

STANISŁAW ORZEŁ, MARCIN FORGIEL

Przyrost grubości na stosunkowych wysokościach sosen wzrastających w różnych strefach przemysłowego zagrożenia

Diameter increase at relative height locations in pine trees growing in different zones of industrial threat

Abstract. The report showed a significant inhibition of diameter increase in the upper parts of pine trunks growing within the reach of industrial emissions. This concerned the areas of Legnica-Głogów Copper Region (LGOM), zinc and lead smelter in Miasteczko Śląskie (MSL) and Połaniec (POŁ) electroheating plant. The inhibition was compared with those observed in trees growing in the conditions free of emission direct impact. The drop of increase was proportional to the level of threat to stand (the zone of industrial damage). The long-lasting tendencies may lead to the change of shape of trees, especially those growing in the 3rd zone of industrial threat.

Keywords: Scots pine, relative increment of diameter, relative height, zone of industrial threat

Wstęp

W badaniach dotyczących wpływu różnych czynników na wzrost i przyrost drzew szczegółowej analizie podlegała zazwyczaj ich pierśnica, rzadziej wysokość. Cechy te są powszechnie stosowanymi miarami oceny dynamiki wzrostu drzew. Na podstawie intensywności ich przyrostu pośrednio ocenia się spadek, ewentualnie wzrost dynamiki przyrostu miąższości analizowanych drzew w rozpatrywanym okresie. Pomiar innych cech, a zwłaszcza przyrostu grubości na różnych wysokościach strzał należy do czynności rzadko w badaniach stosowanych z uwagi na niszczący charakter takiego badania, wiążący się z koniecznością ścinania dużej liczby drzew próbnych. Ogólne prawidłowości na temat rozkładu przyrostu grubości wzdłuż strzał sosnowych, zarówno wzrastających w drzewostanie zwartym jak i po jego rozluźnieniu są znane głównie dzięki badaniom Borowskiego [Borowski 1974, Borowski, Dziekoński 1974, Borowski, Kołoso-wski 1971].

W bogatej literaturze dotyczącej wpływu emisji przemysłowych na wzrost i przyrost drzew i drzewostanów brak jest udokumentowanych badaniami danych na temat wielkości

przyrostu w różnych częściach strzał. Celem pracy jest próba przedstawienia tego problemu na przykładzie drzew rosnących w różnych strefach przemysłowego zagrożenia.

Metodyka i materiał badawczy

Za materiał badawczy posłużyły wyniki analizy strzał 179 sosen w wieku od 60 do 124 lat, określone na podstawie liczby słoje w miejscu ścięcia. Wymiary drzew obliczono zgodnie z zasadami metody Uricha II, dzieląc szereg rozdzielczy pierśnic, pomierzonych na stałych powierzchniach, na trzy równoliczne klasy. Powierzchnie założono w drzewostanach położonych w różnej odległości od głównych źródeł emisji: huty cynku i ołowiu w Miasteczku Śląskim (MŚL), Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM) oraz elektrociepłowni Połaniec (POŁ). Szczegółowy opis badanych drzewostanów podano w innych pracach [Orzeł 1994, 1995, 1996].

Ścięte drzewa wzrastały zarówno w warunkach wolnych od bezpośredniego wpływu zanieczyszczeń przemysłowych (strefa 0), jak i w I (POŁ) oraz I, II i III strefie (LGOM i MŚL).

Pomiar szerokości słoje rocznych wykonano z zaokrągleniem do 0,01 mm, na krążkach (wyrzynkach) pobranych ze środków sekcji o długości 2,0 m (za wyjątkiem sekcji pierwszej, której długość wynosiła 1,0 m) a także z miejsca ścięcia oraz wysokości 1,3 m.

Szczegółowej analizie poddano przyrost grubości odłożony w LGOM i MŚL w trzech 10-letnich okresach przyrostowych obejmujących lata: 1957-1966, 1967-1976, 1977-1986 zaś w rejonie POŁ za dwa ostatnie 10-lecia. Pomierzony na pobranych krążkach przyrost grubości posłużył do określenia jego wielkości na względnych wysokościach, tj.: 0,1h; 0,2h; 0,3h; 0,4h; 0,5h; 0,6h; 0,7h; 0,8h oraz 0,9h. Okres 1957-1966 obejmuje ostatnie 10-lecie przed rozpoczęciem działalności LGOM i MŚL, zaś lata: 1967-1976 i 1977-1986 to dwa dziesięciolecia po ich uruchomieniu [Zwoźniński 1995]. W przypadku drzew rosnących w zasięgu emisji elektrociepłowni Połaniec, analizowany przyrost odłożony został w ostatnim 10-leciu przed jej uruchomieniem oraz w pierwszym 10-leciu jej działalności [Orzeł 1994, Rieger i inni 1990].

Za wysokość drzewa, niezbędną do określenia jej względnych wielkości, przyjmowano wartość tej cechy w końcu danego okresu przyrostowego, tj. w roku: 1966, 1976 oraz 1986. Tak określony drogą interpolacji przyrost grubości na stosunkowych (względnych) wysokościach oraz pomierzony w miejscu ścięcia drzew (0,0h), wyrażono w procentach przyrostu z 0,1 ich wysokości (0,1h).

Przyjęcie do dalszej analizy względnego przyrostu grubości na stosunkowych wysokościach pozwala na porównanie wyników uzyskanych dla poszczególnych drzew, bez względu na różnice wynikające z warunków siedliskowych i wieku drzewostanów. Tak obliczony przyrost poddano statystycznej analizie.

Określony dla drzew wzrastających w poszczególnych strefach przemysłowego uszkodzenia średni względny przyrost na względnych wysokościach porównano z wzorcem, za jaki przyjęto odpowiednią wielkość obliczoną dla drzew położonych w strefie 0.

Wyniki badań i ich analiza

Przyrost grubości na stosunkowych wysokościach

Średnia wartość przyrostu grubości analizowanych drzew pochodzących z rejonu LGOM i POŁ zmniejszała się, z okresu na okres, na całej ich długości (tab.). Prawidłowość ta, związana z procesem starzenia, nie była zachowana w rejonie MŚL, gdzie średni przyrost grubości w ostatnim okresie (1977-1986) osiągnął w części odziomkowej (do wysokości 0,4h) znacznie większe wartości niż w dwóch poprzednich 10-leciach. Również na wysokości 0,5 h-0,9 h odłożony w latach 1977-1986 przyrost grubości był nieznacznie większy niż w okresie 1967-1976.

Wyraźny wzrost dynamiki przyrostu pierśnicy drzewostanów sosnowych rosnących w zasięgu oddziaływania huty cynku i ołowiu w Miasteczku Śląskim, zwłaszcza z III strefy uszkodzeń przemysłowych, na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych, stwierdzono również we wcześniejszych badaniach autora [Orzeł 1996].

Rozkład względnego przyrostu grubości wzdłuż strzał

Kształtowanie się względnego przyrostu grubości na różnych wysokościach strzał analizowanych sosen (ryc. 1 i 2) na ogół nie odbiega od znanych i opisywanych w literaturze prawidłowości rozkładu tej cechy [Assmann 1968, Borowski 1974]. Miejszem, gdzie odkładany przyrost osiąga wyraźnie większe wartości jest podstawa drzewa oraz jego część wierzchołkowa (na ogół 0,8 h). Uzyskane wyniki w pełni potwierdzają rezultaty badań Borowskiego [1974], według którego: "Linia określająca przebieg przyrostu grubości wzdłuż strzały ma jak gdyby 2 maksima: pierwsze u podstawy drzewa (zwykle mniejsze) i drugie większe przy wierzchołku lub częściej nieco poniżej wierzchołka drzewa." Te dwa maksima są wyraźnie widoczne zwłaszcza w przypadku przyrostu odłożonego przed rozpoczęciem działalności zakładów przemysłowych (ryc. 1 i 2). Zasadnicze odstępstwo od tej prawidłowości wykazuje przyrost odłożony w latach 1977-1986, zwłaszcza na drzewach wzrastających w III strefie uszkodzeń przemysłowych (ryc. 1).

Również, zgodnie z ogólnymi prawidłowościami [Borowski 1974], z okresu na okres amplituda pomiędzy odkładanym przyrostem grubości na różnych wysokościach drzew była coraz mniejsza (ryc. 1 i 2).

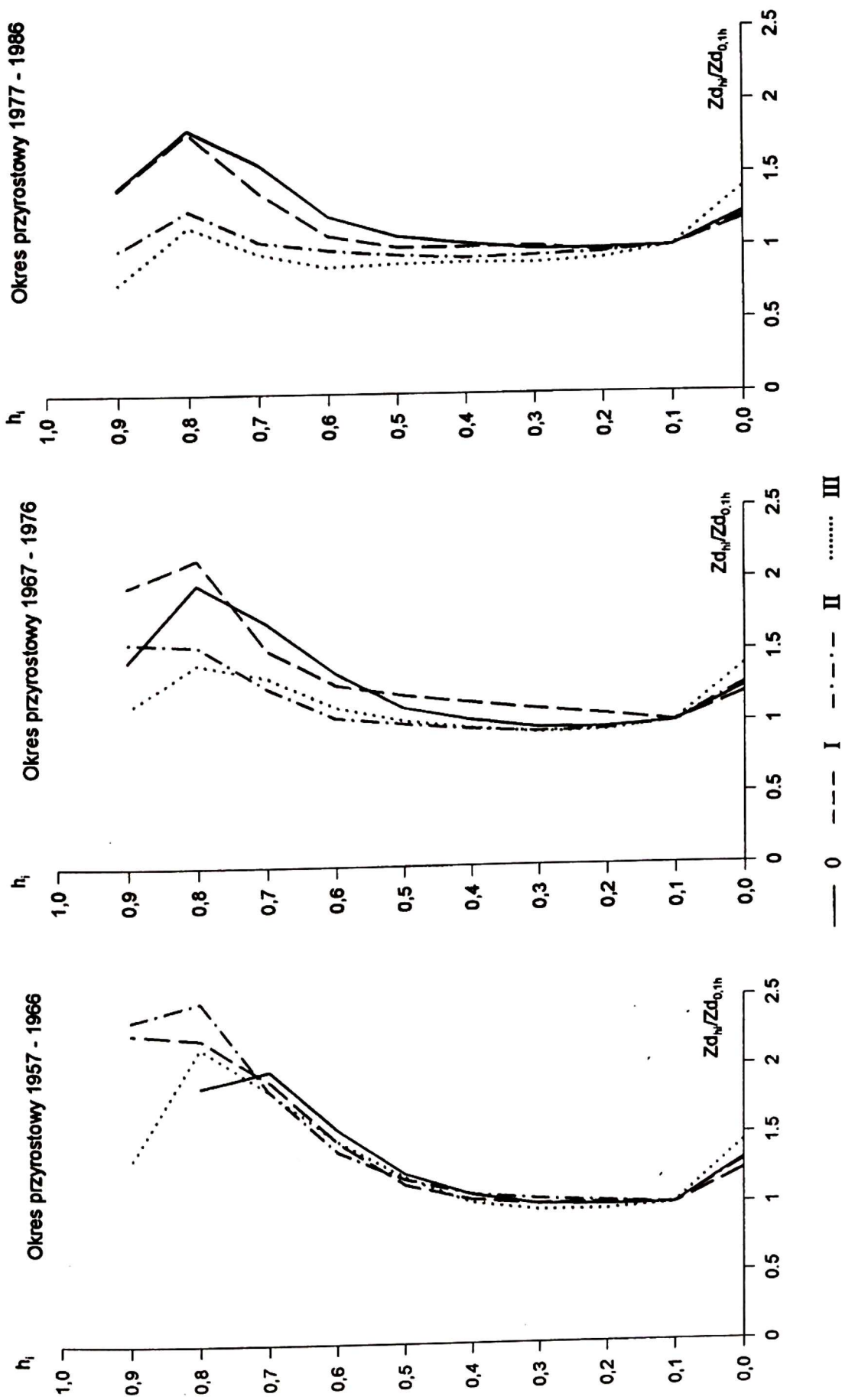
Przed rozpoczęciem działalności wymienionych zakładów przemysłowych wartości średniego względnego przyrostu grubości określonego dla drzew zaliczonych do poszczególnych stref przemysłowego uszkodzenia (ustalonych w okresie późniejszym) kształtowały się na stosunkowych wysokościach na podobnym poziomie (ryc. 1 i 2). Stwierdzone nieznaczne różnice (na ogół nie przekraczające 10% (ryc. 3 i 4)) były przypadkowe, bo nieistotne statystycznie przy poziomie $\alpha=0,05$ (test Kruskala-Wallis) [Stanisz 1998].

Wyraźne różnicowanie się przyrostu grubości na względnych wysokościach drzew, rosnących w rejonie LGOM i MŚL miało miejsce w okresie 1967-1976, tj. w pierwszym dziesięcioleciu działalności wymienionych zakładów (ryc. 1). Wprawdzie stwierdzone różnice, tylko na wysokości 0,3 h i 0,6 h okazały się statystycznie istotne, jednak z porównania rozkładu względnego przyrostu grubości drzew rosnących w strefie 0 z położonymi w strefie II, a zwłaszcza III, widać wyraźnie odmienny jego przebieg (ryc. 3).

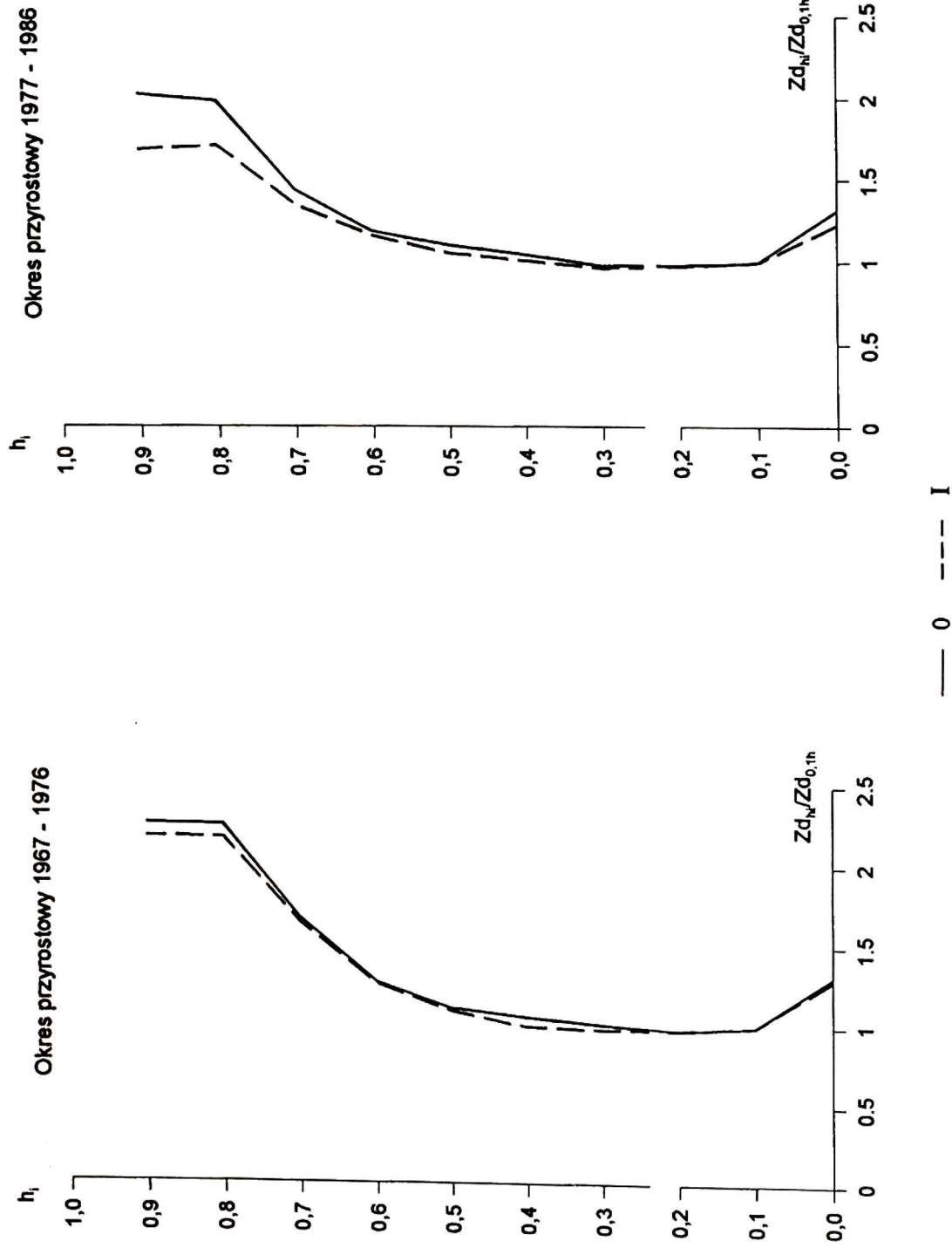
TABELA

Średnia wartość przyrostu piersznicy (w cm) i przyrostu grubości (w cm) w na stosunkowych wysokościach drzew w przyjętych okresach i rejonach przemysłowych

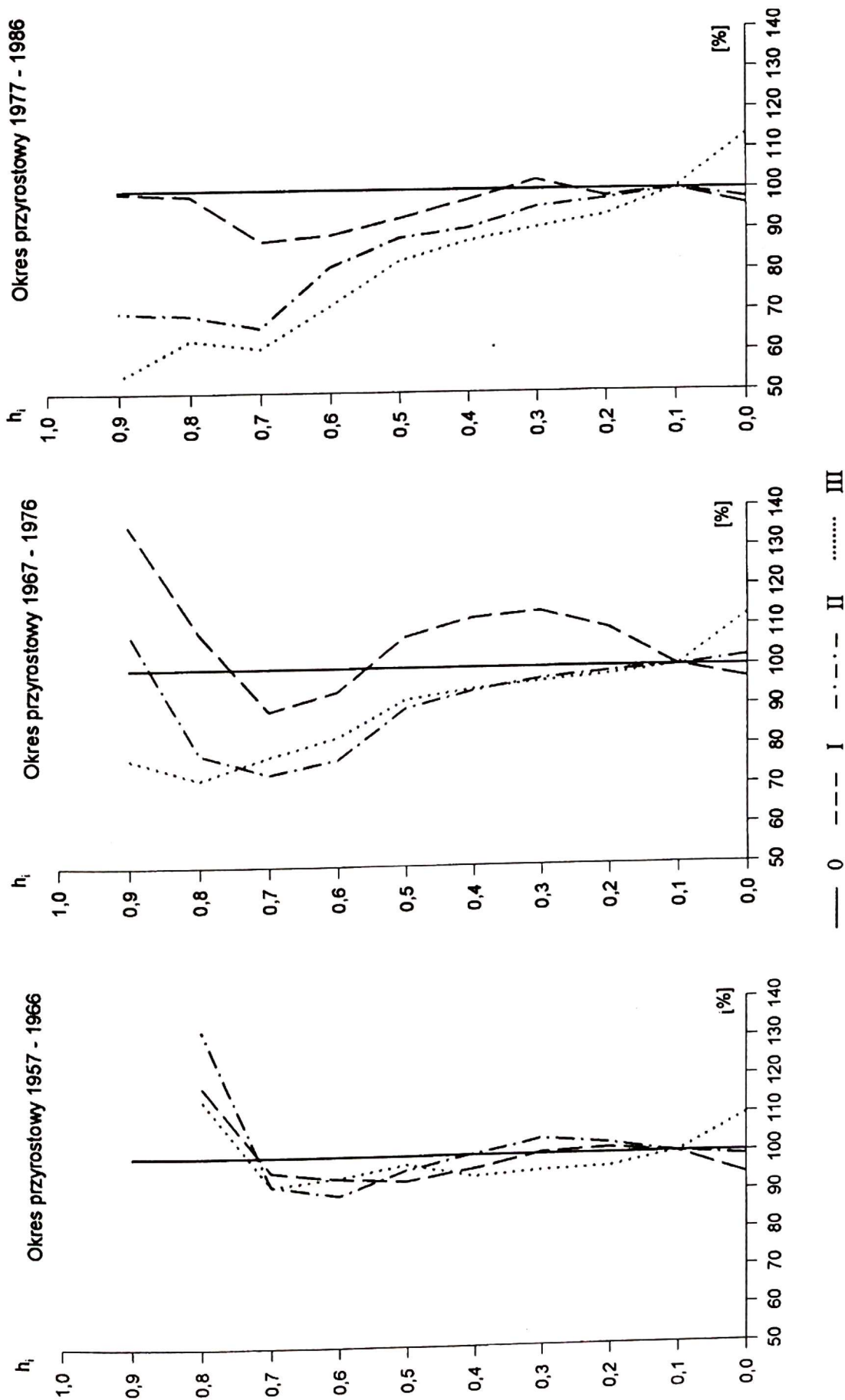
| Stosunkowa wysokość | Rejon przemysłowy | | MŚL | | POŁ | |
|------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | LGOM | | Zd1957-66 | | Zd1967-76 | |
| | Zd1957-66 | Zd1967-76 | Zd1957-66 | Zd1967-76 | Zd1967-76 | Zd1977-86 |
| 0,0h | 2,73 | 2,33 | 2,08 | 2,28 | 2,53 | 2,24 |
| 0,1h | 2,08 | 1,81 | 1,66 | 1,83 | 1,93 | 1,83 |
| 0,2h | 2,14 | 1,81 | 1,64 | 1,76 | 1,88 | 1,74 |
| 0,3h | 2,16 | 1,86 | 1,64 | 1,72 | 1,89 | 1,72 |
| 0,4h | 2,28 | 2,00 | 1,65 | 1,72 | 1,93 | 1,79 |
| 0,5h | 2,57 | 2,10 | 1,68 | 1,82 | 2,09 | 1,87 |
| 0,6h | 3,07 | 2,26 | 1,76 | 2,11 | 2,42 | 2,04 |
| 0,7h | 3,71 | 2,73 | 2,06 | 2,55 | 3,11 | 2,38 |
| 0,8h | 4,16 | 3,01 | 2,34 | 2,72 | 3,98 | 2,98 |
| 0,9h | 3,87 | 2,53 | 2,22 | 1,89 | 3,74 | 2,79 |
| 1,3 m | 2,13 | 1,88 | 1,73 | 1,85 | 2,03 | 1,78 |



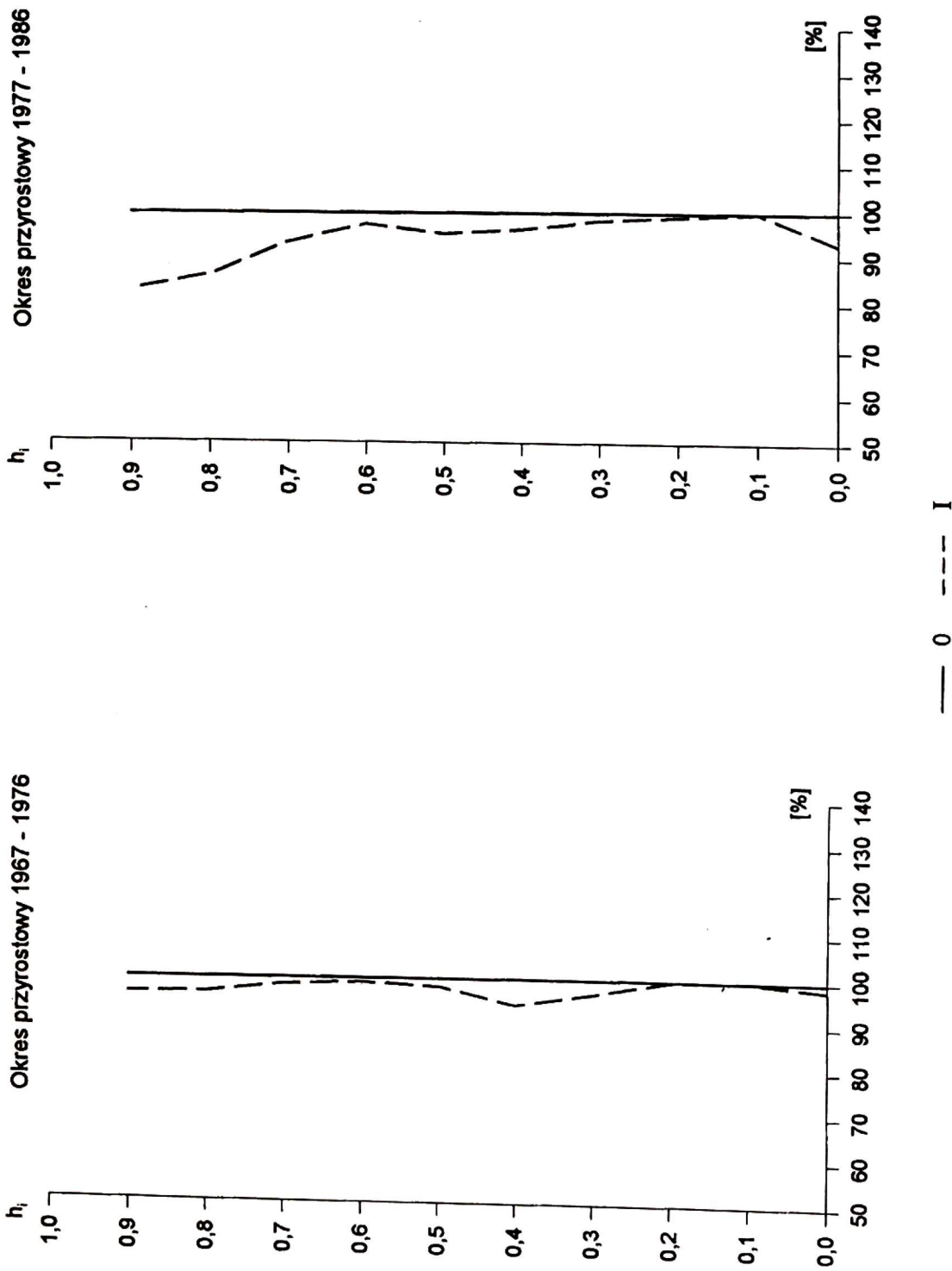
RYC. 1. Względny przyrost grubości na stosunkowych wysokościach drzew wzrastających w wyróżnionych strefach przemysłowego uszkodzenia w rejonie LGOM i MSL



RYC. 2. Względny przyrost grubości na stosunkowych wysokościach drzew wzrastających w strefie 0 i I w rejonie elektrociepłowni "Połaniec" (POL)



RYC. 3. Względny przyrost grubości na stosunkowych wysokościach strzał sosen wzrastających w wyróżnionych strefach przemysłowego uszkodzenia w rejonie LGOM i MŚL wyrażony w procentach przyjętego wzorca



RYC. 4. Względny przyrost grubości na stosunkowych wysokościach strzał sosen wznastających w rejonie elektrociepłowni "Połaniec" (I strefa uszkodzeń przemysłowych) wyrażony w procentach przyjętego wzorca

Zarysowane w latach 1967-1976 tendencje, polegające na zahamowaniu przyrostu w wierzchołkowej części drzew, uległy znacznemu pogłębieniu w następnym 10-leciu (ryc. 1). Na ogół zmiana tendencji przyrostowych była proporcjonalna do poziomu uszkodzeń przemysłowych. Największe jego zahamowanie w stosunku do przyjętego wzorca stwierdzono bowiem w III, mniejsze w II, a tylko nieznaczne w I strefie przemysłowego uszkodzenia (ryc. 3 i 4).

Stwierdzone zmiany w przyroście są podobne do obserwowanych w drzewostanach, w których wykonano trzebież górną [Fanta 1958 (za Assmannem 1968)] lub cięcia prześwietlające [Borowski, Kołosowski 1971]. W skrajnych przypadkach (drzewa z III strefy) rozkład względnego przyrostu grubości wzdłuż strzał nie odbiega zasadniczo od wykazanego przez Guttenberga [za Assmannem 1968] u drzew rosnących na otwartej przestrzeni. W rejonie LGOM i MŚL w pełni znalazła potwierdzenie hipoteza wysunięta przez Bruchwalda [1988] a dotycząca zmian w rozkładzie przyrostu grubości na różnej wysokości strzał w zależności od stopnia zagęszczenia drzewostanu. Intensywność wydzielania się posuszu, prowadząca do spadku stopnia zagęszczenia była bowiem w okresie od 1977 do 1992 proporcjonalna do stopnia uszkodzenia drzewostanu [Orzeł, Socha 2000].

W przypadku drzew rosnących w rejonie LGOM i MŚL względny przyrost grubości obliczony dla dolnego ich odcinka (do wysokości 0,5 h) za okres 1977-1986 nie różnił się istotnie w porównaniu z drzewami położonymi w strefie 0. Na wyższych położeniach strzał (od wysokości 0,6h) rosnących w II, a zwłaszcza w III strefie uszkodzeń przemysłowych względna wartość przyrostu grubości była znacznie mniejsza w porównaniu z wielkością tej cechy określonej dla drzew strefy I i 0. Stwierdzone różnice okazały się statystycznie istotne przy poziomie $\alpha=0,05$. Również w przypadku drzew z okolic POŁ względny przyrost z wysokości 0,8 h i 0,9 h obliczony dla okresu 1977-86 był istotnie mniejszy niż u drzew kontrolnych (ryc. 4).

Wnioski

- Rozkład przyrostu grubości wzdłuż strzał sosen, wzrastających przed rozpoczęciem działalności LGOM, MŚL i POŁ był zgodny z ogólnymi prawidłowościami rozkładu tej cechy.
- Istotna zmiana w rozkładzie przyrostu grubości wzdłuż strzał, polegająca na zahamowaniu przyrostu w części wierzchołkowej drzew wystąpiła zwłaszcza w drugim dziesięcioleciu działalności LGOM i MŚL.
- Prawdopodobną przyczyną zahamowania przyrostu grubości w górnych częściach drzew rosnących w rejonach przemysłowych było nadmierne przerzedzenie drzewostanów spowodowane intensywnym wydzielaniem się posuszu.
- Długotrwałe utrzymywanie się stwierdzonych tendencji przyrostowych może wpłynąć na zmianę kształtu drzew, rosnących zwłaszcza w strefie silnych uszkodzeń.

Literatura

1. **Assmann E.**, 1968. Nauka o produktywności lasu. PWRiL, Warszawa.
2. **Borowski M.** 1974., Przyrost drzew i drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
3. **Borowski M., Dziekoński H.** 1974. Rozkład przyrostu wzdłuż strzał sosen w zależności od stanowiska socjalnego drzew. Sylwan 118, 11: 8-15.
4. **Borowski M., Kołosowski K.** 1971. Wpływ prześwietlenia drzewostanu sosnowego na rozkład przyrostu grubości wzdłuż pni drzew. Sylwan 115, 5: 13-23.
5. **Bruchwald A.** 1988. Przyrodnicze podstawy budowy modeli wzrostu. Sylwan 132, 11-12: 1-10.
6. **Orzeł S.** 1994. Dynamika przyrostu grubości drzewostanów sosnowych w rejonie elektrociepłowni Połaniec. Acta Agr. et Silv., Ser. Silv., Vol. 32: 45-51.
7. **Orzeł S.** 1995. Dynamika wzrostu drzewostanów sosnowych w wybranych regionach przemysłowych Polski południowej. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Rozprawy nr 204, 1-77.
8. **Orzeł S.** 1996. Dynamika przyrostu grubości drzewostanów sosnowych położonych w zasięgu emisji zakładów przemysłu metali nieżelaznych. Sylwan 140, 1: 59-69.
9. **Orzeł S., Socha J.** 2000. Tempo naturalnego wydzielania drzew w drzewostanach sosnowych wzrastających w różnych strefach przemysłowego zagrożenia. Sylwan 144, 9: 77-87.
10. **Rieger R., Grabczyński S., Orzeł S., Raimer J.** 1990. Wzrost drzew i drzewostanów w warunkach silnych skażeń regionów przemysłowych. [W:] Reakcje ekosystemów leśnych i ich elementów składowych na antropopresję. Wyd. SGGW-AR, z.24, 124-131.
11. **Stanisz A.** 1998. Przystępny kurs statystyki. StatSoft Polska, Kraków.
12. **Zwoliński J.** 1995. Wpływ emisji zakładów przemysłu metali nieżelaznych na środowisko leśne – rola metali ciężkich w degradacji lasów. Prace Inst. Bad. Leś., Ser. A. 809: 1-86.

*Zakład Dendrometrii
Akademia Rolnicza w Krakowie
Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków*

Summary

Diameter increase at relative height locations in pine trees growing in different zones of industrial threat

The research was carried on the measurement material collected in pine stands growing in different distances from main sources of emission: zinc and lead smelter at Miasteczko Śląskie (MSL), Legnica-Głogów Copper Region (LGOM) and energy plant Połaniec (POŁ). The detailed analysis concerned the relative increase of diameter defined at relative height locations in 179 pine trees. Those trees were felled not only in the stands free of direct impact of industrial emissions (zone), but also in the zones: I (POŁ), and in I, II, III zones (LGOM and MSL) of industrial threat. In LGOM and MSL regions there was the diameter increase analysed laid out in the last decade (1956-1967) before starting the industrial activity and in two decades (1967-1976 and 1977-1986) after the start. In the case of trees from the POŁ region there was an analysis made on the increment for the years 1967-1976, covering the last decade before its start and the first decade (1977-1986) of its activity.

The most important results of the research can be contained in the form of the following statements:

- ❑ Before starting the activity of LGOM, MSL and POŁ, the distribution of diameter increment along trunks of pine trees under analysis was concordant with general regularities in the distribution of that feature. The small differences found in the average size of relative increment defined at relative heights for trees enlisted to individual zones of industrial damage (defined in the later period) were statistically insignificant at the level $\alpha = 0.05$.
- ❑ The incremental tendencies in trees noted in the first decade after starting the industrial plants mentioned above, consisting in inhibiting the increment in their top parties, underwent to a considerable strengthening in the succeeding period. The differences found out were statistically significant (at the significance level $\alpha = 0.05$).
- ❑ The long-lasting maintenance of incremental tendencies found out would undoubtedly influence the change of the shape of trees, especially those that grow in the zone of heavy industrial damage.