

Powietrze

*Barbara Kwiatkowska-Szygulska
Agnieszka Mikołajczyk
Świętosława Żymiewicz*

W skali całego miasta, na przestrzeni ostatnich lat obserwuje się widoczne zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza, w szczególności dotyczące średniorocznych stężeń dwutlenku siarki oraz pyłu zawieszonego. Nie przekraczane są normy średnioroczne i średniodobowe podstawowych zanieczyszczeń powietrza. Prowadzone pomiary wykazują jednak na wyraźny wzrost zanieczyszczeń w okresie zimowym oraz występowanie obszarów o znacznym zanieczyszczeniu powietrza. Są to przede wszystkim tereny położone w centrum, bądź też w pobliżu największych tras komunikacyjnych miasta. Poprawa jakości powietrza w mieście jest skutkiem wieloletniego ograniczania emisji zanieczyszczeń z największych zakładów przemysłowych. Podstawową przyczyną występowania podwyższonych stężeń zanieczyszczeń w mieście jest nadal nie rozwiązany problem tzw. emisji „niskiej”, pochodzącej głównie z sektora bytowo-komunalnego miasta. Równie istotnym problemem we Wrocławiu pozostaje emisja zanieczyszczeń z transportu drogowego.

Ogólna charakterystyka sieci pomiarowej jakości powietrza

We Wrocławiu badania i pomiary stanu powietrza prowadzi: Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (WIOŚ), Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna (WSSE) oraz instytucje naukowo-badawcze, m.in. Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej (PWR).

Prezentowane informacje o stężeniach zanieczyszczeń opracowano przede wszystkim na podstawie analizy danych ze stacji pomiarowych pracujących w sposób ciągły w latach 1995–2001. Ponadto do uzupełnienia informacji o poziomie zanieczyszczeń powietrza w mieście wykorzystano wyniki badań krótkookresowych wykonywanych w różnych punktach miasta przez laboratoria mobilne WIOŚ. W ostatnich latach pomiary jakości powietrza za pomocą mobilnych laboratoriów prowadzono m.in. przy ul. Traugutta, ul. Kamieńskiego, ul. Zemskiej, ul. Chełmońskiego oraz skrzyżowaniu ul. Ślęznej z al. Wiśniową.

Ocena jakości powietrza dotyczy najważniejszych wskaźników, dla których istnieją reprezentatywne dane pomiarowe:

- zanieczyszczeń podstawowych, powszechnie występujących na obszarze kraju: dwutlenku siarki (SO₂), dwutlenku azotu (NO₂) i pyłu zawieszonego, powstających głównie

podczas spalania paliw do celów grzewczych,

- zanieczyszczeń specyficznych: fluoru, metali ciężkich (ołowiu, kadmu, miedzi, cynku), benzenu, benzo-a-pirenu, tlenku węgla, pochodzących z różnych procesów technologicznych, a także z procesów spalania i ze źródeł mobilnych.

Poza wymienionymi zanieczyszczeniami, w powietrzu znajduje się cała gama innych substancji, z których część, pomimo występowania w atmosferze w ilościach śladowych, może toksycznie oddziaływać na człowieka. Dotyczy to między innymi trwałych związków organicznych, takich jak dioksyny, furany czy wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Badania poziomu stężeń tych substancji powinny być włączane do programów badań monitoringowych, zwłaszcza na terenie aglomeracji miejsko-przemysłowych, co wiąże się jednak ze znacznymi nakładami finansowymi.

Kryteria oceny jakości powietrza

Ocenę stanu czystości powietrza we Wrocławiu przeprowadzono w oparciu o obowiązujące od 20 maja 1998 r. rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych wartości stężeń substancji zanieczyszczających powietrze (Dz.U. nr 55, poz. 355). Wyniki pomiarów jakości powietrza, uzyskane

w latach 1995–2001, porównano do średniorocznych¹, średniodobowych (percentyl 98²) i chwilowych (percentyl 99,8³) wartości dopuszczalnych określonych w ww. rozporządzeniu. W przypadku ozonu otrzymane wyniki pomiarów porównano do dopuszczalnego stężenia 8-godzinnego⁴. Zwrócono również uwagę na zmiany stężeń w ciągu roku (dobowe i sezonowe), okresy występowania stężeń maksymalnych oraz tendencje zmian wielkości stężeń średniorocznych w wieloleciu.

Największe znaczenie dla oceny stopnia narażenia człowieka na szkodliwy wpływ zanieczyszczeń powietrza mają stężenia średnioroczne ze względu na długi czas oddziaływania stosunkowo niskich dawek stężeń na jego zdrowie. Stężenia średniodobowe i chwilowe, rozumiane odpowiednio jako percentyl 98 i percentyl 99,8, są zazwyczaj kilkakrotnie wyższe niż stężenia średnioroczne. Krótkotrwały wpływ wysokich stężeń zanieczyszczeń podstawowych na organizmy

żywe jest mniej istotny niż oddziaływania długoterminowe, lecz w przypadku takich substancji, jak ozon czy węglowodory (zwłaszcza w połączeniu z innymi zanieczyszczeniami) nawet chwilowe oddziaływanie może być szkodliwe. Dzięki pomiarom krótkookresowym możliwe jest wskazanie dokładnego czasu wystąpienia stężeń maksymalnych, ustalenie przyczyn ich powstania, jak również podjęcie skutecznych działań ograniczających występowanie incydentów wysokich stężeń w powietrzu.

Stan czystości powietrza we Wrocławiu

Dwutlenek siarki jest silnym czynnikiem drażniącym, powoduje kaszel, osłabia funkcję płuc, pogarsza astmę, bronchit itd. Efektem długotrwałej ekspozycji jest m.in. osłabienie systemu ochronnego organizmu.

Tabela 1. Stałe punkty monitoringu powietrza we Wrocławiu – charakterystyka i zakres pomiarowy

Lp.	Lokalizacja stacji	Rodzaj sieci pomiarowej ^{1/}	Nadzór nad stacją	Zakres pomiarowy												Typ stacji ^{4/}	Charakter strefy ^{5/}	A / M ^{6/}	
				SO ₂	NO ₂	Pył zaw. PM10 ^{2/}	Pył zaw. refl. ^{3/}	CO	O ₃	Ołów	Kadm	Miedź	Cynk	Fluor	Benzo-a-piren				Benzen
1	Wrocław, ul. Wierzbowa	Pds.	WIOŚ	✓	✓	✓						✓	✓	✓	✓	✓	T	M	M
2	Wrocław, ul. Olszewskiego	Pds.	WSSE	✓	✓		✓										T	M	M
3	Wrocław, ul. Ukryta	Pds.	WSSE	✓	✓		✓										T	M	M
4	Wrocław, ul. Grabiszyńska ^{7/}	SNO	WSSE	✓	✓		✓								✓		T	M	M
5	Wrocław, ul. Oporowska ^{7/}	SNO	WSSE	✓	✓		✓								✓		T	M	M
6	Wrocław, ul. Preficza	SNO	WSSE	✓	✓		✓										T	M	M
7	Wrocław, ul. Kromera	SNO	WSSE	✓	✓		✓								✓		T	M	M
8	Wrocław, ul. Składowa	SNO	WSSE	✓	✓		✓								✓		T	M	M
9	Wrocław, ul. Mł. Techników	SNO	WSSE	✓	✓		✓										T	M	M
10	Wrocław, pl. Grunwaldzki	Woj.	PWr ^{8/}	✓	✓			✓	✓							✓	K	M/H	A

^{1/} rodzaje sieci pomiarowych: **Pds.** – sieć podstawowa monitoringu krajowego włączona do europejskiej sieci monitoringu powietrza „Euroairnet” ; **Woj.** – sieć wojewódzka; **SNO** – sieć nadzoru ogólnego monitoringu krajowego

^{2/} pył zawieszony PM10 o średnicy aerodynamicznej ziaren do 10 µm, oznaczany metodą wagową z separacją frakcji

^{3/} pył zawieszony oznaczany metodą reflektometryczną (BS – Black Smoke)

^{4/} typ stacji: **K** – komunikacyjna; **T** – tłowa

^{5/} charakter strefy: **M** – mieszkaniowa; **H** – handlowa

^{6/} rodzaje stacji: **A** – automatyczna; **M** – manualna

^{7/} do 1999 r. pomiary prowadzono przy ul. Grabiszyńskiej; od 2000 r. przy ul. Oporowskiej

^{8/} stacja należąca do Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej

¹ stężenie średnioroczne rozumiane jako średnia arytmetyczna ze stężeń średniodobowych w roku kalendarzowym.

² percentyl 98 – wartość normowana, obliczona ze stężeń 24-godzinnych, występujących w roku kalendarzowym (wartość stężenia 24-godzinnego, której nie przekracza 98% pomiarów dobowych w rocznej serii pomiarowej).

³ percentyl 99,8 – wartość normowana, obliczona ze stężeń 30-minutowych, występujących w roku kalendarzowym (wartość stężenia 30-minutowego, której nie przekracza 99,8% pomiarów chwilowych w rocznej serii pomiarowej).

⁴ stężenie 8-godzinne rozumiane jako średnia z ośmiu godzinnych wartości stężeń pomiędzy godzinami 10:00 i 18:00.

Tabela 2. Stężenia dwutlenku siarki we Wrocławiu w latach 1995–2001

Lp.	Punkty pomiarowe	Stężenia średnioroczne [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]							Percentyl 98 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]						
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1	Wrocław, ul. Wierzbowa	30	22	26	14	4	5	6	74	52	53	33	18	18	33
2	Wrocław, ul. Olszewskiego	17	16	12	11	4	5	5	74	73	56	52	22	19	26
3	Wrocław, ul. Ukryta	33	23	18	20	7	8	9	90	95	70	69	37	26	41
4	Wrocław, ul. Grabiszyńska	14	18	12	9	5	-	-	70	67	57	35	20	-	-
5	Wrocław, ul. Oporowska	-	-	-	-	-	3	4	-	-	-	-	-	17	28
6	Wrocław, ul. Preflicza	17	14	14	12	8	4	4	73	67	62	61	31	17	25
7	Wrocław, ul. Kromera	21	20	18	13	8	7	8	51	68	62	53	32	27	33
8	Wrocław, ul. Składowa	24	23	17	11	7	4	7	96	93	86	50	30	18	41
9	Wrocław, ul. Mł. Techników	21	18	14	9	7	3	4	82	80	68	38	29	16	29
10	Wrocław, pl. Grunwaldzki	-	34	21	10	8	10	6	-	114	95	39	21	32	21
Wartości dopuszczalne		40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$							150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$						

SO₂ ma także negatywny wpływ na funkcje asymilacyjne roślin oraz przyspiesza korozję budowl.

Analiza wyników pomiarów dwutlenku siarki w latach 1995–2001 nie wykazała przekroczeń dopuszczalnych wartości średniorocznych i średniodobowych. Najwyższe stężenia średnioroczne SO₂ rejestrowano w latach 1995–1996 przy ul. Ukrytej: 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i przy pl. Grunwaldzkim: 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, na poziomie ok. 85% wartości dopuszczalnej. W 1996 r. przy pl. Grunwaldzkim zanotowano również najwyższą wartość średniodobową (percentyl 98): 114 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (76% normy).

W 2001 r. stężenia SO₂ notowano na znacznie niższym poziomie: od 10 do 23% normy średniorocznej i od 14 do 28% normy średniodobowej. Najniższe stężenia średnioroczne w 2001 r. (4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano przy ul. Oporowskiej i ul. Młodych Techników, najwyższe (9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) – przy ul. Ukrytej.

Tlenki azotu występują w powietrzu głównie w postaci NO i NO₂. Tlenek azotu (NO) w stężeniach, jakie występują w powietrzu, nie wywołuje

uchwytnych skutków w organizmie ludzkim. Toksyczne oddziaływanie ma natomiast dwutlenek azotu (NO₂), zwiększając podatność na infekcje wirusowe oraz uczulenie astmatyków na kurz i pyłki. Nawet przy niskich stężeniach może powodować zmiany w pracy nerek, wątroby, czerwonych komórek krwi lub komórek systemu obronnego. W wysokich stężeniach NO₂ powoduje obrzęk, zapalenie oskrzeli i płuc.

Podobnie jak w przypadku dwutlenku siarki również analiza stężeń dwutlenku azotu w latach 1995–2001 nie wykazała przekroczeń dopuszczalnych wartości średniorocznych i średniodobowych (percentyl 98 obliczony ze stężeń 24-godzinnnych). W przeciwieństwie jednak do SO₂ dwutlenek azotu nie wykazuje tak znacznej tendencji spadkowej stężeń średniorocznych i od 1995 r. stężenia utrzymują się na poziomie dochodzącym do 80–90% normy.

Najniższe stężenia dwutlenku azotu we Wrocławiu w latach 1995–2001 rejestrowano przy

Tabela 3. Stężenia dwutlenku azotu we Wrocławiu w latach 1995–2001

Lp.	Punkty pomiarowe	Stężenia średnioroczne [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]							Percentyl 98 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]						
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1	Wrocław, ul. Wierzbowa	27	30	33	28	25	25	25	65	57	55	56	44	42	45
2	Wrocław, ul. Olszewskiego	23	21	21	19	22	19	20	53	44	46	39	48	37	60
3	Wrocław, ul. Ukryta	31	31	31	35	34	29	28	54	59	64	70	60	49	53
4	Wrocław, ul. Grabiszyńska	28	28	28	23	34	-	-	58	61	58	49	62	-	-
5	Wrocław, ul. Oporowska	-	-	-	-	-	23	22	-	-	-	-	-	41	44
6	Wrocław, ul. Preflicza	29	27	26	24	26	24	24	58	68	62	48	51	45	48
7	Wrocław, ul. Kromera	-	-	-	23	27	26	25	-	-	-	47	53	44	46
8	Wrocław, ul. Składowa	27	24	16	23	30	28	25	62	57	51	52	60	56	53
9	Wrocław, ul. Mł. Techników	34	29	29	22	22	30	29	57	64	60	48	48	50	52
10	Wrocław, pl. Grunwaldzki	-	36	33	26	29	24	23	-	60	75	53	53	47	44
Wartości dopuszczalne		40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$							150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$						

ul. Olszewskiego ($19\text{--}23 \mu\text{g}/\text{m}^3$), najwyższe w punktach zlokalizowanych w pobliżu dróg o dużym natężeniu ruchu: przy pl. Grunwaldzkim, ul. Młodych Techników, ul. Ukrytej i ul. Wierzbowej ($22\text{--}36 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia średniodobowe (percentyl 98) rejestrowano na poziomie od 25 do 50% normy średniodobowej. Niewielkie różnicowanie stężeń dobowych i sezonowych w ciągu roku i brak istotnych epizodów wysokich stężeń NO_2 potwierdza znaczny udział komunikacji w emisji tlenków azotu do powietrza.

Pyły zawieszone oddziałują na układ oddechowy powodując obniżenie jego wydolności oraz sprzyjając rozwijaniu się różnych chorób (astma, bronchit, choroby infekcyjne). Szczególnie niebezpieczne są drobne pyły toksyczne (frakcja PM_{10} – cząstki o rozmiarach mniejszych niż $10 \mu\text{m}$) zawierające metale ciężkie lub substancje rakotwórcze (np. benzo-a-piren), które rozpuszczane w organizmie przez płyny ustrojowe docierają i atakują różne organy ciała.

Analiza wyników pomiarów **pyłu zawieszonego PM_{10}** ⁵ uzyskanych w latach 1995–2001 wykazała przekroczenia dopuszczalnych wartości średniorocznych i średniodobowych (percentyl 98) przy ul. Wierzbowej w latach 1995–1997. Przekroczenia dopuszczalnych stężeń średniorocznych zarejestrowano tam na poziomie 116–122% normy, natomiast stężeń średniodobowych na poziomie 150–155% normy. W kolejnych latach zarówno stężenia średnioroczne, jak i średniodobowe obserwowano na poziomie niższym od wartości normatywnych, odpowiednio 72–82% nor-

my średniorocznej i 73–93% normy średniodobowej.

Stężenia średnioroczne **pyłu zawieszonego (BS)** oznaczanego metodą reflektometryczną rejestrowano w latach 1995–2001 na poziomie $10\text{--}35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pył zawieszony mierzony tą metodą nie jest normowany i w stosunku do referencyjnej metody wagowej daje zaniżone wyniki pomiarów. Nie jest zatem możliwe porównanie pyłu reflektometrycznego z pyłem PM_{10} i obowiązującymi dla tego pyłu stężeniami dopuszczalnymi. Niemniej pomiary prowadzone w latach 1995–2001 pozwalają na obserwację tendencji spadkowej pyłu reflektometrycznego oraz wskazanie obszarów o najniższych i najwyższych poziomach stężeń średniorocznych i średniodobowych. W 2001 r. najniższe stężenia średnioroczne zanotowano przy ul. Olszewskiego, ul. Oporowskiej i ul. Pretficza ($11\text{--}12 \mu\text{g}/\text{m}^3$), najwyższe natomiast przy ul. Ukrytej i ul. Składowej ($20\text{--}21 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

W jednym punkcie pomiarowym – przy pl. Grunwaldzkim, poza podstawowymi zanieczyszczeniami powietrza, mierzono również stężenia tlenu węgla, ozonu oraz od 2000 r. benzen. Ich charakterystykę przedstawiono poniżej.

Tlenek węgla, w stężeniach ponadnormatywnych, obniża zdolność przenoszenia tlenu przez krew, a przez to osłabia percepcję i proces myślenia, stępią refleks, powoduje senność, omdlenia, a przy dużych stężeniach śmierć. W kombinacji z innymi zanieczyszczeniami zwiększa śmiertelność wśród ludzi atakując układ oddechowy i krążenia.

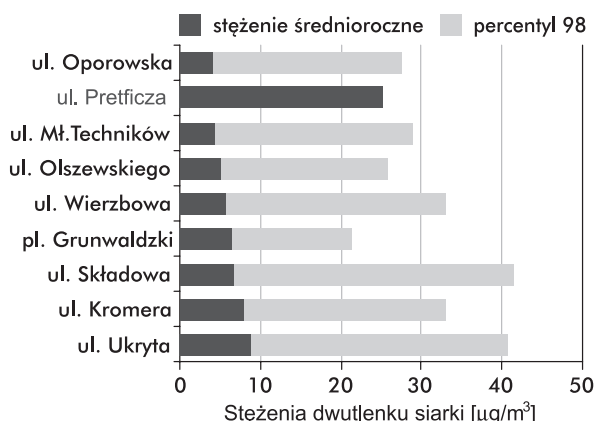
Tabela 4. Stężenia pyłu zawieszonego we Wrocławiu w latach 1995–2001

Lp.	Punkty pomiarowe	Stężenia średnioroczne [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]							Percentyl 98 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]						
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Pył zawieszony mierzony metodą wagową z separacją frakcji $10 \mu\text{m}$															
1	Wrocław, ul. Wierzbowa	61*	60*	58*	41	40	36	37	187*	192*	194*	116	95	91	102
Wartości dopuszczalne		50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$							125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$						
Pył zawieszony mierzony metodą reflektometryczną (BS)															
2	Wrocław, ul. Olszewskiego	17	20	20	12	12	10	11	74	83	88	55	52	37	50
3	Wrocław, ul. Ukryta	32	35	35	25	20	22	21	114	136	147	108	75	67	69
4	Wrocław, ul. Grabiszyńska	20	24	21	13	11	-	-	86	87	91	65	33	-	-
5	Wrocław, ul. Oporowska	-	-	-	-	-	10	12	-	-	-	-	-	17	28
6	Wrocław, ul. Pretficza	19	19	22	15	12	10	12	64	78	121	66	49	43	45
7	Wrocław, ul. Kromera	22	27	25	17	15	13	18	75	108	107	65	57	54	71
8	Wrocław, ul. Składowa	33	35	27	20	15	14	20	128	155	161	120	68	68	84
9	Wrocław, ul. Mł. Techników	31	28	29	18	16	13	16	110	120	120	60	60	41	54
Wartości dopuszczalne		brak							brak						

* – stężenie przekroczone w stosunku do wartości stężenia dopuszczalnego.

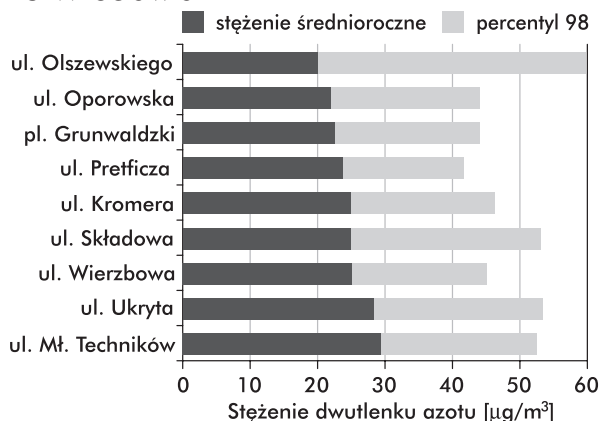
⁵ pył zawieszony PM_{10} – drobny pył zawieszony o średnicy aerodynamicznej ziaren do $10 \mu\text{m}$.

Rysunek 1. Porównanie średniorocznych stężeń dwutlenku siarki w 2001 r. na terenie Wrocławia



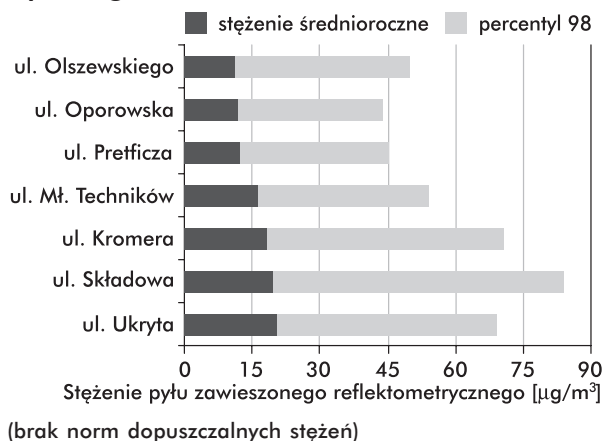
Dopuszczalne stężenia dwutlenku siarki:
 – średnioroczne: $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 – średniodobowe (percentyl 98): $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Rysunek 2. Porównanie średniorocznych stężeń dwutlenku azotu w 2001 r. na terenie Wrocławia



Dopuszczalne stężenia dwutlenku azotu:
 – średnioroczne: $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 – średniodobowe (percentyl 98): $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Rysunek 3. Porównanie średniorocznych stężeń pyłu zawieszonego reflektometrycznego w 2001 r. na terenie Wrocławia



Stężenia tlenu węgla we Wrocławiu mierzone w latach 1998–2001 nie przekraczały średniorocznych, średniodobowych i chwilowych wartości dopuszczalnych. W 2001 r. średnioroczne stężenie tlenu węgla zarejestrowano na poziomie $629 \mu\text{g}/\text{m}^3$, co stanowi 31% normy średniorocznej, percentyl 98 obliczony ze stężeń 24-godzinnych na poziomie $1276 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (26% normy średniodobowej), a percentyl 99,8 obliczony ze stężeń 30-minutowych na poziomie $2406 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (12% normy chwilowej).

Ozon, w przyziemnej warstwie atmosfery, w dużych ilościach jest substancją bardzo toksyczną. Podrażnia oczy i błony śluzowe systemu oddechowego, powoduje kaszel, duszenie oraz osłabia funkcję płuc. Długotrwała ekspozycja przyspiesza starzenie, osłabia system obronny organizmu oraz obniża jego odporność na choroby infekcyjne.

Ozon należy do grupy zanieczyszczeń powstających w wyniku reakcji chemicznych zachodzących pod wpływem promieniowania słonecznego w powietrzu zanieczyszczonym tlenkami azotu i węglowodorami. Największe jego stężenia w dolnej atmosferze notowane są zatem w godzinach najintensywniejszego promieniowania słonecznego w okresie ciepłym roku: od kwietnia do września. W punkcie pomiarowym przy pl. Grunwaldzkim w ostatnich latach w okresie tym notowano przekroczenia dopuszczalnego stężenia 8-godzinnego ($110 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Analiza wyników pomiarów ozonu z ostatnich lat wskazuje na stałą tendencję wzrostową jego stężenia.

Lekkie **związki węglowodorowe** powodują nieprzyjemne efekty, takie jak podrażnienie oczu, kaszel, senność oraz symptomy podobne do stanu nietrzeźwości. Węglowodory aromatyczne (np. benzen, benzo-a-piren) mogą natomiast mieć działanie rakotwórcze lub mutagenne.

Pomiary stężeń **benzenu** wykonywano w 2 punktach pomiarowych: przy pl. Grunwaldzkim i przy ul. Wierzbowej. W żadnym z tych punktów w 2001 r. nie stwierdzono przekroczeń stężeń dopuszczalnych średniorocznych i średniodobowych. Średnioroczne stężenie benzenu przy pl. Grunwaldzkim zanotowano na poziomie 67% normy, przy ul. Wierzbowej – na poziomie 86% normy. Odpowiednie stężenia średniodobowe w 2001 r. (percentyl 98) wynosiły: przy pl. Grunwaldzkim 47% normy, przy ul. Wierzbowej 60% normy. Dodatkowo przy pl. Grunwaldzkim obliczony na podstawie stężeń chwilowych percentyl 99,8, odpowiadający 30-minutowej wartości dopuszczalnej, wyniósł 63% normy.

W punkcie pomiarowym przy ul. Wierzbowej w 2001 r. wykonywano pomiary stężeń **benzo-a-**

pirenu w pyłe zawieszonym PM10. Zanotowano znaczne przekroczenia średniorocznych i średniodobowych wartości dopuszczalnych benzo-a-pirenu: 324% normy średniorocznej i 314% normy średniodobowej.

W pyłe zawieszonym PM10 mierzonym przy ul. Wierzbowej w 2001 r. wykonywano ponadto oznaczenia **metali ciężkich**. Metale ciężkie (np. ołów, kadm) mogą powodować choroby krwi oraz uszkodzić lub wpływać na pracę wątroby, serca i nerek, a także systemu nerwowego i reprodukcyjnego. Stężenia metali ciężkich: ołowiu, kadmu, miedzi i cynku przy ul. Wierzbowej we Wrocławiu były znacznie niższe od dopuszczalnych norm i występowały w zakresie od 6 do 15% normy średniorocznej i od 2 do 5% normy średniodobowej.

W trzech punktach pomiarowych we Wrocławiu w latach 1995–2001 wykonywano ponadto pomiary stężenia **fluoru** w powietrzu. W punkcie pomiarowym przy ul. Składowej zarejestrowano przekroczenia dopuszczalnych wartości średniorocznych (110–130% normy) w latach 1995 oraz 1997–2000. W pozostałych punktach pomiarowych – przy ul. Grabiszyńskiej/Oporowskiej oraz ul. Kromera – stężenia średnioroczne były nieznacznie niższe od wartości dopuszczalnej. W roku 2001 zanotowano stężenia średnioroczne od 75% (ul. Kromera) do 100% (ul. Składowa). Stężenia średniodobowe (percentyl 98) w latach 1995–2001 obserwowano na poziomie od 20 do 60% normy.

Sezonowe zmiany stężeń zanieczyszczeń powietrza

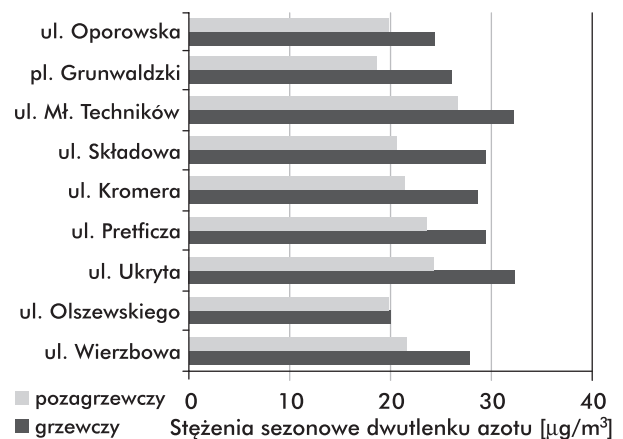
Stężenia podstawowych zanieczyszczeń powietrza charakteryzuje wyraźna zmienność w ciągu roku. W okresie zimowym, zwłaszcza w najzimniejszych miesiącach roku, następuje znaczny wzrost stężeń dwutlenku siarki i pyłu zawieszonego. Uśrednione w skali miasta stężenia dwutlenku siarki w sezonie zimowym (od października do marca) bywają nawet ponad 7 razy, a stężenia pyłu zawieszonego reflektometrycznego ponad 2 razy wyższe niż w sezonie ciepłym (od kwietnia do września). Tak duże wzrosty stężeń zanieczyszczeń w sezonach grzewczych, zwłaszcza w rejonach zabudowy mieszkaniowej, wskazują na silny wpływ tzw. niskiej emisji z sektora komunalno-bytowego.

Stężenia dwutlenku azotu oraz pyłu zawieszonego PM10 oznaczanego metodą wagową wykazują znacznie mniejsze różnice sezonowe. W sezonie zimowym ich stężenia są przeciętnie o 20–70% wyższe niż w sezonie letnim. W przypadku dwu-

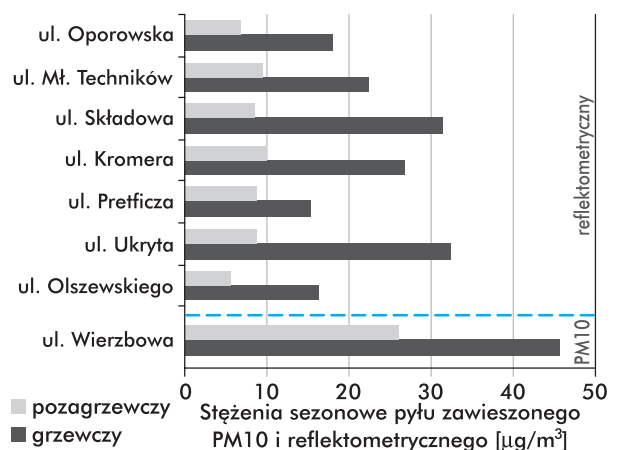
Rysunek 4. Sezonowe zmiany stężeń dwutlenku siarki na terenie Wrocławia w 2001 r.



Rysunek 5. Sezonowe zmiany stężeń dwutlenku azotu na terenie Wrocławia w 2001 r.



Rysunek 6. Sezonowe zmiany stężeń pyłu zawieszonego na terenie Wrocławia w 2001 r.



tlenku azotu jest to w głównej mierze spowodowane utrzymującą się przez cały rok wysoką emisją ze źródeł komunikacyjnych.

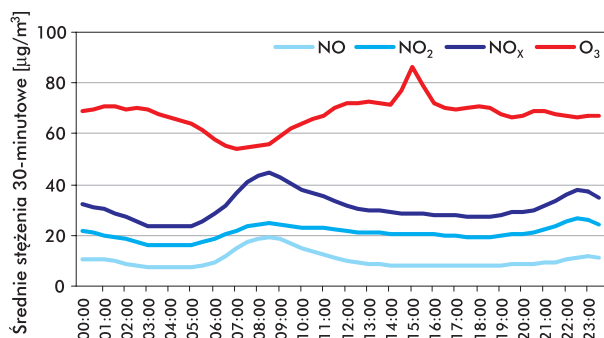
Znaczne zróżnicowanie sezonowe w ciągu roku wykazuje benzo-a-piren. W okresie grzewczym jego stężenia sięgały nawet do 29 ng/m^3 , co decydowało o tak znacznych przekroczeniach norm dla stężeń rocznych i średniodobowych. W okresie letnim stężenia benzo-a-pirenu nie przekraczały 8 ng/m^3 .

Zdecydowanie mniejsze różnice stężeń pomiędzy sezonami grzewczym i pozagrzewczym obserwowano w przypadku stężeń benzenu przy ul. Wierzbowej. W punkcie pomiarowym przy pl. Grunwaldzkim, narażonym na wpływ emisji komunikacyjnej, stężenia benzenu w obu sezonach rejestrowano na podobnym poziomie.

Nie zaobserwowano natomiast istotnej zmienności sezonowej stężeń metali ciężkich oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{10} oraz fluoru. Nieznacznie wyższe stężenia (choć dalekie od wartości dopuszczalnych) w sezonie grzewczym obserwowano w przypadku cynku, ołowiu i kadmu, niższe – w przypadku miedzi. Stężenia średniodobowe fluoru wykazywały nieregularne przebiegi w ciągu roku.

Odwrotną niż większości mierzonych zanieczyszczeń zależność sezonową w ciągu roku obserwuje się w przypadku stężeń ozonu. Najwyższe stężenia ozonu notowano w miesiącach letnich. Stężenia ozonu zmieniają się cyklicznie również w okresie doby. Na ich poziom największy wpływ mają warunki meteorologiczne (zwłaszcza natężenie promieniowania słonecznego i temperatura powietrza) oraz zmiany natężenia emisji i stężeń tlenków azotu i węglowodorów, zależne przede wszystkim od intensywności ruchu samochodowego.

Rysunek 7. Uśrednione stężenia 30-minutowe ozonu i tlenków azotu w ciągu doby w okresie od kwietnia do września 2000 r.



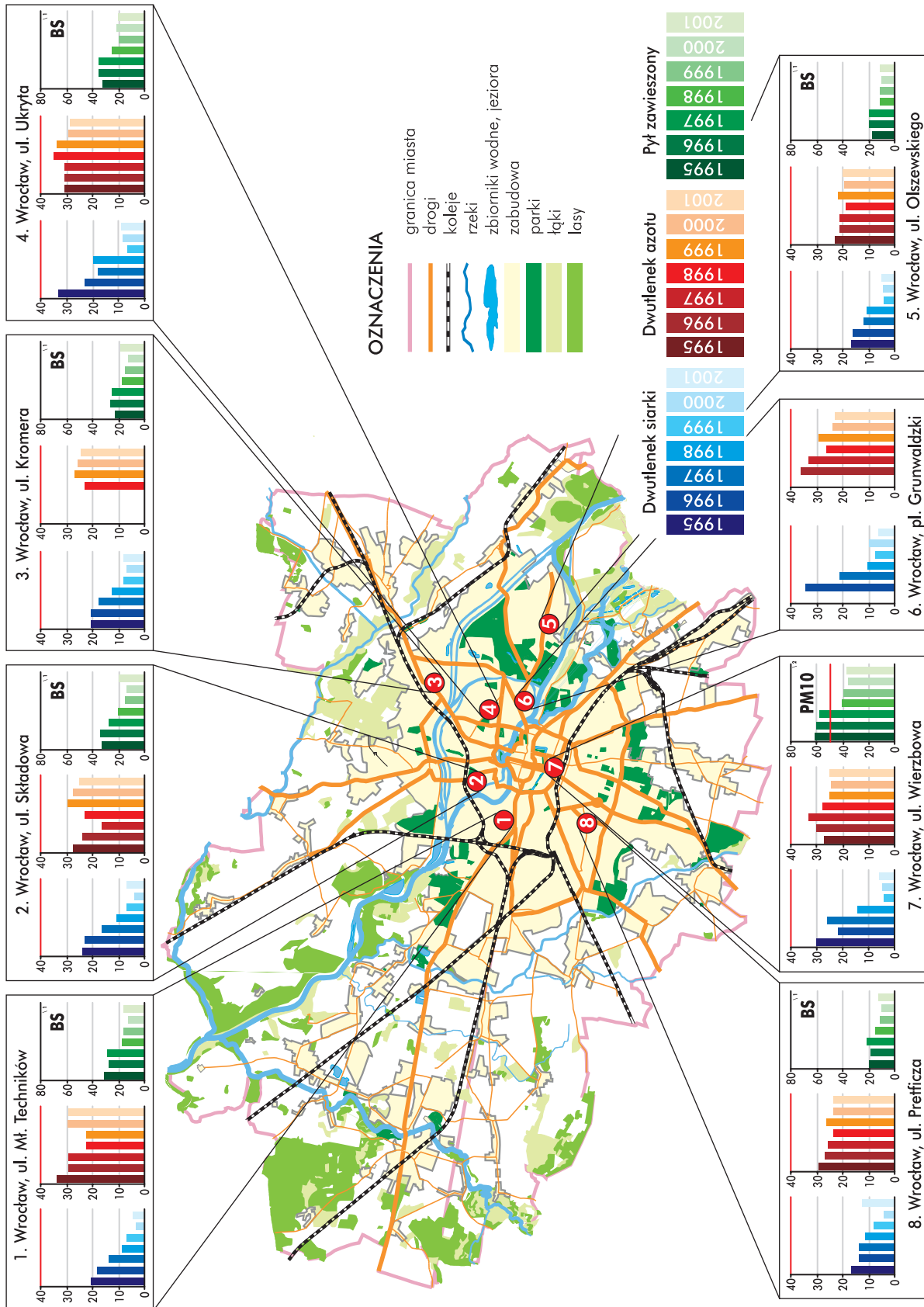
Trendy zmian stężeń zanieczyszczeń powietrza w wieloleciu

Analizując wyniki pomiarów i trendy zmian podstawowych zanieczyszczeń powietrza w latach 1995–2001, szczególnie widoczny jest spadek średniorocznych stężeń dwutlenku siarki oraz pyłu zawieszonego we wszystkich punktach pomiarowych. Jednak krótkookresowe pomiary wykonywane w różnych punktach miasta za pomocą laboratorium mobilnego WIOŚ we Wrocławiu oraz pomiary zanieczyszczeń specyficznych na stacjach stałych wykazały, że na terenie Wrocławia nadal istnieją obszary o znacznym zanieczyszczeniu powietrza. Są to przede wszystkim tereny w pobliżu największych tras komunikacyjnych miasta – na pl. Grunwaldzkim, Dominikańskim, skrzyżowaniu ul. Powstańców Śląskich i Swobodnej, o czym świadczy utrzymujący się w ostatnich latach wysoki poziom tlenków azotu. Podwyższone stężenia dwutlenku siarki, pyłu zawieszonego, benzo-a-pirenu w sezonie grzewczym obserwowano również na obszarach narażonych na oddziaływanie wielu źródeł zanieczyszczenia powietrza z sektora bytowo-komunalnego, np. w punktach zlokalizowanym w centrum miasta – przy ul. Wierzbowej, w okolicach ul. Traugutta.

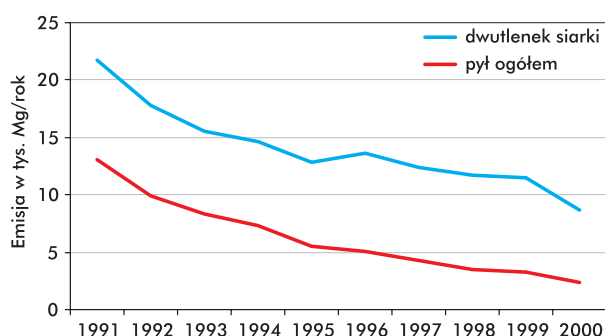
Poprawa jakości powietrza w mieście, szczególnie widoczna w przypadku zanieczyszczenia dwutlenkiem siarki i pyłem, jest skutkiem wieloletniego ograniczania emisji zanieczyszczeń podstawowych z największych zakładów przemysłowych. W latach 1991–2001 emisja zanieczyszczeń do powietrza, pochodzących zarówno z procesów spalania paliw, jak i z procesów technologicznych uległa znacznemu zmniejszeniu. Wg danych GUS, w latach 1991–2000 emisja zanieczyszczeń pyłowych we Wrocławiu zmniejszyła się o 80%, a dwutlenku siarki o 60%. Ograniczenie emisji z zakładów związane jest z przeprowadzeniem wielu inwestycji proekologicznych na terenie Wrocławia, a także ograniczeniem lub zaprzestaniem produkcji oraz likwidacją niektórych zakładów (Cukrownia „Klecina”, WZPN we Wrocławiu). Inwestycje proekologiczne dotyczyły przede wszystkim działań związanych z modernizacją procesów technologicznych, zmianami profilu produkcji w zakładach, modernizacją kotłowni, czy też wymianą kotłowni węglowych na gazowe lub olejowe.

Pod względem wielkości emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych z największych zakładów przemysłowych Wrocław zajmuje czołowe miejsce w województwie dolnośląskim po powiecie zgorzeleckim, na którego terenie zlokalizowana jest Elektrownia „Turów” S.A., będąca

Rysunek 8. Zmiany stężeń średniorocznych SO₂, NO₂ i pyłu zawieszonyego w latach 1995–2001



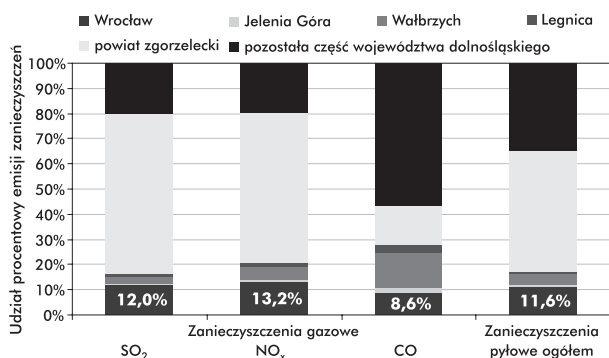
Rysunek 9. Tendencje zmian emisji dwutlenku siarki i pyłu z zakładów szczególnie uciążliwych we Wrocławiu w latach 1991–2000 (wg danych GUS)



drugim co do wielkości źródłem emisji zanieczyszczeń w Polsce.

Zakład mający największy udział w emisji zanieczyszczeń z Wrocławia to Elektrociepłownia „Wrocław”, należąca do Zespołu Elektrociepłowni Wrocławskich „Kogeneracja” S.A. Zmiany emisji w Elektrociepłowni znajdują bezpośrednie odzwierciedlenie w globalnej emisji zanieczyszczeń w mieście. W porównaniu do roku 1990, w 2001 r. emisja pyłu w Elektrociepłowni „Wrocław” była niższa o ok. 65%, a dwutlenku siarki o ok. 31%. Wykonane inwestycje pozwoliły na ograniczenie emisji tlenków azotu do 40%. Obecnie Elektrociepłownia „Wrocław” prowadzi ciągle pomiary emitowanych zanieczyszczeń do powietrza. Pomimo lokalizacji Elektrociepłowni w gęsto zabudowanej dzielnicy Wrocławia, zakład nie ma bezpośredniego wpływu na jakość powietrza w jego otoczeniu, gdyż dzięki wysokim emitorom zanieczyszczenia są wnoszone na znaczne odległości poza centrum miasta.

Rysunek 10. Udział Wrocławia w emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych w województwie dolnośląskim w 2000 r.



Większość zakładów z terenu Wrocławia, z nieobowiązującej od 2000 r. wojewódzkiej listy zakładów szczególnie uciążliwych, zmodernizowało kotłownie wyłączając z eksploatacji kotły węglowe i zastępując je gazowymi lub olejowymi. W dużym stopniu zmniejszyła się również – szczególnie uciążliwa dla mieszkańców miasta – emisja substancji pochodzących z procesów technologicznych: węglowodorów alifatycznych i aromatycznych oraz ich pochodnych (powstających m.in. podczas produkcji farb i rozpuszczalników), chloropochodnych węglowodorów (np.: rozpuszczalników lub freonów stosowanych w systemach chłodniczych), substancji odorotwórczych – toksycznych związków siarki i związków fluoru (z produkcji włókien sztucznych, nawozów fosforowych), metali i ich związków (z przemysłu metalurgicznego).

Przykłady ograniczenia emisji do powietrza we Wrocławiu w ostatnim dziesięcioleciu:

- Zakłady Chemiczne „Viscoplast” S.A. – wyeliminowanie emisji zanieczyszczeń związanych z produkcją włókna wiskozowego, w tym bardzo uciążliwych i wywołujących wiele skarg mieszkańców emisji dwusiarczku węgla i siarkowodoru oraz zlikwidowanie kotłowni na paliwo stałe wraz ze współpracującą z nią młynownią, zastępując je kotłowniami gazowymi;
- „Hutmen” S.A. – zmniejszenie emisji zanieczyszczeń gazowych (głównie tlenku węgla) oraz pyłowych, poprzez modernizację technologii przeróbki złomów i odpadów miedzionośnych oraz modernizację systemu grzewczego w zakładzie;
- Wrocławskie Zakłady Przemysłu Nieorganicznego do 1997 r. wykazywały znaczną uciążliwość ze względu na emisję nieorganizowaną związków fluoru (substancje odorotwórcze) – po powodzi w 1997 r. zaprzestano produkcji w zakładzie;
- „Polar” S.A. – wyłączenie z eksploatacji kotłowni węglowej i zastąpienie jej kotłownią gazową, zaniechanie emisji freonów oraz zmniejszenie emisji węglowodorów poprzez zmiany w procesach technologicznych;
- Wrocławskie Przedsiębiorstwo Przemysłu Spirytusowego „Polmos” S.A. – modernizacja kotłowni – przejście na paliwo olejowe, a następnie gazowe;
- Wytwórnia Pomp Hydraulicznych PZL „Hydral” – wyłączenie z eksploatacji kotłowni węglowej i zastąpienie jej kotłownią gazową;
- „Polifarb Cieszyn-Wrocław” S.A. Oddział we Wrocławiu – zmniejszenie emisji wę-

glowodorów poprzez zmianę profilu produkcji, zastąpienie kotłowni węglowej kotłownią gazową – ograniczenie emisji zanieczyszczeń gazowych;

- Browary Dolnośląskie „Piaś” S.A. – modernizacja kotłowni – przejście na paliwo olejowe.

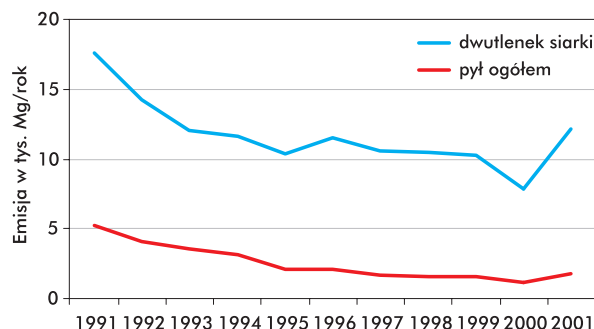
Podstawową przyczyną występowania podwyższonych stężeń zanieczyszczeń w mieście jest nadal nie rozwiązany problem tzw. emisji „niskiej” pochodzącej głównie z sektora bytowo-komunalnego miasta.

We Wrocławiu 32% ciepła wytwarzają lokalne kotłownie węglowo-koksove oraz indywidualne paleniska domowe (piece kaflowe, ogrzewanie etażowe). Źródła te posiadają zazwyczaj niskie kominy (do 40 m), przez co są najbardziej uciążliwe w swoim najbliższym otoczeniu, a spalanie w nich odbywa się w sposób nieefektywny. Ich negatywny wpływ na stan powietrza jest widoczny zwłaszcza na gęsto zabudowanych osiedlach w mieście, gdzie ze względu na niedostateczne przewietrzanie następuje kumulacja zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie atmosfery, co w konsekwencji podwyższa poziom stężeń zanieczyszczeń. Możliwość występowania wysokich stężeń jest dodatkowo potęgowana przez niekorzystne warunki pogodowe, np. występowanie zjawiska inwersji temperatury, które uniemożliwia wynoszenie emitowanych zanieczyszczeń ku górze.

W ramach ograniczania emisji zanieczyszczeń z sektora bytowo-komunalnego, w ostatnich latach podejmowanych jest szereg działań mających na celu eliminację indywidualnych palenisk domowych opalanych węglem, modernizację lub likwidację niewielkich ciepłowni osiedlowych czy też kotłowni należących do szkół, przedszkoli, szpitali, przychodni, instytucji kościelnych, zakładów rzemieślniczych i usługowych. Obiekty te ze względu na niewielki zasięg oddziaływania stanowią znaczną uciążliwość lokalną. Istotny wpływ na poprawę jakości powietrza ma modernizacja lokalnych kotłowni, stosowanie lepszych jakościowo paliw, instalowanie indywidualnych systemów grzewczych na gaz, olej opałowy lub energię elektryczną oraz podłączanie małych kotłowni i palenisk domowych do miejskiej sieci ciepłowniczej.

Nadal istotnym problemem we Wrocławiu pozostaje emisja zanieczyszczeń do powietrza z transportu drogowego. O utrzymujących się podwyższonych stężeniach zanieczyszczeń (szczególnie dwutlenku azotu) w pobliżu głównych ciągów komunikacyjnych Wrocławia decyduje: układ komunikacyjny miasta, brak obwodnic dla ruchu

Rysunek 11. Tendencje zmian emisji dwutlenku siarki i pyłów z Elektrociepłowni „Wrocław” w latach 1991–2001



tranzytowego i śródmiejskiego, zła jakość dróg, niewystarczające tempo modernizacji transportu zbiorowego w mieście, a przy tym intensywny rozwój motoryzacji, pomimo znaczących zmian w strukturze pojazdów samochodowych i coraz szerszego stosowania katalizatorów.

W dużych ośrodkach przemysłowych udział zanieczyszczeń komunikacyjnych jest porównywalny z zanieczyszczeniami pochodzącymi z emitorów przemysłowych i energetycznych. Dotyczy to szczególnie arterii przelotowych i dużych skrzyżowań. Szacuje się, że z transportu drogowego pochodzi ok. 45% emisji tlenków azotu. Biorąc pod uwagę tendencje zmian emisji NO_x zwraca uwagę rosnący z roku na rok poziom emisji ze źródeł mobilnych, przy spadku emisji tego zanieczyszczenia ze źródeł stacjonarnych.

Rośnie ponadto ilość skarg i interwencji związanych z uciążliwością ruchu samochodowego w mieście ze względu na hałas i indywidualne odczucia mieszkańców na zanieczyszczenie powietrza spalinami.

Zarządzanie jakością powietrza

Ustawa „Prawo Ochrony Środowiska” z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz.U. Nr 62, poz. 627) przeniosła do krajowego systemu prawnego wymagania Unii Europejskiej w zakresie oceny i zarządzania jakością powietrza. Głównym celem działań wynikających z ustawy jest utrzymanie jakości powietrza tam, gdzie jest ona dobra, i jej poprawa w pozostałych rejonach.

Nowe przepisy wymagają od administracji podejmowania działań mających na celu **stałą ocenę jakości powietrza**. Podstawą wykonania tego obowiązku są ujednoczone zasady pomiarów stężeń zanieczyszczeń, a także wykorzystanie matematycznych metod modelowania stężeń i innych metod szacunkowych, opartych na danych emi-

syjnych i meteorologicznych. Oceny oraz działania naprawcze odnoszone są do jednostek terytorialnych nazywanych strefami. Należą do nich miasta i aglomeracje o liczbie mieszkańców powyżej 250 tys. oraz powiaty. Według nowej ustawy oraz wymogów UE priorytetowym obszarem w województwie dolnośląskim dla monitoringu powietrza jest Wrocław jako największa aglomeracja miejsko-przemysłowa w województwie.

Kryteriami decydującymi o sposobie monitorowania jakości powietrza w danej strefie jest dotychczasowy poziom zanieczyszczenia oraz liczba mieszkańców strefy. Na potrzeby ustalenia odpowiedniego sposobu oceny jakości powietrza przynajmniej co pięć lat wojewoda dokonuje klasyfikacji stref pod kątem poziomu zanieczyszczenia powietrza. Niezależnie od powyższej klasyfikacji wojewoda co roku musi dokonywać tzw. **bieżącej oceny poziomu substancji w powietrzu** w danej strefie, i zakwalifikować strefy do jednej z trzech grup:

1. strefy, w których poziom choćby jednej substancji przekracza poziom dopuszczalny, powiększony o margines tolerancji⁶,
2. strefy, w których poziom choćby jednej substancji mieści się pomiędzy poziomem dopuszczalnym a poziomem dopuszczalnym, powiększonym o margines tolerancji,
3. strefy, w których poziom substancji nie przekracza poziomu dopuszczalnego.

Dla stref, o których mowa w punkcie 1., wojewoda, po zasięgnięciu opinii właściwych starostów, określi w drodze rozporządzenia **programy ochrony powietrza**. Programy takie zawierać będą kierunki i zakres działań niezbędnych dla przywrócenia standardów jakości powietrza. W „Zasadach polityki ekologicznej Wrocławia” jednym z priorytetów jest utworzenie nowoczesnego systemu monitoringu powietrza w mieście w porozumieniu z Urzędem Wojewódzkim oraz Wojewódzkim Inspektorem Ochrony Środowiska.

Programy ochrony powietrza muszą być udostępniane społeczeństwu oraz przekazywane do Komisji Europejskiej, która będzie kontrolowała ich realizację. Państwa członkowskie są zobowiązane do przekazywania do Komisji programów naprawczych, nie później niż w ciągu dwóch lat od końca roku, podczas którego obserwowano

zwiększone poziomy zanieczyszczeń oraz informowania Komisji w odstępach trzyletnich o postępach w realizacji programów.

Ważną jego funkcją jest zapewnienie informacji dla społeczeństwa, odgrywającego coraz większą rolę w procesach decyzyjnych i coraz szerzej korzystającego z konstytucyjnego prawa swobodnego dostępu do informacji. Brak takich informacji o środowisku postawiłby nasze miasto w niekorzystnej sytuacji również pod względem możliwości promocji regionu.

W celu utworzenia systemu jakości powietrza zgodnego z wymaganiami Unii Europejskiej konieczna jest modernizacja istniejącej sieci monitoringu powietrza w województwie dolnośląskim, a przede wszystkim we Wrocławiu. Wg dyrektyw UE, w miastach powyżej 250 tys. mieszkańców powinny funkcjonować automatyczne stacje pomiarowe, zlokalizowane w gęsto zaludnionych rejonach miasta i w miejscach spodziewanych najwyższych stężeń zanieczyszczeń. W celu wytypowania punktów spełniających te kryteria w połowie 2001 r. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu rozpoczął badania jakości powietrza za pomocą metody wykorzystującej pasywny sposób pobierania próbek. Pomiary tą metodą bazują na miesięcznym czasie ekspozycji próbników i pozwalają na jednoczesne oznaczanie stężeń dwutlenku siarki i dwutlenku azotu. Na terenie całego województwa dolnośląskiego zlokalizowano łącznie 174 punkty pomiarowe, w tym na terenie Wrocławia wyznaczono 32 punkty pomiarowe zlokalizowane głównie na osiedlach mieszkaniowych oraz przy drogach o dużym natężeniu ruchu. Po uzyskaniu pełnej rocznej serii pomiarowej zostaną wyznaczone przestrzenne rozkłady stężeń dwutlenku siarki i dwutlenku azotu na terenie Wrocławia.

Zarówno badania metodą pasywną, jak i pozostałe pomiary jakości powietrza przeprowadzone w 2002 r. będą podstawą do sporządzenia pierwszej oceny bieżącej jakości powietrza zgodnie z prawodawstwem krajowym i wymaganiami Unii Europejskiej. W oparciu o wyniki oceny bieżącej dokonana zostanie klasyfikacja powiatów województwa dolnośląskiego pod względem zanieczyszczenia powietrza, na podstawie której wojewoda określi potrzebę tworzenia opisanych wyżej programów ochrony powietrza.

⁶ **margines tolerancji** – określona wartość, o którą przekroczenie dopuszczalnego poziomu substancji w powietrzu nie powoduje obowiązku sporządzenia programu ochrony powietrza; jego wartość będzie stopniowo (corocznie) redukowana aż do czasu przyjętego w poszczególnych dyrektywach i prawie polskim jako data wymaganego osiągnięcia stężeń nie wyższych od wartości dopuszczalnej.

Summary

In the course of last few years, a visible reduction of city air pollution levels related, in particular, to the average yearly concentration of sulphur dioxide and SPM has been observed. Conducted measurements show, however, considerable increase of pollution levels during winter and presence of a number of areas with significant air pollution. Most of these areas are in general located within the city centre and in the vicinity of main communication routes. The improvement of city's air quality is a result of reduction of emissions from largest factories achieved over many years. The main reason for occurrence of higher pollution concentration in the city is due to the still unresolved issue of „low emissions” resulting from municipal and inhabitants activities. Emissions caused by road transport represent an equally important problem for Wrocław.

Literatura

1. Mikołajczyk A., Żyniewicz Ś., *Jakość powietrza na terenie województwa dolnośląskiego w 2001 roku*, WIOŚ Wrocław, Wrocław 2002.
2. Praca zbiorowa: *Raport o stanie środowiska w województwie dolnośląskim w latach 1997-1998*, seria BMŚ, Wrocław 1999.
3. Praca zbiorowa: *Raport o stanie środowiska w województwie dolnośląskim w 1999 roku*, seria BMŚ, Wrocław 2000.
4. Praca zbiorowa: *Raport o stanie środowiska w województwie dolnośląskim w 2000 roku*, seria BMŚ, Wrocław 2001.
5. *Rocznik statystyczny województwa dolnośląskiego*, Urząd Statystyczny we Wrocławiu, Wrocław 2000.
6. *Ustawa „Prawo Ochrony Środowiska” z dnia 27 kwietnia 2001 r.* (Dz.U. Nr 62, poz. 627).
7. *Zanieczyszczenie atmosfery – źródła oraz metodyka szacowania wielkości emisji zanieczyszczeń*, Centrum Informatyki Energetyki – Zakład Energometrii, Warszawa 1997.

W opracowaniu wykorzystano ponadto wyniki badań Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej we Wrocławiu, a także materiały informacyjne udostępnione przez Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej we Wrocławiu, Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu, Urząd Marszałkowski we Wrocławiu oraz Wydział Ochrony i Kształtowania Środowiska Urzędu Miejskiego we Wrocławiu.