

Janusz KOZAK<sup>1</sup> i Piotr SURYŁO<sup>2</sup>

## PRZESTRZENNA ZMIENNOŚĆ STĘŻENIA DITLENKU SIARKI NA OBSZARZE BIELSKA-BIAŁEJ

### SPATIAL VARIABILITY OF SULFUR DIOXIDE CONCENTRATION IN BIELSKO-BIALA AREA

**Abstrakt:** Dytlenek siarki jest jednym ze wskaźnikowych gazów, które decydują o jakości powietrza atmosferycznego, zwłaszcza na obszarach aglomeracji miejskich. Pochodzi on zarówno z emisji przemysłowej, jak i ze źródeł lokalnych (tzw. niskiej emisji). Celem pracy była analiza rozkładu przestrzennego ditlenku siarki na obszarze Bielska-Białej oraz opracowanie mapy jakości powietrza z uwzględnieniem indeksu jakości powietrza dla badanego polutanta. W pracy wykorzystano materiały z przeprowadzonych w 2012 r. badań własnych, zrealizowanych w oparciu o japońską metodę Amaya-Sugiura w modyfikacji Krochmala. Materiał badawczy pochodził z ekspozycji próbników pasywnych na 30-50 stanowiskach pomiarowych, rozmieszczonych z uwzględnieniem zróżnicowanej topografii oraz form zagospodarowania terenu w granicach administracyjnych gminy Bielsko-Biała. Na podstawie miesięcznych stężeń ditlenku siarki, wahających się od  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na obszarach pozamiejskich do  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  w centrum miasta, oraz przyjętych klas indeksu jakości powietrza opracowano mapę bonitacyjną sytuacji arosanitarnej.

**Słowa kluczowe:** zanieczyszczenie atmosfery, stężenie  $\text{SO}_2$ , indeks jakości powietrza, Bielsko-Biała

Dytlenek siarki ( $\text{SO}_2$ ) pochodzący głównie z emisji przemysłowej, jak również ze źródeł lokalnych (tzw. niskiej emisji) jest jednym ze wskaźnikowych gazów, które decydują o jakości powietrza atmosferycznego, zwłaszcza na obszarach aglomeracji miejskich. Wahania stężenia  $\text{SO}_2$  w powietrzu (imisja) zależą głównie od charakteru i wielkości emisji oraz warunków meteorologicznych. Ważnym elementem jest również wpływ rzeźby i pokrycia terenu na zmienność tego polutanta w powietrzu [1]. Obraz kartograficzny emisji ditlenku siarki może być dobrym odzwierciedleniem aktualnego stanu geokompleksu miasta [2]. Prowadzone pomiary zanieczyszczeń powietrza przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska na terenie Bielska-Białej tylko w jednym punkcie dają niepełny obraz sytuacji arosanitarnej miasta, tym bardziej, że w granicach administracyjnych miasta spotyka się ogromną zmienność warunków topograficznych, klimatycznych i urbanistycznych. Zastosowano więc do badań pomiary pasywne. Metoda, ze względu na możliwość prowadzenia pomiarów w warunkach terenowych bez potrzeby wykorzystywania zaawansowanej i drogiej aparatury pomiarowej, idealnie nadaje się do analiz zmienności przestrzennej w sytuacji, gdzie wystarczające są wartości średniej miesięcznej stężenia  $\text{SO}_2$  [3-7]. Wcześniejsze lokalne badania pokazały dużą zmienność w obrębie poszczególnych dzielnic miasta [8].

<sup>1</sup> Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, tel. 33 827 91 87, email: jkozak@ath.bielsko.pl

<sup>2</sup> Instytut Chemii i Technologii Nieorganicznej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24 (C-1), 31-155 Kraków, tel. 12 628 27 07, email: pesur@chemia.pk.edu.pl

\*Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole '13, Jarnołtówek, 23-26.10.2013

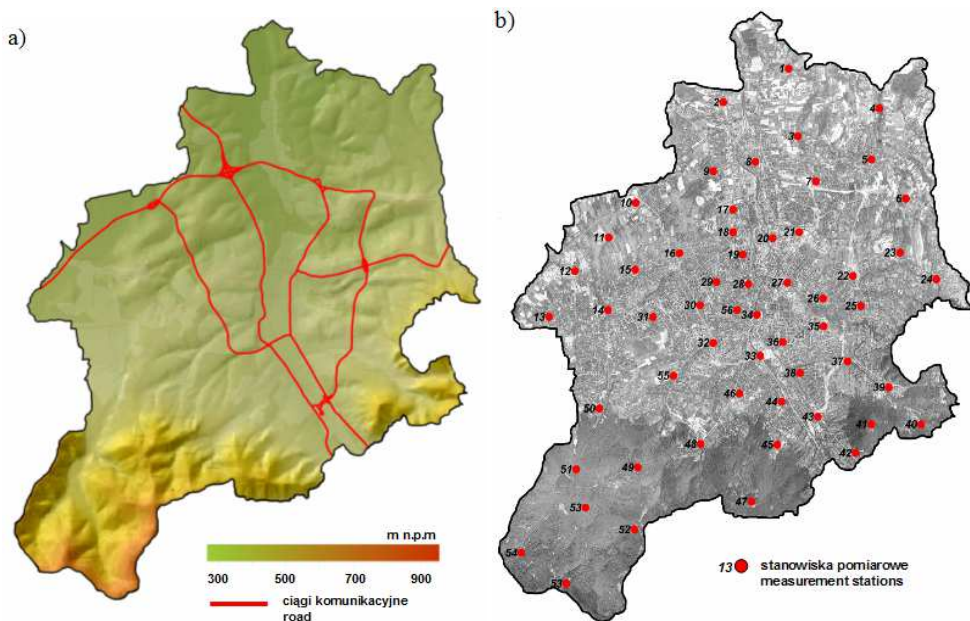
## Metody

Do pomiarów zmienności przestrzennej ditlenku siarki zastosowano japońską metodę Amaya-Sugiura w modyfikacji Krochmala, wykorzystującą pasywną ekspozycję materiału absorbującego [9-11]. Dla zapewnienia dokładności pomiarów w każdym punkcie równocześnie ekspozowane były 3 próbniki, natomiast wartość ślepej próby obliczono na podstawie dodatkowych, nieekspozowanych próbników.



Rys. 1. Próbniki pasywne (PN-98 Z-04092/08)

Fig. 1. Passive samplers (PN-98 Z-04092/08)



Rys. 2. Lokalizacja stanowisk pomiarowych (a) oraz infrastruktura miejska i warunki topograficzne (b) na obszarze Bielska-Białej. Źródło: geortal.gov.pl

Fig. 2. Location of measuring stations (a), urban infrastructure and topography (b) in the area of Bielsko-Biala  
Source: geortal.gov.pl

Jako ostateczną wartość stężenia w danym punkcie przyjęto średnią arytmetyczną z trzech próbników, odrzucając wartości różniące się więcej niż 25% od średniej. Wszystkie oznaczenia wykonano w laboratorium Politechniki Krakowskiej. Próbniki eksponowano w terenie, kierując się ogólnymi zasadami projektowania sieci monitoringu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska [12].

Przed instalacją (ekspozycją) próbników (rys. 1b), służących do pomiarów zanieczyszczenia powietrza, wybrano charakterystyczne stanowiska reprezentujące określone typy zagospodarowania przestrzennego terenu (rys. 2a). Próbniki eksponowano w terenie w interwałach miesięcznych przez okres całego 2012 r.

## Wyniki i dyskusja

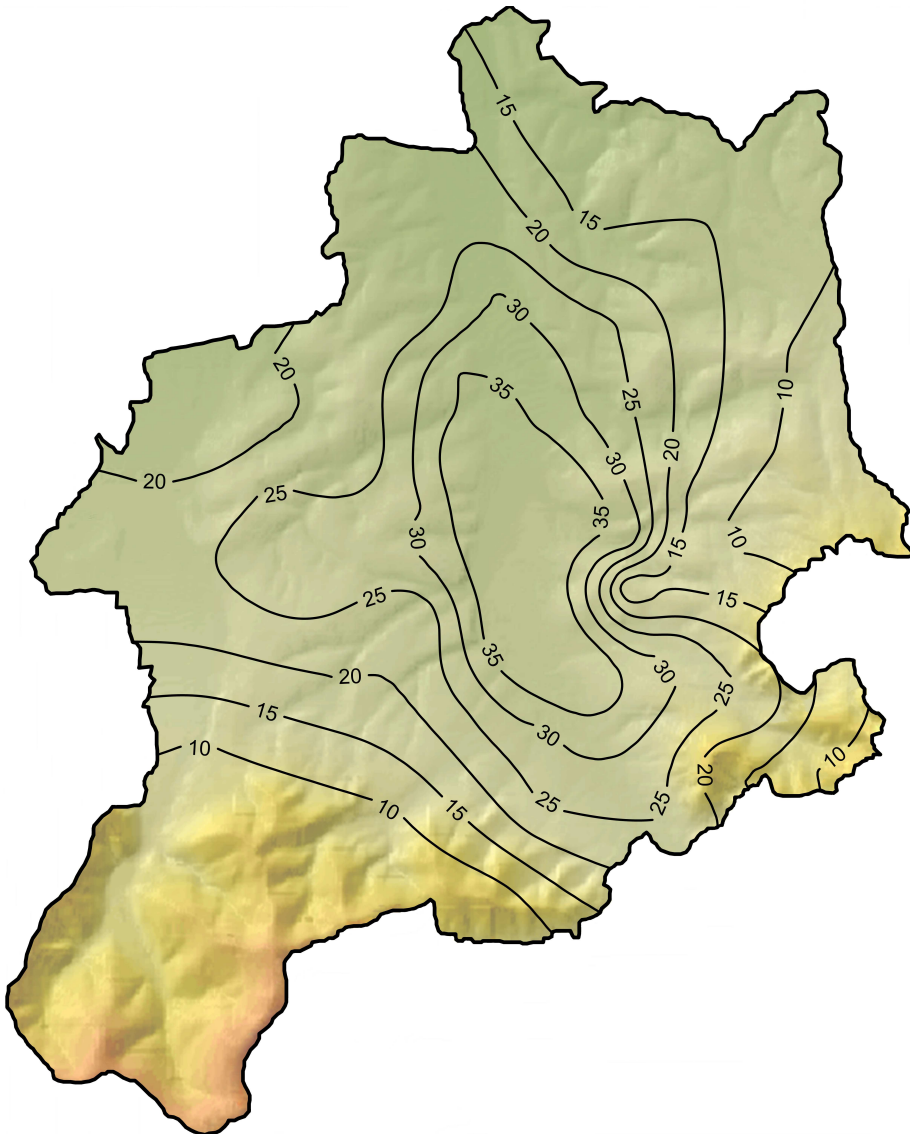
Przeprowadzone całoroczne pomiary na badanym obszarze pokazały dużą zmienność stężenia ditlenku siarki ( $\text{SO}_2$ ), zależną od pory roku i związaną z tym czynnikiem emisyjnym, jakim są lokalne indywidualne źródła ogrzewania. W okresie letnim stężenie  $\text{SO}_2$  jest prawie cztery razy niższe niż w okresie zimowym (grzewczym) oraz obserwowane jest stosunkowo małe zróżnicowanie przestrzenne stężeń. Natomiast w okresie zimowym (grzewczym) obserwuje się (tab. 1) duże zróżnicowanie stężeń ditlenku siarki ( $\text{SO}_2$ ) uwarunkowane źródłami emisji, formami zagospodarowania terenu (rodzaj zabudowy, tereny przemysłowe, ciągi komunikacyjne), topografią i lokalnymi warunkami meteorologicznymi (temperatura powietrza, inwersja w dolinie rzeki Białej oraz słabe lub dobre przewietrzanie).

Tabela 1  
Przedziały wartości stężeń  $\text{SO}_2$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] w imisji dla różnych form zagospodarowania przestrzennego terenu z podziałem na pory roku

Table 1  
The ranges of concentrations of  $\text{SO}_2$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] in immission for various forms of spatial development of the division on the time of year

Zagospodarowanie terenu	$\text{SO}_2$ - imisja [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		
	Rok	Zima (okres grzewczy)	Lato
Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej (ogrzewanie indywidualne)	20-26	26-42	5-15
Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej (ogrzewanie centralne)	15-18	15-25	5-10
Tereny zabudowy jednorodzinnej	10-21	15-35	5-15
Tereny obiektów produkcyjnych, składów i magazynów	18-24	20-40	5-15
Tereny rekreacyjne i zieleni miejskiej i rolnicze	10-15	10-20	5-10
Tereny leśne	>10	>10	>5
<b>Średnie dla całego obszaru badawczego</b>	<b>18</b>	<b>26</b>	<b>7</b>

Duże zróżnicowanie stężenia  $\text{SO}_2$  w okresie zimowym (grzewczym) pozwoliło na opracowanie kartograficzne zmienności stężenia badanego polutanta (rys. 3).

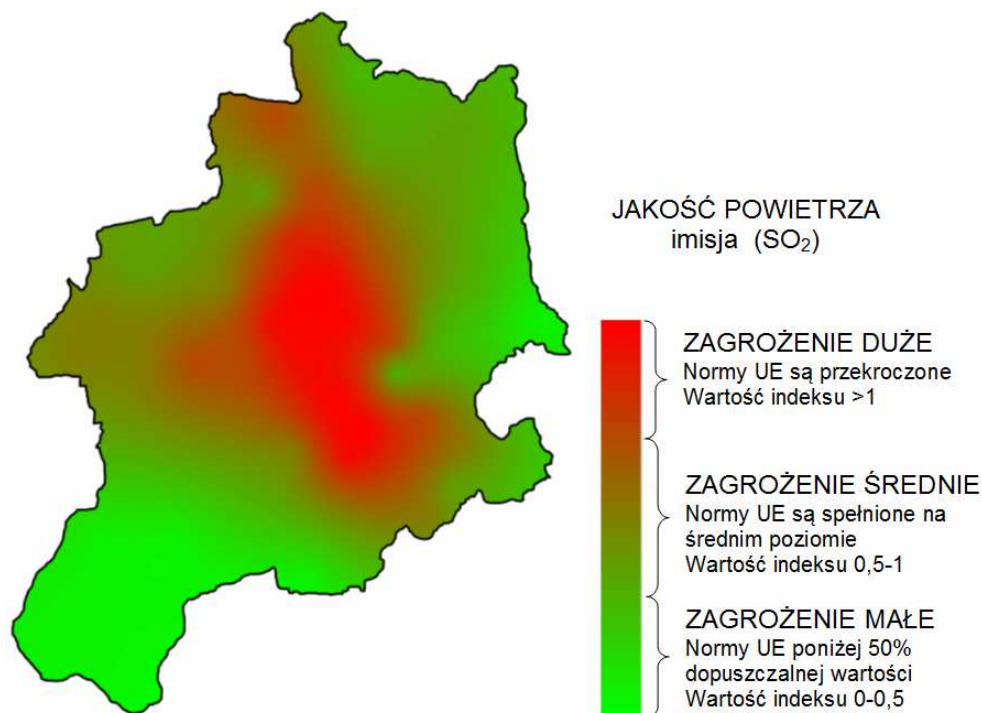


Rys. 3. Rozkład przestrzenny stężenia  $\text{SO}_2$  (imisja) na terenie Bielska Białej w zimie 2012 r.

Fig. 3. The spatial distribution of  $\text{SO}_2$  concentration (immission) in Bielsko-Biala in winter of 2011

W celu zaprezentowania informacji o jakości powietrza w sposób zrozumiały i porównywalny wszystkie wartości stężeń  $\text{SO}_2$  (imisja) zostały przekształcone w roczny indeks jakości powietrza, który oparty jest na rocznych europejskich normach badanego polutanta [13, 14]. Za wartość graniczną jakości powietrza przyjęto indeks równy 1, odpowiadający aktualnej rocznej dopuszczalnej normie ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Tak opracowane

wyniki przedstawione zostały w formie mapy (rys. 4) stopnia zagrożenia obszaru miasta imisją ditlenku siarki. Widać na nich, że największe zagrożenie występuje w ścisłym centrum miasta o dużym wpływie infrastruktury komunalno-transportowej oraz niekorzystnych warunkach topoklimatycznych (częste inwersje temperatur powietrza).



Rys. 4. Ocena stopnia zagrożenia Bielska-Białej imisją ditlenku siarki w 2012 r.

Fig. 4. Evaluation of the degree of risk of Bielsko-Biala immission of sulfur dioxide in 2012

### Wnioski

1. Analiza rozkładu przestrzennego ditlenku siarki na obszarze Bielska-Białej wykazała duże zróżnicowanie wielkości stężeń w zależności od pory roku, warunków topograficznych, jak również infrastruktury miejskiej.
2. Wpływ infrastruktury komunalno-transportowej na koncentrację ditlenku siarki jest istotny głównie w okresie zimowym (grzewczym).
3. Z przeprowadzonej bonitacji stopnia zagrożenia imisją ditlenku siarki dla obszaru miasta wynika, że najbardziej zagrożonymi terenami są ściśle centrum miasta o zwartej zabudowie oraz tereny przemysłowe.

### Literatura

- [1] Siuta J. Siarka w biosferze. Warszawa: PWRiL; 1980.
- [2] Bartkowski T. Zastosowania geografii fizycznej. Warszawa: PWN; 1986.

- [3] Śnieżek T, Degórska A. Pasywna metoda pomiaru wybranych zanieczyszczeń powietrza na potrzeby oceny jakości powietrza w Polsce. *Monitoring Środ Przynr.* 2009;10:19-27. [http://www.ujk.edu.pl/ios/wydawnictwa/z10/sniezek\\_degorska.pdf](http://www.ujk.edu.pl/ios/wydawnictwa/z10/sniezek_degorska.pdf).
- [4] He J, Xu H, Balasubramanian R, Chan CY, Wang C. Comparison of NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> measurements using different passive samplers in tropical environment. *Aerosol Air Qual Res.* 2014;14:355-363. DOI: 10.4209/aaqr.2013.02.0055.
- [5] Byanju RM, Gewali MB, Manandhar K. Passive sampling of ambient nitrogen dioxide using local tubes. *J Environ Prot.* 2012;3:177-186. DOI: 10.4236/jep.2012.32022.
- [6] Akdemir A. The creation of pollution mapping and measurement of ambient concentration of sulfur dioxide and nitrogen dioxide with passive sampler. *J Environ Health Sci Eng.* 2014;12:111. DOI: 10.1186/s40201-014-0111-9.
- [7] Tang H. Introduction to Maxxam all-season passive sampling system and principles of proper use of passive samplers in the field study. *Proceedings of the International Symposium on Passive Sampling of Gaseous Air Pollutants in Ecological Effects Research.* The Scientific World. 2001;1:463-474. DOI: 10.1100/tsw.2001.80.
- [8] Kozak J. Rozkład przestrzenny ditlenku siarki w okresie grzewczym 2005/2006 na obszarze Straconki (Bielsko-Biała). *Ochr Środ Zas Nat.* 2009;38:149-153. <http://www.ios.edu.pl/pol/wydawnictwa/nr38.pdf>.
- [9] Krochmal D, Kalina A. Zastosowanie metody z pasywnym pobieraniem próbek do pomiaru zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego przez NO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub> na terenie całej Polski. *Chem Inż Ekol.* 1996;3:325-335.
- [10] Krochmal D, Kalina A. Porównanie międzylaboratoryjne w zakresie oznaczania SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO i CO w powietrzu atmosferycznym. *Chem Inż Ekol.* 1998;5:315-329.
- [11] Krochmal D, Kalina A. A method of nitrogen dioxide and sulfur dioxide determination in ambient air by use of passive samplers and ion chromatography. *Atmos Environ.* 1997;31:3473-3479. DOI: 10.1016/S1352-2310(97)00154-4.
- [12] *Zasady projektowania elementów sieci monitoringu zanieczyszczenia atmosfery.* Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa: PIOŚ; 1991.
- [13] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu. *DzU 2010, Nr 16, poz. 87.*
- [14] <http://www.airqualitynow.eu/pl>.

## SPATIAL VARIABILITY OF SULFUR DIOXIDE CONCENTRATION IN BIELSKO-BIALA AREA

<sup>1</sup> Institute of Environmental Protection and Engineering, University of Bielsko-Biala, Poland

<sup>2</sup> Institute of Inorganic Chemistry and Technology, Krakow University of Technology, Poland

**Abstract:** Sulphur dioxide is one of the indicator gases that affect the air quality, especially in urban areas. It comes mostly from industrial emissions as well as from local sources (so-called low emission). The aim of this study was to analyze the spatial distribution of sulfur dioxide in Bielsko-Biala area and to develop maps of the air quality taking into account the air quality index for the pollutant tested. The paper includes test results obtained by means of a Japanese method (the Amaya-Sugiura's method) modified by Krochmal. The research material came from the exposure of passive samplers located in 30-40 measuring stands in administrative boundary of Bielsko-Biala. The samplers were distributed taking into account a diversity of topography and a land development plan. On the basis of month concentrations of sulfur dioxide ranging from 5 µg/m<sup>3</sup> in non-urban areas to 20 µg/m<sup>3</sup> in the city center and accepted classes of the air quality index, a bonitation map of air quality situation was made.

**Keywords:** air pollution, SO<sub>2</sub> concentration, index of air quality, Bielsko-Biala