

Lesław ADAMSKI, Jerzy WAWRZONIAK

Instytut Badawczy Leśnictwa  
Zakład Badań i Systemów Informacji Przestrzennej  
Laboratorium Monitoringu Lasu  
05-090 Raszyn k. Warszawy

## ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA W CZTERECH WYBRANYCH REGIONACH POLSKI

AIR POLLUTION RESEARCH IN FOUR SELECTED REGIONS OF POLAND

**Abstract:** *Methods and results of air pollution research in four regions of Poland as a part of two-year program aiming at investigation of the effects of environment pollution on pine and spruce stands are described. Ten-year series of passive sampling data show significant decrease on sulphur dioxide and nitrogen oxides deposition in the investigated areas — except of the Sudety Mts. region where the air pollution remains nearly constant. This last observation is confirmed by other methods used in the recent years (passive and active air sampling, mobile air-monitoring laboratory) and is related to the still existing air pollution due to the Polish–Czech–German „black triangle” industrial area. The mobile laboratory equipment (pollution analysers and wind detectors) allowed to identify two distant sulphur dioxide sources.*

**Key words:** *air pollution, nitrogen oxides, sulphur dioxide, ozone, Sudety Mts.*

## 1. WSTĘP: GENEZA PROGRAMU

Polska należy do krajów o wyjątkowo dużym zróżnicowaniu poziomu zanieczyszczeń powietrza. Obok regionów zaliczanych do najbardziej zagrożonych w Europie oddziaływaniem dwutlenku siarki, tlenków azotu i innych zanieczyszczeń powietrza (Sudety, Śląsk) występują regiony stosunkowo czyste, o nieznacznie tylko podwyższonym poziomie imisji (Augustów, Białowieża). Sytuacja taka stwarza możliwość prowadzenia badań porównawczych nad wpływem różnego poziomu zanieczyszczeń powietrza na podstawowe komponenty ekosystemu leśnego decydujące o jego witalności i stabilności. Pogarszająca się w ostatnim dziesięcioleciu zdrowotność lasów w Polsce, jak i w całej Europie, zrodziła wiele hipotez wyjaśniających to zjawisko. Jedną z hipotez wskazywała na zanieczyszczenia powietrza jako główną tego przyczynę. Wysoka imisja dwutlenku siarki i tlenków azotu stwarza warunki do powstawania kwaśnych opadów, a w konsekwencji zakwaszania gleb, co wyzwała łańcuch zmian właściwości gleb prowadzący do osłabienia kondycji lasów i zagraża ich trwałości.

Jednym z celów pracy było skonfrontowanie poziomów zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w czterech regionach, odległych od siebie i narażonych w różnym stopniu na skażenia antropogeniczne. Wśród tych regionów całe Sudety są od wielu lat zanieczyszczane w stopniu katastrofalnym w wyniku napływu powietrza z tzw. „czarnego trójkąta” — obszaru, na którym rozmieszczone są polskie, czeskie i wschodniemieckie zagłębia węgla brunatnego w połączeniu z elektrowniami dużej mocy opalanymi tym węglem (Acidification in the Black Triangle Region 1995). Drugim z narażonych regionów jest woj. zielonogórskie (w tej pracy reprezentowane przez nadleśnictwo Krzystkowice) — położone w sąsiedztwie północnego krańca niemieckiego zagłębia węgla brunatnego i polskiego obszaru przemysłowego Legnica–Lubin–Głogów. Pozostałe dwa regiony — Szczecińskie (Łobez) i Augustowskie (Augustów) obejmują tereny rolniczo-leśne, odległe od dużych źródeł zanieczyszczenia powietrza.

Drugi cel wynikał z nawiązania w 1993 r. współpracy z instytucjami duńskimi i czeskimi w zakresie badań wpływu poziomu zanieczyszczeń powietrza na stopień zakwaszenia gleb i stabilność lasów. Konkretnym efektem tej współpracy był tzw. program APOS (The influence of different air pollution levels on the degree of forest soil acidification and forest stability. A cooperative effort between Denmark, Poland and Czechoslovakia), realizowany przez Danię, Polskę i Czechy w latach 1994–96. W ramach tego programu na terenie Polski wytypowano do badań dwie powierzchnie świerkowe (Szklarska Poręba i Łobez) spośród czterech wymienionych powyżej i przez okres dwóch lat prowadzono na ich terenie systematyczne badania drzewostanu oraz gleby, wody i powietrza. Niniejsza praca wraz z trzema innymi (GALIŃSKI 1998, TYSZKA 1998, WÓJCIK i SZOŁTYK 1998)

tworzą podsumowanie wyników tego programu w zakresie wszystkich czterech powierzchni polskich.

Na zrealizowanie pracy Instytut Badawczy Leśnictwa uzyskał grant KBN nr 6P 205 047 07. Kierownikiem tematu był prof. dr hab. Kazimierz Rykowski.

## 2. WYBÓR POWIERZCHNI

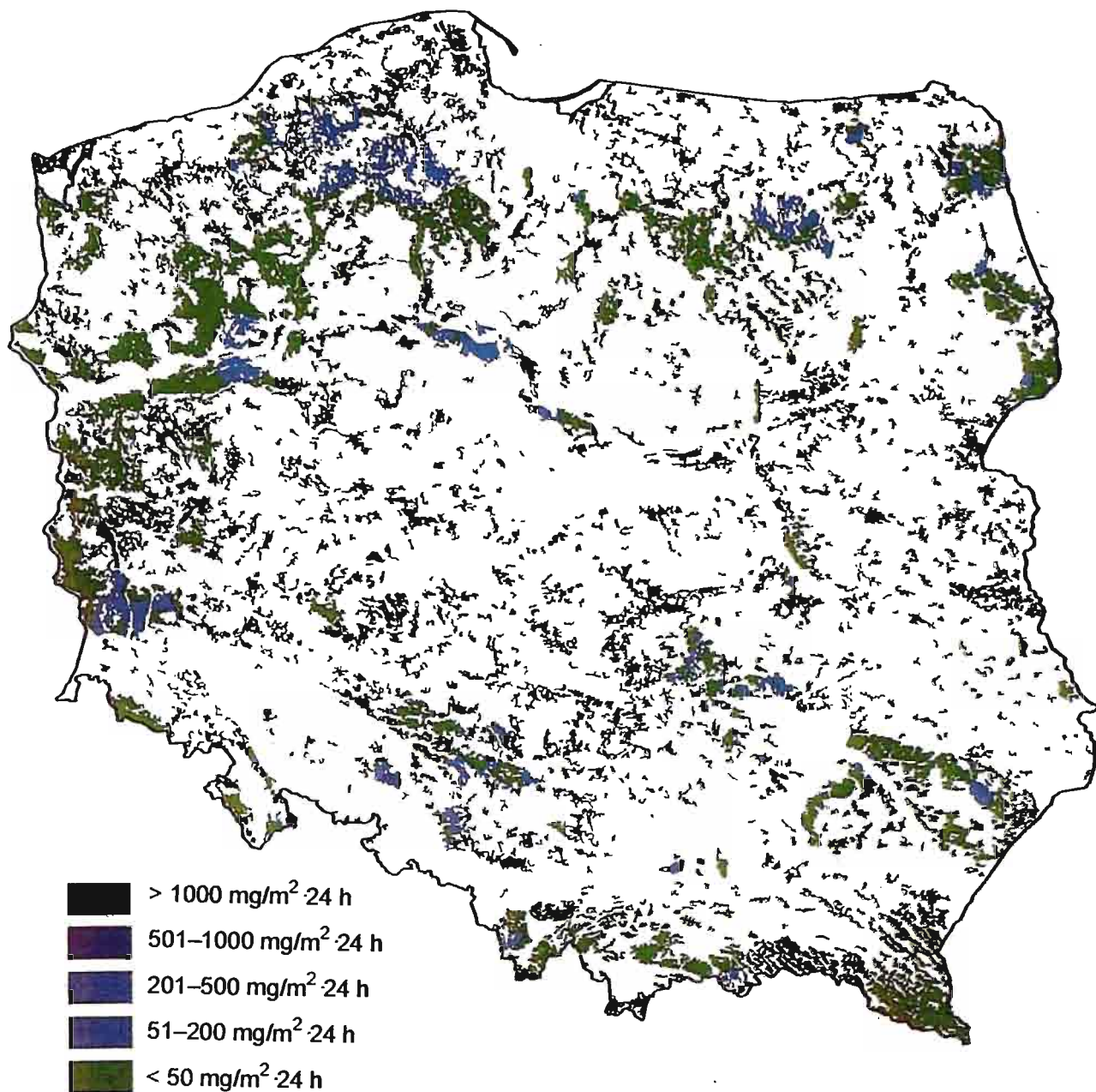
Ze względu na postawione cele wybór powierzchni uwarunkowany był dwiema przesłankami. Pierwsza, determinująca wybór gatunku dominującego w drzewostanie, wynikała z faktu, że najbardziej wrażliwymi na procesy zakwaszania są drzewostany iglaste. Druga przesłanka to konieczność usytuowania powierzchni w obszarach reprezentujących różny poziom zanieczyszczeń powietrza. Drzewostanami powierzchniowo najbardziej rozpowszechnionymi, które można spotkać zarówno w strefie wysokich jak i niskich zanieczyszczeń powietrza, są drzewostany sosnowe i świerkowe. Jeżeli uwzględnić geograficzne położenie krajów uczestniczących w programie APOS, wybór drzewostanów sosnowych i świerkowych był jedynym, dającym możliwość porównywania wyników. Analizując zgromadzone w ramach monitoringu technicznego dane charakteryzujące poziom zanieczyszczeń powietrza na terenach leśnych w latach 1989–1994 oraz biorąc pod uwagę założenia programu, jak również wymogi metodyczne jego poszczególnych komponentów zdecydowano założyć powierzchnie w okolicach Łobza i Szklarskiej Poręby oraz Augustowa i Krzystkowic.

Poziom zanieczyszczenia powietrza w regionach lokalizacji powierzchni był zróżnicowany (MAŁACHOWSKA i WAWRZONIAK 1995). Najniższym poziomem wskaźników depozycji  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_2$  charakteryzował się rejon Augustowa, nieco wyższe wartości odnotowywano w Łobzie i Krzystkowicach a najwyższe w Szklarskiej Porębie (ryc. 1 i 2).

## 3. CHARAKTERYSTYKA POWIERZCHNI

### 3.1. Charakterystyka drzewostanu

Powierzchnie w Łobzie i Szklarskiej Porębie reprezentują drzewostany świerkowe, a powierzchnie w Augustowie i Krzystkowicach drzewostany sosnowe. Charakterystykę drzewostanową powierzchni na podstawie pomiarów terenowych przedstawia tabela 1.

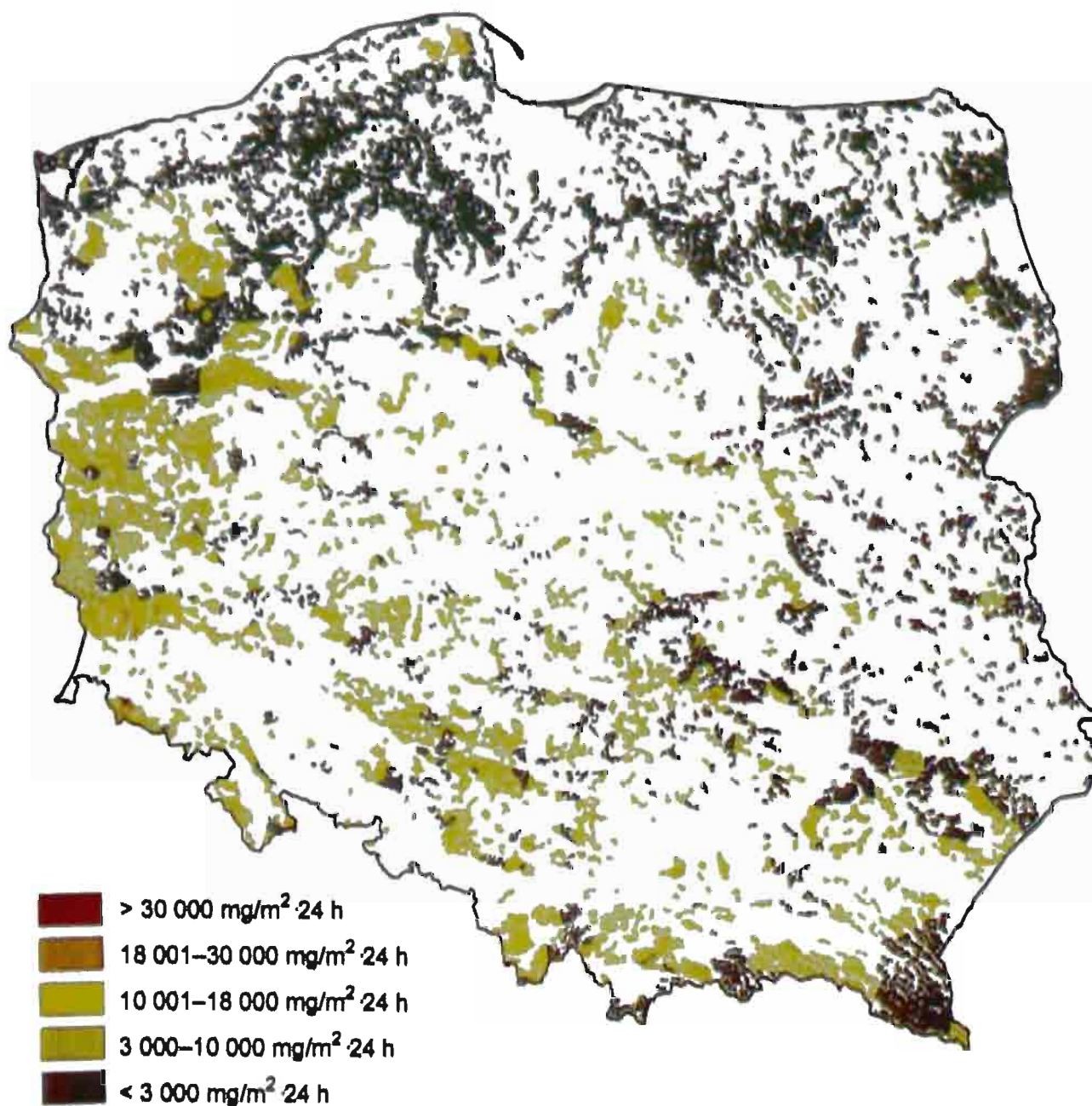


Ryc. 1. Wskaźnik depozycji NO<sub>2</sub> — lato 1994 r.

Fig. 1. NO<sub>2</sub> deposition index — summer 1994. Values given in mg/(m<sup>2</sup>·24 h).

### 3.2. Charakterystyka warunków klimatycznych

O intensywności procesów zakwaszania i jego wpływie na stabilność ekosystemów leśnych decydują m.in. warunki klimatyczne. Porównanie średnich miesięcznych opadów, średniej miesięcznej temperatury i wskaźnika hydrotermicznego dla okresu wegetacyjnego w 1995 roku dla obszarów, na których zlokalizowano powierzchnie obserwacyjne, wskazuje na nieznaczne różnice. Przejawiają się one w większych opadach i niższych temperaturach w okresie



Ryc. 2. Wskaźnik depozycji SO<sub>2</sub> — lato 1994 r.

Fig. 2. SO<sub>2</sub> deposition index — summer 1994. Values given in mg/(m<sup>2</sup>·24 h).

wegetacyjnym w rejonie Szklarskiej Poręby niż w pozostałych rejonach (ryc. 3 i 4). Również wskaźnik hydrotermiczny dla rejonu Szklarskiej Poręby w okresie wegetacyjnym wykazuje wyższe wartości niż w pozostałych rejonach (ryc. 5).

### 3.3. Zmiany wieloletnie depozycji suchej NO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub>

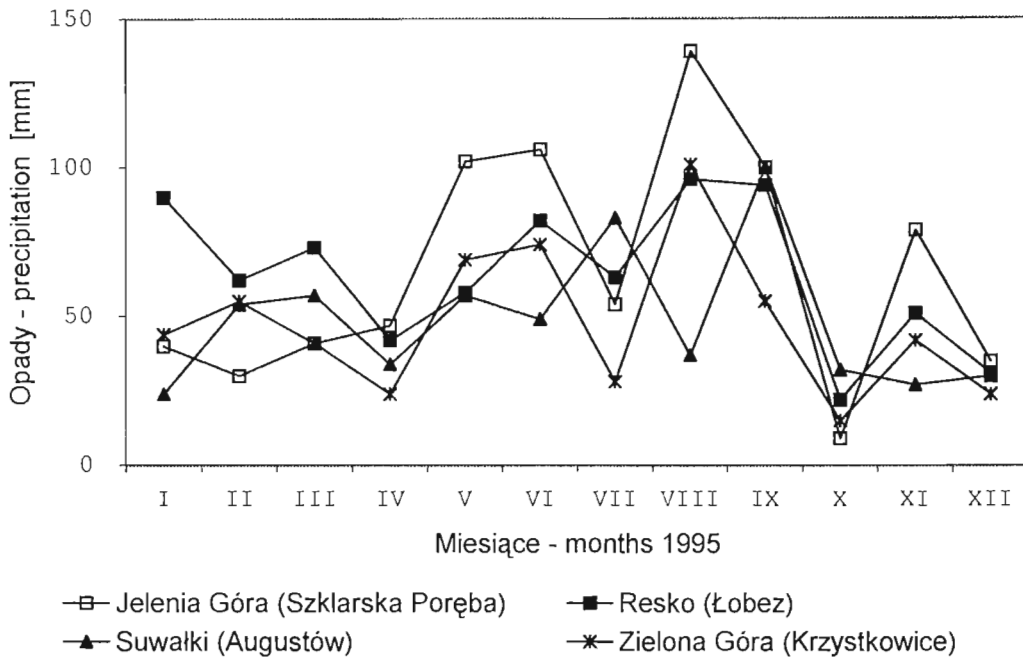
W latach 1986–95 prowadzono w sieci ponad tysiąc punktów w całej Polsce monitoring techniczny. Metodą świec kontaktowych, tj. nasyconych 50% rozt-

Tabela 1

Table 1

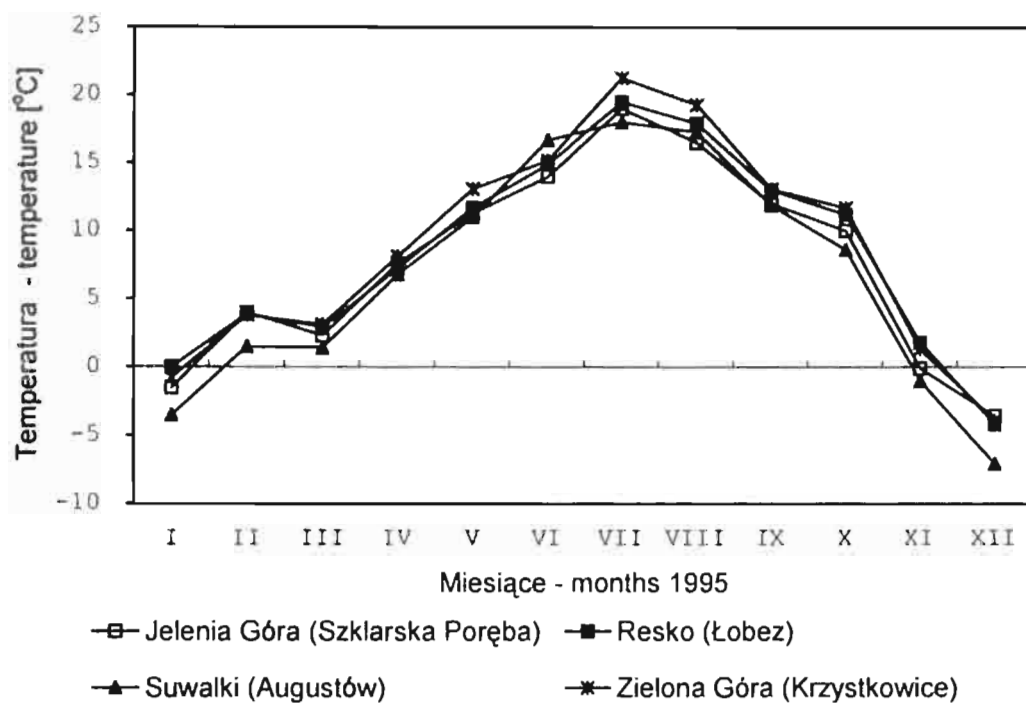
**Cechy taksacyjne drzewostanów na powierzchniach obserwacyjnych**  
Stand characteristics at the observation plots.

Powierzchnia Plot	Wiek Age	Pow. przekroju Basal area	Biomasa Biomass	Liczba drzew/ ha Number of trees/ ha	Średnia wysok. Mean height	Średnia pierśnica Mean DBH	Bonitacja Site quality	Maks. wysok. Max. height	Maks. pierśnica Max. DBH
	lata years	m <sup>2</sup> /ha	t/ha		m	cm		m	cm
Łobez									
świerk spruce	98	30.9	158	618	22.5	24.4	IV	34.3	32.5
sosna pine	120	17.6	89	138	25.1	39.3	III	30.7	60
razem sum		48.5	247	757					
Szkl. Poręba									
świerk spruce	81	45.9	248	592	–	30.4	I	42.1	80
Augustów									
sosna pine	68	30.8	155	776	20.8	21.9	II	35.4	65.7
Krzystkowice									
sosna pine	57	30.2	152	1080	16.7	18.4	II	35.4	65.7



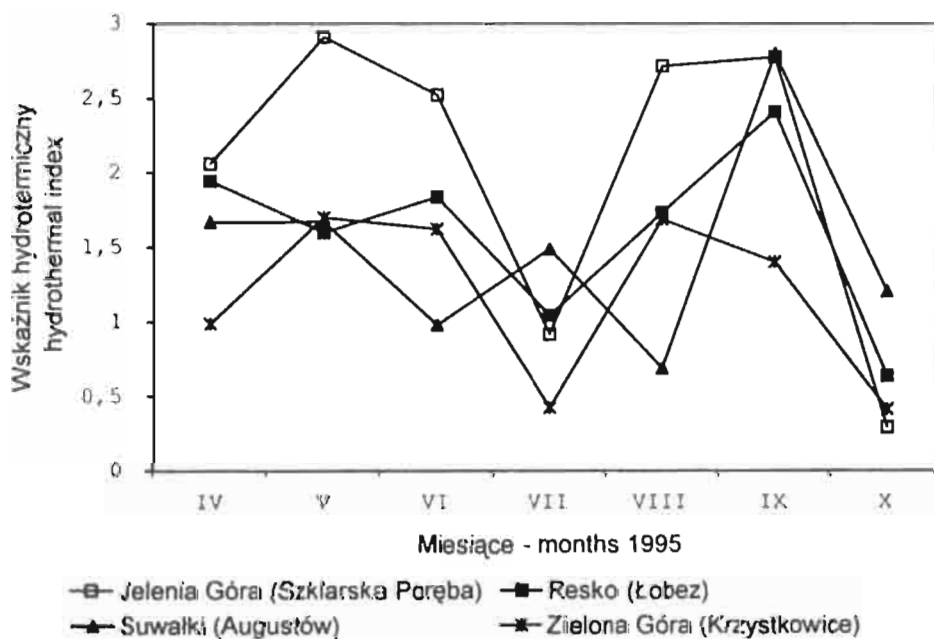
**Ryc. 3. Średnie miesięczne opadu atmosferycznego w 1995 r. dla stacji meteorologicznych w pobliżu powierzchni obserwacyjnych.**

Fig. 3. Monthly mean precipitation values in 1995 for meteorological stations near to the observation plots.



Ryc. 4. Średnie miesięczne temperatury powietrza w 1995 r. dla stacji meteorologicznych w pobliżu powierzchni obserwacyjnych.

Fig. 4. Mean monthly air temperature values in 1995 for meteorological stations nearest to the observation plots.



Ryc. 5. Średnie miesięczne wskaźnika hydrotermicznego w okresie wegetacyjnym (IV-X) 1995 r. dla stacji meteorologicznych w pobliżu powierzchni obserwacyjnych.

Fig. 5. Mean monthly hydrothermal index values in vegetation period (IV-X) of 1995 for meteorological stations nearest to the observation plots.

worem węgla potasowego bibułek pozostających przez okres miesiąca w biernym kontakcie z otaczającym powietrzem, wyznaczano tzw. wskaźniki NO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub>, odpowiadające depozycji suchej tych związków, wyrażonej w miligramach na metr kwadratowy na dobę. Dla potrzeb niniejszego opracowania wybrano zależnie od możliwości jeden lub kilka punktów położonych w sąsiedztwie każdej z czterech powierzchni pomiarowych. Zestawienie punktów podano w tabeli 2.

**Tabela 2**  
Table 2

**Zestawienie punktów monitoringu technicznego.**

List of air monitoring stations

Powierzchnia obserwacyjna Observation plot	Punkt monitoringu Monitoring station	Odległość od powierzchni i kierunek Distance from plot and direction
Łobez	Łobżany	5 km E
Szkłarska Poręba	wodospad (waterfall) Szklarki	2,5 km NE
	Hala Szrenicka	3,5 km SW
	wodospad (waterfall) Kamieńczyka	3,5 km W
Augustów	Płaska	8 km E
	Serwy	5 km NE
Krzystkowice	Biedrzychowice	7 km W
	Olszyniec	6 km SE

W przypadku Szklarskiej Poręby wybrane trzy najbliższe punkty pomiarowe są wyraźnie zróżnicowane co do położenia:

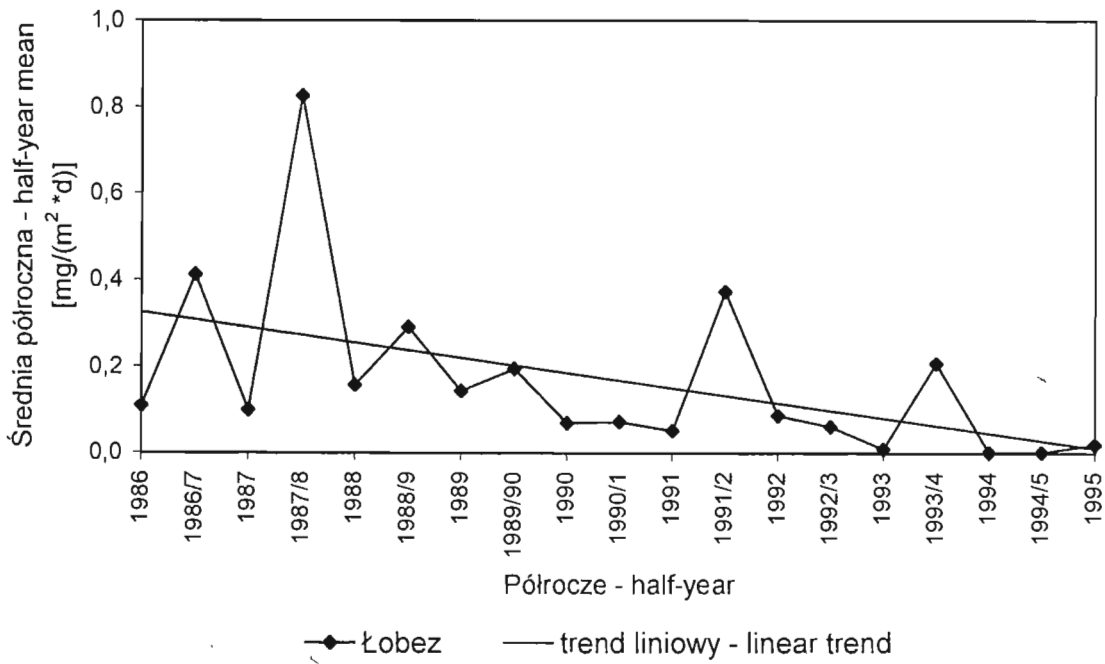
Wodospad Szklarki na wysokości 570 m n.p.m., w pobliżu szosy E65 Jelenia Góra — Jakuszyce — Republika Czeska o dużym natężeniu ruchu samochodowego, zwłaszcza samochodów ciężarowych w transporcie międzynarodowym;

Hala Szrenicka na wysokości 1200 m n.p.m., w pobliżu głównej grani Sudetów, z dala od lokalnych źródeł zanieczyszczeń, tj. szos i miejscowości;

Wodospad Kamieńczyka na wysokości 880 m n.p.m., o warunkach pośrednich względem dwóch poprzednich punktów, a podobnych do warunków samej powierzchni pomiarowej.

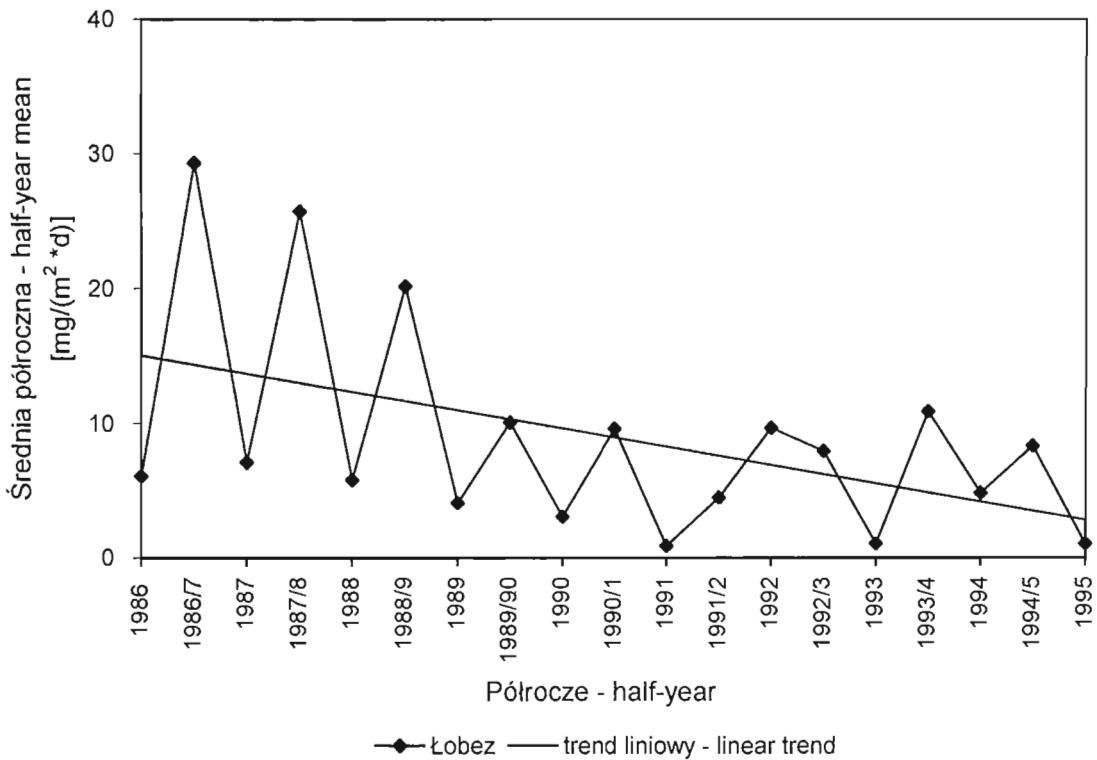
Dla każdego z czterech regionów przedstawiono wykresy wieloletnich zmian każdego ze wskaźników, uśrednionych na półrocza zimowe i letnie (ryc. 6 do 13). Na wszystkich wykresach tendencję przedstawiono metodą dopasowania funkcji liniowych lub wykładniczych do zbioru półrocznych wartości średnich.





Ryc. 6. Wskaźnik depozycji NO<sub>2</sub> w okresie 1986–95 — Łobez.

Fig. 6. NO<sub>2</sub> deposition index for the period 1986–95 — Łobez.



Ryc. 7. Wskaźnik depozycji SO<sub>2</sub> w okresie 1986–95 — Łobez.

Fig. 7. SO<sub>2</sub> deposition index for the period 1986–95 — Łobez

### 3.3.1. Łobez

W rejonie Łobza poziomy depozycji suchej systematycznie malały: do wartości bliskich zeru dla  $\text{NO}_2$  (ryc. 6) i nie przekraczających  $8 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$  dla  $\text{SO}_2$  (ryc. 7) w 1995 r.

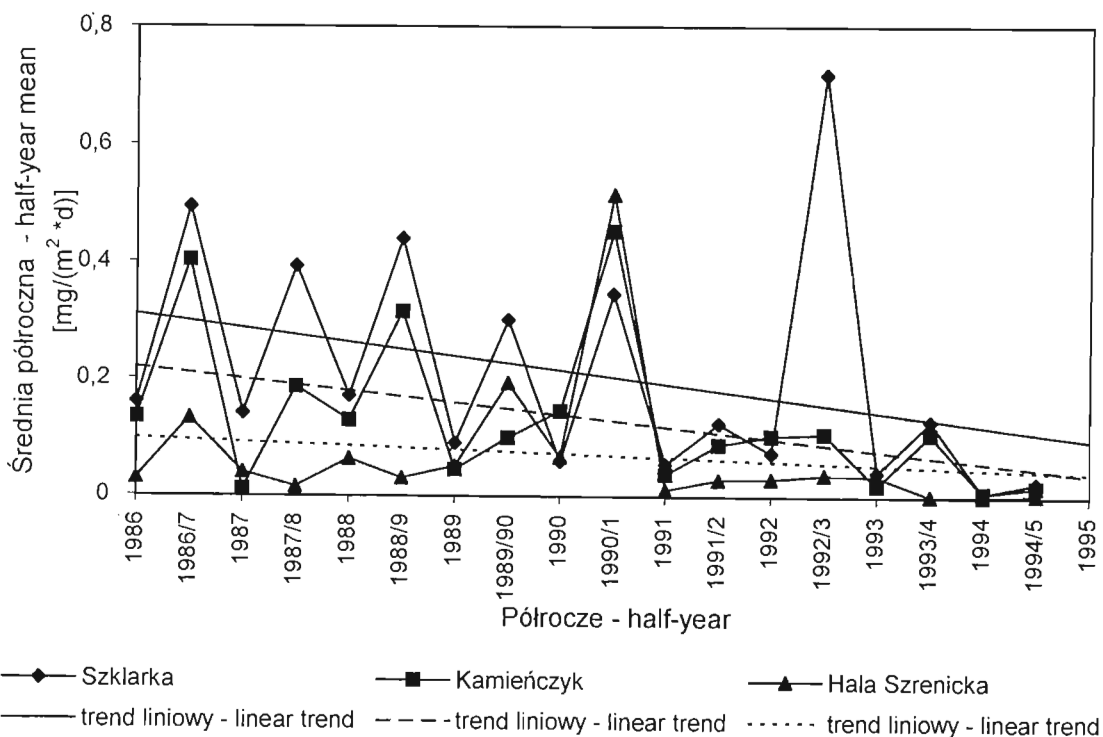
Wyniki pomiarów depozycji  $\text{SO}_2$  w Łobzie i Augustowie wykazują znaczne różnice między zimą a latem (ryc. 7 i 11): wartości mierzone w zimie są nawet kilkakrotnie większe. Są to regiony o charakterze rolniczo-leśnym, bez wyraźnych skupisk przemysłu. Można więc sądzić, że  $\text{SO}_2$  w tych okolicach pochodzi głównie ze spalania zasiarczonego węgla w paleniskach gospodarstw domowych.

### 3.3.2. Szklarska Poręba

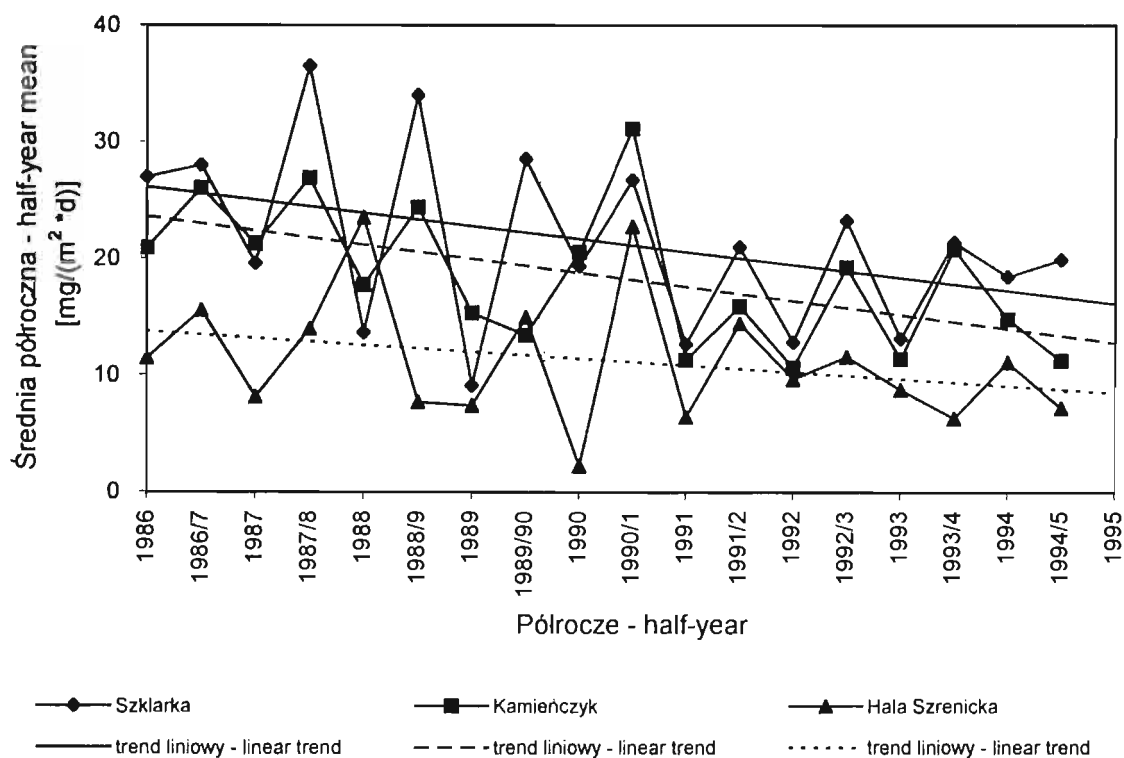
W okolicach Szklarskiej Poręby obserwowano znaczne zmiany sezonowe (zima — lato) wskaźnika  $\text{NO}_2$  (ryc. 8) i tendencję malejącą w skali 10 lat. Poziom  $\text{NO}_2$  był wyższy w pobliżu szos (zwłaszcza w wąskiej dolinie koło wodospadu Szklarki) niż na Hali Szrenickiej.

Dla wszystkich punktów pomiarowych obserwuje się pewne różnice w depozycji  $\text{SO}_2$  między zimą a latem (ryc. 9): z reguły wyższe są wartości  $\text{SO}_2$  dla półrocza zimowego.

Ponieważ Sudety narażone są na całoroczny napływ  $\text{SO}_2$  pochodzenia przemysłowego (polskie, niemieckie i czeskie elektrownie opalane węglem brunat-



Ryc. 8. Wskaźnik depozycji  $\text{NO}_2$  w okresie 1986–95 — Szklarska Poręba.  
Fig. 8.  $\text{NO}_2$  deposition index for the period 1986–95 — Szklarska Poręba.



Ryc. 9. Wskaźnik depozycji SO<sub>2</sub> w okresie 1986–95 — Szklarska Poręba.

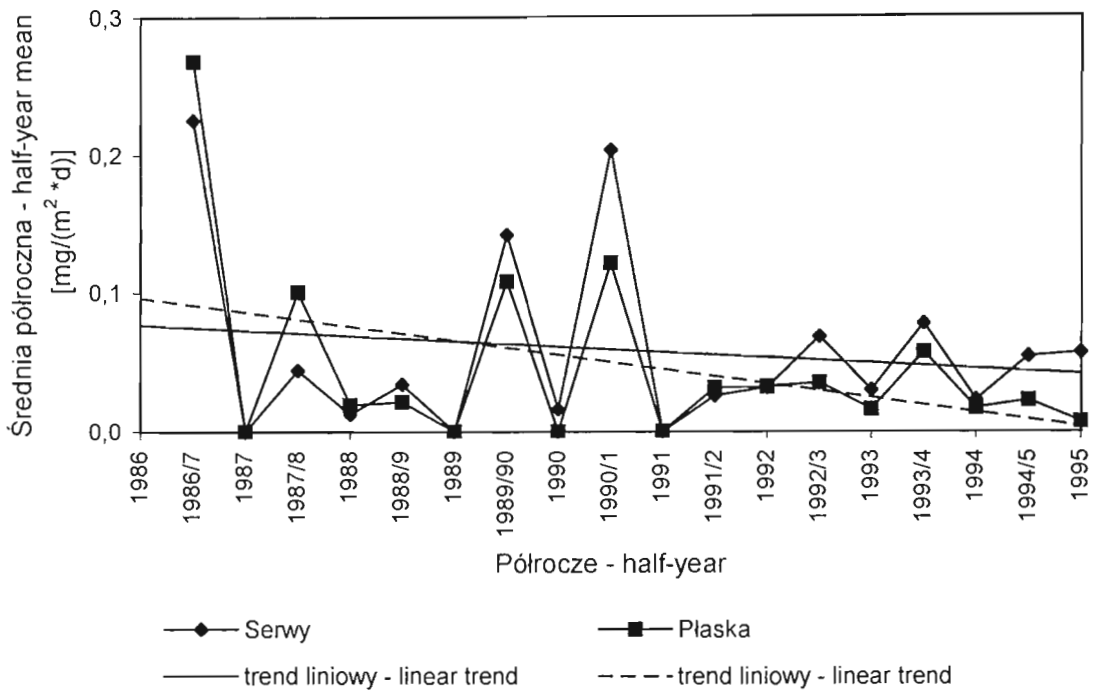
Fig. 9. SO<sub>2</sub> deposition index for the period 1986–95 — Szklarska Poręba

nym, Legnicko-Głogowski Okręg Miedziowy, czeski okręg przemysłowy Chomutov–Most), rozkłady czasowe depozycji SO<sub>2</sub> w mniejszym stopniu wykazują różnice między zimą a latem, zwłaszcza dla Hali Szrenickiej, najbardziej oddalonej od skupisk ludzkich. Źródła przemysłowe powodują też, że wskaźnik SO<sub>2</sub> w okresie 1986–95, inaczej niż w Augustowie czy Łobzie, zmniejszał swoją wartość znacznie wolniej: z 24 do 13 i 16 mg/(m<sup>2</sup>/dobę) dla Kamieńczyka i Szkłarki oraz z 12 do 8 mg/(m<sup>2</sup>/24 h) dla Hali Szrenickiej, tj. zaledwie o 1/3 w ciągu 9 lat.

### 3.3.3. Augustów

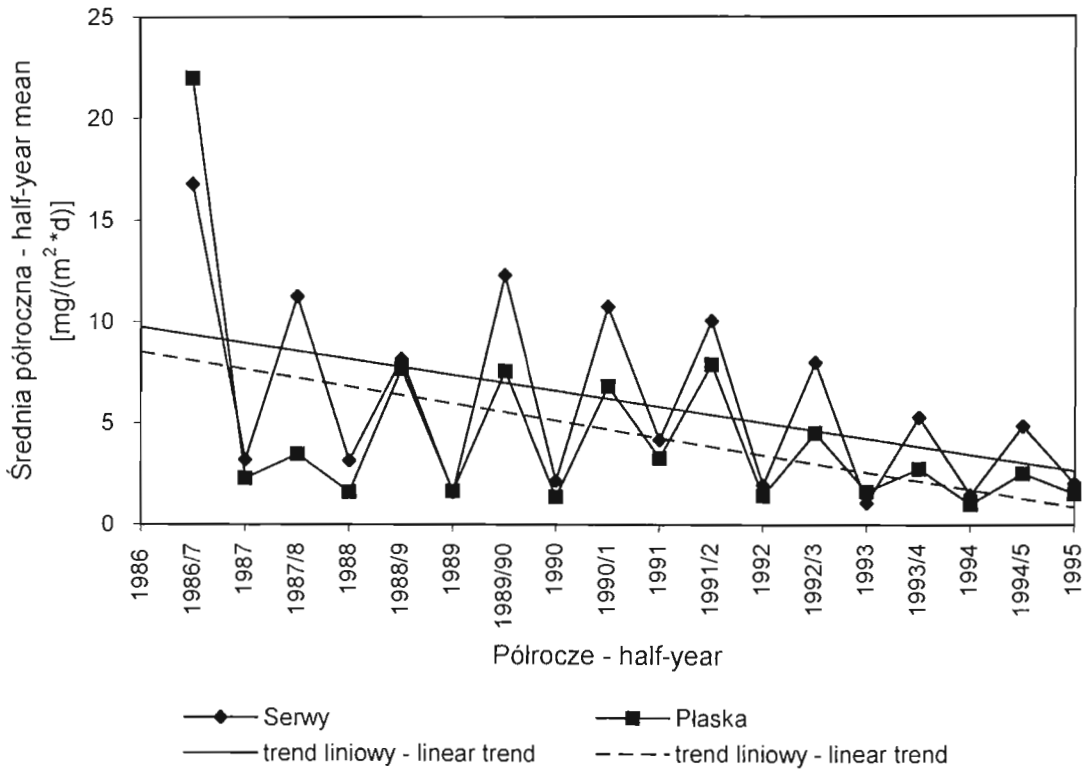
Wyniki depozycji NO<sub>2</sub> z dwóch punktów pomiarowych w rejonie Augustowa (ryc. 10) wykazują silnie zaznaczone podobieństwo zmian, szczególnie wyraźne w latach 1989–92. Jednocześnie można stwierdzić wieloletnią tendencję nieznacznie malejącą.

Wartości wskaźnika SO<sub>2</sub> w ciągu 9 lat objętych monitoringiem spadły ponad dwukrotnie (ryc. 11).



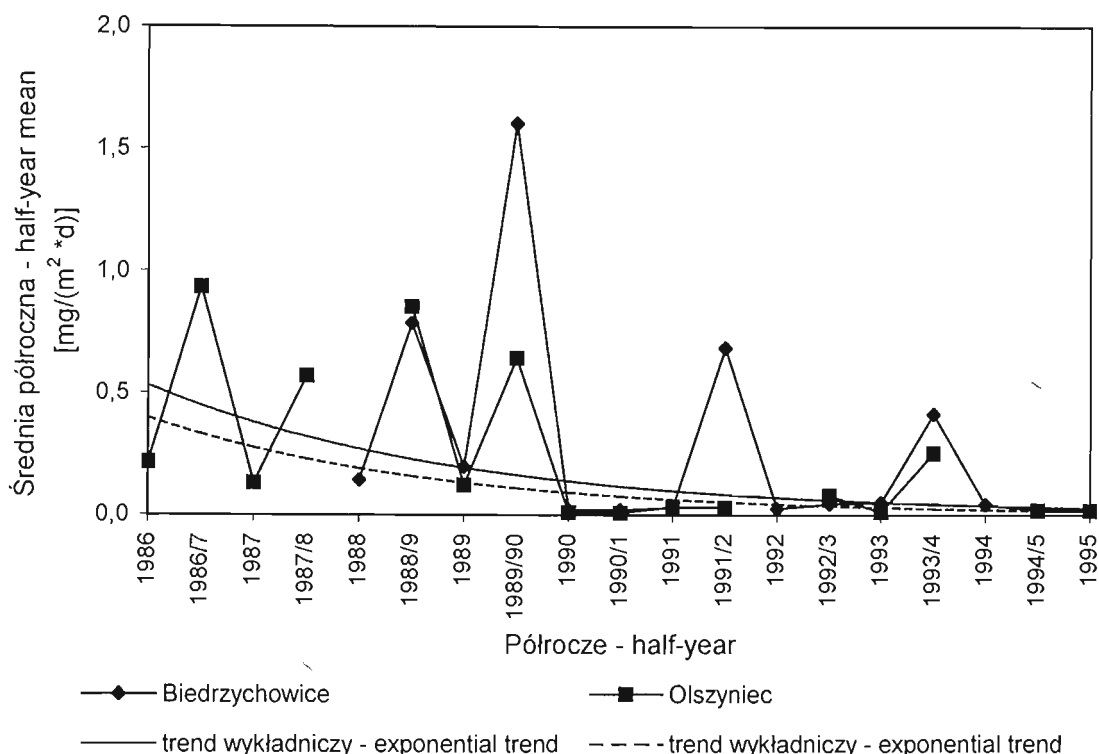
Ryc. 10. Wskaźnik depozycji NO<sub>2</sub> w okresie 1986–95 — Augustów.

Fig. 10. NO<sub>2</sub> deposition index for the period 1986–95 — Augustów.



Ryc. 11. Wskaźnik depozycji SO<sub>2</sub> w okresie 1986–95 — Augustów.

Fig. 11. SO<sub>2</sub> deposition index for the period 1986–95 — Augustów



Ryc. 12. Wskaźnik depozycji NO<sub>2</sub> w okresie 1986–95 — Krzystkowie.

Fig. 12. NO<sub>2</sub> deposition index for the period 1986–95 — Krzystkowie.

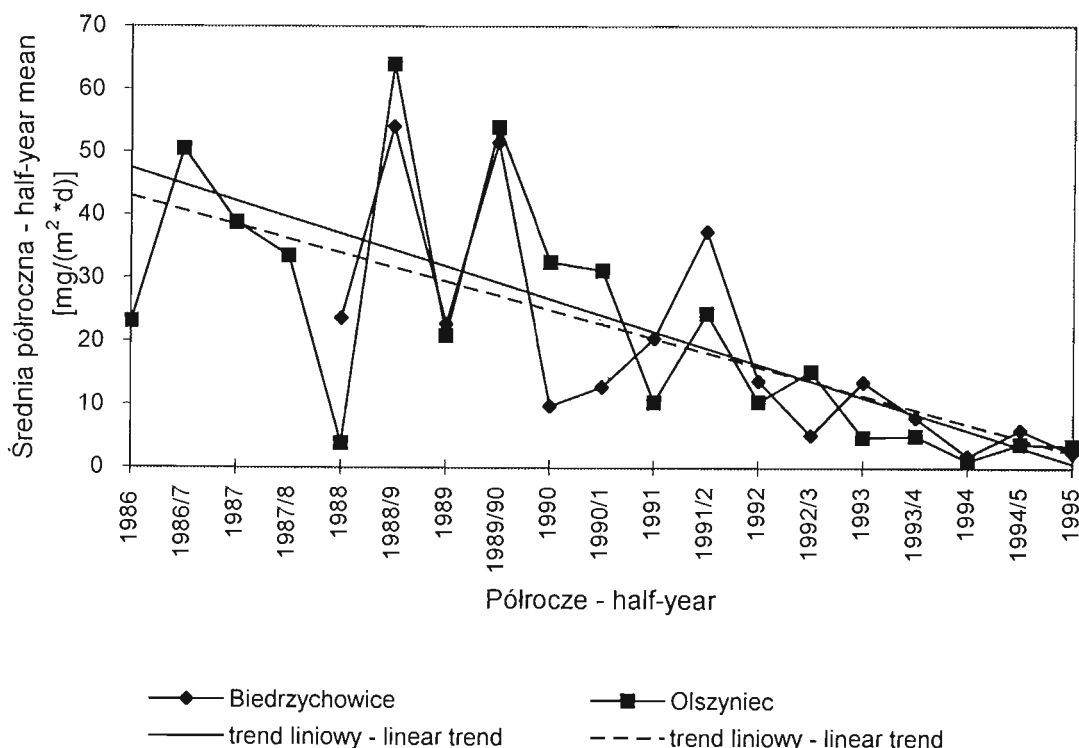
### 3.3.4. Krzystkowie

W rejonie Krzystkowie poziom wskaźnika NO<sub>2</sub> (ryc. 12) systematycznie malał — do wartości 0,1 mg/(m<sup>2</sup>·24 h) w 1995 r.

Depozycja sucha SO<sub>2</sub> (ryc. 13) wykazywała niewielkie różnice między zimą a latem. Źródłem SO<sub>2</sub> mogą tu być obok gospodarstw domowych zarówno elektrownie niemieckie jak i Legnicko-Głogowski Okręg Miedziowy. Zwraca uwagę około dziesięciokrotny spadek wartości wskaźnika SO<sub>2</sub> w okresie 9 lat badań monitoringowych.

## 4. POMIARY TERENOWE I PRACE LABORATORYJNE

Typowe zanieczyszczenia powietrza obejmują: gazowe i stałe związki azotu i siarki (w szczególności dwutlenek azotu i dwutlenek siarki), ozon oraz pył zawieszony i zawarte w nim metale ciężkie. Dla określenia bilansu zanieczyszczeń wykorzystano równolegle kilka metod badania stężenia substancji gazowych i określenia zmian czasowych w powietrzu w pobliżu czterech objętych pomiarami powierzchni obserwacyjnych.



Ryc. 13. Wskaźnik depozycji SO<sub>2</sub> w okresie 1986–95 — Krzystkowie.

Fig. 13. SO<sub>2</sub> deposition index for the period 1986–95 — Krzystkowie.

#### 4.1 Metody pomiarowe i aparatura

W ocenie poziomu zanieczyszczeń powietrza wykorzystano równoległe trzy metody pomiaru zanieczyszczeń powietrza, uzupełniające się swoimi cechami:

W metodzie czynnej zasysa się powietrze za pomocą pompy o ściśle określonym przepływie. Zanieczyszczenia osadzają się na nasyconych odpowiednimi związkami filtrach bibułowych; przy użyciu metod analizy chemicznej (ICP, chromatografia jonowa, kolorymetria) określa się stężenie zanieczyszczeń w powietrzu w  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

W metodzie biernej (GÓRSKI i in. 1994; KROCHMAL i KALINA 1997) próbki, tj. detektory nasycone odpowiednimi substancjami, ekspozuje się w wybranych punktach terenowych przez okres miesiąca. Wchłonięte przez bierny kontakt z otaczającym powietrzem zanieczyszczenia poddaje się analizie chemicznej metodą chromatografii jonowej dla zmierzenia zawartości tlenków azotu i siarki. Określone zostaje stężenie NO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub>.

Aparatura ruchomego laboratorium IBL (HREHORUK i ADAMSKI 1994) umieszczona w terenowym samochodzie–furgonie obejmuje pięć analizatorów fizyko-chemicznych i umożliwia prowadzenie pomiarów stężeń tlenków azotu, dwutlenku siarki, ozonu, węglowodorów niemetanowych oraz pyłu zawieszonego. Wyniki pomiarów uzyskuje się natychmiast. System rejestracji zapisuje

15-minutowe średnie wartości stężeń w jednostkach ppb (części na miliard), które za pomocą mnożników 1.91, 2.67 i 2.0 można przeliczyć na  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  odpowiednio dla  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  i  $\text{O}_3$ . Dzięki wysuwanemu masztowi powietrze do analiz można pobierać na wysokości od zera do 23 m nad poziomem gruntu. Na szczycie masztu mierzone są także podstawowe parametry meteorologiczne (kierunek i prędkość wiatru, ciśnienie atmosferyczne, temperatura i wilgotność powietrza oraz nasłonecznienie). Jednoczesny, wielogodzinny pomiar zmian stężenia zanieczyszczenia oraz prędkości i kierunku wiatru pozwala m.in. na identyfikację źródeł antropogenicznych zanieczyszczeń atmosfery. Wyniki uzyskane w trakcie kilkutygodniowych sesji pomiarowych przy wykorzystaniu analizatorów ruchomego laboratorium uzupełniają i rozszerzają wyniki wielomiesięcznych pomiarów uzyskane metodami opisanymi wyżej. Jedynie analizator ruchomego laboratorium umożliwia pomiary stężenia ozonu.

W przypadku obu świerkowych powierzchni obserwacyjnych włączonych do programu APOS (Łobez i Szklarska Poręba) przewidziano użycie głównie metody czynnej: aparatu HVS (High Volume Sampler) i aspiratora Ströhleina uzupełnionych przez analizatory ruchomego laboratorium IBL.

Duński Instytut Ochrony Środowiska (DMU) w ramach programu APOS wypożyczył nieodpłatnie jeden ze swoich aparatów HVS w celu wykorzystania go w nadleśnictwie Łobez, przy świerkowej powierzchni obserwacyjnej w Ginawie. Aparat HVS zasysa 40 l/min powietrza, jego układ sterowania zmienia co 24 godziny drogę przepływu powietrza, kierując je przez kolejną z ośmiu głowic; każda z nich wyposażona jest w cztery różne filtry bibułowe. Zassane powietrze przechodzi kolejno przez filtr mikroporowy D, na którym osadzają się zanieczyszczenia w postaci pyłów, a następnie przez filtry C, B i A — bibuły impregnowane odpowiednio fluorkiem sodu, wodorotlenkiem potasu i kwasem szczawiowym — dostosowane do wychwytywania związków azotu i siarki w postaci gazowej (FUGLSANG 1986). Obsługa urządzenia ograniczona jest do jednej wymiany głowic na tydzień, a uzyskuje się wyniki uśrednione z 24 godzin.

Aspirator firmy Ströhlein został w maju 1996 r. zainstalowany w sąsiedztwie powierzchni obserwacyjnej koło Szklarskiej Poręby. Wykorzystano możliwość zasilania aspiratora z baterii akumulatorów 24 V. Ta zaleta aspiratora kompensuje jego gorsze w porównaniu z HVS parametry techniczne i użytkowe (przepływ powietrza ograniczony do 8 l/min, odpowiednio mniejsza wykrywalność zanieczyszczeń, konieczność codziennej wymiany i ładowania akumulatorów). W pobieraniu prób i analizach wykorzystano głowicę i zestaw filtrów bibułowych z aparatu HVS.

W przypadku powierzchni obserwacyjnych z drzewostanem sosnowym (Augustów, Krzystkowice) ze względu na brak stacjonarnych aparatów do czynnego pomiaru zanieczyszczeń przewidziano użycie ruchomego laboratorium dla przeprowadzenia parutygodniowych sesji pomiarowych w warunkach zimowych i letnich, uzupełnione pomiarami metodą bierną (próbników).

Analizy zanieczyszczeń osadzonych na filtrach i próbnikach wykonywała Samodzielna Pracownia Analiz Chemicznych IBL w Sękocinie.

## 4.2. Warunki lokalne

### 4.2.1. Łobez

We wstępnym okresie prac brano pod uwagę dwie lokalizacje powierzchni obserwacyjnej w nadleśnictwie Łobez. Ostatecznie przyjęto, że badania objęte programem APOS będą prowadzone w leśnictwie Strzmiel, a jedynie pomiary zanieczyszczeń powietrza będą się odbywać na otwartej przestrzeni przy drugiej powierzchni, koło leśniczówki Ginawa i tutaj zbudowano wieżę pomiarową z pomostem do zasysania powietrza na wysokości 6 m. Regularne pomiary prowadzono za pomocą aparatu HVS od stycznia 1995 r. do grudnia 1996 r.

Ruchomego laboratorium użyto do kilkunastodniowych pomiarów przy leśniczówce Ginawa w warunkach zimowych (styczeń 1995, marzec 1996) i letnich (wrzesień 1996). Dla upewnienia się, że stężenia zanieczyszczeń mierzone w Ginawie nie różnią się w istotny sposób od stężeń w okolicy powierzchni Strzmiel, przeprowadzono w warunkach letnich i zimowych serie pomiarów porównawczych za pomocą aparatury ruchomego laboratorium oraz od lutego 1996 r. używano na obu powierzchniach próbników. Znaczące różnice stwierdzono jedynie w przypadku tlenków azotu (40% więcej w przypadku Strzmieli), co jest zapewne wynikiem różnego położenia obu powierzchni w stosunku do dróg: powierzchnia Strzmiel leży w rozwidleniu dwu dróg lokalnych, w odległości około 300 m od ich skrzyżowania, powierzchnia Ginawa odległa jest o 1,5 km od szosy.

### 4.2.2. Szklarska Poręba

Powierzchnia obserwacyjna w drzewostanie świerkowym znajduje się na zboczu Łabskiego Szczytu (1472 m) na wysokości ok. 720–740 m n.p.m. Ponieważ pobieranie powietrza do analiz powinno się odbywać na otwartej przestrzeni, na miejsce ustawienia aspiratora Ströhleina wybrano polanę po wiatrołomie odległą w poziomie o ok. 800 m na wschód od powierzchni obserwacyjnej, na tym samym zboczu. W warunkach zimowych (listopad–maj) miejsce to jest praktycznie niedostępne. Zbudowano stanowisko pomiarowe i uruchomiono pomiary w maju 1996 r.

Pomiary za pomocą ruchomego laboratorium w sąsiedztwie powierzchni obserwacyjnej i na terenie Karkonoszy i Gór Izerskich prowadzono w maju i wrześniu 1995 r. oraz w sierpniu 1996 r.

Od marca 1996 r. na powierzchni prowadzono pomiary przy użyciu próbników.



### 4.2.3. Augustów

Powierzchnia obserwacyjna w drzewostanie sosnowym położona jest w odległości około 2,5 km na zachód od miejscowości Sucha Rzecznka, w której prowadzono stacjonarne pomiary zanieczyszczeń powietrza przy wykorzystaniu ruchomego laboratorium. Pierwszą serię pomiarów przeprowadzono w listopadzie 1995 r., drugą w lipcu 1996 r.

Ponadto od grudnia 1995 r. na powierzchni prowadzono pomiary przy użyciu próbników.

### 4.2.4. Krzystkowice

Powierzchnia obserwacyjna w drzewostanie sosnowym usytuowana jest w odległości około 200 m od leśniczówki Bieniów. Stacjonarne pomiary zanieczyszczeń powietrza za pomocą ruchomego laboratorium prowadzono w warunkach zimowych (grudzień 1995 r.) oraz letnich (wrzesień 1996 r.).

Od marca 1996 r. na powierzchni prowadzono pomiary przy użyciu próbników.

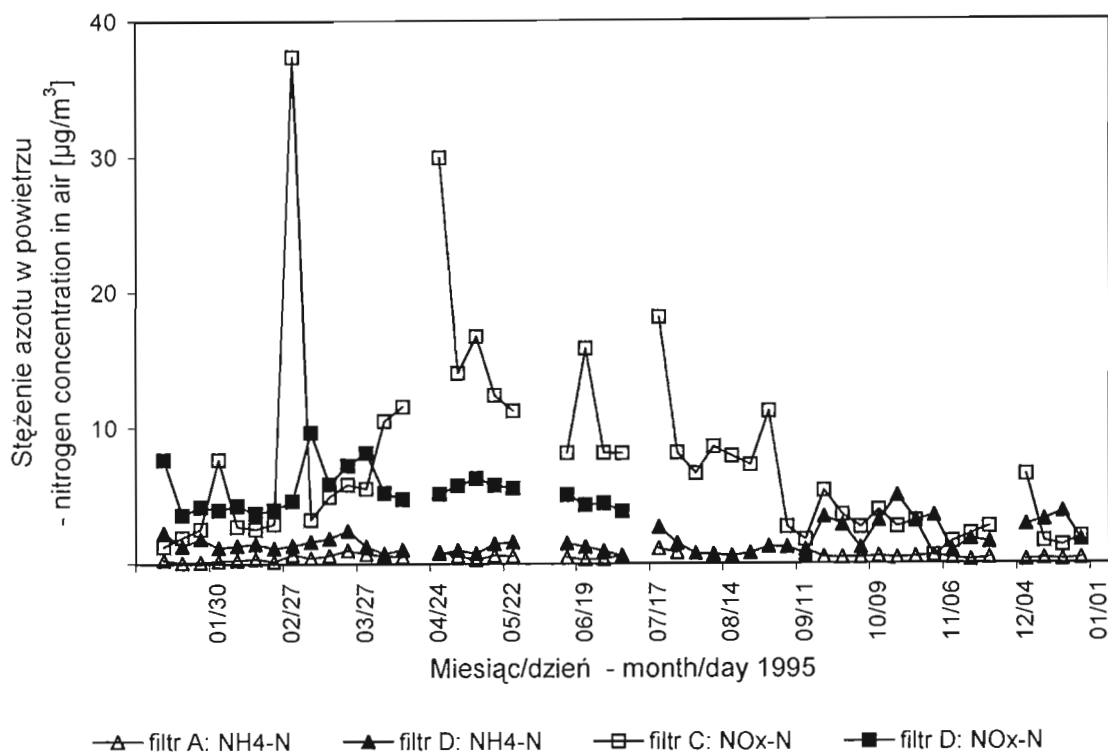
## 5. WYNIKI

Ze względu na zróżnicowanie metod użytych na czterech powierzchniach pomiarowych i okresów badań, w punkcie 5.1 wydzielono wyniki uzyskane metodą czynną dla powierzchni w Ginawie (Łobzie) i Szklarskiej Porębie, a pozostałe wyniki przedstawiono w punktach 5.2–5.4 w postaci zestawień obejmujących wszystkie cztery powierzchnie.

### 5.1. Pomiary metodą czynną

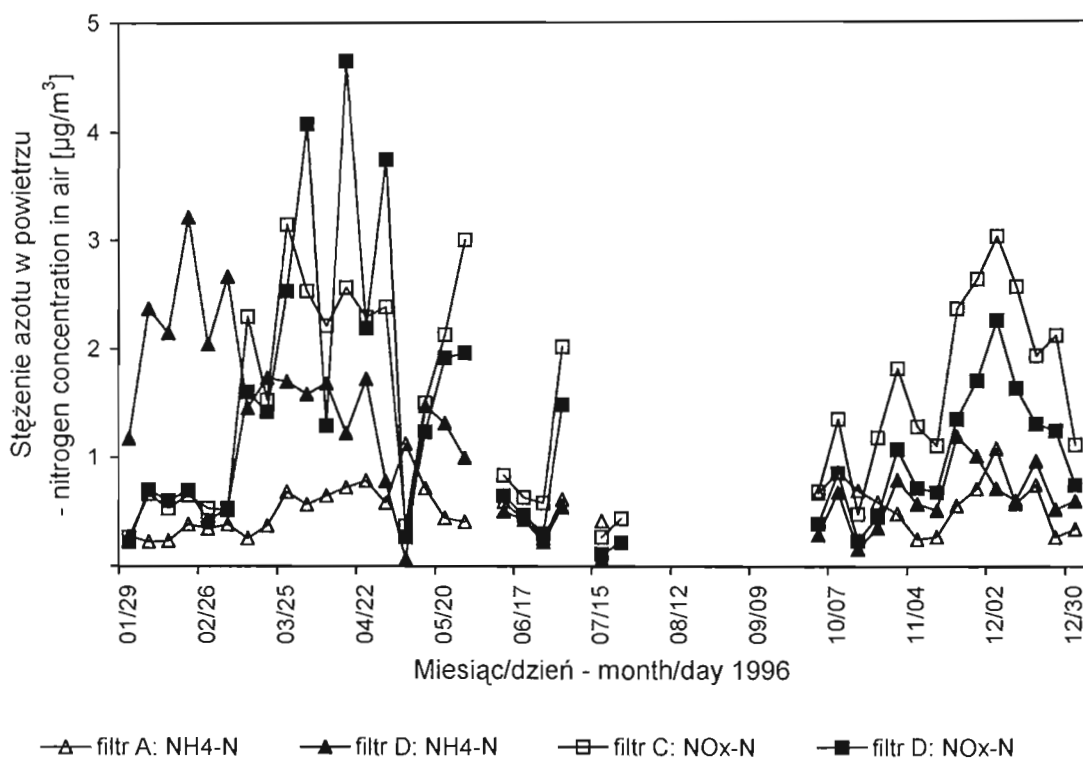
#### 5.1.1. Łobez: wyniki z aparatu HVS

Podstawowe wyniki — stężenia związków azotu i siarki w powietrzu uzyskano za pomocą aparatu HVS. Krzywe zmian tych stężeń z lat 1995–96 pokazano na ryc. 14–17. Wykresy te zawierają informacje o postaci gazowej (filtry A, B i C) oraz pyłowej (filtr mikroporowy D) związków. Zaobserwowano zmiany stężeń w cyklu rocznym: stężenie NO<sub>2</sub> rośnie w całym półroczu letnim (zapewne ze względu na zwiększony ruch samochodów i mechaniczne prace leśne — silniki spalinowe są głównym źródłem NO<sub>2</sub>). Jednakże w porównaniu z innymi powierzchniami pomiarowymi poziom NO<sub>2</sub> jest stosunkowo niski, ponieważ punkt pomiarowy w Ginawie jest odległy o 1,5 km od najbliższej szosy, nr 149 Węgorzyno–Drawsko Pomorskie, a w pobliżu powierzchni (w odległości 200 m)



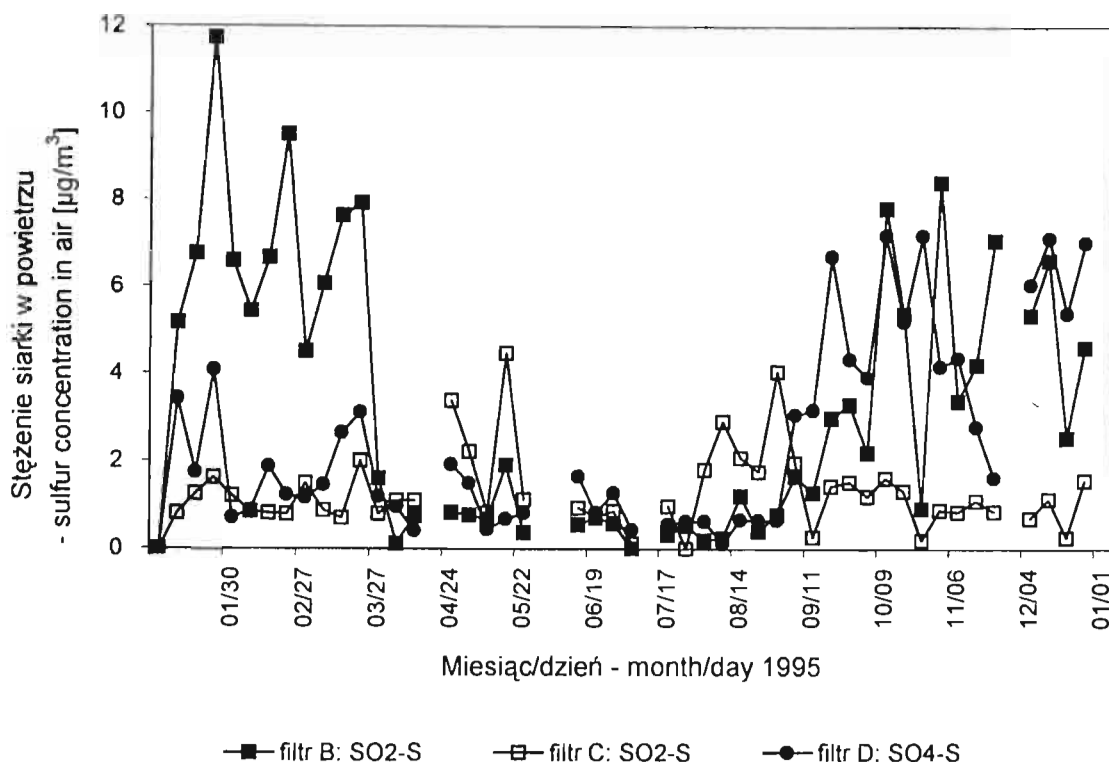
Ryc. 14. Średnie tygodniowe stężenie związków azotu w 1995 r. zmierzone metodą czynną w Ginawie (Łobez). Filtr A i C — związki gazowe; filtr D — aerozole.

Fig. 14. Mean weekly concentration of nitrogen compounds in 1995, active method, Łobez. A and C filter: gas compounds; D filter: aerosols.



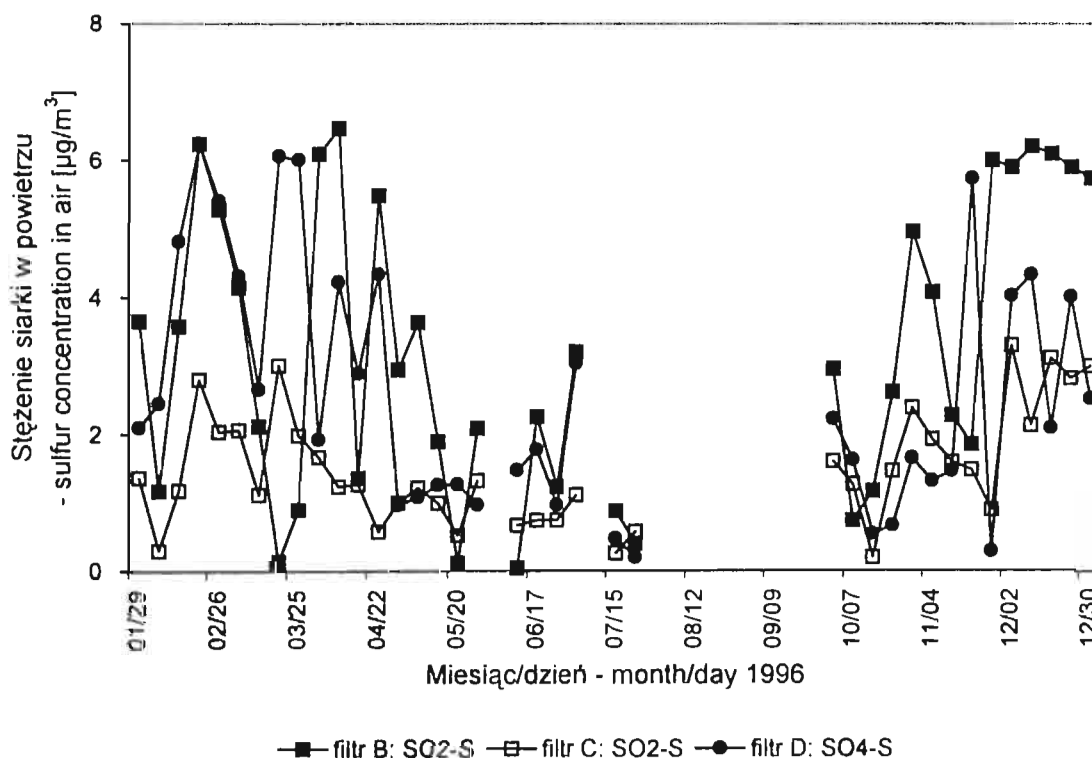
Ryc. 15. Średnie tygodniowe stężenie związków azotu w 1996 r. zmierzone metodą czynną w Ginawie (Łobez). Filtr A i C — związki gazowe; filtr D — aerozole.

Fig. 15. Mean weekly concentration of nitrogen compounds in 1996, active method, Łobez. A and C filter: gas compounds; D filter: aerosols



Ryc. 16. Średnie tygodniowe stężenie związków siarki w 1995 r. zmierzone metodą czynną w Ginawie (Łobez). Filtr B i C — związki gazowe; filtr D — aerozole.

Fig. 16. Mean weekly concentration of sulphur compounds in 1995, active method, Łobez. B and C filter: gas compounds; D filter: aerosols



Ryc. 17. Średnie tygodniowe stężenie związków siarki w 1996 r. zmierzone metodą czynną w Ginawie (Łobez). Filtr B i C — związki gazowe; filtr D — aerozole.

Fig. 17. Mean weekly concentration of sulphur compounds in 1996, active method, Łobez. B and C filter: gas compounds; D filter: aerosols.

przejeżdżają jedynie samochody i ciągniki administracji leśnej — średnio kilka dziennie.

Stężenie  $\text{NH}_4$  w postaci pyłu wykazuje maksimum w okresie wiosennym, kiedy stosowane są nawozy amonowe.

W związkach siarki dominuje dwutlenek. Jego stężenie bardzo wyraźnie rośnie w półroczu zimowym, przekraczając niekiedy  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a maleje kilkakrotnie w półroczu letnim, co potwierdza przypuszczenie, że głównym źródłem związków siarki w powietrzu w tym regionie jest zasiarczony węgiel spalany w paleniskach gospodarstw domowych.

### 5.1.2. Szklarska Poręba: wyniki z aspiratora Ströhleina

Aspirator pracował w kilku okresach (łącznie około 9 tygodni) między czerwcem a grudniem 1996 r. — wyniki nie dają więc całorocznej informacji o zmianach stężenia związków azotu i siarki. W przypadku związków azotu (ryc. 18) zwraca uwagę duży udział pyłowej postaci związków amonowych (wykrywanych na filtrze D) w niektórych okresach. W przypadku związków siarki (ryc. 19) dominuje dwutlenek siarki w postaci gazowej (filtry B i C), przy czym w połowie czerwca i na przełomie lipca i sierpnia zmierzono wyjątkowo wysoki poziom  $\text{SO}_2$ , zapewne w okresie napływu powietrza z południowego zachodu.

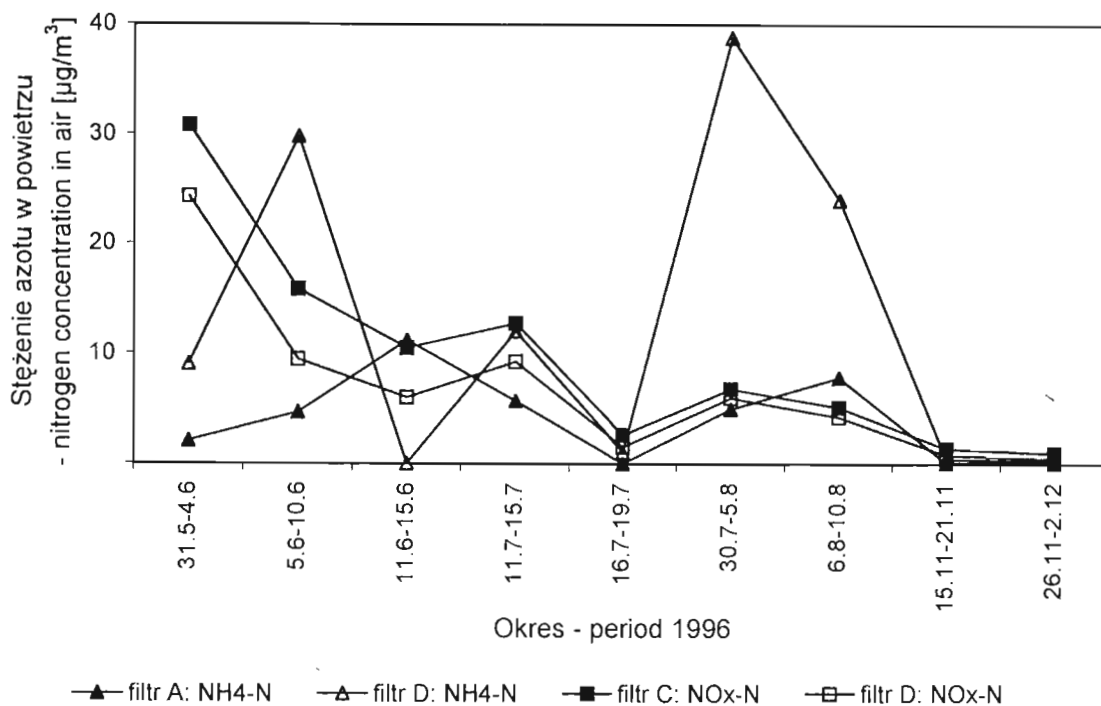
## 5.2. Pomiary wskaźników depozycji suchej $\text{NO}_2$ i $\text{SO}_2$

Porównanie poziomów wskaźników depozycji suchej  $\text{NO}_2$  i  $\text{SO}_2$  w czterech badanych regionach w 1994 r. przedstawiono w tabelach 3 i 4 (wyniki z 1995 r. nie obejmują wszystkich miesięcy).

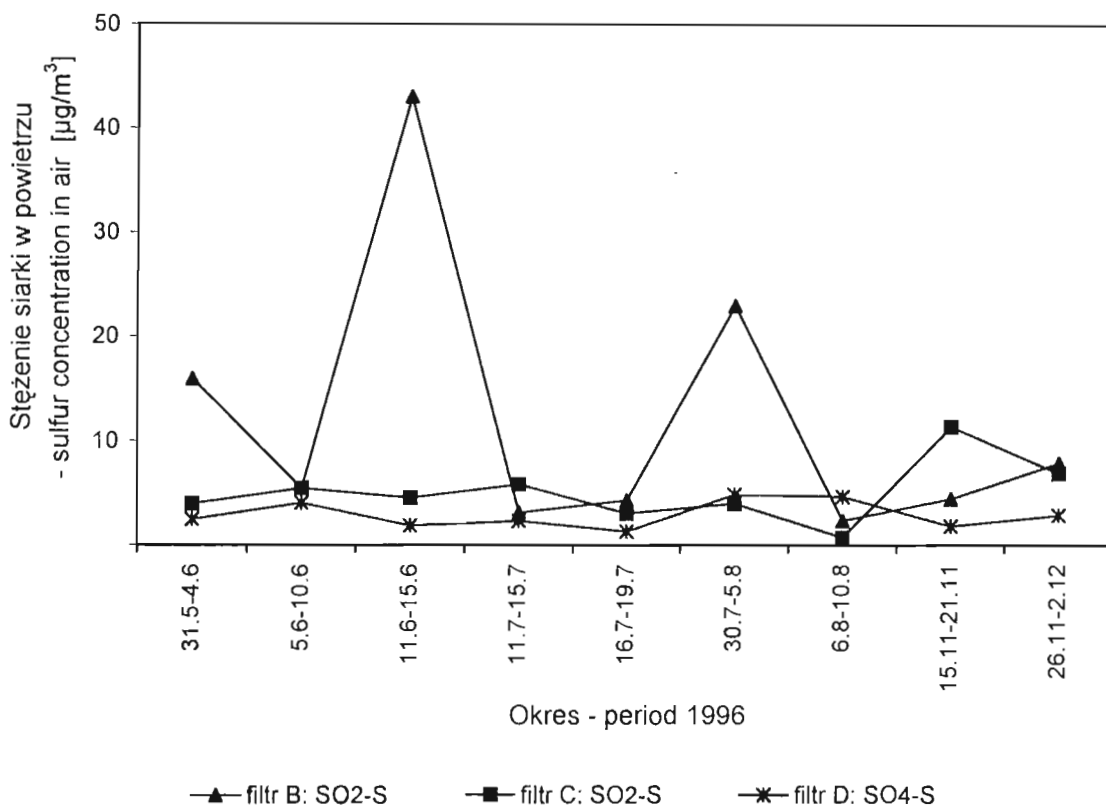
W przypadku  $\text{NO}_2$  istnieje duże zróżnicowanie średnich dla różnych obszarów: minimalne obserwuje się dla okolic Łobza, maksymalne dla okolic Augustowa. Na podstawie pomiarów prowadzonych za pomocą ruchomego laboratorium stwierdzono jednak, że poziom dwutlenku azotu w danym miejscu ma charakter zdecydowanie lokalny, zależy przede wszystkim od natężenia ruchu samochodowego w sąsiedztwie punktu pomiarowego, jest więc wielkością dość przypadkową, nie charakteryzującą całego obszaru.

Tę obserwację potwierdza porównanie trzech wartości wskaźnika  $\text{NO}_2$  dla okolic Szklarskiej Poręby: najwyższą wartość zmierzono w punkcie Szklarka położonym w odległości kilkuset metrów od ruchliwej szosy, najniższą — na Hali Szrenickiej, oddalonej o kilka kilometrów od szos i miejscowości.

W przypadku wskaźnika depozycji suchej  $\text{SO}_2$  zwracają uwagę wysokie wartości obserwowane na wszystkich punktach pomiarowych w okolicy Szklarskiej Poręby. Łącznie z faktem, iż poziom wskaźnika  $\text{SO}_2$  w rejonie Szklarskiej Poręby prawie nie maleje z upływem lat (ryc. 9), potwierdza się wniosek, że Sudety nadal są zagrożone napływem dwutlenku siarki ze źródeł odległych,



Ryc. 18. Średnie okresowe stężenie związków azotu w 1996 r. zmierzone metodą czynną w Szklarskiej Porębie. Filtr A i C — związki gazowe; filtr D — aerozole.  
 Fig. 18. Mean concentration of nitrogen compounds in 1996, active method, Szklarska Poręba. A and C filter: gas compounds; D filter: aerosols.



Ryc. 19. Średnie okresowe stężenie związków siarki w 1996 r. zmierzone metodą czynną w Szklarskiej Porębie. Filtr B i C — związki gazowe; filtr D — aerozole.  
 Fig. 19. Mean concentration of sulphur compounds in 1996, active method, Szklarska Poręba. B and C filter: gas compounds; D filter: aerosols

Tabela 3  
Table 3

Zestawienie wartości wskaźnika NO<sub>2</sub> z roku 1994, mg/(m<sup>2</sup>·24 h)  
Specification of NO<sub>2</sub> index in 1994, mg/(m<sup>2</sup>·24 h)

Powierzchnia obserwacyjna Observation plot	Punkt monitoringu Monitoring station	Średnia dla punktu Mean for station	Średnia dla obszaru Mean for region
Łobez	Łobzany	0.001	0.001
Szkłarska Poręba	wodospad (waterfall) Szklarki	0.015	0.009
	Hala Szrenicka	0.002	
	wodospad (waterfall) Kamieńczyka	0.011	
Augustów	Płaska	0.020	0.029
	Serwy	0.038	
Krzystkowice	Biedrzychowice	0.030	0.019
	Olszyniec	0.009	

Tabela 4  
Table 4

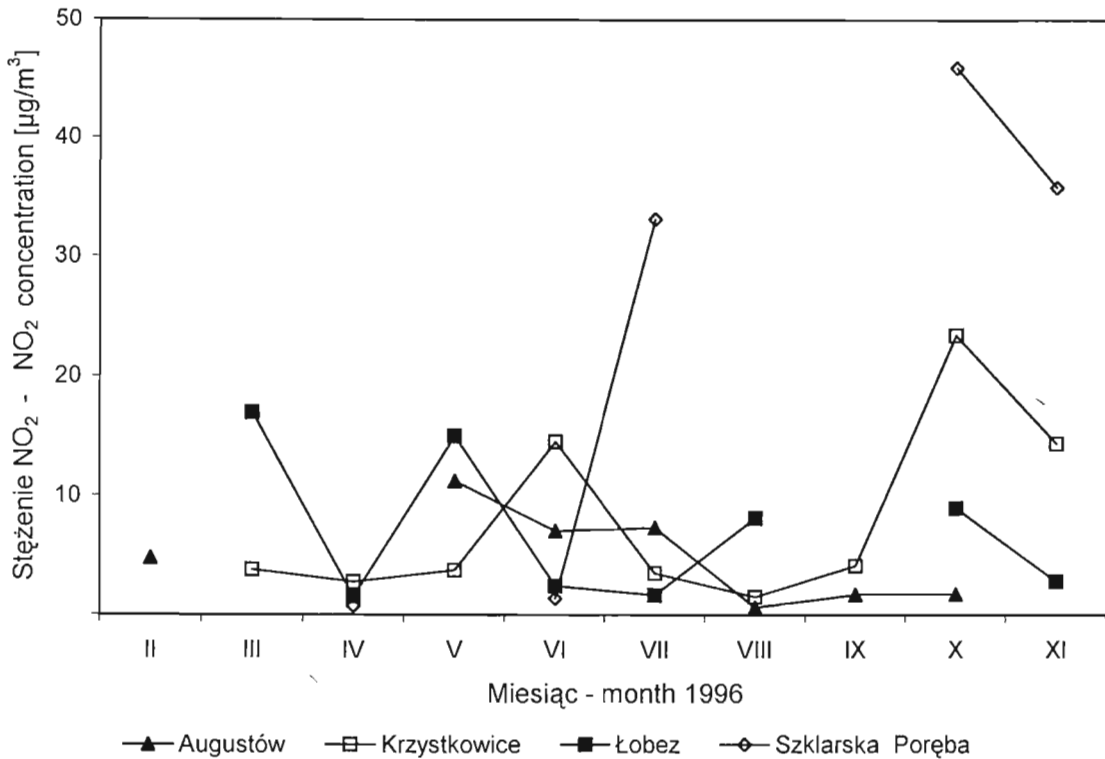
Zestawienie wartości wskaźnika SO<sub>2</sub> z roku 1994, mg/(m<sup>2</sup>·24 h)  
Specification of SO<sub>2</sub> index in 1994., mg/(m<sup>2</sup>·24 h)

Powierzchnia obserwacyjna Observation plot	Punkt monitoringu Monitoring station	Średnia dla punktu Mean for station	Średnia dla obszaru Mean for region
Łobez	Łobzany	6.50	6.56
Szkłarska Poręba	wodospad (waterfall) Szklarki	19.2	13.8
	Hala Szrenicka	9.1	
	wodospad (waterfall) Kamieńczyka	13.0	
Augustów	Płaska	1.74	2.44
	Serwy	3.14	
Krzystkowice	Biedrzychowice	3.95	3.21S
	Olszyniec	2.47	

prawdopodobnie z elektrowni opalanych zasiarczonym węglem brunatnym (polskich, niemieckich i czeskich) oraz z czeskiego okręgu przemysłowego Chomutov–Most.

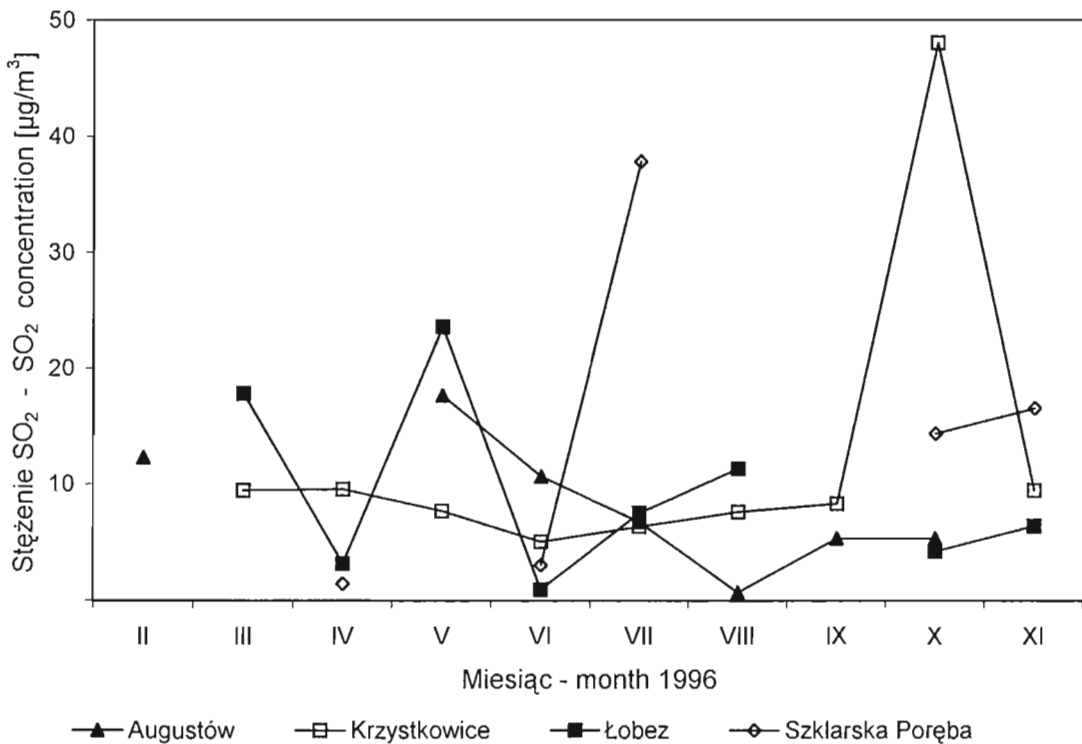
### 5.3. Pomiary stężeń NO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub> metodą próbników

Pomiary tą metodą na czterech powierzchniach uruchomiono w pierwszych miesiącach 1996 r., wyniki nie dają więc przebiegów zmian całorocznych (ryc. 20 i 21). Do porównań wzięto średnie miesięczne wartości z trzech próbników,



Ryc. 20. Średnie miesięczne stężenie NO<sub>2</sub> w 1996 r. zmierzone metodą próbników w sąsiedztwie czterech powierzchni obserwacyjnych.

Fig. 20. Mean monthly concentration of NO<sub>2</sub> in 1996, samplers placed near the four observation plots.



Ryc. 21. Średnie miesięczne stężenie SO<sub>2</sub> w 1996 r. zmierzone metodą próbników w sąsiedztwie czterech powierzchni obserwacyjnych.

Fig. 21. Mean monthly concentration of SO<sub>2</sub> in 1996, samplers placed near the four observation plots.

zawieszonych obok siebie, za okres marzec — listopad 1996 r. i przedstawiono je w tabeli 5.

**Tabela 5**  
Table 5

**Stężenia NO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub> zmierzone metodą próbników w 1996 r. [µg/m<sup>3</sup>]**  
NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> concentration measured by passive samplers [µg/m<sup>3</sup>] in 1996.

Powierzchnia obserwacyjna Observation plot	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
Łobez *	9.2	7,1
Szklarska Poręba	19.5	12.2
Augustów	4.3	7.3
Krzystkowice	7.2	11.2

\* średnie wartości z Ginawy i Strzmieli  
mean values from Ginawa and Strzmielie

Stężenie średnie NO<sub>2</sub> z całego okresu na powierzchni koło Szklarskiej Poręby jest kilkakrotnie wyższe niż na pozostałych trzech. Szczególnie wysokie wartości wskaźnika zarejestrowano tu w okresie październik–listopad (ryc. 20).

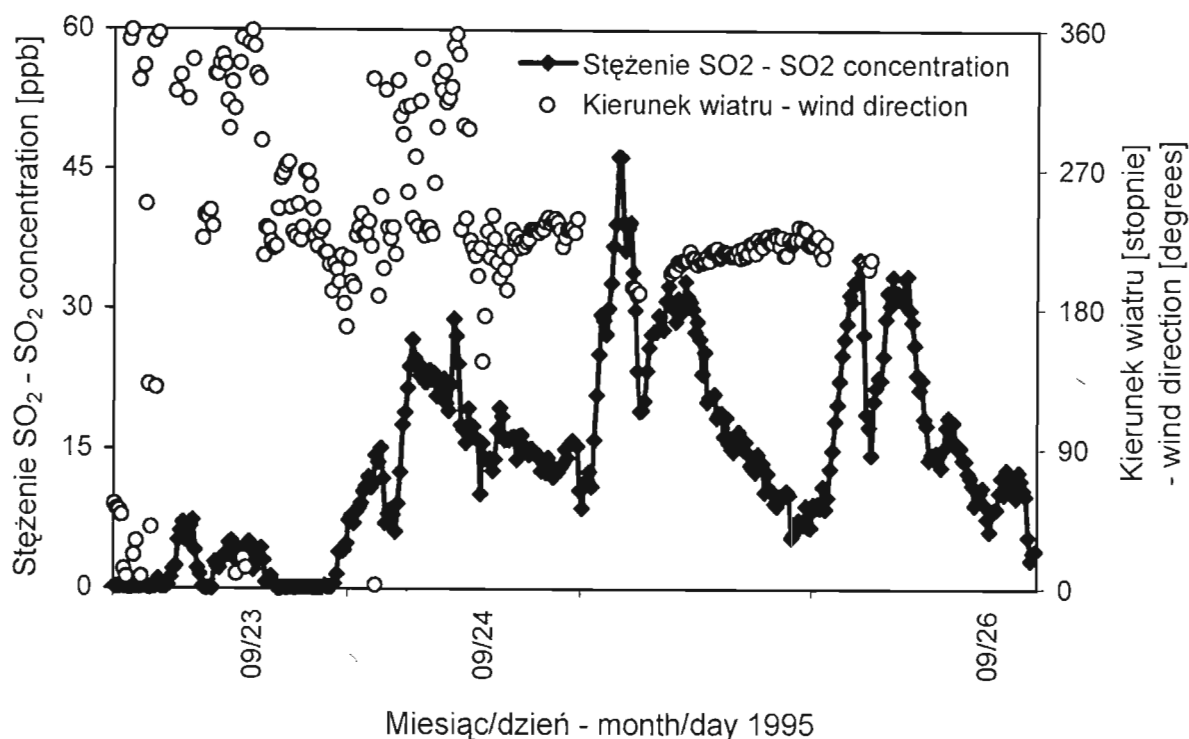
Maksymalne stężenie SO<sub>2</sub> stwierdzono również na powierzchni w Szklarskiej Porębie i zostało to potwierdzone wynikami pozostałych metod.

#### 5.4. Pomiary NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> i O<sub>3</sub> za pomocą analizatorów ruchomego laboratorium

W latach 1995–96 przeprowadzono w Sudetach trzy sesje pomiarowe za pomocą ruchomego laboratorium. Część pomiarów wykonano przy leśniczówce Szronowiec, odległej od powierzchni obserwacyjnej o 700 m w kierunku Szklarskiej Poręby i położonej również na zboczach Łabskiego Szczytu, część w kilku innych punktach Sudetów. W przypadku wiatru południowo-zachodniego, kiedy na polską stronę docierało powietrze spoza głównej grani, omijając źródła lokalne, stwierdzono napływ nad cały obszar Karkonoszy masy powietrza o wyjątkowo wysokim stężeniu dwutlenku siarki (30–47 ppb), a przybliżone obliczenia prawdopodobnej odległości od źródła (na podstawie analizy zmian czasowych stężenia SO<sub>2</sub> oraz prędkości i kierunku wiatru) sugerują, że źródłem tym jest czeskie zagłębie wydobywczo-przemysłowe Chomutov–Most. Tę serię pomiarów ilustruje ryc. 22.

Ponadto w okresie 3.10–26.11.96 ruchome laboratorium zostało użyte do pomiarów stacjonarnych na terenie Sudeckiej Stacji Doświadczalnej IBL w samej





**Ryc. 22. Napływ powietrza o dużej zawartości  $\text{SO}_2$  z południowego zachodu. Ruchome laboratorium, Sudety, 23-26.9.1995.**

Fig. 22. Inflow of air with high concentration of  $\text{SO}_2$  from south-west. Mobile laboratory, Sudety Mts., 23-26.9.1995.

Szklarskiej Porębie. W trakcie prawie dwumiesięcznych pomiarów stwierdzono około 10 przypadków podwyższonego przez kilka godzin stężenia  $\text{SO}_2$  (nawet do 20 ppb) po okresie ustalonego wiatru z kierunku południowo-zachodniego, tj. od strony wspomnianego wyżej czeskiego okręgu przemysłowego.

Pomiary te pozwalają stwierdzić, że przy wietrze z południowego zachodu w dalszym ciągu, jak w latach osiemdziesiątych, w Sudetach obserwuje się wysoki poziom zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem siarki pochodzącym prawdopodobnie z przemysłowych źródeł czeskich.

Wyniki kilkutygodniowych sesji pomiarowych przeprowadzonych w latach 1995–96 w sąsiedztwie czterech powierzchni przedstawiono w tabelach 6–8. Średnie stężenia zanieczyszczeń, w tym ozonu, ujęto oddzielnie dla sezonów letnich i zimowych. Ze względu na przypadkowy wybór okresu pomiarów należy je traktować jako informację pomocniczą, nie reprezentującą rzeczywistych średnich dla całego sezonu.

Najniższe wartości stężenia  $\text{NO}_2$  zaobserwowano w Suchoj Rzeczce (Augustów), najwyższe w Bieniowie (Krzystkowice), co raczej należy interpretować jako efekt lokalny niż jako potwierdzenie gradientu wschód–zachód na terenie Polski. Stężenie tlenków azotu szybko maleje w miarę oddalania się od lokalnych

Tabela 6  
Table 6

Średnie stężenie NO<sub>2</sub> zmierzone analizatorem AC 31 M, µg/m<sup>3</sup>  
Mean NO<sub>2</sub> concentration measured by AC 31 M analyser, µg/m<sup>3</sup>

Powierzchnia Plot	Rok Year	Zima Winter	Lato Summer
Łobez	1995	8.6	–
	1996	5.7	5.5
Szkłarska Poręba	1995	–	4.8
	1996	9.0	11.5
Augustów	1996	5.0	1.9
Krzystkowice	1996	14.1	8.4

Tabela 7  
Table 7

Średnie stężenie SO<sub>2</sub> zmierzone analizatorem AF 21 M, µg/m<sup>3</sup>  
Mean SO<sub>2</sub> concentration measured by AF 21 M analyser, µg/m<sup>3</sup>

Powierzchnia Plot	Rok Year	Zima Winter	Lato Summer
Łobez	1995	1.9	–
	1996	0.8	0.5
Szkłarska Poręba	1995	–	10.7
	1996	3.5	3.5
Augustów	1996	5.3	4.5
Krzystkowice	1996	5.9	6.1

Tabela 8  
Table 8

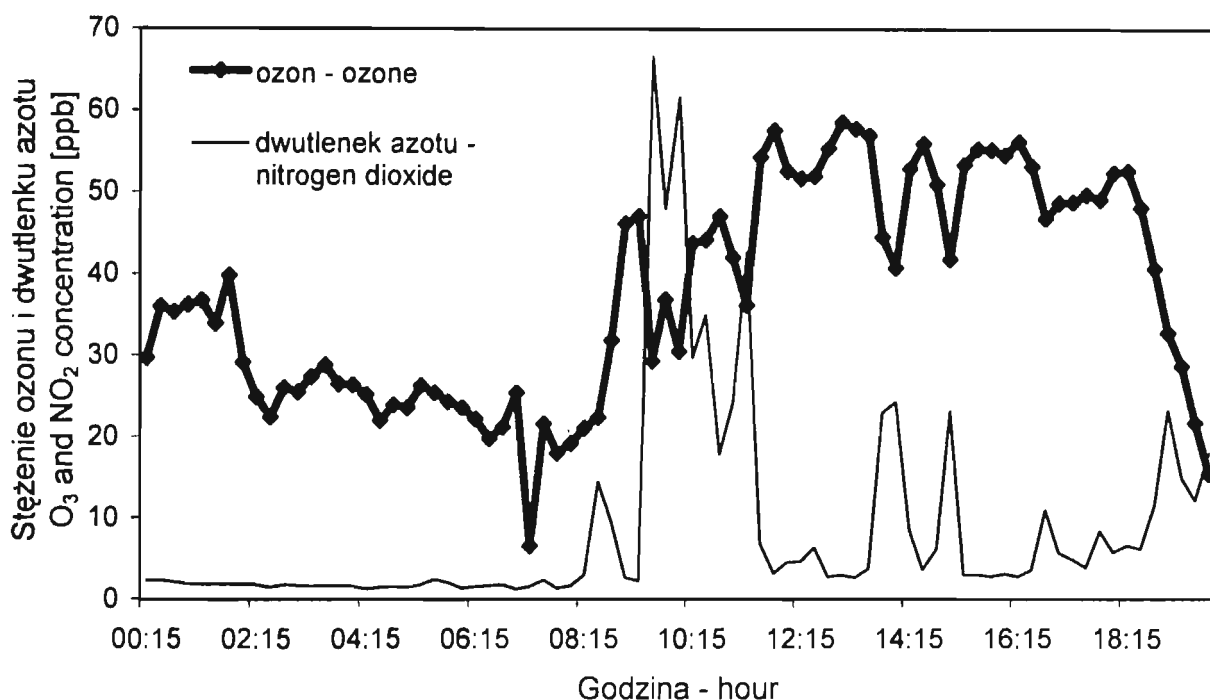
Średnie stężenie O<sub>3</sub> zmierzone analizatorem O<sub>3</sub> 41 M, µg/m<sup>3</sup>  
Mean O<sub>3</sub> concentration measured by O<sub>3</sub> 41 M analyser, µg/m<sup>3</sup>

Powierzchnia Plot	Rok Year	Zima Winter	Lato Summer
Łobez	1995	16.0	–
	1996	29.8	28.2
Szkłarska Poręba	1995	–	50.1
	1996	38.5	47.4
Augustów	1996	9.0	13.2
Krzystkowice	1996	2.2	27.6

„źródła” jakie stanowią miejscowości i szosy — ośrodki koncentracji ruchu pojazdów z silnikami spalinowymi, a pod tym względem warunki we wspomnianych dwóch punktach pomiarowych nie były równorzędne. Z wyjątkiem Szkłarskiej Poręby stężenie NO<sub>2</sub> w zimie było wyższe od stężenia w lecie.

Nie zaobserwowano znaczących różnic między wartościami stężenia  $\text{SO}_2$  mierzonymi w zimie i w lecie. Najwyższa wartość (Szklarska Poręba, lato 95) wynikała z omówionego wyżej kilkudniowego napływu powietrza o dużej zawartości  $\text{SO}_2$  z południowego zachodu (ryc. 22).

Zaobserwowane sezonowe i przestrzenne różnice w stężeniu ozonu (wyższe wartości w sezonie letnim i wyższe w górach) zgodne są z opisanymi w literaturze prawidłowościami (NIEDZIELSKI 1992). Przebieg zmian stężenia ozonu w okresie wskazanego w tabeli 8 maksimum letniego dla Szklarskiej Poręby przedstawiono na ryc. 23.



Ryc. 23. Maksymalne stężenie ozonu zaobserwowane w Sudetach oraz stężenie tlenków azotu. Ruchome laboratorium, Szklarska Poręba – Stóg Izerski – Szklarska Poręba, 26.5.1995.

Fig. 23. Maximum ozone concentration observed in the Sudety Mts., compared with nitrogen oxides changes. Mobile laboratory, Szklarska Poręba – Stóg Izerski – Szklarska Poręba, 26.5.1995.

## 5.5. Podsumowanie wyników

Jako istotne dla końcowych wniosków wzięto pod uwagę wyniki pomiarów całorocznych, tj. uzyskanych metodą monitoringu w 1994 r. (tabela 3 i 4) oraz metodą próbników w 1996 r. (tabela 5). Tę ostatnią metodę należy uznać za najbardziej miarodajną dla samych powierzchni obserwacyjnych, a nie dla rejonów.

Najwyższą wartość średnią roczną stężenia dwutlenku azotu zmierzono w 1996 r. na powierzchni obserwacyjnej w Szklarskiej Porębie, najniższą w Augustowie, przy czym stosunek zmierzonych na obu powierzchniach wielkości (19,5 / 4,3) wynosi 4,5.

Najwyższą wartość średnią roczną stężenia dwutlenku siarki zmierzono w 1996 r. również na powierzchni obserwacyjnej w Szklarskiej Porębie, najniższą w Łobzie, a stosunek tych wielkości wynosi 1,7.

Najwyższe wartości średnie okresowe stężenia ozonu zmierzono za pomocą aparatury ruchomego laboratorium również w Szklarskiej Porębie.

Dla kompletności obrazu w tabeli 9 zestawiono zmierzone wartości maksymalne stężeń (30-minutowe i średnioroczne) z wartościami dopuszczalnymi dla obszarów chronionych, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 12 lutego 1990 r. w sprawie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniem (Dz. U. nr 15, 1990 r., poz. 92)

W okolicach Szklarskiej Poręby przekroczone zostało dopuszczalne stężenie średnioroczne dwutlenku siarki, co potwierdza wysoki, trwały poziom skażeń powietrza w rejonie Sudetów.

**Tabela 9**  
Table 9

**Zestawienie zmierzonych i dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**   
List of measured and permissible air pollutant concentrations,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Nazwa substancji Substance	Maks. zmierzone stężenie Max. measured concentration		Maks. dopuszczalne stężenie Max. permissible concentration	
	30 min*	Średnioroczne** Yearly mean**	30 min	Średnioroczne Yearly mean
NO <sub>2</sub>	73 (Łobez)	19 (Szklarska Por.)	150	30
SO <sub>2</sub>	123 (Szklarska Por.)	12 (Szklarska Por.)	250	11
O <sub>3</sub>	124 (Szklarska Por.)	–	50	–

\* wg pomiarów ruchomego laboratorium  
mobile laboratory analysers

\*\* wg pomiarów metodą próbników za okres marzec–listopad 1996 r.  
samplers, March–November 1996

## 6. WNIOSKI

1. Wyniki pomiarów wieloletnich wskazują, że w trzech badanych regionach (Łobez, Augustów i Krzystkowice) w ciągu ostatnich 10 lat kilkakrotnie zwały średnie stężenia dwutlenku azotu i dwutlenku siarki w powietrzu. Natomiast w

rejonie Sudetów tendencja malejąca tych stężeń była znacznie słabiej zaznaczona. Autorzy wiążą ten fakt z obserwowanym nadal napływem powietrza skażonego zanieczyszczeniami antropogenicznymi z obszaru „czarnego trójkąta” na pograniczu polsko-czesko-niemieckim.

2. Pomiary wykonane za pomocą aparatury ruchomego laboratorium wykazały, że w warunkach polskich stężenie dwutlenku azotu w powietrzu ma charakter lokalny i zależy przede wszystkim od odległości od dróg o dużym natężeniu ruchu samochodowego. Natomiast w przypadku dwutlenku siarki zidentyfikowano źródła przemysłowe odległe o 60 km (elektrownia Schwarze Pumpe) i 160 km (okręg Chomutov–Most). Nie stwierdzono korelacji między stężeniami obu zanieczyszczeń powietrza.

3. Na obszarze Sudetów traktowanym jako obszar specjalnie chroniony zostało w 1996 r. przekroczone maksymalne dopuszczalne średnioroczne stężenie dwutlenku siarki.

Praca przyjęta przez Komitet Redakcyjny 27 października 1998 roku

## AIR POLLUTION RESEARCH IN FOUR SELECTED REGIONS OF POLAND

### Summary

Four observation plots were established in following regions of Poland: the Sudety Mts. (Szklarska Poręba Forest District), Szczecińskie (Łobez Forest District), Zielonogórskie (Krzystkowice Forest District) and Suwalskie (near Augustów) to define the influence of air pollution level on the soil acidification and stability of forest ecosystems. Two of them (Szklarska Poręba and Łobez) took part in the Czech-Polish-Danish research project called APOS.

This paper presents methods of investigation. The results of air pollution measurements by the passive air sampling in 1986–1995 are confronted with the results of investigation carried out by active air sampling and pollution analysers of the mobile laboratory equipment.

It was found that during the last 10 years the mean values of nitrogen oxides and sulphur dioxide deposition, except the Sudety Mts. region, decreased several times. There was a weak decreasing tendency of the indexes in the Sudety Mts. This fact is related to the still existing inflow of air pollution from the so called ‘black triangle’ area near the Polish–Czech–German border.

Sulphur dioxide sources distant about 60 km (Schwarze Pumpe power station) and 160 km (Chomutov–Most area) were identified. In the Sudety Mts. — region of special protection — the maximum permissible concentration of nitrogen oxide and sulphur dioxide was exceeded in 1996.

## PIŚMIENICTWO

- Acidification in the Black Triangle Region. 1995: Materiały konferencji ACID REIGN '95?, Göteborg, 26–30 czerwca 1995 r.
- FUGLSANG K. 1986: A filter pack for determination of total ammonia, total nitrate, sulphur dioxide and sulphate in the atmosphere. Raport MST LUFT–A103. National Agency of Environmental Protection. Risoe National Laboratory, DK–4000 Roskilde, Denmark.
- GALIŃSKI W. 1998: A comparison of the architecture of Norway spruce trees originating from two stands contrasting in the level of industrial pollution. *Forest Ecology and Management* (w recenzji).
- GÓRSKI L., KROCHMAL D., GNIADK K., KALINA A., KOWANETZ T., SZLACHTA T. 1994: Pomiary stężenia dwutlenku siarki i dwutlenku azotu w powietrzu atmosferycznym na terenie całej Polski przy użyciu metody pasywnej. Raport Instytutu Chemii i Technologii Nieorganicznej Politechniki Krakowskiej, Kraków.
- HREHORUK J., ADAMSKI L. 1994: Ruchome laboratorium pomiarowe Instytutu Badawczego Leśnictwa. *Chemia i inżynieria ekologiczna*, 4: 525–533.
- KROCHMAL D., KALINA A. 1997: A method of nitrogen dioxide and sulphur dioxide determination in ambient air by use of passive samplers and ion chromatography. *Atmospheric Environment*, 31: 3473–3479.
- MAŁACHOWSKA J., WAWRZONIAK J. 1995: Stan uszkodzenia lasów w Polsce w 1994 roku na podstawie badań monitoringowych. Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, Warszawa.
- NIEDZIELSKI J. 1992: Ozon w atmosferze ziemskiej. *Zeszyty Naukowe WSP w Opolu, ZN Chemia XIV*, 81.
- TYSZKA J. 1998: Przepływ jonów przez ekosystemy borów świerkowych i sosnowych w różnych warunkach skażenia środowiska. *Prace Inst. Bad. Leś., Ser. A*, 863–865: 35–57.
- WÓJCIK J., SZOŁTYK G. 1998: Fizyczne i fizykochemiczne właściwości gleb leśnych na powierzchniach obserwacyjnych Augustów, Krzystkowice, Łobez i Szklarska Poręba. *Prace Inst. Bad. Leś., Ser. A*, 863–865: 59–73.