

STANISŁAW ORZEŁ

Dynamika przyrostu grubości drzewostanów sosnowych położonych w zasięgu emisji Tarnobrzeskiego Kombinatoru Siarkowego (TKS)

Dynamics of Diameter Increase in Pine Stands
Situated Within the Reach of Tarnobrzeg Sulphur Plant (TSP) Emissions

Wstęp

Zlokalizowanie w latach pięćdziesiątych bogatych złóż siarki w okolicach Tarnobrzegu spowodowało dynamiczny rozwój górnictwa i przetwórstwa siarki na tym terenie. Ten nagły wzrost gospodarczy był i nadal niestety jest wyraźnie widoczną i odczuwalną przyczyną degradacji środowiska przyrodniczego (4, 5). Powstałe szkody, poza utratą gruntów rolniczych i leśnych, wynikają z dwóch źródeł:

- zanieczyszczenia wód oraz zakłócenia stosunków wodnych na obszarach przyległych do kopalń siarki (11),
- emisji zanieczyszczeń przemysłowych z zakładów przetwórstwa siarki (2).

Uciążliwość kopalń ma charakter lokalny i dotyczy terenów bezpośrednio do nich oraz powstałych zwałowisk i hałd przyległych. Znacznie większy negatywny wpływ na zdrowotność i produktywność lasów wywierają emisje zakładów przetwórstwa siarki (2,4).

Prowadzone od połowy lat siedemdziesiątych badania w lasach położonych w zasięgu emisji pochodzących głównie z Kombinatoru Siarki w Machowie wykazały znaczne ich osłabienie, którego widocznym przejawem jest redukcja aparatu asymilacyjnego (6). W drzewostanach tych stwierdzono wzmożone wydzielanie się posuszu. Obumierające drzewa są na ogół grubsze, wyższe i o większej miąższości w porównaniu z wydzielającymi

* Praca wykonana w ramach projektu badawczego nr 6 P205 087 04 finansowanego ze środków KBN.

się w lasach położonych poza zasięgiem bezpośredniego wpływu emisji przemysłowych (9). Prowadzi to w konsekwencji do znacznych strat produkcyjnych (8, 9).

Redukcja aparatu asymilacyjnego drzew pozostających w drzewostanie nie jest obojętna dla ich przyrostu. Badania wielu autorów na ogół potwierdziły ścisłą jego zależność od stopnia defoliacji drzew (3,7,10). Przy jednakowym procencie utraty igliwia straty przyrostu w drzewostanach młodszych są mniejsze niż w starszych klasach wieku (3).

Celem pracy jest ocena dynamiki przyrostu grubości 60 i 90-letnich drzewostanów sosnowych położonych w zasięgu emisji zakładów przemysłu siarkowego "Siarkopol" w Tarnobrzegu. Dokonano jej na podstawie względnego relatywnego przyrostu określonego dla sześciu pięcioletnich okresów obejmujących 30-letni okres (1963-1992) działalności Tarnobrzegskiego Kombinatoru Siarkowego.

Charakterystyka drzewostanów

Badania prowadzono na 24 stałych powierzchniach doświadczalnych Zakładu Dendrometrii AR w Krakowie (tab. 1). Założono je w litych drzewostanach sosnowych położonych w zasięgu emisji przemysłowych Tarnobrzegskiego Kombinatoru Siarkowego (DU) w nadleśnictwach: Buda Stalowska (pow. 21–26 oraz 31–36), Pińczów (pow.39) oraz Staszów (pow. 210–212 oraz 312). Drzewostany kontrolne (DK) wybrano w rejonach wolnych od bezpośredniego wpływu zanieczyszczeń przemysłowych w nadleśnictwach: Rozwadów (pow. 27), Janów Lubelski (pow. 28 i 38) oraz Wyszaków (pow. 213–215 oraz 313–315). Badane drzewostany reprezentują dwie kategorie wieku, umownie nazwane drzewostanami 60-letnimi (od 57 do 72 lat) oraz drzewostanami 90-letnimi (od 87 do 118 lat). W większości przypadków wznosiły się w warunkach siedliskowych boru mieszanego świeżego (BMśw). Na ogół cechowały się wysoką, bo przeważnie I kl. bonitacji (tab. 1) oraz umiarkowanym zagęszczeniem. Na jednym hektarze rosły bowiem średnio 843 drzewa w grupie drzewostanów 60-letnich oraz 366 drzew w grupie 90-letniej. Ich zasobność wynosiła odpowiednio od 162 do 366 m³/1ha oraz od 219 do 460 m³/1ha. Drzewostany kontrolne (DK) obydwu kategorii wiekowej były znacznie zasobniejsze od uszkodzonych (DU). W młodszej kategorii wiekowej średnio o 43 m³/1ha (14,9%) zaś w grupie starodrzewi aż o 82 m³/1ha (24,7%).

Materiał i metodyka badań

Materiał badawczy stanowiły pomiary szerokości słoików rocznych wykonane na wałeczkach przyrostowych (wywiertach) pobranych jesienią 1992 roku z 25% drzew opisanych już drzewostanów. Wywierty pobrano z wysokości 1,3 m od strony północnej. Szerokość słoików rocznych pomierzono elektronicznym przyrostomierzem z dokładności do 0,01 mm. Analizie poddano pięcioletni przyrost promienia odłożony w latach: 1958–1962 (r_0), 1963–1967 (r_1), 1968–1972 (r_2), 1973–1977 (r_3), 1978–1982 (r_4), 1983–1987 (r_5) oraz 1988–992 (r_6).

Określenie dokładnej daty rozpoczęcia wpływu zanieczyszczeń przemysłu siarkowego na środowisko przyrodnicze jest trudne do precyzyjnego ustalenia. Biorąc pod uwagę lata eksploatacji kopalń i uruchomienia zakładów przetwórstwa siarki, można przyjąć, że

TABELA 1
Dendrometryczna charakterystyka badanych drzewostanów (stan na koniec 1992 r.)

Nr pow.*	STL	Wielkość pow. bad. [ha]	Wiek	N [szt./1 ha]	D _g [cm]	H _L [m]	Klasa bonitacji	V [m ³ /1 ha]	W _z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Bśw	0,20	57	920	19,3	1,4	233	0,76	
22	BMśw	0,20	59	855	21,7	21,6	Ia,9	316	0,91
23	BMśw	0,20	64	615	24,6	22,0	Ia,8	289	0,77
25	BMśw	0,20	62	985	20,8	22,3	Ia,9	352	0,98
26	BMśw	0,20	67	710	24,6	23,0	I,0	352	0,95
210	BMśw	0,20	67	405	28,9	23,5	Ia,8	278	0,71
211	Bśw	0,20	57	1815	13,8	13,9	III,1	162	0,80
212	LMśw	0,20	62	510	26,8	25,0	Ia,1	327	0,78
27	Bśw	0,20	68	945	20,3	20,6	I,7	288	0,89
28	BMśw	0,20	72	620	25,5	23,6	I,1	337	0,89
213	Bśw	0,20	61	680	23,4	21,8	I,0	350	0,83
214	BMśw	0,20	58	800	23,4	22,1	Ia,6	366	0,95
215	BMśw	0,20	57	1100	19,7	20,1	I,2	320	0,97
31	Bśw	0,50	88	460	28,1	21,1	II,4	277	0,86
32	BMśw	0,50	89	582	27,7	25,1	I,3	402	0,99
33	BMśw	0,50	101	310	34,2	27,8	I,0	352	0,79

cd. tabeli na nast. stronie

TABELA 1 cd.

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
35	BMśw	0,50	96	416	30,0	26,6	I,2	356	0,84
36	BMśw	0,50	93	440	30,9	25,5	I,4	382	0,94
39	Bśw	0,50	97	362	29,1	21,2	II,2	219	0,68
312	LMśw	0,50	87	244	37,0	28,6	Ia,4	333	0,71
38	Bśw	0,50	118	366	32,6	26,0	I,9	358	0,93
313	BMśw	0,50	93	364	34,7	26,8	I,0	435	0,95
314	BMśw	0,50	95	238	38,8	28,4	Ia,7	460	0,76
315	BMśw	0,50	100	238	37,1	25,6	I,6	401	0,74

* Pierwsza cyfra numeru powierzchni oznacza wiek (dwa drzewostany 60-letnie, trzy drzewostany 90-letnie), zaś druga jej położenie (nadleśnictwo): 1-6 (Buda Stalowska), 7 (Rozwadów), 8 (Janów Lubelski), 9 (Płiteczów), 10-12 (Staszów), 13-15 (Wyszków)

przyrost r_1 odłożony został w pierwszym, r_2 w drugim, r_3 w trzecim, r_4 w czwartym, r_5 w piątym a r_6 w szóstym pięcioleciu ich działalności (2,4,5). Dla każdego drzewa określono relatywną wartość przyrostu grubości (z_{ij}), wyrażając jego wielkość (r_{ij}) w okresie $i=1,2,\dots,6$ w wielkościach przyrostu odłożonego w pięcioleciu przed uruchomieniem tych zakładów (r_{0j}):

$$z_{ij} = \frac{r_{ij}}{r_{0j}} \quad (1)$$

gdzie:

i ... okres przyrostowy ($i=1,2,\dots,6$),

j ... numer drzewa z pomierzonym przyrostem ($j=1,2,\dots,n$).

Relatywny przyrost grubości drzewostanu w okresie i stanowi średnia arytmetyczna relatywnych przyrostów pomierzonych w nim drzew:

$$z_i = \frac{\sum_{j=1}^n z_{ij}}{n} \quad (2)$$

Porównanie tak obliczonego relatywnego przyrostu grubości (wzór 2) drzewostanu uszkodzonego z_i (DU) ze średnią wartością relatywnego przyrostu grubości drzewostanów kontrolnych z_i (DK), pozwoli na ocenę dynamiki ich przyrostu w okresie i w stosunku do przyjętego wzorca. Stanowi ją względny relatywny przyrost grubości (z'_i):

$$z'_i = \frac{z_i(DU)}{z_i(DK)} \quad (3)$$

Wartość $z'_i < 1,0$ oznacza spadek, zaś $z'_i > 1,0$ wzrost w danym okresie dynamiki przyrostu grubości drzewostanu uszkodzonego w porównaniu z przyjętą normą.

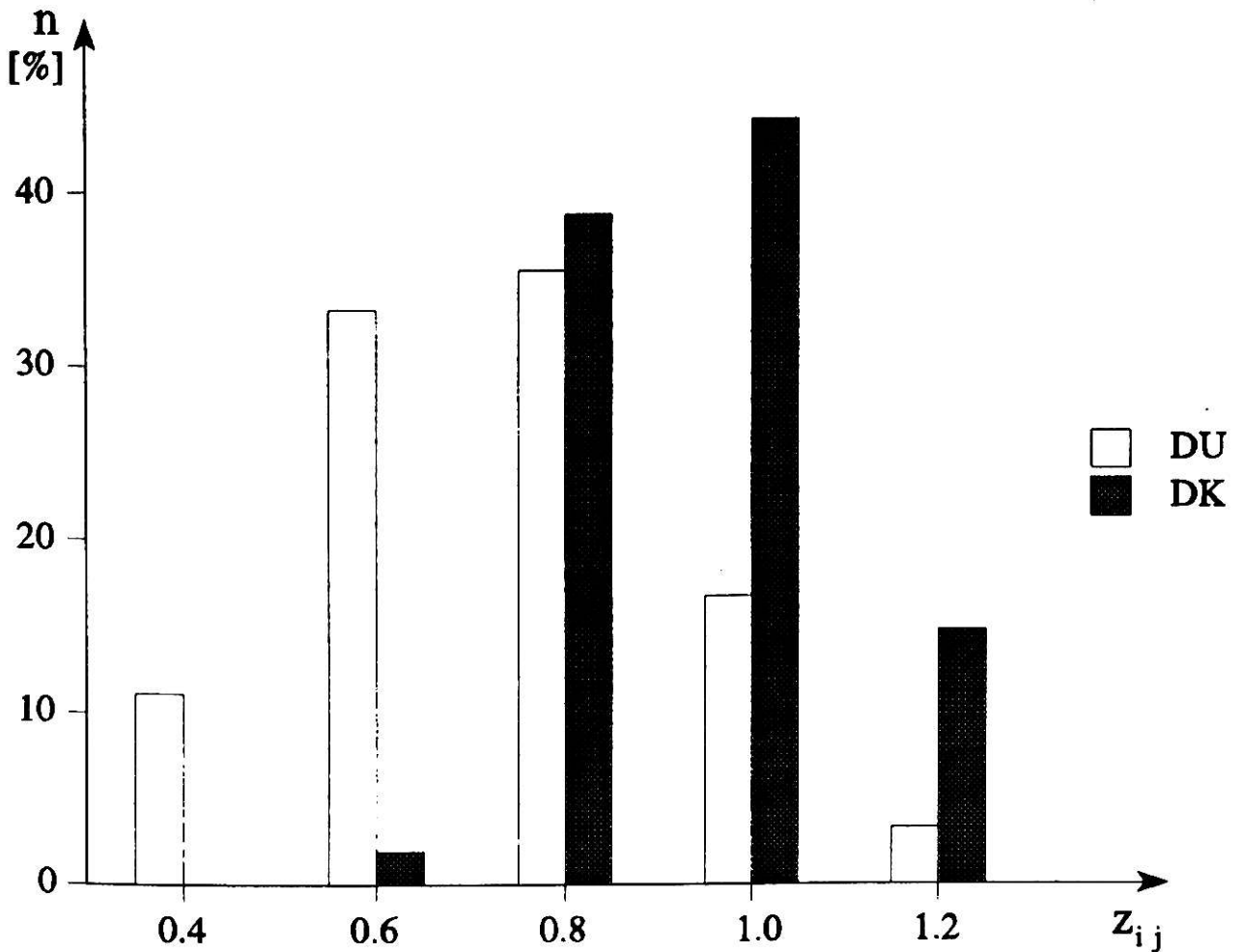
Istotność różnic pomiędzy relatywnym przyrostem grubości drzew drzewostanów uszkodzonych i kontrolnych sprawdzono testem analizy wariancji (1).

Relatywny przyrost grubości i jego zmienność

Przyrost grubości odłożony w 30-leciu (1963–1992) przypadającym na lata działalności przemysłowej Tarnobrzeskiego Kombinatoru Siarkowego (TKS) był na ogół, w przyjętych pięcioletnich okresach, mniejszy od odłożonego w pięcioleciu (1958–1962) przed uruchomieniem zakładów przemysłu siarkowego. Przeważnie bowiem relatywna jego wielkość, obliczona dla pojedynczych drzew wzorem (1) zaś dla drzewostanów wzorem (2), była mniejsza od 1,0 (tab. 2, ryc. 1). Prawidłowość ta, związana z naturalnym pomniejszaniem się przyrostu grubości drzew wraz z wiekiem, dotyczy zarówno drzewostanów uszkodzonych przez emisje TKS (DU) jak i kontrolnych (DK). Relatywny przyrost grubości w drzewostanach położonych w zasięgu emisji był jednak dość wyraźnie mniejszy w porównaniu z rosnącymi poza ich zasięgiem. Jego wielkość zależała zarówno od kategorii wieku, położenia drzewostanu oraz okresu przyrostowego. W grupie 60-letnich drzewostanów uszkodzonych relatywny przyrost najmniejsze wartości, wynoszące od 0,347 do 1,089

TABELA 2
 Relatywny przyrost grubości drzewostanów (z_i) w przyjętych okresach i jego zmienność (γz_i)

Okres przyrostowy	Drzewostany 60-letnie			Drzewostany 90-letnie				
	DU		DK	DU		DK		
	z_i	γz_i [%]	z_i	γz_i [%]	z_i	γz_i [%]		
1963-1967	0,889 (0,763-1,069)	26,4 (21,4-30,0)	1,016 (0,935-1,254)	28,8 (25,8-33,5)	0,850 (0,672-1,051)	34,9 (26,2-42,6)	0,985 (0,796-1,086)	27,7 (19,9-35,2)
1968-1972	0,778 (0,640-1,112)	31,4 (21,8-45,0)	0,962 (0,844-1,186)	35,8 (28,9-45,0)	0,726 (0,488-0,913)	44,1 (33,9-75,5)	0,874 (0,826-0,967)	40,0 (29,3-46,6)
1973-1977	0,721 (0,611-1,193)	37,2 (26,4-49,8)	0,935 (0,733-1,215)	38,5 (30,7-55,6)	0,643 (0,433-0,838)	48,0 (39,8-65,4)	0,885 (0,804-1,083)	39,4 (33,9-48,8)
1978-1982	0,764 (0,547-1,160)	47,1 (28,1-70,5)	0,929 (0,801-1,196)	45,7 (35,6-65,6)	0,754 (0,472-1,061)	50,8 (40,6-64,4)	0,987 (0,865-1,148)	47,4 (42,2-53,4)
1983-1987	0,630 (0,347-1,089)	54,1 (44,4-63,5)	0,930 (0,801-1,087)	46,4 (36,3-65,7)	0,709 (0,455-1,090)	55,9 (50,4-63,7)	0,971 (0,806-1,166)	53,4 (50,9-55,7)
1988-1992	0,646 (0,349-1,158)	56,7 (40,8-109,8)	0,893 (0,612-1,055)	47,1 (35,5-66,2)	0,706 (0,524-0,977)	60,2 (47,8-73,2)	1,148 (0,787-1,704)	46,6 (44,3-49,0)



RYC. 1. Rozkład relatywnego przyrostu grubości (DU — drzewostany uszkodzone, DK — drzewostany kontrolne)

(średnio 0,630) osiągnął w pięcioleciu 1983–1987. W drzewostanach 90-letnich jego minimalną wielkość, wynoszącą średnio 0,643 (od 0,433 do 0,838) stwierdzono w trzecim pięcioleciu od rozpoczęcia działalności TKS. Relatywny przyrost grubości młodszych drzewostanów kontrolnych był dla każdego okresu przyrostowego większy średnio od 0,127 do 0,300 niż w uszkodzonych. Jeszcze większe różnice, bo wynoszące średnio od 0,135 do 0,442 stwierdzono w grupie starodrzewi. W 30 (37,5%) przypadkach relatywny przyrost drzewostanów uszkodzonych nie różnił się istotnie od średniej wielkości określonej dla odpowiednich drzewostanów kontrolnych (tab. 3). W pozostałych 50 (62,5%) różnice były statystycznie istotne przy $\alpha=0,05$; przeważnie (w 92%) mniejsze od przyjętej normy.

Omawiana cecha wykazuje dość dużą zmienność. Współczynnik zmienności wynosił bowiem od 19,9% aż do 109,8%. Jego wartość powiększała się z okresu na okres niezależnie od położenia drzewostanu. Z podanych w tabeli 2 wielkości wynika, że w 60-letnich uszkodzonych drzewostanach współczynnik zmienności relatywnego przyrostu grubości powiększył się znacznie niż w kontrolnych. Za ostatni pięcioletni okres (1988–1992) był on średnio ponad 2,1 razy większy niż w pierwszym pięcioleciu (1963–1967) działalności TKS. W drzewostanach kontrolnych powiększył się mniej, bo średnio 1,6 razy. W grupie

TABELA 3

Wyniki testowania hipotezy o równości relatywnego przyrostu grubości drzewostanów uszkodzonych i kontrolnych

Nr pow.	Okres przyrostowy					
	1963–67	1968–72	1973–77	1977–82	1983–87	1988–92
21	0	0	0	0	–	–
22	0	–	–	–	–	–
23	0	0	0	0	0	0
25	0	–	–	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–
210	0	–	–	–	–	–
211	–	–	–	0	0	+
212	0	+	+	+	0	0

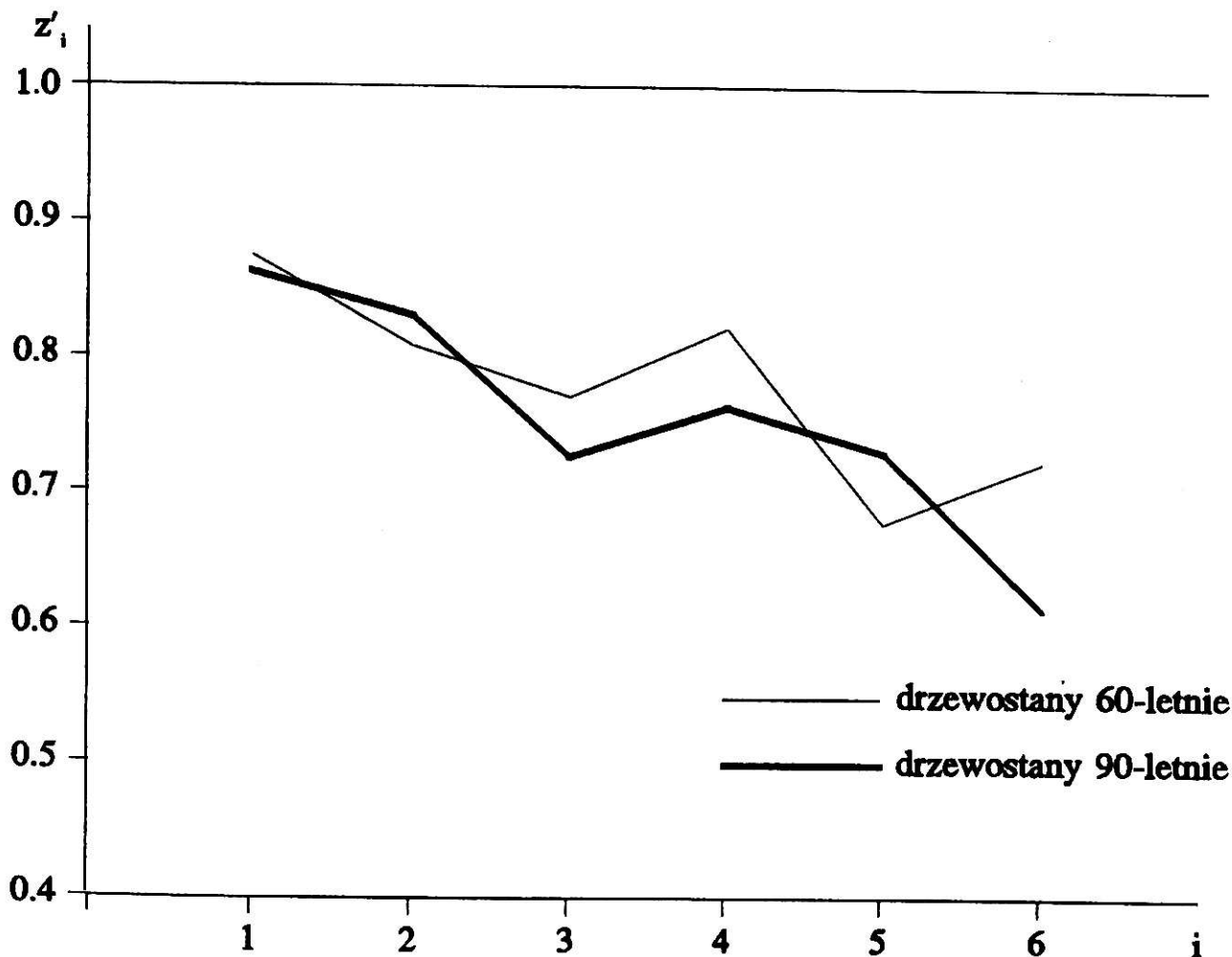
31	–	–	–	–	–	–
32	–	–	–	–	–	–
33	–	0	0	–	0	0
35	–	–	–	–	–	–
36	–	–	–	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0
312	–	–	–	–	–	–

0 — brak istotnej różnicy
 – — przyrost relatywny istotnie mniejszy niż w drzewostanach kontrolnych
 + — przyrost relatywny istotnie większy niż w drzewostanach kontrolnych

starodrzewi położenie drzewostanu nie miało tak istotnego wpływu na powiększenie się zmienności relatywnego przyrostu.

Ocena dynamiki przyrostu grubości drzewostanów uszkodzonych

Wzrost lub spadek dynamiki przyrostu grubości drzewostanów położonych w zasięgu emisji przemysłowych TKS oceniono przyjmując jako jej normę dla poszczególnych 5-letnich okresów średnią wielkość relatywnego przyrostu drzewostanów kontrolnych w poszczególnych kategoriach wiekowych. Okazało się, że działalność TKS w sposób istotny wpłynęła na osłabienie dynamiki przyrostu rosnących tam drzewostanów. W grupie drzewostanów 60-letnich tylko w 10 przypadkach (na 48) wskaźnik $z'_i \geq 1.0$. W starodrzewiach miało to miejsce jeszcze rzadziej, bo tylko czterokrotnie (na 42), tj. w 9,5% możliwych przypadków. Średnio dla poszczególnych okresów przyrostowych względny relatywny przyrost grubości (z'_i) wynosił od 0,677 do 0,875 w grupie drzewostanów młodszych oraz od 0,615 do 0,863 w grupie starodrzewi (ryc. 2). Oznacza to spadek dynamiki ich przyrostu odpowiednio od 12,5% do 32,3% (średnio 22,0%) oraz od 13,7% do 38,5% (średnio 24,5%). Na ogół, niezależnie od kategorii wieku drzewostanu, stopień zahamowania dynamiki przyrostu powiększał się proporcjonalnie do czasu działalności TKS.



RYC. 2. Zmiana średniej wartości względnego przyrostu grubości drzewostanów (z'_i) w przyjętych okresach przyrostowych (i)

Podsumowanie wyników

- Przyrost grubości odłożony w sześćdziesięcioletnich drzewostanach uszkodzonych najmniejszą wielkość osiągnął w piątym zaś w dziewięćdziesięcioletnich w trzecim pięcioletnim okresie od rozpoczęcia działalności TKS. Średnia relatywna wielkość wynosiła odpowiednio 0,630 oraz 0,643.
- Relatywny przyrost grubości większości drzewostanów położonych w zasięgu emisji TKS był istotnie mniejszy niż w drzewostanach kontrolnych; w starodrzewiach częściej niż w drzewostanach sześćdziesięcioletnich.
- Zmienność relatywnego przyrostu grubości drzewostanów uszkodzonych, szczególnie sześćdziesięcioletnich, była wyraźnie większa niż kontrolnych.
- Oszacowany spadek dynamiki przyrostu grubości drzewostanów położonych w rejonie oddziaływania TKS wynoszący średnio dla sześciu pięcioletnich okresów przyrostowych 22,0% w drzewostanach sześćdziesięcioletnich oraz 24,5% w drzewostanach dziewięćdziesięcioletnich wskazuje na wyraźne osłabienie ich witalności.

Literatura

1. **Bruchwald A.**: Statystyka matematyczna dla leśników. Wyd. SGGW-AR, Warszawa 1989.
2. **Cacko E.**: Znany i nielubiany "Siarkopol". Las Polski 19, 12–13, 1990.
3. **Dong P.H. i Kramer H.**: Zuwachsverlust in erkrankten Fichtenbeständen. Allg. Forst-u. J.-Ztg., 158, 7/8, 122–125, 1987.
4. **Dziewański J.**: Oddziaływanie przemysłu siarkowego na środowisko przyrodnicze województwa tarnobrzeskiego. Studia i Rozprawy 1, Kraków 1988.
5. **Dziewański J.**: Uwagi ogólne dotyczące sozologicznych problemów województwa tarnobrzeskiego. W: Sozologiczne problemy woj. tarnobrzeskiego. CPPGSMiE PAN, Kraków 1991.
6. **Gądek K., Ząbecki W.**: Analiza stanu wybranych elementów środowiska leśnego w południowej części województwa tarnobrzeskiego. CPPGSMiE PAN, Kraków 1991.
7. **Kramer H.**: Beziehungen zwischen Kronenschadbild und Volumenzuwachs bei erkrankten Fichten. Allg. Forst.-u. J.Ztg., 157, 2, 22–27, 1986.
8. **Orzeł S.**: Straty produkcyjne w drzewostanach sosnowych wzrastających w zasięgu emisji przemysłowych Tarnobrzeskiego Kombinatoru Siarkowego. Sylwan 12, 59–66, 1994.
9. **Orzeł S.**: Dynamika wzrostu drzewostanów sosnowych w wybranych regionach przemysłowych Polski południowej. Zesz. Nauk. AR w Krakowie (w druku).
10. **Schöpfer W.**: Walderkrankung und Zuwachs. Mitt. d. Forstl. Vers. - u Forschungsanst. Baden- Württemberg, 135, 53–60, 1987.
11. **Sękiewicz J. i inni**: Analiza zmian warunków hydrogeologicznych i hydrochemicznych wpływających na zmiany środowiska przyrodniczego w rejonie oddziaływania KiZPS Tarnobrzeg — kopalnie: Piaseczno, Machów, Jeziórko, Grzybów. Archiwum CPPGSMiE PAN, Zakład Sozologii, Kraków 1986.

Summary

Dynamics of diameter increase in pine stands situated within the reach of Tarnobrzeg Sulphur Plant (TSP) emissions

Measurements of the width of annual rings done on the bores taken at the height of 1.3 m from trees growing on 24 plots sampled by the Dendrometry Section of the Cracow Agricultural University were the study material. The plots were chosen in pine single-species stands of two categories: 15 of them had been located within the reach of TSP (DU) industrial emissions, and 9 — outside their impact (DK). The relative size of the increment in six 5-year periods covering the 30-year (1963–1993) period of the TSP activity was measured in each sample tree.

The increment dynamics assessment for stands situated within the reach of emissions was carried out basing on relative increment. The findings were as follows:

- The increment of thickwood accumulated in damaged 60-year-old stands reached its minimum in the fifth, while in undamaged 60-year-old ones — in the third 5-year period since the beginning of the TSP activity. ITS mean relative size was 0.630 and 0,643 respectively.
- The relative increment of the diameter in the majority of stands located within the reach of TSP emissions was significantly lesser than that in control stands, this fact being more frequent in oldgrowths than in 60-year-old stands.
- The variance of relative increment of the diameter in damaged stands, especially in 60-year-old ones, was distinctly greater than in control stands.

The assessed abatement in the diameter increment dynamics in stands located within the area of TSP impacts, amounting, on the average, to 22.0% in 60-year-old stands for six 5-year increment periods, and 24,5% in 90-year-old stands points out to a distinct lessening of their vitality.