

### 3. Reakcja

W województwie śląskim odnotowywany jest stały wzrost Produktu Krajowego Brutto (wykres 18), osiągający w 2006 roku poziom o 38% wyższy niż w 2000 roku.

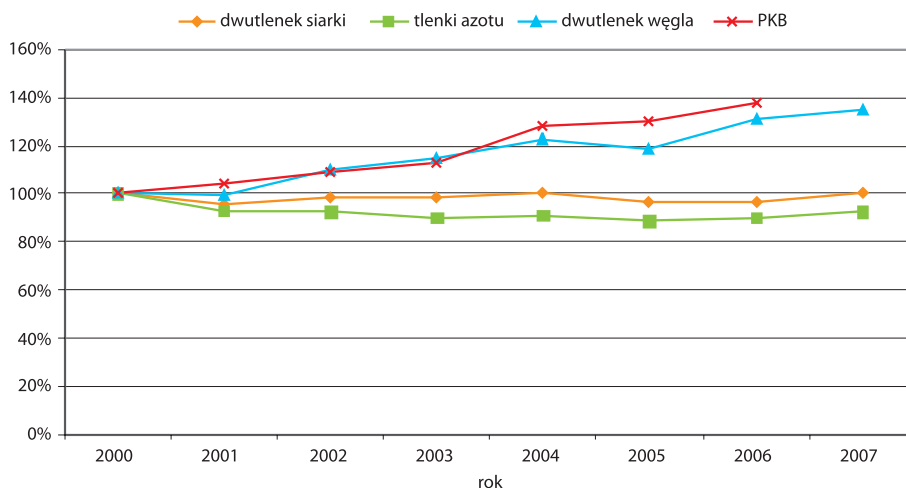
Z porównania PKB do emisji podstawowych zanieczyszczeń powietrza wynika, że w województwie śląskim wraz ze wzrostem PKB wzrosła o 24% emisja dwutlenku węgla, spadła o 21% emisja tlenków azotu i o 38% dwutlenku siarki.

Odnotowane korzystne zmiany są efektem wielu działań podejmowanych w celu obniżenia emisji zanieczyszczeń do powietrza. Poniżej podano przykłady takich inwestycji:

- w Elektrowni „Rybnik” SA w Rybniku zakończono budowę instalacji mokrego odsiarczania spalin, umożliwiającej zmniejszenie emisji pyłu o 1756 Mg/rok i dwutlenku siarki o 23723,2 Mg/rok oraz zmodernizowano instalację paleniskową kotła bloku nr 4 (zmniejszenie emisji tlenków azotu o 508 Mg/rok<sup>4)</sup>);
- w Elektrociepłowni „Zofiówka” zmodernizowano elektrofiltr kotła parowego (zmniejszenie emisji pyłu o 84 Mg/rok<sup>4)</sup>);
- Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej - Gliwice Sp. z o.o. wybudowało instalację odsiarczania spalin dla Ciepłowni Gliwice (zmniejszenie emisji dwutlenku siarki o 461 Mg/rok<sup>4)</sup>);
- Koksownia „Przyjaźń” Sp. z o. o. od 2005 roku realizuje program „Strategia rozwoju Koksowni Przyjaźń Sp. z o. o. na lata 2005-2016”, uwzględniający między innymi dostosowanie zakładu do bieżących wymogów ochrony środowiska. W wyniku zrealizowania nowych inwestycji rozpoczęto eksploatację nowowytbudowanej,

76-komorowej baterii koksowniczej oraz elektrociepłowni o mocy 80 MWt wraz z turbozespołem o mocy 20 MWe, spalającej nadmiarowy gaz koksowniczy. Umożliwiło to, z dniem 14.05.2008 r., wyłączenie z ruchu najbardziej wyeksploatowanej baterii koksowniczej nr 1. W listopadzie 2008 roku nastąpiło oddanie do użytku zmodernizowanego Wydziału Produkcji Węglpochodnych, z równoczesnym wyłączeniem z eksploatacji starej instalacji węglpochodnych i Wytwórni Kwasu Siarkowego, łącznie z ich demontażem. Pozwoliło to na znaczne obniżenie zawartości siarkowodoru w gazie koksowniczym stosowanym do opalania starych baterii koksowniczych, a co za tym idzie obniżenie emisji dwutlenku siarki do powietrza i likwidację emisji kwasu siarkowego;

- PKE SA - Elektrownia „Łagisza” – we wrześniu 2001 roku Zarząd Południowego Koncernu Energetycznego, zgodnie ze strategią odtworzenia mocy wytwórczych PKE SA, podjął decyzję o budowie bloku o mocy 460 MW na terenie Elektrowni Łagisza. Rozpoczęcie prac i przekazanie placu budowy nastąpiło w lutym 2006 roku. W skład instalacji bloku energetycznego wchodzi kocioł fluidalny CFB oraz turbozespół, składający się z turbiny reakcyjnej 28K460 i generatora 50WT23E-104. Zastosowana technologia kotłów z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym (CFB) jest obecnie najnowocześniejszym sposobem konwersji paliw stałych, umożliwiającym spalanie paliw naturalnych przy niskim poziomie emisji zanieczyszczeń. Kocioł CFB w Elektrowni „Łagisza” może spalać węgiel z różnych kopalń, możliwe jest także spalanie mułu węglowego.



**Wykres 18.** Zmiany emisji dwutlenku siarki, tlenków azotu i dwutlenku węgla z zakładów szczególnie uciążliwych na tle zmian PKB w latach 2000-2007 w województwie śląskim, przy założeniu, że wartość wskaźników w 2000 roku równa jest 100% (źródło: GUS)

W wydanych decyzjach administracyjnych określony został między innymi warunek eksploatacyjny instalacji bloku energetycznego o mocy 460 MW, zgodnie z którym przewiduje się wyłączenie 3 bloków 120 MW i 2 bloków 50 MW, eksploatowanych dotychczas w strukturach Południowego Koncernu Energetycznego SA. Poziomy emisji gazowych składników spalin z instalacji bloku 460 MW, spełniać będą wymagania Dyrektywy Unii Europejskiej 2001/80/WE, z dnia 23.10.2001 r., w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza z dużych obiektów energetycznego spalania;

- Odlewnia Żeliwa SA w Zawierciu - w latach 2007-2008 wykonała inwestycję polegającą na budowie nowych urządzeń wraz z wymianą instalacji odciągowych i urządzeń ochrony środowiska. Realizacja projektu budowlanego miała na celu kompleksowe rozwiązanie zagadnień ochrony środowiska. Zakres rzeczowy inwestycji:
  - instalacja odpylania w wydziale odlewni polegająca na zmianie metody odpylania z mokrej na suchą,
  - instalacja wyciągowa i odpylająca w wydziale żarzalni,
  - instalacja odciągowa z linii trawialniczych wraz z urządzeniami absorberowni,
  - instalacja odpylania z pieców cynkowniczych,
  - urządzenia stacji neutralizacji ścieków wraz z gospodarką ściekową w wydziale ocynkowni,
  - instalacja odzysku ciepła odpadowego ze sprężarkowni i chłodni z przeznaczeniem na cele grzewcze;
- KZPP „Konieczpol” Spółka Akcyjna w Konieczpolu

- w latach 2007-2008 wykonała inwestycję polegającą na kompleksowym rozwiązaniu problemu odpylania w zakładzie i eliminacji emisji pyłu drzewnego do środowiska. Realizacja inwestycji miała na celu likwidację zapylenia terenu zakładu oraz sporadycznie występującego zapylenia sąsiedniego osiedla mieszkaniowego pyłami drzewnymi powstającymi podczas produkcji płyt pilśniowych. Zastąpienie zużytych cyklonów nowoczesnymi cyklofiltrami, zhermetyzowanie instalacji transportu pyłów, budowa zamkniętego silosu pyłów drzewnych oraz modernizacja kotła K1 celem współspalania w nim pyłu całkowicie wyeliminowały emisję pyłu drzewnego do środowiska. Zakres rzeczowy inwestycji obejmował:

- instalację odpylania obrabiarek w hali konfekcjonowania i formatyzerek w hali płytowni i ciągu P2,
- instalację cyklofiltrów,
- instalację transportu pneumatycznego,
- instalację recyrkulacji powietrza oczyszczonego do hal produkcyjnych,
- budowę silosu pyłu drzewnego,
- instalację wdmuchu pyłu do kotła OSR-32 celem współspalania pyłu drzewnego w elektrociepłowni zakładowej.

Ponadto zrealizowano wiele inwestycji w ramach obszarowych programów obniżenia niskiej emisji, obejmujących modernizację kotłowni, zabudowę instalacji solarnych, termoizolację obiektów oraz modernizację instalacji centralnego ogrzewania w indywidualnych budynkach mieszkalnych w 28 gminach województwa śląskiego<sup>4)</sup>.

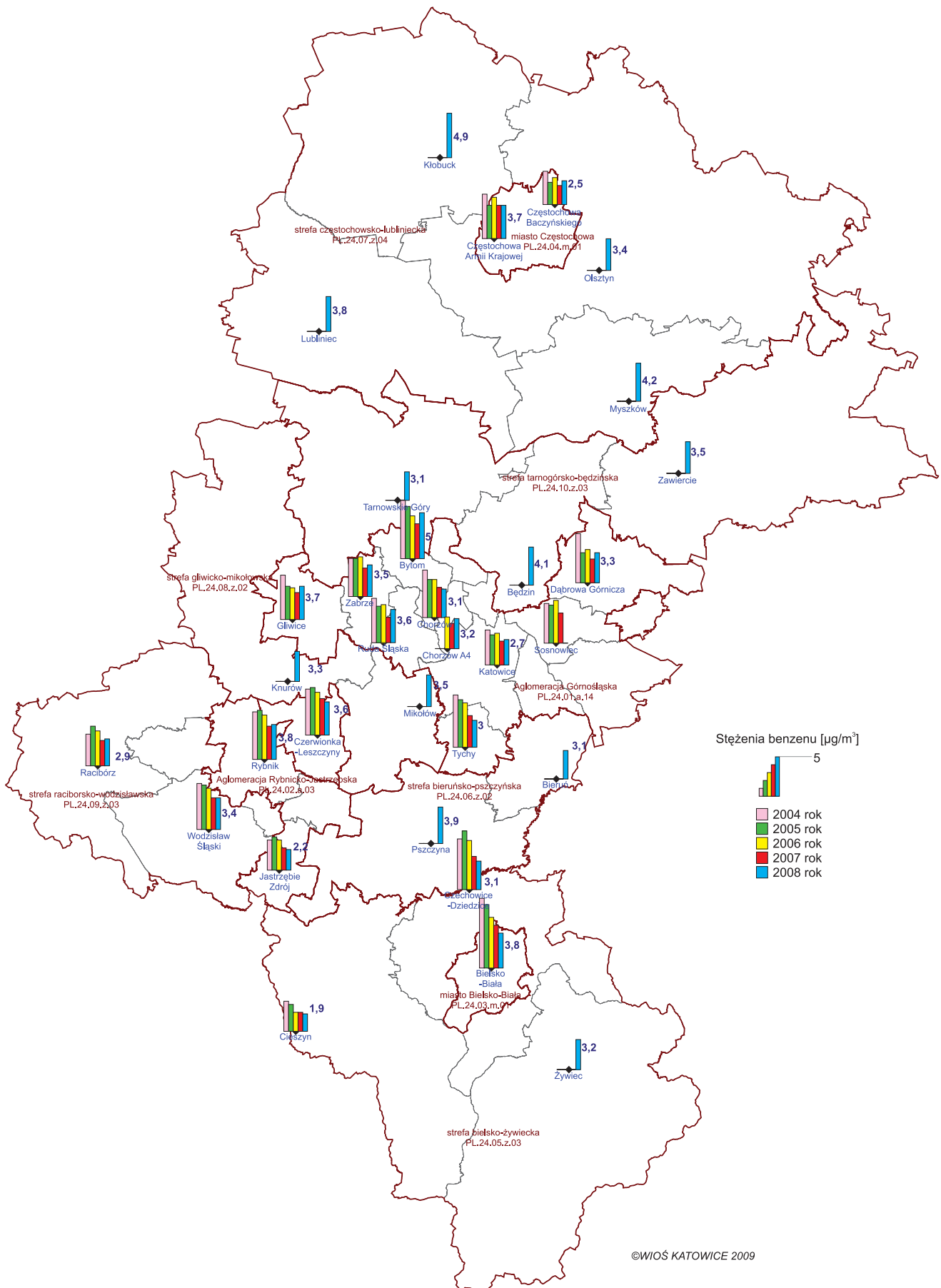
## 4. Monitoring BTX na terenie województwa śląskiego w 2008 roku

*Halina Pyta - Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze*

Pomiary stężenia benzenu i alkilopochodnych (BTX) w województwie śląskim prowadzono w 2008 roku metodą manualną z wykorzystaniem próbników pasywnych oraz metodą automatyczną.

Pomiary z pasywnym pobieraniem próbek powietrza były prowadzone przez Laboratorium WIOŚ w Bielsku-Białej i w Częstochowie. Próbkę pobierano z użyciem rurek sorpcyjnych typu ORSA5 wypełnionych węglem aktywnym, które eksponowano w sposób ciągły, w odstępach 4-tygodniowych, w 31 stałych punktach. Lokalizację punktów pomiarowych oraz średnie stężenie benzenu w roku 2008 i dla porównania - w latach 2004-2007 przedstawiono na mapie 17. W 2008 roku na żadnym stanowisku pomiarowym nie zostało przekroczone dopuszczalne stężenie

średnioroczne wynoszące  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , które wraz z marginesem tolerancji wynosiło  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Zakres zmienności średniego stężenia benzenu wynosił od  $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  w Cieszynie do  $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  w Bytomiu. Podwyższone w stosunku do pozostałych punktów stężenie benzenu odnotowano na stanowiskach w Kłobucku ( $4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Myszkowie ( $4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) i w Będzinie ( $4,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), zlokalizowanych w sąsiedztwie ruchliwych skrzyżowań i narażonych na emisję pochodzenia motoryzacyjnego. Stężenie benzenu w tych punktach było wyższe niż stężenie odnotowane na stanowiskach komunikacyjnych w centrum Bielska-Białej lub Częstochowy. Należy jednak zaznaczyć, że w przypadku 3 omawianych punktów oraz 8 innych stanowisk, rok 2008 jest pierwszym rokiem pomiarowym, a zaobserwowane



©WIOS KATOWICE 2009

Mapa 17. Lokalizacja punktów pomiarowych oraz średnie stężenie benzenu w latach 2004–2008

tu prawidłowości wymagają weryfikacji w kolejnych latach. Potwierdzenia wymaga również odnotowany wzrost stężenia BTX w obrębie większości stanowisk w Aglomeracji Górnośląskiej.

Automatyczny monitoring BTX prowadzono, wzorem lat ubiegłych, w stacji 12.007 w Dąbrowie Górniczej (analyzer Environnement VOC 71M, GC-PID) i w stacji 12.005 w Zabrze (analyzer AirmoVOC C6-C12 Chromatotec, GC-FID). Stanowisko w Dąbrowie Górniczej obsługiwane jest przez WIOŚ w Katowicach i włączone do systemu teletransmisji danych, a wyniki pomiarów – dostępne pod adresem <http://stacje.katowice.pios.gov.pl/iseo>. W związku z powyższym, w odniesieniu do stacji w Dąbrowie Górniczej ograniczono się do przedstawienia podstawowych parametrów zmienności stężenia BTX, omawiając szczegółowo wyniki pomiarów uzyskane na stanowisku w Zabrze, obsługiwanym przez IPIŚ PAN i znajdującym się poza systemem automatycznej akwizycji danych.

Główne statystyki opisowe rocznych serii automatycznych pomiarów stężenia BTX w Dąbrowie Górniczej i w Zabrze zestawiono odpowiednio w tabeli 1 i 2. I tak, średnioroczne stężenie benzenu, toluenu, etylobenzenu i m+p-ksylenu dla stacji w Dąbrowie Górniczej wynosiło odpowiednio 1,96  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2,32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 0,23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i 1,43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Średnie stężenie benzenu w 2008 roku nie przekroczyło więc dopuszczalnego

poziomu średniorocznego 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . W przypadku benzenu i toluenu odnotowano wyraźne zróżnicowanie sezonowe, z wyższymi poziomami stężenia w sezonie zimowym (miesiące styczeń – marzec oraz październik – grudzień). Stężenie benzenu w sezonie zimowym było 3-krotnie wyższe, natomiast stężenie toluenu w sezonie zimowym było wyższe o 33% w stosunku do wartości dla okresu letniego. W przypadku ksyleny i etylobenzenu ocenę zróżnicowania sezonowego uniemożliwia wysoki odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności metody.

Średnie stężenie benzenu na stacji w Zabrze w 2008 roku wynosiło 2,71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , co stanowi 54% dopuszczalnego poziomu 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i mieści się w przedziale pomiędzy dolnym a górnym progiem oszacowania. Stężenie to było nieznacznie wyższe od średniej za 2007 rok, równej 2,54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Względnie niskie stężenie benzenu w roku 2008 było efektem łagodnej zimy 2007/2008. Średnie sezonowe stężenia benzenu wynosiły 1,78  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dla lata i 3,67  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dla zimy. Najniższe średnie miesięczne stężenie benzenu odnotowano w czerwcu (1,44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), najwyższe – w grudniu (4,52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Najwyższe 30-min. stężenie benzenu w 2008 roku – 57,10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  – odnotowano w lipcu, a najwyższe 30-min. stężenie benzenu w sezonie zimowym wystąpiło w październiku i było prawie 2-krotnie niższe niż maksimum letnie (31,27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - tabela 2).

**Tabela 1.** Wybrane parametry statystyczne serii 30-min. wyników automatycznych pomiarów stężenia BTX w Dąbrowie Górniczej, w 2008 roku

Okres	Substancja	Liczba oznaczeń	Średnia [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Odchylenie standardowe [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Percentyl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]			Maksimum [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] Termin wystąpienia
					25	50	75	
Sezon letni	Benzen	8723	0,99	2,40	p.g.o.	0,30	1,30	69,40 06-07 00:30
	Toluen	8722	1,99	3,50	p.g.o.	0,90	2,30	41,00 02-04 12:00
	Etylobenzen	8723	0,24	1,95	p.g.o.	p.g.o.	p.g.o.	47,50 02-04 12:00
	m,p-Ksylene	8718	1,27	3,46	p.g.o.	p.g.o.	1,30	73,30 13-08 23:00
Sezon zimowy	Benzen	8779	2,92	3,25	1,00	1,90	3,60	57,60 25-01 12:30
	Toluen	8779	2,65	4,38	0,50	1,60	3,40	260,10 25-01 12:00
	Etylobenzen	8779	0,23	1,45	p.g.o.	p.g.o.	p.g.o.	62,00 25-01 12:30
	m,p-Ksylene	8777	1,59	2,81	p.g.o.	0,40	2,20	64,20 25-01 12:30
Średnio	Benzen	17502	1,96	3,02	p.g.o.	1,10	2,40	69,40 06-07 00:30
	Toluen	17501	2,32	3,98	p.g.o.	1,20	2,90	260,10 25-01 12:00
	Etylobenzen	17502	0,23	1,71	p.g.o.	p.g.o.	p.g.o.	62,00 25-01 12:30
	m,p-Ksylene	17495	1,43	3,15	p.g.o.	p.g.o.	1,80	73,30 13-08 23:00

p.g.o.- stężenie BTX poniżej granicy oznaczalności

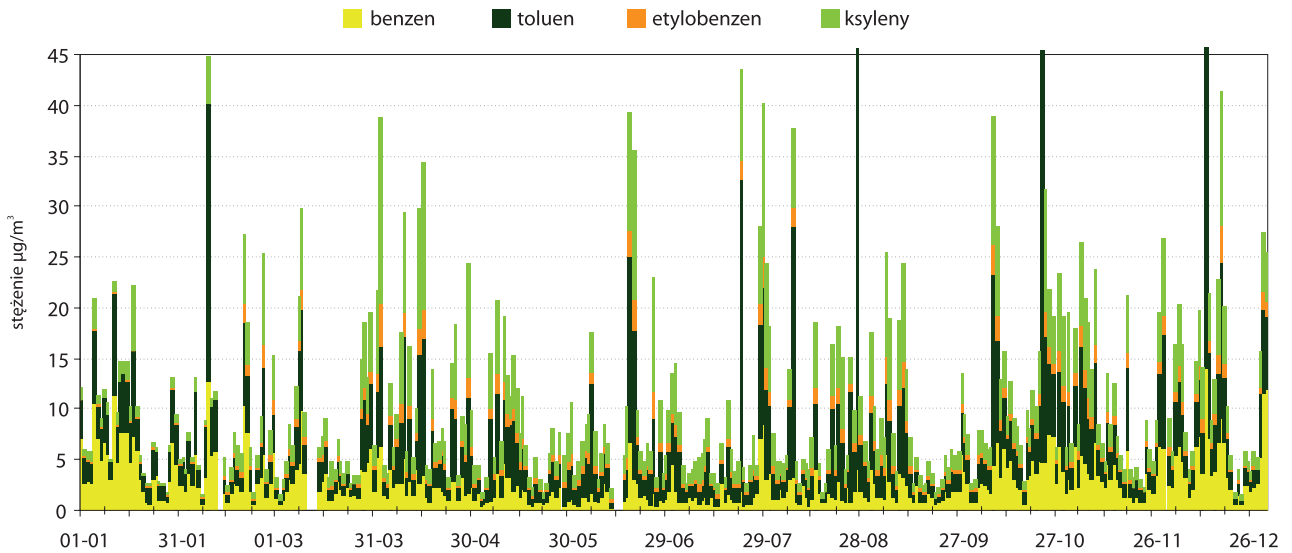
Tabela 2. Wybrane parametry statystyczne serii 30-min. wyników automatycznych pomiarów stężenia BTX w Zabrze, w 2008 roku

Okres	Substancja	Liczba oznaczeń	Średnia [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Odchylenie standardowe [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Percentyl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]			Maksimum [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] Termin wystąpienia
					25	50	75	
Sezon letni	Benzen	8409	1,78	3,11	0,39	0,82	1,89	57,10 05-07 05:00
	Toluen		4,20	16,59	0,76	1,41	3,05	516,88 27-08 20:30
	Etylobenzen		0,81	2,22	0,17	0,32	0,69	74,32 02-04 02:00
	m,p-Ksilen		2,74	8,39	0,53	1,01	2,21	253,72 02-04 02:00
	o-Ksilen		0,68	1,50	0,21	0,34	0,65	58,56 02-04 02:00
Sezon zimowy	Benzen	8126	3,67	3,80	1,12	2,34	4,86	31,27 23-10 23:30
	Toluen		4,13	11,67	1,17	2,14	4,21	382,69 23-10 23:30
	Etylobenzen		0,62	1,11	0,11	0,28	0,66	23,93 31-10 17:30
	m,p-Ksilen		2,03	3,92	0,38	0,95	2,13	109,12 31-10 17:30
	o-Ksilen		0,68	1,27	0,15	0,33	0,73	36,89 17-01 10:00
Średnio	Benzen	16535	2,71	3,59	0,61	1,39	3,42	57,10 05-07 05:00
	Toluen		4,17	14,38	0,90	1,76	3,64	516,88 27-08 20:30
	Etylobenzen		0,71	1,77	0,14	0,30	0,68	74,32 02-04 02:00
	m,p-Ksilen		2,39	6,59	0,47	0,98	2,17	253,72 02-04 02:00
	o-Ksilen		0,68	1,40	0,19	0,34	0,68	58,56 02-04 02:00

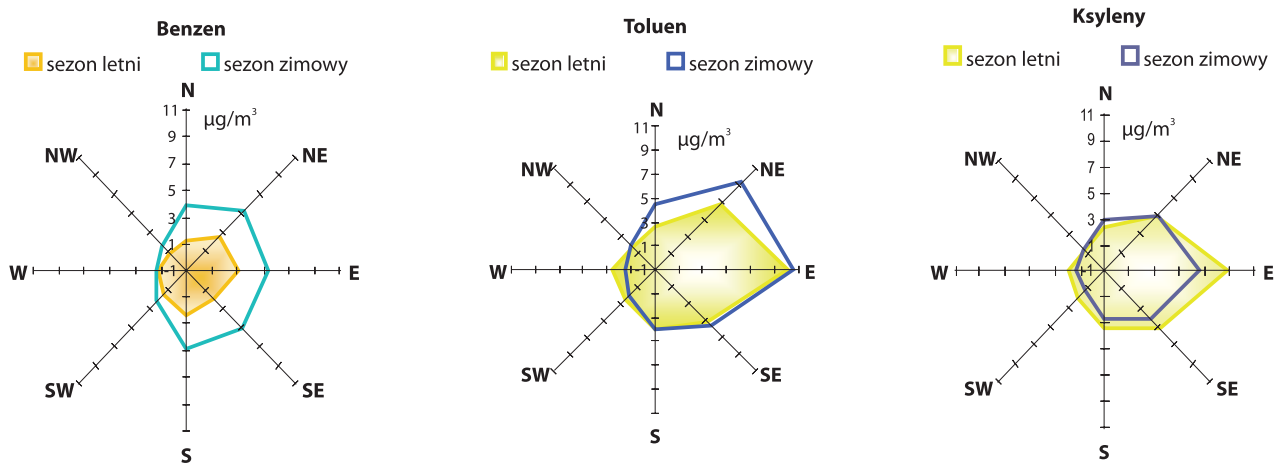
Porównując 1h poziomy stężenia benzenu w 2008 i 2007 roku odnotowano podobny udział stężeń przekraczających normatywny poziom  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  w stosunku do całkowitej liczby danych 1 h. W latach 2008 i 2007 było to odpowiednio 16% i 15% danych. W serii 1h stężeń BTX w 2007 roku odnotowano względnie częste przypadki przekroczenia wartości odniesienia ( $D_{1h}$ ) dla toluenu oraz nieliczne dla benzenu i sumy izomerów ksylenu, które to wartości można traktować jak referencyjne, choć nie zostały one ustalone dla potrzeb oceny jakości powietrza, a do celów limitowania wielkości emisji. W przypadku benzenu ( $D_{1h}=30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) i ksylenu ( $D_{1h}=100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) liczba przekroczeń wartości odniesienia wynosiła odpowiednio 6 i 9, podobnie jak w 2007 roku. Natomiast w przypadku toluenu liczba przekroczeń  $D_{1h}=100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  była w 2008 roku wyższa i wynosiła 27, a więc powyżej normatywnej częstości przekroczenia, tj. 17 przypadków stężeń 1 h dla 0,2% czasu w roku.

Zgodnie z tym, co pokazano na wykresie rozkładu

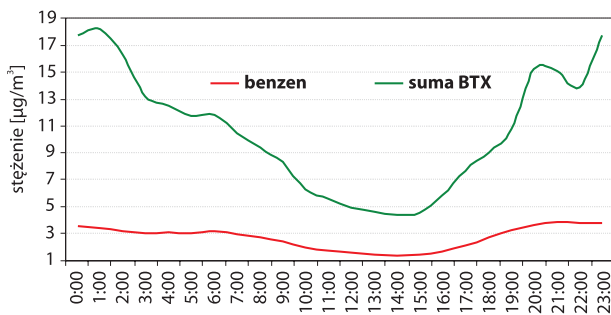
24 h stężenia sumy BTX (wykres 19) częstsze epizody wysokich stężeń notowano w drugiej połowie roku – od końca lipca do grudnia. Substancją dominującą był toluen, a jego stężenie nie wykazywało zmienności sezonowej. Udział benzenu i ksylenu w stężeniu sumy BTX był zbliżony, przy czym najwyższe stężenia benzenu obserwowano w miesiącach styczeń – luty i październik – grudzień, podczas gdy częstsze epizody wysokiego stężenia sumy izomerów ksylenu notowano w sezonie letnim. Takie zróżnicowanie wskazuje na odmienne pochodzenie benzenu i ksylenu. Różne źródła emisji benzenu i dwóch innych związków o istotnym udziale w sumie BTX – toluenu i ksylenu – potwierdzają również różne stężeń przedstawione na wykres 20. Wysokie wartości 30-min. stężeń BTX, zwłaszcza toluenu i m+p ksylenu (tabela 2) oraz fakt, że maksymalne stężenia wszystkich związków odnotowano w sezonie letnim, świadczy o istotnym udziale emisji technologicznej (koksochemia) w tle powodowanym przez rozproszone źródła motoryzacyjne



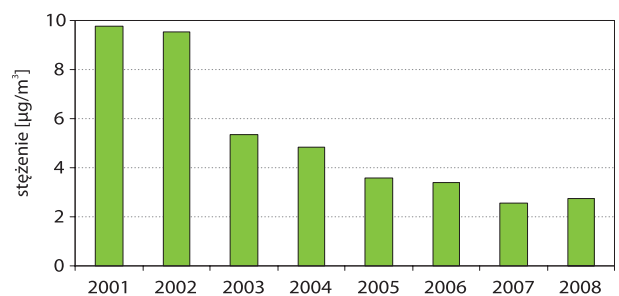
Wykres 19. Średnie 24h stężenie sumy BTX, uzyskane w pomiarach automatycznych w Zabrze w 2008 roku



Wykres 20. Średnie stężenie benzenu, toluenu i sumy izomerów ksylenu w sektorach 8-kierunkowej róży wiatrów, uzyskane w pomiarach automatycznych w Zabrze w 2008 roku



Wykres 21. Średnie stężenie benzenu i sumy BTX w kolejnych godzinach doby, uzyskane w pomiarach automatycznych w Zabrze w 2008 roku



Wykres 22. Średnioroczne stężenie benzenu na stanowisku w Zabrze, w latach 2001-2008

i stacje paliw. Podwyższone stężenie sumy BTX w sezonie zimowym, w szczególności za sprawą benzenu, to efekt wyższej emisji ze źródeł energetyki zawodowej i źródeł komunalnych oraz gorszych niż w sezonie letnim warunków rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń.

Porównując przeciętny w 2008 roku rozkład stężenia benzenu w ciągu doby z rozkładem stężenia sumy BTX (wykres 21) można zauważyć wyraźnie słabsze zróżnicowanie tego rozkładu. Silniejsze zróżnicowanie stężenia sumy BTX w ciągu doby to efekt większej aktywności niektórych źródeł emisji toluenu i ksylenu w godzinach wieczornych i nocnych. Jest to również rezultat konwersji chemicznej obu związków zachodzącej pod wpływem promieniowania słonecznego, co uwidacznia się spadkiem stężenia sumy BTX w godzinach okołopołudniowych, w szczególności latem.

Od 2005 roku obserwuje się w Zabrze wyraźną zmianę profilu emisji benzenu w stosunku do 2001 roku, kiedy rozpoczęto ciągle pomiary stężenia BTX w IPIŚ PAN (wykres 22). Wskutek redukcji emisji benzenu z instalacji koksowniczych i ograniczenia zawartości benzenu i sumy węglowodorów aromatycznych w benzynach znacznie spadło średnioroczne stężenie benzenu - z ok. 200% stężenia dopuszczalnego w 2001 roku do 54% tego stężenia w 2008 roku. Od kilku lat obserwuje się wyraźny spadek stężenia benzenu w sezonie letnim. Około 2-3-krotnie wyższe stężenie benzenu w okresie zimowym w porównaniu do sezonu letniego wynika ze specyfiki źródeł emisji tego związku w rejonie stacji WIOŚ w Zabrze, związanych głównie z procesami energetycznego spalania paliw i termiczną konwersją surowców energetycznych.

## 5. Pomiary stężeń pyłu PM<sub>2,5</sub> w Aglomeracji Górnośląskiej w roku 2008

*Krzysztof Klejnowski, Jadwiga Błaszczuk - Zakład Ochrony Powietrza, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze*

Dnia 21 maja 2008 roku Parlament Europejski i Rada przyjęły dyrektywę w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy<sup>5)</sup>, która określa na kolejne lata kierunki polityki w zakresie ochrony powietrza. W preambule stwierdzono, że drobny pył zawieszony PM<sub>2,5</sub> odpowiada w znacznym stopniu za negatywny wpływ na zdrowie ludzkie oraz, że do chwili obecnej nie określono progu, poniżej którego PM<sub>2,5</sub> nie stanowiłby zagrożenia. Z tego powodu zanieczyszczenie to należy potraktować odmiennie niż inne. Celem takiego podejścia jest ogólna redukcja stężenia PM<sub>2,5</sub> na poziomie tła miejskiego i zapewnienie dużej części populacji korzyści wynikających z poprawy jakości powietrza. Dla zapewnienia minimalnego stopnia ochrony zdrowia wyznaczono wartość dopuszczalną, którą w pierwszej fazie poprzedza wartość docelowa. Wartość docelową określono jako średnią roczną równą 25 µg/m<sup>3</sup>, termin osiągnięcia wartości docelowej określono na dzień 1 stycznia 2010 r. Ponadto określono wartość dopuszczalną w I etapie – 25 µg/m<sup>3</sup> (termin osiągnięcia 1.01.2015 r.), w II etapie – 20 µg/m<sup>3</sup> (termin osiągnięcia 1.01.2020 r.). Regulacje europejskie są odmiennie od sposobu normowania stężeń PM<sub>2,5</sub> przez US EPA (prezentowanego również we wcześniejszych raportach), gdzie określono dopuszczalny poziom stężenia średniorocznego – 15 µg/m<sup>3</sup> oraz dopuszczalną wartość 24 h – 65 µg/m<sup>3</sup> (jako 98 procentyl)<sup>6)</sup>.

W ocenach parametrycznych narażenia zdrowia ludzi pomocny jest indeks jakości powietrza AQI (Air Quality Index), określany dla stężeń dobowych pyłu PM<sub>2,5</sub><sup>7)</sup>. Przedziałom stężeń dobowych pyłu PM<sub>2,5</sub>

przyporządkowano ocenę, która jednocześnie jest wskaźnikiem zagrożenia zdrowia ludzi. Poszczególne klasy indeksu oznaczają odpowiednio: 0-15,4 µg/m<sup>3</sup> – dobrą, 15,5-40,4 µg/m<sup>3</sup> – umiarkowaną, 40,5-65,4 µg/m<sup>3</sup> – niezdrową dla grup wrażliwych, 65,5-150,4 µg/m<sup>3</sup> – niezdrową, 150,5-250,4 µg/m<sup>3</sup> – bardzo niezdrową, a powyżej 250,4 µg/m<sup>3</sup> – niebezpieczną jakość powietrza. Klasom indeksu przyporządkowane są kolory, które w sposób naturalny kojarzą się z poziomem zagrożenia.

Od 2001 roku na terenie Instytutu Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze prowadzone są badania stężeń chwilowych pyłu PM<sub>2,5</sub> przy pomocy automatycznego miernika TEOM® seria 1400a z głowicą PM<sub>2,5</sub>. Dodatkowo prowadzone są pomiary gravimetryczne stężeń dobowych z wykorzystaniem pobornika Dichotomous Partisol 2025 Plus.

W roku 2008 roku w serii pomiarów 30-minutowych zaobserwowano małą, w porównaniu z poprzednimi okresami badań, zmienność stężenia chwilowego pyłu PM<sub>2,5</sub>, maksymalne stężenie wynosiło 401,0 µg/m<sup>3</sup> (tabela 3).

Dla porównania w 2006 roku wartość ta wynosiła 978,6 µg/m<sup>3</sup>. Wyliczone w oparciu o pomiary automatyczne stężenia dobowe pyłu PM<sub>2,5</sub> w 2008 roku, przyjmowały wartości z przedziału 4,1-149,1 µg/m<sup>3</sup>. Stężenie średnie wynosiło 32,1 µg/m<sup>3</sup>, a wartość procentyla 98 – 119,6 µg/m<sup>3</sup>. Na wykresie 23 przedstawiono porównanie średnich stężeń PM<sub>2,5</sub> w roku 2008 z danymi z lat 2001-2007. Zestawienie to pokazuje, że w 2008 roku odnotowano nieznaczny wzrost stężenia średniorocznego w stosunku do roku poprzedniego,

**Tabela 3.** Statystyka stężeń pyłu PM<sub>2,5</sub> w Zabrzu w latach 2001-2008 – pomiar automatyczny

Parametr	2001*	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Stężenia 30-minutowe								
Udział ważnych danych [%]	82,8	95,9	98,3	94,8	98,3	93,4	93,9	95,4
Maksimum [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	564,2	676,6	590,7	719,2	701,8	978,6	532,0	401,0
Średnia [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	35,7	43,8	44,7	37,2	41,1	48,0	32,0	32,1
Odchylenie standardowe [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	40,0	50,5	51,4	45,7	44,6	70,1	38,3	37,0
Percentyl 25 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	14,1	16,1	15,0	13,4	14,8	14,5	11,0	11,0
Mediana [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24,6	28,4	28,2	23,5	26,7	27,6	21,0	19,0
Percentyl 75 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	42,3	50,6	51,4	43,2	49,6	51,4	37,0	38,0
Stężenia dobowe								
Udział ważnych danych [%]	83,8	97,5	99,7	96,2	99,5	94,2	93,7	95,1
Minimum [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	5,0	4,9	4,9	5,8	6,0	6,6	5,5	4,1
Maksimum [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	233,0	323,7	222,0	226,0	188,3	463,1	162,2	149,1
Średnia [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	35,7	43,8	44,5	37,0	40,9	47,7	31,7	32,1
Odchylenie standardowe [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	28,5	38,9	38,5	30,3	33,3	54,6	25,8	25,8
Percentyl 25 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	17,9	20,3	19,4	17,1	18,5	18,1	14,9	14,5
Mediana [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	27,5	31,2	29,7	25,9	29,6	32,2	23,1	23,5
Percentyl 75 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	44,1	54,5	57,7	47,2	52,0	53,4	40,1	42,5
Percentyl 98 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	117,8	173,2	166,8	124,1	138,6	226,7	113,9	119,6
AEI [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**	-	-	41,3	41,8	40,8	41,9	40,1	37,2

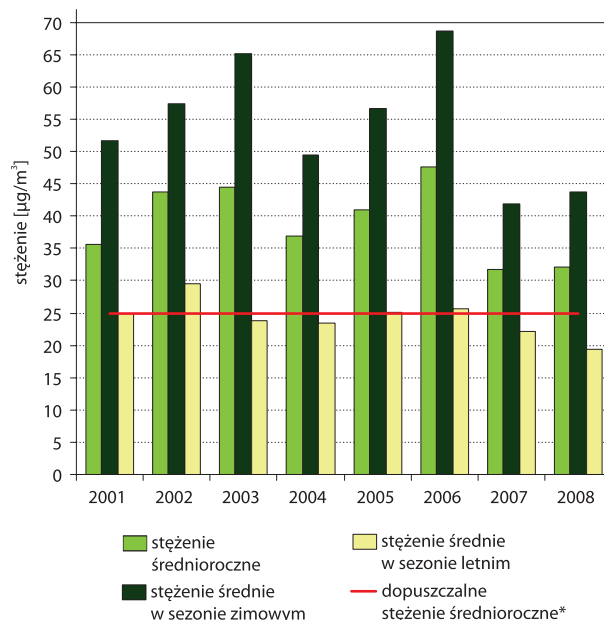
\* pomiary rozpoczęto 1 marca 2001 roku,

\*\* wskaźnik średniego narażenia (Average Exposure Indicator AEI) jako 3-letnia średnia krocząca z wartości średnich rocznych, roku bieżącego i dwóch lat poprzednich, uśrednionych dla wszystkich punktów pomiarowych<sup>9)</sup>.

utrzymał się jednak odnotowany w 2007 roku znaczny spadek średniej rocznej i średnich sezonowych w porównaniu z pozostałymi okresami badań. Odnotowano spadek średnich stężeń w okresie letnim – 19,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  to najniższa wartość od 2001 roku. Na wartość stężeń średniorocznych rzutowała sytuacja w okresie grzewczym – średnia sezonowa wynosiła 43,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Przedstawiona na wykresie 24 zmienność stężeń dobowych w poszczególnych miesiącach ilustruje fakt występowania wysokich stężeń pyłu PM<sub>2,5</sub> w sezonie zimowym. Podobnie jak w 2007 roku, w sezonie letnim, w okresie maj-wrzesień, średnie stężenia miesięczne nie przekraczały 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Na wysoką wartość średniej rocznej wpłynęła sytuacja imisyjna z I i IV kwartału 2008 roku, kiedy odnotowano utrzymywanie się wysokich stężeń pyłu PM<sub>2,5</sub>. Wysokie stężenia związane były z tzw. niską emisją komunalną spowodowaną niskimi temperaturami powietrza.

W roku 2008 odnotowano znaczny spadek poziomu narażenia na ekspozycję PM<sub>2,5</sub>, ilustruje to przedstawiona w tabeli 3 wartość wskaźnika średniego narażenia AEI (Average Exposure Indicator) dla Zabrze, tj. 3-letniej średniej kroczącej z warto-



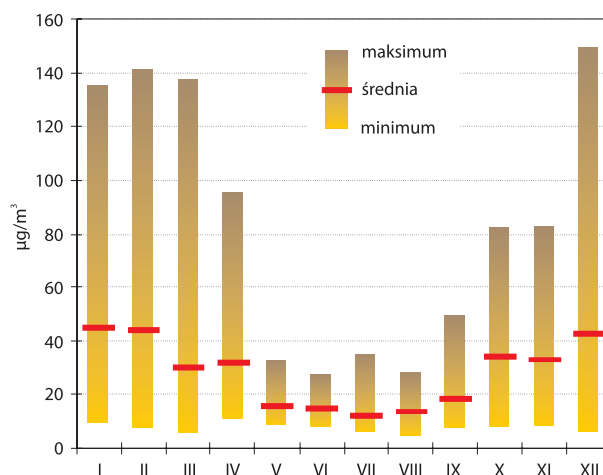
\*dopuszczalne stężenie średnioroczne pyłu PM<sub>2,5</sub> wg Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy. Dz. U. Unii Europejskiej nr L 152 z dnia 11.06.2008 r.

**Wykres 23.** Średnie stężenia pyłu PM<sub>2,5</sub> w Zabrzu w latach 2001-2008



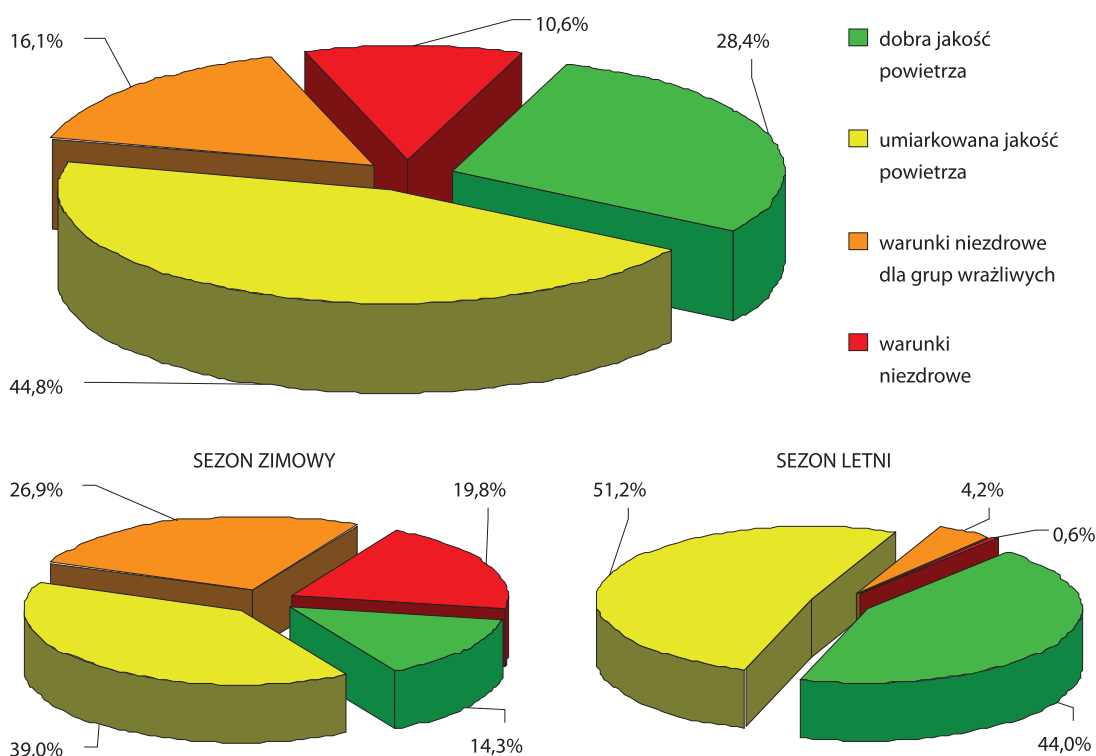
ści średnich rocznych, roku bieżącego i dwóch lat poprzednich<sup>5)</sup>, który przyjmuje wartość  $37,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , przy wartości maksymalnej w 2006 roku wynoszącej  $41,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Oceniając stan zanieczyszczenia powietrza pyłem  $\text{PM}_{2,5}$  w Zabrzcu, w aspekcie narażenia zdrowia wg wspomnianej klasyfikacji AQI (wykres 25) stwierdzono, że w 2008 roku: przez 28,4% czasu w roku stan zanieczyszczenia powietrza zaliczany był do warunków dobrych, a przez 44,8% czasu w roku do zadowalających (umiarkowanych). Przez 16,1% czasu w roku występowały warunki klasyfikowane jako niezdrowe dla grup o zwiększonej wrażliwości na zanieczyszczenie powietrza (osoby z chorobami układu sercowo-naczyniowego i układu oddechowego, dzieci, osoby w podeszłym wieku), a przez 10,6% czasu w roku występowały warunki klasyfikowane jako niezdrowe. W 2008 roku nie występowały sytuacje klasyfikowane jako warunki bardzo niezdrowe i niebezpieczne dla zdrowia. Porównując indeks z lat 2001-2008 (wykres 26) można stwierdzić, że w 2008 roku po raz pierwszy nie wystąpiły warunki klasyfikowane jako bardzo niezdrowe. Wzrosła też, przede wszystkim w sezonie letnim, liczba sytuacji o dobrej jakości powietrza, jednak wysokie stężenia w okresie zimowym spowodowały relatywny wzrost liczby przypadków z warunkami niezdrowymi w porównaniu z rokiem poprzednim. Mimo to od 2007 roku obserwuje się poprawę jakości powietrza w świetle kryteriów AQI.



Wykres 24. Zmienność stężeń dobowych pyłu  $\text{PM}_{2,5}$  w Zabrzcu w poszczególnych miesiącach 2008 roku

W roku 2008 na terenie aglomeracji górnośląskiej prowadzono monitoring pyłu  $\text{PM}_{2,5}$  metodą grawimetryczną w 2 lokalizacjach: Dąbrowa Górnicza<sup>9),10)</sup> i Zabrze<sup>8)</sup>, analogicznie jak w 2007 roku. Zestawienie statystyczne uzyskanych wyników z lat 2007-2008 przedstawiono w tabeli 4. Stężenie średnioroczne i średnie sezonowe w 2008 roku w Zabrzcu było wyższe niż w roku poprzednim. W Dąbrowie Górniczej średnie roczne z lat 2007-2008 utrzymywały się na zbliżonym poziomie, natomiast średnie sezonowe w 2008 roku były niższe w sezonie zimowym,



Wykres 25. Indeks jakości powietrza dla  $\text{PM}_{2,5}$  w Zabrzcu w 2008 roku (% czasu)



**Wykres 26.** Indeks jakości powietrza dla PM<sub>2,5</sub> w Zabrzu – porównanie lat 2001-2008 (% czasu)

**Tabela 4.** Statystyka stężeń pyłu PM<sub>2,5</sub> w Zabrzu i w Dąbrowie Górniczej w latach 2007-2008 – pomiar manualny

Parametr	Zabrze		Dąbrowa Górnicza**	
	2007	2008	2007	2008
Liczba stężeń dobowych*	175	342	149	296
Minimum [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	4,2	4,4	4,6	7,5
Maksimum [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	173,1	220,5	210,3	205,1
Średnia [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	31,2	39,5	33,7	33,8
Odchylenie standardowe [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	30,5	33,5	29,0	21,7
Percentyl 25 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	12,5	18,1	16,0	19,9
Mediana [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	21,1	27,5	22,6	28,6
Percentyl 75 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	39,1	49,9	42,0	41,7

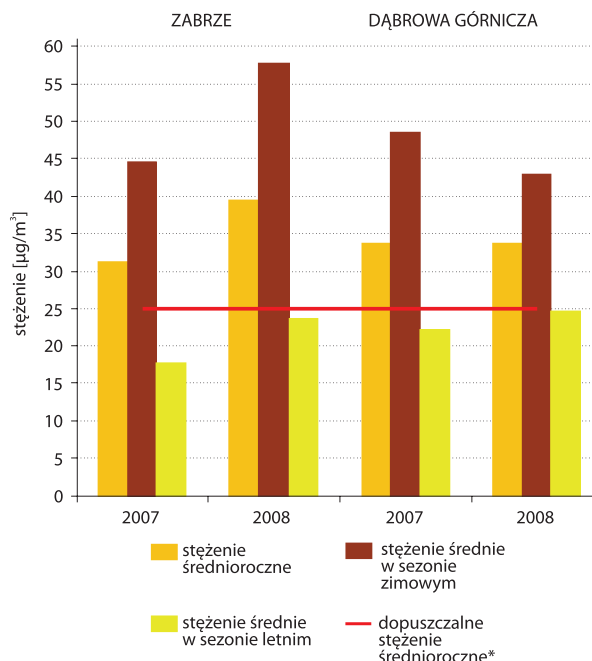
\* pokrycie czasu w ciągu doby – przynajmniej 75%,

\*\* opracowano na podstawie danych Inspekcji Ochrony Środowiska, uzyskanych w ramach PMŚ w 2007 r., do kwietnia 2008 r. w ramach projektu „Analiza stanu zanieczyszczenia powietrza pyłem PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub> z uwzględnieniem składu chemicznego pyłu, w tym metali ciężkich i WWA” wykonanego na zlecenie GIOŚ, nr 19/2007/F z dnia 18.05.2007 r.<sup>3)</sup>, finansowanego przez NFOŚiGW, a od kwietnia do grudnia 2008 r. w ramach projektu IPiS PAN<sup>6)</sup> dotowanego przez GFOŚiGW w Dąbrowie Górniczej.

a wyższe w sezonie letnim niż w roku 2007 (wykres 27).

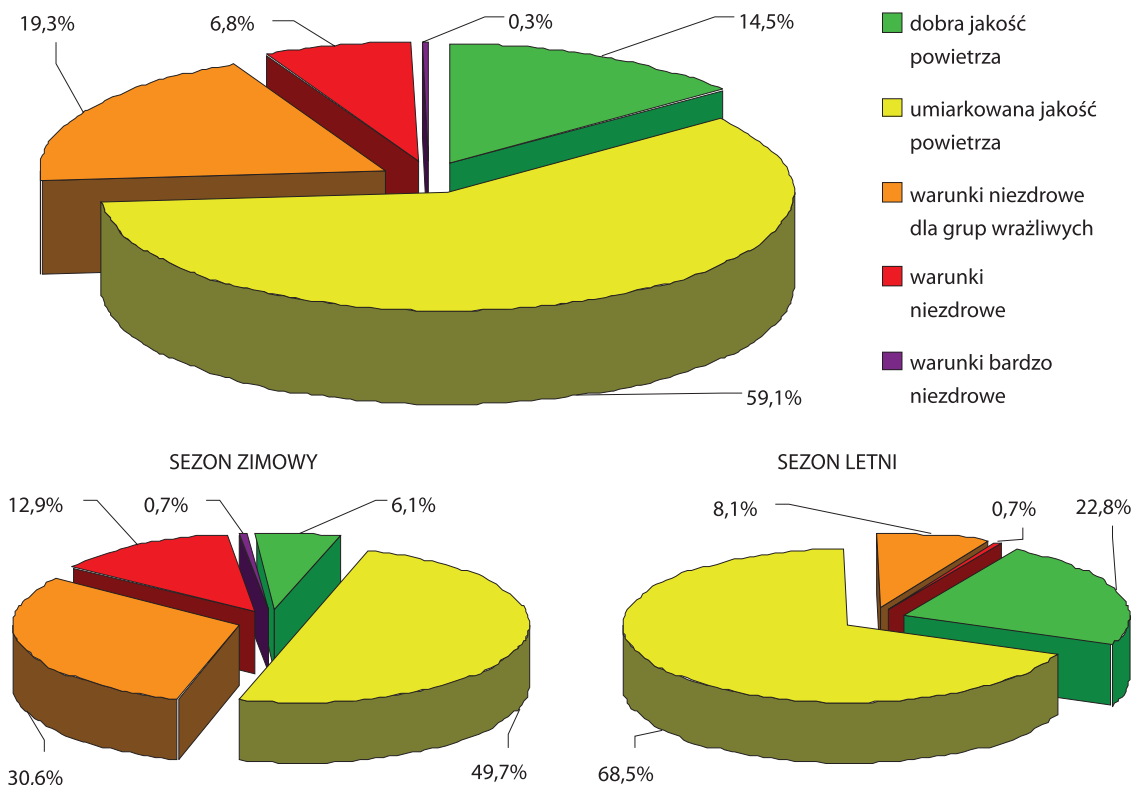
Na wykresie 28 przedstawiono klasyfikację AQI dla terenu Dąbrowy Górniczej w 2008 roku. W porównaniu z Zabrzem stwierdzono mniejszą ilość dni z dobrą jakością powietrza – 14,5% czasu w roku. Odnotowano też występowanie przez 19,3% czasu warunków niezdrowych dla grup wrażliwych, przez 6,8% czasu warunków niezdrowych i przez 0,3% czasu w roku warunków bardzo niezdrowych. Łącznie, występowanie sytuacji z dobrą lub umiarkowaną jakością powietrza w obu miastach było podobne – przez 73,2% czasu w roku w Zabrzu i przez 73,6% w Dąbrowie Górniczej.

Uzyskane wyniki badań pyłu PM<sub>2,5</sub> ilustrują utrzymywanie się wysokich ponadnormatywnych stężeń PM<sub>2,5</sub> w obszarze aglomeracji górnośląskiej, średnie roczne wyniosły od 39,5 µg/m<sup>3</sup> (Zabrze) do 33,8 µg/m<sup>3</sup> (Dąbrowa Górnicza) – tabela 4. Wskazuje to na wysoki poziom regionalnego tła PM<sub>2,5</sub> związanego ze specyfiką emisji przemysłowej, komunalnej i komunikacyjnej. Uzyskane wyniki wskazują, że problem PM<sub>2,5</sub> będzie jednym z ważniejszych zagadnień w zakresie polityki



\* dopuszczalne stężenie średnioroczne pyłu PM<sub>2,5</sub> wg Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy. Dz. U. Unii Europejskiej nr L 152 z dnia 11.06.2008 r.

Wykres 27. Średnie stężenia pyłu PM<sub>2,5</sub> w Zabrzu i w Dąbrowie Górniczej w latach 2007-2008



Wykres 28. Indeks jakości powietrza dla PM<sub>2,5</sub> w Dąbrowie Górniczej w 2008 roku (% czasu)

ekologicznej województwa śląskiego, zwłaszcza, że decydujący wpływ na średnią roczną ma występowanie wysokich stężeń w sezonie zimowym, powodowanych emisją komunalną. Poziom stężeń w sezonie letnim, związany głównie z emisją komunikacyjną i przemysłową, jest na pograniczu wartości normatywnej (wykres 27). Osiągnięcie zatem celów redukcji emisji pyłu PM<sub>2,5</sub>, określonych dyrektywą w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy, wymagać będzie wysokich nakładów i tworzenia programów naprawczych.

Rok 2008, mimo zdecydowanie niższych niż w latach 2001-2006 poziomach średnich stężeń sezonowych i rocznych pyłu, okazał się niekorzystnym w aspekcie narażenia mieszkańców aglomeracji na oddziaływanie pyłu PM<sub>2,5</sub>. Przyczyną tego należy upatrywać w strukturze emisji lokalnej i wysokim poziomie tła regionalnego związanego z oddziaływaniem pierwotnych i wtórnych źródeł PM<sub>2,5</sub>.

Analizując wyniki 8-letniej serii pomiarów stężenia pyłu PM<sub>2,5</sub> w Zabrzu z wykorzystaniem automatycznego pyłomierza TEOM 1400a, w odniesieniu do klasyfikacji AQI, należy stwierdzić, że w okresie 2001-2007, przez większą część czasu występowała dobra lub zadowalająca (umiarkowana) jakość powietrza (wykres 26). W roku 2008, w sezonie letnim sytuacja w zakresie ww. klasyfikacji uległa dalszej poprawie –

jedynie przez 4,8% czasu wystąpiły warunki niezdrowe dla grup wrażliwych lub niezdrowe, natomiast w sezonie zimowym ww. warunki wystąpiły przez 46,7% czasu, co nie jest obojętne w kategoriach epidemiologicznych.

Analizując zmiany wskaźnika średniego narażenia na PM<sub>2,5</sub> (AEI), w 2008 roku odnotowano dalszy, obserwowany od 2007 roku, jego spadek. Wartość wskaźnika AEI w 2008 roku wyniosła 37,2 µg/m<sup>3</sup> i jest najniższa od 6 lat. Przyczyny tego należy upatrywać raczej w warunkach pogodowych (napływ czystych mas powietrza arktycznego w okresie letnim) niż w obniżeniu emisji antropogenicznej (głównego źródła PM<sub>2,5</sub>).

Porównanie wyników pomiarów automatycznych i grawimetrycznych w Zabrzu wskazuje na niedoszacowanie wartości stężeń mierzonych metodą automatyczną. W stosunku do lat poprzednich uzyskano znaczące różnice, co sugeruje istotną zmianę składu chemicznego pyłu PM<sub>2,5</sub>.

Dyrektywa w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy w kontekście przedstawionej sytuacji w zakresie PM<sub>2,5</sub> wymaga podjęcia przez samorząd województwa śląskiego pilnych ustaleń w sprawie priorytetów polityki ekologicznej w zakresie redukcji pierwotnej emisji pyłu PM<sub>2,5</sub>, jak też jej gazowych prekursorów.

## 6. Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń do podłoża w województwie śląskim w 2008 roku

*Ewa Liana, Tomasz Gendolla - Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Oddział we Wrocławiu*

Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń do podłoża jest jednym z zadań podsystemu monitoringu jakości powietrza Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ). Badania monitoringowe uruchomiono w 1998 roku. Celem tego monitoringu jest określanie w skali kraju wielkości rozkładu ładunków zanieczyszczeń wprowadzanych z mokrym opadem (wet-only) do podłoża w ujęciu czasowym i przestrzennym. Koordynatorem tego monitoringu jest Departament Monitoringu i Informacji o Środowisku GIOŚ, a nadzór merytoryczny nad działalnością systemu sprawuje i badania prowadzi Wrocławski Oddział IMGW.

Sieć pomiarowa, zgodnie z programem PMŚ, składa się z 25 stacji chemizmu opadów atmosferycznych oraz 162 posterunków opadowych charakteryzujących średnie pole opadowe dla obszaru Polski, w tym dwóch stacji chemizmu opadów na obszarze województwa śląskiego (w Raciborzu i w Katowicach) i 6 posterunków opadowych (mapa 18). Na wszystkich stacjach monitoringu chemizmu

opadów zbierana jest woda opadowa w sposób ciągły i analizowana w cyklach miesięcznych. Równoległe z poborem próbek opadu prowadzone są pomiary i obserwacje wysokości i rodzaju opadu, kierunku i prędkości wiatru oraz temperatury powietrza. Ponadto na każdej stacji monitoringowej zbierane są próbki dobowe opadów i na bieżąco, po upływie doby opadowej, bezpośrednio na stacji wykonywany jest pomiar wartości pH. Miesięczne próbki opadów analizowane są w zakresie następujących wskaźników: wartości pH, przewodności elektrycznej właściwej, chlorków, siarczanów, azotynów i azotanów, azotu amonowego, azotu ogólnego, fosforu ogólnego, potasu, sodu, wapnia, magnezu, cynku, miedzi, żelaza, ołowiu, kadmu, niklu, chromu i manganu.

Analizy składu fizyczno-chemicznego opadów wykonywane są przez akredytowane laboratoria WIOŚ. W województwie śląskim analizy wykonuje laboratorium WIOŚ w Częstochowie.

Wyniki badań monitoringowych są przedstawiane

dla każdego roku w sprawozdaniach rocznych oraz w 16 raportach na obszarach poszczególnych województw. Prezentowane są również na stronie internetowej: [www.gios.gov.pl](http://www.gios.gov.pl).

Niniejsze opracowanie prezentuje wyniki badań dla obszaru województwa śląskiego w 2008 roku. Prezentowane dane obrazują stan jakości i ocenę stopnia zakwaszenia wód deszczowych w województwie śląskim oraz ilości deponowanych substancji wraz z opadami z podziałem na tereny poszczególnych powiatów. Obciążenie powierzchniowe obszaru województwa śląskiego porównano z depozycją dla całego obszaru Polski i pozostałych województw, a także przedstawiono porównanie wielkości mokrej depozycji w latach 1999-2008.

Na obszarze województwa śląskiego analizowano wody opadowe przed kontaktem z podłożem na stacjach położonych w Katowicach i Racibórz. Skład fizyczno-chemiczny miesięcznych próbek opadów z tych stacji monitoringowych oraz wielkości miesięcznych ładunków badanych substancji zdeponowanych wraz z opadami na tereny reprezentowane przez te stacje przedstawiono w tabelach 5 i 6.

**Tabela 5.** Skład fizyczno-chemiczny średniomiesięcznych próbek opadów atmosferycznych na stacjach monitoringowych z okresu styczeń-grudzień 2008 roku

Wskaźnik zanieczyszczeń	Jednostki	Stężenia min-max	
		Katowice Muchowice	Racibórz
Chlorki	mgCl/dm <sup>3</sup>	0,59 - 4,00	0,42 - 2,80
Siarczany	mgSO <sub>4</sub> /dm <sup>3</sup>	2,50 - 4,40	2,00 - 4,80
Azotyny+azotany	mgN/dm <sup>3</sup>	0,33 - 0,94	0,31 - 1,01
Azot amonowy	mgN/dm <sup>3</sup>	0,35 - 1,40	0,64 - 1,80
Sód	mgNa/dm <sup>3</sup>	0,20 - 1,70	0,16 - 1,00
Potas	mgK/dm <sup>3</sup>	0,18 - 1,30	0,17 - 0,87
Wapń	mgCa/dm <sup>3</sup>	0,72 - 3,40	0,57 - 2,40
Magnez	mgMg/dm <sup>3</sup>	0,09 - 0,33	0,06 - 0,20
Cynk	mgZn/dm <sup>3</sup>	0,07 - 0,46	0,01 - 0,05
Miedź	mgCu/dm <sup>3</sup>	0,0035 - 0,0290	0,0010 - 0,0068
Żelazo	mgFe/dm <sup>3</sup>	0,035 - 0,120	0,024 - 0,096
Ołów	mgPb/dm <sup>3</sup>	0,0037 - 0,0210	0,0010 - 0,0052
Kadm	mgCd/dm <sup>3</sup>	0,00030 - 0,00090	0,00010 - 0,00080
Nikiel	mgNi/dm <sup>3</sup>	0,0001 - 0,0018	0,0010 - 0,0023
Chrom	mgCr/dm <sup>3</sup>	0,0003 - 0,0006	0,0003 - 0,0003
Mangan	mgMn/dm <sup>3</sup>	0,0060 - 0,0160	0,0010 - 0,0170
Azot ogólny*	mgN/dm <sup>3</sup>	1,10 - 4,22	1,29 - 5,19
Fosfor ogólny	mgP/dm <sup>3</sup>	0,020 - 0,060	0,020 - 0,120
Jon wodorowy	mgH/dm <sup>3</sup>	0,0001 - 0,0275	0,0001 - 0,0098
Odczyn	pH	4,56 - 7,04	5,01 - 6,99
Przewodność	μS/cm	22,0 - 41,0	15,0 - 38,0



**Mapa 18.** Sieć stacji pomiarowo-kontrolnych krajowego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń do podłoża

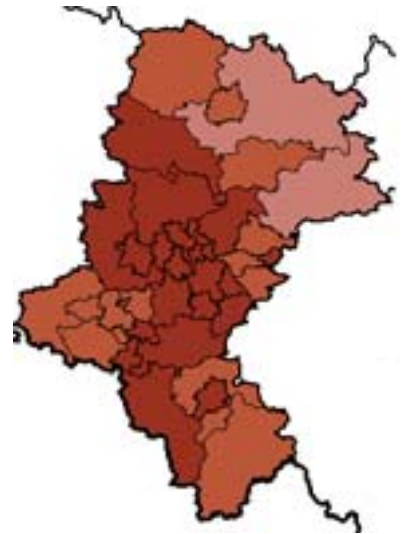
**Tabela 6.** Wielkości ładunków substancji wnoszonych z opadami na tereny reprezentowane przez stacje monitoringowe z okresu styczeń-grudzień 2008 roku

Wskaźnik zanieczyszczeń	Jednostki	Ładunki min-max	
		Katowice Muchowice	Racibórz
Chlorki	kgCl/ha	0,38 - 1,73	0,22 - 0,77
Siarczany	kgSO <sub>4</sub> /ha	0,66 - 3,86	0,34 - 3,08
Azotyny+azotany	kgN/ha	0,19 - 0,57	0,10 - 0,47
Azot amonowy	kgN/ha	0,16 - 0,93	0,15 - 1,05
Sód	kgNa/ha	0,12 - 0,70	0,11 - 0,45
Potas	kgK/ha	0,12 - 0,66	0,05 - 0,33
Wapń	kgCa/ha	0,23 - 1,58	0,14 - 1,80
Magnez	kgMg/ha	0,04 - 0,15	0,02 - 0,15
Cynk	kgZn/ha	0,035 - 0,165	0,004 - 0,041
Miedź	kgCu/ha	0,0032 - 0,0135	0,0008 - 0,0036
Żelazo	kgFe/ha	0,010 - 0,071	0,004 - 0,034
Ołów	kgPb/ha	0,0014 - 0,0192	0,0002 - 0,0024
Kadm	kgCd/ha	0,00008 - 0,00062	0,00001 - 0,00021
Nikiel	kgNi/ha	0,0001 - 0,0015	0,0002 - 0,0014
Chrom	kgCr/ha	0,0001 - 0,0009	0,0000 - 0,0004
Mangan	kgMn/ha	0,0025 - 0,0093	0,0007 - 0,0066
Azot ogólny*	kgN/ha	0,50 - 2,88	0,31 - 3,90
Fosfor ogólny	kgP/ha	0,008 - 0,046	0,006 - 0,044
Jon wodorowy	kgH/ha	0,0001 - 0,0131	0,0001 - 0,0131

## Roczne ładunki jednostkowe

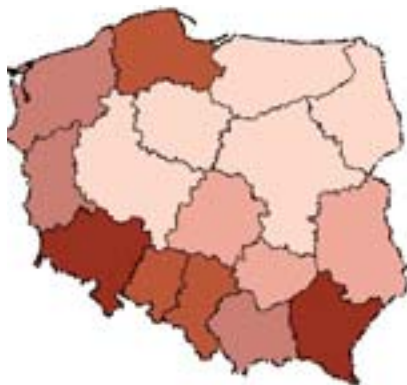
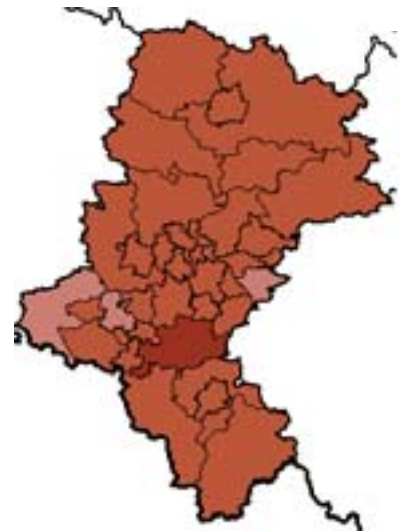
siarczany [w kg SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>/ha]

19,81-20,42	21,24-27,73
18,26-19,81	19,06-21,24
17,30-18,26	17,28-19,06
15,68-17,30	15,03-17,28
14,47-15,68	10,55-15,03

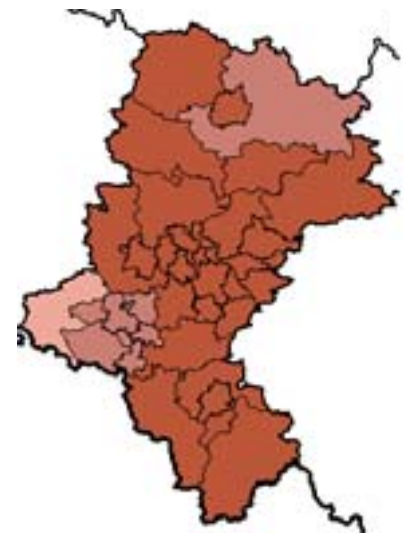
Przestrzenny rozkład ładunków  
w województwie śląskim

## azotyny i azotany [w kg N/ha]

4,27-4,28	3,99-5,49
3,71-4,27	3,52-3,99
3,55-3,71	3,24-3,52
3,38-3,55	2,98-3,24
3,08-3,38	2,37-2,98

jon wodorowy [w kg H<sup>+</sup>/ha]

0,0604-0,0641	0,0729-0,1073
0,0481-0,0604	0,0515-0,0729
0,0402-0,0481	0,0377-0,0515
0,0364-0,0402	0,0245-0,0377
0,0182-0,0364	0,0019-0,0245



Mapa 19. Roczne ładunki jednostkowe wniesione przez opady atmosferyczne na obszar województw oraz przestrzenny rozkład ładunków wniesionych na obszary powiatów w województwie śląskim

Roczne ładunki jednostkowe



kadm [w kg Cd/ha]

0,00244-0,00245	0,00214-0,00375
0,00147-0,00244	0,00149-0,00214
0,00122-0,00147	0,00116-0,00149
0,00096-0,00122	0,00091-0,00116
0,00079-0,00096	0,00055-0,00091

Przestrenny rozkład ładunków  
w województwie śląskim

ołów [w kg Pb/ha]

0,0366-0,0367	0,0456-0,0639
0,0165-0,0366	0,0288-0,0456
0,0133-0,0165	0,0159-0,0288
0,0109-0,0133	0,0096-0,0159
0,0066-0,0109	0,0031-0,0096



azot ogólny [w kg N/ha]

17,94-17,95	16,54-24,48
14,09-17,94	14,02-16,54
13,13-14,09	12,01-14,02
11,64-13,13	10,56-12,01
9,81-11,64	7,71-10,56



Roczne ładunki jednostkowe



fosfor ogólny [w kg P/ha]

0,464-0,469	0,488-0,939
0,372-0,464	0,365-0,488
0,316-0,372	0,313-0,365
0,304-0,316	0,276-0,313
0,274-0,304	0,210-0,276

Przestrzenny rozkład ładunków  
w województwie śląskim

Mapa 19. Cd.

Na podstawie wyników pomiarów ilości wody opadowej zarejestrowanych w 162 punktach pomiaru wysokości opadu reprezentujących średnie pole opadowe dla obszaru Polski, w tym sześciu na obszarze województwa śląskiego oraz wyniki analiz składu opadów z 25 stacji monitoringowych (mapa 18), przy użyciu komputerowego systemu informacji przestrzennej (GIS), oszacowano wielkości ładunków jednostkowych [kg/ha] obciążających województwo śląskie i dla porównania obszary pozostałych województw Polski. Obliczone dane przedstawiono w tabeli 7. Na przykładzie siarczanów, azotynów i azotanów, jonów wodorowych, azotu ogólnego, fosforu ogólnego, ołowiu i kadmu na mapie 19 zobrazowano zróżnicowanie obciążenia województw oraz zróżnicowanie wniesionych ładunków na obszary poszczególnych powiatów w województwie śląskim.

Dla porównania wielkości mokrej depozycji na obszarze województwa śląskiego w latach 1999-2008 na wykresie 29 przedstawiono diagramy wielkości ładunków badanych substancji i linie trendu dla tych ładunków na tle średniorocznych sum opadów.

W 2008 roku na stacjach monitoringowych w województwie śląskim wykonano 239 pomiarów wartości pH dobowych próbek opadów w celu oceny stopnia zakwaszenia wód opadowych. Wartości pH mieściły się w zakresie od 3,71 do 7,14 pH, w tym w Katowicach od 3,73 do 7,14, średnia roczna ważona pH 4,81, a w Raciborzu od 4,24 do 7,11, średnia roczna ważona pH 5,14. W przypadku 50% próbek stwierdzono „kwaśne deszcze” – opady o wartości pH poniżej 5,6, oznaczającej naturalny stopień zakwaszenia wód opadowych, wskazując na zawartość w nich mocnych kwasów mineralnych. W wieloleciu 2001-2008 stwierdzono spadek ilości

kwaśnych deszczy o 21%, a w porównaniu z rokiem ubiegłym o 4%.

Na obszar województwa śląskiego, wody opadowe w 2008 roku wniosły: 25104 tony siarczanów (20,42 kg  $\text{SO}_4^{2-}$ /ha); 11483 tony chlorków (9,34 kg  $\text{Cl}^-$ /ha); 4438 ton azotynów i azotanów (3,61 kg  $\text{N}$ /ha); 6676 ton azotu amonowego (5,43 kg  $\text{N}$ /ha); 18023 tony azotu ogólnego (14,66 kg  $\text{N}$ /ha); 375,0 ton fosforu ogólnego (0,305 kg  $\text{P}$ /ha); 3836 ton sodu (3,12 kg  $\text{Na}$ /ha); 3455 ton potasu (2,81 kg  $\text{K}$ /ha); 10106 ton wapnia (8,22 kg  $\text{Ca}$ /ha); 1156 ton magnezu (0,94 kg  $\text{Mg}$ /ha); 836 ton cynku (0,680 kg  $\text{Zn}$ /ha); 70,8 ton miedzi (0,0576 kg  $\text{Cu}$ /ha); 340,5 ton żelaza (0,277 kg  $\text{Fe}$ /ha); 45 ton ołowiu (0,0366 kg  $\text{Pb}$ /ha); 3,012 ton kadmu (0,00245 kg  $\text{Cd}$ /ha); 7,87 ton niklu (0,0064 kg  $\text{Ni}$ /ha); 3,074 tony chromu (0,0025 kg  $\text{Cr}$ /ha) i 62,45 ton manganu (0,0508 kg  $\text{Mn}$ /ha) oraz 66,51 ton wolnych jonów wodorowych (0,0541 kg  $\text{H}^+$ /ha).

Wielkości wprowadzonych substancji maleją zgodnie z szeregiem:

$\text{SO}_4^{2-} > \text{Nog} > \text{Cl}^- > \text{Ca} > \text{NNH}_4^+ > \text{NNO}_2^- + \text{NO}_3^- > \text{Na} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Zn} > \text{P}_{\text{og}} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{H}^+ > \text{Mn} > \text{Pb} > \text{Ni} > \text{Cd} > \text{Cr}$

Roczny sumaryczny ładunek jednostkowy badanych substancji zdeponowany na obszar województwa śląskiego wyniósł 61,0 kg/ha i był większy niż średni dla całego obszaru Polski o 13,6%. W porównaniu z rokiem ubiegłym nastąpił spadek rocznego obciążenia o 12,2%, przy niższej średniorocznej sumie wysokości opadów o 143,5 mm.

Największym ładunkiem badanych substancji w województwie śląskim został obciążony powiat pszczyński (72,8 kg/ha) z najwyższymi, w porównaniu do obciążenia pozostałych powiatów, ładunkami siarczanów, azotynów i azotanów, azotu



amonowego, azotu i fosforu ogólnego, sodu, wapnia, magnezu, żelaza, niklu i chromu.

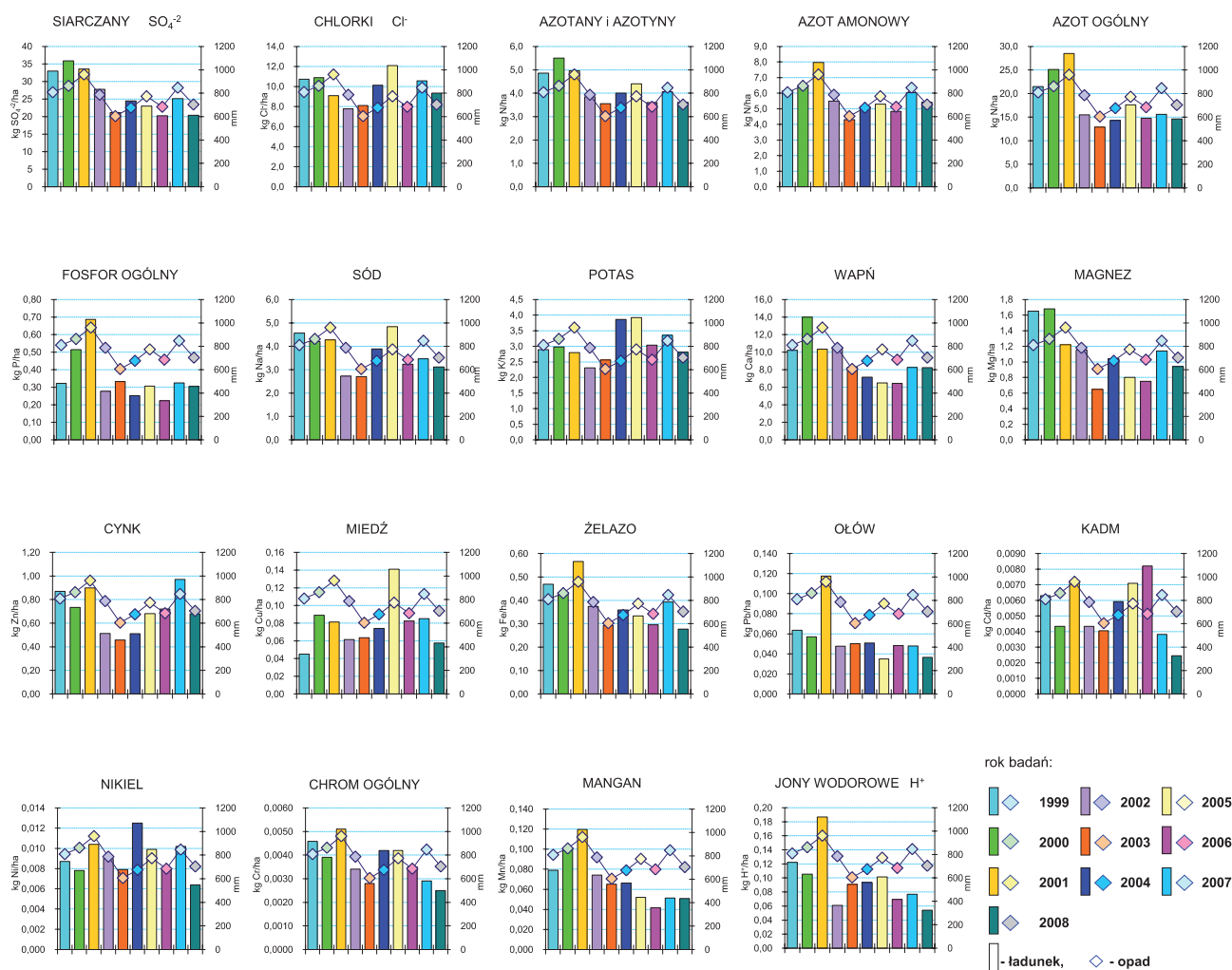
Najmniejsze obciążenie powierzchniowe wystąpiło w powiecie częstochowskim (54,4 kg/ha) z najniższym, w stosunku do pozostałych powiatów, obciążeniem ładunkami siarczanów, azotu amonowego, azotu ogólnego, wapnia i niklu.

Ocena wyników dziesięcioletnich badań monitoringowych chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń do podłoża przewodzących, w sposób ciągły, w okresie lat 1999-2008 wykazała, że depozycja roczna analizowanych substancji wprowadzonych wraz z opadami na obszar województwa śląskiego w 2008 roku, w stosunku do średniej z wielolecia 1999-2007, dla badanych składników była mniejsza, a całkowite roczne obciążenie powierzchniowe obszaru województwa ładunkiem badanych substancji deponowanych z atmosfery przez opad mokry zmalało, w porównaniu do średniego z poprzednich lat badań, o 17,7%, przy niższej

średniorocznej sumie wysokości opadów o 9,6%.

Wniesiony wraz z opadami w 2008 roku ładunek siarczanów, w porównaniu do średniego z lat 1999-2007, zmalał o 24,8%, ładunek chlorków o 4,1%, azotynów i azotanów o 16,2%, azotu amonowego o 5,4%, azotu ogólnego o 20,4%, fosforu ogólnego o 15,3%, sodu o 17,2%, potasu o 8,8%, wapnia o 9,3%, magnezu o 16,1%, cynku o 3,8%, miedzi o 28,4%, żelaza o 29,2%, ołowiu o 36,5%, kadmu o 57%, niklu o 31,9%, chromu o 34,2%, manganu o 29,6% i jonów wodorowych o 46,3%.

Depozycja zanieczyszczeń atmosferycznych wnoszona w 2008 roku wraz z opadami na obszar województwa śląskiego, pomimo obserwowanych tendencji malejących wielu badanych składników w wieloleciu 1999-2007, nadal negatywnie może oddziaływać na stan środowiska naturalnego tego regionu. Szczególnie ujemny wpływ mogą mieć kwasotwórcze związki siarki i azotu (kwaśne deszcze), związki biogenne i metale ciężkie.



**Wykres 29.** Depozycja substancji wprowadzanych z opadem atmosferycznym (wet-only) na obszar województwa śląskiego w poszczególnych latach 1999-2008 (wielkości ładunków w kg/ha\*rok) oraz średnioroczne sumy opadów (mm)

**Tabela 7.** Obciążenie powierzchniowe województw [kg/ha] substancjami wniesionymi przez opady atmosferyczne w 2008 roku

WSKAŹNIK	dolnośląskie	kujawsko-pomorskie	lubelskie	lubuskie	łódzkie	małopolskie	mazowieckie	opolskie	podkarpackie	podlaskie	pomorskie	śląskie	świętokrzyskie	warmińsko-mazurskie	wielkopolskie	zachodniopomorskie
Siarczany [SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ]	17,30	17,66	17,81	15,15	17,82	19,82	18,27	20,21	18,72	14,62	14,48	20,42	16,39	15,68	20,40	14,66
Chlorki [Cl <sup>-</sup> ]	5,66	9,20	6,84	5,84	6,78	7,95	9,68	7,67	6,71	7,94	14,45	9,34	6,81	10,74	7,64	11,47
Azotyny+azotany [N <sub>NO<sub>2</sub><sup>-</sup>+NO<sub>3</sub><sup>-</sup>]</sub>	3,76	3,18	3,56	3,71	3,47	3,82	3,39	3,67	4,28	3,29	3,19	3,61	3,39	3,09	3,25	3,80
Azot amonowy [N <sub>NH<sub>4</sub><sup>+</sup>]</sub>	4,97	4,36	5,12	4,66	4,45	5,65	4,68	5,75	5,59	5,00	4,11	5,43	4,86	4,76	5,48	4,76
Sód [Na]	3,04	4,91	2,43	3,19	3,15	3,13	3,89	3,11	2,91	2,69	7,22	3,12	2,58	4,08	4,02	6,66
Potas [K]	1,41	2,54	2,16	1,44	1,82	2,77	1,73	2,25	2,25	1,68	3,74	2,81	2,35	1,78	2,26	2,98
Wapń [Ca]	5,00	8,00	6,26	4,77	6,69	8,60	7,16	7,45	6,71	6,65	4,91	8,22	5,99	6,81	8,26	5,56
Magnez [Mg]	0,75	1,23	0,88	0,75	0,86	1,15	1,03	0,93	1,25	1,21	1,08	0,94	0,82	1,13	1,13	0,87
Cynk [Zn]	0,357	0,329	0,460	0,330	0,542	0,427	0,530	0,466	0,399	0,434	0,314	0,680	0,407	0,425	0,480	0,345
Miedź [Cu]	0,0649	0,0306	0,0459	0,0493	0,0364	0,0472	0,0338	0,0467	0,0716	0,0268	0,0591	0,0576	0,0502	0,0282	0,0348	0,0605
Żelazo [Fe]	0,122	0,143	0,101	0,172	0,190	0,160	0,163	0,222	0,127	0,228	0,176	0,277	0,128	0,191	0,197	0,151
Ołów [Pb]	0,0190	0,0080	0,0086	0,0137	0,0110	0,0134	0,0066	0,0217	0,0165	0,0134	0,0170	0,0366	0,0115	0,0096	0,0082	0,0111
Kadm [Cd]	0,00112	0,00147	0,00112	0,00129	0,00123	0,00147	0,00104	0,00162	0,00170	0,00080	0,00151	0,00245	0,00136	0,00097	0,00097	0,00152
Nikiel [Ni]	0,0042	0,0055	0,0049	0,0057	0,0045	0,0054	0,0043	0,0058	0,0074	0,0036	0,0068	0,0064	0,0057	0,0045	0,0050	0,0066
Chrom [Cr]	0,0015	0,0027	0,0023	0,0027	0,0022	0,0025	0,0020	0,0020	0,0033	0,0031	0,0028	0,0025	0,0026	0,0030	0,0023	0,0027
Mangan [Mn]	0,0334	0,0268	0,0322	0,0239	0,0316	0,0540	0,0393	0,0421	0,0437	0,0309	0,0246	0,0508	0,0356	0,0274	0,0343	0,0277
Jon wodorowy [H <sup>+</sup> ]	0,0641	0,0184	0,0367	0,0431	0,0365	0,0403	0,0208	0,0481	0,0604	0,0226	0,0571	0,0541	0,0375	0,0182	0,0262	0,0402
Azot ogólny [N <sub>og.</sub> ]	10,89	10,86	11,83	14,09	11,64	17,94	13,83	13,89	14,29	11,77	9,81	14,66	12,14	10,89	14,16	13,13
Fosfor ogólny [P <sub>og.</sub> ]	0,274	0,331	0,296	0,319	0,297	0,373	0,317	0,297	0,348	0,411	0,402	0,305	0,306	0,305	0,469	0,464
Suma	44,9912	55,2965	49,1987	46,1907	49,9124	62,4843	56,7078	56,6630	53,9186	47,7342	56,7509	60,9825	48,0655	52,1229	59,1278	56,4403

- wartości maksymalne zaznaczono kolorem żółtym, minimalne kolorem niebieskim

## 7. Charakterystyka warunków meteorologicznych województwa śląskiego w 2008 roku na tle wielolecia

Mieczysław Lesniok – Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Klimatologii

Pod pojęciem klimatu rozumie się charakterystyczny dla danego obszaru zespół zjawisk i procesów atmosferycznych, kształtujących się pod wpływem właściwości fizycznych i geograficznych tego obszaru, określony na podstawie wyników wieloletnich obserwacji. Klimat jest jednym z komponentów środowiska geograficznego i równocześnie warunkuje przebieg wielu procesów w nim zachodzących. Ponadto odgrywa szczególną rolę jako czynnik determinujący warunki życia człowieka, wpływający na strukturę rolnictwa, ekonomię oraz wiele innych sfer życia społeczeństwa.

Na klimat województwa śląskiego, tak jak na klimat

całej Polski, mają wpływ czynniki cyrkulacyjne, radiacyjne i geograficzne jak: ukształtowanie powierzchni, wyniesienie nad poziomem morza, odległość od Atlantyku i mórz śródziemnych (Morze Śródziemne, Bałtyk) oraz sąsiedztwo kontynentu azjatyckiego. Pasmowy, równoleżnikowy układ krain geograficznych, otwartych na zachód i wschód sprzyja wędrowkom mas powietrza powstających poza obszarem Polski, szczególnie nad Atlantykiem lub centralną Azją. Obniżenie Bramy Morawskiej sprzyja przenikaniu ciepłych, a czasem wręcz gorących mas powietrza z nad Morza Śródziemnego (fotografia 1). Polska, a w tym i województwo śląskie, jest regionem mieszania się

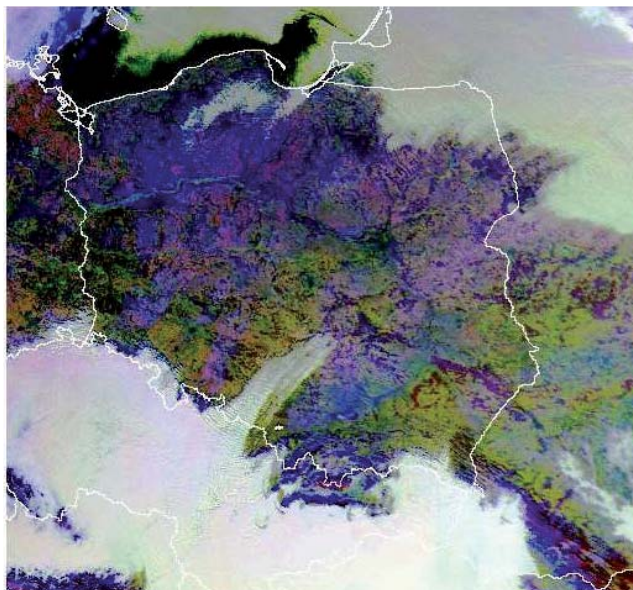
mas powietrza o różnorodnych cechach fizycznych. Częste wędrowki mas powietrza przemieszczających się z różnych stron powodują dużą zmienność typów pogody, a klimatowi nadają charakter klimatu przejściowego, posiadającego zarówno cechy klimatu morskiego jak i lądowego.

### 7.1. Charakterystyka warunków cyrkulacyjnych

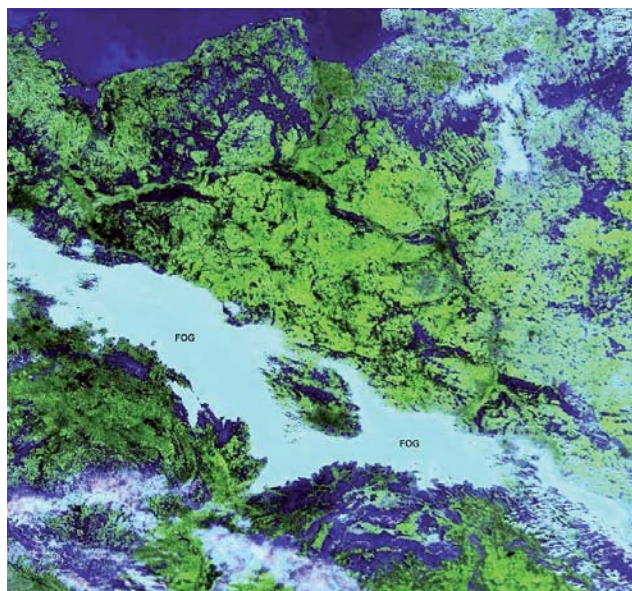
W przebiegu rocznym zaznacza się wyraźna sezonowość zjawisk cyrkulacyjnych. Pogoda na obszarze województwa śląskiego przez 60% dni w roku kształtuje się pod wpływem powietrza polarno-morskiego (PPm) docierającego z Atlantyku, które w zimie powoduje odwilże, wzrost zachmurzenia i opady śniegu, natomiast w lecie ochłodzenie i opady deszczu. Największa częstość napływu atlantyckich mas powietrza zaznacza się w lipcu (71%) i w listopadzie (66%), a najmniejsza w marcu (49%). Powietrze polarno-kontynentalne (PPk) napływa z Europy Wschodniej i Azji i pojawia się nad obszarem województwa głównie w marcu (32%) oraz w styczniu i lutym (28 – 29%). Jest ono stosunkowo suche, w zimie przynosi pogodę mroźną bez opadów, natomiast w lecie pogodę słoneczną i suchą. Minimum jego występowania przypada na lipiec i listopad (15 – 16%). Powietrze pochodzenia arktycznego (PA) napływające z północnej Skandynawii i rejonu Grenlandii występuje przez 8% dni w roku i przynosi pogodę zmienną ze znacznymi ochłodzeniami i przygruntowymi przymrozkami na wiosnę (tzw. zimni ogrodnicy). Najrzadziej, bo zaledwie przez 3% dni w roku występują nad omawianym obszarem masy powietrza zwrotnikowego (PZ) docierające z Morza Śródziemnego i Azorów. Powodują one gwałtowne ocieplenie w zimie i silne nieraz upały w lecie (Niedźwiedź, 1999). Fronty atmosferyczne przemieszczają się nad Polską przez ok. 225 dni w roku, tj. ok. 60% wszystkich dni w roku.

Czynniki radiacyjne kształtują klimat na stosunkowo niewielkich obszarach. Jest to związane z niejednakowym przebiegiem procesu wymiany energii zachodzącej na tzw. powierzchni czynnej. O rodzaju i intensywności tego procesu decydują z jednej strony stany atmosfery, a z drugiej strony cechy fizyczne podłoża, a więc jego właściwości termiczne, aerodynamiczne i higryczne.

Roczne sumy usłonecznienia na obszarze województwa są zróżnicowane. Najwyższe występują w jego zachodniej, północnej i południowej części dochodząc do 1900 godzin w roku. Sumy te maleją na obszarach górskich oraz w obrębie ośrodków miejsko-przemysłowych, a w szczególności w regionie katowickim do 1400 godzin rocznie. Średnie dobowe wartości usłonecznienia dla roku wynoszą na analizo-



Fot. 1. Przechodzenie mas powietrza przez Bramę Morawską



Fot. 2. Występowanie mgieł radiacyjnych na obszarze Polski południowej (poza obszarem wyżyny katowickiej)

wanym obszarze 3,5 godziny i należą do najniższych w Polsce.

Poza wspomnianymi czynnikami naturalnymi, ważnym czynnikiem wpływającym na kształtowanie się klimatu badanego obszaru jest działalność gospodarcza.

Duża koncentracja przemysłu oraz znaczny stopień urbanizowania powoduje występowanie znacznie większej emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych niż w innych częściach kraju. Ma to wpływ na zmianę struktury tzw. warstwy czynnej atmosfery. Następstwem tego zjawiska jest inny przebieg elementów klimatu niż w warunkach naturalnych. Należy dodać, że położenie regionu katowickiego w obrębie wyniesionej ponad sąsiednie obszary Wyżyny Katowickiej

jest elementem korzystnym z punktu widzenia warunków aerosanitarnych. Sprzyja bowiem lepszemu przewietrzaniu atmosfery, a tym samym zapobiega trwałej stagnacji zanieczyszczonego powietrza nad tym obszarem (fotografia 2).

Zanieczyszczenia emitowane do atmosfery podlegają procesom przemiany, transportu i depozycji (osadzania). Część zanieczyszczeń deponowana jest w pobliżu miejsca emisji, część zaś wskutek ruchu powietrza (głównie wiatr) transportowana jest czasem na dalekie odległości zanieczyszczając środowisko z dala od miejsca emisji. W otoczeniu regionu katowickiego znajdują się okręgi przemysłowe i aglomeracje, które przy określonych warunkach cyrkulacyjnych w znaczący sposób kształtują w jego obrębie jakość powietrza. Na zachodzie jest nim okręg kędzierzyński, na południowym zachodzie rybnicki i ostrawsko-karwiński okręg przemysłowy, na południu okręg bielsko-czechowicki, na wschodzie okręg trzebińsko-chrzanowski, oświęcimski i krakowski oraz na północy okręg częstochowski. Dla regionu katowickiego największe znaczenie mają zanieczyszczenia przyznoszone z kierunku zachodniego i południowo-zachodniego. Z kolei warunki cyrkulacyjne sprawiają, że większość zanieczyszczeń emitowanych z Regionu Katowickiego transportowana jest w kierunku północno-wschodnim i wschodnim. Niezwykle ważnym elementem z punktu widzenia rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń atmosfery jest kierunek adwekcji

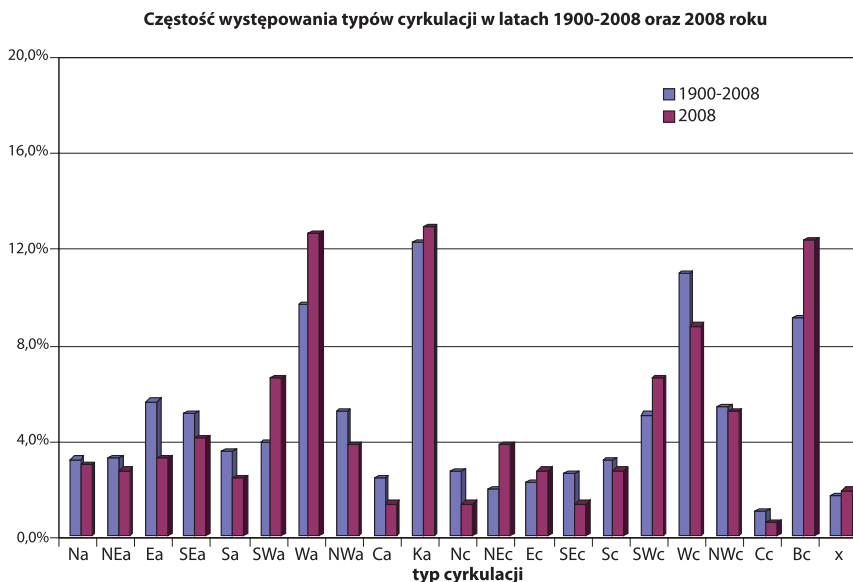
(napływu) mas powietrznych nad obszar Górnego Śląska.

Biorąc pod uwagę rodzaj napływających mas powietrza nad obszar województwa, typ układu barycznego i kierunek adwekcji powietrza, w celu oceny warunków aerosanitarnych punkt wyjścia stanowi określenie typu cyrkulacji atmosferycznej dla danego dnia czy okresu. Typ cyrkulacji bowiem generuje występowanie określonych warunków meteorologicznych, ich dynamikę i zmienność. Spośród różnych klasyfikacji typów cyrkulacji dla obszaru Polski czy Europy Środkowej do analizy wykorzystano klasyfikację T. Niedźwiedzia, opracowaną dla dorzecza górnej Wisły i uwzględniającą rodzaj układu barycznego i kierunek napływu mas powietrza. Klasyfikacja ta obejmuje 21 typów cyrkulacji, z których 10 odnosi się do sytuacji antycyklonalnych, 10 do sytuacji cyklonalnych oraz jednej niedającej się zaklasyfikować (tabela 8).

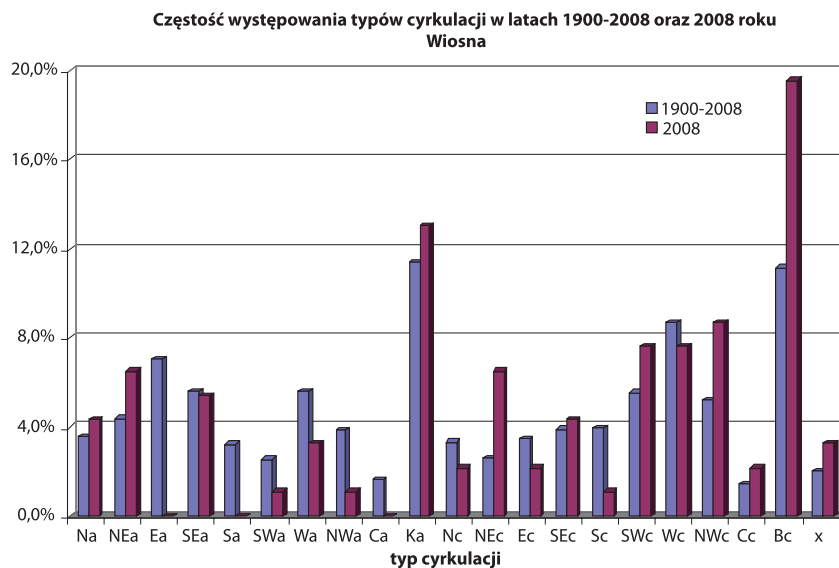
Analizę rozkładu typów cyrkulacji dla roku 2008 przedstawiono na tle wielolecia 1900-2008. Rok 2008 pod względem częstości występowania poszczególnych typów cyrkulacji różnił się od średniej z wielolecia 1900-2008 (wykres 30). Generalnie w 2008 roku zanotowano niewielki spadek częstości występowania typów antycyklonalnych (o 1,4%) oraz podobny wzrost częstości typów cyklonalnych (o 1,2%). Wśród poszczególnych typów zauważyć można poważny wzrost częstości cyrkulacji antycyklonalnych z zachodnim kierunkiem napływu powietrza (Wa), południowo-zachodnią (SWa) oraz sytuacji z klinem wyżowym (Ka), a także wzrost udziału cyrkulacji cyklonalnych z napływem powietrza z północno-wschodu (NEc), południowo-zachodnią (SWc) oraz sytuacji z bruzdą niskiego ciśnienia (Bc). Wiosną 2008 roku wyraźnie dominował typ z bruzdą cyklonalną (Bc) – 19,6% dni oraz klinem wyżowym (Ka) – 13% dni, znacznie przewyższając wartości z wielolecia, a także wyższą częstość typów NEa i NEc (wykres 31). Należy podkreślić, że w okresie wiosennym nie zanotowano dni z typami Ea, Sa oraz Ca. Latem do najczęstszych należała sytuacja z bruzdą cyklonalną (Bc - 17,4%), klinem wyżowym (Ka) oraz typy z zachodnim kierunkiem napływu powietrza - Wc i Wa. W porze tej nie zanotowano podobnie jak wiosną sytuacji Sa, a także Cc (wykres 32). Jesienią wyraźnie zwiększyły się częstości występowania sytuacji z zachodnim kierunkiem napływu powietrza – Wa, SWc, SWa, a także sytuacji Ka, i NEc. W okresie tym nie odnotowano typów SEc i Cc (wykres 33). Zimą najwyższe częstości przypadają na sytuacje z zachodnim kierunkiem napływu powietrza (typy antycyklonalne Wa, SWa, NWA – łącznie 41,8% oraz cyklonalne Wc i NWc – łącznie 15,4%) oraz klina wyżowego (Ka). Nie zanotowano sytuacji Nc, NEc, SEc oraz Cc (wykres 34).

**Tabela 8.** Klasyfikacja typów cyrkulacji atmosferycznej wg T. Niedźwiedzia

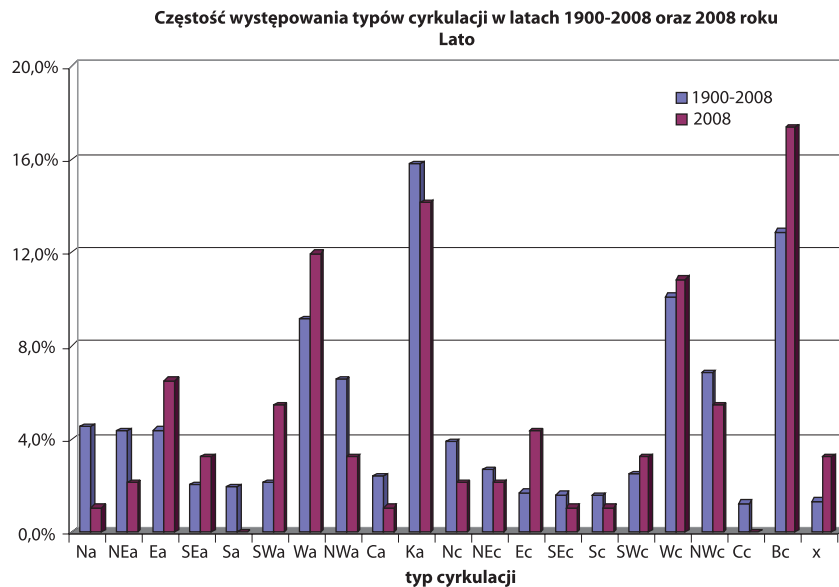
Układ antycyklonalny (wyż)	Układ cyklonalny (niż)	Typy sytuacji
Na	Nc	Sytuacje z adwekcją powietrza z północy
NEa	NEc	Sytuacje z adwekcją powietrza z północnego wschodu
Ea	Ec	Sytuacje z adwekcją powietrza ze wschodu
SEa	SEc	Sytuacje z adwekcją powietrza z południowego wschodu
Sa	Sc	Sytuacje z adwekcją powietrza z południa
SWa	SWc	Sytuacje z adwekcją powietrza z południowego zachodu
Wa	Wc	Sytuacje z adwekcją powietrza z zachodu
NWa	NWc	Sytuacje z adwekcją powietrza z północnego zachodu
Ca	Cc	Sytuacja centralna, centrum nad Polską południową
Ka		Klin antycyklonalny, czasem kilka niewyraźnych ośrodków lub rozmyty obszar podwyższonego ciśnienia, oś wału wysokiego ciśnienia
	Bc	Bruzda cyklonalna, rozmyty obszar niskiego ciśnienia lub oś bruzdy niżowej z różnymi kierunkami adwekcji i systemem frontów oddzielających różne masy powietrza
X		Sytuacje niedające się zaklasyfikować i siodła baryczne



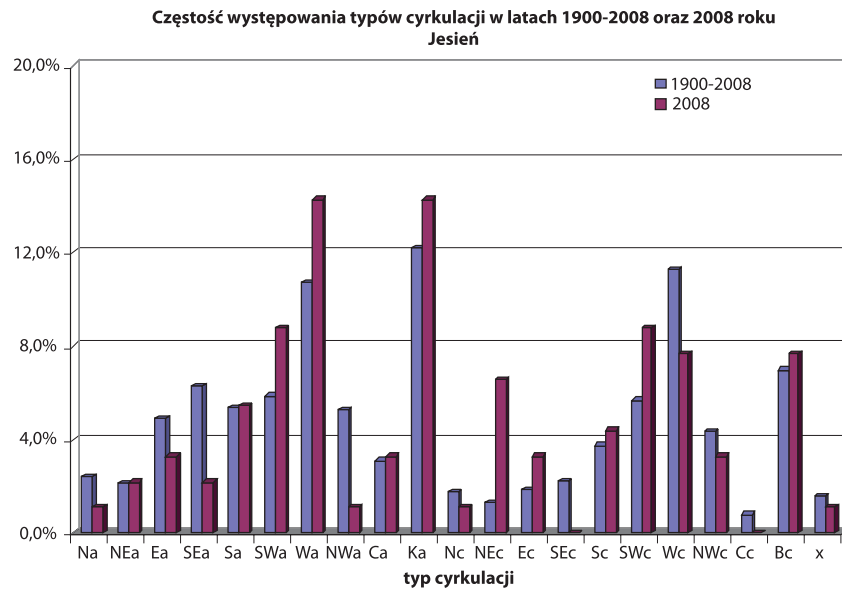
**Wykres 30.** Typy cyrkulacji atmosferycznej dla roku 2008 na tle wielolecia 1900-2008



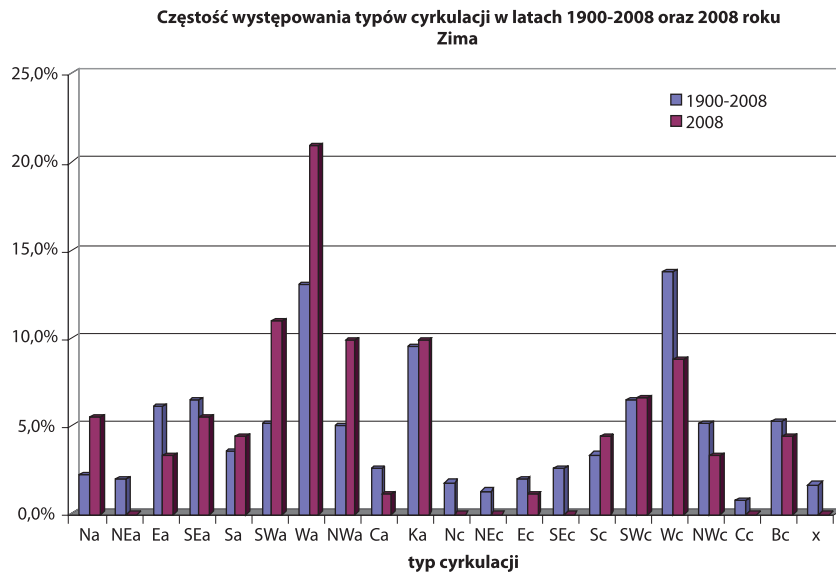
**Wykres 31.** Typy cyrkulacji atmosferycznej dla wiosny 2008 na tle wielolecia 1900-2008



**Wykres 32.** Typy cyrkulacji atmosferycznej dla lata 2008 na tle wielolecia 1900-2008



**Wykres 33.** Typy cyrkulacji atmosferycznej dla jesieni 2008 na tle wielolecia 1900-2008



**Wykres 34.** Typy cyrkulacji atmosferycznej dla zimy 2008 na tle wielolecia 1900-2008

## 7.2. Charakterystyka innych elementów meteorologicznych

*Leszek Osródka, Ewa Krajny – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Oddział w Krakowie, Zakład Monitoringu i Modelowania Zanieczyszczeń Powietrza w Katowicach*

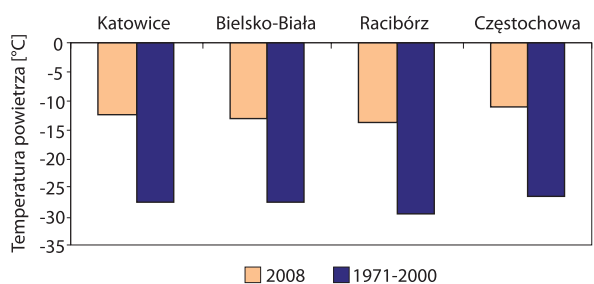
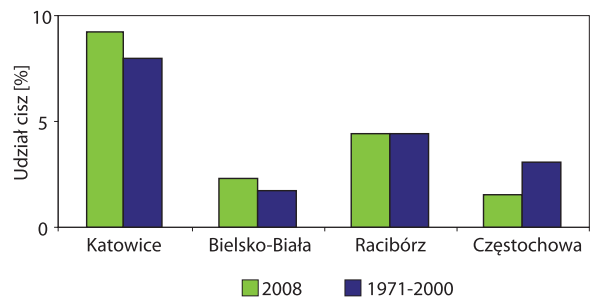
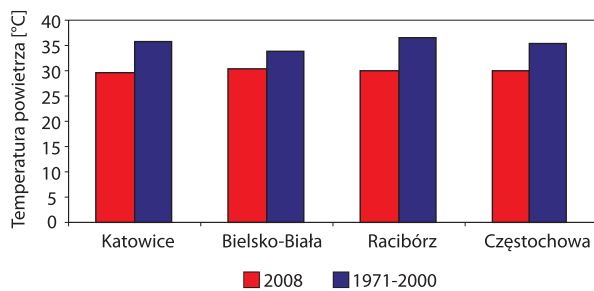
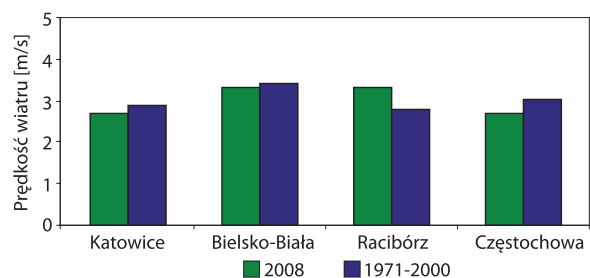
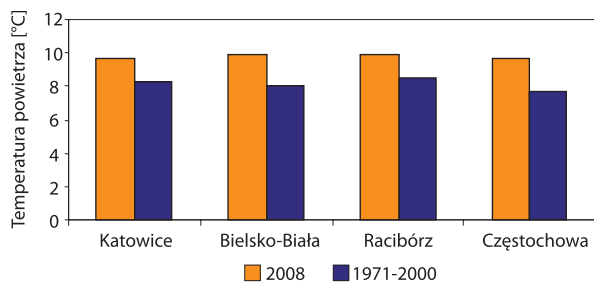
Meteorologia zanieczyszczeń powietrza jest jednym z komponentów inżynierii i ochrony środowiska opisującym poziom imisji stężeń zanieczyszczeń powietrza w aspekcie zmienności dobowej, sezonowej czy rocznej warunków meteorologicznych. Jak wiadomo, warunki termiczno-dynamiczne atmosfery determinują warunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń. Właściwa ochrona powietrza atmosferycznego, szczególnie w przypadku występowania epizodów stężeń zanieczyszczeń, uzależniona jest w znacznej mierze od właściwego sterowania emisją. Celem

interpretacji stanu jakości powietrza na tle warunków pogodowych w województwie śląskim w 2008 roku poniżej przedstawiono wybrane charakterystyki meteorologiczne na tle charakterystyk klimatycznych (tabela 9). Analizę meteorologiczną przeprowadzono na podstawie danych Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej (PSHM) IMGW.

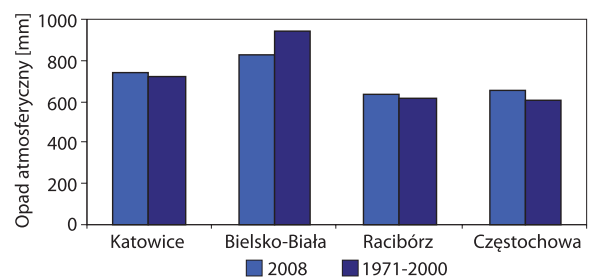
Średnia temperatura powietrza w województwie śląskim wynosiła około 9,8°C, a suma opadów atmosferycznych wahała się w zależności od regionu od około 830 mm w rejonach podgórskich do około 630 w Kotlinie Raciborskiej. Rok 2008 w województwie śląskim na tle wielolecia pod względem charakterystyki termicznej klasyfikuje się powyżej normy (średnia temperatura powietrza od 0,50 do 2,00°C), natomiast ze względu na charakterystykę opadową rok

ten był w normie (od 75% do 124%) (wykres 35 i 38). Liczba dni z opadem atmosferycznym była zbliżona do normy. Zanotowane temperatury maksymalne w lipcu 2008 roku (stacja Katowice Muchowiec i Racibórz Studzienna) i w sierpniu 2008 roku (stacja Bielsko-Biała Aleksandrowice i Częstochowa) były niższe od wartości maksymalnych z wielolecia 1971-2000 średnio o  $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}$ . Natomiast temperatury minimalne notowane na stacjach IMGW w styczniu 2008 roku były wyższe od wartości minimalnych z wielolecia od  $14,5^{\circ}\text{C}$  (stacja Bielsko-Biała) do  $16^{\circ}\text{C}$  (stacja Racibórz). Warunki anemologiczne jak i solarne w roku 2008 na

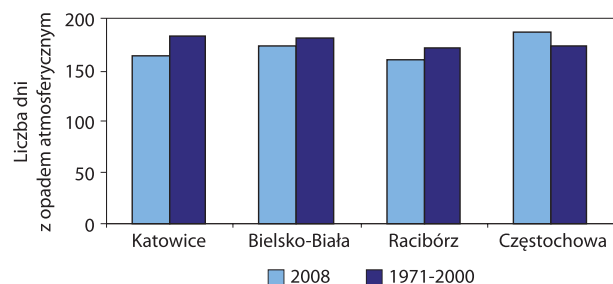
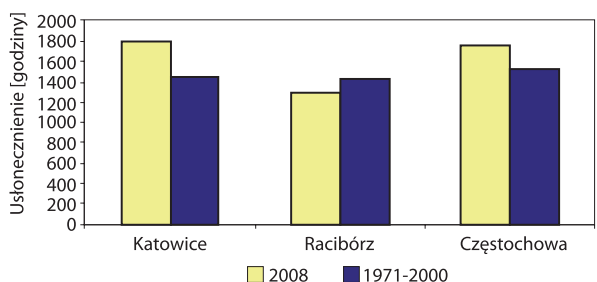
terenie województwa śląskiego zasadniczo nie różniły się znacząco od charakterystyk z wielolecia (wykres 36 i 37). Średnie roczne wartości były zbliżone do wartości z okresu 1971-2000. Pewne różnice wystąpiły jedynie w procentowym udziale cisz na niektórych stacjach meteorologicznych, a także w prędkościach wiatru. Należy zwrócić uwagę, że na stacji w Bielsku-Białej i Raciborzu zanotowano większe od przeciętnych z wielolecia prędkości wiatru z sektora południowego i południowo-zachodniego. Poniżej przedstawiono róże wiatru dla 2008 roku oraz dla wielolecia (wykres 39).



**Wykres 37.** Średnia roczna prędkość wiatru i udział cisz dla stacji meteorologicznych sieci IMGW w województwie śląskim w roku 2008 na tle normy z okresu 1971-2000



**Wykres 35.** Średnia roczna, maksymalna (max) i minimalna (min) temperatura powietrza dla stacji meteorologicznych sieci IMGW w województwie śląskim w roku 2008 na tle normy z okresu 1971-2000



**Wykres 36.** Usłonecznienie dla stacji meteorologicznych sieci IMGW w województwie śląskim w roku 2008 na tle normy z okresu 1971-2000

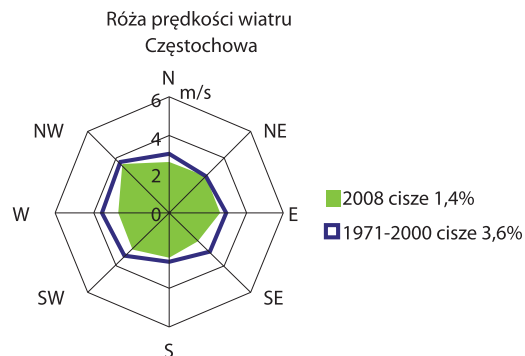
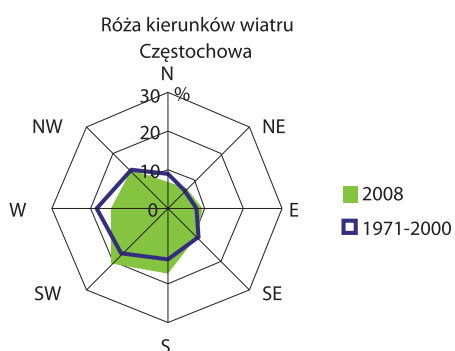
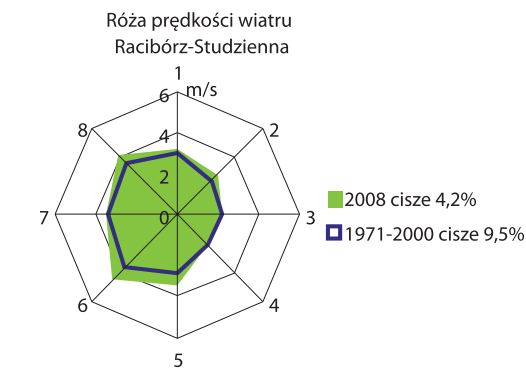
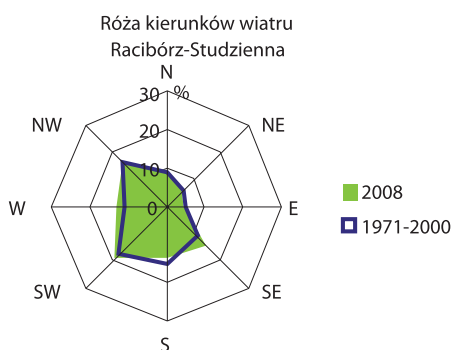
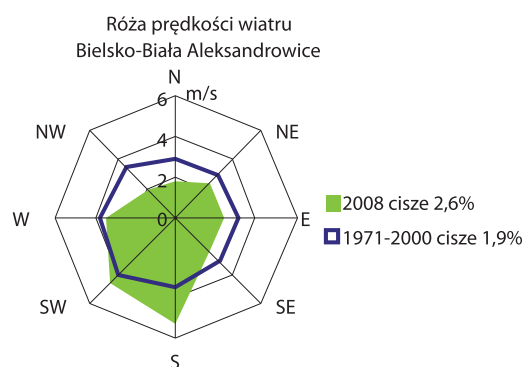
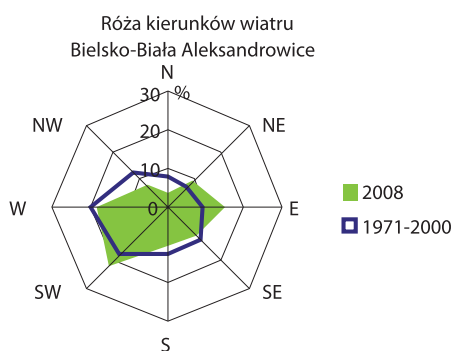
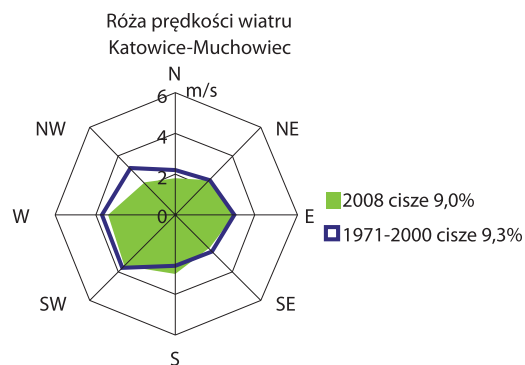
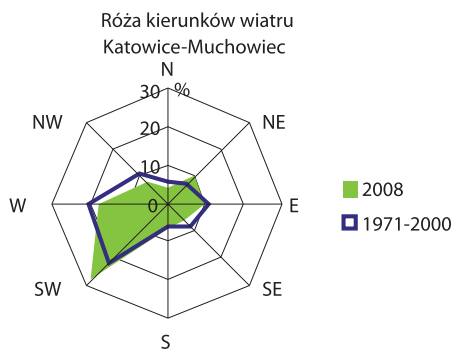
**Wykres 38.** Suma opadu atmosferycznego i liczba dni z opadem atmosferycznym dla stacji meteorologicznych sieci IMGW w województwie śląskim w roku 2008 na tle normy z okresu 1971-2000

Tabela 9. Charakterystyka wybranych elementów meteorologicznych dla stacji meteorologicznych sieci IMGW w województwie śląskim w 2008 roku

Elementy meteorologiczne	Miesiące 2008 roku												Rok 2008
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>Katowice Muchowice</b>													
Temperatura średnia [°C]	1,9	2,9	4,1	8,8	13,8	18,3	18,7	17,9	12,7	9,9	5,5	1,4	9,7
Odchylenie temperatury średniej od normy <sup>*)</sup> [°C]	3,6	3,3	0,8	0,8	0,5	2,3	1,0	0,5	-0,5	1,3	2,4	1,6	1,5
Temperatura max. [°C]	11,3	16,0	15,8	21,4	27,4	29,7	29,8	28,8	29,2	20,3	20,1	11,0	29,8
Temperatura min. [°C]	-12,3	-11,5	-5,0	-1,4	2,7	5,5	6,0	4,9	3,2	-1,6	-5,4	-10,5	-12,3
Prędkość wiatru średnia [m/s]	3,8	3,3	3,9	2,4	2,0	2,5	2,2	2,3	2,0	2,5	3,1	3,5	2,8
Udział cisz [%]	2,7	5,3	3,0	13,9	12,0	11,0	9,9	11,7	10,6	17,6	6,0	7,8	9,3
Suma opadu atmosferycznego [mm]	39,9	15,7	53,4	51,0	39,6	56,4	154,2	110,7	86,8	52,4	30,5	46,4	737
% normy opadu atmosferycznego <sup>*)</sup>	103	43	128	96	52	63	150	140	140	99	63	97	98
Liczba dni z opadem atmosferycznym	17	11	17	12	11	11	19	10	12	14	15	15	164
Usłonecznienie - suma [godz.]	54,0	74,5	132,5	159,4	226,4	276,3	246,2	259,6	132,2	119,8	52,8	59,2	1793
<b>Bielsko-Biała Aleksandrowice</b>													
Temperatura średnia [°C]	2,8	3,2	3,9	8,9	13,3	18,2	18,2	18,3	12,6	10,7	6,5	1,8	9,9
Odchylenie temperatury średniej od normy <sup>*)</sup> [°C]	4,1	3,6	0,7	1,4	0,6	2,8	1,1	1,3	-0,6	1,8	3,1	1,7	1,8
Temperatura max [°C]	11,2	16,1	15,4	21,5	27,7	30,1	29,4	29,2	30,4	20,5	23,1	14,1	30,4
Temperatura min [°C]	-12,9	-11,5	-4,8	0,1	2,8	7,4	7,5	6,1	3,8	0,6	-3,9	-12,1	-12,9
Prędkość wiatru średnia [m/s]	5,0	4,3	4,6	2,8	2,3	2,5	2,6	2,8	2,4	3,2	4,0	3,1	3,3
Udział cisz [%]	1,3	3,2	1,7	2,1	2,2	2,8	3,0	1,6	4,0	2,7	1,4	2,3	2,4
Suma opadu atmosferycznego [mm]	34,2	26,0	62,7	37,2	71,6	42,5	221,1	62,0	123,5	61,1	30,8	57,7	830
% normy opadu atmosferycznego <sup>*)</sup>	82	62	127	52	71	32	171	54	135	101	54	110	88
Liczba dni z opadem atmosferycznym	13	13	20	11	18	14	19	11	13	14	13	14	173
Usłonecznienie - suma [godz.]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Racibórz Studzienna</b>													
Temperatura średnia [°C]	2,2	3,1	4,4	8,8	13,7	18,1	18,7	18,4	13,1	10,3	6,0	1,7	9,9
Odchylenie temperatury średniej od normy <sup>*)</sup> [°C]	3,5	3,3	0,6	0,6	0,3	2,0	0,9	0,7	-0,5	1,3	2,4	1,5	1,4
Temperatura max. [°C]	10,6	15,6	16,9	20,4	29,0	29,8	30,1	29,0	29,5	19,8	21,7	13,5	30,1
Temperatura min. [°C]	-13,7	-8,3	-3,4	-0,8	3,7	5,5	9,7	5,8	3,0	-0,2	-3,9	-7,9	-13,7
Prędkość wiatru średnia [m/s]	4,5	3,9	4,4	3,2	2,8	2,4	2,9	2,9	2,9	3,0	3,7	3,4	3,3
Udział cisz [%]	2,0	4,0	3,0	4,3	2,4	5,8	5,8	4,7	3,9	7,7	5,7	3,4	4,4
Suma opadu atmosferycznego [mm]	28,0	8,2	23,8	29,5	72,3	75,1	137,8	109,2	70,2	34,1	14,2	35,5	638
% normy opadu atmosferycznego <sup>*)</sup>	101	32	74	66	108	96	147	148	125	83	36	106	94
Liczba dni z opadem atmosferycznym	13	9	15	13	14	9	18	10	13	15	16	15	160
Usłonecznienie suma [godz.]	59,8	69,3	150,2	138,5	146,2	124,6	132,6	124,8	107,6	122,2	53,5	63,8	1293
<b>Częstochowa</b>													
Temperatura średnia [°C]	1,7	2,8	3,6	8,8	13,7	18,3	19,2	18,1	12,6	10,0	5,4	1,3	9,6
Odchylenie temperatury średniej od normy <sup>*)</sup> [°C]	3,5	3,5	0,7	1,7	1,1	3,2	2,3	1,3	0,0	1,9	2,6	1,6	2,0
Temperatura max. [°C]	10,2	16,1	15,5	19,7	26,6	28,6	30,0	29,2	30,1	20,4	19,5	10,2	30,1
Temperatura min. [°C]	-11,1	-9,9	-5,1	-1,0	4,8	6,8	8,8	6,1	2,6	-1,0	-4,4	-7,4	-11,1
Prędkość wiatru średnia [m/s]	3,4	3,1	3,3	2,6	2,7	2,3	2,3	2,2	2,3	2,3	3,0	2,9	2,7
Udział cisz [%]	0,3	2,3	0,3	2,2	1,5	2,2	2,0	1,6	1,5	2,6	1,3	0,4	1,5
Suma opadu atmosferycznego [mm]	46,3	13,7	52,8	54,8	50,0	33,6	109,6	119,7	65,9	34,4	28,4	39,8	649
% normy opadu atmosferycznego <sup>*)</sup>	146	49	157	134	77	42	128	176	119	78	73	108	107
Liczba dni z opadem atmosferycznym	18	15	22	12	12	9	16	13	19	17	17	17	187
Usłonecznienie suma [godz.]	45,4	86,2	117,8	152,3	243,3	292,4	265,4	226,6	109,6	109,7	52,3	47,7	1748

\* wartości odniesione do normy z okresu 1971-2000, kreska (–) stacja w Bielsku-Białej Aleksandrowicach nie prowadziła pomiarów usłonecznienia





Wykres 39. Róża wiatru dla stacji meteorologicznych sieci IMGW w województwie śląskim w roku 2008 na tle normy z okresu 1971-2000