



Analiza przestrzennego rozkładu typów zanieczyszczeń powietrza w układzie dzielnic m.st. Warszawy

Konrad Podawca, Gabriela Rutkowska

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

1. Wstęp

Jakość powietrza jest jednym z głównych elementów, który w znaczący sposób wpływa na funkcjonowanie ekosystemu miasta i decyduje o zdrowotnych warunkach życia człowieka. Dlatego uważna obserwacja i monitorowanie zachodzących zmian w powietrzu atmosferycznym pomaga zapobiec degradacji szeroko rozumianego środowiska terenów zurbanizowanych. Podejmowanie prawidłowych decyzji, nie tylko pod względem rodzaju inwestycji (komunikacyjne, przemysłowe itp.), ale również ich lokalizacji przestrzennej jest konieczne w kontekście dbałości o jakość powietrza, a co za tym idzie jest warunkiem świadomego korzystania z ekosystemu miasta.

W Warszawie jakość powietrza jest determinowana przez czynniki naturalne, takie jak: warunki meteorologiczno-klimatyczne, ukształtowanie terenu oraz czynniki antropogeniczne związane z działalnością i życiem człowieka (przemysł, komunikacja, osiedla mieszkaniowe). Szczegółowa wiedza oraz analiza danych o emisji oraz imisji zanieczyszczeń w Warszawie pozwala tworzyć prognozy oraz przewidzieć działania mające na celu ochronę powietrza atmosferycznego [6].

Pojawia się pytanie czy zawsze miasto jest planowane przestrzennie zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, tj. takiego, który dąży do zminimalizowania emisji zanieczyszczeń do środowiska, poprawy jakości poszczególnych komponentów środowiska, a przede wszystkim poprawy jakości życia mieszkańców oraz jakie są różnice w tych kwe-

ściach pomiędzy poszczególnymi częściami jednostki osadniczej. Należy również pamiętać, że przestrzeń jest rezultatem działalności człowieka i przyrody, a jej ostateczna postać jest wynikiem konfliktów i kompromisów zderzających się płaszczyzn: ekonomicznej, społecznej i środowiskowej, osadzonych w uwarunkowaniach prawnych i stawiających sobie różne priorytety rozwoju przestrzeni [2].

W badaniu European Cities Monitor 2009 Warszawa sklasyfikowana została na 24 miejscu spośród 32 porównywanych wielkich miast Europy pod względem stanu środowiska naturalnego i uciążliwości zanieczyszczenia środowiska [4]. Stanowi to poprawę w stosunku do roku 2008, w którym Warszawa zajęła ostatnie, 32 miejsce. Także wśród mieszkańców Warszawa postrzegana jest jako miasto silnie zanieczyszczone, źle skomunikowane i szczególnie uciążliwe z punktu widzenia transportu [6].

2. Zakres analizy

Zakres analizy obejmuje graficzne i opisowe ukazanie różnic w rozkładzie procentowym typów emisji zanieczyszczeń powietrza w dzielnicach Warszawy na tle pewnych elementów zagospodarowania przestrzennego.

W celu uzyskania liczbowego obrazu emisji zanieczyszczeń posłużono się danymi z monitoringu w ramach systemu oceny jakości powietrza prowadzonego przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Warszawie oraz danych zawartych w Programie Ochrony Środowiska dla m.st. Warszawy. Ponieważ celem nie jest przedstawienie stężeń zanieczyszczeń, a jedynie orientacyjny rozkład przestrzenny różnych typów ich emisji, to parametry zawarte w artykule zostały otrzymane przy następujących założeniach:

- do analizy przyjęto zanieczyszczenia trzema substancjami (dwutlenku siarki, tlenków azotu i pyłu PM10), których udziały procentowe były największe;
- pominięto wpływ emisji napływowej, ze względu na brak bezpośredniego powiązania ze strukturą funkcjonalno-przestrzenną miasta, czyli suma udziałów procentowych emisji liniowej, punktowej i powierzchniowej wynosi 100%:

$$U_{EL}+U_{EP}+U_{EPOW}=100\%;$$

- udziały poszczególnych typów emisji wyliczono jako średnią arytmetyczną z udziałów procentowych SO₂, NO_x, PM10 tj.:

$$U_y = \Sigma f_{x,y} / 3$$

gdzie: y – typ emisji zanieczyszczeń, x – rodzaj substancji.

Strukturę przestrzenną z wybranymi elementami m.st. Warszawy opracowano z wykorzystaniem metody bibliograficznej na podstawie opracowań, głównie Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego oraz Panoramy Dzielnic Warszawy w 2010 zawierających dane GUS.

3. Ekologia miasta a zanieczyszczenia

Konieczność ujęcia ekologii w rozwoju miasta wynika m.in. z art. 17 ust.1 ustawy Prawo ochrony środowiska, który stanowi o obowiązku opracowania programu ochrony środowiska w celu realizacji polityki ekologicznej państwa. Program ochrony środowiska określa w szczególności: cele ekologiczne, priorytety ekologiczne, rodzaj i harmonogram działań proekologicznych, środki niezbędne do osiągnięcia celów, w tym mechanizmy prawno-ekonomiczne i środki finansowe [7].

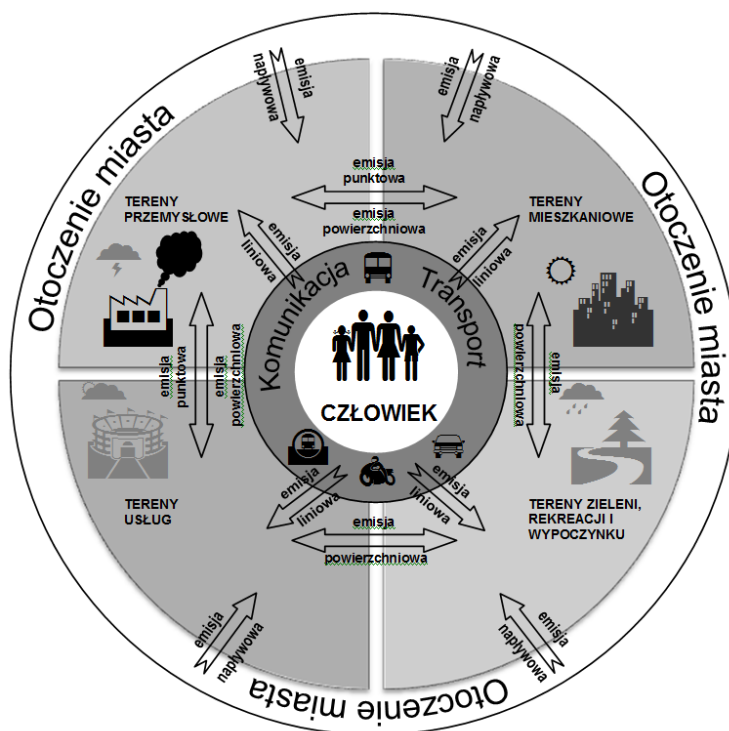
Program ochrony środowiska stanowi również „obraz” aktualnej sytuacji jednostki administracyjnej w aspekcie występowania zanieczyszczeń.

Pojęcie ekologii miasta jest bezpośrednio powiązane z ekosystemem miasta czyli układem strukturalno-funkcjonalnym, składającym się z elementów biotycznych (populacja ludzka, flora i fauna) oraz abiotycznych (powierzchnie utwardzone – komunikacyjne, zabudowa, przemysł, infrastruktura naziemna i podziemna) stanowiących środowisko zurbanizowane, w którym zachodzą podstawowe procesy obiegu materii i przepływu energii, w tym wytwarzania i przemieszczania zanieczyszczeń antropogenicznych [3]. Jednocześnie w ujęciu urbanistycznym ekosystem miasta można utożsamiać ze środowiskiem człowieka, czyli środowiskiem zamieszkałym. Tworzą je osiedla ludzkie stanowiące kompleksowe „organizmy” złożone z antropogenicznych elementów przeznaczonych dla pełnienia różnych funkcji, osadzone w środowisku przyrodniczym. Elementy biotyczne i abiotyczne wyznaczają przestrzeń, w której człowiek żyje, pracuje, tworzy rodzinę, odpoczywa i poszukuje bezpieczeństwa, dobrobytu i szczęścia [1].

3.1. System przestrzenno-ekologiczny miasta

Analizując miasto jako system przestrzenno-ekologiczny należy przyjąć następujące założenia:

- funkcjonalnie – miasto jest niepodzielną całością, w którym zachodzą procesy produkcyjne, konsumenckie i reducenckie, powiązaną z terenami otaczającymi;
- przestrzennie – miasto składa się ze zróżnicowanych struktur powiązanych ze sobą procesami i elementami komunikacyjnymi i przyrodniczymi;
- środowiskowo – miasto ma charakter antropogenny tzn. że zarówno żywe, jak i martwe składniki środowiska zurbanizowanego są mocniej uzależnione od człowieka niż on od nich, ponieważ większość procesów i zmian zachodzących w mieście jest wynikiem działań ludzkich.



Rys. 1. Schemat systemu przestrzenno-ekologicznego miasta [opr. Aut.]

Fig. 1. Diagram of the system spatial-ecological a city [autor's study]

3.2. Typy źródeł zanieczyszczeń powietrza

Główne rodzaje emisji zanieczyszczeń powietrza w mieście wynikają z czynników antropogenicznych, pochodzących z działalności przemysłowej (emisja punktowa), z sektora bytowego (emisja powierzchniowa) oraz komunikacji (emisja liniowa). Dodatkowo mamy do czynienia z emisją napływową powodowaną napływem substancji spoza granic miasta, powstających w wyniku przemian chemicznych w atmosferze i pochodzących od emisji pierwotnych substancji gazowych.

Podstawowymi źródłami emisji punktowej w Warszawie są obiekty energetyczne (elektrociepłownie, ciepłownie, kotłownie) oraz źródła technologiczne (zakłady przemysłowe). Głównymi substancjami emitowanymi do atmosfery, a pochodzącymi z procesów energetycznego spalania paliw (głównie węgiel kamienny, koks, olej, biomasa i w niewielkich ilościach mazut przy rozruchu kotłów) są przede wszystkim: dwutlenek siarki, tlenek węgla, tlenki azotu, pyły oraz dwutlenek węgla. Poza tym źródła przemysłowe wprowadzają do powietrza również substancje gazowe i pyłowe oraz związki organiczne, nieorganiczne, metale ciężkie i substancje specyficzne. Emisja punktowa dwutlenku siarki stanowiła 26,8% emisji całkowitej, tlenków azotu – 14,6%, a pyłu około 1,2% [6]. Źródła punktowe na terenie Warszawy to emitory o wysokościach od 15 do 300m, co powoduje, że rozprzestrzenianie zanieczyszczeń odbywa się w wyższych warstwach atmosfery, gdzie warunki ich przemieszczania są korzystne. W związku z tym mniejszy jest wpływ emisji punktowej na jakość powietrza w mieście, natomiast zwiększa się jej znaczenie w ujęciu regionalnym.

Główną przyczyną emisji powierzchniowej w Warszawie są lokalne kotłownie i piece w gospodarstwach domowych. Jest to emisja tzw. Niska ze względu na niewielką wysokość ich emisji do atmosfery. Dlatego wpływają one niekorzystnie na lokalny stan jakości powietrza. Dodatkowo należy zaznaczyć, że źródła emisji powierzchniowej zazwyczaj nie posiadają urządzeń oczyszczających, a spalanie odbywa się w warunkach niekontrolowanych. W ramach emisji powierzchniowej do powietrza dostają się duże ilości dwutlenku siarki, tlenku azotu, pyłów, sadzy oraz tlenku węgla i węglowodorów aromatycznych. Ten rodzaj emisji miał znaczący udział w całkowitej emisji dwutlenku siarki (27%) oraz pyłu (23%).

Emisja liniowa wiąże się nierozdzielnie z komunikacją prywatną i publiczną, w tym również w przypadku Warszawy z transportem tran-

zytowym. Emisja ta powstaje wskutek spalania paliw w pojazdach oraz ze źródeł towarzyszących ruchowi pojazdów (ścieranie nawierzchni dróg, opon, okładzin) oraz unoszenia pyłu z dróg. Do powietrza emitowane są głównie: dwutlenek azotu, pyły i węglowodory aromatyczne, w tym przede wszystkim benzen. Największym problemem emisji liniowej jest wytwarzanie zanieczyszczeń na bardzo małych wysokościach, a czego konsekwencją są złe warunki rozprzestrzeniania się, szczególnie na terenie silnie zurbanizowanym. Dlatego wpływ tego rodzaju emisji na stan powietrza jest bardzo duży. W wyniku emisja liniowej najwyższe udziały wystąpiły dla dwutlenku azotu (56,6%) i pyłu PM10 (33,8%) emisji całkowitej.

W emisji napływowej wyróżnia się wpływ różnych typów emisji: punktowej, liniowej i powierzchniowej powstających poza granicami administracyjnymi. Aerozole wtórne powstające w atmosferze w wyniku reakcji i procesów zachodzących przy transporcie na większe odległości gazów: SO₂, NO_x, NH₃ oraz lotnych związków organicznych) przyczyniają się w sposób istotny do pogorszenia na terenie m.st. Warszawy stanu jakości powietrza. Znaczna ilość pyłów w powietrzu to pyły pochodzenia wtórnego, ponieważ są one zanieczyszczeniami transgranicznymi, które przemieszczają się na odległości od 1000 do 2500 km [6].

Emisja ta, ze względu niebezpośredniego powiązania ze strukturą funkcjonalno-przestrzenną miasta, została pominięta w analizie.

3.3. Wskaźniki zanieczyszczeń powietrza

Jakość powietrza w Warszawie jest monitorowana w 8 stacjach automatycznych i 6 manualnych poprzez określanie stężeń dla następujących substancji: dwutlenku siarki, tlenków azotu (NO₂, NO, NO_x), ozonu, pyłu PM10, pyłu PM2.5, tlenku węgla, benzenu oraz w pyłe PM10 oznaczane są stężenia metali (arsenu, kadmu, niklu, ołowiu) i benzo/a/pirenu.

Jeżeli chodzi o substancje na podstawie, których dokonywano analizy to w niektórych przypadkach nastąpiły przekroczenia dopuszczalnych poziomów. Dwutlenek siarki jest zanieczyszczeniem sezonowym związanym z okresem grzewczym. Zanieczyszczenia te mają charakter lokalny, obejmują swym zasięgiem niewielki obszar i są związane z emisją powierzchniową. Wartości stężeń dwutlenku siarki w Warszawie w 2008 r. nie przekraczały poziomów dopuszczalnych. Stężenia

1-godzinne (S99,7) na stacjach pomiarowych mieściły się w przedziale od $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, co stanowi od 9 do 30% normy. Stężenia 24-godzinne (S99,2) osiągały wartości od 20 do $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, czyli około 16 do 32% normy dopuszczalnej. Stężenia średnioroczne (Sa) na wszystkich stanowiskach pomiarowych wynosiły około $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dwutlenek azotu jest zanieczyszczeniem związanym przede wszystkim z komunikacją. Generalnie stężenia dwutlenku azotu na stacjach typu „tła miejskiego” nie przekroczyły wartości dopuszczalnych i mieściły się w przedziale od 92 do $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (czyli 50% poziomu dopuszczalnego) dla stężenia 1-godzinnego, określone wartością percentyla S99,8 i od 19 do $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (czyli od 50 do 72% normy dopuszczalnej) dla stężenia średniorocznego (Sa). Zdarzają się jednak miejsca wzdłuż dużych arterii komunikacyjnych gdzie poziomy graniczne zostały przekroczone. Odnotowano to na stacji przy Alejach Niepodległości, gdzie wartość stężenia wyniosła $61,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, co stanowi około 154% dopuszczalnej normy i przekraczało ją o $21,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, czyli o 54% wartości dopuszczalnej. Natomiast stężenia 1-godzinne, określone wartością percentyla S99,8 na stacji komunikacyjnej wyniosły około $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, co stanowi 80% normy. Generalnie w ciągu 2008 roku w Warszawie nie zanotowano przekroczeń stężeń 1-godzinnych NO_2 .

Poziomy średniorocznych stężeń pyłu PM_{10} mieściły się w zakresie od 21 do $47,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, co stanowi od 52 do 118% normy dopuszczalnej. Najwyższe stężenia PM_{10} zarejestrowano na stacji komunikacyjnej przy Al. Niepodległości, gdzie norma średnioroczna została przekroczone o $7,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, czyli o około 20%. Stężenia 24-godzinne opisane percentylem S90,4 zostały przekroczone w 2008 r. na dwóch stanowiskach pomiarowych: w Śródmieściu oraz na Ochocie, gdzie została przekroczone norma dobową związaną z dopuszczalną częstością przekraczania określoną liczbą dni – odpowiednio przez 52 i 133 dni.

4. Charakterystyka typów emisji i struktury przestrzennej

Struktura użytkowania gruntów w poszczególnych dzielnicach Warszawy jest zróżnicowana. Dzielnice obrzeżne mają w swojej strukturze duży udział użytków rolnych, które są nimi jedynie w ewidencji. W rzeczywistości posiadają charakter nieużytkowanej roślinności, a sporadycznie prowadzone są na nich działania rolnicze. Tereny te staną się

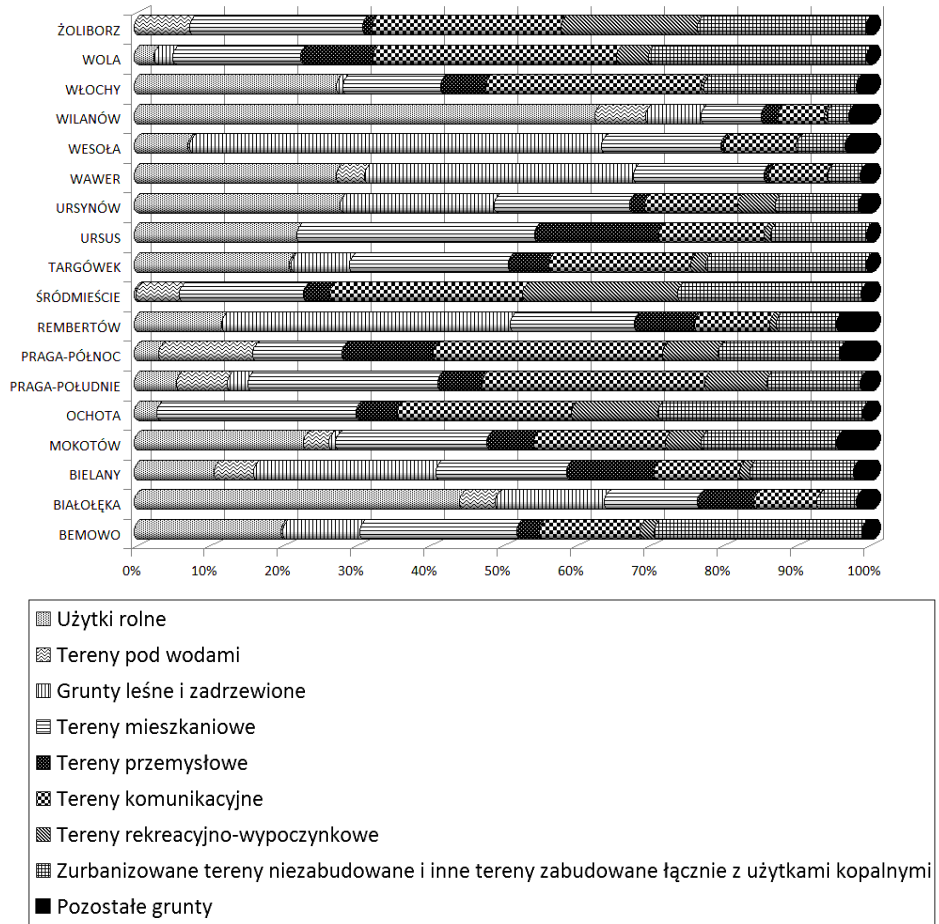
w przyszłości obszarami zurbanizowanymi. Różnice można dostrzec również pomiędzy udziałami terenów komunikacyjnych i mieszkaniowych w stosunku do terenów zielonych. Wyodrębnia się tutaj zdecydowanie grupa dzielnic centralnych i dzielnic peryferyjnych.

Tabela. 1. Struktura użytkowania gruntów w dzielnicach Warszawy w 2010 (na podstawie [4])

Table. 1. Structure of area of Warsaw C.C. by land use in 2010

Dzielnica	STRUKTURA UŻYTKOWANIA GRUNTÓW [%]									
	Użytki rolne	Grunty pod wodami	Grunty leśne i zadrzewione	Pozostałe grunty	Grunty zabudowane i zurbanizowane					
					ogółem	Tereny mieszkaniowe	Tereny przemysłowe	Tereny komunikacyjne	Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe	Pozostałe*
Bemowo	20,0	0,2	10,6	0,7	68,5	21,4	3,1	13,7	1,9	28,4
Białołęka	44,4	4,8	14,9	1,5	34,4	12,8	7,7	8,5	0,1	5,3
Bielany	10,9	5,3	24,9	1,9	57,0	17,9	11,9	11,7	1,4	14,1
Mokotów	23,0	3,5	0,9	4,2	68,4	20,7	6,4	18,0	4,8	18,5
Ochota	3,0	0	0	0,6	96,4	27,2	5,7	23,7	11,8	28,0
Praga-Południe	5,7	6,9	2,9	0,9	83,6	25,9	6,1	30,4	8,4	12,8
Praga-Północ	3,3	12,8	0	3,8	80,1	12,2	12,5	31,3	7,6	16,5
Rembertów	11,9	0	39,4	4,2	44,5	16,9	8,2	10,3	0,9	8,2
Śródmieście	0,2	5,9	0	0,8	93,1	17,0	3,6	26,2	21,2	25,1
Targówek	21,1	0,3	8,0	0,1	70,5	21,6	5,6	19,3	2,1	21,9
Ursus	22,1	0	0	0,1	77,8	32,5	16,9	14,4	0,9	13,0
Ursynów	28,0	0,1	21,0	1,2	49,7	18,5	2,1	12,6	5,2	11,3
Wawer	27,6	3,8	36,7	0,9	31,0	17,8	0,7	7,9	0,2	4,4
Wesoła	7,3	0,2	56,2	3,0	33,3	16,3	0,4	9,9	0,0	6,7
Wilanów	62,8	7,0	7,5	2,5	20,2	8,3	2,3	6,3	0,3	3,0
Włochy	27,5	0,1	0,9	1,5	70,0	13,3	6,1	29,4	0,5	20,7
Wola	2,6	0	2,6	0,1	94,7	17,5	9,9	33,2	4,4	29,7
Żoliborz	0	7,5	0	0,2	92,3	23,6	1,3	25,8	18,7	22,9

* – zurbanizowane tereny niezabudowane i inne tereny zabudowane łącznie z użytkami kopalnymi



Rys. 2. Struktura użytkowania gruntów w dzielnicach Warszawy w 2010 (na podstawie [4])

Fig. 2. Structure of area of Warsaw C.C. by land use in 2010

Tabela 2. Zestawienie typów zanieczyszczeń powietrza w dzielnicach Warszawy (na podstawie [5])

Table 2. The types of air polluting emissions in the districts of Warsaw

Dzielnica	Procentowy udział zanieczyszczeń powietrza* [%]											
	Typy źródeł zanieczyszczeń											
	Punktowe				Liniowe				Powierzchniowe			
	SO ₂	NO _x	PM10	Śr.	SO ₂	NO _x	PM10	Śr.	SO ₂	NO _x	PM10	Śr.
Bemowo	48,6	12,4	1,6	20,9	0,4	77,2	65,2	47,6	51,0	10,4	33,2	31,5
Białołęka	66,4	33,3	3,4	34,4	0,2	54,2	54,2	36,2	33,4	12,5	42,4	29,4
Bielany	57,6	16,0	2,0	25,2	0,4	73,8	64,5	46,2	42,0	10,2	33,5	28,6
Mokotów	49,8	11,3	1,6	20,9	0,6	81,1	71,4	51,0	49,6	7,6	27,0	28,1
Ochota	48,3	10,7	1,4	20,1	0,6	81,6	71,9	51,4	51,1	7,7	26,7	28,5
Praga-Płd.	45,7	15,5	2,0	21,1	0,3	71,6	58,4	43,4	54,0	12,9	39,6	35,5
Praga-Płn.	45,8	15,0	1,7	20,8	0,3	72,8	58,7	43,9	53,9	12,2	39,6	35,3
Rembertów	47,8	25,7	3,1	25,5	0,1	50,3	35,6	28,7	52,1	24,0	61,3	45,8
Śródmieście	51,2	10,8	1,5	21,2	0,6	82,3	73,6	52,2	48,2	6,9	24,9	26,6
Targówek	64,9	27,0	3,6	31,8	0,2	60,5	53,8	38,2	34,9	12,5	42,6	30,0
Ursus	26,6	13,7	1,2	13,8	0,2	65,2	38,9	34,8	73,2	21,1	59,9	51,4
Ursynów	48,2	22,3	1,8	24,1	0,4	67,2	59,0	42,2	51,4	10,5	39,2	33,7
Wawer	46,5	22,3	2,0	23,6	0,2	55,8	41,1	32,4	53,3	21,9	56,9	44,0
Wesoła	40,7	28,5	2,5	23,9	0,1	35,2	24,5	19,9	59,2	36,3	73,0	56,2
Wilanów	53,9	20,9	2,3	25,7	0,3	66,6	56,2	41,0	45,8	12,5	41,5	33,3
Włochy	39,6	12,7	1,4	17,9	0,4	75,6	59,6	45,2	60,0	11,7	39,0	36,9
Wola	53,5	13,2	2,0	22,9	0,5	78,6	70,3	49,8	46,0	8,2	27,7	27,3
Żoliborz	63,6	14,8	1,9	26,8	0,4	77,7	73,7	50,6	36,0	7,5	24,4	22,6
Warszawa	49,6	17,8	2,1	23,2	0,4	68,9	58,3	42,5	50,0	13,3	39,6	34,3

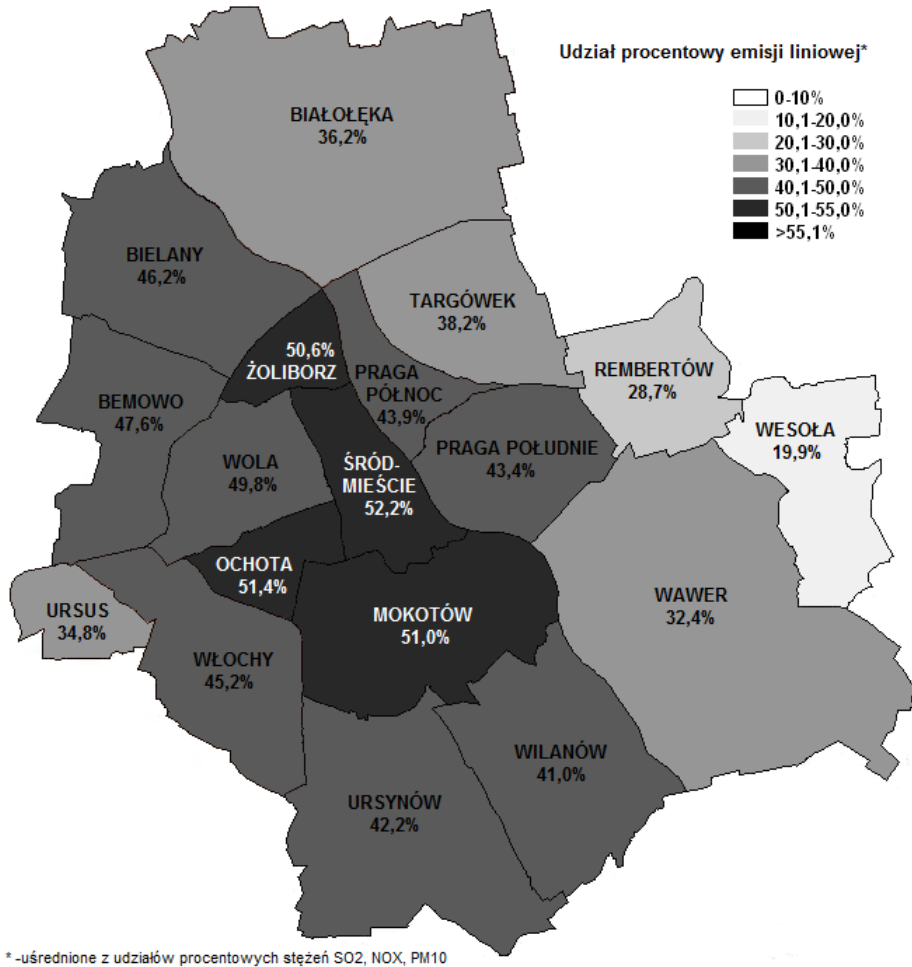
* – udział nie uwzględnia emisji napływowej, udziały procentowe wyliczone przy założeniu, że suma emisji liniowej, punktowej i powierzchniowej wynosi 100%

Analizując dane zestawione w tabeli 2 widać, że największy udział procentowy jest wynikiem emisji liniowej zanieczyszczeń. Wynika to z gęstej siatki ulic w Warszawie oraz ciągle rozwijającej się infrastruktury komunikacyjnej. Największy procent emisji liniowej jest w dzielnicach centralnych, w których oprócz dużej ilości ulic, następuje przemieszczanie się ludności w wyniku konieczności pokonywania drogi praca-dom, w kierunkach północ-południe i wschód-zachód. Do dzielnic tych należą: Śródmieście, Ochota, Mokotów, Żoliborz. W granicach 40–50% udziału emisji liniowej mieszczą się silnie zurbanizowane, w których zamieszkuje duża liczba ludności. Są to tak dzielnice ze starszą za-

budową, jak i części Warszawy obecnie silnie rozwijające się pod kątem zabudowy mieszkaniowej. Należą do nich: Praga Południe, Praga Północ, Wola, Bielany, Włochy, Bemowo, Ursynów i Wilanów. Najmniejsze emisje zanieczyszczeń, których źródłem jest głównie komunikacja zlokalizowane są w dzielnicach, w których duża powierzchnia jest gruntów leśnych, zadrzewionych i rolniczych. Są to Wesoła, Rembertów, Wawer. Procentowe udziały emisji liniowej w większości przypadków rosną wraz ze zwiększaniem się powierzchni komunikacyjnej. Należy jednak zaznaczyć, że znaczenie w emisji liniowej ma nie tylko ilość, ale również rodzaj funkcjonalny drogi. Im więcej dróg głównych, głównych ruchu przyspieszonego czy ekspresowych, z dużym natężeniem ruchu pojazdów tym emisja liniowa również jest wysoka mimo mniejszej ilości dróg lokalnych.

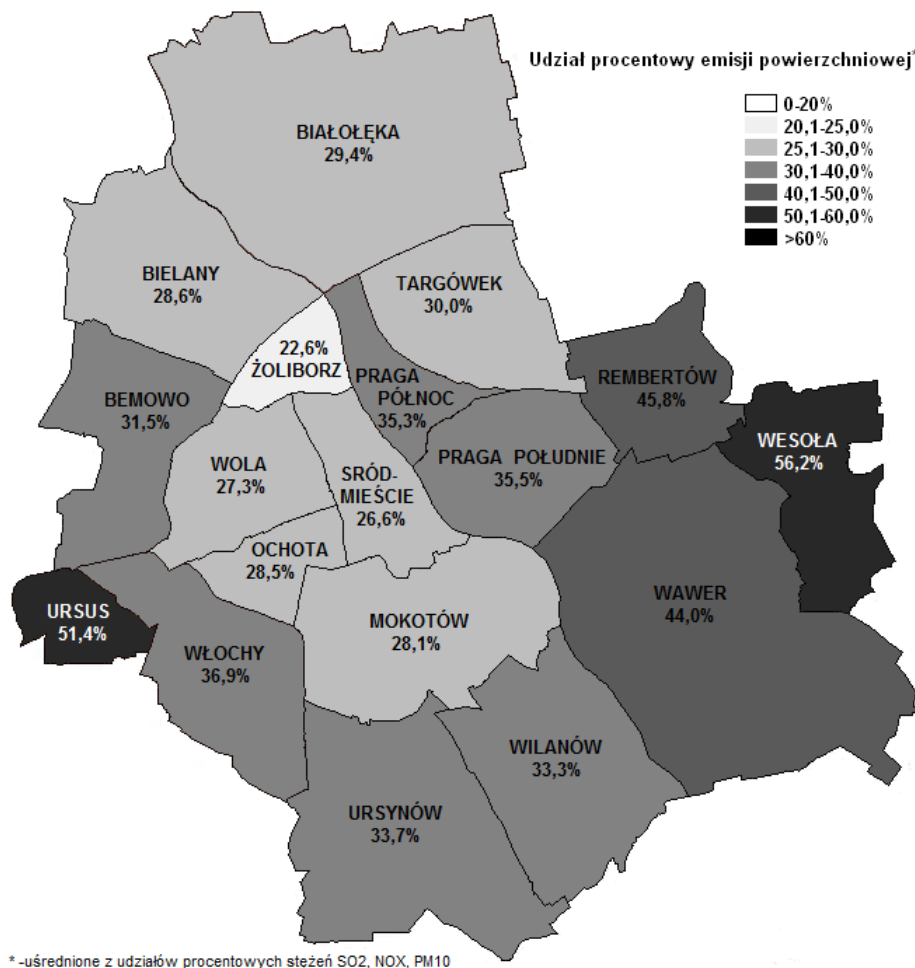
Największy udział emisji powierzchniowej występuje w dzielnicach: Wesoła, Rembertów, Wawer, ale również Ursus i Włochy. Wiąże się to z występowaniem terenów mieszkaniowych, ale takich, na których znajdują się budynki mieszkalne, ogrzewane indywidualnie (emisja niska). Dodatkowym argumentem jest również przyrost nowych budynków mieszkalnych oddanych do użytkowania w latach 2008, 2010. Najwięcej takich obiektów w odniesieniu do powierzchni dzielnicy było w Wesołej, Wawrze, Rembertowie, ale również w Ursusie i Białołęce, w granicach od 5 do 9 budynków na 1 km².

Analizując emisję punktową indywidualnie należy stwierdzić, że największe wielkości emisji substancji występują w dzielnicach: Białołęka, Mokotów, Rembertów i Bemowo, co wiąże się z lokalizacją na tym terenie największych źródeł emisji tj. Elektrociepłowni „Żerań”, Elektrociepłowni „Siekierki”, Elektrociepłowni „Kawęczyn” i ciepłowni „Wola”. Udział tego rodzaju emisji rzeczywiście dominuje na Białołęce i Rembertowie, ale już na Bemowie i Mokotowie jest na poziomie średnim i ustępuje emisji liniowej. Emisja punktowa ma dość duże znaczenie również na Bielanych, Targówku i Wilanowie. Mimo nie występowania w ich granicach wysokich emitorów to ich bliskie położenie przy granicy sąsiednich dzielnic może wpływać na taką sytuację.



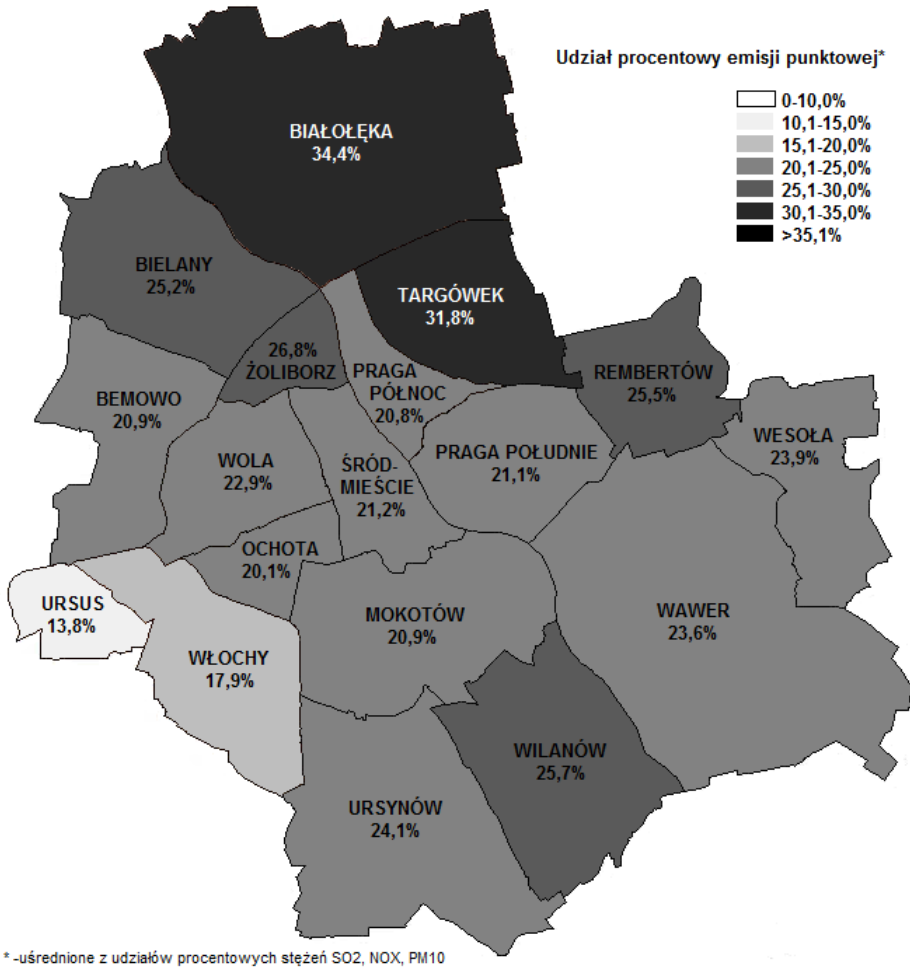
Rys. 3. Średnie udziały emisji liniowej zanieczyszczeń powietrza na tle dzielnic Warszawy [opr. Aut.]

Fig. 3. The average distribution of the linear emission air pollution in the districts of Warsaw [autor's study]



Rys. 4. Średnie udziały emisji powierzchniowej zanieczyszczeń powietrza na tle dzielnic Warszawy [opr. Aut.]

Fig. 4. The average distribution of the surface emission air pollution in the districts of Warsaw [autor's study]



Rys. 5. Średnie udziały emisji punktowej zanieczyszczeń powietrza na tle dzielnic Warszawy [opr. Aut.]

Fig. 5. The average distribution of the point emission air pollution in the districts of Warsaw [autor's study]

5. Wnioski

Analizując przedstawione dane oraz kierunki rozwoju Warszawy należy stwierdzić, że:

- W 14 dzielnicach dominującym typem emisji zanieczyszczeń jest emisja liniowa, z czego w 4 przypadkach stanowi ponad 50%;
- Uwzględniając plany komunikacyjne zawarte w Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego, można przypuszczać, że udział emisji liniowej w porównaniu z punktową i powierzchniową jeszcze bardziej się zwiększy;
- Rozwój układu obwodnicowego w Warszawie może odciążyć w pewnym zakresie drogi dzielnic centralnych, a tym samym zmniejszyć nieco udział emisji liniowej; natomiast w dzielnicach tworzących strefę przedmieść emisja ta na skutek realizacji dróg głównych ruchu przyspieszonego i ekspresowych może znacząco się zwiększyć w stosunku do dwóch pozostałych emisji;
- Wpływ zanieczyszczeń komunikacyjnych na wielkości stężeń w bezpośrednim sąsiedztwie ulic o bardzo dużym natężeniu ruchu jest znaczący i stanowi istotny problem w Warszawie;
- W 4 dzielnicach największy procent stanowi emisja powierzchniowa; są to dzielnice obrzeżne, w których dominującą formą zabudowy mieszkaniowej jest zabudowa jednorodzinna z indywidualnymi systemami ogrzewania;
- W wyniku postępu technologicznego oraz zwiększania się wykorzystania źródeł energii odnawialnych można przyjąć, że udziały emisji powierzchniowej będą się systematycznie zmniejszać;
- W ostatnich latach emisja punktowa zorganizowana, w wyniku proekologicznych inwestycji została obniżona, co w istotny sposób ograniczyło jej niekorzystny wpływ na środowisko i we wszystkich dzielnicach ten typ emisji stanowi procentowo najmniejszą wartość.

6. Podsumowanie

Zanieczyszczenia powietrza mają znaczący wpływ na zdrowie ludzi oraz stan techniczny budynków. Są nierozdzielnie połączone z warunkami atmosferycznymi. Najbardziej niekorzystna jest niska temperatura powietrza, mała prędkość wiatru, brak ruchów wstępujących powie-

trza, ponieważ wówczas występują złe warunki rozprzestrzeniania zanieczyszczeń, a więc ich kumulacja. To niebezpieczne zjawisko koncentracji zanieczyszczeń powietrza na terenach słabo przewietrzanych lub zacisznych, występuje m.in. w rejonie Al. Jerozolimskich, ul. Marszałkowskiej i Nowego Świata, w rejonie ul. Jagiellońskiej, ul. Starzyńskiego i Al. Solidarności, w rejonie Szmulowizny i Targówka Przemysłowego oraz w rejonie Służewca Przemysłowego, a więc głównie dzielnic Śródmieścia, Pragi Północ, Targówka, Mokotowa, Ochoty, Pragi Południe. Jak potwierdziły graficzne obrazy udziału zanieczyszczeń może następować gromadzenie się zanieczyszczonego powietrza, wpływającego grawitacyjnie na tereny podskarpowe np. Wilanów, Dolny Mokotów, Powiśle z rejonu Mokotowa Górnego i Śródmieścia. Największe natężenie tych zjawisk występuje w okresach bezwietrznych, gdy prędkość wiatru jest mniejsza niż 2 m/s.

Podejmując decyzje o zagospodarowaniu przestrzennym należy pamiętać, że będą one miały wpływ na generowanie zanieczyszczeń powietrza. Dlatego wyznaczając przebieg dróg wyższego rzędu należy pamiętać, aby w miarę możliwości trasować je w pewnej odległości od terenów mieszkaniowych oraz na obszarze o dobrym przewietrzaniu. Lokalizując emitory punktowe należy wziąć pod uwagę np. przeważające kierunki wiatrów oraz usytuowanie względem terenów zielonych, które mogą być barierą w stosunku do obszarów zabudowy mieszkaniowej.

Aspekty ewentualnego wpływu zanieczyszczeń na planowanie rozwoju przestrzennego powinny przede wszystkim znaleźć się w opracowaniu ekofizjograficznym do miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego oraz prognozie oddziaływania na środowisko do projektu miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego.

Literatura

1. **Chmielewski J.M.:** *Teoria urbanistyki w projektowaniu i planowaniu miast.* Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2010.
2. **Podawca K., Pawłat-Zawrzykraj A.:** *Przestrzeń jako „płaszczyzna” konfliktów – Historia, perspektywy i problemy gospodarki przestrzennej w Polsce.* 10 lat Gospodarki Przestrzennej w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 54–64 (2009).
3. **Szponar A.:** *Fizjografia urbanistyczna,* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2003.

4. European Cities Monitor, Cushman&Wakefield, 2009.
5. Panorama dzielnic Warszawy w 2010 roku, Urząd Statystyczny w Warszawie, Warszawa, 2011.
6. Program ochrony środowiska dla Miasta stołecznego Warszawy na lata 2009–2012 z uwzględnieniem perspektywy do 2016 r., Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2009.
7. Ustawa Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001r. (Dz. 2008r. Nr 25, poz. 150 z późn. zm.)

Analysis of the Spatial Distribution of the Air Pollution Types in the District Layout of Warsaw

Abstract

The issue of linkages between land use and air emission types has been brought up in this paper. Based on the example of Warsaw districts, the average distribution of the line point and surface emission in relation to land use has been illustrated. Based, on the literature review related to aspects of urban ecology, physiographic of the city and air emission, the graphical layout of natural – ecological functioning of the city has been created.

Analyzing data and trends in Warsaw should be noted that:

- in 14 districts, the dominant type of emission is the line emission, of which 4 cases represent more than 50% (Śródmieście, Ochota, Mokotów, Żoliborz), 8 cases are between 40–50% (Praga Południe, Praga Północ, Wola, Bielany, Włochy, Bemowo, Ursynów, Wilanów);
- taking into account the communication plans developed in the study of conditions and directions of spatial development, it can be assumed, that the share of line emission compared to the point and the surface ones will be increased;
- development of bypass system, can relieve some roads of central districts, thereby reducing somewhat the share of linear emission, while in districts forming the suburban zone because of implementing major roads and expressways, the linear emission can significantly increase in comparison to the other two emissions;
- impact of traffic pollution on concentrations in the immediate vicinity of the streets with very heavy traffic, is significant, and is an important problem in Warsaw;
- in 4 districts (Wesoła, Ursus, Rembertów, Wawer) the highest percentage is a surface emission because they are border districts, in which the dominant form of housing is single-family houses with individual heating systems;

- as a result of technological progress and increasing the use of renewable energy sources, it can be assumed, that surface emissions will be systematically decreasing;
- in recent years, the organized point emissions due to ecological investment has been reduced, which significantly reduced its negative impact on the environment and in all districts this type of emission has the smallest percentage value.

When making decisions about spatial management, one has to remember, that they will have an impact on the emission of air pollutants. Therefore, setting roads of higher rank, it is necessary to mind, to trace them, at a distance from residential areas and in an area with good ventilation. Locating point emitters, it should be taken into account (for example) a predominant wind directions and the location of the green areas, which can act as a barrier in relation to residential areas.

Aspects of the possible impact of pollution on the development of spatial planning should primarily be in the ecophysiological studies for local spatial management plans and the environmental impact assessment prognosis for project to the local community spatial management plan.