

Anna CHLEBOWSKA-STYŚ, Izabela SÓWKA*

TRENDY ZMIAN STĘŻENIA PYŁÓW ZAWIESZONYCH (PM_{10} I $PM_{2,5}$) ORAZ BENZO(A)PIRENU NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH MIAST WIELKOPOLSKI

Celem opracowania była analiza trendów zmian stężeń pyłów zawieszonych (PM_{10} i $PM_{2,5}$) oraz benzo(a)pirenu w pyłe PM_{10} w wybranych miastach Wielkopolski. W tym celu wykorzystano dane z bazy Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Poznaniu. Zaprezentowano średnie roczne stężenia omawianych zanieczyszczeń i zwrócono uwagę na ich sezonową zmienność. Wykazano, iż we wszystkich wybranych miastach regionu występują przekroczenia dopuszczalnych norm dla pyłów zawieszonych oraz benzo(a)pirenu w pyłe PM_{10} . Spośród analizowanych obszarów najgorszą jakością powietrza charakteryzuje się miasto Kalisz. Występowanie najwyższych wartości stężeń zanieczyszczeń w sezonie zimowym oraz przeprowadzone analizy statystyczne pozwalają przypuszczać, że za stan zanieczyszczenia powietrza pyłami zawieszonymi w Wielkopolsce odpowiedzialne jest zjawisko niskiej emisji.

1. WPROWADZENIE

1.1. INFORMACJE PODSTAWOWE

Niemal 90% ludności zamieszkującej miasta europejskie narażonych jest na szkodliwe działanie zanieczyszczeń powietrza, które nie spełniają norm wyznaczonych pod kątem ochrony zdrowia ludzi. Zagrożenie stanowi szczególnie pył zawieszony, którego wartość stężenia szkodliwego dla zdrowia jest niższa niż dotychczas sądzono. Ogromne zagrożenie dla zdrowia stanowi również benzo(a)piren, który jest jednym

* Zakład Ekologii i Zarządzania Ryzykiem Środowiskowym, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wroclawska pl. Grunwaldzki 9, 50-377 Wrocław, anna.chlebowska@pwr.edu.pl.

z najgroźniejszych przedstawicieli wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych - charakteryzują go bowiem silne właściwości rakotwórcze [10, 16].

Zanieczyszczenia pyłowe zawierają w swym składzie części respirabilne, które z powietrzem trafiają do płuc powodując poważne szkody w organizmie. Wpływ pyłów na zdrowie determinowany jest wielkością ich ziaren. Częstki o średnicy ziaren poniżej $2,5\mu m$ powodują największe problemy zdrowotne ponieważ wnikają głęboko do płuc dochodząc do pęcherzyków płucnych; część z nich przedostaje się do krwioobiegu. Ekspozycja na zanieczyszczenia pyłowe może powodować uszkodzenia układu oddechowego i krwionośnego, a nawet serca, zwłaszcza u dzieci, osób starszych czy chorujących na astmę. Większe frakcje pyłów podrażniają oczy, nos oraz gardło [2, 3].

Rośliny również są narażone na szkodliwe działanie zanieczyszczeń pyłowych, które osiadają na powierzchni liści i blokują aparaty szparkowe, przez co zaburzają procesy fotosyntezy [15]. Warunki meteorologiczne mają istotny wpływ na eliminację cząstek pyłu z atmosfery, głównie poprzez procesy wymywania oraz inicjacje reakcji chemicznych [4, 13]. W wyniku opadania mogą powodować zakwaszenie jezior i rzek, zmieniać skład organiczny gleb, niszczyć wrażliwe drzewostany i uprawy oraz powodować zmiany w różnorodności ekosystemów. Ponadto powodują uszkodzenia budowli z kamienia lub betonu, które często mają istotną wartość historyczną i kulturową, a także znacznie obniżają widoczność. Wykazano również wpływ pyłów na zmiany klimatu [14].

Pyły składają się z ziaren i kropeł tysięcy różnych związków chemicznych o różnorodnym kształcie i rozmiarze. Głównym źródłem emisji pierwotnych zanieczyszczeń pyłowych są pożary, pola uprawne, ścieranie opon samochodowych oraz emisja ze stacjonarnych źródeł przemysłowych [6]. Zanieczyszczenia pyłowe wtórne są wynikiem skomplikowanych przemian chemicznych i fizycznych prekursorów powstawania pyłu (głównie SO_2 i NO_2) zachodzących w atmosferze. Prekursory pyłu do atmosfery emitowane są z elektrowni, przemysłu oraz pojazdów samochodowych. W atmosferze charakter dominujący mają pyły wtórne [8, 11].

W związku z toksycznymi właściwościami pyłu drobnego oraz częstym przekraczaniem norm dopuszczalnych ustanowionych ze względu na ochronę zdrowia ludzi, analizy w zakresie identyfikacji źródeł emisji i tendencji zmian pyłu drobnego w powietrzu wzbudzają duże zainteresowanie zarówno wśród naukowców, jak i władz rządowych i samorządowych odpowiedzialnych za wprowadzanie programów ochrony powietrza, wdrażanie polityki ekologicznej oraz ochronę zdrowia publicznego [1, 7]. Ocena jakości powietrza w Polsce prowadzona jest zgodnie z kryteriami określonymi w dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z 21 maja 2008 roku w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy oraz dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE z 15 grudnia 2004 roku w sprawie arsenu, kadmu, niklu, rtęci i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w otaczającym powietrzu. Zgodnie z nimi dla pyłów zawieszonych (PM_{10} i $PM_{2,5}$)

oraz benzo(a)pirenu wyznaczono m.in. poziomy dopuszczalne, dopuszczalne wartości częstości przekraczania poziomu dopuszczalnego i marginesy tolerancji (tab. 1.)

Tabela 1. Wartości kryterialne dla pyłów zawieszonych wyznaczone pod kątem ochrony zdrowia

Nazwa substancji	Okres uśredniania wyników pomiarów	Poziom dopuszczalny [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Dopuszczalna częstość przekraczania poziomu dopuszczalnego w roku kalendarzowym	Margines tolerancji [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
				2010	2011	2012	2013	2014
Pył PM_{10}	24 godziny	50	35	0	0	0	0	0
	rok kalendarzowy	40	-	0	0	0	0	0
Pył $\text{PM}_{2,5}$	rok kalendarzowy	25	-	4	3	2	1	1
	rok kalendarzowy	20	-	0	0	0	0	0

Tabela 2. Wartości kryterialne dla benzo(a)pirenu wyznaczone pod kątem ochrony zdrowia

Nazwa substancji	Okres uśredniania wyników pomiarowych	Poziom docelowy	Dopuszczalna częstość przekraczania poziomu docelowego w roku kalendarzowym	Termin osiągnięcia poziomu docelowego
Benzo(a)piren	rok kalendarzowy	1 ng/m ³	-	2013

Pył zawieszony $\text{PM}_{2,5}$ jest w chwili obecnej jedynym zanieczyszczeniem dla którego wyznaczono margines tolerancji. Poziom dopuszczalny wynoszący 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ miał zostać osiągnięty 1 stycznia 2015 roku, natomiast bardziej restrykcyjny próg 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zacznie obowiązywać od 2020 roku.

Województwo wielkopolskie od lat zмага się z problemem zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, szczególnie w miastach gdzie mieszka ponad 55% wszystkich mieszkańców regionu [18]. Istotnym wydaje się problem przekraczania norm wyznaczonych względem pyłów zawieszonych oraz benzo(a)pirenu. Z roku na rok sytuacja wydaje się nie zmieniać: w największych miastach regionu odnotowywane są przekroczenia zarówno dla poziomów dopuszczalnych dla doby, czy roku, jak i ilości dni z przekroczeniami w ciągu roku (tab. 3–6).

Celem pracy było wykazanie trendu zmian stężeń pyłów drobnych w wybranych miastach Wielkopolski w latach 2005–2014. Z analizy danych uzyskanych z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Poznaniu (tab. 3–6) wynika bowiem, że od wielu lat przekraczane są normy jakości powietrza.

Tabela 3. Wyniki pomiarów pyłu PM_{10} za lata 2005–2014 (wg WIOŚ w Poznaniu)

Lokalizacja stanowiska	Liczba dni z przekroczeniami poziomu dopuszczalnego w ciągu roku (dla czasu uśredniania 24 godziny)									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Poznań, ul. Polanka	42	61	55	43	67	71	89	69	44	69
Poznań, ul. Dąbrowskiego	51	53	42	40	69	84	92	65	27	49
Kalisz	93	130	68	37	63	56	69	68	67	80
Konin	-	-	-	4	17	32	44	47	42	42
Leszno	34	67	18	34	67	96	53	58	42	38
Piła	56	41	42	27	44	61	57	56	34	59

Tabela 4. Wyniki pomiarów pyłu PM_{10} za lata 2005–2014. Wartości uśrednione dla roku kalendarzowego (wg WIOŚ w Poznaniu)

Lokalizacja stanowiska	Wartości średnie dla roku [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Poznań, ul. Polanka	28,5	36,7	31,5	29,9	29,9	38,4	39,0	36,2	29,5	35,9*
Poznań, ul. Dąbrowskiego	30,2	32,2	27,6	29,4	29,4	37,3	39,1	33,2	24,8	30,8*
Kalisz	40,8	56,9	34,5	28,7	36,3	35,3	34,4	35,5	34,6	37,6*
Konin	-	-	-	22,6	23,9	25,8	36,1	31,0	30,3	31,7*
Leszno	36,7	38,5	23,0	29,0	35,8	39,5	37,4	32,8	30,3	28,6*
Piła	30,5	29,1	28,4	25,2	29,9	32,5	32,6	32,9	27,4	34,0*

*dane niezwyfikowane

Tabela 5. Wyniki pomiarów pyłu $PM_{2,5}$ za lata 2010–2014 (wg WIOŚ w Poznaniu)

Lokalizacja stanowiska	Wartości średnie dla roku Pył $PM_{2,5}$ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
	2010	2011	2012	2013	2014
Poznań	24,7	27,5	24,4	23,4	26,4*
Kalisz	29,0	33,4	28,5	27,7	29,0*

*dane niezwyfikowane

Tabela 6. Wyniki pomiarów benzo(a)pirenu za lata 2010–2014 (wg WIOŚ w Poznaniu)

Lokalizacja stanowiska	Wartości średnie dla roku [ng/m^3]				
	2010	2011	2012	2013	2014
Poznań	b.d.	b.d.	3,7	2,2	3,1*
Piła	2,9	2,9	3,6	2,8	3,3*
Leszno	4,4	b.d.	1,6	2,8	2,1*
Kalisz	2,9	3,2	4,6	4,0	3,8*

*dane niezwyfikowane

2. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU I METODYKA BADAŃ

Wielkopolska jest drugim pod względem powierzchni oraz trzecim pod względem liczby ludności województwem w Polsce (stan na dzień 31.12.2013 r., wg GUS). Zajmuje powierzchnię prawie 30 000 km² co stanowi 9,5% powierzchni kraju. Leży w zachodniej części kraju i graniczy z siedmioma województwami. Wielkopolska generuje PKB, którego wartość należy do najwyższych w Polsce. Region charakteryzuje się stosunkowo niską stopą bezrobocia, jest siedzibą wielu przedsiębiorstw. Największym miastem i zarazem stolicą regionu jest Poznań, którego liczba mieszkańców przekracza 550 tys. Poza tym w województwie znajdują się 4 miasta na prawach powiatu. Za monitoring jakości środowiska odpowiedzialny jest Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Poznaniu, który wykonuje swoje zadania zgodnie z Programem Państwowego Monitoringu Środowiska.

W opracowaniu wykorzystano bazy danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Poznaniu. Dane te obejmowały wyniki pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5} oraz benzo(a)pirenu z wybranych miast wielkopolski tj. Poznania, Kalisza, Konina, Leszna i Piły w latach 2005–2014. Stanowisko zlokalizowane w Kaliszu przy ul. Nowy Świat było obsługiwane przez Wojewódzką Stację Sanitarno-Epidemiologiczną w Poznaniu, pozostałe przez WIOŚ w Poznaniu (tab. 7). Pomiary zostały wykonane zgodnie z kryteriami zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 17 grudnia 2008 roku w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz.U. 2009 nr 5 poz. 31) oraz Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 r. w sprawie oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz.U. 2002 nr 87 poz. 798).

Tabela 7. Wykaz stanowisk pomiarowych uwzględnionych w opracowaniu

Lp.	Stanowisko	Obsługujący	Typ stacji	Okres pracy
1	Poznań, ul. Polanka	WIOŚ	miejski	2005– ...
2	Poznań, ul. Dąbrowskiego	WIOŚ	miejski	2005– ...
3	Kalisz, ul. Nowy Świat	WSSE	miejski	2003–2009
4	Kalisz, ul. Hanki Sawickiej	WIOŚ	miejski	2010– ...
5	Konin, ul. Kard. Wyszyńskiego	WIOŚ	miejski	2008– ...
6	Leszno, ul. Paderewskiego	WIOŚ	miejski	2005–2009
7	Leszno, ul. Kiepury	WIOŚ	miejski	2010– ...
8	Piła, ul. Kusocińskiego	WIOŚ	miejski	2005– ...

Poboru pyłu PM₁₀ i PM_{2,5} dokonywano przy zastosowaniu impaktorów sekwencyjnych wysoko- (HVS) i niskoobjętościowych (LVS) (tab. 8). Pomiar masy pyłu zgromadzonego na filtrach przeprowadzono przy użyciu wag analitycznych o rozdzielczości przynajmniej 10 µg dla impaktorów LVS i 100 µg dla impaktorów HVS. Do pomiarów wykorzystano wagę o zakresie od 0,0001g do 100g dla filtrów małych

o średnicy 47 mm (LVS) i od 0,003 g do 100 g dla filtrów dużych o średnicy 150 mm (HVS).

Punkty pomiarowe WIOŚ w Poznaniu zlokalizowane były zgodnie z kryteriami programu monitoringu powietrza dla województwa wielkopolskiego opracowanym przez Wydział Monitoringu Środowiska. Filtry do i z punktów pomiarowych transportowano do i z WIOŚ w Poznaniu, gdzie poddawano je kondycjonowaniu i ważeniu przed i po ekspozycji w pokoju wagowym. Filtry po ekspozycji kondycjonowano w takich samych warunkach temperatury i wilgotności względnej, w jakich były przygotowane przed ekspozycją przez okres przynajmniej 48 godzin. Po kondycjonowaniu filtry ważono dwukrotnie, z 24 godzinną przerwą. Filtry po ekspozycji, kondycjonowaniu i ważeniu poddano chemicznej analizie oznaczenia WWA. Benzo(a)piren w pyłe PM_{10} oznaczano poprzez ekstrakcję za pomocą dichlorometanu, jego stężenie oznaczano metodą chromatografii cieczowej HPLC. Pomiaru pyłu PM_{10} na stanowiskach w Poznaniu przy ul. Polanka i Dąbrowskiego oraz w Koninie dokonywano metodą automatycznego poboru prób. Analizator automatyczny PM_{10} jest równoważny metodzie opisanej w normie EN 12341. Jakość powietrza – Oznaczanie frakcji PM_{10} pyłu zawieszonego – Metoda odniesienia i procedura badania terenowego do wykazania równoważności stosowanej metody pomiarowej z metodą odniesienia.

Tabela 8. Aparatura, przyrządy i sprzęt laboratoryjny wykorzystywane przez WIOŚ w Poznaniu do pomiarów i analiz pyłów zawieszonych PM_{10} i $PM_{2,5}$ oraz benzo(a)piranu w pyłe PM_{10} (stan na 31.12.2014 r)

Lp.	Aparatura, przyrządy, sprzęt laboratoryjny
1	Pobornik sekwencyjny PM_{10} - TCR Tecora Skypost PM-HV
2	Pobornik sekwencyjny $PM_{2,5}$ - MicroPNS LVS16 MCZ Umwelttechnik
3	Pobornik sekwencyjny PM_{10} - MicroPNS HVS16 MCZ Umwelttechnik
4	Pobornik sekwencyjny PM_{10} - PNS3D15/LVS3D Atmoservice
5	Pobornik sekwencyjny PM_{10} - Digitel DHA-80
6	Pobornik sekwencyjny PM_{10} - Derenda PNS 16T-30.2
7	Kalibrator przepływu do poborników niskoprzepływowych - MCZ Umwelttechnik, FMP 3.0
8	Kalibrator przepływu do poborników niskoprzepływowych - Rotametr Sp. z o.o., ROS-10
9	Kalibrator przepływu do poborników wysokoprzepływowych - Rotametr Sp. z o.o., RDN-25 W
10	Waga analityczna Xa 60/220
11	Filtry z włókien kwarcowych (47mm i 150 mm)
12	Szalki Petriego
13	Chromatograf Flexar UHPLC PerkinElmer
14	Analizator automatyczny PM_{10} Met One Instruments BAM-1020
15	Analizator automatyczny PM_{10} Environnement S.A MP101M

W pierwszej części opracowania poddano analizie średnioroczne wartości stężeń wybranych zanieczyszczeń, natomiast w części drugiej omówiono trendy zmian war-

tości stężeń średniomiesięcznych. W ostatniej części opracowania podjęto próbę wykazania zależności wartości stężeń omawianych zanieczyszczeń od warunków meteorologicznych. W celu wykazania związku między badanymi zmiennymi zastosowano jako miarę współzależności współczynnik korelacji liniowej Pearsona. Dane meteorologiczne pochodziły z bazy danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Poznaniu [9, 17].

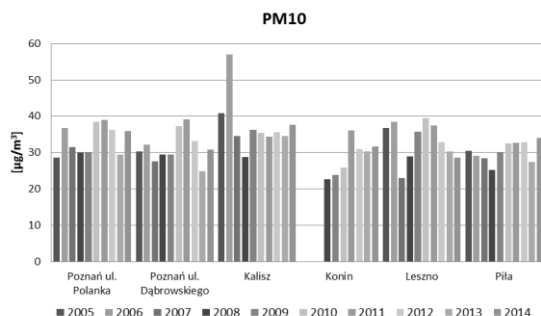
3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Na rysunku nr 1 przedstawiono wartości średniorocznych stężeń pyłu zawieszonego PM₁₀. Dopuszczalna wartość średniego stężenia PM₁₀ dla roku wynosi 40 µg/m³ - w omawianym okresie wartość ta została przekroczona dwukrotnie w Kaliszu (2005 i 2006 rok). Istotny wpływ na sytuację aerosanitarną miasta ma jego położenie geograficzne, rodzaj i charakter zabudowy miejskiej oraz możliwość przewietrzania. Kalisz położony jest w dolinie Prozny o przebiegu NW-SE, natomiast napływ mas powietrza pochodzi głównie z kierunku zachodniego i południowo-zachodniego, co osłabia przewietrzanie miasta. Znaczne różnice wysokości nad poziomem morza pomiędzy centrum miasta a jego peryferiami wyniesionymi znacznie wyżej również niekorzystnie wpływają na rozprzestrzenianie zanieczyszczeń. Istotne znaczenie ma tutaj również sposób ogrzewania budynków oraz lokalizacja zakładów przemysłowych. Mimo, iż wartość dopuszczalna została przekroczona jedynie w Kaliszu, obserwuje się również wysokie wartości stężeń pyłu PM₁₀ w pozostałych miastach, których wartości niejednokrotnie zbliżają się do poziomu dopuszczalnego. Ponadto w każdym roku obserwuje się przekroczenie liczby dni z przekroczeniami poziomu dopuszczalnego dla czasu uśredniania 24 godziny (tab. 3). Jest to zjawisko występujące na prawie każdej stacji pomiarowej, które również świadczy o niezadawalającej jakości powietrza pod względem zanieczyszczenia pyłem zawieszonym PM₁₀.

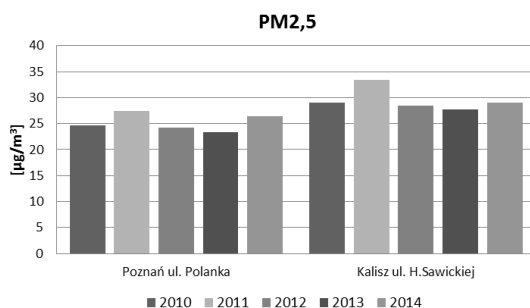
Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE wprowadziła dodatkowe normy jakości powietrza dla obszarów tła miejskiego w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców i aglomeracjach. W związku z powyższym określono wartość dopuszczalną pyłu PM_{2,5} w powietrzu, którą nazwano pułapem stężenia ekspozycji obliczanym na podstawie wskaźnika średniego narażenia. Pomiaru PM_{2,5} prowadzone są przez Inspekcję Ochrony Środowiska od 2010 roku. W województwie wielkopolskim pomiary prowadzone są w Kaliszu oraz Poznaniu i wynika z nich, że wartości dopuszczalne stężeń pyłu PM_{2,5} przekraczane są corocznie. Sytuacja w Kaliszu jest zdecydowanie gorsza, gdyż od 2005 roku przekroczenie występowało w każdym roku. W Poznaniu przekroczenie wartości dopuszczalnej stwierdzono dwukrotnie, w 2011 i 2014 roku (rys. 2). Od 2015 roku zacznie obowiązywać niższy poziom wartości dopuszczalnej, który z dużym prawdopodobieństwem będzie przekraczany

w województwie wielkopolskim. Wiąże się to z dużymi obciążeniami finansowymi, które Unia Europejska nałożyła na Polskę, w związku z niedotrzymaniem terminu osiągnięcia krajowego celu redukcji narażenia.

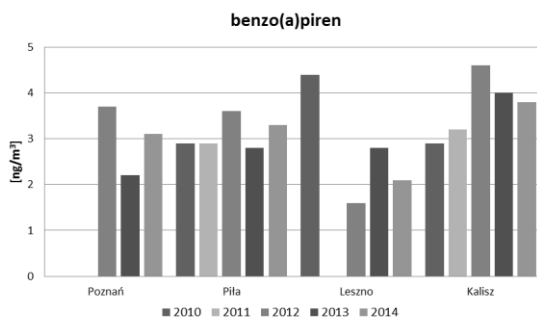
Zanieczyszczenie powietrza benzo(a)pirenem w województwie wielkopolskim jest na bardzo wysokim poziomie – normy dopuszczalne przekraczane są corocznie nawet kilkakrotnie na każdym stanowisku pomiarowym. Jest to zjawisko bardzo niekorzystne dla społeczeństwa, gdyż benzo(a)piren jest jednym z WWA o najsilniejszych właściwościach rakotwórczych. Dodatkowo ma zdolność absorpcji na powierzchni pyłów przez co ma możliwość bezpośredniego wnikania do organizmu. W latach 2010–2014 wartość dopuszczalna benzo(a)piranu w pyłe PM_{10} była przekraczana na każdym stanowisku pomiarowym, a największą wartość stężenia zanieczyszczenia odnotowano w Kaliszu i wynosiła prawie 5 ng/m^3 czyli przekraczała normę prawie 5-krotnie (rys. 3). Niestety prognozy nie są optymistyczne, nie przewidują osiągnięcia poziomu dopuszczalnego w najbliższych latach.



Rys. 1. Średnioroczne wartości stężenia pyłu PM_{10} w latach 2005–2014 w wybranych miastach Wielkopolski (wg WIOŚ w Poznaniu)



Rys. 2. Średnioroczne wartości stężenia pyłu $PM_{2,5}$ w latach 2010–2014 w Wielkopolsce (wg WIOŚ w Poznaniu)



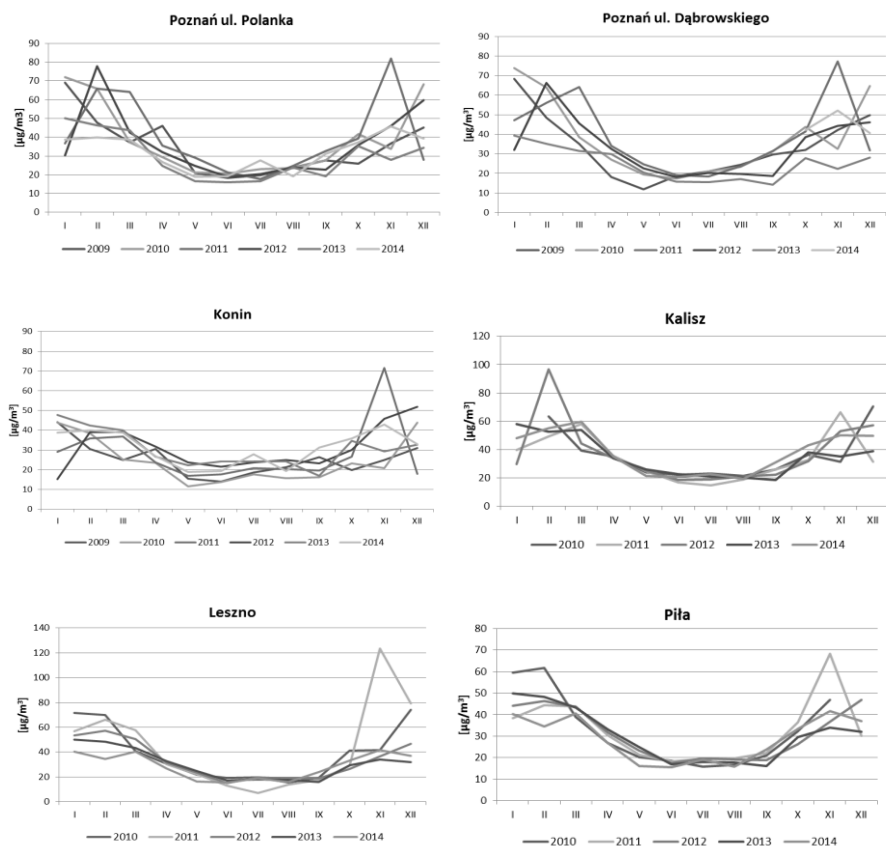
Rys. 3. Średnioroczne wartości stężenia benzo(a)pirenu w latach 2010–2014 w wybranych miastach Wielkopolski (wg WIOŚ w Poznaniu)

Stężenie zanieczyszczeń pyłowych oraz benzo(a)pirenu w powietrzu atmosferycznym jest silnie związane z warunkami meteorologicznymi. Zdecydowanie większe wartości stężeń obserwuje się w sezonie jesienno-zimowym. Ogromny wpływ na stężenie pyłów mają: niska emisja z sektora komunalno-bytowego. Spadek temperatur powoduje spalanie w kotłowniach domowych paliw o wysokim wskaźniku emisji.

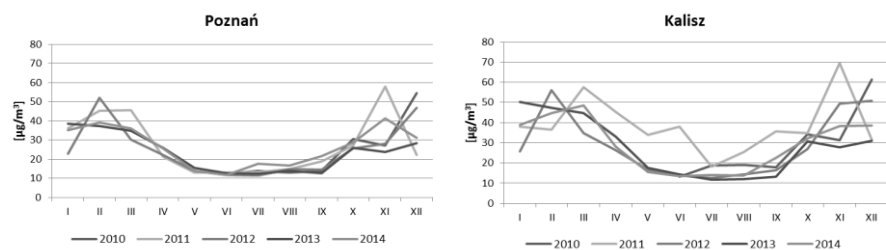
Na rysunku nr 4 przedstawiono zmiany średniomiesięcznych wartości stężeń pyłu zawieszonego PM_{10} w wybranych miastach Wielkopolski. Obserwowalnym jest, iż wartości stężeń średniomiesięcznych utrzymują się na podobnym poziomie; widoczna jest natomiast zmienność sezonowa. Zdecydowanie wyższe wartości stężeń stwierdzano w miesiącach zimowych. Również w tych miesiącach odnotowuje się najwięcej dni z przekroczeniami dobowej wartości dopuszczalnej. Najwyższe wartości stężenia pyłu PM_{10} ponownie występowały w Kaliszu, wraz z tendencjami sezonowymi obserwowanymi natomiast w powietrzu na dwóch stacjach zlokalizowanych w Poznaniu.

Podobną zależność zaobserwowano w przypadku średnich wartości stężeń pyłu zawieszonego $PM_{2,5}$. Zdecydowanie wyższe wartości odnotowywano w miesiącach zimowych (rys. 5). Najprawdopodobniej związane jest to ze zjawiskiem niskiej emisji.

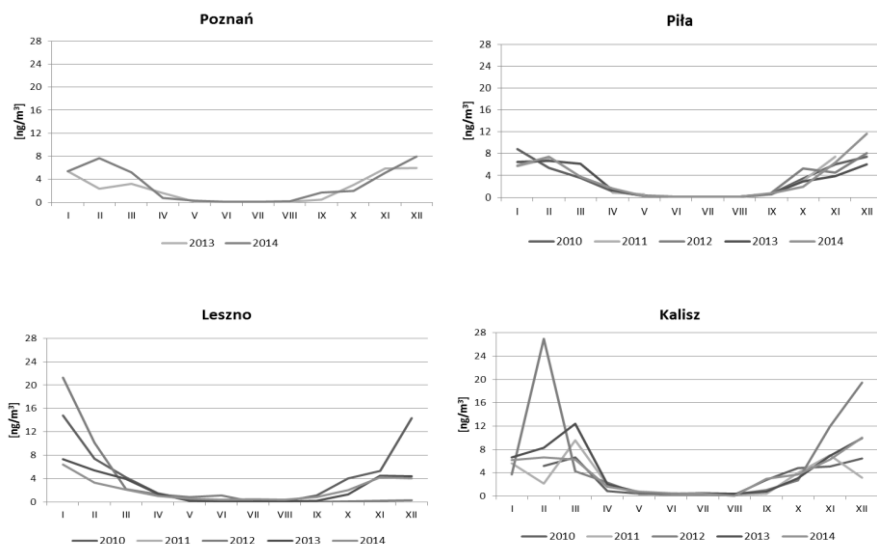
Najwyższe wartości stężeń benzo(a)pirenu w pyłach PM_{10} również obserwowano w miesiącach zimowych- węglowodory aromatyczne powstają głównie w wyniku procesu spalania paliw stałych, czy odpadów w warunkach z miejscowym deficytem tlenu w palenisku. Zjawisko to zachodzi głównie w różnego rodzaju piecach, również w domowych piecach centralnego ogrzewania, które są odpowiedzialne za niską emisję. Według różnych dostępnych danych ocenia się że około 77% całkowitej emisji B(a)P do powietrza z terenu Polski związane jest z indywidualnym ogrzewaniem budynków [5, 8, 12]. Dlatego nie dziwi fakt, że w miesiącach letnich emisja benzo(a)pirenu wstępowała na poziomie nie przekraczającym dopuszczalnej normy (rys. 6).



Rys. 4. Zmiany średniomiesięcznych wartości stężenia pyłu zawieszonego PM_{10} w wybranych miastach Wielkopolski (wg WIOŚ w Poznaniu)



Rys. 5. Zmiany średniomiesięcznych wartości stężenia pyłu zawieszonego $PM_{2,5}$ w wybranych miastach Wielkopolski (wg WIOŚ w Poznaniu)



Rys. 6. Zmiany średniomiesięcznych wartości stężenia benzo(a)pirenu w poszczególnych miesiącach w wybranych miastach Wielkopolski (wg WIOŚ w Poznaniu)

Dla potwierdzenia zależności pomiędzy stężeniami badanych frakcji pyłów a temperaturą powietrza wykonano obliczenia statystyczne, w których potwierdzono ujemną zależność między wartościami stężeń PM_{10} oraz $PM_{2.5}$ a temperaturą powietrza (istotną statystycznie na poziomie $\alpha < 0,05$). Najsilniejszą zależność stwierdzono między stężeniem pyłu PM_{10} a temperaturą na stacji pomiarowej w Pile, natomiast najsłabszą na stacji pomiarowej w Koninie (tab. 9). Analiza statystyczna potwierdziła zatem zależność między wysokimi wartościami stężeń zanieczyszczeń pyłowych a występowaniem niskiej temperatury. Jest to kolejny argument przemawiający za wpływem niskiej emisji na zły stan powietrza atmosferycznego w województwie wielkopolskim.

Tabela 9. Wartość współczynnika korelacji Pearsona dla zależności temperatura – zanieczyszczenie (istotna statystycznie na poziomie $\alpha < 0,05$)

Poznań, ul. Polanka	Poznań, ul. Dąbrowskiego	Kalisz	Konin	Piła	Leszno
PM_{10} – temperatura					
-0,808	-0,855	b.d.*	-0,529	-0,824	b.d.*
$PM_{2.5}$ – temperatura					
-0,831	X	b.d.*	X	X	X
benzo(a)piren - temperatura					
-0,803	X	b.d.*	X	-0,830	b.d.*

*brak danych dot. temperatury powietrza

Reasumując, najwyższe wartości stężeń pyłów obserwowano w Kaliszu, w sezonie zimowym, co wskazuje na główne źródło pyłów jakim jest niska emisja z sektora komunalno-bytowego. Sytuacja wygląda podobnie we wszystkich wybranych miastach dlatego można przypuszczać, że niska emisja w sezonie zimowym jest główną przyczyną przekroczeń dopuszczalnych norm na terenie całego województwa.

4. WNIOSKI

Z przedstawionych danych wynika, że województwo wielkopolskie boryka się z problemem zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Zanieczyszczenia pyłowe stanowią istotny problem tego regionu- od lat obserwuje się wysokie wartości stężeń pyłów zawieszonych PM_{10} i $PM_{2,5}$ oraz benzo(a)pirenu w pyłe PM_{10} . Związki te mają niekorzystny wpływ na samopoczucie, a także zdrowie mieszkańców poprzez wnikanie do organizmu m.in. drogą oddechową.

Zdecydowanie wyższe wartości stężeń omawianych zanieczyszczeń obserwuje się w miesiącach zimowych, kiedy temperatury powietrza są niższe, a w piecach spala się paliwa o wysokiej zawartości siarki. W miesiącach letnich nie obserwowano przekroczeń dopuszczalnych norm. Zależność pomiędzy występowaniem wysokich wartości stężeń zanieczyszczeń pyłowych w okresie z niskimi temperaturami potwierdza również wykonane obliczenia statystyczne. Pozwala to wnioskować, że problem zanieczyszczenia powietrza pyłami oraz WWA na terenie miast Wielkopolski związany jest głównie ze zjawiskiem niskiej emisji z sektora komunalno-bytowego.

W celu poprawy jakości powietrza w województwie wielkopolskim należy podjąć działania naprawcze i zapobiegawcze. Najważniejszym wydaje się redukcja emisji z procesów spalania w paleniskach indywidualnych np. przez podłączenie domostw mieszkańców do miejskich sieci ciepłowniczych, wymianę niskosprawnych kotłów na paliwo stałe na kotły na paliwo gazowe lub inne o niskim wskaźniku emisji, przeprowadzenie termomodernizacji, rozwój publicznego transportu zbiorowego, a także zmniejszanie strat przy przesyłaniu energii poprzez modernizację sieci ciepłowniczych. Wsparciem dla działań związanych z redukcją niskiej emisji i rozwojem rozproszonych odnawialnych źródeł energii na terenie województwa wielkopolskiego jest program KAWKA. Jest on skierowany do jednostek samorządu terytorialnego oraz ma na celu dofinansowanie przedsięwzięć obejmujących likwidację lokalnych źródeł ciepła, rozbudowę sieci ciepłowniczej, montaż kolektorów słonecznych oraz termomodernizację budynków wielorodzinnych.

Praca współfinansowana w ramach badań statutowych S40-029.

LITERATURA

- [1] ALBINIAK B., BRODOWSKA W., CHELSTOWSKA A., CZAJKA J., FORMAL B., FURGAŁ R., GRUSZECKI P., JÓZWIK Z., KASPROWICZ H., LENARTOWICZ M., MARCINIEWICZ-MYKIETA M., OSTASIEWICZ M., PALMA E., RADZIWIŁ D., TOCZKO B., ZRAŁEK E., *Raport o stanie środowiska w Polsce 2008*, pod red. B. Albiniak, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 2010.
- [2] ATKINSON R.W., ANDERSON H.R., SUNYER J. et al., *Acute effects of particulate air pollution on respiratory admission: Results from APHEA 2 Project*, American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 2001, Vol. 164, No. 10, 1860–1866.
- [3] CEMBRZYŃKA J., KRAKOWIAK E., BREWCZYŃSKI P.Z., *Zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym PM10 oraz PM2,5 w warunkach silnej antropopresji na przykładzie miasta Sosnowiec*, Medycyna Środowiskowa – Environmental Medicine 2012, Vol. 15, No. 4, 31–38.
- [4] CZARNECKA M., KALBARCZYK R., *Warunki meteorologiczne kształtujące zmienność stężenia pyłu zawieszonego na Pomorzu [Weather conditions determining variability of suspended particulate matter concentration in Pomerania]*, Acta Agrophysica, 2008, Vol. 11, No 2, 357–368.
- [5] DEGÓRSKA A., GENDOLLA T., IWANEK J., KARSKA L., KOBUS D., LIANA E., MITOSEK G., ŚNIEŻEK T., TOCZKO B., *Zanieczyszczenie powietrza w Polsce w 2009 roku na tle wielolecia*, pod red. B. Toczko, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 2011.
- [6] DEGÓRSKA A., BARTNICKI J., *Udział Polski w atmosferycznym transporcie zanieczyszczeń powietrza na obszarze Europy*, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2011.
- [7] EEA, *Środowisko Europy 2010 – Stan i prognozy. Synteza*, Europejska Agencja Środowiska, Kopenhaga, 2010.
- [8] HŁAWICZKA S., *Analiza stanu zanieczyszczenia powietrza pyłem PM10 i PM2,5 z uwzględnieniem składu chemicznego pyłu oraz wpływu źródeł naturalnych. Raport końcowy*, raport opracowany przez Konsorcjum składające się z Instytutu Ekologii Terenów Uprzemysłowionych, Instytutu Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, Ośrodka Badań i Kontroli Środowiska, Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa, 2011
- [9] <http://195.216.117.228/iseo/>
- [10] <http://www.epa.gov/airsience/air-particulatematter.htm>
- [11] KANAKIDOU M., et al., *Organic aerosol and global climate modeling: A review*, Atmospheric Chemistry Physics, 2005, No. 5, 1053–1123.
- [12] KRAJOWY OŚRODEK BILANSOWANIA I ZARZĄDZANIA EMISJAMI, *Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, NMZLO, NH₃, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2009–2010 w układzie klasyfikacji SNAP i NFR*, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2010.
- [13] MAJEWSKI G., PRZEWOŹNICZUK W., KLENIEWSKA M., ROZBICKA K., *Analiza zmienności wybranych zanieczyszczeń powietrza w zależności od opadów atmosferycznych w rejonie Ursynowa*, Acta Agrophysica, 2009, Vol. 13, No. 2, 419–434.
- [14] RAMANATHAN V., CRUTZEN P.J., KIEHL J.T., ROSENFELD D., *Aerosols, climate, and the hydrological cycle*, Science, 2011, Vol. 294, 2119–2124.
- [15] SADOWIEC K.J., GAWROŃSKI S.W., *Przydatność wybranych gatunków lip (Tilia sp.) do fitoremediacji powietrza z zanieczyszczeń pyłowych*, WODA-ŚRODOWISKO-OBSZARY WIEJSKIE, 2013, Vol. 13. No.3, 131–148.

- [16] WHO, *Health effects of particulate matter. Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia*, WORLD HEALTH ORGANIZATION Regional Office for Europe, Copenhagen, 2013.
- [17] www.poznan.wios.gov.pl
- [18] www.stat.gov.pl

TRENDS OF CONCENTRATION CHANGES AND COMPOSITION OF PARTICULATE MATTER (PM_{10} AND $PM_{2,5}$) ON THE EXAMPLE OF SELECTED WIELKOPOLSKA REGION CITIES

The aim of the study was to analyze trends in concentrations of particulate matter (PM_{10} and $PM_{2,5}$) and benzo(a)pyrene in PM_{10} in selected cities of Wielkopolska. For this purpose, the data from the database of the Voivodeship Inspectorate for Environmental Protection in Poznan was analyzed. The annual average concentrations as well as seasonal variation of these pollutants are presented. It has been shown that in the air of selected cities the limit values for particulate matter and benzo(a)pyrene in PM_{10} were exceeded. The worst situations are in Kalisz. The presence of the highest concentrations of analyzed pollutants in the winter season and performed statistical analysis indicate that the phenomenon of low emission is the main factor affecting the air quality in the Wielkopolska region.