

PRACE GEOGRAFICZNE, zeszyt 136

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ

Kraków 2014, 61–80

doi: 10.4467/20833113PG.14.004.1642

ZMIANY ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA W WAŁBRZYSKIM OKRĘGU PRZEMYSŁOWYM W LATACH 1975–2000

Jan Wójcik

Changes in air pollution in the Wałbrzych Industrial District in Poland in 1975–2000

Abstract: The article presents the variation of air pollution in the Wałbrzych Industrial District in 1975–2000 at its spatial and temporal aspects. It was found that within 1975–1986 air pollution occurred here at a significant level and acceptable standards of dust and gas concentrations were often exceeded here. In the period of 1987–1994 there was a significant decrease in the concentrations of pollutants in the air, usually below acceptable standards. It was related to the economic crisis at the end of the 1980s and the restructuring of the industry in due to the economic transformation in Poland in the last decade of the 20th century. In 1995–2000, the concentrations of most pollutants in the air does not exceed acceptable standards. The changes in air pollution in the Wałbrzych Industrial District in the period of the economic transformation are similar to the ones which occurred in other industrialised areas e.g. the Upper Silesia Industrial District (Poland), in the Ostrava-Karvina Industrial District (Czech Republic) as well as within the border areas of Poland, Czech Republic and Germany where the energy sector based on brown coal.

Keywords: air pollution, pollution emission, industrial restructuring, Wałbrzych Industrial District

Zarys treści: W artykule przedstawiono zróżnicowanie i zmienność zanieczyszczenia powietrza w Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym w latach 1975–2000. Stwierdzono, że w latach 1975–1986 występowało tu znaczne zanieczyszczenie powietrza, a normy dopuszczalne stężeń pyłów i gazów często były wielokrotnie przekroczone. W okresie 1987–1994 zaznaczył się znaczny spadek emisji badanych zanieczyszczeń w powietrzu zwykle poniżej norm dopusz-

czalnych. Wiązało się to z kryzysem ekonomicznym pod koniec lat 80. oraz restrukturyzacją gospodarki i likwidacją tradycyjnych gałęzi przemysłu w regionie w ostatniej dekadzie XX w. W latach 1995–2000 stężenia większości zanieczyszczeń w powietrzu nie przekraczały norm dopuszczalnych. Zmiany w zanieczyszczeniu powietrza w Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym w okresie transformacji gospodarczej są podobne do tych, jakie wystąpiły w innych obszarach uprzemysłowionych m.in. w Górnośląskim, Ostrawsko-Karwińskim oraz na obszarze pogranicza Polski, Czech i Niemiec.

Słowa kluczowe: zanieczyszczenie powietrza, emisja zanieczyszczeń, restrukturyzacja przemysłu, Wałbrzyski Okręg Przemysłowy

Wprowadzenie

Cechą charakterystyczną niektórych terenów uprzemysłowionych jest znacznie zanieczyszczone powietrze. Przykładem takiego obszaru był Wałbrzyski Okręg Przemysłowy. Jeszcze na początku ostatniej dekady XX w. działały tu kopalnie węgla kamiennego i barytu, koksownie, elektrocieplownie, huta szkła i fabryki porcelany. Stare zakłady przemysłowe były w złym stanie technicznym oraz stosowano tam przeważnie przestarzałe technologie (Czocher i in. 1978; Piotrowski 1979; Wójcik 1993, 2011). W okresie transformacji gospodarczej większość zakładów reprezentujących tradycyjne gałęzie przemysłu w regionie zlikwidowano (Burdek, Zasłuż 1994–1995; Wojtaś 1997). Jednocześnie na peryferiach Wałbrzycha rozwinął się przemysł ceramiczny, samochodowy i nowoczesnych technologii. Zmieniły się struktura i rozmieszczenie przemysłu. Wywarło to istotny wpływ na środowisko przyrodnicze, zwłaszcza na jakość powietrza w regionie.

Celem artykułu jest ocena różnicowania przestrzennego i zmienności czasowej zanieczyszczenia powietrza w Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym w latach 1975–2000. Okres badań obejmuje schyłek intensywnego rozwoju przemysłu w regionie (1975–1989) oraz lata jego restrukturyzacji (1990–2000).

Dane i metody opracowania

W artykule wykorzystano różnorodne materiały (w tym niepublikowane) znajdujące się w archiwach instytucji zajmujących się badaniem stanu środowiska w regionie. Dane o zanieczyszczeniu powietrza pochodzą z opracowań Inspekcji Ochrony Środowiska i Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Wałbrzychu, a także z dokumentów zakładów przemysłowych rejestrujących emisję i imisję zanieczyszczeń. Brano pod uwagę opad pyłu oraz średnie roczne stężenia pyłu zawieszonego, SO_2 , NO_2 , mgły H_2SO_4 , formaldehydu (HCHO), siarkowodoru (H_2S) i fluoru (F). Skorzystano z publikowanych od 1989 r. raportów i ocen stanu środowiska

w województwach wałbrzyskim i dolnośląskim oraz ze źródeł niepublikowanych znajdujących się w archiwach wyżej wymienionych instytucji oraz kopalni węgla kamiennego i zakładów koksowniczych „Wałbrzych” z lat 1975–1988. Ze względu na zapisywanie informacji o zanieczyszczeniu powietrza w różnych jednostkach (do 1989 r. zwykle w $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ i od 1990 r. w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) i możliwość porównania tych danych dokonano przeliczenia stężeń zanieczyszczeń z miligramów na mikrogramy. W omawianym okresie następowały też kilkakrotnie zmiany norm dopuszczalnych stężeń omawianych zanieczyszczeń powietrza, dlatego w artykule przyjęto normy dopuszczalne obowiązujące w Polsce w 2000 r.

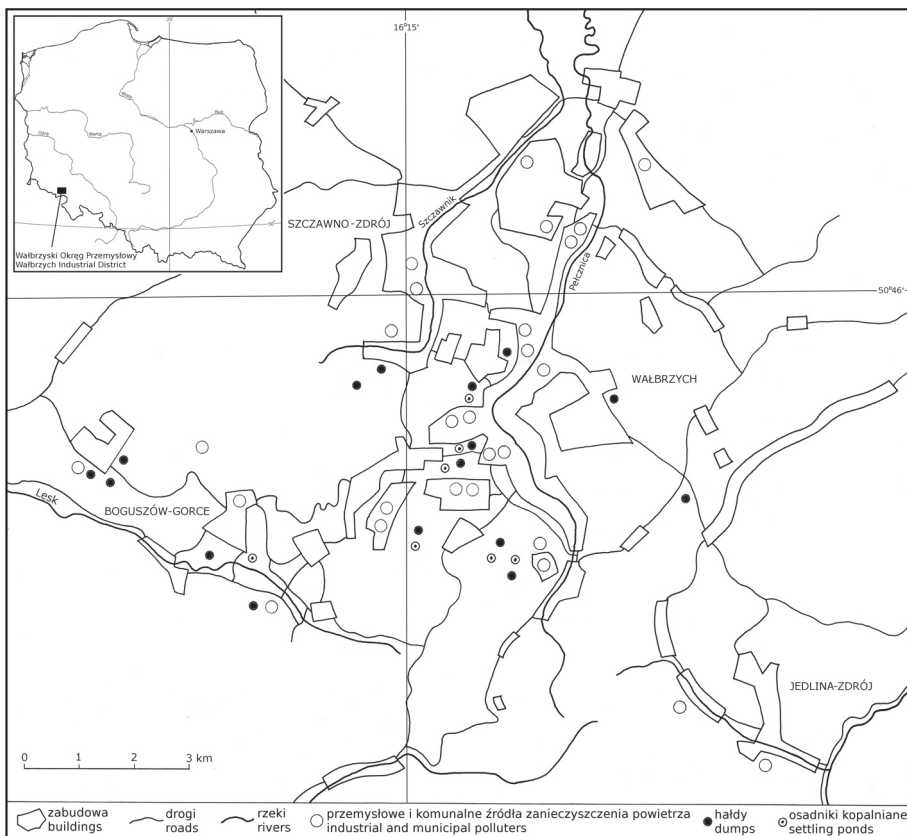
Wałbrzyski Okręg Przemysłowy leży w Sudetach i obejmuje swym zasięgiem wałbrzyski zespół miejski. Zajmuje 144 km^2 i tworzą go 4 miasta: Wałbrzych oraz sąsiadujące z nim Szczawno-Zdrój, Jedlina-Zdrój i Boguszków-Gorce (ryc. 1). Wałbrzych i Boguszków-Gorce to miasta o dominującej funkcji przemysłowej. Pozostałe dwa pełnią głównie funkcje sanatoryjną i wypoczynkową, ale są ściśle powiązane ekonomicznie i komunikacyjnie z Wałbrzychem.

Wyróżniono dwie grupy czynników wpływających na wystąpienie zanieczyszczenia powietrza: pierwotne i wtórne. Do pierwszej z nich zaliczono źródła emisji zanieczyszczeń, do drugiej uwarunkowania naturalne. Rozmieszczenie źródeł emisji było nierównomierne, a także zmieniało się w czasie. Dodatkowo w latach 1975–2000 zmieniała się zarówno ilość, jak i jakość emitowanych zanieczyszczeń. Czynniki wtórnymi wpływającymi na rozprzestrzenianie się i stężenie pyłów oraz gazów w powietrzu, były warunki naturalne: urozmaicona rzeźba terenu, a zwłaszcza duże wysokości względne (do 450 m), zróżnicowane kierunki i prędkości wiatrów, a także różne zagospodarowanie i pokrycie terenu.

Źródła i wielkość emisji zanieczyszczeń

Zanieczyszczenie powietrza w badanym obszarze wiązało się głównie z przemysłem i gospodarką komunalną. Źródłami emisji pyłów i gazów były także motoryzacja, domowe piece węglowe oraz czynne i niezrehabilitowane hałdy oraz pozbawione wody osadniki kopalniane.

W latach 1975–1990, kiedy przemysł dominował w gospodarce badanego obszaru, emisja przemysłowa w Wałbrzychu stanowiła 70%, w Boguszkowie-Gorcach 60%, a w Jedlinie-Zdroju 40% całkowitej wielkości emisji zanieczyszczeń w tych miastach. W Szczawnie-Zdroju nie było przemysłowych źródeł zanieczyszczenia powietrza. W latach 1991–2000 w Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym zlikwidowano większość zakładów przemysłowych zanieczyszczających powietrze, co spowodowało spadek emitowanych zanieczyszczeń w Wałbrzychu do 40%, w Boguszkowie-Gorcach do 30%, a w Jedlinie-Zdroju do 25% całkowitej wielkości emisji.



Ryc. 1. Rozmieszczenie głównych źródeł emisji zanieczyszczeń powietrza w Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym

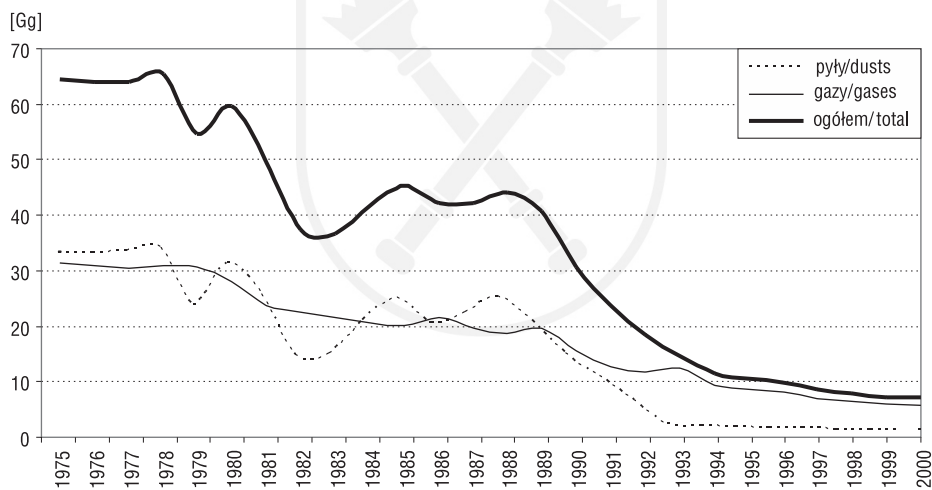
Fig. 1. Distribution of the major sources of emissions of air pollution in the Wałbrzych Industrial District

Wielkość emisji zanieczyszczeń zmieniała się od 7,1 tys. Mg w 2000 r. do 65,4 tys. Mg w 1978 r. (ryc. 2). Ogółem do atmosfery wydostało się 925,7 tys. Mg pyłów i różnych gazów. Najwięcej zanieczyszczeń wprowadzono do powietrza w latach 1975–1980 (54,7–65,4 tys. Mg rocznie), znacznie mniej w okresie 1984–1989 (40,7–45,3 tys. Mg rocznie), najmniej w latach 1994–2000 (7,1–11,4 tys. Mg rocznie). Lata 1980–1984 oraz 1989–1994 r. były okresami przejściowymi, w których rozpoczął się trend spadkowy emitowanych zanieczyszczeń. W pierwszym z wyżej wymienionych okresów emisja pyłów i gazów spadła o 38%, a w drugim o 72%. Ogólnie wielkość emisji zanieczyszczeń w Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym

w latach 1975–2000 stopniowo malała, a proces ten charakteryzował się zróżnicowaną dynamiką. Największe tempo zmian wystąpiło na początku lat 80. i 90. XX w. W latach 1985–1989 i 1997–2000 spadek emisji zanieczyszczeń był wolniejszy, na początku zaś analizowanego okresu (1975–1979) wystąpiły nieznaczne zmiany wielkości emisji.

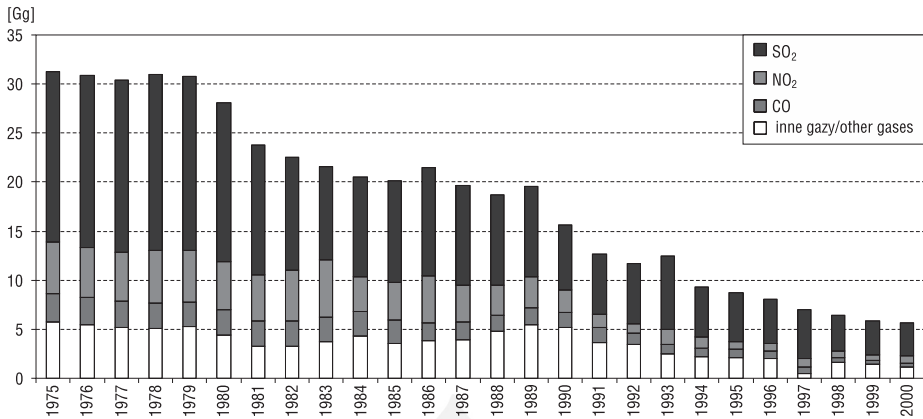
W analizowanym ćwierćwieczu ogółem do powietrza wyemitowano 436,3 tys. Mg pyłów i 489,4 tys. Mg zanieczyszczeń gazowych. W kolejnych latach występowały znacznie większe wahania ilości emitowanych do powietrza pyłów niż gazów, zwłaszcza w okresie 1975–1989 (ryc. 2). W ostatniej dekadzie XX w. w emisji przeważały zanieczyszczenia gazowe. Wśród nich dominował dwutlenek siarki (SO_2), który stanowił od 42% do 71% ogółu emitowanych gazów w skali roku (ryc. 3). Znacznie mniejsze były emisje dwutlenku azotu (NO_2) – 8–27% rocznie i tlenku węgla (CO) – 7–12% rocznie. Pozostałe analizowane zanieczyszczenia gazowe stanowiły od 7% do 33% całkowitej wielkości emisji gazowych. Należy podkreślić, że niektóre z zanieczyszczeń gazowych były silnie toksyczne, np. fenole, siarkowodór, ksylen, toluen, benzen i związki fluoru emitowane głównie przez koksownie, gazownię i hutę szkła.

Głównymi przyczynami dużej emisji zanieczyszczeń były stosowane w większości zakładów przemysłowych przestarzałe technologie, wykorzystywanie w produkcji i do ogrzewania silnie zasiarczonego węgla i gazu koksowniczego, czy nieszczelność



Ryc. 2. Emisja zanieczyszczeń w Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym w latach 1975–2000 (na podstawie danych Inspekcji Ochrony Środowiska)

Fig. 2. Emission of pollution in the Wałbrzych Industrial District in 1975–2000 (based on the data of the Inspection for Environmental Protection)



Ryc. 3. Struktura i wielkość emisji zanieczyszczeń gazowych w Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym w latach 1975-2000 (na podstawie danych Inspekcji Ochrony Środowiska)

Fig. 3. Structure and volume of emissions of gas pollutants in the Wałbrzych Industrial District in 1975-2000 (based on the data of the Inspection for Environmental Protection)

instalacji technologicznych, zwłaszcza w koksowniach (Piotrowski 1979; Jońca, Kacperkiewicz 1986; *Ocena...* 1989; Wójcik 1993, 2011; *Raport...* 1995, 2000).

W badanym obszarze najwięcej zanieczyszczeń wyemitowano do powietrza w Wałbrzychu (93,5% ogółu). Stąd wniosek o dominującym wpływie gospodarki tego miasta na zanieczyszczenie powietrza w Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym.

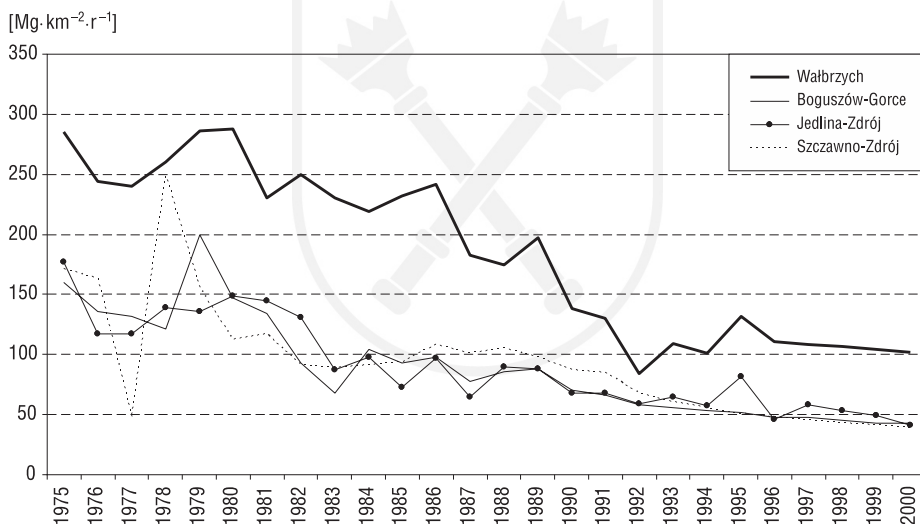
Nawiązując do przestrzennego rozmieszczenia większych źródeł emisji zanieczyszczeń oraz charakteru rozprzestrzeniania się pyłów i gazów, wydzielono w badanym terenie dwa typy emisji: punktową i obszarową. Emisja obszarowa wiązała się z terenami, na których występowały skupiska zakładów przemysłowych i obiektów komunalnych. Bliskie położenie emitatorów powodowało, że strumienie emitowanych pyłów i gazów często „nakładały się na siebie”, tworząc obszarową strefę emisji, np. w Kotlinie Wałbrzyskiej. Na terenach, gdzie obiekty zanieczyszczające powietrze występowały w znacznej odległości od siebie (w Boguszowie-Gorcach i Jedlinie-Zdroju), emisja zanieczyszczeń miała przeważnie charakter punktowy.

Specyficznymi źródłami zapylenia powietrza w Wałbrzychu i Boguszowie-Gorcach były czynne i niezrehabilitowane hałdy i pozbawione wody osadniki kopalniane, które stanowiły także źródło emisji obszarowej, zwłaszcza pyłów. Zajmowały one od 125 ha do 153 ha gruntów rocznie. Formy te były źródłem ok. 60% opadu pyłów w południowo-zachodniej części Wałbrzycha (Jońca, Kacperkiewicz 1986; Wójcik 1997, 2011).

Zanieczyszczenia pyłowe

W badanym obszarze stwierdzono istnienie kilkudziesięciu gazów i aerozoli oraz pyłów zanieczyszczających powietrze (*Ocena...* 1989, 1993; *Raport...* 1995, 2000; Wójcik 1997, 2006, 2011). Regularnie badano opad pyłu oraz stężenia: pyłu zawieszonego, SO_2 , NO_2 i mgły H_2SO_4 , a w Wałbrzychu także formaldehydu (HCHO), siarkowodoru (H_2S) i związków fluoru.

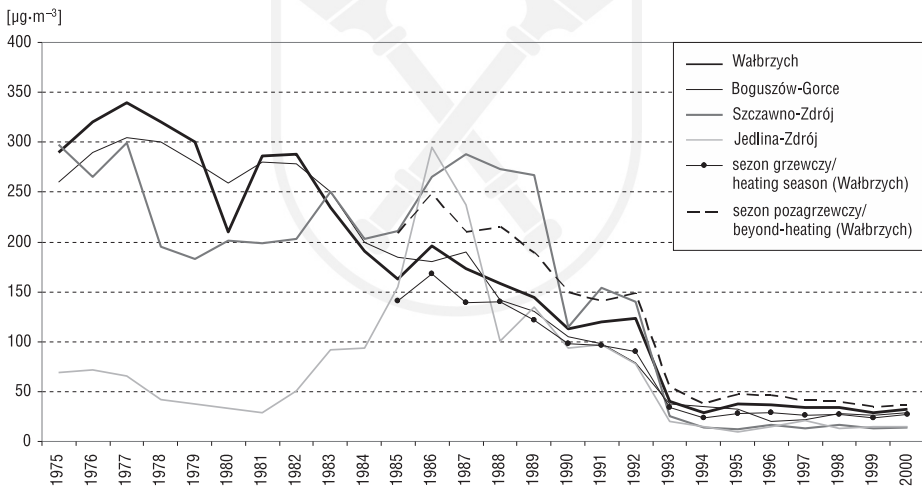
W latach 1975–2000 średni roczny opad pyłu wyrażony w $\text{Mg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{r}^{-1}$ był zróżnicowany (ryc. 4). Najwyższy był w Wałbrzychu ($84\text{--}288\text{ Mg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{r}^{-1}$), przy czym norma dopuszczalna tego zanieczyszczenia ($200\text{ Mg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{r}^{-1}$) była tam przekroczona tylko w latach 1975–1986. Po tym okresie wystąpił wyraźny trend spadkowy opadu pyłu, związany ze spadkiem wielkości produkcji i rozpoczętą likwidacją kopalń węgla, koksowni i huty szkła. Znaczne wahania wielkości opadu pyłu w latach 1975–1983 wystąpiły także w Boguszkowie-Gorcach, ale bez przekroczenia normy dopuszczalnej. Nawet kilkukrotne przekroczenie wielkości dopuszczalnej odpadu pyłu ($40\text{ Mg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{r}^{-1}$), aż do 1999 r. stwierdzono natomiast w Szczawnie-Zdroju i Jedlinie-Zdroju, i tu jednak zmiany w latach 1980–2000 miały tendencję malejącą.



Ryc. 4. Średni roczny opad pyłu w miastach Wałbrzyskiego Okręgu Przemysłowego w latach 1975–2000 (na podstawie danych Inspekcji Ochrony Środowiska)

Fig. 4. Average annual precipitation of dust in the cities of the Wałbrzych Industrial District in 1975–2000 (based on the data of the Inspection for Environmental Protection)

W Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym występowało także znaczne zróżnicowanie stężenia pyłu zawieszonego w przestrzeni, a także notowane zmiany tego zanieczyszczenia w czasie (ryc. 5). Czynnikiem decydującymi o zróżnicowanym zapyleniu powietrza w Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym były: nierównomierne rozmieszczenie obiektów będących źródłem emisji pyłów, zmiany w strukturze przemysłu w ostatniej dekadzie XX w. oraz znacznie urozmaicona rzeźba terenu i związane z nią lokalne warunki klimatyczne, a zwłaszcza kierunki i częstość wiatrów, od których zależały stężenie i rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń. Należy podkreślić, że większość źródeł emisji pyłów występowała w słabo przewietrzanych śródgórzyskich obniżeniach terenu, co sprzyjało tam znacznemu zapyleniu powietrza (Jońca, Kacperkiewicz 1986; Wójcik 1997, 2011). Największe średnie roczne stężenia pyłu zawieszonego, przekraczające nawet kilkakrotnie normę dopuszczalną ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) było w Wałbrzychu i Boguszwowie-Gorcach, a także w Szczawnie-Zdroju, gdzie norma wynosiła $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. W latach 1975–1992 w dzielnicach Wałbrzycha: Sobięcinie, Śródmieściu i Podgórzu średnie roczne stężenia wyżej wymienionego zanieczyszczenia wynosiły od $160 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ do $550 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, a w Szczawnie-Zdroju $115\text{--}298 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Od 1993 r. średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego w badanym obszarze nie przekraczało już wartości dopuszczalnej. Największe dysproporcje w pyłowym zanieczyszczeniu powietrza wystąpiły w latach 1975–1992. Restruk-



Ryc. 5. Średnie roczne imisje pyłu zawieszonego w miastach Wałbrzyskiego Okręgu Przemysłowego w latach 1975–2000 (na podstawie danych Inspekcji Ochrony Środowiska)

Fig. 5. Average annual concentration of suspended dust in the cities of the Wałbrzych Industrial District in 1975–2000 (based on the data of the Inspection for Environmental Protection)

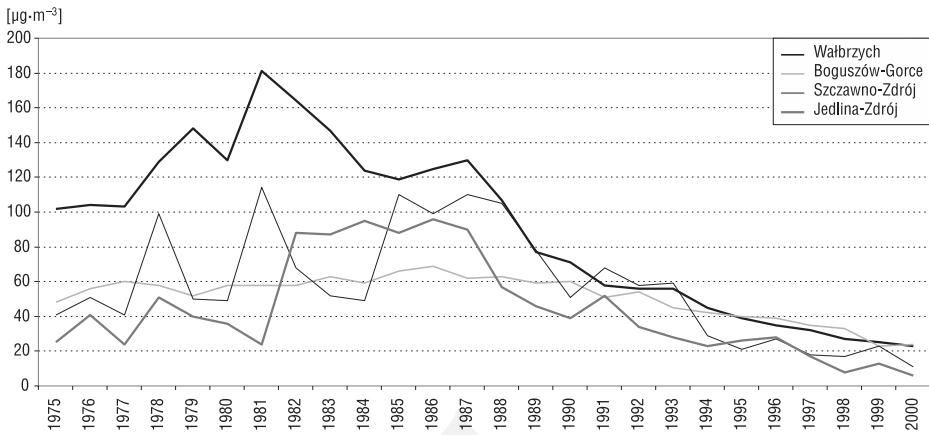
turyzacja i likwidacja większości uciążliwych zakładów przemysłowych, przede wszystkim koksowni, kopalń węgla kamiennego oraz kopalnianej elektrociepłowni, a także rekultywacja niektórych hałd i pozbawionych wody osadników kopalnianych przyczyniły się to do spadku zapylenia powietrza oraz znacznego zniwelowania różnic w przestrzennym rozkładzie stężeń tego zanieczyszczenia. Wskazują na to wyniki badań zapylenia powietrza w Wałbrzychu i okolicy z lat 1992–1996 zawarte w raportach Inspekcji Ochrony Środowiska (*Raport...* 1994, 1995, 1997). W ostatnich ośmiu latach badanego okresu zanieczyszczenie powietrza pyłami nie uległo istotnym zmianom (*Raport...* 2000). Świadczy to o korzystnym wpływie restrukturyzacji przemysłu na jakość powietrza w badanym obszarze.

Zanieczyszczenia gazowe

Stałym zanieczyszczeniem powietrza w Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym był SO_2 , którego największe średnie roczne stężenia występowały zwykle w Wałbrzychu (ryc. 6). W Wałbrzychu i Boguszowie-Gorcach przekroczenie normy dopuszczalnej SO_2 ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) było do 1995 r., w uzdrowiskach natomiast, gdzie norma wynosi $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ – do 1994 r. W latach 1975–1988 występowało duże zróżnicowanie przestrzenne emisji tego gazu w powietrzu, po 1988 r. różnice te stopniowo malały. Od 1981 r. w Wałbrzychu, a w pozostałych miastach od 1987 r., zanotowano wyraźny spadek tego zanieczyszczenia. Znaczna zmienność stężenia SO_2 w powietrzu występowała także w przebiegu rocznym. Uruchamianie w sezonie grzewczym kotłowni osiedlowych, wydłużony czas użytkowania w ciągu doby pieców węglowych, spalanie większych ilości węgla kamiennego w elektrociepłowniach oraz wzrost zużycia paliw w przemyśle i w motoryzacji powodowały zwiększoną nawet o 100% emisję SO_2 w porównaniu do sezonu pozagrzewczego (*Raport...* 1995, 2000; Wójcik 2011).

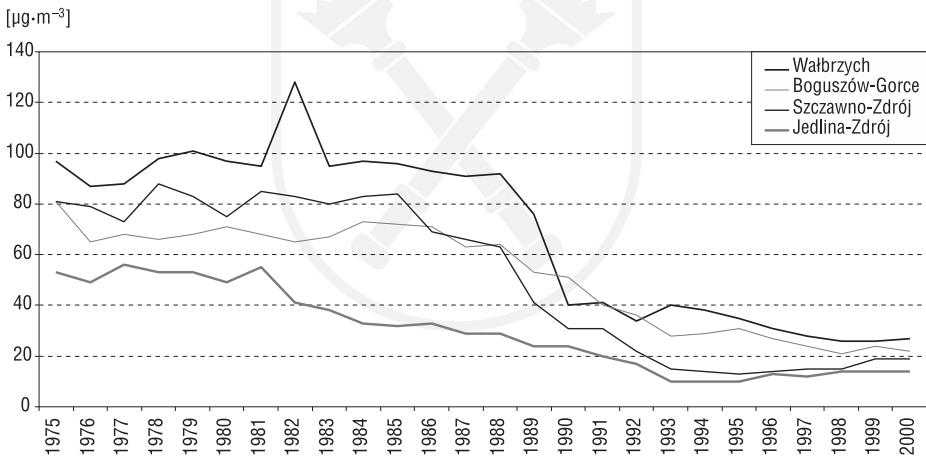
Największe średnie roczne stężenia NO_2 w powietrzu było w Wałbrzychu, zwykle mniejsze w Boguszowie-Gorcach i Szczawnie-Zdroju, najmniejsze zaś w Jedlinie-Zdroju (ryc. 7). W latach 1975–1990 występowało nawet trzykrotne przekroczenie dopuszczalnych stężeń NO_2 w powietrzu ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ oraz $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dla uzdrowisk), w ostatniej natomiast dekadzie XX w. było ono już w normie. Trend spadkowy wystąpił na przełomie lat 80. i 90. XX w. Po 1994 r. średnie roczne stężenia NO_2 w powietrzu nie ulegały istotnym zmianom.

Specyficznymi zanieczyszczeniami występującymi w powietrzu nad terenami uprzemysłowionymi Wałbrzycha i okolicy były: mgła H_2SO_4 , HCHO , H_2S i związki fluoru. Emitowały je do atmosfery koksownie, gazownie, fabryka kwasu siarkowego, huta szkła i fabryki porcelany stołowej, a HCHO – głównie samochody. W latach 1975–1993 średnie roczne stężenia tych zanieczyszczeń na ogół przekraczały kilka (HCHO i H_2S), niekiedy kilkadziesiąt razy (H_2SO_4 i F) normy dopuszczalne. W ostatnich



Ryc. 6. Średnie roczne imisje SO_2 w miastach Wałbrzyskiego Okręgu Przemysłowego w latach 1975–2000 (na podstawie danych Inspekcji Ochrony Środowiska)

Fig. 6. Average annual concentration of sulphur dioxide (SO_2) in the cities of the Wałbrzych Industrial District in 1975–2000 (based on the data of the Inspection for Environmental Protection)



Ryc. 7. Średnie roczne imisje NO_2 w miastach Wałbrzyskiego Okręgu Przemysłowego w latach 1975–2000 (na podstawie danych Inspekcji Ochrony Środowiska)

Fig. 7. Average annual concentration of nitrogen oxide (NO_2) in the cities of the Wałbrzych Industrial District in 1975–2000 (based on the data of the Inspection for Environmental Protection)

ośmiu latach badanego okresu stężenie tych zanieczyszczeń spadło i przeważnie utrzymywało się poniżej norm dopuszczalnych (Wójcik 2011). Wiązało się to z likwidacją większości zakładów przemysłowych emitujących te zanieczyszczenia i ograniczeniami produkcji w innych. W latach 1990–2000 liczba zakładów przemysłowych w Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym znacznie zanieczyszczających powietrze spadła z 17 do 3 (tab. 1). Najwięcej zakładów (5) zlikwidowano w 1994 r. W związku z zamykaniem kopalń węgla kamiennego – największych zakładów przemysłowych omawianego obszaru – wydobycie tego surowca spadło z 1,12 mln Mg w 1990 r. do 0,12 mln ton w 1996 r. (Kmak i in. 2000). Największa dynamika tego procesu wystąpiła w latach 1993–1995 (0,69–0,22 mln Mg). Także likwidacja trzech spośród czterech wałbrzyskich koksowni i w związku z tym spadek wielkości produkcji koksu z 2 mln Mg w 1989 r. do 0,7 mln Mg w 1995 r. oraz emisji zanieczyszczeń z 10,8 tys. Mg do 3,8 tys. Mg w tym okresie skutkowały poprawą stanu sanitarnego powietrza (Wójcik 2011).

W Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym wydzielono trzy okresy o zróżnicowanym zanieczyszczeniu powietrza: 1975–1986, 1987–1994 i 1995–2000 (ryc. 8). W pierwszym z nich stężenia większości badanych zanieczyszczeń znacznie przekraczały wartości normatywne. W okresie 1987–1994 występowało znaczne przestrzenne zróżnicowanie zanieczyszczenia powietrza, a analizowane wskaźniki zanieczyszczeń osiągały wielkości zarówno ponadnormatywne, jak i normatywne. Wystąpił wyraźny spadek zanieczyszczenia powietrza. W ostatnim z wyżej wydzielonych okresów (1995–2000) średnie roczne stężenia zanieczyszczeń były zwykle niższe od wartości dopuszczalnych.

Urozmaicona rzeźba terenu i zróżnicowane lokalne warunki klimatyczne obszaru zaczęły oddziaływać niekorzystnie na powietrze, powodując jego zanieczyszczenie dopiero wtedy, gdy zaczął się tu rozwijać intensywnie przemysł oraz wzrosło natężenie urbanizacji. Miasto Wałbrzych od XIX w. do lat 60. XX w. rozwijało się w niewielkiej Kotlinie Wałbrzyskiej (46 km²). Dopiero w latach 60. XX w. zaczęło się rozwijać na

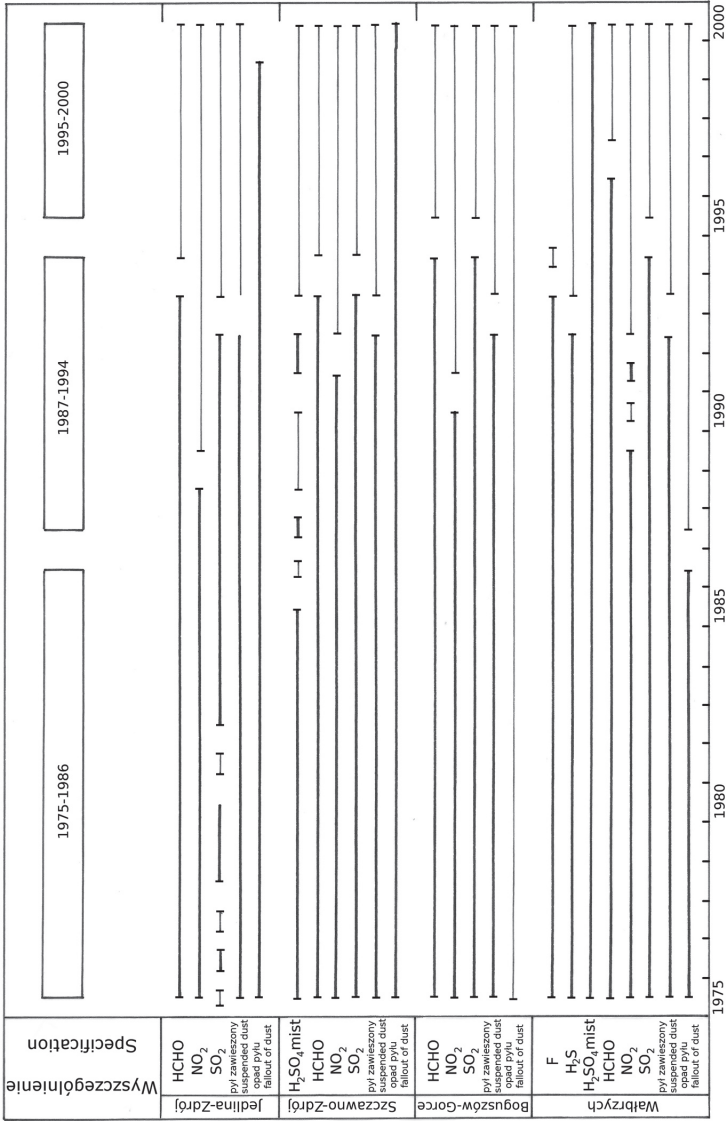
Tab. 1. Liczba zakładów przemysłowych znacznie zanieczyszczających powietrze w Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym w latach 1990–2000

Table 1. The number of significant air pollutant industries in Wałbrzych Industrial District in 1990–2000

Rok	Liczba zakładów przemysłowych
1990	17
1991	17
1992	16
1993	14
1994	9
1995	8
1996	5
1997	4
1998	3
1999	3
2000	3

Na podstawie danych: Burdek i Zastuń (1994–1995), Wojtaś (1997), Kmak, Płonka, Winnicki (2000), Wójcik (2011).

Based on data: Burdek i Zastuń (1994–1995), Wojtaś (1997), Kmak, Płonka, Winnicki (2000), Wójcik (2011).



Ryc. 8. Zróżnicowanie zanieczyszczenia powietrza w miastach Wałbrzyskiego Okręgu Przemysłowego w świetle norm dopuszczalnych emisji zanieczyszczeń w latach 1975–2000 (na podstawie danych Inspekcji Ochrony Środowiska)

Linia grubą zaznaczono przekroczenie norm dopuszczalnych emisji zanieczyszczeń, a linią cienką normatywne wartości emisji zanieczyszczeń.

Fig. 8. Variation of air pollution in the cities of the Wałbrzych Industrial District in terms of acceptable standards of concentrations in 1975–2000 (based on the data of the Inspection for Environmental Protection)

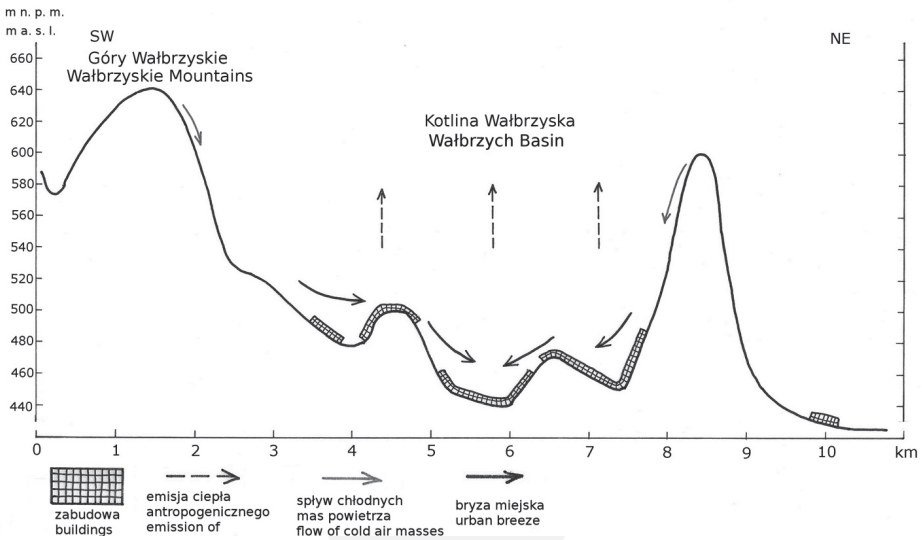
Exceeded allowable concentrations of pollution are marked with thicker lines and standard concentrations of pollution with thinner lines.

Pogórzu Wałbrzyskim (powstały nowe dzielnice – osiedla), a także przyłączono do Wałbrzycha okoliczne wsie (Jońca 1985; Potocki, Szcześniak 2009). Znaczną część Kotliny zajmują dziś zabudowa mieszkalna i przemysłowa, sieć szlaków komunikacyjnych oraz liczne hałdy i osadniki kopalniane. Większość zakładów przemysłowych znajduje się w południowo-zachodniej i zachodniej części kotliny – blisko zabudowań mieszkalnych. W związku z tym, że najczęstsze i najsilniejsze są tam wiatry S, SW i W (56%) powietrze w całej kotlinie było często silnie zanieczyszczone. Lokalizacja większości zakładów przemysłowych w odniesieniu do kierunku wiatru nie była więc właściwa. Powietrze w kotlinie dodatkowo zanieczyszczały spaliny i dymy emitowane przez motoryzację oraz spalanie węgla w kotłowniach i piecach domowych. Kotliną Wałbrzyską jest otoczona górami o wysokościach względnych 200–450 m. Średnio 45 dni w roku występują tu inwersje temperatury, a warstwa inwersyjna osiąga wysokość do 110 m nad dno kotliny (Jońca 1985; Wójcik 2011). Większość kominów przemysłowych miała wysokość do 60 m, więc podczas inwersji temperatury w kotlinie często powstawał smog. Rzeźba terenu, występowanie hałd oraz gęsta zabudowa w dnie kotliny powodują, że obszar ten jest słabo przewietrzany, co utrudnia rozpraszanie zanieczyszczeń i często sprzyja powstawaniu niekorzystnych sytuacji aerosanitarnych.

Wałbrzyski przemysł i gospodarka komunalna wprowadzały do powietrza znaczne ilości ciepła antropogenicznego. Nierzadko nad kotliną tworzyła się „miejska wyspa ciepła”, a jednym z jej skutków był wymuszony ruch powietrza zwany „miejską cyrkulacją bryzową” (Jońca 1985; Jońca, Kacperkiewicz 1986; Wójcik 2011). Wraz z bryzą miejską do śródmieścia Wałbrzycha, gdzie mieszka najwięcej ludzi, dodatkowo napływały pyły i gazy pochodzące z zakładów przemysłowych powstałych m.in. w południowej i zachodniej części Kotliny Wałbrzyskiej (ryc. 9). Zjawisko to przyczyniało się do wzrostu zanieczyszczenia powietrza w najniższej leżących obszarach Kotliny Wałbrzyskiej w centrum miasta.

Wokół uciążliwych dla środowiska przyrodniczego i człowieka zakładów przemysłowych w Kotlinie Wałbrzyskiej nie ma stref ochronnych. Tereny te zostały wykorzystane pod zabudowę mieszkalną i szlaki komunikacyjne. Brak większych powierzchni zadrzewień w dnie kotliny znacznie ograniczył możliwość oczyszczania powietrza w tym obniżeniu.

Z Wałbrzychem graniczą dwa uzdrowiska: Szczawno-Zdrój i Jedlina-Zdrój. W omawianym okresie zanieczyszczenie powietrza w tych miastach często przekraczało normy dopuszczalne dla obszarów ochrony uzdrowiskowej (ryc. 8). Jakość powietrza w tych uzdrowiskach zależała nie tylko od lokalnych źródeł emisji zanieczyszczeń, ale także od napływu pyłów i gazów emitowanych przez wałbrzyski przemysł. Stwierdzono to na podstawie występowania w powietrzu nad tymi uzdrowiskami różnych zanieczyszczeń charakterystycznych tylko dla emisji przemysłowych w Wałbrzychu, np. mgły H_2SO_4 , H_2S i związków smołowych. W Jedlinie-Zdroju



Ryc. 9. Miejska wyspa ciepła i cyrkulacja bryzowa w Kotlinie Wałbrzyskiej

Fig. 9. Urban heat island and breeze circulation in the Wałbrzych Basin

notuje się tylko 8% ogółu wiatrów od strony Wałbrzycha, w Szczawnie-Zdroju stanowią one natomiast aż 36% obserwacji anemometrycznych (Kozłowska-Szczęsna i in. 2002, Wójcik 2011). Ustalono, że Jedlina-Zdrój ma korzystniejsze położenie względem Wałbrzycha niż Szczawno-Zdrój, gdyż leży w większej odległości od Wałbrzycha, znacznie rzadziej docierają tu wiatry z terenu Kotliny Wałbrzyskiej, a ponadto uzdrowisko to jest oddzielone od Wałbrzycha barierą orograficzną (Góry Czarne) o wysokości względnej 340 m, która utrudnia napływ zanieczyszczeń. Powietrze w Szczawnie-Zdroju było natomiast znacznie częściej zanieczyszczane przez przemysł Wałbrzycha.

Dyskusja wyników

Wałbrzyski Okręg Przemysłowy nie jest jedynym przykładem obszaru, gdzie w ostatnich 20 latach zaszły duże zmiany w jakości powietrza zainicjowane przekształceniami w gospodarce. W wielu obszarach w Polsce, a także w sąsiednich krajach przeprowadzono restrukturyzację przemysłu, również zlikwidowano tam niektóre nierentowne zakłady przemysłowe. Należy tu wymienić m.in. Górnośląski

Okręg Przemysłowy, Ostravsko-Karwiński Okręg Przemysłowy w Czechach oraz silnie uprzemysłowione tereny przygraniczne Polski, Czech i Niemiec, związane z wydobywaniem i przetwórstwem węgla brunatnego. W każdym z wyżej wymienionych obszarów proces przemian gospodarczych przebiegał inaczej. Jeszcze w latach 80. XX w. Górnośląski Okręg Przemysłowy był obszarem klęski ekologicznej (Kassenberg, Rolewicz 1985). W ostatniej dekadzie ubiegłego stulecia gospodarka tego terenu została poddana transformacji, co wywarło istotny wpływ m.in. na spadek zanieczyszczenia powietrza (Barowska, Dyduch 1995; Kozacki 1995; Dulias 1997; Oleś 1998; Świątczak 2002; Hubiak 2007; Degórska 2008; Leśniok, Degórska 2009). O wyraźnej poprawie jakości powietrza w omawianym obszarze świadczą przede wszystkim wyniki monitoringu jakości powietrza (*Raport...* 1995, 2001, 2006, 2010).

Z analizy treści wyżej cytowanych opracowań wynika, że ich autorzy dostrzegali zmiany w zanieczyszczeniu powietrza, ale nie akcentowali ich w swoich publikacjach zbyt mocno. Ustalenia autora dotyczące związku między restrukturyzacją przemysłu a poprawą jakości powietrza w Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym znajdują potwierdzenie w niektórych publikowanych wynikach badań dla Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego m.in. Barowskiej i Dyducha (1995), Oleś (1998), Hubiaka (2007) i Degórskiej (2008).

W Ostravsko-Karwińskim Okręgu Przemysłowym również przeprowadzono restrukturyzację przemysłu, w wyniku której w latach 1990–2000 zauważono poprawę jakości powietrza (Havrlant 1995; Błazek i in. 2000; Eckert 2002; Suchacek 2004; Milerski 2008).

W latach 90. XX w. w strefie przygranicznej Polski, Czech i Niemiec działało 12 dużych elektrowni cieplnych, które emitowały do atmosfery znaczne ilości SO_2 (Hunova i in. 2005; Knippschild 2010). Stężenie tych związków w powietrzu często przekraczało normy dopuszczalne nawet w odległości stu kilkudziesięciu kilometrów od elektrowni (Zwoździak 1993; Sobik 2005). Na skutek kwaśnych deszczów tysiące hektarów lasów, m.in. w Górach Izerskich i Karkonoszach oraz w Rudawach, uległo degradacji i zniszczeniu (Raj 1992; Zwoździak i in. 1993; Sienkiewicz, Twarowski 1996). Obszar ten nazwano „Czarnym Trójkątem”. W okresie transformacji spadło wykorzystanie węgla brunatnego w produkcji energii elektrycznej. Zachodzące wówczas polityczne przemiany związane z rozszerzeniem Unii Europejskiej umożliwiły dodatkowo korzystanie z zewnętrznych środków pomocowych na naprawę i ochronę środowiska (Zwoździak 2005; Knippschild 2010). W latach 1989–2004 roczna wielkość emisji SO_2 w czeskiej części „Czarnego Trójkąta” spadła z 882 tys. Mg do 92 tys. Mg, natomiast w polskiej i niemieckiej części tego obszaru wynosiła odpowiednio 15% i 10% poziomu z roku 1989 (*Wspólny...* 2004). Po 1996 r. występowała tam systematyczna poprawa jakości powietrza, zwłaszcza w obszarach dalekiego oddziaływania emisji przemysłowych (*Raport...* 2000; Zwoździak i in. 2000). Jej skutkiem jest m.in. odnowa zniszczonego drzewostanu w Sudetach

i Rudawach. W związku ze znacznym spadkiem zanieczyszczenia powietrza niektórzy badacze proponują zmienić nazwę „Czarny Trójkąt” na „Trójkąt Zrównoważonego Rozwoju” (Renner 2002) lub „Zielony Trójkąt” (Knippschild 2010).

W okresie transformacji gospodarczej (przypadającej na ostatnią dekadę XX w.) w wielu miejscach omawianych wyżej obszarów uprzemysłowionych wystąpił spadek zanieczyszczenia powietrza. Zaobserwowany trend zmian wskazuje na korzystny wpływ przemian gospodarczych na jakość powietrza. Zmiany te wiązały się z różnymi, specyficznymi dla danego obszaru działaniami, np. z likwidacją niektórych gałęzi przemysłu, restrukturyzacją przemysłu, zmniejszeniem wielkości produkcji lub modernizacją obiektów przemysłowych i działaniami proekologicznymi – często prowadzonymi jednocześnie.

Podsumowanie

W Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym w latach 1975–2000 występowało znaczne zróżnicowanie zanieczyszczenia powietrza. Głównymi czynnikami zanieczyszczenia powietrza były przemysł i gospodarka komunalna, a ponadto motoryzacja oraz lokalne kotłownie i piece węglowe. Duże zanieczyszczenie powietrza występowało w Wałbrzychu, znacznie mniejsze w Boguszowie-Gorcach i w Jedlinie-Zdroju. Szczawno-Zdrój jest przykładem uzdrowiska, gdzie powietrze było zanieczyszczane przez przemysł wałbrzyski, co niekorzystnie wpływało na walory bioklimatyczne tej miejscowości i ich wykorzystanie.

Zanieczyszczenie powietrza w omawianym obszarze było uwarunkowane czynnikami pierwotnymi i wtórnymi. Czynniki pierwotne to różne źródła emisji zanieczyszczeń, których rozmieszczenie, a także ilość i rodzaj emitowanych przez nie pyłów i gazów, zmieniały się w czasie. Czynniki wtórnymi wpływającymi na rozprzestrzenianie się i stężenie zanieczyszczeń były: urozmaicona rzeźba i pokrycie terenu oraz zróżnicowane warunki klimatu lokalnego.

Głównymi zanieczyszczeniami powietrza w Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym były pyły przemysłowe, SO_2 , NO_2 oraz HCHO , a ponadto różne specyficzne dla rozwiniętego tu przemysłu gazy i aerozole, m.in. mgła H_2SO_4 , H_2S i związki fluoru. Stężenie tych zanieczyszczeń było zróżnicowane na omawianym obszarze i zmieniało się w analizowanym okresie (1975–2000).

Wydzielono trzy okresy charakteryzujące się różnym stopniem zanieczyszczenia powietrza: 1975–1986 – wysokie stężenia prawie wszystkich badanych zanieczyszczeń; 1987–1994 – znaczny spadek stężeń większości zanieczyszczeń; 1995–2000 – stężenia większości rozpatrywanych zanieczyszczeń nie przekraczały norm dopuszczalnych.

Zmiany w zanieczyszczeniu powietrza wiązały się z kryzysem ekonomicznym pod koniec lat 80. i restrukturyzacją przemysłu na początku lat 90. XX w. Wów-

czas znacznie ograniczono produkcję przemysłową oraz zlikwidowano większość nierentownych zakładów przemysłowych emitujących duże ilości zanieczyszczeń. Zrehabilitowano także niektóre hałdy i pozbawione wody osadniki kopalniane – źródło zapylenia powietrza.

Ustalony przez autora trend zmian w zanieczyszczeniu powietrza w Wałbrzyskim Okręgu Przemysłowym związany z restrukturyzacją przemysłu jest typowy także dla innych obszarów uprzemysłowionych w Polsce, Czechach i Niemczech, w których przeprowadzono restrukturyzację przemysłu. Wskazują na to wyniki badań zanieczyszczenia powietrza w Górnośląskim i Ostrawsko-Karwińskim okręgach przemysłowych oraz na pograniczu polsko-czesko-niemieckim w ostatniej dekadzie XX w.

Literatura

- Barowska M., Dyduch B., 1995, *Zmiany stężeń zanieczyszczeń powietrza w Katowicach w latach 1989–1994*, [w:] J. Burchard (red.), *Chemia opadów atmosferycznych, wód powierzchniowych i podziemnych*, Mat. Ogólnopol. Konf. Nauk. 14–16 września 1995, Łódź, 22–24.
- Blażek Z., Osródko L., Korbek K., Wojtylak M., 2000, *Zależność stężeń pyłu zawieszonego PM₁₀ w aglomeracjach katowickiej i ostrawsko-karwińskiej od warunków meteorologicznych*, Wiadomości IMGW, 23, 3, 53–69.
- Burdek R., Zasłui J., 1994–1995, *Restrukturyzacja województwa wałbrzyskiego*, Rocznik Województwa Wałbrzyskiego 15, Dolnośląskie Towarzystwo Społeczno-Kulturalne, Wałbrzych, 5–21.
- Czocher T., Kawczak S., Pisanecka K., 1978, *Pięć wieków węgla kamiennego na Dolnym Śląsku*, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Górniczo-Geologicznych, Oddz. w Wałbrzychu, 3–275.
- Degórska A., 2008, *Zmiany zanieczyszczenia powietrza na terenach konurbacji katowickiej w latach 1995–2004 na przykładzie dwutlenku siarki i tlenków azotu*, Arch. Wydz. Biol. i Ochr. Środ. UŚ, Katowice.
- Dulias R., 1997, *Rybnicki Obszar Ekologicznego Zagrożenia*, Kształtowanie Środowiska Geograficznego i Ochrona Przyrody na Obszarach Uprzemysłowionych i Zurbanizowanych, 24, 19–25.
- Eckert D., 2002, *Comparative description reconversion made in Ruhr district, Upper Silesia and Ostrava-Karvina region*, Gerhardt Mercator University of Duisburg.
- Havrlant M., 1995, *Soucasne trendy ve vyvoji antropogenneho reliefu v ostravskom regionu*, Mat. symp. polsko-czeskiego 9–10 czerwca 1995, Pol. Tow. Geogr., Sosnowiec, 36–40.
- Hubiak T., 2007, *Analiza porównawcza współczesnego zróżnicowania zanieczyszczenia atmosfery nad GOP z okresem przed restrukturyzacją przemysłu*, Arch. Wydz. Nauk o Ziemi UŚ, Sosnowiec.
- Hunova I., Santroch J., Ostatnicka J., Kurfirst P., 2005, *Atmospheric deposition over the Czech Republic trends and spatial distribution*, [w:] I. Hunova, J. Ostatnicka, Z. Dostolova,

- T. Navratil (red.), *Acid rain*, 7th International Conference of Acid Deposition, 12–15 czerwca 2005, Praga, 98–99.
- Jońca E., 1985, *Geograficzno-przyrodnicze warunki rozwoju i zagadnienie ochrony środowiska miasta Wałbrzycha*, Przegląd Geogr., 57, 1–2, 73–94.
- Jońca E., Kacperkiewicz L., 1986, *Wybrane problemy ochrony środowiska Wałbrzycha*, Kronika Wałbrzyska, 5, 5–41.
- Kassenberg A., Rolewicz Cz., 1985, *Przestrzenna diagnoza ochrony środowiska w Polsce*, Studia KPZK, 89, 3–126.
- Kmak K., Płonka A., Winnicki A., 2000, *Likwidacja i restrukturyzacja wałbrzyskich kopalń węgla kamiennego*, [w:] A. Kowalski (red.) *Eksploracja górnicza a ochrona powierzchni ziemi. Doświadczenia z wałbrzyskich kopalń*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice, 367–382.
- Knippschild K., 2010, *Na drodze od „czarnego” do „zielonego” trójkąta pogranicza*, Biul. IGiGP UAM w Poznaniu, 12, 149–164.
- Kozacki L., 1995, *Problem zasięgu funkcjonowania i transformacji Obszaru Ekologicznego Zagrożenia w przygranicznej strefie górnośląsko-ostrowskiego regionu przemysłowego*, [w:] A. T. Jankowski, T. Szczypek (red.) *Przeobrażenia środowiska geograficznego w przygranicznej strefie górnośląsko-ostrowskiego regionu przemysłowego*, Mat. sym. polsko-czeskiego 9–10 maja 1995, Pol. Tow. Geogr., Sosnowiec, 63–68.
- Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., Limanówka D., 2002, *Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwość jego wykorzystania w lecznictwie*, Monografie, 3, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Leśniok M., Degórska A., 2009, *Zróżnicowanie gazowych zanieczyszczeń powietrza na obszarze Katowic*, Kształtowanie Środowiska Geograficznego i Ochrona Przyrody na Obszarach Uprzemysłowionych i Zurbanizowanych, 40, 90–101.
- Milerski O., 2008, *Ostrawskie aglomeracje w procesie restrukturyzacji: od rewitalizacji do metropolizacji*, Wyd. Uczelniane Akademii Ekonomicznej w Katowicach, 268–289.
- Ocena stanu środowiska naturalnego w województwie wałbrzyskim w latach 1986–1988*, 1989, Urząd Wojewódzki w Wałbrzychu, Wałbrzych, 3–87.
- Ocena stanu środowiska naturalnego w województwie wałbrzyskim w latach 1989–1992*, 1993, Urząd Wojewódzki w Wałbrzychu, Wałbrzych, 3–102.
- Oleś W., 1998, *Tendencje zmian zanieczyszczenia powietrza wybranymi substancjami na terenie województwa katowickiego w latach 1980–1995*, Mat. 47 Zjazdu Pol. Tow. Geogr., 23–26 września 1998, Sosnowiec, 38–40.
- Piotrowski T., 1979, *Koksownie wałbrzyskie*, Kronika Wałbrzyska, 2, 141–164.
- Potocki J., Szczęśniak T., 2009, *Rozwój przestrzenny wałbrzyskiego zespołu miejskiego i jego wpływ na przemiany systemu przyrodniczego*, Studia KPZK, 123, 162–171.
- Raj A., 1992, *Obumieranie lasów w Karkonoskim Parku Narodowym*, Parki Narodowe, 3, 5–6.
- Raport o stanie środowiska w województwie dolnośląskim w 1999 r.*, 2000, Inspekcja Ochrony Środowiska, Wrocław.

- Raport o stanie środowiska w województwie katowickim w 1994 r.*, 1995, PIOŚ, Katowice.
- Raport o stanie środowiska w województwie śląskim w 2000 r.*, 2001, IOŚ, Katowice.
- Raport o stanie środowiska w województwie śląskim w 2005 r.*, 2006, IOŚ, Katowice.
- Raport o stanie środowiska w województwie śląskim w 2009 r.*, 2010, IOŚ, Katowice.
- Raport o stanie środowiska w województwie wałbrzyskim w 1993 r.*, 1994, PIOŚ, Wałbrzych.
- Raport o stanie środowiska w województwie wałbrzyskim w 1994 r.*, 1995, PIOŚ, Wałbrzych.
- Raport o stanie środowiska województwa wałbrzyskiego w 1996 r.*, 1997, PIOŚ, Wałbrzych.
- Renner E., 2002, *The Black Triangle-Area – Fit for Europe?*, *Journal of the Human Environment*, 31, 3, 231–235.
- Sienkiewicz R., Twarowski R., 1996, *Zanieczyszczenie powietrza i opadów atmosferycznych w Sudetach*, *Probl. Zagosp. Ziem Górskich*, 40, 35–50.
- Sobik M., 2005, *Klimat*, [w:] J. Fabiszewski (red.) *Przyroda Dolnego Śląska*, PAN, Wrocław, 39–57.
- Suchacek J., 2004, *Komparace institucionale-programove slasky restrukturalizacije ostravske aglomerace a katovicke konurbacje v letech 1989–1994*, [w:] D. Smolik (red.), *Ekonomické, ekologické a sociální aspekty transformacních procesu průmyslových regionu integrující Evropy*, Technicala University Ostrava, 59–89.
- Świątczak B., 2002, *Zmienność zanieczyszczenia powietrza w Polsce na tle emisji zanieczyszczeń do atmosfery w okresie zmian gospodarczych państwa*, *Przegląd Geof.*, 47, 1–2, 27–43.
- Wojtaś J., 1997, *Dolnośląskie Zagłębie Węglowe w obliczu restrukturyzacji*, [w:] L. Skiba (red.), *Zagłębia węglowe w obliczu restrukturyzacji* Wrocław, 119–124.
- Wójcik J., 1993, *Przeobrażenia ukształtowania powierzchni ziemi pod wpływem górnictwa w rejonie Wałbrzycha*, *Acta Univ. Wratisl.*, 1557, *Studia Geogr.*, 59, 5–145.
- Wójcik J., 1997, *Zanieczyszczenie powietrza przez przemysł w Wałbrzychu w latach 1975–1994*, *Przegl. Geogr.*, 69, 1–2, 93–106.
- Wójcik J., 2006, *Szczawno-Zdrój as an example of environmental conditions of air pollution in a health resorts*, [w:] J. Wyrzykowski (red.), *Conditions of the Foreign Tourism Development in Central and Eastern Europe*, *Contemporary models of spa tourism in the aspect of sustainable development* University of Wrocław, 9, 105–115.
- Wójcik J., 2011, *Przemiany wybranych komponentów środowiska przyrodniczego rejonu wałbrzyskiego w latach 1975–2000, w warunkach antropopresji, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu przemysłu*, *Rozpr. Nauk. Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniw. Wrocławskiego*, 21.
- Wspólny raport jakości powietrza w trójgranicznym regionie Republiki Czeskiej, Polski i Niemiec w roku 2004*, Inspekcja Ochrony Środowiska w Jeleniej Górze, Biblioteka Wojewódzka, Wałbrzych, (maszynopis).
- Zwozdziak J., 1993, *Stężenie związków siarki w powietrzu w Sudetach w warunkach zaburzeń w stanie atmosfery*, *Arch. Ochrony Środowiska*, 3–4, 11–14.
- Zwozdziak J., 2005, *Zanieczyszczenie powietrza i wód opadowych*, [w:] J. Fabiszewski (red.), *Przyroda Dolnego Śląska*, PAN, Wrocław, 461–470.

Zwoździak J., Zwoździak A., Kmieć G., Kasperczyk K., 1993, *Przyczyny zanieczyszczenia atmosfery w wyższych partiach Sudetów*, Mat. konf. Karkonoskie Badania Ekologiczne, Dziekanów Leśny, 19–32.

Zwoździak J., Grzela A., Zwoździak A., 2000, *Trendy zmian w stężeniu SO_2 w powietrzu w Górach Iżerskich*, Archiwum Ochrony Środowiska, 26, 4, 7–19.

Jan Wójcik

Uniwersytet Wrocławski

Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego

Plac Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław

e-mail: jw57@o2.pl

