

STANISŁAW ORZEŁ

## **Dynamika przyrostu grubości drzewostanów sosnowych położonych w zasięgu emisji zakładów przemysłu metali kolorowych\***

The Dynamics of Diameter Increment in Pine Stands Located  
within the Reach of Emissions from Colour Metal Industry Plants

### **Wstęp**

**O**bserwowane negatywne przeobrażenia w środowisku przyrodniczym, w tym szczególnie w środowisku leśnym, to w ostatnich dziesięcioleciach cena za żywiolowy i niejednokrotnie nie przemyślany rozwój gospodarczy. Zagadnienie poznania i interpretacji procesów rozwojowych złożonych ekosystemów leśnych otwartych na wpływy zewnętrznego otoczenia nie należy do łatwych. Ich potwierdzoną badaniami empirycznymi reakcją na zanieczyszczenia przemysłowe jest m.in. wzmożone wydzielanie posuszu [5,9]. W uszkodzonych drzewostanach starszych klas wieku obumierają drzewa istotnie grubsze, wyższe a więc i o większej miąższości w porównaniu z rosnącymi w warunkach wolnych od bezpośredniego wpływu zanieczyszczeń [5]. Powoduje to znaczny spadek ich zasobności [5]. Zahamowanie wzrostu wysokości [2,4,5] oraz na ogół stwierdzany spadek przyrostu grubości [3,6,10,11] to, poza większą śmiertelnością drzew, główne przyczyny spadku przyrostu miąższości tych drzewostanów. Badania z zakresu produktywności w lasach uszkodzonych przez emisje przemysłowe prowadzone były głównie w odniesieniu do pojedynczych drzew, a ich przedmiot stanowił przeważnie przyrost promienia pomierzony na wywiertach pobranych z pierśnicy. Przy ocenie strat przyrostu grubości na tej podstawie należy uwzględnić większą jego zmienność w drzewostanach znajdujących się w zasięgu emisji [11] jak również częściej stwierdzany w nich zanik słoików rocznych [10].

Z uwagi na możliwość bezpośredniego pomiaru szerokości słoików rocznych na drzewach stojących w dowolnym okresie ich życia, metoda ta została zastosowana również w niniejszej pracy, której celem było określenie dynamiki przyrostu grubości drzewostanów sosnowych, w różnym stopniu narażonych na emisje przemysłowe z zakładów Legnicko-

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

Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM) oraz huty cynku i ołowiu w Miasteczku Śląskim (MŚL).

## Material i metodyka badań

Materiał pomiarowy zebrano z szesnastu stałych powierzchni badawczych, wybranych i założonych w 1976 roku przez Instytut Badawczy Leśnictwa w drzewostanach sosnowych III i IV/V kl. wieku. Wybrano drzewostany w I (1), II (2) i III (3) strefie uszkodzeń przemysłowych, w lasach położonych w rejonie huty cynku i ołowiu w Miasteczku Śląskim (MŚL) i w rejonie Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM) oraz drzewostany kontrolne (strefa 0), położone poza obszarem bezpośredniego wpływu tych zakładów przemysłowych [12].

Głównym źródłem zagrożenia w rejonie LGOM są działające od 1968 roku zakłady przeróbki mechanicznej rud miedzi i elektrociepłownia przy kopalni Polkowice zaś w rejonie MŚL działająca od 1966 roku huta cynku i ołowiu [12].

Jesienią 1992 roku poza podstawowymi pomiarami dendrometrycznymi, jak pomiar pierśnic i wysokości, z co czwartego drzewa pobrano wywierty w celu prześledzenia dynamiki przyrostu grubości. Wywierty pobrano z wysokości 1,3 m od strony północnej. Pomiar szerokości słoików rocznych wykonano elektronicznym miernikiem z dokładnością do 0,01 mm. Analizie poddano pięcioletni przyrost na promieniu, obliczony jako suma szerokości słoików rocznych odłożonych w latach: 1963–1967 ( $r_0$ ), 1968–1972 ( $r_1$ ), 1973–1977 ( $r_2$ ), 1978–1982 ( $r_3$ ), 1983–1987 ( $r_4$ ), oraz 1988–1992 ( $r_5$ ). Można przyjąć, że przyrost  $r_1$  odłożony został w pierwszym,  $r_2$  w drugim,  $r_3$  w trzecim,  $r_4$  w czwartym i  $r_5$  w piątym pięcioleciu działalności tych zakładów przemysłowych, zaś  $r_0$  w ostatnim pięcioleciu przed ich uruchomieniem. Dla każdego drzewostanu przyrost  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_4$  i  $r_5$  porównano z przyrostem  $r_0$  określając w ten sposób relatywną jego wielkość ( $z_{ij}$ ) dla pomierzonych w nim drzew:

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

gdzie:

- $i$  — okres przyrostowy ( $i=1,2,3,4,5$ )  
 $j$  — numer drzewa z pomierzonym przyrostem ( $j=1,2,\dots,n$ )

Relatywny przyrost drzewostanu w okresie  $i$  obliczono jako średnią arytmetyczną określonych wzorem (1) wartości:

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

Porównanie tak obliczonego relatywnego przyrostu drzewostanów uszkodzonych  $z_i$  (DU), tj. rosnących w I, II lub III strefie uszkodzeń przemysłowych z kontrolnymi  $z_i$  (DK), pozwoli na ocenę dynamiki ich przyrostu do przyjętego wzorca.

Ocenę tę stanowi względny przyrost:

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

Wartość  $z_i' > 1,0$  oznacza wzrost, zaś  $z_i' < 1,0$  — spadek dynamiki przyrostu grubości danego drzewostanu położonego w I, II lub III strefie w okresie  $i$  w porównaniu z przyjętą normą, jaką stanowi relatywny przyrost drzewostanu kontrolnego.

Istotność różnic pomiędzy relatywnym przyrostem drzewostanów kontrolnych (strefa 0) i uszkodzonych (strefa I, II i III) sprawdzono testem analizy wariancji [1].

## Charakterystyka badanych drzewostanów

Drzewostany położone w I, II i III strefie uszkodzeń przemysłowych wzrastały od około 25 lat w zasięgu emisji zakładów Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM) lub huty cynku i ołowiu w Miasteczku Śląskim (MŚL). Sąsiedztwo tych zakładów przemysłowych w sposób istotny wpłynęło na kształtowanie się podstawowych cech dendrometrycznych badanych drzewostanów (tab. 1). Na ogół istnieje ścisła zależność pomiędzy strefą uszkodzenia przemysłowego, a wielkością cech taksacyjnych. Widoczne to jest szczególnie wyraźnie w przypadku powierzchni pierśnicowego przekroju ( $G$ ), zasobności ( $V$ ) i wskaźnika zadrzewienia ( $W_z$ ). Zasobność drzewostanów III klasy wieku położonych na obszarze III strefy uszkodzeń przemysłowych stanowiła zaledwie 55,8% (LGOM) oraz 81,2% (MŚL) zasobności odpowiednich drzewostanów wzorcowych. W IV/V kl. wieku procent ten był jeszcze mniejszy, bo odpowiednio 43,4% oraz 52,7%.

## Omówienie uzyskanych wyników

Wielkość relatywnego przyrostu grubości zmieniła się zarówno w zależności od wieku drzewostanu, jego położenia, jak też okresu przyrostowego (tab. 2). Średnie jego wartości dla drzewostanów III kl. wieku zawierały się w przedziale od 0,605 (MŚL-pow. 22) do 1,473 (LGOM-pow. 21). Te skrajne wielkości wystąpiły w trzecim pięcioleciu od momentu rozpoczęcia działalności przemysłowej omawianych zakładów. W drzewostanach starszych (IV/V kl. wieku) przedział wartości średniego relatywnego przyrostu był jeszcze szerszy bo od 0,546 aż do 2,299. W obydwu przypadkach dotyczy to drzewostanu z III strefy uszkodzeń przemysłowych w rejonie MŚL. W uszkodzonych drzewostanach z rejonu LGOM, we wszystkich rozpatrywanych pięcioletnich okresach, wartość relatywnego przyrostu malała wraz ze wzrostem przemysłowego zagrożenia. W I strefie był na ogół większy od 1,0 co oznacza, że przyrost drzew, które dotrwały w tym drzewostanie do 1992 roku, był bardziej dynamiczny po uruchomieniu zakładów przemysłowych LGOM w porównaniu z latami wcześniejszymi. Lata 1968–1972, 1973–1977 oraz 1978–1982 okazały się korzystniejsze także dla przyrostu grubości drzewostanów kontrolnych z rejonu MŚL oraz III kl. wieku z rejonu LGOM ( $z_i' > 1,0$ ). W drzewostanach wszystkich stref położonych w okolicy LGOM (za wyjątkiem starodrzewu kontrolnego) minimalną wielkość (od 0,649 do 1,036) relatywny przyrost osiągnął w okresie 1983–1987 ( $z_4$ ). W drugim rejonie przemysłowym (MŚL) jego minimalne wielkości stwierdzono w pięcioleciu wcześniejszym (1978–1982). Tam też w III kl. wieku największe zahamowanie przyrostu w przyjętych

Rejon	Nr po- wierz- chni	Okres przyrostowy										
		1968-1972		1973-1977		1978-1982		1983-1987		1988-1992		
		z1	$\gamma_{z1}$ [%]	z2	$\gamma_{z2}$ [%]	z3	$\gamma_{z3}$ [%]	z4	gz4 [%]	z5	$\gamma_{z5}$ [%]	
LGOM	20	1,067	26,2	1,212	53,8	1,165	49,7	0,826	56,2	0,749	63,0	
	21	1,242	24,6	1,376	32,9	1,473	34,8	1,036	52,6	1,112	44,6	
	22	0,966	21,6	0,935	30,7	0,929	31,4	0,725	38,3	1,011	36,7	
	23	0,923	26,3	0,718	39,4	0,871	49,0	0,649	49,5	0,778	59,1	
	30	0,952	31,8	0,724	47,1	0,887	52,7	0,736	53,5	0,986	70,4	
	31	1,111	24,6	1,180	43,6	1,339	38,5	0,957	46,9	1,118	42,3	
	32	1,069	29,1	1,013	38,2	0,996	42,8	0,759	49,9	1,118	50,4	
	33	1,052	36,4	0,859	65,8	0,813	56,9	0,654	65,4	0,800	72,9	
	MŚL	20	1,112	32,8	1,133	44,7	1,061	52,4	0,829	56,0	0,994	66,7
		21	0,892	22,0	0,910	29,8	0,802	39,5	0,807	48,8	0,935	51,9
22		0,898	23,2	0,727	31,1	0,605	44,5	0,704	53,6	0,751	69,2	
23		0,893	23,2	0,775	37,9	0,687	43,2	0,891	46,9	1,017	54,4	
30		1,030	31,8	1,091	41,9	1,221	43,5	0,795	46,5	0,937	49,2	
31		0,998	22,5	0,983	29,9	0,997	34,2	1,073	33,6	1,583	37,3	
32		0,918	25,3	0,723	45,2	0,689	48,5	0,878	54,7	1,757	50,1	
33		0,803	37,0	0,700	47,4	0,546	60,8	1,088	85,4	2,299	78,8	

TABELA 2

Wielkość relatywnego przyrostu grubości drzewostanów ( $z_i$ ) oraz jego zmienności ( $\gamma_i$ ) w przyjętych okresach

Rejon	Nr po- wierz- chni	Okres przyrostowy											
		1968-1972	1973-1977	1978-1982	1983-1987	1988-1992							
		$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$	$z_5$	$\gamma_1$ [%]	$\gamma_2$ [%]	$\gamma_3$ [%]	$\gamma_4$ [%]	$\gamma_5$ [%]		
LGOM	20	1,067	1,212	1,165	0,826	0,749	63,0	53,8	49,7	56,2	0,749	63,0	
	21	1,242	1,376	1,473	1,036	1,112	44,6	32,9	34,8	52,6	1,112	44,6	
	22	0,966	0,935	0,929	0,725	1,011	36,7	30,7	31,4	38,3	1,011	36,7	
	23	0,923	0,718	0,871	0,649	0,778	59,1	39,4	49,0	49,5	0,778	59,1	
	30	0,952	0,724	0,887	0,736	0,986	70,4	47,1	52,7	53,5	0,986	70,4	
	31	1,111	1,180	1,339	0,957	1,118	42,3	43,6	38,5	46,9	1,118	42,3	
	32	1,069	1,013	0,996	0,759	1,118	50,4	38,2	42,8	49,9	1,118	50,4	
	33	1,052	0,859	0,813	0,654	0,800	72,9	65,8	56,9	65,4	0,800	72,9	
	MŚL	20	1,112	1,133	1,061	0,829	0,994	66,7	44,7	52,4	56,0	0,994	66,7
		21	0,892	0,910	0,802	0,807	0,935	51,9	29,8	39,5	48,8	0,935	51,9
22		0,898	0,727	0,605	0,704	0,751	69,2	31,1	44,5	53,6	0,751	69,2	
23		0,893	0,775	0,687	0,891	1,017	54,4	37,9	43,2	46,9	1,017	54,4	
30		1,030	1,091	1,221	0,795	0,937	49,2	41,9	43,5	46,5	0,937	49,2	
31		0,998	0,983	0,997	1,073	1,583	37,3	29,9	34,2	33,6	1,583	37,3	
32		0,918	0,723	0,689	0,878	1,757	50,1	45,2	48,5	54,7	1,757	50,1	
33		0,803	0,700	0,546	1,088	2,299	78,8	47,4	60,8	85,4	2,299	78,8	

TABELA 3

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

Rejon	Nr pow.	Okres przyrostowy				
		1968–1972	1973–1977	1978–1982	1983–1987	1988–1992
<b>LGOM</b>						
	21	+	0	+	+	+
	22	-	-	-	0	+
	23	-	-	-	-	0
	31	+	+	+	0	0
	32	+	+	0	0	0
	33	0	0	0	0	0
<b>MŚL</b>						
	21	-	-	-	0	0
	22	-	-	-	-	-
	23	-	-	-	0	0
	31	0	0	-	+	+
	32	-	-	-	0	+
	33	-	-	-	+	+

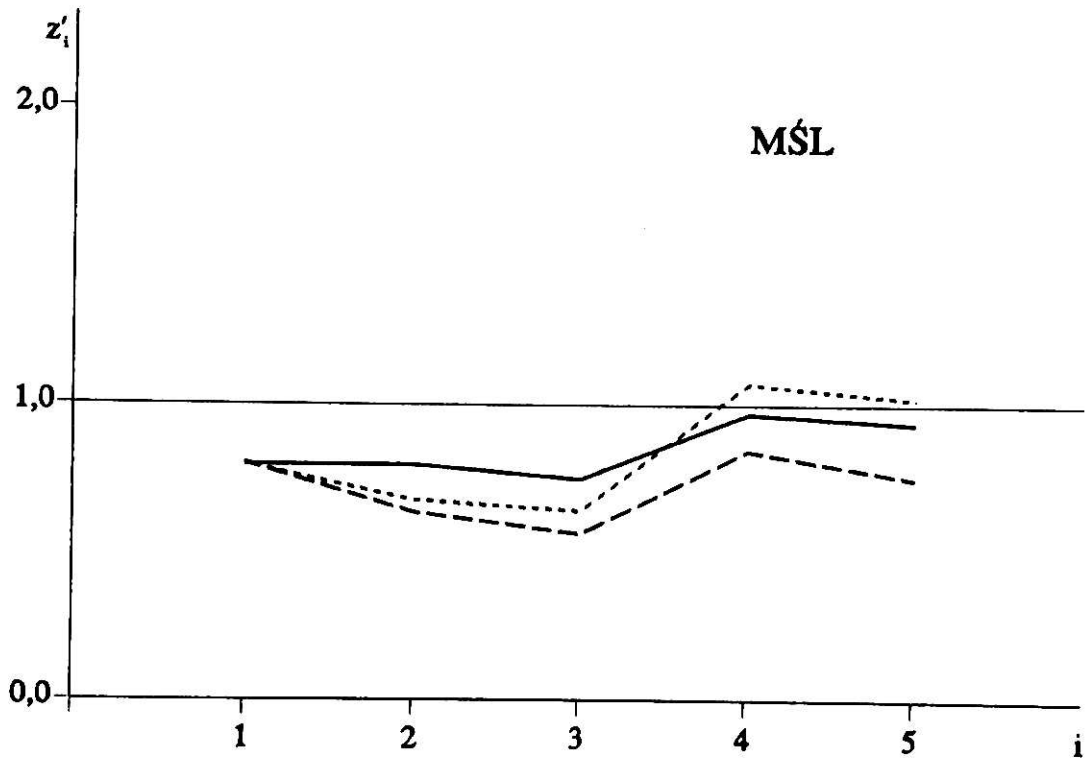
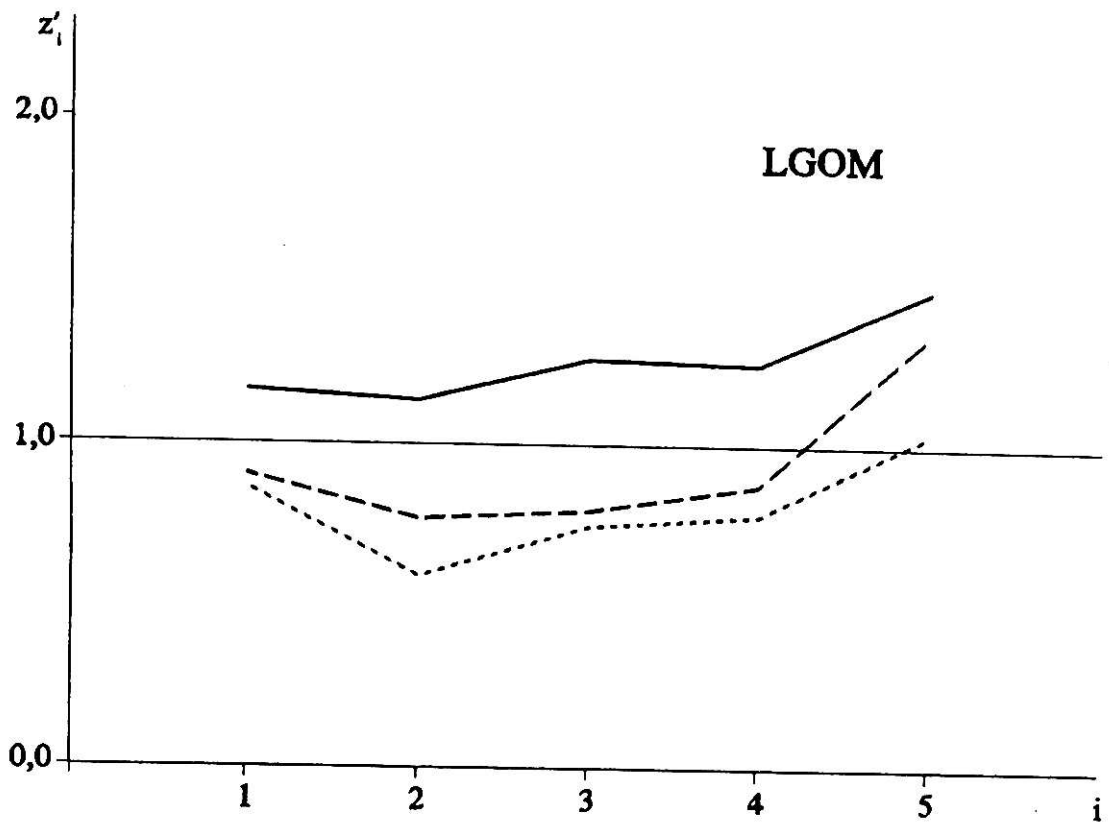
0 — brak istotnej różnicy,  
 - — przyrost relatywny istotnie mniejszy niż w strefie 0,  
 + — przyrost relatywny istotnie większy niż w strefie 0

okresach stwierdzono w II strefie uszkodzeń przemysłowych (wskaźnik  $z_i$  wynosił od 0,605 do 0,898). W rejonie LGOM minimalne wielkości relatywny przyrost drzewostanów III kl. wieku osiągnął w III strefie uszkodzeń przemysłowych (od 0,649 do 0,923). W starodrzewiach (IV/V kl. wieku) prawidłowości takiej, dotyczącej całego 25-letniego okresu nie stwierdzono.

Relatywny przyrost jest cechą wykazującą znaczną zmienność. Współczynnik zmienności ( $\gamma_{zi}$ ) wynosił bowiem od 21,6% do 85,4% i na ogół wzrastał z okresu na okres (tab. 2). Jego wielkość nie zależała od warunków wzrostu drzewostanu. W strefie 0 był bowiem równie wysoki co i w drzewostanach uszkodzonych.

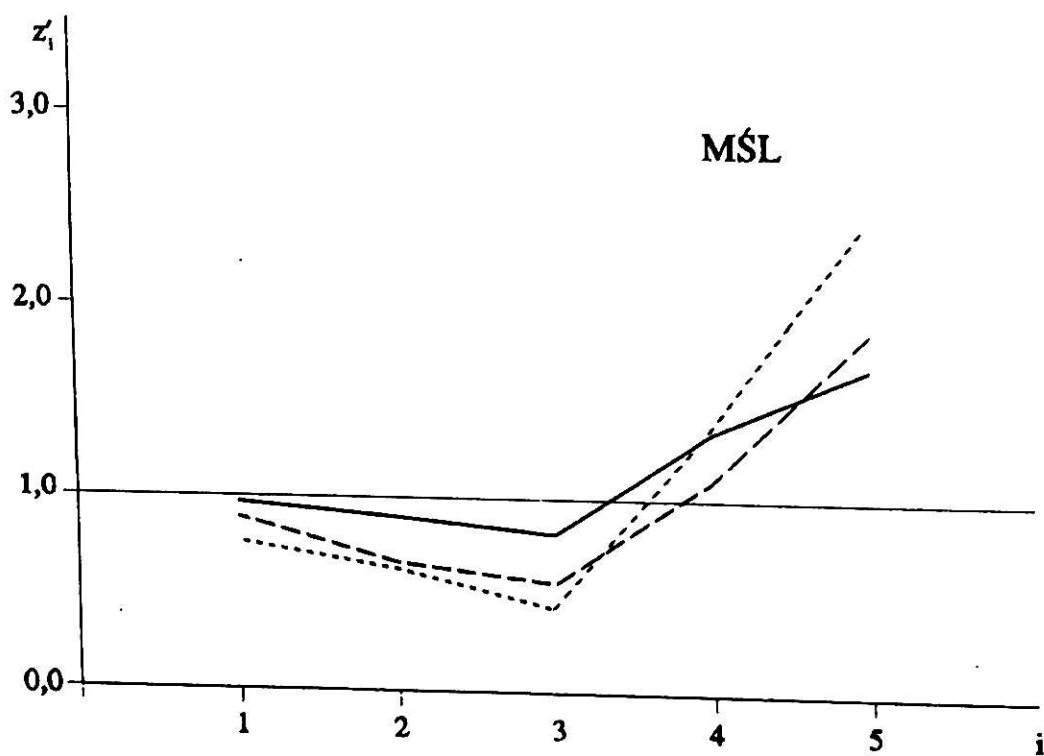
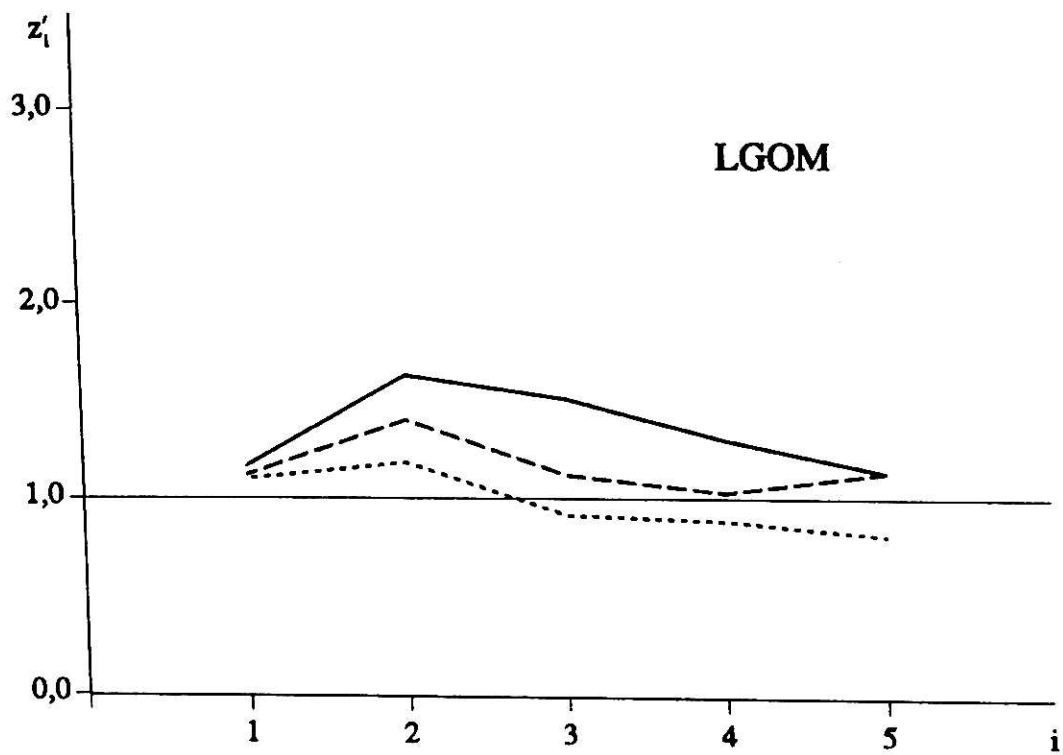
Stwierdzone różnice pomiędzy wartością relatywnego przyrostu drzewostanów uszkodzonych i kontrolnych okazały się w pierwszych trzech okresach na ogół statystycznie istotne (tab. 3). Relatywny przyrost uszkodzonych drzewostanów z okolic MŚL oraz III kl. wieku wzrastających w strefie średnich i silnych uszkodzeń przemysłowych w rejonie LGOM był przeważnie istotnie mniejszy od określonego dla odpowiednich drzewostanów kontrolnych (ryc. 1, 2). Wskazuje to na wyraźne, spowodowane wpływem niekorzystnych zewnętrznych warunków wzrostu (skażeń przemysłowych), zahamowanie dynamiki ich przyrostu wynoszące w skrajnym przypadku aż 55,3% (MŚL — pow. 33).





— I    - - - II    ..... III strefa uszk. przem.

RYC. 1. Wielkość względnego relatywnego przyrostu grubości drzewostanów ( $z'_i$ ) III klasy wieku w przyjętych okresach przyrostowych ( $i$ )



— I    - - - II    ····· III strefa uszk. przem.

RYC. 2. Wielkość względnego względnego przyrostu grubości drzewostanów ( $z'_i$ ) IV/V klas wieku w przyjętych okresach przyrostowych ( $i$ )



Z danych tabeli 2 oraz ryciny 2 wynika, że przyrost grubości  $r_5$  odłożony w uszkodzonych drzewostanach IV/V kl. wieku w rejonie MŚL był w każdej strefie zaś  $r_4$  w strefie słabych i silnych uszkodzeń, większy w porównaniu z  $r_0$ . Relatywne przyrosty  $z_4$  i  $z_5$  osiągnęły bowiem wartości większe od 1,0, rosnące wraz ze stopniem uszkodzenia drzewostanu. Okazały się ponadto statystycznie istotnie większe w porównaniu z przyjętą normą, jaką stanowił relatywny przyrost określony dla drzewostanu kontrolnego (tab. 3). To dość nieoczekiwane gwałtowne powiększenie przyrostu grubości mogło być spowodowane stwierdzonym w ostatnim kilkunastoletnim okresie zmniejszeniem stężeń szkodliwych substancji, szczególnie  $SO_2$  [12,13]. W uszkodzonych IV/V kl. wieku w rejonie LGOM oraz w III kl. wieku w okolicach MŚL relatywny przyrost  $z_4$  i  $z_5$  na ogół nie różnił się istotnie od przyjętego wzorca (tab. 3, ryc. 1 i 2).

## Wnioski

- Wielkość relatywnego przyrostu grubości zależała zarówno od wieku drzewostanu, jego położenia (rejonu przemysłowego i strefy uszkodzeń), jak również okresu przyrostowego.
- Dynamika przyrostu grubości drzewostanów będących w zasięgu emisji huty metali kolorowych w Miasteczku Śląskim uległa wyraźnemu zahamowaniu już w pierwszych latach jej działalności, zaś minimalną wielkość relatywny przyrost osiągnął w trzecim pięcioletnim okresie od jej uruchomienia.
- Uruchomienie zakładów przemysłowych w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym tylko w niewielkim stopniu wpłynęło na spadek dynamiki przyrostu grubości rosnących tam drzew.
- Przyrost grubości i jego dynamika może być jedynie cechą pomocniczą przy ustalaniu stopnia uszkodzenia drzewostanu przez emisje przemysłowe. Określany jest bowiem na drzewach, które dotrwały do momentu pomiaru, a więc najsilniejszych, cechujących się największą dynamiką przyrostu.
- Wzrost w ostatnich latach dynamiki przyrostu grubości drzew w rejonie Miasteczka Śląskiego (szczególnie w strefie najsilniejszych uszkodzeń) spowodowany prawdopodobnie zmniejszoną ilością emitowanych szkodliwych substancji, głównie  $SO_2$ , jest zjawiskiem optymistycznym. Wskazuje bowiem, że trwające nawet kilkanaście lat negatywne procesy spowodowane zanieczyszczeniami przemysłowymi nie są nieodwracalne.

*Z Katedry Dendrometrii Wydziału Leśnego  
Akademii Rolniczej W Krakowie*

## Literatura

1. **Bruchwald A.:** Statystyka matematyczna dla leśników. Wyd. SGGW-AR, Warszawa, 1989.
2. **Bruchwald A.:** Forming of site indices in pine stands growing under the influence of industrial emissions. Ann. Warsaw, Agricult. Univ. — SGGW-AR, For and Wood Technol. 41, 51–59, 1991.
3. **Grabczyński S.:** Charakterystyka strat przyrostu grubości drzewostanów sosnowych w rejonie Tarnobrzckiego Zagłębia Siarkowego. Acta Agr. et Silv., s. Silv., Vol. XXV, 55–70, 1986.
4. **Greszta J., Barszcz J.:** Kształtowanie się niektórych cech biometrycznych sosny pospolitej (*Pinus sylvestris* L.) pod wpływem emisji elektrociepłowni "Połaniec". Zesz. Nauk. AR w Krakowie, nr 232, s. Sesja Naukowa, z. 23, 57–72, 1989.
5. **Orzeł S.:** Dynamika wzrostu drzewostanów sosnowych w wybranych regionach przemysłowych Polski południowej. Zesz. Nauk. AR w Krakowie (w druku).
6. **Pollanschütz J.:** Zuwachsuntersuchungen als Hilfsmittel der Diagnose und Beweissicherung bei Forstschäden durch Luftverunreinigungen. Allg. Forststg., 86, 187–192, 1975.
7. **Rieger i inni:** Dendrometryczna charakterystyka zagrożenia ekologicznego lasów w rejonie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego na przykładzie huty cynku i ołowiu w Miasteczku Śląskim. Dokumentacja, Zakład Dendrometrii AR w Krakowie, 1989.
8. **Rieger i inni:** Dendrometryczna charakterystyka zagrożenia ekologicznego lasów w rejonie Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. Dokumentacja, Zakład Dendrometrii AR w Krakowie, 1989.
9. **Schneider Z., Ordon S.:** Wydzielanie się posuszu w drzewostanach sosnowych objętych wpływem emisji przemysłowych na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Sylwan 3, 23–37, 1978.
10. **Vinš B., Mrkva R.:** Zuwachsuntersuchungen in Kiefernbeständen in der Umgebung einer Düngfabrik. Mitt. der Forstl. Bundesvers.-Anst., Wien, 97, 173–192, 1972.
11. **Vinš B., Pollanschütz J.:** Erkennung und Beurteilung immissionsgeschädigter Wälder an Hand von Jahrringanalysen. Allg. Forststg., 88, 146–148, 1977.
12. **Zwoliński J.:** Badanie wpływu przemysłu metali nieżelaznych na środowisko leśne. Dokumentacja, ZGLRP-IBL w Katowicach, 1985.
13. **Zwoliński J.:** Badanie wpływu przemysłu metali nieżelaznych na środowisko leśne. Dokumentacja, ZGLRP-IBL w Katowicach, 1990.

## Summary

### **The Dynamics of Diameter Increment in Pine stands Located within the Reach of Emissions From Colour Metal Industry Plants**

Mesurements of annual ring width done on bores taken at the height 1.3 m from 25% of trees growing on 16 experimental plots constituted the study material. The zones of industrial damage (0, I, II, and III) in the Legnica-Głogów Copper Region (LGOM) and the zinc and lead smelting plant at Miasteczko Śląskie (MŚL) had one stand per each zone chosen from III rd and IV/Vth age classes.

The relative size of the increment was measured in sample trees for five 5-year periods covering 25-year (1968–1992) period of the activity of industrial plants mentioned. The diameter increment dynamics assessment in stands located in I, II, and III zone of industrial damage was made using the relative increment method.

The obtained results can be formulated in the following statements:

- The size of relative increment depends not only on stand age and its location (in industrial region or damage zone) but also on the increment period.
- The stand diameter increment dynamics within the reach of the colour metal smelting plant at Miasteczko Śląskie was distinctly slowed down in the first years of that plant already. The relative increment reached its minimum size in the third 5-year period since the plant was put into action.
- The activity of industrial plants of the Legnica-Głogów Copper Region caused a drop in the dynamics of the tree diameter increment, but only to a little extent.
- The diameter increment and its dynamics can only be a supporting feature at determining the level of damage to stand, as done by industrial imissions, since it is measured on trees, that persisted until the time of measuring, being the strongest then, and characterized by the greatest dynamics of the increment.
- The tree diameter increment dynamics increase noted recently in the Miasteczko Śląskie region (especially in the zone of the greatest damage) that was likely caused by a decreased quntity of harmful substances emitted, mainly SO<sub>2</sub>, is an optimistic sign, since it points out that the negative processes lasting a dozen or so years even, caused by industrial pollution, are not irreversible.