

Przestrzenny rozkład stężeń dwutlenku siarki i azotu w rejonie Pienińskiego Parku Narodowego

Spatial Distribution of the concentrations of sulphur dioxide and nitrogen dioxide
in the environs of Pieniny National Park

JANUSZ MICZYŃSKI¹, JANUSZ KOZAK¹, TOMASZ JURKIEWICZ²

¹ *Katedra Meteorologii i Klimatologii Akademii Rolniczej w Krakowie,
al. Mickiewicza 24–28, 30–059 Kraków*

² *Pieniński Park Narodowy, ul. Jagiellońska 107, 34–450 Krościenko n/D.*

Abstract. Studies on air pollution with sulphur dioxide and nitrogen dioxide were made in Pieniny National Park and its environs by applying the passive method. Owing to this method it was possible to sample 29 sites and produce maps of spatial distribution for SO₂ and NO₂. The SO₂ concentrations in winter were from 10 to 60 µg/m³ with maximum values occurring in Krościenko. The NO₂ concentrations were from 5 to 20 µg/m³ over the same period. The highest concentrations were noted in Grywałd.

WPROWADZENIE

Pieniński pas skałkowy, którego część jest objęta ochroną w postaci Pienińskiego Parku Narodowego, należy do najcenniejszych przyrodniczo oraz najpiękniejszych pod względem krajobrazowym miejsc w Polsce. Zasoby przyrody na terenie Parku są jednak zagrożone przez zanieczyszczenie powietrza. Jadąc przez miejscowości otaczające Park widać wyraźnie dymy zanieczyszczeń mieszające się często z mgłami inwersyjnymi powodując lokalny smog.

Zmiany ekonomiczne (dostosowanie się do gospodarki rynkowej) spowodowały zubożenie ośrodków prowincjonalnych. Jednym ze sposobów oszczędzania jest stosowanie alternatywnych, niekoniecznie „ekologicznych” źródeł energii. Wprowadzanie tzw. pieców „na wszystko” spowodowało, że obecnie można do ogrzania kaloryferów użyć wymyślnych paliw będących naj-

częściej odpadami. Wiąże się to jednak z ogromną emisją toksycznych (nierzadko rakotwórczych) substancji do powietrza. Nastawienie się ludności miejscowej na obsługę turystów oraz rozwój infrastruktury turystycznej (wyciągi, tory zjazdowe) spowodowało zwiększenie ilości spalanego opału, a co za tym idzie – wzrost emisji zanieczyszczeń. Towarzyszy temu również gwałtowny wzrost spalin z ruchu samochodowego.

CEL BADAŃ

Celem badań było określenie wysokości stężeń dwutlenku siarki oraz azotu na terenie Pienińskiego Parku Narodowego wraz z jego otuliną w zależności od pory roku. Ponadto badania miały na celu wykazanie przestrzennego zróżnicowania zanieczyszczeń w małych miejscowościach podgórskich na tle obszarów pozamiejskich ze szczególnym uwzględnieniem Parku. Analizą objęto

dwutlenek azotu i dwutlenek siarki, stanowiące (obok pyłu zawieszonego) zanieczyszczenia podstawowe, powstające głównie ze spalania paliw i występujące we wszystkich miastach w Polsce (Zasady projektowania... 1991).

TEREN BADAŃ

Badania przeprowadzono w lutym oraz lipcu 1996 r. i 1997 r. w 29 punktach, z których 14 położonych jest na terenie PPN, a 15 w jego otoczeniu (Ryc. 1). We wszystkich przypadkach próbniki eksponowano w tych samych punktach, w większości przypadków wieszając w jednym punkcie po 3 próbki. Wartości odbiegające od średniej więcej niż 20% (jak sugeruje norma) odrzucono w dalszej interpretacji.

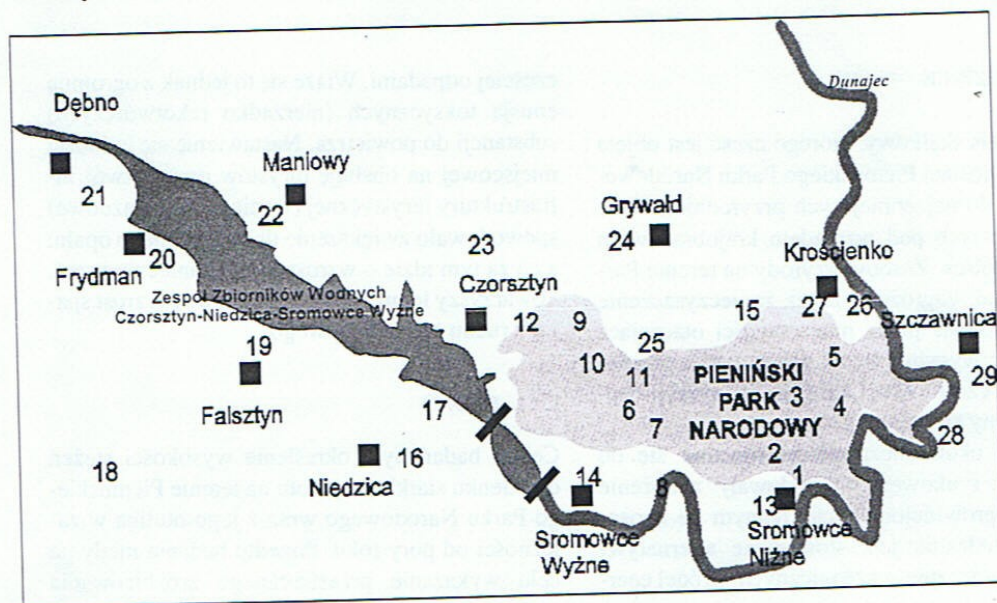
Punkty pomiarowe wybrano tak, aby były reprezentatywne dla następujących obszarów:

- stanowiska miejskie ze szczególnym uwzględnieniem ciągów komunikacyjnych,
- stanowiska na terenie zwartej zabudowy,
- tereny pozamiejskie o luźnej zabudowie,
- tereny Pienińskiego Parku Narodowego i jego otuliny.

Stanowiska pomiarowe na terenie Parku zostały wybrane tak, aby stanowiły trzy transekty, przecinające Park od południowej do północnej granicy jego otuliny. W ten sposób dwa punkty w każdym transekcie położone są w dolinach na terenie wsi otaczających Park, po jednym punkcie zlokalizowano na stoku o wystawie południowej i północnej oraz jeden punkt na grzbiecie. Ponadto zamontowano próbki na szczycie Trzech Koron.

METODYKA BADAŃ

W 1990 roku autorzy przeprowadzili badania rozkładu przestrzennego zanieczyszczeń powietrza w Szczawnicy i okolicy metodą aspiracyjną (Miczyński i in. 1995). Metody aspiracyjne ograniczone są technicznymi możliwościami wykonywania pomiarów. Stężenia określone w danym miejscu uogólnia się jako wartości typowe dla pewnego obszaru. Jednak, jak wskazuje instrukcja Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska (Zasady projektowania... 1991), uogólnienia takie dokonuje się w sposób nieuzasadniony. Brak technicznych możliwości przeprowadzenia pomiarów



Ryc. 1. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych.
Distribution of sampling sites.

średniodobowych metodami aspiracyjnymi wymusił zastosowanie metody pasywnej (bez przepompowywania powietrza), polegającej na pochłanianiu gazowych zanieczyszczeń przez próbnik. Metoda ta pozwala wykonać stosunkowo dużo stanowisk pomiarowych tak, aby można było zastosować skalę przestrzennej reprezentatywności wyników.

Pomiary wykonywano japońską metodą pomiarową Amaya-Sugiura w modyfikacji Krochmala i Górskiego z Politechniki Krakowskiej (Krochmal, Górski 1996). Oznaczenia wykonano wg PN-89 Z-04092/08 dotyczącej oznaczania dwutlenku azotu w powietrzu atmosferycznym (emisja) metodą spektrofotometryczną z pasywnym pobieraniem próbek. Podobnie postąpiono z SO_2 , jednak w obecnej chwili metodyka oznaczania tego zanieczyszczenia nie jest jeszcze objęta normą. Roztworem absorbującym w próbnikach był 10% roztwór trietanolaminy. Substancją tą nasączono włókninę polipropylenową, umieszczoną w środkowym pierścieniu (Ryc. 2). Oznaczenie produktów absorpcji NO_2 i SO_2 wykonywano na chromatografie jonowym w laboratorium analitycznym Instytutu Chemii i Technologii Nieorganicznej Politechniki Krakowskiej.

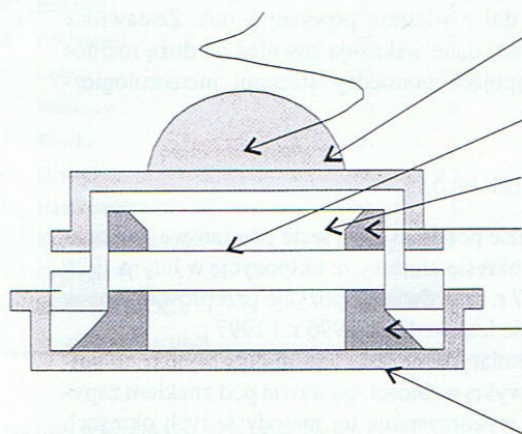
Ze względu na spodziewane niskie stężenia w obszarach pozamiejskich (na podstawie wcześniejszych badań metodami aspiracyjnymi w syste-

mie dobowym) zdecydowano się na ekspozycje miesięczne. Zaprezentowane przez autorów metodyki jak i normy pomiarów w obszarach niskich stężeń dowodzą, że do badań rozkładów przestrzennych metoda ta jest odpowiednia (Krochmal, Kalina 1996).

WARUNKI METEOROLOGICZNE

W okresie zimowym, poza zmiennością wynikającą z ukształtowania terenu, na wielkość emisji decydujący wpływ ma zmienność warunków pogodowych. Temperatura powietrza i prędkość wiatru to zmienne, które kształtują ilość spalane go paliwa w lokalnych paleniskach, a tym samym ilość emitowanych zanieczyszczeń powietrza.

Chcąc porównywać stan aerosanitarny 1996 i 1997 r. na przykładzie lutego należało określić warunki klimatyczne panujące na tym terenie w okresie prowadzonych badań. Według „Miesięcznego przeglądu agrometeorologicznego” (1996), luty w 1996 roku był czwartym kolejnym miesiącem, w którym temperatura kształtowała się poniżej średnich wartości z wielolecia. Przeważały w nim dni mroźne. Na przeważającym obszarze kraju zalegała trwała pokrywa śnieżna. Średnia miesięczna temperatura powietrza niemal w całej Polsce mieściła się w przedziale od -7 do -9°C . Wartości te były o 3 lub 4°C niższe od średnich wielo-



Uchwyt z żyłką – handle with a plastic string

Krażek absorbujący
Fixing collar

Część środkowa – central part

Pierścień dociskający
Absorption ring

Pierścień z przegrodą porowatą
Collar with a porous partition

Zatyczka – Plug

Ryc. 2. Przekrój poprzeczny próbnika.
Cross-section of a sampler.

Tabela I. Zestawienie danych meteorologicznych ze stacji położonych wokół Pienińskiego Parku Narodowego.
List of meteorological data from the stations located around Pieniny National Park.

Wyszczególnienie Specification	Luty 1996 February 1996			Luty 1997 February 1997		
	Sromowce Niżne	Czorsztyn Nadzamcze	Krościenko	Sromowce Niżne	Czorsztyn Nadzamcze	Krościenko
temp. średnia / mean temperature	-6.3	-7.3	-5.4	-1.5	-3.0	-0.6
temp. minimalna / minimum temperature	-20.1	-19.4	-18.6	-19.5	-20.6	-16.4
temp. maksym. / maximum temperature	7.5	5.3	6.9	13.8	10.9	12.7
suma wysokości opadu / total rainfall value	11.0	17.5	14.1	4.0	16.0	32.2
średnia prędkość wiatru / mean wind velocity	0.9	1.9	3.2	1.0	3.2	2.6
ilość dni z temp. maks. powyżej 5°C days with maximum temperature above 5°C	3	1	1	12	8	14
ilość dni z temp. maks. powyżej 10°C days with maximum temperature above 10°C	0	0	0	3	1	4
ilość dni z temp. min. poniżej 0°C days with minimum temperature below 0°C	25	28	26	21	23	20
ilość dni z temp. min. poniżej -5°C days with minimum temperature below -5°C	22	23	21	14	17	9
ilość dni z opadem większym, równym 0.1 mm days with rainfall higher than or equaling 0.1 mm	10	8	14	15	9	15
ilość dni z prędk. wiatru większą od 1 m/s days with wind velocity higher than 1 m/s	10	10	28	12	18	27

lecia. Natomiast w lutym 1997 pogoda była zdecydowanie lepsza. Według „Miesięcznego przeglądu agrometeorologicznego” (1997) temperatury średnie miesięczne były w całej Polsce wyższe od średniej o około 3–4°C. Często występowały dni, w których temperatura w ciągu dnia była wyższa od 5°C.

Analizę warunków meteorologicznych panujących w miesiącach pomiarowych na terenie objętych badaniami wykonano w oparciu o dane pochodzące ze stacji klimatycznej w Sromowcach Niżnych pod Trzema Koronami, będącej własnością Katedry Meteorologii i Klimatologii Rolniczej AR i Pienińskiego Parku Narodowego oraz o dane IMGW ze stacji Czorsztyn Nadzamcze i Krościenko (Tab. I).

Przedstawione wyniki potwierdzają fakt, że także w Pieninach luty 1996 r. był zdecydowanie chłodniejszy od lutego 1997 r. Średnia dobowa temperatura była – w zależności od stacji – niższa aż o 4–5°C mimo, iż nie zanotowano bardzo dużych spadków temperatur. W tym miesiącu jednak

tylko w jednym dniu temperatura maksymalna była wyższa od 5°C, gdy w lutym 1997 r. takich dni było – w zależności od stacji – 8 do 14. Na stacji w Czorsztynie zanotowano ponadto małą ilość dni z wiatrem powyżej 1 m/s. Zestawione powyżej dane wskazują również na dużą różnicę występującą pomiędzy stacjami meteorologicznymi

WYNIKI BADAŃ

Analizie poddano dwie serie pomiarowe wykonane w okresie zimowym: ekspozycję w lutym 1996 i 1997 r. oraz dwie ekspozycje przeprowadzone w okresie letnim: lipcu 1996 r. i 1997 r.

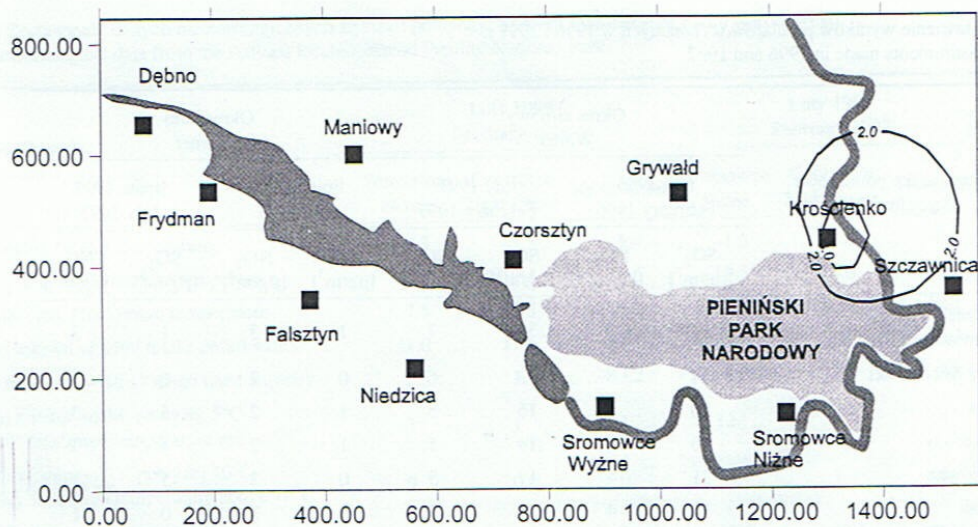
Pomiary w okresie letnim dały wyniki na granicy wykrywalności, co stawia pod znakiem zapytania wykorzystanie tej metody w tych okresach na obszarach niskich stężeń. W okresie letnim stężenia na poszczególnych stanowiskach pomiarowych stanowią jedynie 10–20% stężenia zimowego (Tab. II).

Tabela II. Zestawienie wyników pomiarów wykonanych w 1996 i 1997 r.
Results of measurements made in 1996 and 1997.

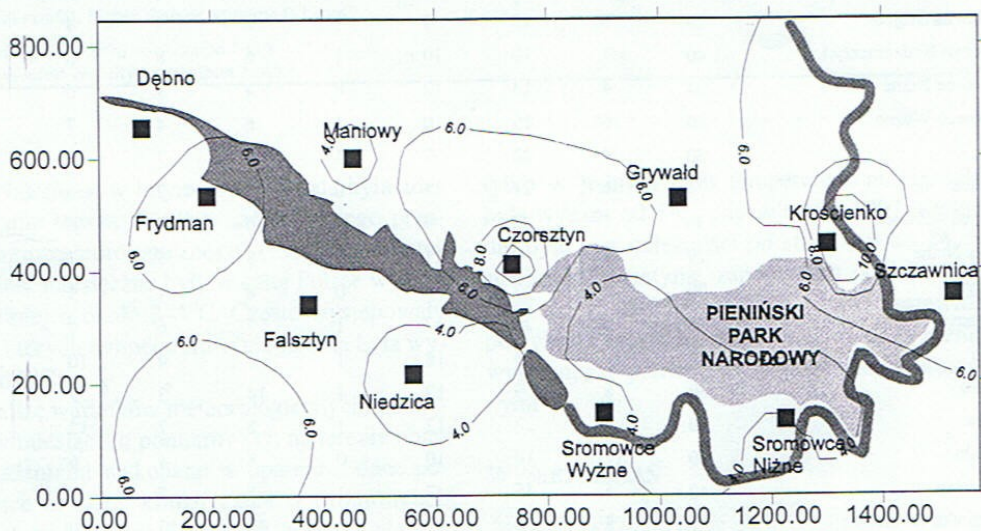
Lp.	Stanowisko pomiarowe Sampling Sites	Okres zimowy Winter				Okres letni Summer			
		luty 1996 February 1996		luty 1997 February 1997		lipiec 1996 July 1996		lipiec 1997 July 1997	
		SO ₂ [μg/m ³]	NO ₂ [μg/m ³]	SO ₂ [μg/m ³]	NO ₂ [μg/m ³]	SO ₂ [μg/m ³]	NO ₂ [μg/m ³]	SO ₂ [μg/m ³]	NO ₂ [μg/m ³]
1	Stacja meteorolog. w Sromowcach Niżnych	33	3	39	7	1	3	1	3
2	Wąwóz Sobczański	24	8	12	6	0	2	0	2
3	Szopka	30	6	16	5	1	2	5	3
4	Trzy Korony	70	8	14	5	1	2	4	3
5	Stolarzówka	31	4	17	5	0	3	5	3
6	Macelak	30	4	20	5	1	3	0	1
7	Cyrłowa Skalka	27	2	15	6	0	2	4	3
8	Przystań Flisacka Kąty	25	5	10	9	1	7	0	7
9	Lasek Majerz	42	8	27	7	1	7	2	5
10	Psiarka	35	7	11	8	1	6	3	6
11	Szkółka na Szajbie	29	6	13	9	1	4	9	4
12	Czorsztyn Nadzamcze	40	7	18	10	1	6	8	6
13	Sromowce Niżne	34	4	13	12	0	4	9	6
14	Sromowce Wyżne	30	6	15	10	1	6	4	7
15	Tylka	30	4	22	7	1	3	7	4
16	Niedzica	31	6	21	11	0	6	2	6
17	Niedzica – Zamek	38	7	22	9	0	6	3	6
18	Łapsze Niżne	29	6	9	11	1	8	5	7
19	Falsztyn	30	6	17	9	0	8	4	9
20	Frydman	35	9	20	17	1	7	6	7
21	Dębno	35	10	16	18	1	7	4	10
22	Maniowy	30	8	9	12	1	14	3	7
23	Snozka	40	6	28	12	1	8	7	12
24	Grywałd	60	17	19	10	0	8	4	6
25	Hałuszowa	40	5	45	7	1	5	7	7
26	Krościenko Centrum	57	8	60	11	3	43	15	30
27	Dyrekcja PPN	41	8	13	19	1	12	3	3
28	Szczawnica Kacze	30	6	10	7	1	4	7	11
29	Szczawnica Centrum	50	6	24	16	2	8	6	8

Poziomy mierzone stężenia były bardzo różne w poszczególnych miesiącach. Najwyższe stężenie dwutlenku siarki, wynoszące 70 μg/m³, zanotowano w punkcie położonym na szczycie Trzech Koron w lutym 1996 r. Wysokie stężenia notowa-

no również w miejscowościach położonych w dolinie Krośnicy (w Krościenku 57 μg/m³, Grywałdzie 60 μg/m³). Nie zanotowano stężeń przekraczających 75 μg/m³. W ponad 44% pomiarów stężenia mieściły się w granicach 35–75 μg/m³,



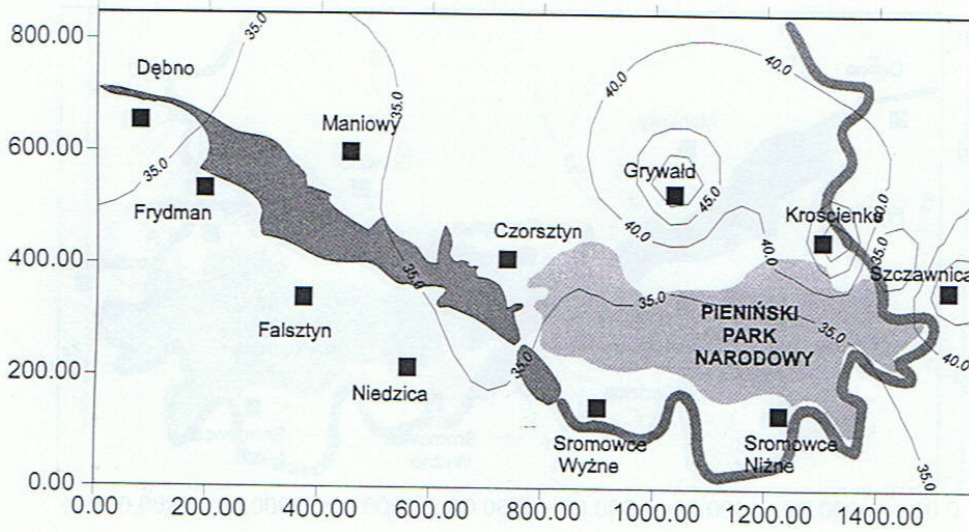
Ryc. 3. Rozkład przestrzenny dwutlenku siarki w lipcu 1996 r.
Spatial distribution of SO₂ in July 1996.



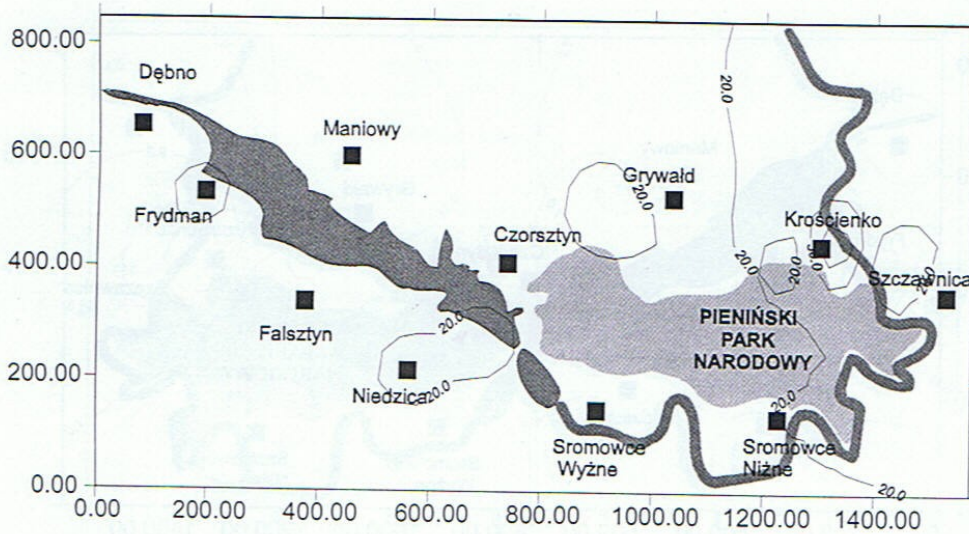
Ryc. 4. Rozkład przestrzenny dwutlenku siarki w lipcu 1997 r.
Spatial distribution of SO₂ in July 1997.

w pozostałych punktach były niższe od $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W lutym 1996 r. wielkości stężeń dwutlenku azotu były – w przeciwieństwie do stężeń SO₂ – niskie. Jedynie w Grywałdzie zanotowano $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W pozostałych miejscowościach stężenia nie przekraczały $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Odwrotna sytuacja wystąpiła w lutym 1997 r. Stężenia dwutlenku siarki były w większości punktów dwukrotnie niższe (z wyjątkiem Krościenka, gdzie stężenia utrzymały się na podobnym poziomie), natomiast stężenia dwutlenku azotu w większości przypadków były dużo wyższe. Najwy-



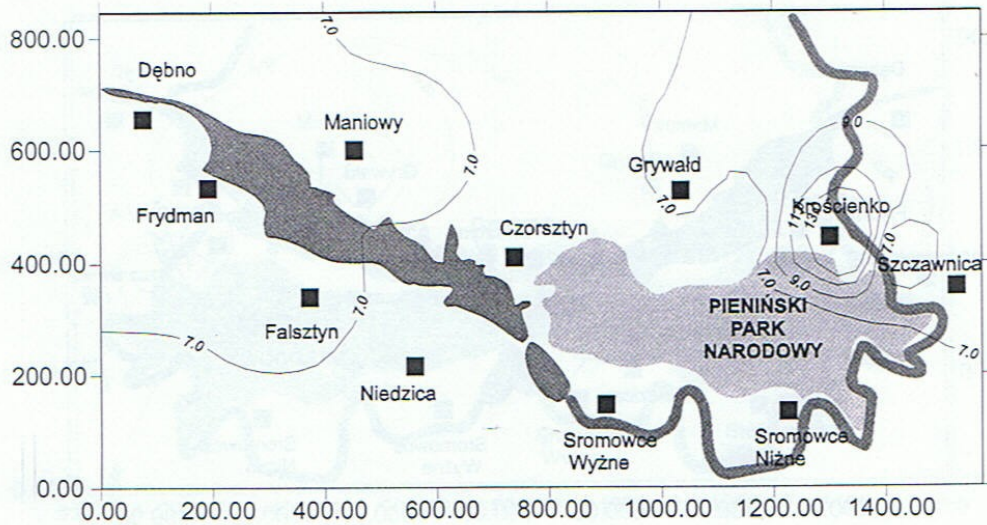
Ryc. 5. Rozkład przestrzenny dwutlenku siarki w lutym 1996 r.
Spatial distribution of SO₂ in July 1996.



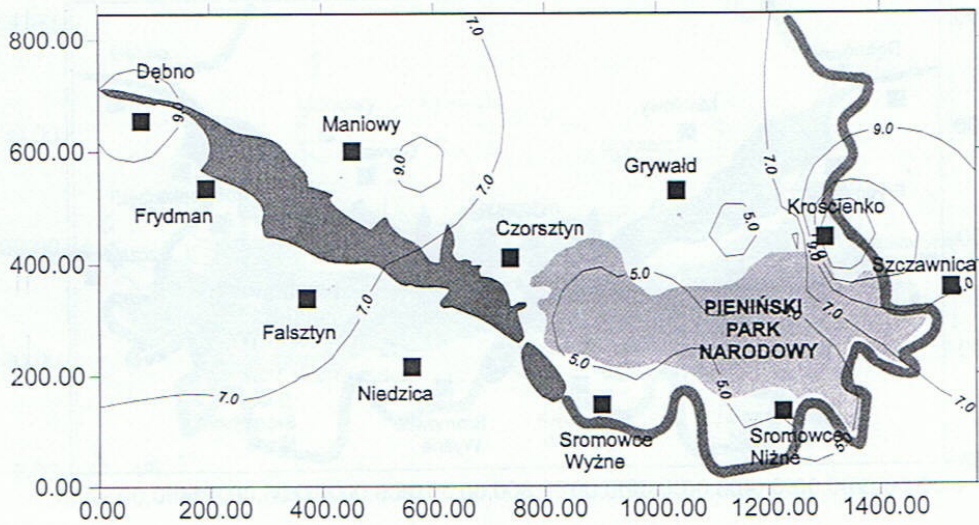
Ryc. 6. Rozkład przestrzenny dwutlenku siarki w lutym 1997 r.
Spatial distribution of SO₂ in February 1997.

ższe stężenie SO₂, wynoszące 60 µg/m³, zanotowano w Krościenku, a najwyższe stężenie dwutlenku azotu, wynoszące 18 µg/m³, zanotowano w Dębnie. Zmienił się również udział poziomów stężeń w stosunku do roku 1996. W około 45% obserwacji stężenia były większe od 10 µg/m³.

Dla uzyskanych wyników pomiarów podjęto próbę sporządzenia mapy rozkładu przestrzennego NO₂ jak i SO₂ (Ryc. 3–10). Mapy wykonano w programie Surfer, stosując do tworzenia izolinii interpolację liniową (metoda kryningu).
Mapy rozkładu przestrzennego stężeń dwu-



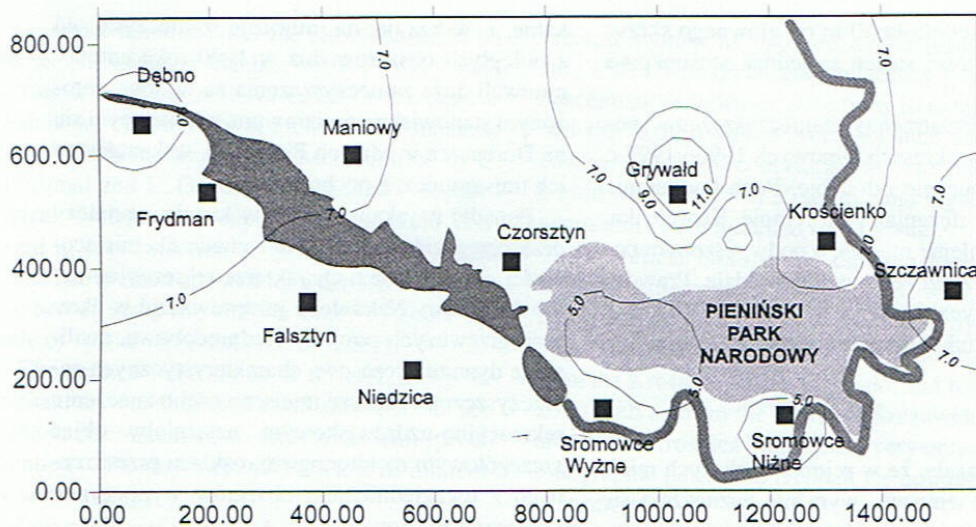
Ryc. 7. Rozkład przestrzenny dwutlenku azotu w lipcu 1996 r.
Spatial distribution of NO_2 in July 1996.



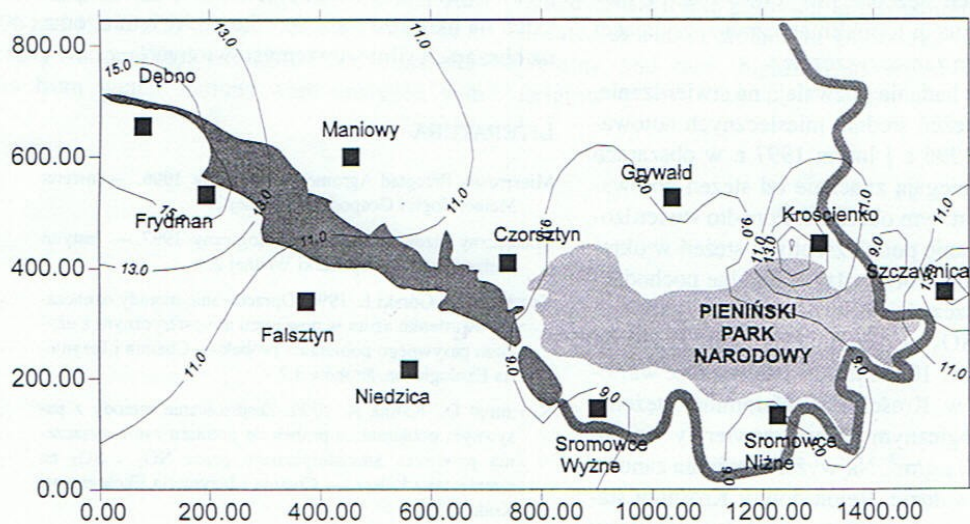
Ryc. 8. Rozkład przestrzenny dwutlenku azotu w lipcu 1997 r.
Spatial distribution of NO_2 in July 1997.

tlenku siarki dla lipca 1996 r. i 1997 r. wskazują, że najwyższe stężenia występują w rejonie Krościenka i Szczawnicy. Wartości stężeń są jednak bardzo niewielkie.

Analogicznie jak w okresie letnim, w lutym 1996 r. i 1997 r. najwyższe stężenia notowane były w rejonie Krościenka. Przy tworzeniu mapy rozkładu dla lutego 1996 r. odrzucono wyniki



Ryc. 9. Rozkład przestrzenny dwutlenku azotu w lutym 1996 r.
Spatial distribution of NO_2 in february 1996.



Ryc. 10. Rozkład przestrzenny dwutlenku azotu w lutym 1997 r.
Spatial distribution of NO_2 in february 1997.

pomiarów uzyskanych z punktów położonych na szczycie Trzech Koron i Szopce, ze względu na to, że zbyt odbiegają one od pozostałych pomiarów.

Mapy rozkładu przestrzennego stężeń dwutlenku azotu dla lipca 1996 r. i 1997 r. wskazują, że

zanieczyszczenia te koncentrują się najbardziej w rejonie Krościenka i Szczawnicy. Wynika to najprawdopodobniej z tego, iż w pobliżu punktów pomiarowych znajdowały się ruchliwe szlaki komunikacyjne. Szczególnie widoczne to było w Krościenku, gdzie punkt pomiarowy znajdował

się w odległości około 50 m od głównego skrzyżowania. Wartości stężeń są jednak stosunkowo niewielkie.

Rozkład przestrzenny zanieczyszczenia powietrza NO₂ w okresach zimowych 1996 i 1997 r. odbiega nieznacznie od siebie. Poza tradycyjnie najwyższymi stężeniami w rejonie Krościenka, pojawia się kolejne miejsce o podwyższonym poziomie zanieczyszczeń – w Grywałdzie. Prawdopodobnie przyczyną tego był wywóz obornika w bliskości punktu pomiarowego.

WNIOSKI

Badania wykazały, że w rejonie większych miejscowości w Pieninach, wyraźnie zaznaczają się „obszary” podwyższonych stężeń badanych polutantów. Ogólnie na przeważającym terenie objętym badaniami zanieczyszczeń nie stwierdzono wysokich stężeń. Potwierdza się jedynie fakt lokalnych dużych stężeń w miejscowościach o niekorzystnej sytuacji topoklimatycznej sprzyjającej koncentracjom zanieczyszczeń.

Wykonane badania pozwalają na stwierdzenie, iż poziomy stężeń średnio miesięcznych notowane w lutym 1996 r. i lutym 1997 r. w obszarach miejskich odbiegają znacznie od stężeń notowanych na pozostałym obszarze. Ponadto stwierdzono występowanie podwyższonych stężeń w okresach zimowych. Potwierdza to lokalne pochodzenie zanieczyszczeń.

Stężenia SO₂ w okresie zimowym zawierały się w przedziale 10–60 µg/m³ i największe wartości osiągały w Krościenku. Natomiast stężenia NO₂ w analogicznym okresie zawierały się pomiędzy 5 a 20 µg/m³. Najwyższe stężenia zanotowano w Grywałdzie. Rejon doliny Krośnicy stanowi bardzo niekorzystny układ topograficzny sprzyjający koncentracjom zanieczyszczeń. Spływające chłodne powietrze ze stoków Lubania (Gorce) i Pienin sprzyja zaleganiu inwersji. Wykonane pomiary potwierdzają teoretyczne prognozy biotopoklimatyczne zagrożenia ludzkich osiedli imisją gazowych zanieczyszczeń powietrza.

Zastanawiające są natomiast wyniki uzyskane w wyższych partiach Pienin otwartych na migrację różnych mas powietrza. Stosunkowo duże poziomy stężeń raczej wykluczają pochodzenie lo-

kalne i wskazują na migrację zanieczyszczeń z odległych obszarów. Już w 1990 roku autorzy notowali duże zanieczyszczenia na wysoko położonym stanowisku pomiarowym, znajdującym się na Durbaszce w Małych Pieninach, wskazując na ich transgraniczne pochodzenie.

Ponadto uzyskane wyniki wskazują, że należy przeprowadzić szczegółowe badania dla miejscowości, szczególnie o charakterze rekreacyjno-uzdrowiskowym. Należałoby przeprowadzić w okresach grzewczych pomiary średniodobowe, analizując dynamikę czasową charakterystycznych zanieczyszczeń. Większe miejscowości o znaczeniu rekreacyjno-uzdrowiskowym należałoby objąć szczegółowym monitoringiem rozkładu przestrzennego z uwzględnieniem obszarów wypoczynku i rekreacji zbiorowej.

Przeprowadzone badania wskazują, że metoda pasywna zastosowana w badaniach ma sens jedynie w okresie wysokich stężeń, tj. w okresach grzewczych, przypadających w warunkach polskich na okres od października do kwietnia, oraz na obszarach silnie uprzemysłowionych.

LITERATURA

- Miesięczny Przegląd Agrometeorologiczny. 1996. — Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej 2.
- Miesięczny Przegląd Agrometeorologiczny. 1997. — Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej 2.
- Krochmal D., Górski L. 1996. Opracowanie metody oznaczania dwutlenku azotu w powietrzu atmosferycznym z użyciem pasywnego pobierania próbek — *Chemia i Inżynieria Ekologiczna*, Kraków 3.2.
- Krochmal D., Kalina A. 1996. Zastosowanie metody z pasywnym pobieraniem próbek do pomiaru zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego przez NO₂ i SO₂ na terenie całej Polski. — *Chemia i Inżynieria Ekologiczna*, Kraków 3.3.
- Miczyński J., Zawora T., Kozak J. 1995. Przemysłowy rozkład zanieczyszczeń powietrza w Szczawnicy i okolicy. — *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 45: 391–396.
- Zasady projektowania elementów sieci monitoringu zanieczyszczenia atmosfery. 1991. Biblioteka Monitoringu Środowiska. — Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska.

SUMMARY

Pieniny National Park is surrounded by settlements which emit large quantities of pollution

over winter months. After the close of studies on the air pollution by the Instytut Badawczy Leśnictwa, a sampling network based on the passive method was established in Pieniny. The Japanese Amaya-Sugiura sampling method modified by D. Krochmal and L. Górski of the Kraków Technological College was applied. The method consisted in the collection of gas pollution by samplers. The method allowed for establishing a large number of sampling sites in order to apply the scale of spatial representation of results.

The studies were aimed at differentiating the aerosanitary conditions of small submountain settlements in comparison to rural areas with special attention to Pieniny National Park and its immediate surroundings.

Two pollutants were analyzed namely NO_2 and SO_2 which together with the suspended dust are the major pollutants generated by fuel combustion and occurring in all cities of Poland. The studies were made in the months of February and July 1996 and 1997 in 29 sites (14 sites were located in Pieniny National Park and 15 in its environs). Results from winter months were analyzed with

greatest scrutiny as opposed to the results from July which were on the edge of accuracy. The SO_2 concentrations in winter were from 10 to $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, and the highest values were obtained for Krościenko. The NO_2 concentrations over the same period were from 5 to $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, and highest concentrations were recorded for Grywałd.

Theoretical biotope and climatic forecast for housing settlements to be threatened with the immission of gas pollution was confirmed by sampling. The highest concentrations were recorded from the Krośnica Valley, Grywałd, and Krościenko as well as from the center of Szczawnica. The area of the Krośnica Valley has a very unfavorable topographic pattern convenient for pollution concentration.

Results obtained for higher parts of Pieniny which are open to the migration of different air masses, indicate the migration of pollution from other distant areas. As early as 1990, the authors noted considerable pollution in the sampling site located at a high altitude in Dubraszka in Małe Pieniny and they highlighted its transboundary origins.