

STANISŁAW ORZEŁ, JAROSŁAW SOCHA, MARCIN FORGIEL, WOJCIECH OCHAŁ

## Struktura biomasy podszytu występującego w drzewostanach Puszczy Niepołomickiej\*

Undergrowth biomass structure in the stands of Niepołomicka Forest

### ABSTRACT

The study has demonstrated that the undergrowth layer in the stands of the Niepołomicka Forest is diversified in respect to the number of species and their spatial distribution highly variable. The main species that occur in the undergrowth is alder buckthorn found on 53.4% of the experimental plots. Its biomass amounting to 0.961 t·ha<sup>-1</sup> represents 43.9% of the biomass of the undergrowth layer. The biomass structure is described by the one-arm curve.

### KEY WORDS

undergrowth, biomass, Niepołomicka Forest

### Wstęp

W budowie pionowej drzewostanu podszyt stanowi najniższą warstwę roślinności drzewiastej. Zróżnicowanie występowania tej warstwy jest zdeterminowane zarówno żyznością siedliska jak i panującymi warunkami świetlnymi, zależnymi od składu gatunkowego drzewostanu i zmieniającego się z wiekiem jego zwarcia. Podszyt tworzą przede wszystkim krzewy oraz drzewa gatunków znoszących ocienienie [Szymański 1986]. Warstwa ta pełni głównie rolę pielęgnacyjną w odniesieniu do gleby. Zapobiega bowiem jej erozji, wzbogaca w materię organiczną i wpływa na szybkość jej rozkładu, przez co zapobiega powstawaniu surowej próchnicy. Występowanie podszytu obniża parowanie wody z powierzchni gleby, a także zmniejsza prędkość wiatrów wpływając tym samym na kształtowanie korzystnego mikroklimatu wnętrza lasu [Obmiński 1978; Szymański 1986].

Podszyt jest warstwą nie do końca docenianą [Lesiński 1975; Pomarnacki 1973]. Prowadzone badania dotyczyły ustalenia składu gatunkowego tej warstwy [Lesiński 1975], a zwłaszcza jej roli fitomelioracyjnej [Bobiński 1971; Szujewski 1978; Szymański 1986]. Pozytywny wpływ podszytu,

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

#### STANISŁAW ORZEŁ

Katedra Dendrometrii  
Akademia Rolnicza  
Al. 29 Listopada 46  
31-425 Kraków  
rlorzel@cyf-kr.edu.pl

#### JAROSŁAW SOCHA

Katedra Dendrometrii  
Akademia Rolnicza  
Al. 29 Listopada 46  
31-425 Kraków  
rsocha@cyf-kr.edu.pl

#### MARCIN FORGIEL

Katedra Dendrometrii  
Akademia Rolnicza  
Al. 29 Listopada 46  
31-425 Kraków  
rlforgie@cyf-kr.edu.pl

#### WOJCIECH OCHAŁ

Katedra Dendrometrii  
Akademia Rolnicza  
Al. 29 Listopada 46  
31-425 Kraków  
rlochal@cyf-kr.edu.pl

nie tylko na mikroklimat drzewostanu i poprawę właściwości fizyko-chemicznych gleb, ale także na zwiększenie przyrostu oraz oczyszczanie się strzał drzewostanu sosnowego wykazał w swych badaniach Tuszyński [1986].

Za mniej niż skąpe uznać należy prace poświęcone ocenie biomasy tej warstwy drzewostanu. W Polsce, w nieco szerszym zakresie, prowadzone były przez pracowników Zakładu Dendrometrii w Krakowie [Raimer i in. 1990; Rieger i in. 1984, 1988].

Celem badań było ustalenie składu gatunkowego oraz biomasy podszytu drzewostanów Puszczy Niepołomickiej.

## Metodyka i materiał badawczy

Badaniami objęto cały obszar Puszczy Niepołomickiej. Lasy Nadleśnictwa Niepołomice występują w zróżnicowanych warunkach siedliskowych, od siedliska boru mieszanego świeżego po siedlisko olsu jesionowego. Położenie w widłach Wisły i Raby sprawia, że ponad 84% ich powierzchni zajmuje wariant wilgotny [Nadleśnictwo Niepołomice 2000]. Są to więc sprzyjające warunki do rozwoju drzewostanów o urozmaiconym składzie gatunkowym we wszystkich jego warstwach.

Materiał pomiarowy pobrano z drzewostanów w wieku powyżej 10 lat. Całkowita ich powierzchnia wynosi 9458,69 ha [Plan UL]. W drzewostanach tych założono 393 powierzchnie kołowe rozmieszczone systematycznie w siatce kwadratów o boku 500 m. Środki powierzchni wyznaczono najpierw na mapie drzewostanowej, a następnie odwzorowano w lesie, prowadząc domiary geodezyjne od charakterystycznych punktów w terenie, takich jak: przecięcia linii oddziałowych, dróg, rowów, granic wydzieleń, słupków granicznych itp. W odległości 5 m od każdego z tak wytyczonych środków powierzchni wyznaczono 4 stanowiska kołowe o obszarze 10 m<sup>2</sup> każde (o promieniu 1,73 m) usytuowane w kierunku: N, S, W i E. Ogółem wyznaczono 1572 stanowiska. Rosnące na ich obszarze krzewy oraz większość drzew o pierśnicy mniejszej od 7,0 cm ścięto i określono ich ciężar z zaokrągleniem do 0,1 kg. Dla ograniczenia szkód, niektórych drzew podstawowych gatunków lasotwórczych zaliczonych do warstwy podszytu ( $d < 7,0$  cm) nie ścinano lecz pomierzono ich pierśnicę i wysokość, a ciężar obliczono na podstawie opracowanych wzorów empirycznych. Wzory opracowano dla dęba, buka, olszy i brzozy na podstawie ciężaru, pierśnicy i wysokości odpowiedniej próby drzewek pobranej z różnych części Puszczy Niepołomickiej. Opracowane wzory oparto na najczęściej stosowanej w takich przypadkach funkcji allometrycznej [Monserud, Marshall 1999; Sit, Poulin-Costello 1994] o ogólnej postaci:

$$Y = b_0 h^{b_1} (d^2)^{b_2}$$

gdzie:

$Y$  – nadziemna biomasa drzewka w stanie świeżym,

$b_0, b_1, b_2$  – parametry równania,

$h$  – wysokość drzewka,

$d$  – pierśnica drzewka,

Parametry przyjętego równania obliczono po wcześniejszej jego linearyzacji, a ich wartości oraz wielkość wariancji wyjaśnionej podano w tabeli 1.

Określony dla poszczególnych gatunków ciężar w stanie świeżym pomnożono przez iloraz gęstości drewna w stanie suchym i świeżym [Krzysik 1978]. Uzyskano w ten sposób suchą biomasę występujących w podszytcie gatunków drzew i krzewów. Dla większej przejrzystości prezentowanych wyników, wszystkie analizy prowadzono w odniesieniu do powierzchni o obszarze 40 m<sup>2</sup> (4 stanowiska kołowe o obszarze 10 m<sup>2</sup>).

Tabela 1.

Parametry wzoru allometrycznego do określania ciężaru w stanie świeżym brzozy, buka, dębu i olszy oraz wielkość wariancji wyjaśnionej

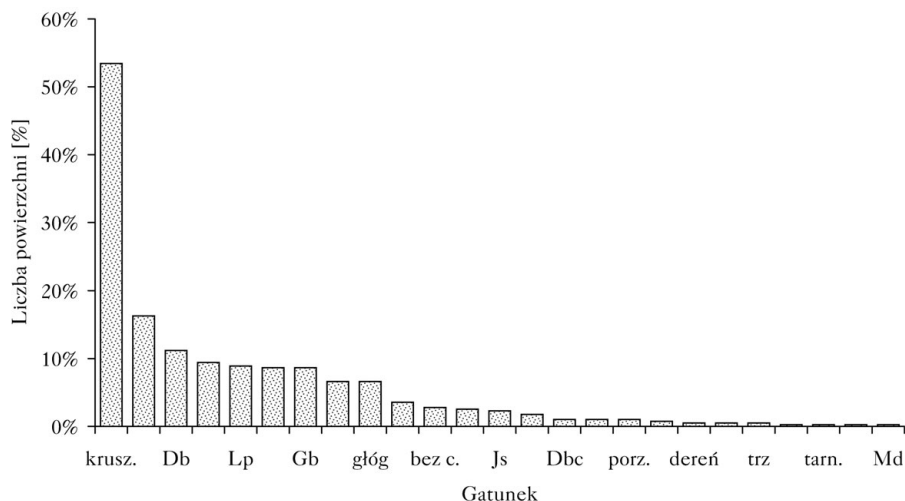
Allometric equation parameters for determination of the fresh weight of birch, beech, oak and alder, as well as of explained variation value

Gatunek	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$R^2$
Olsza	0,191457	0,60522	0,80851	0,8649
Brzoza	0,249677	0,53283	1,01814	0,9409
Buk	0,135611	0,15246	1,79995	0,9025
Dąb	0,421334	0,700744	0,621068	0,8836

## Wyniki badań

WYSTĘPOWANIE DRZEW I KRZEWÓW TWORZĄCYCH WARSTWĘ PODSZYTU. Z założonych 393 powierzchni na 81 (20,6%) nie stwierdzono występowania podszytu. Na pozostałych zinventaryzowano 15 gatunków drzew i 10 gatunków krzewów (ryc. 1). Głównym gatunkiem podszytowym w drzewostanach Puszczy Niepołomickiej jest kruszyna pospolita, którą stwierdzono na 210 powierzchniach (53,4%). Poza kruszyną, jedynie jarzębinę i dąb zinventaryzowano na znaczącej, bo ponad 10% liczbie powierzchni (odpowiednio 64 i 44). Rzadziej, ale więcej niż na 5% założonych powierzchni występowały: brzoza (37), lipa (35), czeremcha (34), grab (34), buk (26) i głóg (26). Na 7 (1,8%) do 14 (3,6%) stanowisk stwierdzono: świerk, bez, olszę, jesion i leszczynę. Pozostałe gatunki (dąb czerwony, iwa, porzeczka, wiąz, dereń, jawor, trzmielina, sosna, tarnina, topola, modrzew) nie stanowiły znaczącego liczbowego udziału w omawianej warstwie. Występowały bowiem sporadycznie, bo na 1 (0,3%) do 4 (1,0%) stanowisk.

BIOMASA PODSZYTU I JEJ ROZKŁAD. Ciężar w stanie świeżym krzewów i drzew zaliczonych do warstwy podszytu na założonych powierzchniach wynosił 5316,9 kg. Średnia jego wartość na powierzchni 40 m<sup>2</sup> kształtowała się na poziomie 13,53 kg; sucha biomasa wynosiła natomiast 8,75 kg.



Ryc. 1.

Częstość występowania stwierdzonych gatunków w warstwie podszytu  
Frequency of species occurrence identified in the undergrowth layer

Z 10 najczęściej stwierdzanych gatunków (ryc. 1) jedynie kruszyna zachowała taką samą pozycję w udziale w suchej masie (ryc. 2). Jarzębina zajmująca drugą pozycję ze względu na częstotliwość występowania, w udziale biomasy zajmuje dopiero 9 miejsce.

W przeliczeniu na jednostkę powierzchni biomasa podszytu występującego w drzewostanach Puszczy Niepołomickiej wynosi średnio  $2,189 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Zasadniczą jej część ( $0,961 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} - 43,9\%$ ) stanowi biomasa kruszyny (tab. 2). Biomasa żadnego z pozostałych krzewów i drzew występujących w tej warstwie nie przekracza 9% średniej wartości biomasy podszytu drzewostanu, a udział 13 (jesiona, wiązu, sosny, modrzewia, dębu czerwonego, jaworu, topoli, derenia, bzu, iwy, trzmieliny, tarniny i porzeczki) uznać można za śladowy, bo w żadnym przypadku nie przekraczający 0,8% ogólnej biomasy. Łączna biomasa wymienionych gatunków nie przekracza 4% biomasy omawianej warstwy drzewostanu.

**Tabela 2.**

Statystyczna charakterystyka biomasy drzew i krzewów występujących w warstwie podszytu w drzewostanach Puszczy Niepołomickiej

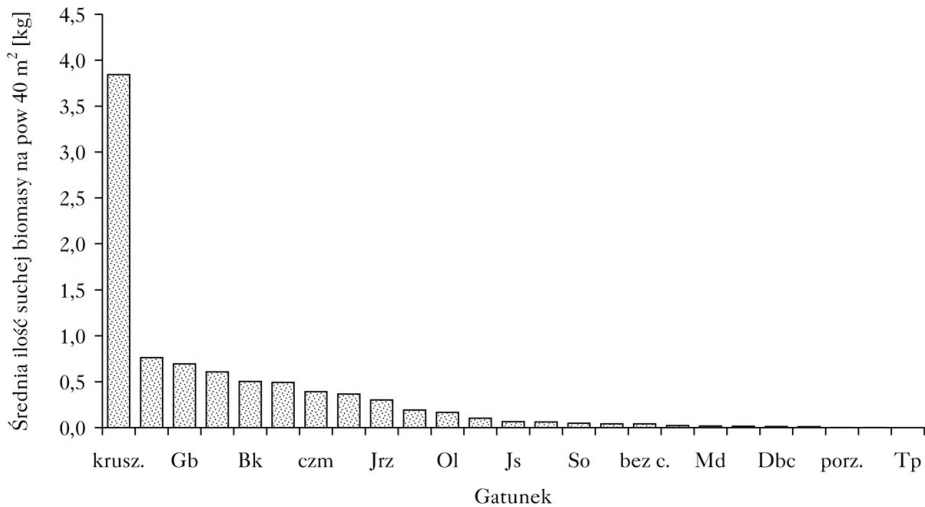
Statistical characterisation of tree and shrub biomass occurring in the undergrowth layer in the stands of the Niepołomicka Forest

Gatunek drzewa, krzewy <sup>1)</sup>	Biomasa [ $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ]				Udział procentowy	
	Średnia	Minimum	Maksimum	Odchylenie standardowe		
Drzewa	Lp	0,1907	0,0000	13,2568	1,1163	8,71
	Gb	0,1738	0,0000	10,9948	0,9913	7,94
	Bk	0,1257	0,0000	10,1825	0,7570	5,74
	Db	0,1232	0,0000	7,4513	0,6669	5,63
	Brz	0,0916	0,0000	5,9205	0,5803	4,19
	Jrz	0,0753	0,0000	5,5608	0,4264	3,44
	Św	0,0479	0,0000	5,2408	0,3636	2,19
	Ol	0,0416	0,0000	5,1000	0,3885	1,90
	Js	0,0162	0,0000	3,3313	0,1899	0,74
	Wz	0,0151	0,0000	2,8235	0,1808	0,69
	So	0,0117	0,0000	4,5848	0,2313	0,53
	Md	0,0043	0,0000	1,6695	0,0842	0,19
	Dbc	0,0028	0,0000	0,7425	0,0391	0,13
	Jw	0,0003	0,0000	0,0760	0,0041	0,01
Drzewa łącznie	0,9200	0,0000	13,2569	1,9909	42,03	
Krzewy	krusz.	0,9610	0,0000	9,6250	1,7120	43,91
	głóg	0,1517	0,0000	12,3333	1,0998	6,93
	czm	0,0980	0,0000	6,7223	0,5461	4,48
	lesz.	0,0256	0,0000	6,6770	0,3524	1,17
	dereń	0,0103	0,0000	3,8573	0,1948	0,47
	bez c.	0,0100	0,0000	1,5648	0,0982	0,46
	iwa	0,0055	0,0000	1,8018	0,0916	0,25
	trz	0,0038	0,0000	1,4648	0,0739	0,17
	tarn.	0,0027	0,0000	1,0483	0,0529	0,12
porz.	0,0003	0,0000	0,0665	0,0038	0,02	
Krzewy łącznie	1,2688	0,0000	12,3333	2,0200	57,97	
Ogółem	2,1888	0,0000	13,2569	2,7166	100,00	

<sup>1)</sup> Użyte skróty są zgodne z przyjętymi w Zasadach hodowli lasu [2003]

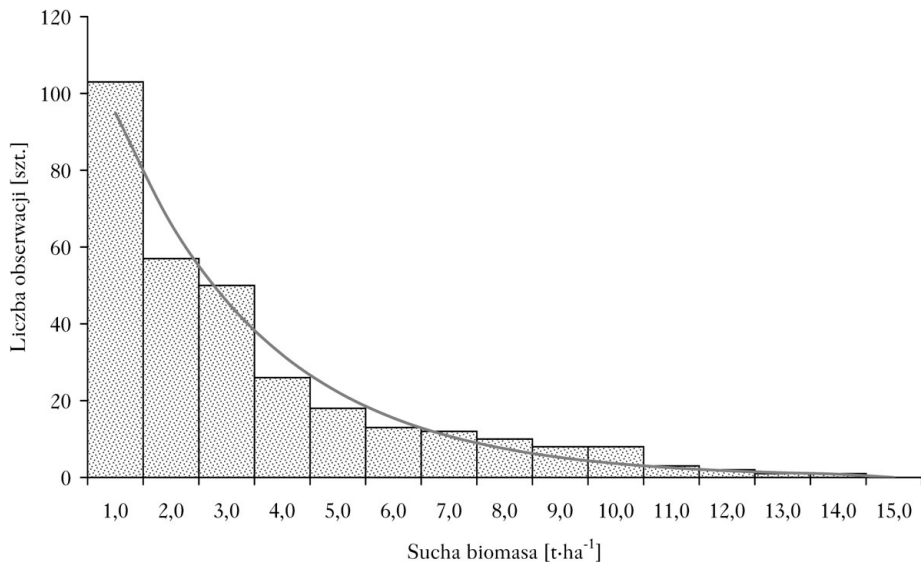
<sup>1)</sup> Used abbreviations are in line with those adopted in Principles of forest management [2003]

Przestrzenne rozmieszczenie podszytu w Puszczy Niepołomickiej charakteryzuje się bardzo dużą zmiennością. Współczynnik zmienności określony dla biomasy tej warstwy drzewostanu wynosi bowiem aż 124,1%. Oznacza to, że podana średnia wartość  $2,189 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  określona została z błędem względnym wynoszącym  $\pm 6,3\%$ . Tak duże zróżnicowanie biomasy podszytu występującego w lasach Nadleśnictwa Niepołomice w pełni potwierdza rycina 3. Okazało się, że uwzględniając jedynie powierzchnie, na których stwierdzono występowanie podszytu, rozkład jego



Ryc. 2.

Średnia wartość biomasy poszczególnych gatunków na powierzchni  $40 \text{ m}^2$   
 Mean biomass value for species found on a  $40 \text{ m}^2$  plot



Ryc. 3.

Rozkład biomasy podszytu na tle przebiegu funkcji wykładniczej  
 Undergrowth biomass distribution against the exponential function graph

biomasy na poszczególne stopnie opisuje krzywa jednoramienna. Analizy wykazały, że rozkład ten jest zgodny z rozkładem wykładniczym.

Z analizy wykresu 3 wynika, że po uwzględnieniu powierzchni, na których nie stwierdzono podszytu, na około 47% obszarze Puszczy Niepołomickiej biomasa tej warstwy nie przekracza  $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a na około 2,0% kształtuje się na poziomie ponad  $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

## Dyskusja wyników

Obowiązujące „Zasady hodowli lasu” [2003] precyzyjnie określają normy, zarówno ilościowe jak i dotyczące składu gatunkowego oraz uwarunkowania wprowadzania podszytu. Sztucznie wprowadzany w Puszczy Niepołomickiej podszyt stanowią przede wszystkim znoszące ocienienie gatunki drzew (buk, świerk i dąb). W ten sposób prowadzona jest przebudowa, zwłaszcza litych drzewostanów sosnowych. Wprowadzanie warstwy podszytu o urozmaiconym składzie gatunkowym może przyczynić się do lepszego, właściwego wypełnienia przestrzeni ekologicznej i podniesienia naturalnej odporności drzewostanów. Brak podszytu na blisko 21% powierzchni wynika między innymi z dość licznie występujących w Puszczy Niepołomickiej drzewostanów o złożonej budowie pionowej, ograniczającej możliwość samoistnego pojawienia się tej warstwy.

Zdaniem Lesińskiego [1975] gatunki podszytowe, poza funkcjami biocenotycznymi, mogą stanowić cenne źródło informacji o właściwościach siedliska, niekiedy nawet bardziej wartościowe niż roślinność dna lasu, zwłaszcza w przypadku siedlisk silnie zniekształconych. Swoją pogląd Lesiński uzasadnia głębokością ukorzenienia. Runo leśne, korzeniące się najczęściej tylko w warstwie rozkładającej się ściółki, jest silnie związane z obecnym składem gatunkowym drzewostanu, często zupełnie niewłaściwym na danym siedlisku. Podszyt natomiast stanowią rośliny drzewiaste, korzeniące się w głębszych poziomach gleby i z tego względu może w sposób pełniejszy informować o charakterze pierwotnie istniejących zbiorowisk leśnych.

Przyjęcie metodyki gromadzenia materiału pomiarowego nie odbiegającej zasadniczo od stosowanej we wcześniejszych badaniach prowadzonych przez Zakład Dendrometrii w Krakowie sprawia, że uzyskane wyniki można bez obawy porównać z rezultatami stwierdzonymi w innych obiektach. Wynosząca średnio  $2,189 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  biomasa podszytu drzewostanów Puszczy Niepołomickiej jest zbliżona do wynoszącej  $2,452 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  biomasy podszytu drzewostanów zlewni potoku Sąspówka w Ojcowskim Parku Narodowym [Rieger i in. 1988]. Znacznie większe różnice dotyczą udziału drzew i krzewów w biomase omawianej warstwy. W Puszczy Niepołomickiej krzewy stanowią bowiem około 58% biomasy podszytu, zaś w zlewni potoku Sąspówka niespełna 35%. Jeszcze mniejszy udział krzewów w biomase podszytu stwierdził Raimier i in. [1990] w kompleksie Ratanica.

## Wnioski

- ✦ Warstwę podszytu drzewostanów Puszczy Niepołomickiej charakteryzuje duże bogactwo występujących gatunków drzew i krzewów.
- ✦ Znaczna część gatunków występujących w podszytu ma nieznaczny wpływ na wielkość biomasy tej warstwy. Największą, zasadniczą jej część stanowi kruszyna.
- ✦ Strukturę biomasy podszytu opisuje funkcja wykładnicza.
- ✦ Przestrzenne rozmieszczenie podszytu wykazuje dużą zmienność. Stanowi to oczywiste utrudnienie dla dokładnego określenia jego biomasy.
- ✦ Współczynnik zmienności biomasy może stanowić cenne źródło informacji przy planowaniu dalszych badań nad biomasą podszytu drzewostanów o podobnej budowie i strukturze.
- ✦ Do precyzyjnego określenia biomasy podszytu konieczne wydaje się określenie jej w wy-

różnionych wcześniej jednorodnych pod względem cech taksacyjnych grupach drzewostanów.

## Literatura

- Bobiński J. 1971. Oddziaływanie jałowca na glebę. *Las Polski* 3: 15-16.
- Krzysik F. 1978. *Nauka o drewnie*. PWN, Warszawa.
- Lesiński J. 1975. Przydatność badań podszytu do określania jego roli wskaźnikowej w zbiorowiskach leśnych. *Zeszyty Probl. Post. Nauk Rol.* 162: 473-478.
- Monserud R.A., Marshall J.D. 1999. Allometric crown relations in three northern Idaho conifer species. *Can. J. For. Res.* 29: 521-535.
- Obmiński E. 1978. *Ekologia lasu*. PWN, Warszawa.
- Pomarnacki L. 1973. Nie lekceważmy podszytów. *Las Polski* 6: 13.
- Raimer J., Rutkowska L., Grabczyński S., Orzeł S., Rieger R. 1990. Ocena biomasy i produktywności drzewostanów kompleksu leśnego „Ratanica” na Pogórzu Wielickim. *Acta Agr. Silv. Ser. Silv.* 29: 89-103.
- Rieger R., Grabczyński S., Orzeł 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.
- Rieger R., Grabczyński S., Orzeł S., Raimer J., Rutkowska L., Wimmer M. 1988. Zapas i przyrost drzewostanów kompleksu leśnego zlewni potoku Sąpsówka w OPN oraz ocena ich biomasy i rocznej produkcji. Dokumentacja w Zakładzie Dendrometrii AR w Krakowie.
- Sit V., Poulin-Costello M. 1994. Catalogue of curves for curve fitting. *Biometrics information handbook series*. Ministry of Forests Province of British Columbia. 4.
- Szymański S. 1986. *Ekologiczne podstawy hodowli lasu*. PWRiL, Warszawa.
- Szujecki A. 1978. Wpływ podszytów dębowych na zgrupowanie ściółkowych kusakowatych (*Col.*, *Staphylinidae*) borów sosnowych świeżych. *Folia For. Pol., Ser. A.* 23: 157-173.
- Tuszyński M. 1986. Czy wprowadzanie podszytów spełnia pozytywną rolę w pielęgnowaniu gleby i drzewostanu? *Postępy Techniki w Leśnictwie* 38: 14-18.
- Nadleśnictwo Niepołomice. 2000. W: *Lasy i gospodarka leśna Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Krakowie*. Kraków.
- Plan Urządzania Lasu Nadleśnictwa Niepołomice na lata 2002-2011.
- Zasady hodowli lasu obowiązujące w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe. 2003. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych.

## SUMMARY

### Undergrowth biomass structure in the stands of Niepołomicka Forest

The studies were based on the material collected from the entire area of the Niepołomicka Forest from the stands older than 10 years. The stand area was gridded into the network of 500 × 500 m squares. Circular sample areas of 10 m<sup>2</sup> each (of a radius 1.73 m) were established at a distance of 5 m from each of its 393 nodes exposed to N, S, W and E. The total number of sample areas was 1572. Shrubs and trees on the sample areas smaller than 0.7 cm in diameter were cut and the weight was measured and rounded to 0.1 kg. To reduce damage some of the main forest tree species classified as undergrowth (d < 7.0 cm) were left uncut, but their dbh and height were measured and their weight calculated on the basis of the developed empirical equations:

$$Y = b_0 h^{b_1} (d^2)^{b_2}$$

Equations were developed for oak, beech, alder and birch, and their parameters and the explained variance value are presented in Table 1.

The fresh biomass determined in that way was converted into dry mass. For simplicity, all analyses were done for 393 plots of 40 m<sup>2</sup> (four circular sample areas of 10 m<sup>2</sup> in size).

The main species in the undergrowth layer in the stands of the Niepołomicka Forest is alder buckthorn which was found on 210 plots (53.4%). Besides alder buckthorn only rowan and

oak were identified on 10% of plots (Fig. 1). Almost half of the inventoried species occurs sporadically.

Of 10 most frequent species (Table 1) only alder buckthorn showed the same dry mass percentage (Fig. 2). With regard to the frequency of occurrence rowan occupies the second position and with regard to the percentage of the dry mass - the ninth position.

The biomass of the undergrowth vegetation per area unit in the stands of the Niepołomicka Forest is  $2.189 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$  on average. The alder buckthorn biomass is its essential part ( $0.61 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ ) (Table 2). The biomass of other shrubs and trees occurring in this layer does not exceed 9% of the average stand undergrowth biomass. Shrubs constitute almost 8% of this layer.

The spatial distribution of the undergrowth layer in the Niepołomicka Forest feature high variation and its distribution into individual degrees is described by one-arm curve in compliance with the exponential distribution (Fig. 3).