

STANISŁAW ORZEŁ, MARCIN FORGIEL, WOJCIECH OCHAŁ, JAROSŁAW SOCHA

Nadziemna biomasa i roczna produkcja drzewostanów sosnowych Puszczy Niepołomickiej*

Aboveground biomass and annual production in stands of the Niepołomicka Forest

ABSTRACT

Orzeł S., Forgiel M., Ochał W., Socha J. 2006. Nadziemna biomasa i roczna produkcja drzewostanów sosnowych Puszczy Niepołomickiej. Sylwan 9: 16-32.

The empirical material used in the studies took in measurement results. The measurements were carried out on 221 circular plots distributed systematically in an area of about 5826 hectares of stands in the Niepołomicka Forest where pine accounts for more than 50% of volume in the upper tree layer. The mean biomass of these stands is about $173 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ of which 80.6% is pine biomass. The biomass volume and increment depend equally on stand age, habitat conditions and, in some age classes, the share of admixture species. The proportion of wood in biomass production markedly declines with stand age while that of the assimilatory apparatus increased.

KEY WORDS

pine stands, biomass, annual biomass production

ADDRESSES

Stanisław Orzeł – Katedra Dendrometrii; Akademia Rolnicza;
Al. 29-Listopada 46; 31-425 Kraków; e-mail: rlorzel@cyf-kr.edu.pl

Marcin Forgiel – Katedra Dendrometrii; Akademia Rolnicza;
Al. 29-Listopada 46; 31-425 Kraków; e-mail: rlforgie@cyf-kr.edu.pl

Wojciech Ochał – Katedra Dendrometrii; Akademia Rolnicza;
Al. 29-Listopada 46; 31-425 Kraków; e-mail: rlochal@cyf-kr.edu.pl

Jarosław Socha – Katedra Dendrometrii; Akademia Rolnicza;
Al. 29-Listopada 46; 31-425 Kraków; e-mail: rsocha@cyf-kr.edu.pl

Wstęp

Na potrzebę określania suchej masy zwracał uwagę już Hartig w 1888 roku, pisząc w swojej pracy „Das Holz der Rotbuche” między innymi [cytat za Pardé 1980]: „Wiedza o zawartości suchej masy w określonej miąższości ma duże naukowe i praktyczne znaczenie, ponieważ suche masy są skorelowane z wartościami kalorycznymi (energetycznymi) i szerokim zakresem ważnych technicznych właściwości a także dlatego, że wiedza pochodząca z tych wartości jest konieczna do wyjaśnienia naturalnych praw rządzących produkcją materii organicznej”.

Za pionierów badań nad biomasa uważani są Boysen-Jensen i Burger [Pardé 1980]. Jednak prawdziwe zainteresowanie oceną biomasy ekosystemów leśnych zauważa się zwłaszcza od połowy XX wieku. Badania w tym zakresie były nie tylko problemami lokalnymi, ale realizowano je zwłaszcza w ramach programów międzynarodowych [Cannell 1982, Pardé 1980, Satoo

* Badania wykonano w ramach projektu nr 3 P06L 013 22 pt.: „Biomasa i roczna produkcja roślinności drzewiastej Puszczy Niepołomickiej” finansowanego przez KBN.

1982, Vyskot 1980]. Główne ośrodki badań nad biomasą lasu znajdowały się w USA, Japonii i Belgii [Pardé 1980].

Ukazujące się liczne publikacje wskazują jak problem ten był ważny i że nadal jest aktualny. Wyniki badań prowadzonych do połowy 1981 roku w 46 państwach (reprezentujących wszystkie kontynenty) zebrał Cannell [1982] w opublikowanym obszernym opracowaniu zawierającym przegląd 600 publikacji dotyczących wielkości biomasy i jej rocznej produkcji w 1200 drzewostanach różnych gatunków drzew.

Duże wymiary drzew to naturalne utrudnienia w realizowaniu badań. Z konieczności do biomasy drzewostanów i jej przyrostu dochodzono na podstawie pobranych z nich drzew modelowych [Benčať 1990, Ebiš 2001, Gornowicz 1994, 1998; Kozak i Holubets 2000, Vyskot 1980]. Wyniki szczegółowych pomiarów biomasy pojedynczych drzew stanowiły materiał do opracowania rozwiązań modelowych. Do takich należą wzory empiryczne, pozwalające na określenie poszczególnych elementów biomasy drzew na podstawie cech łatwych do dokładnego pomiaru, zwłaszcza pierśnicy lub też pierśnicy i wysokości. Przeważnie przy ich opracowywaniu autorzy wychodzili z ogólnej postaci funkcji allometrycznej. Z szeregu tych wzorów korzystano przy ustalaniu niektórych elementów biomasy, zwłaszcza gatunków domieszkowych analizowanych drzewostanów.

Informacje o biomacie większych kompleksów leśnych uzyskać można, przeliczając określoną metodami dendrometrycznymi miąższość na jednostki wagowe suchej masy [Raimer i in. 1990, Rieger i in. 1984, Orzeł i Wysocki 2003]. Współczynnikiem przeliczeniowym jest w tym przypadku względny ciężar objętościowy drewna poszczególnych gatunków drzew [Assmann 1968]. Przydatny w tego typu oszacowaniach może okazać się wskaźnik akumulacji biomasy (biomass expansion factor – BEF) [Lehtonen i in. 2004], który zawiera informację o ilości suchej masy dowolnej części drzew (np.: gałęzi, aparatu asymilacyjnego, kory, karpiny itd.) przypadającej na 1 m³ miąższości strzał.

Celem badań było określenie wielkości i produkcji suchej masy drzewostanów sosnowych Puszczy Niepołomickiej. W całkowitej biomacie i jej przyroście ustalono udział poszczególnych komponentów w zależności od wieku i warunków wzrostu drzewostanów.

Materiał i metodyka

Biomasę drzewostanu (BD) stanowi sucha masa warstwy drzew (Bd) powiększona o suchą masę warstwy podszytu (Bp). W biomacie drzew wyróżniono suchą masę drewna (Bdr), kory (Bk) oraz aparatu asymilacyjnego (Bl). Składowe biomasy drewna drzew (Bdr) to biomasa drewna strzał (Bs) i biomasa drewna gałęzi (Bg).

Biomasę drewna i kory strzał określono, przeliczając ich miąższości w stanie świeżym określoną metodami dendrometrycznymi na jednostki wagowe w stanie suchym [Assmann 1968; Wenk i in 1990].

W produkcji biomasy drzewostanu (Z_{BD}) uwzględniono wyłącznie elementy składowe przyrostu warstwy drzew:

$$Z_{BD} = \Sigma Z_{Bd} = \Sigma Z_{Bdr} + \Sigma Z_{Bk} + \Sigma Z_{Bl} \quad [1]$$

Z wcześniejszych badań wiadomo bowiem, że przyrost podszytu jest wielkością mało znaczącą w ogólnej produkcji drzewostanu, a ponadto, ze względu na trudności metodyczne jego wielkość jest na ogół szacowana [Orzeł, Wysocki 2003; Raimer i in. 1990; Rieger i in. 1984].

Materiał badawczy stanowią wyniki pomiarów wykonanych na stałych powierzchniach kołowych rozmieszczonych systematycznie na całym obszarze Puszczy Niepołomickiej w siatce kwadratów o boku 500 m. Wielkość powierzchni zależała od wieku drzewostanu i wynosiła

odpowiednio: 0,01 ha (w drzewostanach do 30 lat); 0,025 ha (31-50 lat); 0,04 ha (51-80 lat); 0,05 ha (81-100 lat); 0,06 ha (101-120 lat) oraz 0,10 ha (w drzewostanach powyżej 120 lat). Gdy na powierzchni rośło mniej niż 10 drzew, wówczas zakładano powierzchnię większą o jeden rząd wielkości od ustalonej dla wieku drzewostanu. Na tak wyznaczonych powierzchniach próbnych, w drzewostanach w wieku powyżej 10 lat, pomiarem: pierśnicy, wysokości, podwójnej grubości kory oraz przyrostu grubości objęto wszystkie drzewa o pierśnicy $d \geq 7,0$ cm.

W badaniach uwzględniono 221 powierzchni, na których sosna stanowiła ponad 50% miąższości drzew warstwy górnej. Drzewostany takie zajmują 5 826,06 ha [PGL Lasy Państwowe 2001].

Miąższość strzał, biomasę gałęzi i aparatu asymilacyjnego drzew rosnących na powierzchniach obliczono wzorami empirycznymi opracowanymi dla poszczególnych gatunków [Børset 1954, Braastad 1966; Bruchwald i in. 2000, Cerny 1990; Dik 1984, Johanson 1999; Socha, Wężyk 2004]. Dla sosny zastosowano poniższy zestaw wzorów:

– miąższość strzał z korą obliczono według ogólnego wzoru:

$$v_s = \frac{\pi}{40000} \cdot d^2 \cdot h \cdot f \quad [2]$$

w którym:

d – pierśnica drzewa wyrażona w centymetrach,

h – wysokość drzewa w metrach,

f – pierśnicowa liczba kształtu strzały w korze, którą obliczono wzorem empirycznym opracowanym przez Bruchwalda [1996]:

$$f = \frac{1}{\left(1 + \frac{d}{1,2895 + 0,90645 \cdot d}\right)^4} \quad [3]$$

Obliczoną wzorem [2] miąższość strzał z korą zredukowano do miąższości bez kory:

$$v_{bk} = v_s \cdot k \quad [4]$$

gdzie:

$$k = \frac{h^{0,124878}}{1,264599 \cdot \left(\frac{g_{zk}}{g_{bk}}\right)^{0,516012} \cdot d^{0,051943}} \quad [5]$$

Występujące we wzorze [5] zmienne g_{zk} (g_{bk}) oznaczają powierzchnię pierśnicowego przekroju sosny z korą (bez kory).

Miąższość kory strzał określono z różnicy miąższości z korą (wzór [2]) i bez kory (wzór [4]).

– biomasę gałęzi z korą wzorem [Socha, Wężyk 2004]:

$$B_g = 0,127454 \cdot h^{-0,859646} \cdot (d^2)^{1,276049} \quad [6]$$

Obliczoną wzorem [6] biomasę gałęzi podzielono na biomasę drewna i kory w takiej proporcji jaką określono dla strzał.

Analogiczny zestaw wartości określono na podstawie wymiarów każdego drzewa sprzed pięciu lat. Pozwoliło to w kolejnym etapie prac obliczeniowych ustalić przyrost suchej biomasy drewna i kory oddzielnie dla strzał i gałęzi.

– biomasę igliwia [Socha, Wężyk 2004]:

$$B/I = 0,231644 \cdot h^{-0,54952} \cdot d^{1,716144} \quad [7]$$

Roczny przyrost biomasy igliwia przyjęto na poziomie 40% jego biomasy [Lemke 1992].

Ponadto na każdej powierzchni określono ciężar warstwy podszytu. W tym celu na obszarze 40 m² rosnące krzewy i drzewa o pierśnicy mniejszej od 7,0 cm ścięto i zważono. Szczegółowy opis metodyki określania biomasy podszytu podano w innej pracy autorów [Orzeł i in. 2005].

Wysokość drzew pomierzonych na założonych powierzchniach stanowiła kryterium przydzielenia ich do jednej z dwóch wyróżnionych warstw (pięter). Do pierwszego piętra zaliczono drzewa o wysokości $h \geq 2/3$ średniej wysokości 5 najwyższych drzew na powierzchni. Pozostałe drzewa tworzą piętro drugie.

Obliczenia i analizy biomasy i przyrostu biomasy wykonano oddzielnie dla każdej z dwu wyróżnionych grup drzewostanów. Do pierwszej ($S_o > 0,8$) zaliczono te powierzchnie, na których sosna stanowiła ponad 80% miąższości drzew warstwy górnej. Grupę drugą ($S_o \leq 0,8$) tworzą powierzchnie z udziałem sosny od 0,5 do 0,8.

Wyniki

CHARAKTERYSTYKA DRZEWOSTANÓW. Sosna występuje w Puszczy Niepołomickiej w wyjątkowo urozmaiconych warunkach od boru mieszanego świeżego po siedlisko olsu typowego (tab. 1). Z tego powodu w wielu przypadkach spotyka się drzewostany sosnowe z różnej wielkości domieszką innych gatunków, zwłaszcza liściastych.

Udział sosny w liczbie drzew wynosił średnio 64,4% (od 42% w VII klasie wieku do blisko 95% w klasie Ib). Wyraźnie większy, wynoszący średnio 85,2% (od ponad 71% w drzewostanach najstarszych do ponad 94% w Ib klasie wieku) udział sosny w miąższości wskazuje na mniejsze wymiary gatunków domieszkowych, co oznacza, że występują one głównie w piętrze dolnym. Znaczącą domieszkę stanowi dąb i brzoza (tab. 2), których średni udział wynosi odpowiednio 6,8 (0,0-44,4)% oraz 4,6 (0,0-45,1)%. Żaden z pozostałych gatunków domieszkowych (buk, olsza, grab, modrzew, świerk, dąb czerwony, czeremcha, jarząb, topola, jawor, lipa, wiąz, jesion, trześń, jabłoń, robinia, kruszyna, grusza) nie przekracza 1% średniej miąższości analizowanych drzewostanów, choć na poszczególnych powierzchniach sięgał nawet do kilkudziesięciu procent.

Wiek badanych drzewostanów zawierał się w szerokich granicach, bo od 12 do 176 lat, a bonitacja wzrostowa (B) od 19,6 aż do 65,7 m (tab. 1). Na powierzchni jednego hektara rosło od 180 do 2700 drzew, w tym od 40 do 2700 sosen. Przeciętna pierśnica sosny na poszczególnych powierzchniach przyjmowała wartości od 9,3 cm do 67,6 cm, a jej średnia wartość wyraźnie rosła w wyróżnionych klasach wieku. Pole pierśnicowego przekroju analizowanych drzewostanów wynosi od 13,58 m²·ha⁻¹ do 44,08 m²·ha⁻¹ i do IV klasy wieku włącznie jego średnia wartość rosła. Analogiczną prawidłowość wykazuje zasobność. Duży rozstęp cech drzewostanów w poszczególnych klasach wieku (tab. 1) wynika zapewne nie tylko z różnic w ich wieku i warunków siedliskowych w jakich wznoszą się, ale także różnego udziału gatunków domieszkowych.

WIELKOŚĆ I STRUKTURA BIOMASY DRZEWOSTANÓW. Zróżnicowanie wieku i warunków siedliskowych to naturalne przyczyny dużej zmienności cech analizowanych drzewostanów, w tym także ich biomasy. Zmienność ta dotyczy zarówno biomasy całych drzew, jak i ich części składowych, tak w obrębie całości analizowanego materiału jak i drzewostanów zaliczonych do grup wyróż-

Tabela 1.

Wybrane cechy taksacyjne drzewostanów sosnowych w wyróżnionych klasach wieku
Selected taxonomic parameters of pine stands in the distinguished age classes

Cecha	Klasa wieku								
	Ib	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX	
Liczba drzewostanów	3	5	44	76	42	33	15	3	
Wiek [lat]	15 (12-16)	34 (26-36)	50 (41-56)	70 (61-80)	88 (81-99)	106 (101-116)	128 (121-136)	156 (141-176)	
STL	BMw, LMśw	BMw	BMśw, BMw, LMśw, LMw	BMśw, BMw, LMśw, LMw, Ol	BMśw, BMw, LMśw, LMw, Lw	BMśw, BMw, LMśw, LMw, Lw	BMśw, BMw, LMw	BMw, LMw, Lw	
N [szt·ha ⁻¹]	1753 (560-2700)	912 (320-1600)	638 (180-1360)	500 (200-840)	471 (225-720)	446 (283-660)	424 (190-917)	377 (350-430)	
N (So) [szt·ha ⁻¹]	1660 (280-2700)	656 (40-1600)	495 (100-920)	330 (140-625)	253 (83-480)	212 (50-360)	178 (70-300)	193 (60-290)	
Dg (So) [cm]	11,6 (9,3-16,2)	23,3 (17,4-27,2)	26,6 (19,8-32,7)	31,9 (22,5-41,9)	37,8 (30,0-49,6)	40,3 (34,0-47,3)	41,8 (37,4-49,8)	48,0 (32,9-67,6)	
HL (So) [m]	9,2 (6,4-10,7)	19,1 (15,5-22,9)	22,3 (15,7-26,5)	24,0 (18,5-30,3)	25,3 (18,2-29,5)	25,6 (22,0-29,7)	26,3 (21,3-29,8)	29,8 (28,7-31,5)	
B (So) [m]	63,6 (61,8-65,7)	41,9 (32,6-47,8)	34,7 (25,4-44,3)	29,7 (22,8-35,9)	27,7 (19,6-32,2)	25,5 (20,7-30,2)	24,4 (19,6-27,5)	25,8 (24,8-26,5)	
G [m ² ·ha ⁻¹]	13,58 (8,32-18,28)	27,41 (4,29-38,06)	30,25 (12,19-48,48)	30,17 (18,41-44,32)	34,49 (16,13-47,48)	33,46 (19,73-46,07)	32,21 (15,31-46,55)	38,99 (28,30-49,37)	
G (So) [m ² ·ha ⁻¹]	12,73 (5,75-18,28)	22,74 (2,21-38,06)	26,36 (7,49-44,89)	25,34 (11,41-40,36)	27,59 (10,42-47,48)	26,06 (8,11-38,90)	23,81 (10,04-34,89)	26,77 (21,54-34,06)	
V [m ³ ·ha ⁻¹]	64,6 (40,4-104,4)	236,4 (27,0-320,2)	302,8 (127,6-503,4)	312,9 (162,1-528,8)	365,3 (144,0-554,1)	349,4 (163,8-477,3)	346,2 (152,6-498,4)	481,3 (351,4-621,1)	
V (So) [m ³ ·ha ⁻¹]	61,0 (29,6-104,4)	200,7 (16,5-282,5)	267,8 (78,1-500,1)	272,1 (105,8-481,2)	308,9 (84,2-554,1)	290,9 (90,6-423,3)	275,0 (109,0-439,1)	342,1 (286,6-424,9)	

Tabela 2.

Udział gatunków drzew występujących na powierzchniach próbnych w miąższości, biomasi i przyroście biomasy drzewostanów sosnowych

Percentage share of tree species growing on sample plots in the volume, biomass and biomass increment in the pine stands

Gatunek	Miąższość strzał [%]	Biomasa [%]	Przyrost biomasy [%]
Sosna pospolita	85,2 (42,4-100,0)	80,6 (36,4-100,0)	76,8 (21,2-100,0)
Dęby rodzime	6,8 (0,0-44,4)	9,6 (0,0-54,4)	11,9 (0,0-53,5)
Brzoza brodawkowata	4,6 (0,0-45,1)	5,7 (0,0-51,7)	5,0 (0,0-36,8)
Buk pospolity	0,9 (0,0-28,4)	1,3 (0,0-35,1)	2,2 (0,0-52,4)
Olsza czarna	0,8 (0,0-41,2)	0,7 (0,0-39,9)	0,7 (0,0-38,7)
Grab pospolity	0,6 (0,0-16,1)	0,9 (0,0-23,3)	1,4 (0,0-42,7)
Modrzew europejski	0,5 (0,0-30,0)	0,5 (0,0-29,5)	0,7 (0,0-39,9)
Pozostałe gatunki (świerk, dąb czerwony, czeremcha, jarząb, topola, jawor, lipa, wiąz, jesion, trześnia, jabłonia, robinia, kruszyzna, grusza)	0,6 (0,0-19,7)	0,7 (0,0-27,0)	1,3 (0,0-41,3)

nionych ze względu na wiek i udział sosny w górnej warstwie drzew (tab. 3). Całkowita biomasa na ogół rośnie w wyróżnionych klasach wieku. Do III klasy włącznie średnia jej wielkość w drzewostanach z ponad 80% udziałem sosny ($So > 0,8$) jest wyraźnie większa niż w grupie z większym udziałem gatunków domieszkowych ($So \leq 0,8$). W starszych klasach wieku nieznacznie więcej biomasy zakumulowane jest w drzewostanach, w których sosna stanowi od 50 do 80% składu gatunkowego górnej warstwy tworzących je drzew. Średni udział drzew I piętra w ogólnej biomasi był, we wszystkich wyróżnionych klasach wieku, nieco większy w drzewostanach z ponad 80% udziałem sosny, niż z mniejszym jej udziałem ($So \leq 0,8$). Z wiekiem udział tego piętra (niezależnie od budowy drzewostanów) nieznacznie maleje na rzecz coraz większego znaczenia drzew piętra drugiego (ryc. 1).

Rezultaty te, biorąc pod uwagę tendencje wzrostowe gatunków domieszkowych, w pełni potwierdzają możliwe do przewidzenia prawidłowości. Szczegółowa analiza ryciny 1 pozwala zauważyć odwrotny związek pomiędzy udziałem biomasy piętra dolnego i warstwy podszytu. Na ogół bowiem, im większy udział piętra dolnego w ogólnej biomasi drzewostanu, tym mniejszy warstwy podszytu. Tendencje te, wyraźniej widoczne w przypadku drzewostanów z ponad 80% udziałem sosny, okazały się jednak statystycznie nieistotne.

Biomasa warstwy podszytu wynosząca średnio 2,16 ($So > 0,8$) i 1,90 ($So \leq 0,8$) $t \cdot ha^{-1}$, stanowi zaledwie 1,25% (odpowiednio 1,3 i 1,1) średniej wielkości biomasy analizowanych drzewostanów. Udział podszytu w biomasi drzewostanów zaliczonych do poszczególnych klas wieku wyniósł od 0,2% do 3,5%.

Tabela 3.

Średnie wartości biomasy [w t·ha⁻¹] drzewostanów sosnowych w wyróżnionych klasach wieku
 Mean biomass values [in t·ha⁻¹] of the pine stands in the distinguished age classes

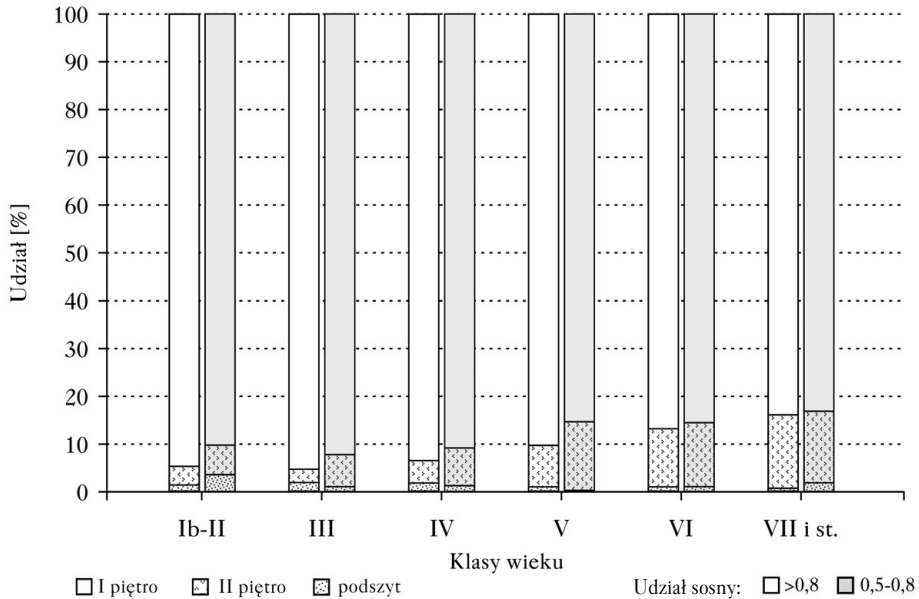
Wyróżnione elementy		Klasa wieku						Średnio	
		Ib – II	III	IV	V	VI	≥VII		
Liczba drzewostanów		5 ¹ 3 ²	32 12	59 17	34 8	27 6	12 6		
Warstwa drzew	Drewno strzał	70,35	113,45	109,33	126,7	116,07	128,2	114,87	
		47,03	94,42	119,35	124,57	115,45	124,64	110,39	
	Drewno gałęzi	17,18	19,08	18,24	21,64	20,30	19,99	19,50	
		11,15	18,17	22,11	24,93	23,00	26,06	21,56	
	Kora strzał	9,12	13,68	14,29	15,20	14,68	14,48	14,28	
		6,73	13,74	17,49	16,86	15,14	16,14	15,48	
	Kora gałęzi	2,58	2,36	2,44	2,68	2,62	2,35	2,50	
		1,60	2,69	3,32	3,43	3,08	3,41	3,08	
	Aparat asymilacyjny	7,43	6,06	5,21	5,19	4,81	4,61	5,33	
		3,50	4,40	4,20	4,42	4,15	3,73	4,18	
	Razem I piętro	106,66	154,63	149,52	171,41	158,48	169,61	156,48	
		70,01	133,42	166,46	174,21	160,82	173,99	154,68	
	II piętro	Drewno strzał	2,81	2,81	4,70	10,33	14,08	20,52	8,04
			3,01	6,05	9,29	18,27	15,88	20,09	11,57
		Drewno gałęzi	0,87	0,87	1,34	3,38	4,64	5,65	2,48
			1,10	1,73	3,02	6,58	5,28	6,20	3,79
		Kora strzał	0,42	0,50	0,88	1,60	2,20	3,31	1,32
			0,32	1,10	1,22	2,74	2,48	3,21	1,75
Kora gałęzi		0,12	0,15	0,24	0,50	0,70	0,89	0,39	
		0,10	0,31	0,39	0,89	0,85	0,95	0,55	
Aparat asymilacyjny		0,17	0,23	0,31	0,56	0,66	0,75	0,43	
		0,28	0,42	0,48	0,89	0,73	1,00	0,61	
Razem II piętro	4,39	4,56	7,47	16,37	22,27	31,1	12,66		
	4,82	9,62	14,39	29,37	25,21	31,44	18,26		
Razem warstwa drzew	111,05	159,19	156,98	187,78	180,75	200,71	169,14		
	74,82	143,04	180,85	203,58	186,03	205,43	172,94		
Warstwa podszytu	1,50	2,84	2,79	1,78	1,53	1,27	2,25		
	2,68	1,44	2,14	0,43	1,90	3,68	1,90		
Biomasa ogółem	112,55	162,05	159,78	189,56	182,29	201,98	171,39		
	77,50	144,48	182,99	204,01	187,93	209,11	174,84		

¹ udział sosny > 0,8; share of pine > 0.8

² udział sosny 0,5-0,8; share of pine 0.5-0.8

W ogólnej biomase analizowanych drzewostanów sosna stanowi 80,6%, a więc jej udział jest o 4,6% mniejszy niż w miąższości (tab. 2). Te rozbieżności wynikają z większego względnego ciężaru objętościowego gatunków domieszkowych, zwłaszcza mających znaczący udział w składzie gatunkowym (dąb, brzoza i buk).

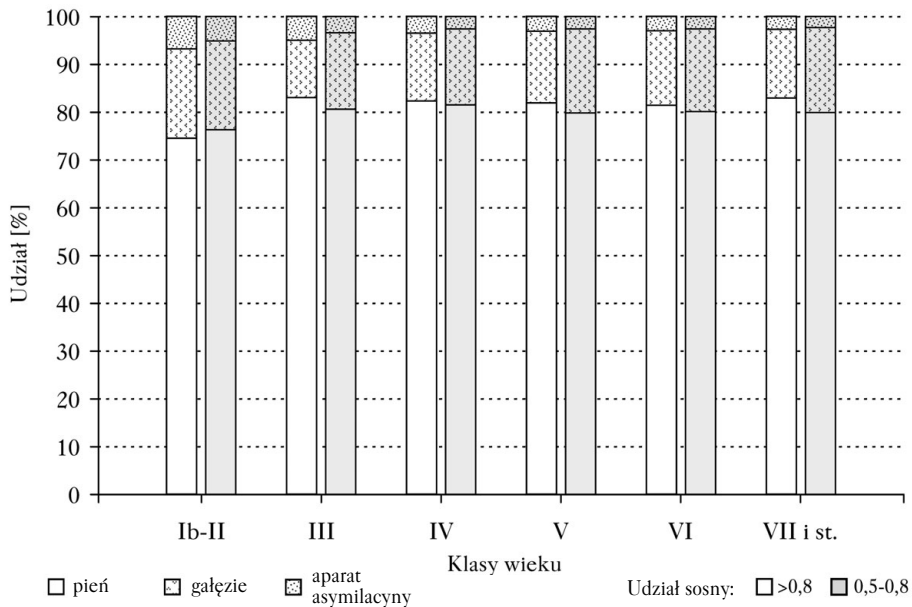
STRUKTURA BIOMASY WARSTWY DRZEW W WYRÓŻNIONYCH GRUPACH DRZEWOSTANÓW. Udział sosny w górnym piętrze analizowanych drzewostanów tylko w nieznacznym stopniu wpływa na znaczenie poszczególnych części składowych wyróżnionych w biomase warstwy drzew (ryc. 2). Pnie z korą (z wyjątkiem drzewostanów najmłodszych) stanowią około 80% całkowitej biomasy w drzewostanach $So \leq 0,8$ oraz około 82% w $So > 0,8$. Odmienne kształtuje się udział biomasy gałęzi. Z wiekiem drzewostanu pomniejszeniu ulega udział aparatu asymilacyjnego.



Ryc. 1.

Udział podszytu oraz warstwy drzew w biomase drzewostanów o różnym udziale sosny w piętrze górnym w wyróżnionych klasach wieku

Percentage share of underbrush and tree layer in the biomass of the stands with different share of pine in the upper layer in the distinguished age classes



Ryc. 2.

Zmiana z wiekiem drzewostanu udziału strzał, gałęzi i aparatu asymilacyjnego w biomase warstwy drzew w wyróżnionych klasach wieku

Changes in the percentage of stems, branches and assimilatory apparatus in the biomass of the tree layer with stand age

Prawidłowość ta widoczna jest zwłaszcza w drzewostanach $So > 0,8$, w których jego średnia biomasa w najmłodszej klasie wieku wynosi $7,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, zaś w drzewostanach starszych od 120 lat niespełna $5,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, co stanowi odpowiednio 6,8 oraz 2,7% średniej ich biomasy. W przypadku drzewostanów młodych aparat asymilacyjny może stanowić nawet kilkanaście procent ich biomasy.

BIOMASA DRZEWOSTANÓW W WYRÓŻNIONYCH TYPAH SIEDLISKOWYCH. Biomasa drzewostanów $So > 0,8$ wzrastających w warunkach lasu mieszanego świeżego (LMśw) wynosi średnio $201,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 4). Wielkość ta jest prawie $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ większa od średniej biomasy jaką wykazują drzewostany występujące w warunkach boru mieszanego wilgotnego (BMw). W poszczególnych klasach wieku różnice te osiągają różny poziom. Dane w tabeli 4 stanowią empiryczny dowód na istotny wpływ żyzności siedlisk na wielkość zasobów, wyrażoną jako sucha masa nadziemnej części roślinności drzewiastej. Ogólnie drzewostany występujące w warunkach lasu mieszanego wykazują bowiem biomasa wyższą średnio o $34,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (20,9%) od wzrastających na borze mieszanym. W wyróżnionych klasach wieku wielkość tych różnic nie jest jednakowa (ryc. 3).

ROCZNA PRODUKCJA BIOMASY. Produkcja suchej masy wynosi średnio $7,298 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ i dla drzewostanów wyróżnionych grup składu gatunkowego nie różni się istotnie, bo wynosi odpowiednio $7,278 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ($So > 0,8$) oraz $7,364 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ($So \leq 0,8$) (tab. 5). Znaczące różnice występują natomiast dla wyróżnionych klas wieku. W młodym wieku większą produktywność wykazują drzewostany lite ($So > 0,8$). Stwierdzony w nich przyrost biomasy jest bowiem w III klasie wieku o $0,579 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (7,2%), zaś Ib-II aż o $3,528 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (57,2%) większy niż w drzewostanach z większym udziałem gatunków domieszkowych ($So \leq 0,8$). W pozostałych klasach wieku produktywność drzewostanów litych jest natomiast nieznacznie (od 3,4% (IV kl. w.) do 8,9% (V kl. w.)) mniejsza.

Średnio ponad 87% rocznej produkcji biomasy wytwarzają drzewa piętra pierwszego. Poczawszy od III klasy wieku, udział tego piętra wyraźnie maleje od około 96% do 72% w przypadku $So > 0,8$ oraz od około 91% do 73% w drzewostanach $So \leq 0,8$ (ryc. 4).

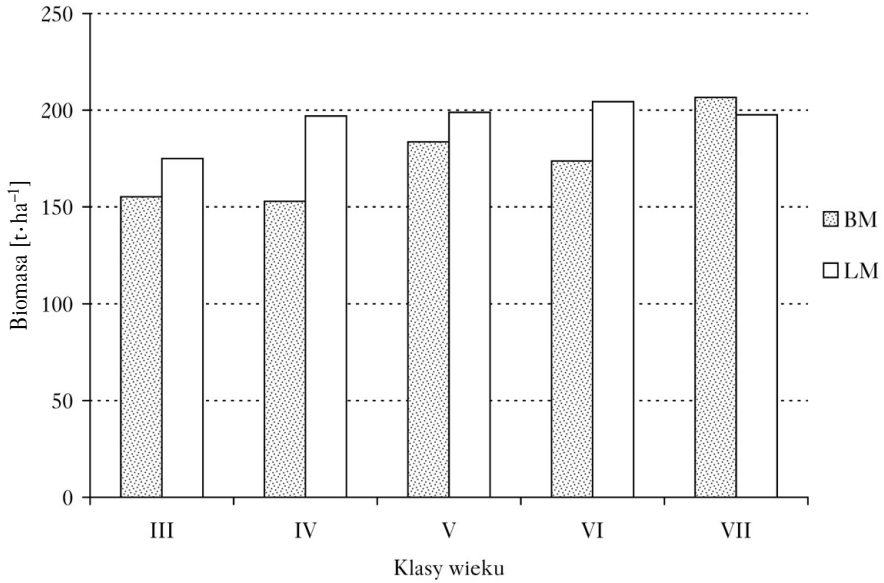
Przyrost pni z korą wynosi średnio $4,153 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, co stanowi 56,9% rocznej produkcji biomasy drzew tworzących drzewostany sosnowe. Od III klasy wieku znaczenie tej składowej rocznego przyrostu ulega pomniejszeniu z około 61% do około 51% w klasie najstarszej (ryc. 5). Odmienne kształtuje się przyrost aparatu asymilacyjnego, stanowiący w wymienionych klasach wieku odpowiednio od około 31 do około 41% rocznej produkcji drzewostanów. Jedynie udział przyrostu gałęzi w rocznej produkcji biomasy utrzymuje się prawie na stałym poziomie.

Najmniejszy przyrost biomasy stwierdzono w drzewostanach wzrastających w warunkach boru mieszanego wilgotnego (BMw), zdecydowanie zaś największy w warunkach lasu mieszanego

Tabela 4.

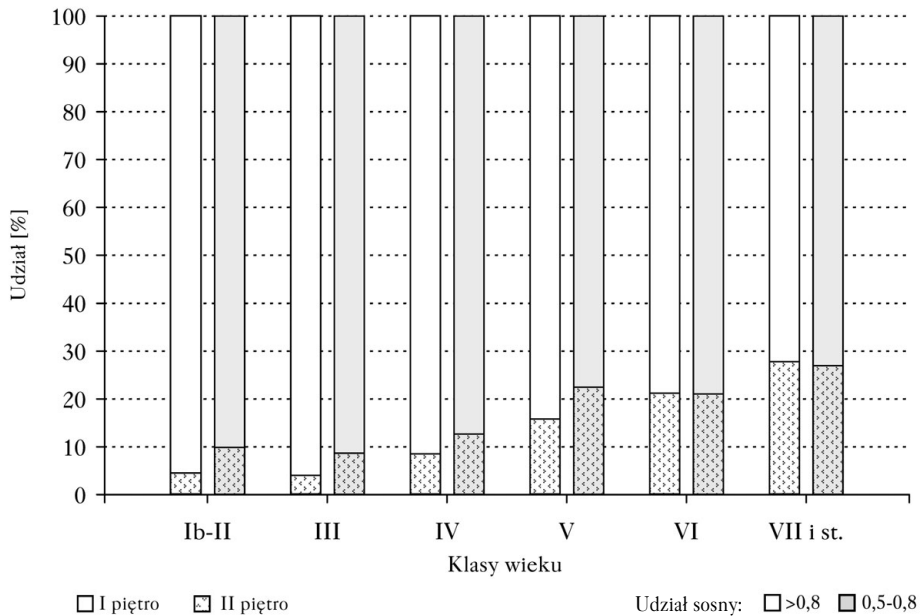
Biomasa [$\text{w t} \cdot \text{ha}^{-1}$] drzewostanów sosnowych ($So > 0,8$) w wyróżnionych siedliskowych typach lasu
Biomass [$\text{in t} \cdot \text{ha}^{-1}$] in the pine stands ($So > 0,8$) in the distinguished forest habitat types

Kl. wieku	BMśw	BMw	LMśw	LMw
Ib-II	–	112,55	–	–
III	155,8	154,9	165,1	181,5
IV	173,7	148,8	210,7	188,7
V	162,2	185,4	203,5	196,1
VI	197,8	172,5	214,7	196,7
VII	188,0	220,3	–	207,3
Średnio	168,5	161,9	201,5	194,5



Ryc. 3.

Wpływ żyzności siedliska na biomasa drzewostanów sosnowych (udział sosny >0,8)
 Effect of habitat fertility on pine stand biomass (percentage of pine >0.8)



Ryc. 4.

Zmiana z wiekiem drzewostanu udziału drzew wyróżnionych pięter w przyroście biomasy drzewostanów sosnowych
 Changes in the percentage of trees in the distinguished stand layers in pine stand biomass increment with stand age

Tabela 5.

Średnie wartości przyrostu biomasy [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$] drzewostanów sosnowych w wyróżnionych klasach wieku
 Mean biomass increment values [$t \cdot ha^{-1} \cdot year^{-1}$] of the pine stands in the distinguished age classes

Wyróżnione elementy		Klasa wieku						Średnio	
		Ib – II	III	IV	V	VI	≥VII		
Liczba drzewostanów		5 ¹	32	59	34	27	12		
		3 ²	12	17	8	6	6		
Warstwa drzew	Drewno strzał	4,386	4,699	3,374	3,140	2,648	2,150	3,405	
		2,785	3,960	3,273	2,935	2,757	2,261	3,175	
	Drewno gałęzi	1,110	0,541	0,386	0,367	0,317	0,236	0,411	
		0,538	0,589	0,460	0,474	0,465	0,387	0,489	
	Kora strzał	0,595	0,484	0,383	0,324	0,296	0,228	0,372	
		0,389	0,526	0,414	0,374	0,35	0,317	0,414	
	Kora gałęzi	0,189	0,053	0,043	0,037	0,035	0,026	0,046	
		0,074	0,082	0,064	0,063	0,063	0,057	0,067	
	Aparat asymilacyjny	2,988	2,473	2,120	2,158	2,004	1,938	2,189	
		1,781	2,160	2,025	2,236	2,112	1,940	2,075	
	Razem I piętro	9,268	8,250	6,306	6,026	5,301	4,578	6,422	
		5,566	7,317	6,236	6,083	5,747	4,962	6,220	
	II piętro	Drewno strzał	0,177	0,120	0,238	0,434	0,531	0,728	0,335
			0,235	0,250	0,325	0,588	0,560	0,705	0,414
Drewno gałęzi		0,046	0,032	0,057	0,123	0,153	0,166	0,088	
		0,084	0,071	0,096	0,172	0,160	0,178	0,118	
Kora strzał		0,031	0,023	0,047	0,071	0,093	0,129	0,060	
		0,030	0,047	0,052	0,103	0,094	0,123	0,071	
Kora gałęzi		0,007	0,006	0,011	0,019	0,026	0,028	0,015	
		0,009	0,013	0,015	0,028	0,028	0,030	0,020	
Aparat asymilacyjny		0,169	0,151	0,228	0,477	0,616	0,704	0,358	
		0,247	0,306	0,408	0,868	0,687	0,789	0,522	
Razem II piętro	0,431	0,332	0,581	1,125	1,418	1,756	0,856		
	0,605	0,687	0,896	1,759	1,529	1,824	1,144		
Przyrost biomasy ogółem		9,699	8,583	6,887	7,151	6,719	6,334	7,278	
		6,171	8,004	7,132	7,842	7,276	6,787	7,364	

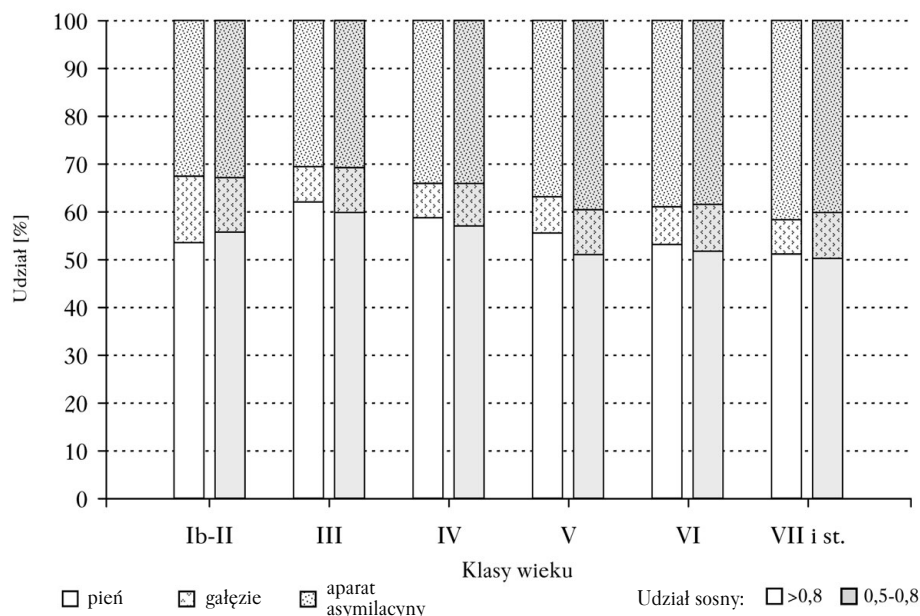
¹ udział sosny > 0,8; share of pine > 0.8

² udział sosny 0,5-0,8; share of pine 0.5-0.8

świeżego (LMśw) (tab. 6). Ogólnie – przyrost drzewostanów występujących na siedliskach lasu mieszanego jest średnio o 9% wyższy niż wzrastających w warunkach boru mieszanego (ryc. 6).

Dyskusja

Drzewostany sosnowe Puszczy Niepołomickiej, ze względu na specyficzne warunki ich wzrostu, są w dużej części odmienne od typowych litych sośnin. Tą odmiennością dotyczy różnej wielkości udziału gatunków domieszkowych, występujących zarówno w piętrze górnym, jak i tworzących drugą ich warstwę, występującą we wszystkich klasach wieku. Kilkoprocentowy udział drugiego piętra (warstwy) w biomase drzewostanów młodych, w starszych klasach wieku wynosi około 15%. Pomimo tych odmienności, ogólne prawidłowości dotyczące zwłaszcza udziału poszczególnych części składowych w ich biomase kształtują się podobnie jak w badaniach innych autorów, prowadzonych w litych drzewostanach sosnowych. Dotyczy to zarówno wzrostu z wiekiem udziału drewna strzał i wyraźnego spadku znaczenia igliwia [Chroust 1984 (za Gornowicz 2002), Gornowicz 1998, Mälikönen 1974, Ovington 1957] jak i istotnego wpływu warunków siedlisko-



Ryc. 5.

Zmiana z wiekiem drzewostanu udziału przyrostu pni, gałęzi i aparatu asymilacyjnego w rocznej produkcji biomasy warstwy drzew

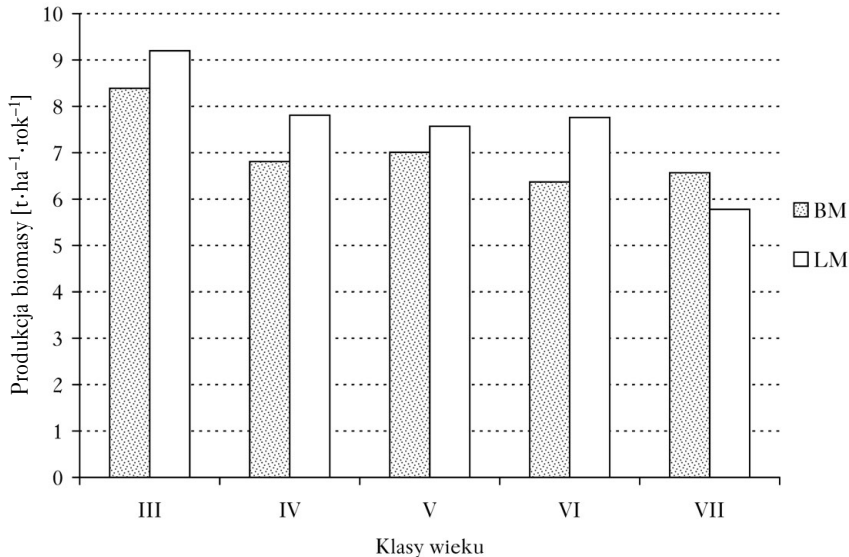
Changes in the percentage of stems, branches and assimilatory apparatus in annual production of biomass in the tree layer with stand age

Tabela 6.

Przyrost biomasy [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$] drzewostanów sosnowych ($S_o > 0,8$) w wyróżnionych siedliskowych typach lasu
Biomass increment [$t \cdot ha^{-1} \cdot year^{-1}$] in the pine stands ($S_o > 0,8$) in the distinguished forest habitat types

Kl. wieku	BMśw	BMw	LMśw	LMw
Ib-II	–	9,70	–	–
III	8,75	8,22	8,75	9,50
IV	7,63	6,64	8,68	7,29
V	7,62	6,96	7,41	7,66
VI	7,23	6,33	8,13	7,49
VII	6,83	6,81	–	5,94
Średnio	7,94	6,97	8,20	7,48

wych na wielkość biomasy drzewostanów [Kubiak i in. 1985, Orzeł i Wysocki 2003]. Większe różnice występują natomiast w bezwzględnych wartościach, tak biomasy jak i jej przyrostu. Można wskazać szereg przyczyn tych rozbieżności. Niewątpliwą stanowią, o czym wcześniej wspomniano, specyficzne warunki wzrostu drzewostanów sosnowych w Puszczy Niepołomickiej, sprawiające, że do rzadkości należą drzewostany lite, co w cytowanych wyżej badaniach stanowiło regułę. Nie można wykluczyć także istotnego wpływu na występujące rozbieżności odmiennej metodyki gromadzenia i opracowania materiału pomiarowego. Badaniami objęto bowiem obszar ponad 5826 ha, co wykluczało możliwość dochodzenia do biomasy poszczególnych drzewostanów przez bezpośredni jej pomiar. Z konieczności więc stosowano w tym celu znane z literatury rozwiązania modelowe, będące zawsze swego rodzaju uogólnieniem danego zagadnienia,



Ryc. 6.

Wpływ żyzności siedliska na roczną produkcję biomasy drzewostanów sosnowych (udział sosny >0,8)
Effect of habitat fertility on annual biomass production in the pine stands (percentage of pine >0.8)

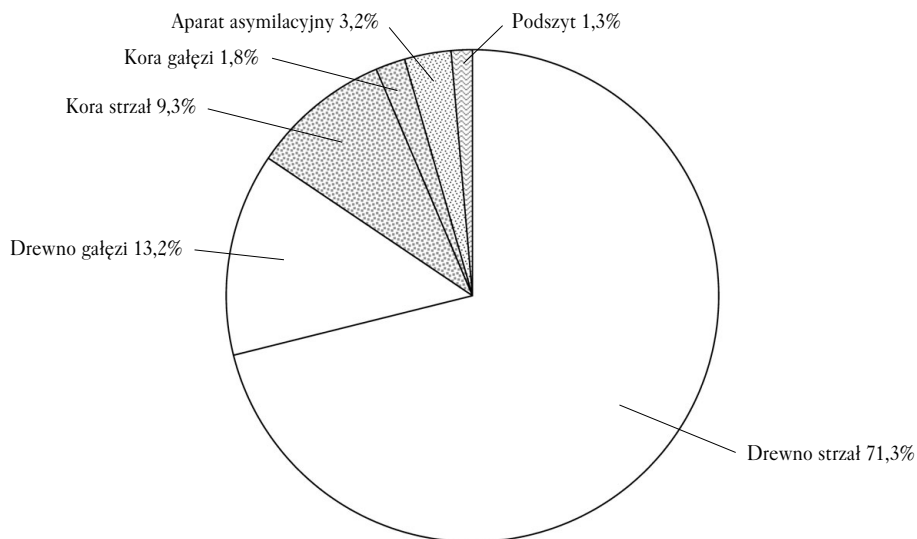
powodującym wyeliminowanie indywidualnej zmienności. W badaniach nad biomasa drzewostanów regułą było określanie jej w jednym, bądź kilku wybranych drzewostanach, na podstawie biomasy ściętych drzew próbnych [Benčať 1990, Chroust 1984 (za Gornowicz 2002), Ebiš 2001, Gornowicz 1994, 1998, Mälkönen 1974, Ovington 1957, Vyskot 1980].

W badaniach tych uwzględniono wszystkie warstwy roślinności drzewiastej. Do rzadkości w literaturze zagranicznej należą prace, w których byłaby określana biomasa warstwy podszytu. Za wyjątek od tej reguły uznać należy cytowane przez Obmińskiego [1976] (za Ovingtonem) wyniki badań prowadzonych w 50-letnich drzewostanach I klasy bonitacji, między innymi z panującą sosną, w których uwzględniono także warstwę podszytu. W drzewostanach sosnowych Puszczy Niepołomickiej nie stanowi ona znaczącego udziału w ogólnej ich biomase. Także aparat asymilacyjny, z wyjątkiem młodych drzewostanów, ma tylko kilkuprocentowy udział w biomase (ryc. 7). Aparat asymilacyjny jest natomiast zasadniczą częścią składową rocznej produkcji biomasy (ryc. 8), zwłaszcza drzewostanów starszych klas wieku.

Obiektywny sposób pobierania materiału badawczego pozwala na odniesienie uzyskanych wyników do wszystkich drzewostanów sosnowych Puszczy Niepołomickiej, które spełniają przyjęte kryteria składu gatunkowego i wieku. Ogólna biomasa tych drzewostanów wynosi 1 003 255 ±18 834 ton, w tym sucha masa pierwszego piętra drzew 909 197 ±17 279 ton, piętra drugiego 81 433 ±5 686 oraz warstwy podszytu 12 625 ±967 ton. W rocznej produkcji biomasy warstwy drzew wynoszącej 42 519 ±705 ton, przyrost strzał z korą wynosi 24 170 ±470 ton, gałęzi z korą 3 445 ±95 ton, a aparatu asymilacyjnego 14 905 ±254 ton.

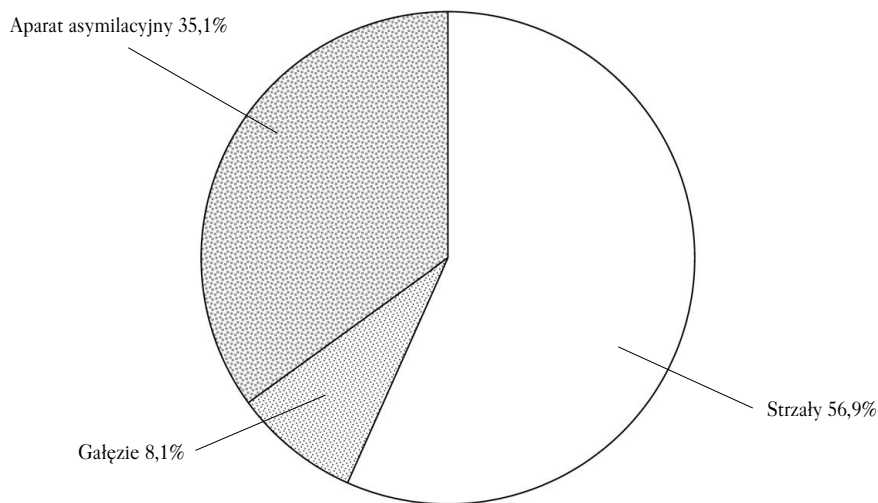
Wnioski

✦ Udział gatunków domieszkowych występujących w drzewostanach sosnowych Puszczy Niepołomickiej nie ma istotnego wpływu na ogólną ich biomasę i produktyjność. Znaczące różnice występują natomiast w poszczególnych klasach wieku.



Ryc. 7.

Procentowy udział wyróżnionych komponentów w biomacie analizowanych drzewostanów
Percentage share of the distinguished components in biomass in the analysed stands



Ryc. 8.

Procentowy udział wyróżnionych komponentów w przyroście biomasy analizowanych drzewostanów
Percentage share of the distinguished components in biomass increment in the analysed stands

- ✚ Zarówno biomasa jak i przyrost litych ($S_o > 0,8$) młodych drzewostanów sosnowych osiąga większe, zaś w starszych klasach wieku mniejsze wartości od wykazujących bardziej urozmaicony skład gatunkowy ($S_o \leq 0,8$).
- ✚ W ogólnej biomacie drzewostanów sosnowych maleje z wiekiem udział drzew piętra pierwszego, a rośnie znaczenie piętra drugiego. Dotyczy to zwłaszcza grupy z większą domieszką innych gatunków ($S_o \leq 0,8$).

- ✚ Podszyt nie ma znaczącego udziału w biomase drzewostanów, a jego udział na ogół maleje ze wzrostem udziału biomasy drzew piętra drugiego.
- ✚ W młodych drzewostanach aparat asymilacyjny może stanowić nawet kilkanaście procent biomasy. Jego udział z wiekiem ulega wyraźnemu zmniejszeniu.
- ✚ Żyzność siedliska jest istotnym czynnikiem determinującym wielkość biomasy rosnących drzewostanów sosnowych.
- ✚ Ze względu na zastosowany, pośredni sposób określania biomasy i jej przyrostu, wykazane zależności w poszczególnych klasach wieku stanowią ogólny pogląd na strukturę tych cech w analizowanych drzewostanach.
- ✚ Tylko szczegółowe badania oparte na bezpośrednim pomiarze biomasy i przyrostu reprezentatywnej liczby drzew mogą dać wiarygodne rezultaty na temat struktury i produkcji biomasy drzewostanów o tak skomplikowanej budowie, wzrastających w tak urozmaiconych warunkach siedliskowych.

Literatura

- Assmann E. 1968. Nauka o produktywności lasu. PWRiL, Warszawa.
- Benčať T. 1990. Porovnanie nadzemnej biomasy borovice sosny (*Pinus sylvestris* L.) a ahátu bieleho (*Robinia pseudoacacia* L.) na Záhorí. Lesnictví, 36 (5): 355-366.
- Børset O. 1954. Kubering av osp p/ rot. Meddelelser fra det norske Skogforsøksvesen 12: 391-447.
- Braastad H. 1966. Volumtabeller for bjørk. Meddelelser fra det Norske Skogforsøksvesen 21(1): 23-78.
- Bruchwald A. 1996. New Empirical Formulae for Determination of Volume of Scots Pine Stands. Folia For. Pol., Ser. A – Forestry, 38: 5- 10.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T., Dudek A., Michalak K., Wróblewski L., Zasada M. 2000. Wzory empiryczne do określania wysokości i pierśnicowej liczby kształtu grubizny drzewa. Sylwan 10: 5-13.
- Cannell M. G. R. 1982. World Forest Biomass and Primary Production Data. Academic Press. London. 391.
- Cerny M. 1990. Biomass of *Picea abies* (L.) Karst. in midwestern Bohemia. Scan. J. For. Res., 5: 83-95.
- Dik E. J. 1984. Estimating the wood volume of standing trees in forestry practice. Rijksinstituut voor onderzoek in de bos en landschapsbouw de Dorschkamp, Wageningen. Uitvoerige verslagen 19(1): 1-114.
- Ebiś M. 2001. Struktura biomasy sosny zwyczajnej. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa-Wrocław.
- Gornowicz R. 1994. Biomasa młodych drzewostanów sosnowych (*Pinus sylvestris* L.) – II klasy wieku. PTPN, Pr. Kom. Nauk Rol. i Kom. Nauk Leś. 78: 61-67.
- Gornowicz R. 1998. Badania wybranych elementów biomasy bolewickiej sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). PTPN, Pr. Kom. Nauk Rol. i Kom. Nauk Leś. 86: 47-53.
- Gornowicz R. 2002. Wpływ pozyskiwania biomasy sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na wycofywanie pierwiastków biogennych ze środowiska leśnego. Roczn. AR w Poznaniu. Rozprawy Naukowe, z. 331: 1-96.
- Johansson T. 1999. Site index curves for common alder and grey alder growing on different types of forest soil in Sweden. Scand. J. For. Res., Vol. 14, 5: 441-453.
- Kozak I., Holubets M. 2000. Biomass in beech and spruce forests in the Ukrainian Carpathians. Folia For. Pol., Ser. A – Forestry, 42: 5-14.
- Kubiak M., Grodecki J., Róžański H. 1985. Próba ilościowej oceny biomasy w rębnych drzewostanach sosnowych zależnie od typu siedliskowego lasu. Sylwan 6: 21-33.
- Lemke J. 1992. Szacowanie masy 1-, 2-, i 3-letniego igliwia sosen różnych klas wieku. Sylwan 9: 89-98.
- Lehtonen A., Mäkipää R., Heikkinen J., Sievänen R., Liski J. 2004. Biomass expansion factors (BEF) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. For. Ecol. Manage. 188: 211-224.
- Mälikönen E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. Commun. Inst. For. Fenn. 84, 5: 1-27.
- Obmiński E. 1978. Ekologia lasu. PWN Warszawa.
- Orzeł S., Wysocki P. 2003. Struktura i przyrost biomasy wybranych drzewostanów sosnowych Nadleśnictwa Kłobuck. Acta Sci. Pol. Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria 2(2): 61-70.
- Orzeł S., Socha J., Forgiel M., Ochał W. 2005. Struktura biomasy podszyciu występującego w drzewostanach Puszczy Niepołomickiej. Sylwan 4: 40-47.
- Ovington J. D. 1957. Dry matter production by *Pinus sylvestris*. Ann. Bot. Lon. N. S. 21: 287-314.
- Pardé J. 1980. Forest Biomass. Forestry Abstracts. Vol. 41, 8: 343-362.
- Państwowe Gospodarstwo Leśne – Lasy Państwowe. 2001. Wyniki aktualizacji stanu powierzchni leśnej i zasobów drzewnych w Lasach Państwowych-na dzień 1 stycznia 2001 r. Warszawa.

- Raimer J., Rutkowska L., Grabeżyński S., Orzel S., Rieger R. 1990. Ocena biomasy i produktywności drzewostanów kompleksu leśnego „Ratanica” na Pogórzu Wielickim. Acta Agr. et Silv., ser. Silv. 29: 89-103.
- Rieger R., Grabeżyński S., Orzel S., Raimer J. 1984. Growing Stock and Increment of Tree Stands. [W:] Forest Ecosystems in Industrial Regions. Ecological Studies 49. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, 70-78.
- Satoo T. 1982. Forest biomass. Martnus Nijhoff / Dr W. Junk Publishers. The Hague / Boston / London. 152 s.
- Socha J., Wężyk P. 2004. Empirical Formulae to Assess the Biomass of the Above-Ground Part of Pine Trees. El. J. Pol. Agr. Univ., Forestry, Vol. 5, Issue 2.
- Vyskot M. 1980. Bilance biomasy hlavních lesních dřevin. Lesnictví, 26 (10): 849-882
- Wenk G., Antanaitis V., Šmelko Š. 1990. Waldtragslehre. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.

SUMMARY

Aboveground biomass and annual production in stands of the Niepołomicka Forest

The objective of this study was to calculate the volume and dry mass production in the stands of the Niepołomicka Forest. The share of tree components in total biomass volume and increment was calculated in relation to stand age growth conditions.

The material was collected during the works carried out by the Dendrometry Department staff, Agricultural University of Cracow under research project no. 3 P06L 013 22. The material contains results of measurements of underbrush and trees growing on 221 circular sample plots where pine accounted for more than 50% of the volume of the tree layer. For each plot (stand), the overall dry mass of woody vegetation made up of the biomass of the tree layer and underbrush (shrub layer) was calculated. In the tree layer, the dry mass of wood, bark and assimilatory apparatus was distinguished and the volume of annual production of these components was calculated. The analysis of biomass volume and increment was carried out separately for each distinguished stand groups. The first group ($S_o > 0.8$) included the plots where pine accounted for more than 80% of upper tree layer volume, while the second group ($S_o \leq 0.8$) – the plots where the percentage of pine is from 0.5 to 0.8.

In general, the total biomass of stands up to age class III inclusive increases with the increase of stand age. Its mean volume in the stands with an 80% share of pine ($S_o > 0.8$) is markedly greater than in the group with the higher share of admixture species ($S_o \leq 0.8$). In older age classes slightly greater biomass accumulation was found in the stands where pine accounts for 50 to 80% of species composition of the upper tree layer (Fig. 1). The underbrush biomass amounting on average to $2.16 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($2.25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($S_o > 0.8$) and $1.90 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($S_o \leq 0.8$)) accounts for merely 1.25% (1.3% and 1.1%, respectively) of the mean biomass volume of the analysed stands. Stems outside bark (except for the youngest stands) account for about 80% of total biomass in the stands where $S_o \leq 0.8$ and about 82% in the stands where $S_o > 0.8$. The percentage share of the branch biomass is somewhat different. The share of assimilatory apparatus increases with stand age (Fig. 2).

In general, the biomass of stands growing under the habitat conditions of mixed broadleaved forest is greater on average by $34.0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (20.9%) than of the stands growing under the habitat conditions of mixed coniferous forest (Fig. 3).

The dry mass production amounts to $7.298 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ on average and does not significantly differ between the stands of the distinguished groups of species composition. Significant differences however can be found for the distinguished age classes. In younger stands up to age class III inclusive pure stands ($S_o > 0.8$) exhibit higher productivity. In the remaining age classes,

the productivity of pure stand is slightly (from 3.4% (age class IV) to 8.9% (age class V)) lower (Table 5). On average, the trees from the upper stand layer yield more than 87% of annual biomass production. The share of tree stems outside bark above age class III drop from about 61% to 51% in the oldest age class, whereas the increment of assimilatory apparatus increases from about 31% to about 41% of annual stand production. The branch increment maintains at almost stable level (Fig. 5).

The increment of stands growing in mixed broadleaved forest habitats is higher on average by 9% than of stands growing under habitat conditions of mixed coniferous forests (Fig. 6).