo dla powierzchni jednoarowej wynoszą 1,13, czteroarowej 1,22, a pięćdziesięcioarowej 1,02.
- ✦ W obu piętrach widać dużą zgodność kwadratów ilorazów współczynników zmienności sum powierzchni przekroju pierśnicowego i miąższości w ramach tej samej wielkości działek. Za wyjątkiem powierzchni jednoarowej dla dębu kwadrat ilorazu współczynnika zmienności sum powierzchni przekroju pierśnicowego jest większy od wyliczonego dla miąższości.
- ✦ W badanym drzewostanie dwupiętrowym za optymalne dla każdego gatunku należy przyjąć powierzchnie jednoarowe.

Literatura

- Bruchwald A. 1970. Dokładność określania pierśnicowej powierzchni przekroju drzewostanu w metodach pomiarowo-szacunkowych. Sylwan 3: 15-31.
- Bruchwald A. 1972. Badania dokładności określania pierśnicowej powierzchni przekroju drzewostanu na podstawie powierzchni próbnych w drzewostanach sosnowych. Sylwan 4: 55-72.
- Bruchwald A. 1973. Ocena przydatności dla praktyki gospodarczej sposobów określania miąższości drzewostanu. Zesz. Nauk. SGGW w Warszawie – rozprawy naukowe 25.

- Czuraj M., Radwański B., Strzemeski S. 1960. Tablice miąższości drzew stojących. PWRiL, Warszawa.
- Kukuła J. 1987. Teoretyczna i rzeczywista dokładność określania powierzchni przekroju pierśnicowego w statystycznej metodzie taksacji drzewostanów. Pr. Kom. Nauk Rol. Leś. PTPN 64: 51-58.
- Kukuła J. 1988a. Zmienność powierzchni przekroju pierśnicowego w drzewostanach sosnowych VI klasy wieku. Rocz. AR Pozn. 190: 91-96.
- Kukuła J. 1988b. Rzeczywista i teoretyczna zmienność pierśnicowej powierzchni przekroju w drzewostanach sosnowych III klasy wieku. Pr. Kom. Nauk Rol. Leś. PTPN 66: 31-34.
- Meixner J. 1971. Wielkość i liczba losowych powierzchni próbnych a dokładność określania powierzchni przekroju oraz zapasu drzewostanu. Pr. Kom. Nauk Rol. Leś. PTPN 32: 121-137.
- Meixner J. 1973. Badania nad dokładnością określania powierzchni przekroju i miąższości drzewostanu za pomocą powierzchni próbnych. Pr. Kom. Nauk Rol. Leś. PTPN 36: 93-105.
- Meixner J. 1981. Dokładność określania powierzchni przekroju pierśnicowego drzewostanów sosnowych przy różnych wielkościach powierzchni próbnych. Rocz. AR Poz. 28: 95-107.
- Meixner J. 1989. Zmienność sum powierzchni przekroju pierśnicowego i miąższości drzew na powierzchniach próbnych różnych wielkości w zależności od wieku drzewostanu. Rocz. AR Poz. 211, Leś. 27:41-46.
- Meixner J. 1990. Dokładność ustalania powierzchni przekroju pierśnicowego drzewostanów sosnowych za pomocą kołowych powierzchni próbnych. Pr. Kom. Nauk Rol. Leś. PTPN 70: 35-43.
- Meixner J. 1993. Dokładność ustalania powierzchni przekroju pierśnicowego drzewostanu dwupiętrowego za pomocą powierzchni próbnych różnych wielkości. Pr. Kom. Nauk Rol. Leś. PTPN 76: 85-91.
- Meixner J., Witkowski Z. 1964. Wielkość i liczba losowych powierzchni próbnych a dokładność określania powierzchni przekroju pierśnicowego drzewostanu. Rocz. WSR w Poznaniu 23: 115-135.
- Meixner J., Kaźmierczak K., Najgrakowski T. 1997a. Wiek drzewostanu sosnowego a zmienność sum powierzchni przekroju i miąższości drzew na powierzchniach próbnych różnych wielkości. Sylwan 2: 49-58.
- Meixner J., Najgrakowski T., Kaźmierczak K., Andrzejewski T. 1997b. Wiek drzewostanu dwupiętrowego a zmienność sum powierzchni przekroju pierśnicowego i miąższości drzew na powierzchniach próbnych różnych wielkości. Sylwan 3: 13-25.
- Rosa W. 1970. Badanie dokładności oznaczania powierzchni przekroju i miąższości drzewostanu na podstawie powierzchni próbnej. Zesz. Nauk. SGGW w Warszawie, Leś. 13: 71-94.
- Rosa W. 1970. Teoretyczne podstawy ustalania błędów miąższości drzewostanu na podstawie powierzchni próbnej. Zesz. Nauk. SGGW w Warszawie, Leś. 13: 61-69.
- Rosa W. 1972. Ocena przydatności metody określania powierzchni przekroju drzewostanu i grup drzewostanów na podstawie powierzchni próbnych. Zesz. Nauk. SGGW w Warszawie, Rozpr. Naukowe, Leś. 18: 1-109.
- Tramplir T. 1953. Przydatność różnych sposobów pomiaru pierśnic drzew w drzewostanach sosnowych dla urządzania lasu. Rocz. Nauk Leś. 2: 47-93.
- Zajączkowski S. 1983. Dane urządzeniowe – podstawą do określenia zmiany z wiekiem „maksymalnych” powierzchni przekroju i miąższości w drzewostanach jednogatunkowych i mieszanych. Sylwan 9, 10: 71-78.
- Żybura H. 1997. Pierśnicowe pole przekroju drzewostanów naturalnych w Białowieskim Parku Narodowym. Sylwan 12: 23-32.

SUMMARY

Effect of ageing on the variation of basal area and volume sums on sample plots varying in size in a two-storey stand

The paper presents the effect of increasing the age of a two-storey stand (storey I – pine 195 years, storey II - oak 105 years) by 10 years on the variability of basal area and volume sums on sample plots of various sizes. The entire 4-hectare sample plot was divided into 1-are plots on which the diameter at breast height and height of each tree were measured. These measurements were the basis to calculate the sums of basal areas and merchantable timber volumes of pines and oaks on each plot. Combining the neighbouring plots the authors derived larger sample plots of 2, 4, 10, 16, 25 and 50 ares. The increase in age of a two-storey stand by 10 years caused an increase in the values of coefficient of variation for basal area (W_C) and merchantable volume (W_V) sums on the plots of the same size (Table 2 and 3). The decline in the number of trees over time was the major cause of poorer accuracy in determining stand basal area and volume. The coefficients of variation determined for basal area and volume sums for pine aged 185 and 195 in storey I were

markedly higher than those for oak aged 95 and 105 in storey II. The greatest differences were for the smallest plots (over threefold higher values in 2004 for 1-are plots). These differences decreased with the increase in plot size. The coefficients of variation for stand basal area and volume sums within the same storey did not largely differ. For oaks of 95 and 105 years W_V was only slightly higher than W_G . The situation was similar for 185 and 195 year-old pine on 10, 25 and 50-are plots (Table 4). To calculate the basal area on plots of the same size with the same accuracy for the pine storey the number of sample plots after 10 years should be increased: 1.36 times for 1-are plots, 1.60 times for 4-are plots and 1.31 times for 50-are plots. In the case of oak these figures are lower: for example for the 1-are plot – 1.13, 4-are plot – 1.22 and 50-are plot – 1.02 (Table 5). In the both storeys the correspondence of the squares of quotients of coefficients of variation for basal area and volume sums within the plots of the same size was evident. Except for 1-are plot for oak the squares of quotients of variation coefficients for basal area sums was higher than of the calculated volume. In the two-storey stand under study 1-are plots for each species should be assumed as optimal.