

JAN BANAŚ, STANISŁAW ZIEBA

## Przestrzenna i czasowa zmienność procesów rozwoju różnowiekowych lasów jodłowych w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy

Spatial and temporal variation of uneven-aged fir stand development in the Forest Experimental Station in Krynica

**Abstract.** The paper is an analysis of spatial and temporal variation of increment, decline, maturation and regeneration processes in uneven-aged fir stands in the Forest Experimental Station in Krynica in the years 1976-1999. The highest spatial variation showed the decline process followed by maturation, regeneration and increment. Decline followed by regeneration, maturation and increment are highly variable over time.

**Key words:** spatial and temporal variation, increment, decline, maturation, regeneration

### Wstęp

**R**ozwój lasu różnowiekowego następuje w wyniku zachodzenia procesów: przyrastania, ubywania, dorastania i odnawiania (Poznański 1997). W lasach takich procesy te przebiegają zwykle jednocześnie, w przeciwieństwie do drzewostanów jednowiekowych, gdzie odnawianie, dorastanie czy ubywanie – związane z planowym użytkowaniem, jest rozdzielone zarówno w przestrzeni jak i w czasie.

Las różnowiekowy charakteryzuje się zróżnicowaną budową wewnętrzną, w której poszczególne płaty roślinności, często o odmiennej strukturze, mają zwykle mozaikowaty układ przestrzenny i wzajemnie na siebie zachodzą (Rutkowski 1998). W poszczególnych płatach lasu, często na niewielkiej powierzchni, procesy lasotwórcze mogą zachodzić równocześnie z różną intensywnością lub następować po sobie. Przykładem może być intensywny w danym miejscu proces ubywania, który warunkuje wystąpienie lub wzrost intensywności procesu odnawiania, a w dalszej perspektywie czasu zwiększenie nasilenia procesu nasilenia dorastania.

Celem niniejszej pracy jest przestrzenne i czasowe określenie zmienności procesów; przyrastania, ubywania, dorastania i odnawiania. Badania dotyczyć będą lasów o zróżnicowanej strukturze wiekowej.

## **Materiał badawczy i metodyka badań**

Badaniami objęto różnowiekowe drzewostany jodłowe rosnące w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy na powierzchni 86,84 ha, z czego 64,87 ha to drzewostany w terminalnej fazie rozwoju zaś 21,29 ha w fazie optymalnej. Dokładny opis tych drzewostanów zamieszczono w pracy Banasia (2002).

Materiał badawczy stanowią wyniki pomiarów wykonanych na 70 kontrolnych kołowych powierzchniach próbnych, założonych w roku 1976. W drzewostanach będących w fazie terminalnej zostały założone 53 powierzchnie próbne o wielkości 0,05 ha, w drzewostanach fazy optymalnej 17 powierzchni o wielkości 0,025 ha.

Na wybranych do badań powierzchniach próbnych od roku 1976 prowadzone były okresowe pomiary kontrolne w latach: 1984, 1991, 1999. Zarówno pomiary w terenie jak i prace kameralne wykonano według jednolitych zasad przedstawionych w pracy Rutkowskiego (1989). Do obliczania miąższości pojedynczego drzewa w kolejnych okresach kontrolnych wykorzystano jednolitą taryfę, którą sporządzono na podstawie pomiarów pierśnicy i wysokości drzew (na małym kole) z wszystkich okresów objętych badaniami.

Na podstawie uzyskanych wyników analizowano przebieg wybranych procesów, określając ich zmienność na powierzchni całego obiektu (zmienność przestrzenna) oraz w kolejnych okresach kontrolnych (zmienność czasowa). Intensywność przebiegu tych procesów przedstawiono za pomocą odpowiednich miar (Poznański 1996; Poznański, Banaś 2001).

Przestrzenna zmienność procesów rozwoju lasu analizowana była na trzech płaszczyznach:

- lasu znajdującego się w różnych fazach rozwoju,
- łącznej powierzchni lasu w tej samej fazie rozwoju,
- powierzchni lasu w jednej jednostce kontrolnej i tej samej fazie rozwoju.

Zmienność pomiędzy różnymi fazami rozwoju, przedstawiono przez określenie średniej intensywności poszczególnych procesów w ramach grupy wszystkich drzewostanów znajdujących się w terminalnej lub optymalnej fazie rozwoju.

Zmienność w ramach jednej fazy rozwoju określa przedział wyznaczony przez najniższą i najwyższą intensywność, z jaką zachodzi dany proces na powierzchni lasu tej samej fazy w kolejnych jednostkach kontrolnych.

Zmienność wewnętrzna w obrębie pojedynczej jednostki kontrolnej obrazuje zróżnicowanie intensywności danego procesu pomiędzy poszczególnymi fragmentami lasu (reprezentowanymi przez powierzchnie próbne) w tej samej fazie rozwoju i wyrażona została przez współczynnik zmienności danego procesu.

Czasowa zmienność przedstawiona została przez podanie zmian intensywności przebiegu poszczególnych procesów w trzech kolejno następujących po sobie okresach kontrolnych.

Jednorodność przebiegu danego procesu w czasie (na powierzchniach próbnych) określono za pomocą odpowiednich współczynników autokorelacji ( Przybylska 1993).

## Proces przyrastania

Przebieg i zakres zmienności procesu przyrastania wyrażony wielkością bieżącego przyrostu miąższości, w wybranych do badań jednostkach kontrolnych i fazach rozwoju, przedstawiono w tabeli 1. Proces ten w terminalnej fazie rozwoju w pierwszym analizowanym okresie kontrolnym (1976-84) zachodził z względnie niską intensywnością. Wartość bieżącego przyrostu miąższości wynosiła bowiem średnio  $6,67 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ , a pomiędzy pojedynczymi jednostkami kontrolnymi była mało zróżnicowana i zawierała się w przedziale od  $6,31$  do  $7,05 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ . Pomimo zróżnicowanej struktury i budowy wewnętrznej, proces przyrastania pojedynczego drzewostanu zachodził dość równomiernie, o czym świadczą jego współczynniki zmienności kształtujące się na poziomie od 35% do 49% (Banaś 2002).

W następnym okresie kontrolnym (1984-1991) intensywność procesu przyrastania w fazie terminalnej była nieco większa (średnio o  $1,81 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ ). Największe zmiany przyrostu miały miejsce w 115 T (o  $2,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ ), a najmniejsze w 116 T (o  $0,98 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ ). Podobne zmiany zanotowano w trzecim analizowanym okresie kontrolnym (1991-99),

w którym nastąpił dalszy wzrost intensywności procesu przyrastania. Średnio w terminalnej fazie rozwoju przyrost bieżący wzrósł o  $2,25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ , przy czym największy jego wzrost nastąpił w 116 T (o  $3,35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ ) a najmniejszy w 115 T (o  $0,76 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ ).

Nieco odmiennie kształtował się proces przyrastania w optymalnej fazie rozwoju. Zwracają uwagę przede wszystkim wyższe jego wartości w porównaniu z fazą terminalną. W okresie kontrolnym 1976-1984 przyrost bieżący w fazie optymalnej wynosił średnio  $10,49 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ , zaś w poszczególnych jednostkach kontrolnych kształtował się na poziomie od  $8,93$  do  $12,73 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ .

Zmienność przestrzenna procesu przyrastania w fazie optymalnej, wyrażona jego współczynnikiem zmienności wynosiła około 40 % i była zbliżona do zmienności tego procesu w fazie terminalnej. Pewne podobieństwo do fazy terminalnej daje się zauważyć również przy ocenie zmian wielkości bieżącego przyrostu miąższości w czasie. W kolejnych bowiem okresach kontrolnych, w optymalnej fazie rozwoju, nastąpił systematyczny wzrost intensywności procesu przyrastania: średnio o  $1,51 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  w latach 1984-1991 oraz o  $1,35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  w latach 1991-1999.

Analiza procesu przyrastania w czasie wykazała również, że jego przebieg cechowała wyraźna autokorelacja pomiędzy badanymi okresami kontrolnymi. Wielkość bieżącego przyrostu miąższości w drugim i trzecim okresie była dodatnio skorelowana z przyrostem w okresach poprzednich. Współczynniki autokorelacji dla całej fazy terminalnej zawierały się w przedziale od  $+0,436$  do  $+0,635$ , a w fazie optymalnej od  $+0,690$  do  $+0,757$  i wszystkie oznaczały statystycznie istotną autokorelację procesu przyrastania. Zakres współczynników autokorelacji dla pojedynczych jednostek był o wiele szerszy: od  $+0,219$  do  $+0,964$ , a 12 spośród 18 współczynników oznaczała zależność statystycznie istotną (tabela 1). Ocena autokorelacji procesu przyrastania dla pojedynczych jednostek okazała się trudna z

TABELA 1  
Charakterystyka procesu przyrastania w wybranych drzewostanach jodłowych LZD w Krynicy w latach 1976-1999

Obiekt	Okres kontrolny		1976-1984				1984-1991				1991-1999			
			Wartość średnia [m <sup>3</sup> /ha]	Błąd średni oszac. wartości średniej [szt./ha]	Współcz. zmien. [%]	Współcz. auto- korelacji	Wartość średnia [m <sup>3</sup> /ha]	Błąd średni oszac. wartości średniej [szt./ha]	Współ- czynnik zmien- ności [%]	Współ- czynnik auto- korelacji	Wartość średnia [m <sup>3</sup> /ha]	Błąd średni oszac. wartości średniej [szt./ha]	Współ- czynnik zmien- ności [%]	Współ- czynnik auto- korelacji
115 T	6,36	0,58	35	0,663*	8,95	0,79	34	0,282	9,71	0,79	31	0,7268*		
116 T	7,05	0,96	49	0,569*	8,03	0,81	37	0,869*	11,38	1,25	39	0,779		
157 T	6,98	0,82	43	0,562*	8,19	0,74	32	0,293	9,97	0,64	23	0,219		
159 T	6,31	0,86	47	0,605*	8,67	0,79	31	0,747*	12,11	0,68	20	0,639*		
115 O	8,93	1,07	38	0,679*	10,46	0,78	24	0,570	12,22	1,39	36	0,485		
116 O	12,73	2,05	43	0,748	14,22	3,35	62	0,828*	14,97	1,81	32	0,964*		
Średnio														
w T	6,67	0,39	43	0,436*	8,48	0,39	33	0,522*	10,73	0,45	30	0,635*		
Średnio														
w O	10,49	1,12	44	0,731*	12,01	1,47	50	0,690*	13,35	1,12	35	0,757*		

uwagi na mniejszą liczbę powierzchni próbnych. W niektórych przypadkach stosunkowo wysoka wartość współczynnika (np. +0,748 w 116 O) nie była wystarczająca do stwierdzenia statystycznie istotnej zależności.

## Proces ubywania

Intensywność procesu ubywania wyrażono miąższością oraz liczbą drzew, które ubyły w ciągu okresu kontrolnego, a zróżnicowanie tego procesu w analizowanych jednostkach kontrolnych i fazach rozwoju oraz w kolejnych okresach przedstawiono w tabeli 2.

Proces ubywania wyrażony miąższością ubytków w okresie kontrolnym 1976-1984 zachodził z względnie dużą intensywnością. Średnio w fazie terminalnej kształtował się na poziomie  $7,45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ , zaś w pojedynczych jednostkach przybierał wartości od 4,9 do  $13,69 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ . Duże współczynniki zmienności w obrębie pojedynczych jednostek (od 113% do 162%), jak i w całej fazie terminalnej (167%) świadczą, iż przebiegał on bardzo nierównomiernie.

Proces ubywania charakteryzował się również dużą zmiennością w czasie. W okresie 1984-91 miąższość ubytków w fazie terminalnej zmniejszyła się średnio o  $0,98 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ , najwięcej bo o  $3,88 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  zmalała w 115 T, natomiast w 157 T ich miąższość wzrosła o  $0,85 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ . W kolejnym okresie 1991-1999 średnia intensywność procesu ubywania również uległa obniżeniu, w fazie terminalnej miąższość ubytków spadła średnio o  $2,84 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ , przy czym w 116 T było to mniej o  $8,08 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  natomiast w 115 T więcej o  $3,96 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ .

W fazie optymalnej w okresie 1976-1984 proces ubywania mierzony miąższością ubytków przebiegał mniej intensywnie niż w fazie terminalnej i wynosił średnio  $2,50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  (od  $1,57$  do  $3,15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ ). W następnych zaś okresach kontrolnych w przebiegu procesu ubywania nie stwierdzono kierunkowych zmian, bowiem na przemian następował bowiem wzrost i spadek jego intensywności. Współczynnik zmienności miąższości ubytków w fazie optymalnej był zróżnicowany i na ogół wysoki (od 75% do 158%).

Analiza procesu ubywania wyrażonego w liczebności ubytków wykazała mniejsze jego zróżnicowanie czasowo-przestrzenne. Liczba ubytków w fazie terminalnej, która w okresie kontrolnym 1976-1984 wynosiła średnio  $12 \text{ szt. ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ , wzrosła o  $3 \text{ szt. ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  w okresie 1984-1991, a następnie zmalała o  $2 \text{ szt. ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  w okresie 1991-99. Wartość współczynników zmienności procesu ubywania w poszczególnych jednostkach w fazie terminalnej kształtowała się w granicach od 46 do 106%, a dla całej fazy wynosiła od 94 do 110% w kolejnych okresach.

W fazie optymalnej proces ubywania wyrażony liczbą ubytków zachodził z większą intensywnością niż w fazie terminalnej. W okresie 1976-1984 liczba ubytków w całej fazie optymalnej wynosiła średnio  $17 \text{ szt. ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ , zaś w poszczególnych jednostkach kształtowała się od 14 do  $21 \text{ szt. ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ . Odwrotna relacja niż w przypadku miąższości ubytków wynika z intensywnego wydzielania się drzew cienkich (o małej miąższości) w fazie optymalnej. W obrębie pojedynczych jednostek kontrolnych proces ubywania zachodził nierównomiernie – współczynniki zmienności wynosiły od 38 do 98 %. W kolejnych okresach proces ubywania charakteryzował się zróżnicowanym przebiegiem: w 115 O



przebiegał on stosunkowo równomiernie, bowiem liczba ubytków wahała się od 12 do 18 szt. ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup>, natomiast w 116 O zmiany intensywności ubywania były gwałtowne (liczba ubytków wzrosła z 21 do 50 szt. ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup> a w następnym zmalała do 26 szt. ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup>).

Nie stwierdzono statystycznie istotnej autokorelacji procesu ubywania pomiędzy kolejnymi okresami (tak w miąższości jak i liczbie ubytków). Zarówno w fazie terminalnej, jak i optymalnej, współczynniki autokorelacji przyjmowały wartości tak dodatnie jak i ujemne i były małe – na ogół bliskie zero.

## Proces dorastania

Charakterystykę procesu dorastania w jednostkach kontrolnych objętych badaniami przedstawiono w wymiarze ilościowym w tabeli 3.

W okresie 1976-1984 intensywność procesu dorastania w całej fazie terminalnej wynosiła średnio 19 szt. ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup>, a w pojedynczych jednostkach wahała się od 7 do 26 szt. ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup>. Proces dorastania zachodził bardzo nierównomiernie, czego wyrazem są jego wysokie współczynniki zmienności, w całej fazie terminalnej kształtowały się od 99 do 121% w poszczególnych jednostkach od 42 do 173%. Równie duże zróżnicowanie występuje przy ocenie wielkości procesu dorastania w czasie. W kolejnych okresach podlegał on różnokierunkowym zmianom, z czego największa dodatnia zmiana (wzrost liczby dorostu o 12 szt. ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup>) wystąpiła w 115 T, zaś ujemna (zmniejszenie liczby dorostu o 15 szt. ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup>) w 157 T.

W fazie optymalnej proces dorastania zachodził z mniejszą intensywnością i był mniej zróżnicowany w czasie, niż w fazie terminalnej: w latach 1976-1999 wynosił średnio od 6 do 10 szt. ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup>, a w pojedynczych jednostkach od 5 do 17 szt. ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup>. Na przestrzeni lasu proces dorastania przebiegał nierównomiernie, o czym świadczą współczynniki zmienności, kształtujące się w całej fazie optymalnej na poziomie od 72 do 110%, a w pojedynczych jednostkach od 58 do 121%.

Analiza dorostu na poszczególnych powierzchniach próbnych w kolejnych okresach wykazała brak istotnej autokorelacji przebiegu procesu dorastania w czasie. Współczynniki autokorelacji dorostu w okresach 15-letnich (1976-1991 oraz 1984-1999) mieszczą się w przedziale od +0,239 do +0,98, z wyjątkiem 116 O, gdzie omawiany współczynnik w okresie 1984-1999 wynosił -0,272. Współczynniki te, z wyjątkiem najwyższego (0,980 w 115 O), okazały się statystycznie nieistotne. W ciągu 23-letniego okresu (1973-1999) współczynniki autokorelacji dorostu w fazie terminalnej są bliskie zero (od -0,06 do +0,15). W fazie optymalnej są one relatywnie wysokie, zarówno dodatnie (+0,756), jak i ujemne (-0,707) i nie potwierdzają statystycznie istotnej autokorelacji.

## Proces odnawiania

Intensywność procesu odnawiania wyrażono liczbą podrostu (w szt. ha<sup>-1</sup>) i procentem pokrycia powierzchni lasu przez podrost (tab. 4)

Podrost w fazie terminalnej w roku 1976 występował średnio w ilości 2950 szt. ha<sup>-1</sup> (na 50% powierzchni), jednak w poszczególnych jednostkach liczba podrostu była bardzo

TABELA 3  
Charakterystyka procesu dorastania w wybranych drzewostanach jodłowych LZD w Krynicy w latach 1976-1999

Obiekt	Okres kontrolny		1976-1984				1984-1991				1991-1999			
	Wartość średnia [m <sup>3</sup> /ha]	Błąd średni oszac. wartości średniej [szt./ha]	Współcz. zmien. [%]	Współcz. auto- korelacji	Współ- czynnik zmien- ności [%]	Błąd średni oszac. wartości średniej [szt./ha]	Wartość średnia [m <sup>3</sup> /ha]	Współ- czynnik zmien- ności [%]	Błąd średni oszac. wartości średniej [szt./ha]	Wartość średnia [m <sup>3</sup> /ha]	Współ- czynnik zmien- ności [%]	Błąd średni oszac. wartości średniej [szt./ha]	Współ- czynnik zmien- ności [%]	Współ- czynnik auto- korelacji
115 T	10	2	74	0,377	85	5	22	0,414	85	5	11	92	0,010	
116 T	20	5	88	0,496	122	7	20	0,285	122	7	11	67	0,155	
157 T	31	9	103	0,525	105	5	16	0,239	105	5	16	140	-0,066	
159 T	28	7	89	0,526	41	2	19	0,399	41	2	20	67	0,133	
115 O	13	2	40	0,870	66	2	11	0,980	66	2	12	56	0,756	
116 O	17	4	58	0,687	72	2	9	-0,272	72	2	13	69	-0,707	
Średnio w T	15	2	55	0,651	67	2	10	0,204	67	2	12	58	-0,372	
Średnio w O	22	3	105	0,317	91	2	19	0,238	91	2	14	98	0,043	



TABELA 4a  
Charakterystyka procesu odnawiania w wybranych drzewostanach jodłowych LZD w Krynicy w latach 1976-1999

Obiekt	Termin inwentaryzacji				1984			
	1976		1984		1984		1984	
	Wartość średnia [m <sup>3</sup> /ha]	Błąd średni oszac. wartości średniej [szt./ha]	Współ- czynnik zmienności [%]	Współcz. auto- korelacji	Wartość średnia [m <sup>3</sup> /ha]	Błąd średni oszac. wartości średniej [szt./ha]	Współ- czynnik zmienności [%]	Współ- czynnik auto- korelacji
115 T	1147	555	94	0,861*	1947	269	91	-0,124
116 T	1262	655	94	0,886	2038	379	119	0,962*
157 T	5800	3660	114	0,093	3131	183	80	0,785*
159 T	3950	2190	96	0,604*	3642	289	86	0,652*
115 O	1280	438	108	-0,138	2720	341	100	0,962*
116 O	1400	404	76	0,979*	2400	377	110	0,772*
Średnio w T	2951	590	146	0,386*	2643	353	97	0,629*
Średnio w O	1329	307	95	0,240	2588	654	104	0,890*

\* Współczynnik autokorelacji statystycznie istotny

TABELA 4b  
Charakterystyka procesu odnawiania w wybranych drzewostanach jodłowych LZD w Krynicy w latach 1976-1999

Obiekt	Termin inwentaryzacji		1991		1999		1999	
	1991		1999		1999		1999	
	Wartość średnia [m <sup>3</sup> /ha]	Błąd średni oszac. wartości średniej [szt./ha]	Współ- czynnik zmienności [%]	Współcz. auto- korelacji	Wartość średnia [m <sup>3</sup> /ha]	Błąd średni oszac. wartości średniej [szt./ha]	Współ- czynnik zmienności [%]	Współ- czynnik auto- korelacji
115 T	1093	91	71	0,587*	707	90	81	-0,078
116 T	1269	162	104	0,360	746	88	76	0,378
157 T	1208	98	82	0,812*	969	192	124	-0,048
159 T	1167	155	139	0,649*	2183	387	105	0,582*
115 O	1780	182	119	0,757*	2200	272	116	-0,190
116 O	1743	173	91	0,875*	1486	150	79	0,594
Średnio w T	1181	164	101	0,536*	1115	197	129	0,259
Średnio w O	1765	466	109	0,757*	1906	517	112	-0,042

\* Współczynnik autokorelacji statystycznie istotny

zróznicowana: od 1147 do 5800 szt. ha<sup>-1</sup> (20-97 %). Również w obrębie pojedynczych jednostek podrost występował bardzo nierównomiernie, o czym świadczą duże współczynniki zmienności: od 94% do 114%. W kolejnych okresach kontrolnych liczba podrostu w poszczególnych jednostkach podlegała różnokierunkowym zmianom, zarówno dodatnim jak i ujemnym. W całej fazie terminalnej liczba ta stopniowo się zmniejszała i wynosiła średnio: 2643 szt. ha<sup>-1</sup> w 1984 r., 1181 szt. w 1991r. oraz 1115 szt. w 1999 r.

W fazie optymalnej w roku 1976, podrost występował średnio w ilości 1330 szt. ha<sup>-1</sup>, to jest na 22% powierzchni ( od 1280 do 1400 szt. ha<sup>-1</sup> (21-23 % powierzchni). W kolejnych okresach liczba podrostu w pojedynczych jednostkach wahała się od 1486 do 2400 szt. ha<sup>-1</sup> (25-45%), jednak w przeciwieństwie do fazy terminalnej, przeważał dodatni kierunek zmian intensywności procesu odnawiania.

Proces odnawiania cechowała wyraźna autokorelacja zarówno w fazie terminalnej jak i optymalnej. Współczynniki autokorelacji liczby podrostu na powierzchniach próbnych dla 8 lub 7 letnich okresów ( 1976-1984, 1984-1991 oraz 1991-1999) zawierały się w przedziale od 0,5 do 0,9, przy czym od 4 do 7, z ośmiu obliczonych współczynników dla takiego okresu oznaczało zależność statystycznie istotną (tab. 4). Wraz z wydłużaniem okresu malała autokorelacja, procesu odnawiania: dla 15-letnich okresów (1974-1991 oraz 1984-1999) do 4 do 5 ( spośród 8) współczynników oznaczało statystycznie istotną autokorelację natomiast dla okresu 23-letniego (1976-1999) tylko jeden współczynnik okazał się statystycznie istotny.

## Podsumowanie i wnioski

Wyniki badań potwierdziły przedstawioną na wstępie hipotezę, iż procesy rozwoju różnowiekowego lasu jodłowego zachodzą jednocześnie. Różnią się jednak intensywnością zarówno w poszczególnych obiektach jak i badanych okresach.

- Proces przyrastania cechuje równomierny przebieg, jednakże w fazie optymalnej osiąga wyższe wartości niż w fazie terminalnej. Określone w analizowanym czasie zmiany są jednokierunkowe – w kolejnych okresach następował wzrost bieżącego przyrostu miąższości w fazie optymalnej od 10,19 do 13,35 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup>, a w fazie terminalnej od 6,67 do 10,73 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup>. Współczynniki zmienności bieżącego przyrostu miąższości nie przekraczają 50%. Proces przyrastania charakteryzuje się istotną autokorelacją przebiegu w czasie – współczynniki autokorelacji w fazie terminalnej zawierają się w przedziale od +0,436 do +0,635, a w fazie optymalnej od 0,690 do +0,757.
- Ubywanie w różnowiekowej jedlinie charakteryzuje się bardzo nierównomiernym przebiegiem zarówno w czasie jak i przestrzeni. W wymiarze miąższościowym proces ten zachodzi z większą intensywnością w fazie terminalnej (średnio w okresie 1976-1999 ubytki wynosiły od 7,45 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup> do 3,59 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup>) niż w optymalnej (od 6,16 do 2,50 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup>). W wymiarze ilościowym relacja ta jest odwrotna, więcej bowiem ubywa w fazie optymalnej (od 28 do 17 szt.ha<sup>-1</sup>) niż w terminalnej (15-12 szt.ha<sup>-1</sup>).

- Proces dorastania zachodzi z większą intensywnością w fazie terminalnej niż w fazie optymalnej. Liczba dorostu wynosi w fazie terminalnej od 12 do 19 szt.ha<sup>-1</sup>, a w fazie optymalnej od 6 do 10 szt.ha<sup>-1</sup>. Współczynniki zmienności kształtują się na poziomie odpowiednio: 99-121% i 85-110%.
- Proces odnawiania odznacza się dużą zmiennością przestrzenną (współczynniki zmienności wynoszą od 95 do 146%) oraz autokorelacją przebiegu malejącą z upływem czasu.
- Największą zmiennością przestrzenną charakteryzuje się proces ubywania, a następnie dorastania i odnawiania. Proces przyrastania wykazuje najbardziej wyrównany przebieg.
- Wraz upływem czasu stwierdzono największe zmiany w intensywności przebiegu procesu ubywania, a następnie: odnawiania i dorastania, natomiast proces przyrastania wykazuje najmniejsze zmiany w czasie.
- Do badań nad intensywnością przebiegu procesów lasotwórczych: ubywania, dorastania i odnawiania, z uwagi na ich dużą zmienność, wymagana jest większa liczba powierzchni próbnych niż do określenia przyrostu bieżącego i oceny stanu lasu (zasobności i liczby drzew).

*Katedra Urządzania Lasu  
Akademia Rolnicza w Krakowie  
ul. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków  
e-mail: rlbanas@cyf-kr.edu.pl*

## Literatura

- Banaś J.** 2002. Dynamika zmian struktury pierśnic w stadiach rozwojowych lasu różnowiekowego. Maszynopis Katedry Urządzania Lasu AR w Krakowie.
- Poznański R.** 1997a: Procesy przeżywania i ubywania w lasach o zróżnicowanej strukturze pierśnic. Acta Agr. Silvestria. Ser. silv. vol.XXXV.
- Poznański R. Banaś J.** 2001 Ocena procesów odnawiania, przeżywania i ubywania w lasach o zróżnicowanej strukturze. Acta Agr. et. Silvestria. Ser. silv. vol.
- Przybylska K.** 1993 Poznawcze i praktyczne znaczenie autokorelacji miąższości drzew na kontrolnych powierzchniach próbnych. Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Rozprawy nr 175.
- Rutkowski B.** 1989: Urządzanie lasu. Część 6. I. AR w Krakowie. Skrypty dla Szkół Wyższych.

## Summary

### Spatial and temporal variation of uneven-aged fir stand development in the Forest Experimental Station in Krynica

Research results confirmed the hypothesis set up in the paper that the development processes of increment, decline, maturation and regeneration in uneven-aged fir stands occur simultaneously. However, they differ in intensity both in individual stands and in individual study periods. On the basis of obtained results the following conclusions could be formulated:

- ❑ Increment process was smooth, however, its values (from 10.19 to 13.35  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{year}^{-1}$ ) in the optimum stage were higher than those in the terminal stage (from 6.67 to 10.73  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{year}^{-1}$ ). The increment process was characterised with significant autocorrelation over time – autocorrelation coefficients in the terminal stage attained the values from +0.436 to 0.635, and in the optimum stage from 0.690 to +0.757.
- ❑ Decline process was uneven both in time and space. As regards stand volume, in the terminal stage (from 7.45 to 3.59  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{year}^{-1}$ ) it was more intensive than in the optimum stage (from 6.16 to 2.50  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{year}^{-1}$ ). As regards the number of trees this relationship was reversed: more trees declined in the optimum stage (from 28 to 17 trees per ha) than in the terminal stage (from 15 to 12 trees per ha).
- ❑ Maturation process in the terminal stage (from 12 to 19 trees per ha) was more intensive than in the optimum stage (from 6 to 10 trees per ha).
- ❑ Regeneration process (variability coefficients ranged between 95 and 146 %) and autocorrelation falling over time were highly variable.
- ❑ The highest spatial variation was found for the decline process followed by maturation, regeneration. The increment process was most smooth.
- ❑ The greatest changes over time were stated for the decline process followed by regeneration and maturation processes while changes in the increment process over time were smallest.
- ❑ The studies on the intensity of the forest-forming processes: decline, maturation and regeneration as highly variable require greater number of sample plots than the number of plots used for the determination of the annual increment and the assessment of forest condition (stand volume and number of trees).