

STANISŁAW MIŚCICKI

# Dynamika naturalnych faz rozwojowych drzewostanów w Białowieskim Parku Narodowym

Dynamics of the natural development phases of stands in the Białowieski National Park

## ABSTRACT

Miścicki S. 2012. Dynamika naturalnych faz rozwojowych drzewostanów w Białowieskim Parku Narodowym. Sylwan 156 (8): 616-626.

The aim of the research was to determine the current changes occurring in the natural forest using the classification based on the natural phases of stand development. The oldest part of the Białowieski National Park, formerly known as the Strict Reserve, was the object of the study. Material was collected from temporary sample plots (460 ones both in 1995 and 2005) and 160 permanent sample plots (in the years 2000, 2002 and 2004). Leibundgut's classification was used to determine the natural development phases. All of them occurred in the Białowieski National Park in variable proportions, and this structure changed during the study period. They differed in terms of standing volume, tree density, total tree height of regeneration, current volume increment, losses and changes in standing volume. The regeneration of stands preceded in four different ways – in open areas, under the overstory of reduced closure, in small gaps or continuously when replacing separate dead trees.

## KEY WORDS

natural forest, regeneration, sample plot, standing volume, change

## ADDRESSES

Stanisław Miścicki – e-mail: stanislaw\_miscicki@sggw.pl

Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa; SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159; 02-776 Warszawa

## Wstęp

Klasyfikowanie drzewostanów według faz rozwojowych jest jednym ze sposobów badania lub opisywania procesów zachodzących w lasach naturalnych. Według Koopa [1989] pierwszy wzorzec struktury drzewostanów opublikował Watt w roku 1947. Później opracowano kilkanaście oryginalnych systemów klasyfikacji lub ich modyfikacji. Mimo różnic między nimi, ogólnym celem stosowania takiego podziału jest syntetyczne opisanie struktury drzewostanu i wskazanie jego miejsca w cyklu przemian zachodzących w lesie naturalnym. Wykorzystuje się do tego ocenę wielu cech, takich jak: zagęszczenie drzew, struktura ich wymiarów i wieku, budowa piętrowa, zwarcie, żywotność drzew, zasobność, przyrost, tendencja rozwojowa czy intensywność procesu odnowienia [Twaróg 1991].

W większości przypadków klasyfikacje były wykorzystywane w pracach studialnych prowadzonych w lasach mało przekształconych przez poprzednią działalność gospodarczą. Często były to obiekty małe. Przy próbie wprowadzenia takiej klasyfikacji do prac urzędniowych, wykonywanych przez zespoły taksatorów na znacznie większych obszarach lasów w parkach narodowych, pojawiły się problemy praktyczne, takie jak: konieczność stosowania jednoznacznych

kryteriów wyróżniania faz czy trudność prowadzenia w terenie rozgraniczeń między nimi. Przybylska [1993] zaproponowała stosowanie prostego podziału na trzy fazy – inicjalną, optymalną i terminalną. W praktycznej realizacji [Przybylska, Kucharzyk 1999] był on bardziej rozbudowany przez podział fazy optymalnej i terminalnej na dwie postacie i dodanie fazy przedplonowej. Miścicki [1994], wykorzystując klasyfikację Leibundguta [1959, 1982], opracował kryteria do praktycznego wykorzystania jej w terenowych pracach urządzeniowych. Znalazły one zastosowanie przy taksacji lasów chronionych, np. Lasu Bielańskiego [Miścicki 1994], Parku Narodowego Gór Stołowych [Jędryszczak, Miścicki 2001] oraz Karkonoskiego Parku Narodowego [Rączka 2004]. W większości wymienionych obiektów obraz lasu naturalnego uzyskany na podstawie pomiarów z wykorzystaniem naturalnych faz rozwojowych można uważać za niepełny. Jako najważniejsze przyczyny można podać: istnienie dużych drzewostanów, często uproszczonych uprzednią gospodarką, ograniczanie lub niwelowanie wpływu naturalnych zaburzeń i katastrof w przeszłości, a obecnie także w obszarach ochrony czynnej. Z tych powodów badanie struktury lasu naturalnego z wykorzystaniem klasyfikacji na naturalne fazy rozwojowe postanowiono przeprowadzić w drzewostanach Białowieskiego Parku Narodowego (BPN). Jest to obiekt duży i uważany za jeden z najlepiej zachowanych europejskich lasów nizinnych.

Celem badań było określenie, z wykorzystaniem klasyfikacji naturalnych faz rozwojowych, obecnych przemian lasu naturalnego, w tym udziału faz, ich zasobności, zagęszczenia drzew, ilości odnowienia, a także bieżącego przyrostu miąższości, dorostów i ubytków drzew, jako elementów dynamiki zapasu.

## Obiekt badań

Badania przeprowadzono w najstarszej części Białowieskiego Parku Narodowego, dawniej – jak i obecnie – zwyczajowo nazywanej Rezerwatem Ścisłym. W roku 1921 był on załącznikiem parku narodowego (pod nazwą Leśnictwo Rezerwat). Obecnie stanowi część Białowieskiego Parku Narodowego, w której znajduje się 4584 ha drzewostanów, z których początkowo 1061 było objętych ochroną ścisłą, a od roku 1929 – wszystkie. W drzewostanach największy jest udział świerka pospolitego *Picea abies*, dębu szypułkowego *Quercus robur* i grabu pospolitego *Carpinus betulus* [Krasuska, Miścicki 2002]. W okresach 1994-1996 i 2000-2002, podczas dwóch silnych gradacji kornika drukarza *Ips typographus*, wystąpiło zamieranie świerków [Michalski i in. 2004].

## Materiał i metody

Materiał badawczy zebrano na czasowych i stałych powierzchniach próbnych. Dane zebrane na czasowych powierzchniach próbnych wykorzystano do obliczenia stanu i różnic stanu w okresie 1995-2005 większości cech wykorzystanych w niniejszej pracy z wyjątkiem cech dynamiki zapasu. Powierzchnie te zmierzono w czerwcu i lipcu 1995 roku oraz w sierpniu 2005 roku – po 460 w każdym terminie. Za każdym razem wykorzystano tę samą sieć (100×1000 m) środków powierzchni próbnych, z krótszym bokiem zorientowanym według azymutu 330°. W obu terminach 320 powierzchni próbnych mierzyli ci sami wykonawcy. Dane zebrane na stałych powierzchniach próbnych wykorzystano do obliczenia dynamiki zapasu w okresie 2000-2004 (bieżącego przyrostu miąższości, ubytków, dorostów drzew do macierzystej części drzewostanu, zmian zasobności). Pomiaru 160 takich powierzchni przeprowadzono w sierpniu 2000, 2002 i 2004 roku, a więc w okresie zawierającym się w tym, w którym wykonano pomiary z użyciem powierzchni czasowych. Jako ich środki wykorzystano punkty wyznaczone przez pracowników Białowieskiego PN w roku 1999. W trzech rejonach, w których nie było tych punktów, wyko-

nano własne uzupełnienia w celu uzyskania równomiernego pokrycia sieci powierzchni próbnych. Te środki tworzyły sieć o przeciętnych wymiarach  $267 \times 1067$  metrów, z krótszym bokiem zorientowanym w przybliżeniu według azymutu  $86^\circ$ . Wykonywanie częstych (co dwa lata) pomiarów wynikało z chęci określenia przyczyn zamierania drzew.

Każda z czasowych i stałych powierzchni próbnych składała się z pięciu współśrodkowych kół wielkości:  $5,31 \text{ m}^2$  (pomiar wszystkich drzew – łącznie z nalotem o wysokości  $h < 0,3 \text{ m}$  i w wieku  $\geq 2$  lata),  $20 \text{ m}^2$  (pomiar drzew  $h \geq 0,3 \text{ m}$ ),  $50 \text{ m}^2$  (pomiar drzew o pierśnicy  $d_{1,3} \geq 2 \text{ cm}$ ),  $200 \text{ m}^2$  (pomiar drzew  $d_{1,3} \geq 12 \text{ cm}$ ) i  $500 \text{ m}^2$  (pomiar drzew  $d_{1,3} \geq 36 \text{ cm}$ ). Określono gatunek i zmierzono pierśnicę (lub wysokość, jeżeli  $h \geq 1,3 \text{ m}$ ) wszystkich drzew zaliczonych do próby. W każdej warstwie drzewostanu zmierzono wysokość 1-3 drzew każdego gatunku (w zależności od udziału) w celu sporządzenia krzywej wysokości. Na stałych powierzchniach próbnych, mierząc odległość i azymut w stosunku do środka, określono usytuowanie drzew. Na tej podstawie, w kolejnych terminach, określano zmiany wymiarów drzew i ich status (przeżycie, zamieranie, zmiana wymiarów). Na obszarze około  $2500 \text{ m}^2$  wokół środka powierzchni próbnej, posługując się klasyfikacją Leibundguta [1959, 1982], w niewielkim stopniu zmodyfikowaną [Miścicki 1994], określono naturalną fazę rozwojową. Wyróżniono następujące fazy: optymalną wczesną, optymalną późną, terminalną wczesną, terminalną późną, regeneracyjną, przerębową, destrukcyjną, inicjalną, młodocianą, drągowinę jednowiekową i drzewostan dojrzewający. Wskazano granicę między wydzieleniami – jeżeli istniała. Minimalna powierzchnia zajęta przez daną fazę wynosiła  $1000 \text{ m}^2$ , co umownie odpowiadało wielkości luki, która nie ulegnie zamknięciu w następstwie rozwoju koron sąsiednich drzew.

Miąższność grubizny drzew zaliczonych do próby obliczono według wzorów Bruchwalda i in. [2000]. Przyjęto dolny próg pierśnicy równy  $8,0 \text{ cm}$ . Do określenia ilości odnowienia wykorzystano sumę wysokości drzew na jednostce powierzchni. Dane z roku 1995 – wykorzystane w wcześniejszej publikacji [Krasuska, Miścicki 2002] – zostały sprawdzone, a obliczenia wykonano ponownie (stosując zmienione krzywe wysokości). Przy obliczaniu cech dynamiki zapasu uwzględniono fakt, że były to stałe koncentryczne powierzchnie próbne [Miścicki, Nowicka 2007].

Strukturę udziału faz rozwojowych określono na podstawie liczby prób zlokalizowanych w danym terminie (w roku 1995 i 2005) w poszczególnych fazach rozwojowych. Ocenę różnic tej struktury między dwoma terminami przeprowadzono z zastosowaniem testu  $\chi^2$ . Przejścia między fazami, następujące z upływem czasu, określono dla okresu 2000-2004 na podstawie danych ze stałych powierzchni próbnych. Wykorzystano do tego tabelę dwucechową. Ze względu na krótki okres pomiędzy kolejnymi obserwacjami, potraktowano te dane jako pomocnicze.

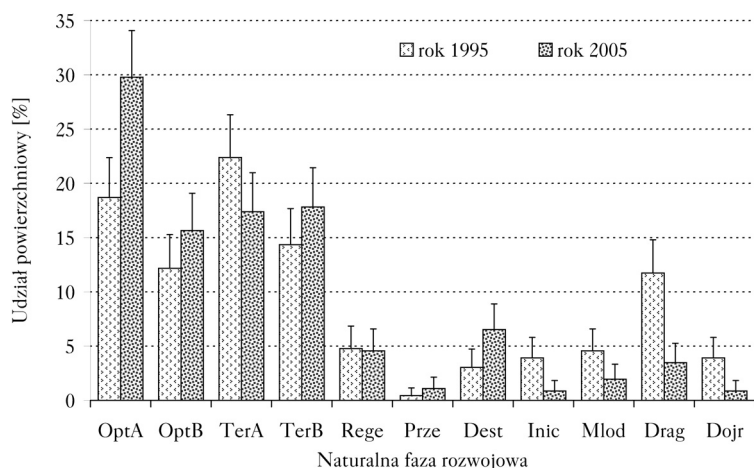
Ocenę różnic wartości średniej zasobności, zagęszczenia drzew i sumy wysokości odnowienia przeprowadzono na podstawie dwuczynnikowej analizy wariancji (termin  $\times$  faza rozwojowa), a wartości średnie bieżącego okresowego przyrostu miąższności, dorostu do macierzystej części drzewostanu i ubytku – na podstawie jednoczynnikowej analizy wariancji. „Termin” i „faza rozwojowa” były traktowane jako czynniki stałe. Zmienną losową była wartość danej cechy na powierzchni próbnej. W przypadku zasobności, zagęszczenia drzew, bieżącego przyrostu miąższności i zmiany netto zasobności, w obliczeniach zastosowano dane oryginalne. W przypadku pozostałych cech wykorzystano dane transformowane  $y' = \log(y+1)$ . Do porównań obiektów *post-hoc* zastosowano test wielokrotnych porównań HSD Tukeya.

## Wyniki

Przedstawiono wyniki łącznie dla drzewostanów zaliczonych do danej naturalnej fazy rozwojowej w danym terminie lub okresie (w przypadku cech dynamiki zapasu). W Białowieskim

Parku Narodowym, w dawnym Rezerwacie Ścisłym, wystąpiły wszystkie naturalne fazy rozwojowe drzewostanów, ale ich udział według powierzchni był zróżnicowany (ryc. 1). W okresie 1995-2005 ta struktura uległa zmianie ( $\chi^2_9=66,1$ ;  $P<0,001$ ). W obu terminach znaczną część zajmowały fazy optymalne (wczesna i późna) oraz terminalne (wczesna i późna) – łącznie 68% (w roku 1995) i 81% (w 2005). Zwiększył się udział drzewostanów tych faz, których budowa ulegała zmianie w następstwie przebiegającego w różnym tempie zamierania drzew (faza optymalna wczesna, terminalna późna i destrukcyjna). Mniej było drzewostanów o prostej budowie, z drzewami w podobnym wieku (faza młodociana, drągowiny i drzewostanu dojrzewającego). W roku 2005 drzewostany faz drągowiny i drzewostanu dojrzewającego częściej były zaliczane do faz optymalnych. Ważnymi zjawiskami były powstawanie fazy destrukcyjnej w wyniku zamarcia drzewostanów różnych faz oraz częsta zamiana fazy optymalnej wczesnej na optymalną późną i odwrotnie (tab. 1). W tym ostatnim przypadku przyczyną, oprócz dokładności interpretacji struktury dość podobnych do siebie faz, było niewielkie otwieranie się, w okresie badań, okapu koron w następstwie wydzielania się pojedynczych drzew lub zamykanie się drobnych luk w następstwie rozrostu koron drzew.

Zasobność grubizny drzew, której średnia wartość w drzewostanach Białowieskiego PN wyniosła w 1995 roku  $396 \pm 21 \text{ m}^3/\text{ha}$ , a w 2005 roku  $377 \pm 20 \text{ m}^3/\text{ha}$ , różniła się pomiędzy naturalnymi fazami rozwojowymi ( $F_{10;898}=27,4$ ;  $P<0,001$ ). Jej znaczna rozpiętość – od największej w fazie terminalnej wczesnej do najmniejszej w inicjalnej – odzwierciedlała różnice kondycji i budowy drzewostanów (ryc. 2). Relatywnie duża zasobność w tej ostatniej fazie wynikała z obecności starych drzew poprzedniego pokolenia. Nie stwierdzono, aby w okresie 1995-2005 zmiana średniej wartości tej cechy była zróżnicowana w poszczególnych fazach (interakcja termin $\times$ faza,  $F_{10;898}=1,45$ ;  $P=0,15$ ).



Ryc. 1.

Udział naturalnych faz rozwojowych drzewostanów w roku 1995 i 2005 obliczony na podstawie liczby powierzchni próbnych zlokalizowanych w danej fazie

Frequency of natural development phases of stands in 1995 and 2005 determined on the basis of a number of sample plots in a given development phase

\* wielkość błędu dla  $P=0,05$ ; OptA – faza optymalna wczesna; OptB – faza optymalna późna; TerA – faza terminalna wczesna; TerB – faza terminalna późna; Rege – faza regeneracyjna; Prze – faza przerębowa; Dest – faza destrukcyjna; Inic – faza inicjalna; Mlod – faza młodociana; Drag – faza drągowina przejściowa jednowiekowa; Dojr – faza drzewostanu dojrzewającego przejściowy

\* error is given at  $P=0,05$ ; OptA – early optimal phase; OptB – late optimal phase; TerA – early ageing phase; TerB – late ageing phase; Rege – regeneration phase; Prze – plenter, selection forest like phase; Dest – decay phase; Inic – initial phase; Mlod – juvenile phase; Drag – transitional, even-aged pole stage; Dojr – pre-mature transitional stand

Tabela 1.

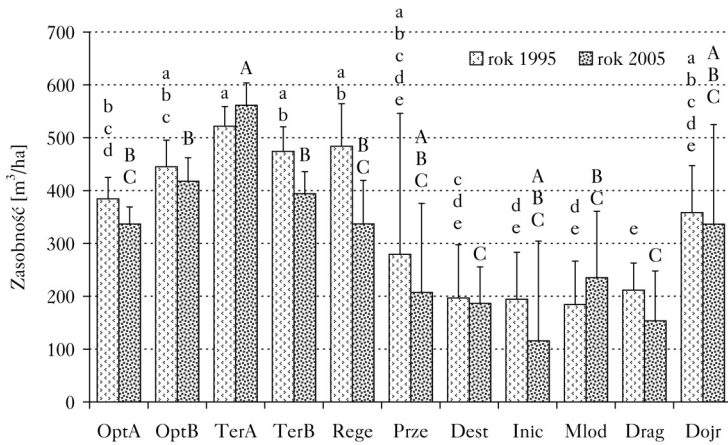
Liczba przypadków naturalnej fazy rozwojowej drzewostanu na tych samych 160 powierzchniach w 2000 i 2004 roku

Number of cases of the natural development phase at the same 160 plots in 2000 and 2004

	OptA	OptB	TerA	TerB	Rege	Dest	Inic	Mlod	Drag	Razem 2000
OptA	26	13			2					41
OptB	8	22				1				31
TerA			40	3		1				44
TerB			1	10						11
Rege					9					9
Dest						4				4
Inic							1			1
Mlod								5		5
Drag	1	1				1			9	12
Dojr	1		1							2
Razem 2004*	36	36	42	13	11	7	1	5	9	160

\* w roku 2004 nie było powierzchni próbnych w fazie Dojr; oznaczenia jak na rycinie 1

\* no sample plots in the Dojr phase in 2004; denotes as on figure 1



Ryc. 2.

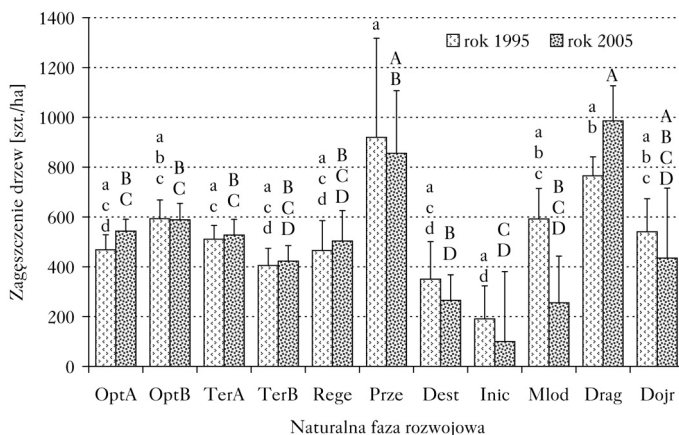
Średnia ( $\pm$ błąd przy  $P=0,05$ ) zasobność drzewostanów w poszczególnych naturalnych fazach rozwojowych w roku 1995 i 2005

Mean ( $\pm$ error at  $P=0,05$ ) standing volume of stands in particular natural development phases in 1995 and 2005

Wartości oznaczone tą samą literą nie różniły się istotnie na poziomie  $P\leq 0,05$ ; małe litery – obiekty w roku 1995; duże litery – w 2005; oznaczenia jak na rycinie 1

Values marked by the same letter did not differ significantly at  $P\leq 0,05$ ; lowercase letters – objects in 1995; capital letters – in 2005; denotes as on figure 1

Zagęszczenie drzew o pierśnicy co najmniej 8 cm, którego średnia wartość wyniosła w 1995 roku  $515 \pm 29$  szt./ha, a w 2005 roku –  $515 \pm 28$  szt./ha, różniło się pomiędzy naturalnymi fazami rozwojowymi ( $F_{10;898}=16,0$ ;  $P<0,001$ ). Stosunkowo duże było w fazie optymalnej późnej (większe niż w optymalnej wczesnej odznaczającej się nierównomiernym pokryciem) i coraz mniejsze w kolejnych fazach: terminalnej wczesnej i późnej, destrukcyjnej i inicjalnej (ryc. 3). Większe zagęszczenie w fazie regeneracyjnej niż terminalnej późnej wynikało z obecności drzew, które



Ryc. 3.

Średnie ( $\pm$  błąd przy  $P=0,05$ ) zagęszczenie drzew ( $d_{1,3} \geq 8,0$  cm) w drzewostanach w poszczególnych naturalnych fazach rozwojowych w roku 1995 i 2005

Mean ( $\pm$  error at  $P=0,05$ ) tree density ( $d_{1,3} \geq 8,0$  cm) in the stands in particular natural development phases in 1995 and 2005

Wartości oznaczone tą samą literą nie różniły się istotnie na poziomie  $P \leq 0,05$ ; małe litery – obiekty w roku 1995; duże litery – w 2005; oznaczenia jak na rycinie 1

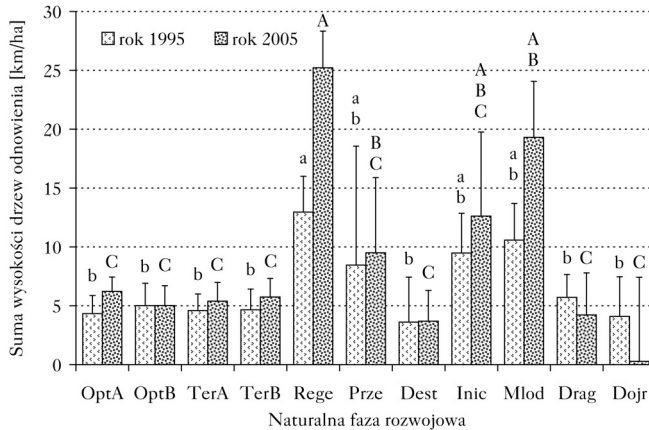
Values marked by the same letter did not differ significantly at  $P \leq 0,05$ ; lowercase letters – objects in 1995; capital letters – in 2005; denotes as on figure 1

przekroczyły umowny próg wymiarów warstwy odnowienia i zostały zaliczone do warstwy macierzystej. Specyficzna struktura fazy przerębowej, w której zwykle jest dużo drzew cienkich, wpłynęła na to, że zagęszczenie drzew było jedno z największych – podobne do tego w fazie drągownicy. Niewielka średnia wartość tej cechy w fazie młodocianej wynikała z tego, że wiele drzew było poniżej progu pierśnicy 8 cm (ryc. 4). W drzewostanach zaliczonych do tej fazy, w okresie 1995-2005, były największe różnice zagęszczenia, jednak nie stwierdzono istotności różnic wartości średnich pomiędzy dwoma terminami – podobnie jak w przypadku pozostałych faz rozwojowych.

Suma wysokości drzew odnowienia, której średnia wartość wyniosła w 1995 roku  $5228 \pm 573$  m/ha, a w 2005 roku –  $6549 \pm 872$  m/ha, różniła się między naturalnymi fazami rozwojowymi ( $F_{10;898}=19,9$ ;  $P<0,001$ ). W większości z nich była podobna i dość mała, co wynikało z trudnych warunków dla rozwoju odnowienia (ryc. 4). Dość duża (powyżej 8000 m/ha) była w fazie przerębowej oraz inicjalnej, a największa – w młodocianej i regeneracyjnej. W tej ostatniej fazie była większa w roku 2005 niż w 1995 ( $P<0,001$ ). W fazie młodocianej większa, ale tylko formalnie, suma wysokości odnowienia w roku 2005, wiązała się z mniejszym zagęszczeniem drzew o pierśnicy co najmniej 8 cm.

Różnice budowy, żywotności i przeobrażeń między drzewostanami zaliczonymi do naturalnych faz rozwojowych były odzwierciedlone przez większość cech dynamiki zapasu, zmierzonych w okresie 2000-2004 (tab. 2). Średnia wartość bieżącego okresowego przyrostu miąższości różniła się między fazami ( $F_{8;151}=3,87$ ;  $P<0,001$ ). Jednak w przypadku aż sześciu z nich była związana z zasobnością – przyrost względny (w stosunku do zasobności) mało różnił się i wyniósł około 2,1% rocznie (ryc. 5). W drzewostanach faz młodocianej i drągownicy, w znacznym stopniu złożonych z młodych drzew, był większy. Nie stwierdzono istotności różnic wartości średnich dorostu miąższości drzew (przez próg pierśnicy 8 cm) w okresie 2000-2004 pomiędzy fazami ( $F_{8;151}=1,19$ ;  $P=0,31$ ). Formalnie największy był w drzewostanach podlegających odmłodzeniu

– w fazach młodocianej, regeneracyjnej i terminalnej późnej (tab. 2). Miąższość ubytków drzew w okresie 2000-2004 była zróżnicowana pomiędzy fazami ( $F_{8;151}=3,35$ ;  $P=0,001$ ). Największa była w drzewostanach, których struktura podlegała przeobrażeniom, czyli w fazach destrukcyjnej, terminalnej późnej i regeneracyjnej (tab. 2). W pozostałych fazach ubytki były niewielkie. W stosunku do zasobności nie przekroczyły 2% rocznie (ryc. 5). Należy podkreślić, że w okre-



Ryc. 4.

Średnia ( $\pm$ błąd przy  $P=0,05$ ) suma wysokości drzew odnowienia ( $d_{1,3}<8,0$  cm lub  $h\leq 1,3$  m) w drzewostanach w poszczególnych naturalnych fazach rozwojowych w roku 1995 i 2005

Mean ( $\pm$ error at  $P=0,05$ ) sum of tree heights of regeneration ( $d_{1,3}<8,0$  cm or  $h\leq 1,3$  m) in the stands in particular natural development phases in 1995 and 2005

Wartości oznaczone tą samą literą nie różniły się istotnie na poziomie  $P\leq 0,05$ ; małe litery – obiekty w roku 1995; duże litery – w 2005; oznaczenia jak na rycinie 1

Values marked by the same letter did not differ significantly at  $P\leq 0,05$ ; lowercase letters – objects in 1995; capital letters – in 2005; denotes as on figure 1

Tabela 2.

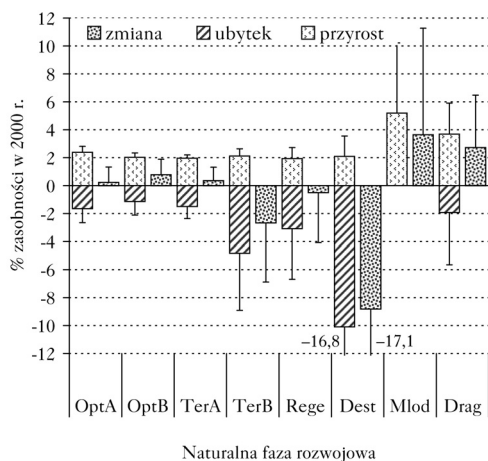
Średnia $\pm$ błąd (przy  $P=0,05$ ) dynamika zapasu [ $m^3$ /ha/rok] w okresie 2000-2004 w drzewostanach naturalnych faz rozwojowych według sytuacji w roku 2004

Mean $\pm$ error (at  $P=0,05$ ) growing stock dynamics [ $m^3$ /ha/year] in the stands classified to natural development phases as of 2004

Faza	Liczba powierzchni	Przyrost	Dorost	Ubytek	Zmiana*
OptA	36	8,8 $\pm$ 1,1 ab	0,08 $\pm$ 0,07 a	6,1 $\pm$ 3,6 ab	0,9 $\pm$ 4,1 a**
OptB	36	8,4 $\pm$ 1,3 b	0,08 $\pm$ 0,07 a	4,7 $\pm$ 4,1 ab	3,2 $\pm$ 4,5 a**
TerA	42	11,6 $\pm$ 1,3 a	0,10 $\pm$ 0,11 a	8,8 $\pm$ 5,3 ab	2,1 $\pm$ 5,6 a**
TerB	13	9,4 $\pm$ 2,8 ab	0,16 $\pm$ 0,19 a	21 $\pm$ 20 ab	-12 $\pm$ 19 ab
Rege	11	7,5 $\pm$ 2,0 ab	0,27 $\pm$ 0,35 a	12 $\pm$ 13 ab	1,9 $\pm$ 14 ab
Dest	7	7,0 $\pm$ 3,9 ab	0,13 $\pm$ 0,32 a	34 $\pm$ 32 a	-29 $\pm$ 35 b
Mlod	5	8,1 $\pm$ 5,3 ab	0,42 $\pm$ 0,78 a	0,0 $\pm$ 0,0 b	5,7 $\pm$ 5,6 ab
Drag	9	5,6 $\pm$ 2,9 b	0,08 $\pm$ 0,18 a	2,9 $\pm$ 5,4 ab	4,1 $\pm$ 5,4 a
BPN***	160	9,1 $\pm$ 0,6	0,11 $\pm$ 0,05	8,9 $\pm$ 2,9	-0,5 $\pm$ 3,0

\* wartość zmiany nie równa się sumie przyrostu i dorostu pomniejszonej o ubytek, ponieważ uwzględniono cechy sztuczne związane z powierzchniami koncentrycznymi, których łączna średnia wartość w okresie 2000-2004 we wszystkich drzewostanach BPN wyniosła  $-0,75 \pm 0,60 m^3/ha/rok$ ; \*\* różnice na granicy istotności  $P=0,06-0,08$ ; \*\*\* Białowiecki Park Narodowy, w tym 1 powierzchnia w fazie Inic; wartości oznaczone w danej kolumnie tą samą literą nie różnią się na poziomie  $P\leq 0,05$  według testu HSD Tukeya; oznaczenia jak na rycinie 1

\* change does not equals sum of increment and ingrowth reduced by loss because artificial characteristics related to concentric plots of total mean value in 2000-2004 in all BNP stands of  $-0,75 \pm 0,60 m^3/ha/year$  were taken into consideration; \*\* differences at the significance level  $P=0,06-0,08$ ; \*\*\* Białowiecki National Park including 1 plot in Inic phase; values marked by the same letter in a given column do not differ at  $P\leq 0,05$  according to Tukey's HSD multiple comparison test; denotes as on figure 1



Ryc. 5.

Średnia ( $\pm$ błąd przy  $P=0,05$ ) roczna intensywność bieżącego przyrostu miąższości, ubytków i zmiany netto w drzewostanach w poszczególnych naturalnych fazach rozwojowych w okresie 2000-2004 w odniesieniu do zasobności w roku 2000

Mean ( $\pm$ error at  $P=0,05$ ) annual dynamics of the current increment of volume, ingrowth and net changes in the stands in individual natural development phases in the period 2000-2004 related to standing volume in 2000

W roku 2004 nie było powierzchni próbnych w fazach Dojr i Prze, pominięto fazę Inic, w której była tylko jedna powierzchnia próbna; oznaczenia jak na rycinie 1

No sample plots were found in Dojr and Prze phases in 2004, the Inic phase which included one sample plot was not taken into consideration; denotes as on figure 1

sie 2000-2004 prawie połowę ubytków drzew (tj.  $4,4 \pm 2,4$  m<sup>3</sup>/ha/rok) stanowiły świerki zmarłe w wyniku żerowania kornika drukarza.

Zmiana netto zasobności, wynikająca z relacji ubytku do przyrostu i dorostu, także była zróżnicowana między poszczególnymi fazami ( $F_{8;151}=3,30$ ;  $P=0,002$ ). Choć dokładność oszacowania tej cechy była niewielka (z powodu wpływu znacznej zmienności miąższości ubytków), to można wskazać następujące grupy faz rozwojowych drzewostanów: (1) „rozwijające się”, czyli faza młodociana i drągowina, w których zmiana zasobności miała dość dużą wartość dodatnią, (2) „stabilne, powoli rozwijające się”, czyli faza optymalna (wczesna i późna) i terminalna wczesna – zmiana zasobności w niewielkim stopniu była większa od zera, (3) „stabilne, z powolnym przeobrażeniem”, czyli faza regeneracyjna – zmiana zasobności w niewielkim stopniu była mniejsza od zera oraz (4) „niestabilne, z szybkim przeobrażeniem”, czyli faza terminalna późna i destrukcyjna – zmiana zasobności była ujemna (tab. 2, ryc. 5).

## Dyskusja

W Białowieckim Parku Narodowym (w dawnym Rezerwacie Ścisłym) znaczną część powierzchni (ok.  $\frac{3}{4}$ ) zajmowały drzewostany zaliczone do faz optymalnych i terminalnych, co było zgodne z opisem Twaroga [1991]. Jednak w okresie dziesięciu lat proporcje udziału tych faz zmieniły się, więc trudno jest odpowiedzieć na pytanie o udział poszczególnych naturalnych faz rozwojowych w lesie naturalnym. Oprócz różnej intensywności zamierania drzew czy całych fragmentów lasu o tej proporcji decyduje zapewne siedlisko, skład gatunkowy i okres, jaki upłynął od objęcia danego lasu ochroną. W stosunku do danych Leibundguta [1982], dotyczących górskich lasów świerkowo-bukowo-jodłowych (opracowanych na podstawie badań rezerwatów Perucięca i Dobroć), w Białowieckim PN był większy udział faz optymalnych, mniejszy destrukcyjnej, a znikomy przerębowej. Różnice dotyczyły także proporcji zasobności między poszczególnymi fazami rozwojowymi. W Białowieckim PN były one podobne do tych w rezerwacie Perucięca. Zasobność fazy terminalnej może być traktowana jako maksymalna (około 560 m<sup>3</sup>/ha), którą drzewostany osiągają w danych warunkach dużego obszaru (około 1000 ha), a nie pojedynczych małych obiektów. W tym kontekście należy wskazać, że fazy, w których zachodził proces odnowienia lub było ono utrwalone, zajmowały stosunkowo małą powierzchnię (około 12-14%), ale ilość odnowienia, mierzona sumą wysokości drzew, była na poziomie uważanym za optymalny, tj. 8000-12000 m/ha [Bernadzki 1965]. Jednak za osobny problem można uznać zmianę składu



gatunkowego odnowienia pod wpływem uszkodzeń spowodowanych przez ssaki kopytne [Kuijper i in. 2010].

Powszechna obecność świerka w drzewostanach Białowieskiego PN, różny jego udział oraz większa odporność na oddziaływanie kornika drukarza drzew rosnących w miejscach żyznych, a przede wszystkim wilgotnych, w różny sposób wpłynęły na tempo zamierania drzew tego gatunku, a przez to na zmiany struktury drzewostanów i udział faz rozwojowych. Można było wyróżnić trzy sytuacje. W pierwszej intensywne zamieranie drzew w drzewostanach z dużym udziałem świerka doprowadziło do powstawania fazy destrukcyjnej (a później inicjalnej) i stworzyło warunki do potencjalnego odnowienia gatunków światłożądnych. W drugiej dość równomierne przerzedzanie drzewostanów prowadziło do powstania fazy regeneracyjnej i terminalnej późnej, co sprzyjało odnowieniu w półcieniu, na relatywnie dużej powierzchni. W trzeciej zaś niewielkie luki, tworzące się w następstwie wypadania pojedynczych drzew lub niewielkich grup, związane z istnieniem fazy optymalnej wczesnej i niekiedy terminalnej późnej, umożliwiały odnowienie gatunków cienioznośnych na niewielkich izolowanych obszarach. Podobne procesy Bobiec i in. [2000] uogólnili w postaci cyklu faz. Wpływ kornika drukarza na drzewostany Białowieskiego PN był zgodny z opinią Bobca [2002], który twierdził, że w sytuacji braku pożarów, gdy większość drzewostanów rośnie na „niepalnych” żyznych i wilgotnych siedliskach, głównymi czynnikami, wpływającymi na ich budowę, są gradacje owadów i wiatrołomy.

Niniejsze badania potwierdziły opinię Koopa [1989], że klasyfikowanie drzewostanu do danej naturalnej fazy rozwojowej nie jest w pełni powtarzalne i zależy od osobistej interpretacji. Głównym powodem było to, że zaliczenie danego fragmentu lasu do fazy rozwojowej wynika z syntezy wielu cech. Dodatkową trudnością na terenie Białowieskiego PN była mozaikowa budowa lasu – utrudniająca wskazanie granic między fazami. W tym kontekście na uwagę zasługuje opracowanie Meyera [1999]. Zaproponował on algorytm do wyróżniania sześciu, przez siebie zdefiniowanych, faz rozwojowych. Wykorzystał cechy uzyskiwane z powtarzanych pomiarów danej powierzchni leśnej – wskaźnik wzrostu zapasu, wskaźnik kompensacji zapasu (relacja ubytków do dorostów i przyrostu), a w przypadku niektórych faz, także obecną pierśnicę maksymalną i stopień pokrycia przez odnowienie. Jednak przyjęte arbitralnie wartości graniczne spowodowały, że w siedmiu badanych obiektach tylko jedna faza – optymalna – zajmowała od 67 do 98% powierzchni. Autor przewidywał, że jego metoda może być wykorzystana do wyróżniania faz rozwojowych na poletkach próbnych, na które jest podzielona powierzchnia doświadczalna lub na losowych powierzchniach próbnych. Postępowanie takie wydaje się jednak problematyczne. Powierzchnie próbne służą do pozyskania danych do charakterystyki wcześniej wyodrębnionych jednostek interpretacyjnych – w tym przypadku naturalnych faz rozwojowych. Tak zostało to przeprowadzone w niniejszej pracy. Odwrócenie sytuacji – wyróżnianie faz rozwojowych na podstawie cech zmierzonych wewnątrz powierzchni próbnej, na małym fragmencie lasu, podlegającym dużej zmienności, może prowadzić do błędnych wyników.

## Wnioski

- ✦ W latach 1995-2005 w dawnym Rezerwacie Ścisłym Białowieskiego Parku Narodowego zmienił się udział powierzchni poszczególnych naturalnych faz rozwojowych drzewostanu, a za główną tego przyczynę należy uznać zamieranie świerków w następstwie oddziaływania kornika drukarza.
- ✦ Odnowienie drzewostanów w Białowieskim Parku Narodowym przebiegało według różnych sposobów: (1) na dużych powierzchniach otwartych (fazy destrukcyjna i inicjalna), (2) na powierzchniach rozmieszczonych łańcuchowo lub kępowo pod przerzedzonym okapem starych

drzew (faza regeneracyjna i niekiedy terminalna późna), (3) w małych lukach, uzupełniającej część macierzystą drzewostanu (faza optymalna wczesna i niekiedy terminalna późna), (4) ciągle, stopniowo uzupełniając miejsca po pojedynczo ubywających drzewach (faza prętbowa).

✚ Wskazana byłaby długoterminowa obserwacja zmian faz rozwojowych, prowadzona na stałych powierzchniach próbnych, co umożliwiłoby poznanie tempa przemieszczania się drzewostanów z jednej fazy do innej i cyklu tych przemian w drzewostanach Białowieskiego Parku Narodowego.

## Literatura

- Bernadzi E. 1965. Untersuchungen zur Wahl des Verjüngungsverfahrens und Verjüngungszeitpunktes in Tannenbeständen an ihrer nordöstlichen Grenze in Polen. Juris Druck + Verlag, Zürich.
- Bobic A. 2002. Living stands and dead wood in the Białowieża forest: suggestions for restoration management. For. Ecol. Manage. 165: 125-140.
- Bobic A., van der Burgt H., Meijer K., Zuyderduynb C., Hagab J., Vlaanderen B. 2000. Rich deciduous forests in Białowieża as a dynamic mosaic of developmental phases: premises for nature conservation and restoration management. For. Ecol. Manage. 130: 159-175.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T., Dudek A., Michalak K., Wróblewski L., Zasada M. 2000. Wzory empiryczne do określania wysokości i pierścicowej liczby kształtu grubizny drzewa. Sylwan 144 (10): 5-13.
- Jędrzyczak E., Miścicki S. 2001. Lasy Parku Narodowego Gór Stołowych. Szczeliniec 4: 79-103.
- Koop H. 1989. Forest dynamics. SILVI-STAR: a comprehensive monitoring system. Springer Verlag, Berlin.
- Krasuska M., Miścicki S. 2002. Wielkoobszarowa charakterystyka drzewostanów Białowieskiego Parku Narodowego. Sylwan 146 (3): 73-90.
- Kuijper D. P. J., Cromsigt J. P. G. M., Jędrzejewska B., Miścicki S., Churski M., Jędrzejewski W., Kwezclich I. 2010. Bottom-up versus top-down control of tree regeneration in the Białowieża Primeval Forest, Poland. J. Ecol. 98 (4): 888-899.
- Leibundgut H. 1959. Über Zweck and Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern. Schweiz. Z. Forstw. 110 (3): 111-124.
- Leibundgut H. 1982. Europäische Urwälder der Bergstufe. Haupt, Bern.
- Michalski J., Starzyk J. R., Kolk A., Grodzki W. 2004. Zagrożenie świerka przez kornika drukarza *Ips typographus* (L.) w drzewostanach Leśnego Kompleksu Promocyjnego „Puszcza Białowieska” w latach 2000-2002. Leś. Pr. Bad. 3: 5-30.
- Miścicki S. 1994. Naturalne fazy rozwojowe drzewostanów – podstawa taksacji leśnych rezerwatów przyrody. Sylwan 138 (4): 29-39.
- Miścicki S., Nowicka E. 2007. Pomiar zasobów leśnych z wykorzystaniem stałych koncentrycznych powierzchni próbnych – problemy i próby rozwiązań. Sylwan 151 (8): 15-26.
- Meyer P. 1999. Bestimmung der Waldentwicklungsphasen und der Texturdiversität in Naturwäldern. Allg. Forst u. Jagdztg 170 (10/11): 203-211.
- Przybylska K. 1993. Problemy inwentaryzacji i kontroli lasów chronionych na przykładzie Bieszczadzkiego Parku Narodowego. Sylwan 137 (1): 39-44.
- Przybylska K., Kucharzyk S. 1999. Skład gatunkowy i struktura lasów Bieszczadzkiego Parku Narodowego. Monografie Bieszczadzkie 6.
- Rączka G. 2004. The basis of working-out the „Plan of forest ecosystems management for Karkonosze National Park”. Opera Corcon. 41/2: 459-462.
- Twaróg J. 1991. Las się zmienia (1). Las Polski 9: 4-6.

## SUMMARY

### Dynamics of the natural development phases of stands in the Białowieski National Park

The classification of stands according to their development phases is one of the elements describing natural forests. The aim of the research was to determine the current changes of the natural forest using the classification based on the natural development phases. The oldest part

of the Białowiecki National Park, formerly known as a Strict Reserve, was the object of the study. Stand area amounted to 4,584 ha, and all the stands remained under strict protection from 1929. Material for the research was collected from systematically distributed temporary sample plots (460 each in 1995 and 2005) and 160 permanent sample plots measured in 2000, 2002 and 2004. A slightly modified Leibundgut's classification was used to determine the natural development phases.

Based on the data from the sample plots, mean values of standing volume, tree density, total tree height of regeneration, periodic current increment, ingrowth volume, loss volume and changes in standing volume were measured for each natural development phase. The spatial share of development phases was determined on the basis of a number of samples systematically located in a given development phase on a particular occasion. All natural development phases of forest stands occurred in the Białowiecki National Park in variable proportions; in the period of 1995-2005 this structure changed (fig. 1.). The early optimal phase often changed into the late optimal phase (and vice versa) and, as a result of the decline of stands in different development phases, into the decay phase (tab. 1). Particular natural development phases differed in terms of standing volume (fig. 2.), tree density (fig. 3.) and total tree height of regeneration (fig. 4.), but the differences between the study periods were insignificant. These results, along with those relating to the characteristics of growing stock dynamics – the current increment of volume, ingrowth and losses (tab. 2.) – reflected the differences in the condition and structure of stands in various phases of development.

Based on the value of changes in net standing volume (fig. 5.), four groups of development phases were distinguished: 'developing' (juvenile and pole stage), 'stable, slowly developing' (early terminal, early and late optimal), 'stable, slowly transforming' (regeneration), 'unstable, quickly transforming' (late ageing, decay). A factor exerting a significant effect where changes in the areal share of natural development phases were concerned was the decline of the Norway spruce, mainly due to attacks by bark beetle *Ips typographus*. The regeneration of stands preceded in four different ways – in open areas, under the overstory of reduced closure, in small gaps or continuously when replacing separate dead trees. Further recognition of the cycle and rate of changes in the natural development phases in the Białowiecki National Park would require long-term measurements on permanent sample plots.