



GŁÓWNY INSPEKTORAT OCHRONY ŚRODOWISKA

Zanieczyszczenie powietrza wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi na stacjach tła miejskiego w 2018 roku



Praca wykonana na podstawie umowy nr 38/2018/F z dnia 12 grudnia 2018 r. zawartej pomiędzy Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska a Instytutem Ochrony Środowiska – Państwowym Instytutem Badawczym, finansowanej ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Warszawa 2019

Opracowano w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym (przez zespół w składzie: Jacek Iwanek, Dominik Kobus (inFAIR)), na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska, na podstawie wyników pomiarów prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMS).

*Przy cytowaniu danych należy podawać źródło danych:
Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska*

SPIS TREŚCI

1.	Wstęp	1
2.	Emisja WWA.....	2
3.	System pomiarowy stężeń WWA	6
4.	Stężenia WWA.....	7
4.1	Stężenia benzo(a)pirenu	17
4.2	Stężenia benzo(a)antracenu	26
4.3	Stężenia benzo(b)fluorantenu	31
4.4	Stężenia benzo(j)fluorantenu	36
4.5	Stężenia benzo(k)fluorantenu	41
4.6	Stężenia dibenzo(a,h)antracenu	46
4.7	Stężenia indeno(1,2,3-cd)pirenu.....	52
5.	Wnioski.....	56

1. Wstęp

W opracowaniu przedstawiono ocenę stanu zanieczyszczenia powietrza wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA) w Polsce w 2018 roku. W pracy uwzględniono stężenia następujących WWA: benzo(a)antracen, benzo(b)fluoranten, benzo(j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, indeno(1,2,3-cd)piren i dibenzo(a,h)antracen, benzo(a)piren.

Informacje zawarte w pracy opracowano na podstawie wyników pomiarów prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ) w 2018 r. zgromadzonych w krajowej bazie danych JPOAT2.0.

Omówienie stężeń dla każdego z WWA oddzielnie poprzedzono rozdziałem dotyczącym emisji WWA do powietrza, opisem systemu pomiarowego WWA w Polsce oraz przedstawieniem ogólnych informacji o zanieczyszczeniu powietrza WWA w kraju. Pokazano też poziom stężeń benzo(a)pirenu w Polsce na tle wyników pomiarów z innych krajów europejskich.

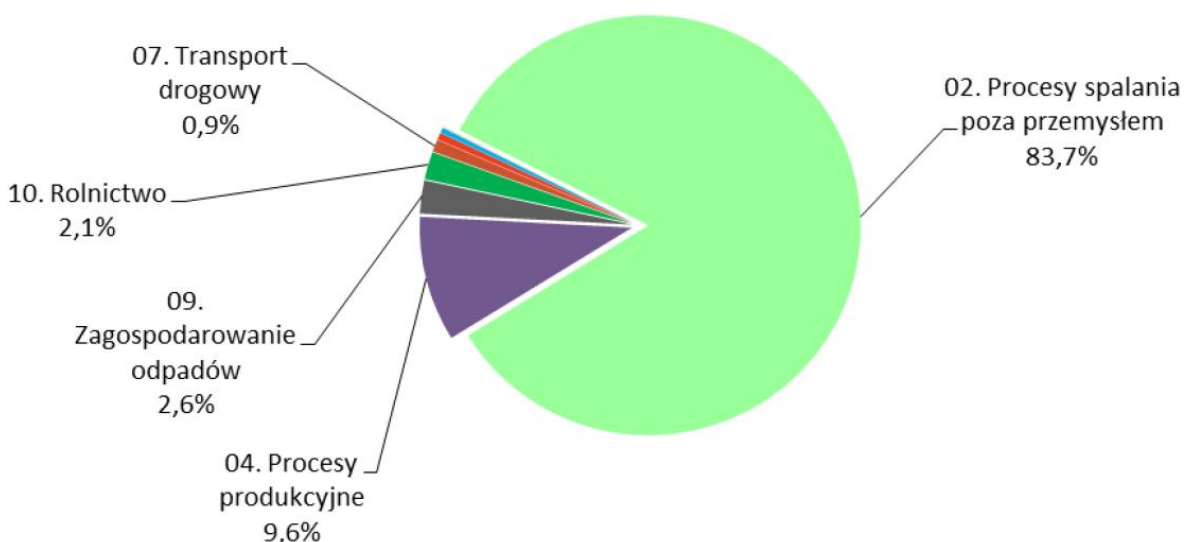
Przedstawiając i omawiając wyniki oceny jakości powietrza dla poszczególnych WWA, każdorazowo podawano informacje na temat zbioru i liczby stanowisk wykorzystanych do oceny. W opracowaniu, oprócz wyników ze stanowisk tła miejskiego, przedstawiono też wyniki z innych typów stanowisk pomiarowych. Dla każdego z WWA przedstawiono przebieg stężeń w 2018 r., stężenia średnie roczne na mapie i w tabeli, trendy zmian stężeń średnich rocznych dla wybranych stanowisk oraz zmiany uśrednionych w skali kraju stężeń średnich rocznych poszczególnych WWA.

Wyniki pomiarów stężeń zanieczyszczeń powietrza, zapisane w krajowej bazie danych JPOAT2.0 w postaci rocznych serii pomiarowych, podlegają dwustopniowej kontroli. Pierwszym stopniem jest weryfikacja na poziomie poszczególnych województw, prowadzona przez Regionalne Wydziały Monitoringu Środowiska (RWMS). Drugim etapem jest dokonywanie, na zlecenie GIOŚ, przeglądu wyników na poziomie krajowym w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym (IOŚ-PIB). Serie zaakceptowane na obu poziomach poddawane są dodatkowej ocenie i selekcji pod kątem dotrzymania kryteriów, których spełnienie pozwala na poprawne obliczanie parametrów statystycznych na podstawie pomierzonych stężeń. W przypadku serii benzo(a)pirenu (B(a)P), w raporcie uwzględniono wyłącznie zatwierdzone wyniki wykorzystane wcześniej przez RWMS do oceny jakości powietrza w strefach. W przypadku pozostałych WWA, zaprezentowano dane, które przeszły pozytywnie proces dwustopniowej weryfikacji wyników. W tabelach i w tekście omówiono wyniki ze stanowisk, z których serie pomiarowe spełniały wspomniane wymagania dotyczące kompletności i rozłożenia pomiarów w ciągu roku.

W opracowaniu uwzględniono wyniki ze 137 stanowisk pomiarów stężeń benzo(a)pirenu i wyniki z 22 lub 23 stanowisk dla pozostałych WWA. Ze względu na znaczną liczbę uwzględnionych stanowisk B(a)P wyniki dla tego zanieczyszczenia przedstawiono w tabelach w sposób zbiorczy - dla każdego województwa oddzielnie. Dla pozostałych WWA w tabelach zestawiano wyniki z poszczególnych stanowisk pomiarowych.

2. Emisja WWA

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) emitowane do atmosfery powstają głównie podczas procesu spalania paliw stałych, odpadów, resztek roślinnych itp. w warunkach z miejscowym deficytem tlenu w palenisku. Zjawisko takie zachodzi, między innymi, w domowych piecach grzewczych na paliwa stałe, domowych piecach centralnego ogrzewania, kuchniach kaflowych, kominkach itp. Zgodnie z obliczeniami Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE) emisja czterech WWA, uwzględnionych w tabelach 2-1 i 2-2 (B(a)A, B(b)F, B(k)F, IP), związana z ogrzewaniem budynków (procesy spalania poza przemysłem) stanowi 84% sumarycznej emisji do powietrza tych WWA z terenu Polski (rys. 2-1). Dodatkowo do pogorszenia jakości powietrza znacząco przyczyniają się wszelkiego rodzaju emisje niezorganizowane, jak wypalanie ściernisk, spalanie resztek roślinnych na polach, działkach i w ogrodach, spalanie śmieci i odpadów w ogniskach i urządzeniach do tego nieprzystosowanych. Wymienione wyżej źródła emisji WWA występują powszechnie na terenie całego kraju. Z uwagi na niewielką wysokość punktu emisji nad powierzchnią gruntu (np. kominy domów jednorodzinnych lub powierzchnia ziemi przy spalaniu resztek roślinnych na polach i w ogrodach), emisja WWA prowadzi do występowania wysokich stężeń WWA na dużym obszarze kraju, nie tylko na terenie dużych miast i aglomeracji, ale także (i to w znaczącym stopniu) na obszarze mniejszych miejscowości i wsi z budynkami ogrzewanymi indywidualnie.



Rys. 2-1. Udział największych sektorów w emisji WWA w Polsce w roku 2017

Źródło: IOŚ-PIB KOBiZE 2019

Około 16% B(a)P i 10% sumy emisji czterech WWA pochodzi z procesów produkcyjnych - głównie z koksowni i produkcji aluminium. Znacznie mniejsze ilości WWA emitowane są do atmosfery z rafinerii ropy naftowej, hut żelaza i miedzi, przy produkcji smoły,

kreozotu i węgla drzewnego oraz z innych zakładów wykorzystujących WWA w procesie produkcji. Emisje z tych źródeł mogą mieć istotne znaczenie jedynie lokalnie.

Wielkość emisji poszczególnych WWA z Polski w 2017 r., z podziałem na kategorie źródeł emisji, zamieszczono w tabeli 2-1, a procentowy udział emisji z każdej kategorii źródeł w emisji całkowitej podano w tabeli 2-2.

Tabela 2-1. Emisja wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w 2017 r. w Polsce z podziałem na sektory o największej emisji WWA. Źródło: IOŚ-PIB KOBIZE

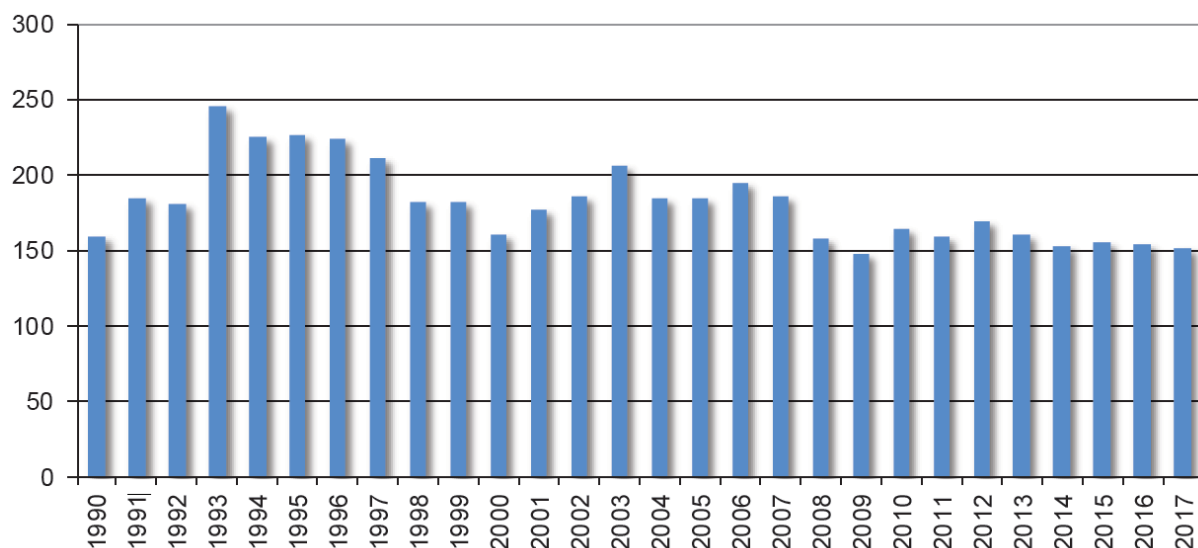
Kategoria źródeł emisji	Emisja w Mg/rok				
	benzo(a)piren BaP	benzo(b)- fluoranten BbF	benzo(k)- fluoranten BkF	indeno(1,2,3- cd)-piren IP	Suma 4 WWA
01. Procesy spalania w sektorze produkcji i transformacji energii	0.004	0.061	0.062	0.010	0.137
02. Procesy spalania poza przemysłem	33.707	40.623	8.673	43.868	126.871
03. Procesy spalania w przemyśle	0.006	0.256	0.453	0.118	0.832
04. Procesy produkcyjne	7.064	2.355	2.355	2.825	14.598
07. Transport drogowy	0.278	0.457	0.411	0.288	1.434
08. Inne pojazdy i urządzenia	0.612	0.001	0.001	0.001	0.614
09. Zagospodarowanie odpadów	0.712	1.414	1.735	0.000	3.867
10. Rolnictwo	0.550	1.535	0.655	0.470	3.210
Ogółem	42.935	46.704	14.347	47.583	151.575

Tabela 2-2. Procentowy udział emisji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych z najważniejszych kategorii źródeł emisji w emisji całkowitej w 2017 r. w Polsce

Źródło: IOŚ-PIB KOBIZE

Kategoria źródeł emisji	benzo(a)piren BaP, %	benzo(b)- fluoranten BbF, %	benzo(k)- fluoranten BkF, %	indeno(1,2,3- cd)-piren IP, %	Suma 4 WWA, %
01. Procesy spalania w sektorze produkcji i transformacji energii	0.01	0.13	0.43	0.02	0.09
02. Procesy spalania poza przemysłem	78.51	86.98	60.45	92.19	83.70
03. Procesy spalania w przemyśle	0.01	0.55	3.16	0.25	0.55
04. Procesy produkcyjne	16.45	5.04	16.41	5.94	9.63
07. Transport drogowy	0.65	0.98	2.87	0.61	0.95
08. Inne pojazdy i urządzenia	1.43	0.00	0.01	0.00	0.41
09. Zagospodarowanie odpadów	1.66	3.03	12.09	0.00	2.55
10. Rolnictwo	1.28	3.29	4.57	0.99	2.12

W okresie 1990-2017 krajowa roczna emisja WWA do powietrza z terenu Polski wynosiła od 148 Mg/rok (2009) do 245 Mg/rok (1993 r.). W latach 2013-2017 emisja oscylowała wokół 155 Mg/rok, przy zmianach z roku na rok nie przekraczających 5%. Emisja sumy czterech WWA w latach 2014-2017 była niższa niż w poprzednim czterolecu i wynosiła ok. 153 Mg/rok. Emisja w 2017 r. była o ok. 1% niższa niż rok wcześniej, głównie za sprawą zmniejszonego zużycia paliw stałych do ogrzewania budynków.



Rys. 2-2. Roczna sumaryczna emisja czterech wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (benzo(a)pirenu, benzo(b)-fluorantenu, benzo(k)-fluorantenu, indeno(1,2,3-cd)-pirenu) do powietrza z terenu Polski w latach 1990-2017 w Mg/rok. Źródło: *Poland's informative inventory report 2019, KOBiZE 2019*

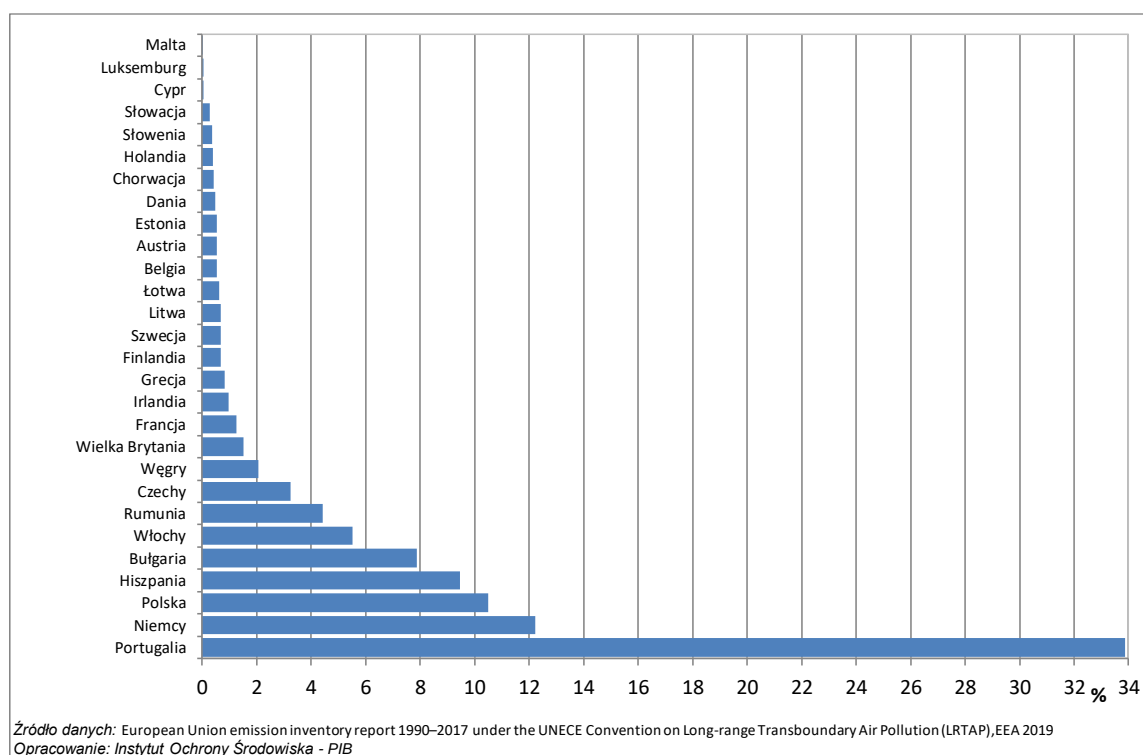
W 2017 r. emisja z terenu Polski czterech wymienionych wyżej WWA (152 Mg) stanowiła ok. 10% łącznej emisji WWA z krajów Unii Europejskiej (tab. 2-3). Wyższą niż w Polsce emisję wykazały dwa kraje UE – Portugalia i Niemcy (rys. 2-3).

Tabela 2-3. Emisja wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w 2017 r. w krajach Unii Europejskiej

Opracowano na podstawie: *European Union emission inventory report 1990–2017 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)*, EEA 2019

Kraj	Emisja 4 WWA w 2017 r. [Mg]	Procentowy udział w emisji EU-28 [%]
Austria	7.8	0.54
Belgia	7.9	0.55
Bułgaria	114	7.87
Chorwacja	5.9	0.41
Cypr	0.6	0.04
Czechy	47	3.24
Dania	7	0.48
Estonia	7.7	0.53
Finlandia	10	0.69
Francja	18	1.24
Grecja	12	0.83
Hiszpania	137	9.45
Holandia	5.8	0.40

Kraj	Emisja 4 WWA w 2017 r. [Mg]	Procentowy udział w emisji EU-28 [%]
Irlandia	14	0.97
Litwa	9.8	0.68
Luksemburg	0.6	0.04
Łotwa	9	0.62
Malta	0.1	0.01
Niemcy	177	12.22
Polska	152	10.49
Portugalia	491	33.89
Rumunia	64	4.42
Słowacja	4	0.28
Słowenia	5.2	0.36
Szwecja	10	0.69
Węgry	30	2.07
Wielka Brytania	22	1.52
Włochy	80	5.52
EU	1449	100.00



Rys. 2-3. Udział poszczególnych krajów w całkowitej emisji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych z Unii Europejskiej w 2017 r.

Zarówno w prawie krajowym, jak i unijnym nie ma dokumentów określających limity emisji WWA ani w skali kraju, ani z poszczególnych procesów produkcyjnych. Dyrektywa 2001/81/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2001 r. w sprawie krajowych poziomów emisji dla niektórych rodzajów zanieczyszczenia powietrza (Dz.U. L 309

z 27.11.2001, s. 22) nie zawiera krajowych limitów emisji WWA. Zapisy Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r. w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola) również nie dotyczą emisji WWA.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 marca 2018 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów nie obejmuje w swych uregulowaniach emisji WWA.

W pozwoleniach zintegrowanych i w pozwoleniach na wprowadzanie gazów lub pyłów do powietrza określa się emisję dopuszczalną B(a)P w takiej ilości, by emisja ta nie powodowała w otoczeniu instalacji przekroczeń wartości odniesienia określonych w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (12 ng/m^3 dla stężeń 1-godz. i 1 ng/m^3 dla stężeń średnich rocznych). Obliczenia emisji dopuszczalnej zwykle wykonuje się z wykorzystaniem referencyjnej metodyki modelowania dyspersji zanieczyszczeń określonej w ww. rozporządzeniu.

3. System pomiarowy stężeń WWA

Spośród wszystkich WWA, których stężenia mierzone są w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska, benzo(a)piren jest zanieczyszczeniem badanym na największej liczbie stanowisk (143 w 2018 r.). Pomiary prowadzone są najczęściej na kilku-kilkunastu stanowiskach w każdym województwie. Mniej stanowisk niż w pozostałych województwach znajduje się na terenie woj. podlaskiego (2), opolskiego (3) i pomorskiego (3). Na potrzeby niniejszego opracowania wykorzystano wyniki pomiarów ze 137 stanowisk, z których uzyskano kompletne serie pomiarowe a wyniki wykorzystane były przez RWMŚ przy wykonywaniu rocznej oceny zanieczyszczenia powietrza w strefach za 2018 r. Do grupy tej należy: 108 stanowisk tła miejskiego, 14 stanowisk tła podmiejskiego, 9 tła pozamiejskiego, 2 stanowiska komunikacyjne i 4 stanowiska zlokalizowane w strefie oddziaływania emisji przemysłowych w miastach.

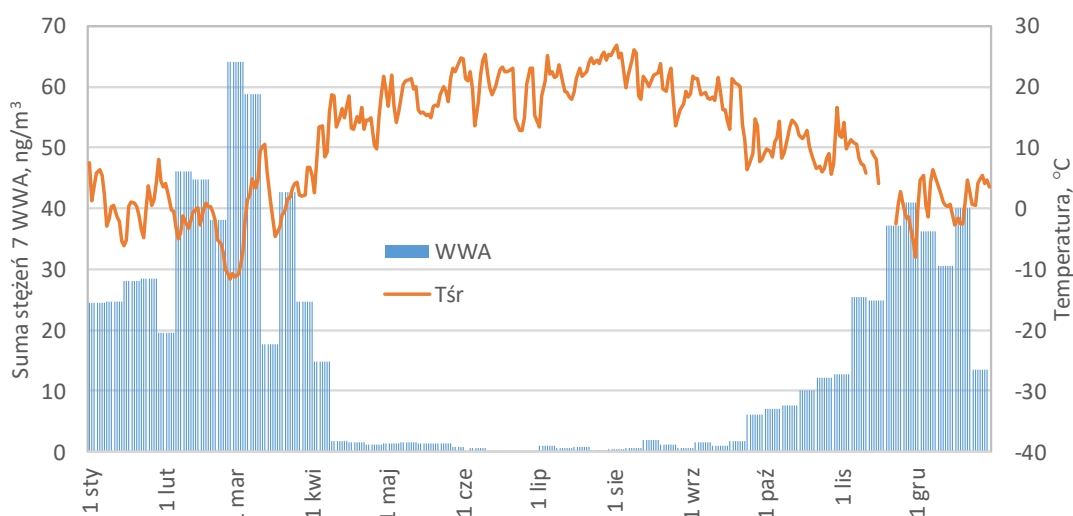
W przypadku pozostałych WWA, stężenia w 2018 r. mierzone były w kraju na 23 stanowiskach, z których 19 to stanowiska tła miejskiego, 1 tła podmiejskiego, 3 stanowiska tła pozamiejskiego. W większości województw jest tylko jedno stanowisko pomiarowe tła miejskiego. W województwie pomorskim w 2018 r. funkcjonowały 3 stanowiska pomiarowe. Liczba i rozmieszczenie stanowisk pomiarowych stężeń WWA we wszystkich 16 województwach spełnia wymagania podane w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 11 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu, przy czym w woj. pomorskim i podlaskim liczba stanowisk pomiarowych WWA innych niż B(a)P jest wyższa niż wymagana ww. rozporządzeniem.

Stężenia WWA oznaczane są w pyłe zawieszonym zebranym na filtrze. Do pomiarów stosowane są zarówno poborniki wysokoobjętościowe, jak i niskoobjętościowe. Stężenia WWA oznaczane są z pojedynczych filtrów lub z prób łączonych (filtry z 7 dni). Na większości stanowisk pobór prób odbywał się codziennie. Na 16 stanowiskach pomiarowych B(a)P

prowadzone były pomiary okresowe obejmujące od 33% do 50% dni w roku. Zgodnie z prawem polskim i UE, jeżeli pomiary stężeń B(a)P rozłożone są równomiernie w ciągu roku i obejmują minimum 30% dni w roku, wyniki tak prowadzonych pomiarów należy uznać za spełniające wymagania w zakresie kompletności serii pomiarowych B(a)P.

4. Stężenia WWA

Głównym źródłem emisji WWA w Polsce jest emisja z niskich emitorów związana z ogrzewaniem budynków. Z tego względu stężenia wszystkich WWA cechuje wyraźna sezonowa zmienność (podobnie jak stężenia PM₁₀ i PM_{2.5}) i zależność od zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania domów. Na rys. 4-1 przedstawiono typowy dla stacji tła miejskiego roczny przebieg sumy stężeń siedmiu WWA na przykładzie wyników pomiarów ze stacji w Warszawie. Najwyższe stężenia WWA notowane są w sezonie chłodnym, najniższe latem. Na początku kwietnia 2018 wzrosła średnia dobowa temperatura powietrza z kilku do kilkunastu °C. Spowodowało to spadek zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania domów i związany z tym spadek emisji WWA z niskiej emisji komunalno-bytowej. W rezultacie suma stężeń siedmiu WWA spadła skokowo ok. 15 ng/m³ do 1.5 ng/m³.



Źródło danych: PMS - Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska - PIB

Rys. 4-1. Przebieg sumy stężeń siedmiu WWA w 2018 r. na stacji w Warszawie [ng/m³] na tle średniej dobowej temperatury powietrza.

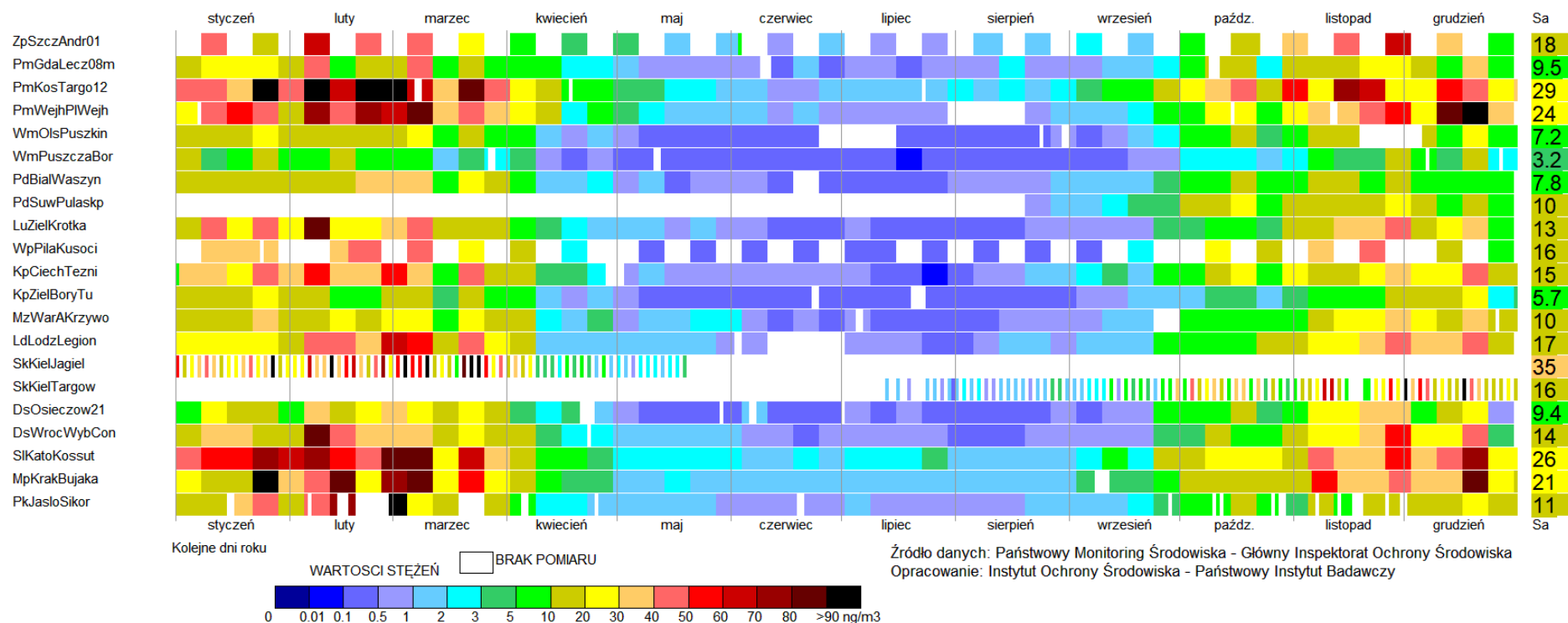
Podobna zależność wysokości stężeń WWA od warunków meteorologicznych i związanym z nimi zapotrzebowaniem na ciepło do indywidualnego ogrzewania budynków rejestrowana była na wszystkich stacjach w kraju – rys. 4-2. Na rys. 4-2 przedstawiono przebieg sumy stężeń siedmiu WWA w 2018 r. na uwzględnionych w raporcie stanowiskach pomiarowych (w rozdziałach 4.1-4.7 w analogiczny sposób zilustrowano przebieg stężeń poszczególnych WWA). Na rysunku, dla każdego stanowiska każda wartość stężenia dobowego oznaczona jest kolorową kreską, której kolor zależy od wysokości stężenia - zgodnie

ze skalą kolorów pokazaną na dole rysunku. Przy próbach łączonych taka sama wartość stężenia dobowego przypisana jest do każdego z dni objętych pomiarem. Miejsce puste – bez kolorowego paska oznacza, że dla tego dnia nie ma wyniku pomiaru. Na rysunkach w pierwszej kolejności prezentowane są wyniki pomiarów stężeń ze stacji znajdujących się na północnym zachodzie kraju (woj. zachodniopomorskie), a w dalszej kolejności ze stacji położonych dalej na wschód i południe, kończąc na stacjach z woj. podkarpackiego. Po prawej stronie rysunku zamieszczono wartości średniego rocznego stężenia S_a obliczone dla każdego stanowiska oddzielnie.

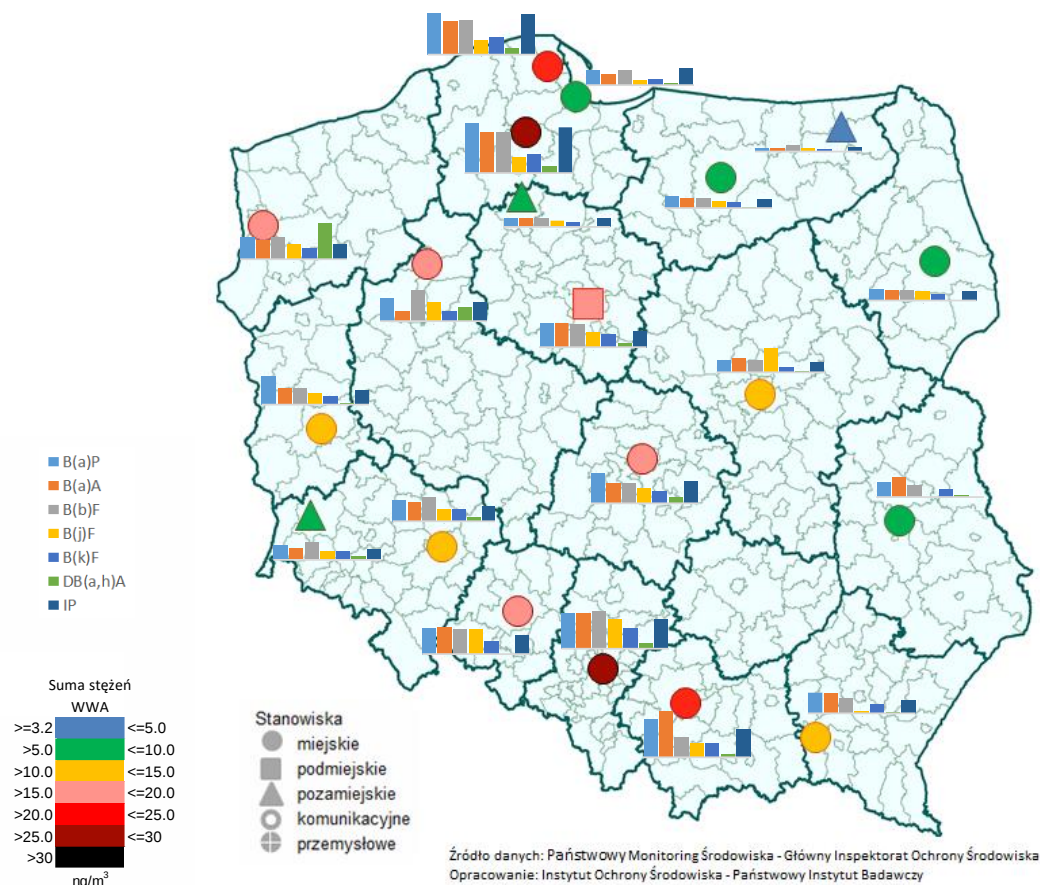
Wyniki pomiarów wskazują na znaczne zróżnicowanie przestrzenne stężeń WWA w Polsce (rys. 4-2, rys. 4-3), przy czym są to generalnie stężenia wysokie.

Stężenia średnie roczne B(a)P były wyższe od 1 ng/m^3 na 135 spośród 137 stanowisk. Przekroczenie poziomu docelowego B(a)P¹ w 2018 r. wystąpiło na 130 stanowiskach (95%), przy czym często były to znaczne przekroczenia. Na 27% stanowisk stężenie średnie roczne przekraczało poziom docelowy pięć i więcej razy, a maksymalna wartość stężenia średniego rocznego S_a B(a)P przekroczyła poziom docelowy przeszło 18-krotnie.

¹ Zgodnie z Wytycznymi Komisji Europejskiej do decyzji 2011/850/UE, dotrzymanie poziomu docelowego B(a)P (1 ng/m^3) sprawdza się po uprzednim zaokrągleniu wartości stężenia średniego rocznego B(a)P do całości. Oznacza to, że zgodnie z ww. Wytycznymi, stężenie docelowe uznaje się za przekroczone, jeżeli stężenie średnie roczne B(a)P jest równe lub wyższe od 1.5 ng/m^3 .



Rys. 4-2. Przebieg sumy stężeń 24-godz. siedmiu WWA w 2018 r. oraz średnia arytmetyczna Sa z dobowych sum stężeń WWA (dwie pierwsze litery w kodzie stanowisk to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Pm - pomorskie, Kp – kujawsko-pomorskie itd.)



Rys. 4-3. Średnie roczne stężenia WWA w 2018 r. [ng/m³]. Dla stacji w Lublinie uwzględniono 5 WWA, w Opolu 6 WWA, dla pozostałych stacji 7 WWA.

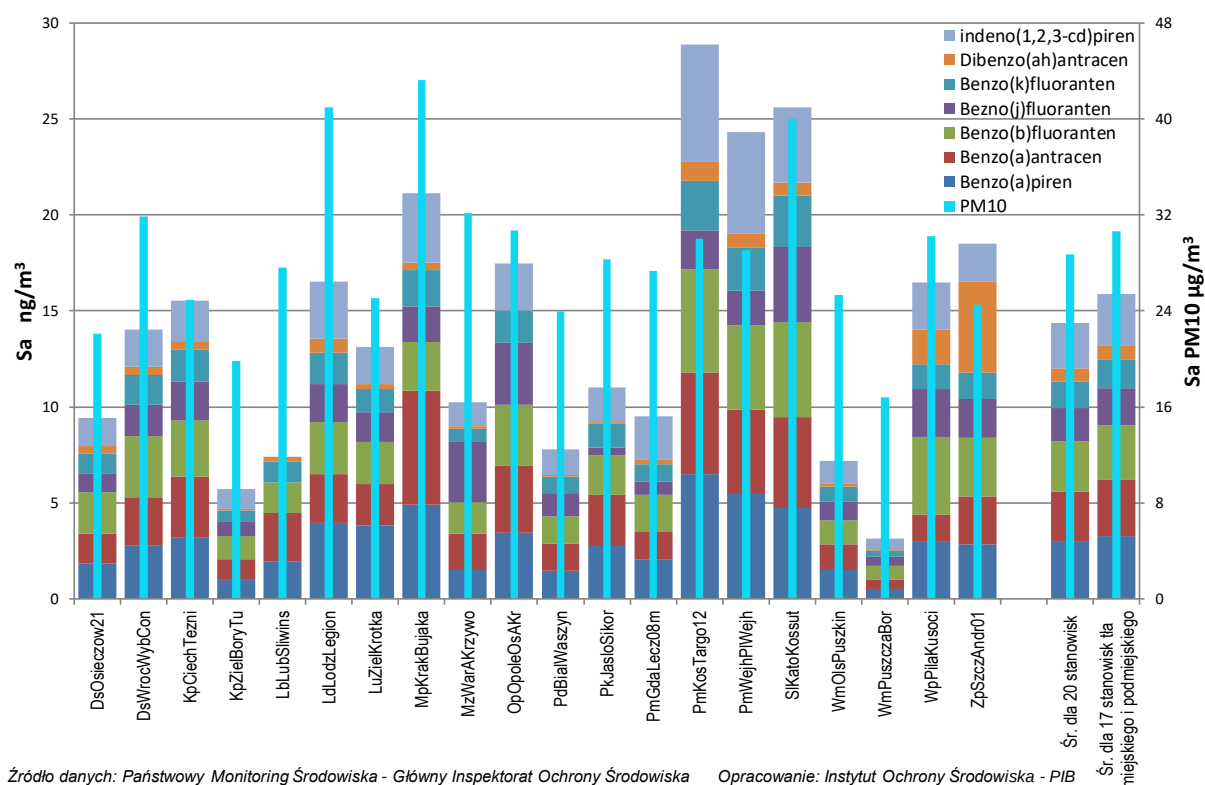
Wysokie stężenia występują nie tylko w największych miastach i aglomeracjach Polski, ale i w mniejszych miejscowościach, gdzie w większym stopniu niż w aglomeracjach stosowane jest indywidualne ogrzewanie budynków, z wykorzystaniem pieców i palenisk o niskiej sprawności energetycznej, na paliwa stałe różnej, często złej jakości. Najwyższe średnie roczne stężenie benzo(a)pirenu - powyżej 18 ng/m³ - zanotowano w 2018 r. na stacji w Nowym Targu w woj. małopolskim (na tej stacji nie prowadzono pomiarów stężeń pozostałych WWA). Najwyższe średnie roczne stężenie sumy WWA zarejestrowano na stacjach w Kościerzynie w woj. pomorskim (29 ng/m³) i Katowicach (26 ng/m³). Znacznie niższe stężenia WWA (suma $S_a < 10$ ng/m³) wystąpiły na 3 stanowiskach pozamiejskich oraz w dużych miastach: Białymstoku, Gdańsku i Olsztynie- rys. 4-2, rys. 4-3.

Spośród wszystkich stanowisk w Polsce, na których mierzone są stężenia siedmiu WWA, najniższą sumę stężeń średnich rocznych WWA uzyskano na stacjach tła pozamiejskiego – w Puszczy Boreckiej (3.2 ng/m³) i w Zielonce (5.7 ng/m³).

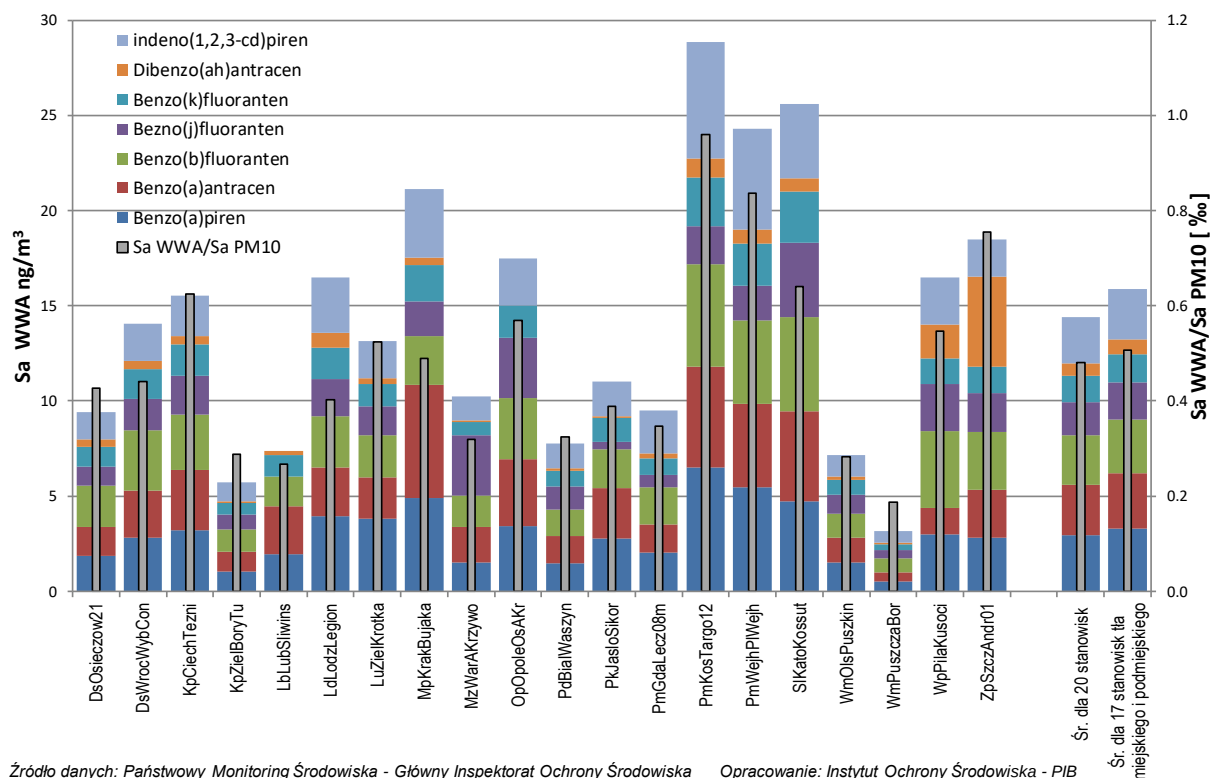
Najniższe stężenie S_a sumy siedmiu WWA na stacjach tła miejskiego uzyskano w Olsztynie (7.2 ng/m³).

Stężenia WWA oznaczane są w pyłe PM10. Z reguły na stanowiskach gdzie notowane są większe stężenia pyłu PM10, większe są również stężenia WWA (rys. 4-4). Można to łączyć

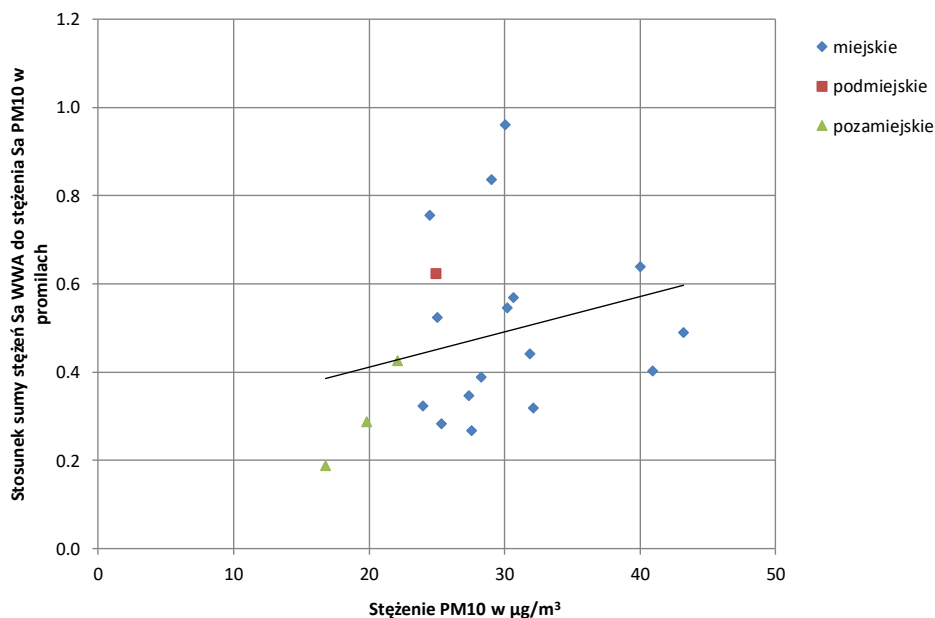
z faktem, że zwykle wyższe stężenia pyłu PM10 występują w rejonach, w których na mierzone stężenia PM10 znaczący wpływ ma emisja z niskich emitorów związanych z ogrzewaniem budynków. Ta kategoria źródeł emisji charakteryzuje się dużą emisją WWA do powietrza. W czystych rejonach, oddalonych od obszarów z dużą emisją zanieczyszczeń z ogrzewania budynków, stężenie WWA w pyłe PM10 jest znacznie mniejsze. Wraz z przesuwaniem się w kierunku rejonów o dużym stężeniu PM10, stężenia WWA rosną proporcjonalnie w większym stopniu niż stężenia PM10. Z reguły na stanowiskach gdzie notowane są większe stężenia pyłu PM10, większy jest procentowy udział WWA w tym pyłe (rys. 4-5, 4-6). Najwyższa zawartość WWA w pyłe PM10 – powyżej 0.8 % stwierdzona w próbach uzyskanych na stacjach w Kościerzynie i Wejherowie w woj. pomorskim.



Rys. 4-4. Stężenia średnie roczne WWA (skala z lewej strony rysunku) oraz PM10 (skala z prawej strony) w 2018 r. na stanowiskach pomiarowych PMŚ



Rys. 4-5. Stężenia średnie roczne WWA oraz stosunek sumy stężeń WWA do stężenia PM10 (skala po prawej stronie rysunku) w 2018 r. na stanowiskach pomiarowych PMŚ

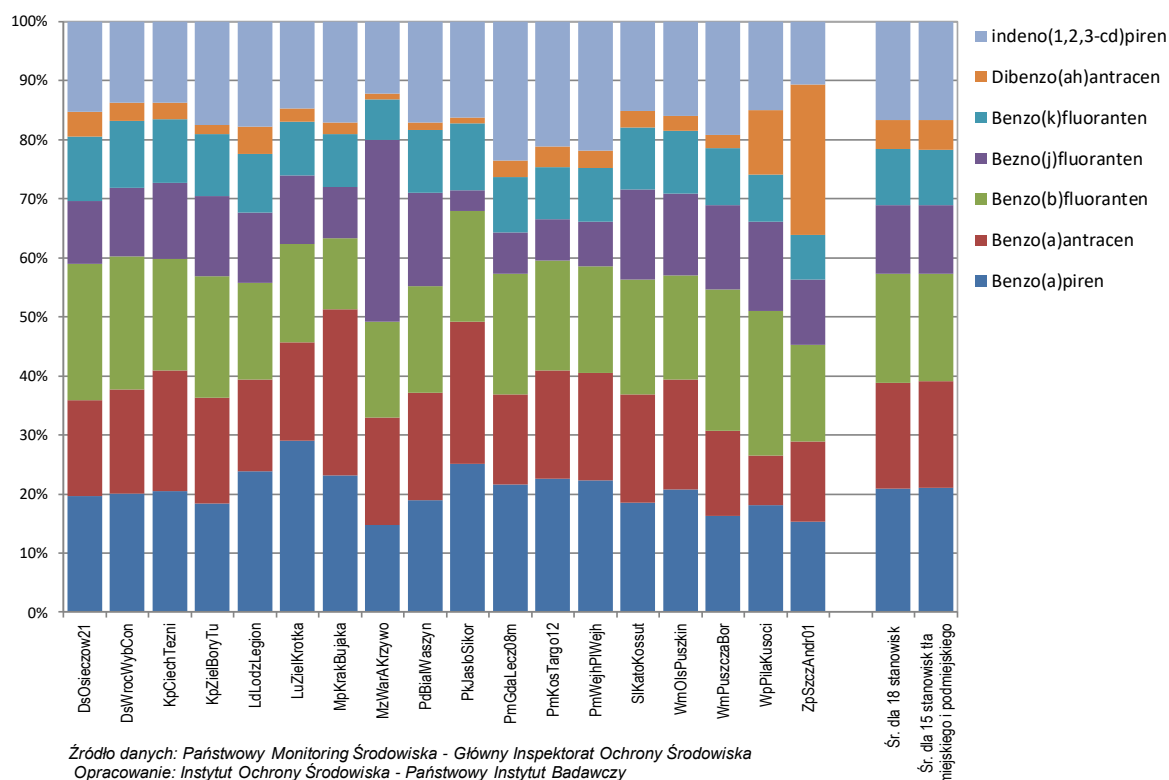


Rys. 4-6. Zależność zawartości WWA w pyłe PM10 od stężenia PM10 w 2018 r. na stanowiskach pomiarowych PMŚ

W łącznym stężeniu WWA, obliczanym jako suma stężeń średnich rocznych siedmiu WWA, największy uśredniony dla kraju procentowy udział miał w 2018 r. benzo(a)piren –

ok. 21 % (rys. 4-7). W zależności od stanowiska, udział B(a)P w sumie stężeń WWA wynosił od 15% (Warszawa) do 29% (Zielona Góra).

Udział stężenia benzo(a)antracenu w sumie stężeń WWA był najniższy na stacji w Pile (8%), najwyższy na stacji w Krakowie (28%), a średnio w kraju wynosił 18%.



Rys. 4-7. Udział stężeń średnich rocznych Sa poszczególnych WWA w sumie stężeń Sa WWA na stanowiskach pomiarowych w 2018 r.

Udział stężenia benzo(b)fluorantenu w sumie stężeń siedmiu WWA wynosił średnio dla kraju ok. 19%, najmniej na stacji w Krakowie (12%), najwięcej (24%) na stacji w Pile.

Stężenia bezno(j)fluorantenu stanowiły średnio ok. 11% sumy stężeń WWA. Udział stężenia tego związku w sumie stężeń WWA był najniższy na stacji w Jasle w woj. podkarpackim (4%), najwyższy na stacji w Warszawie (31%).

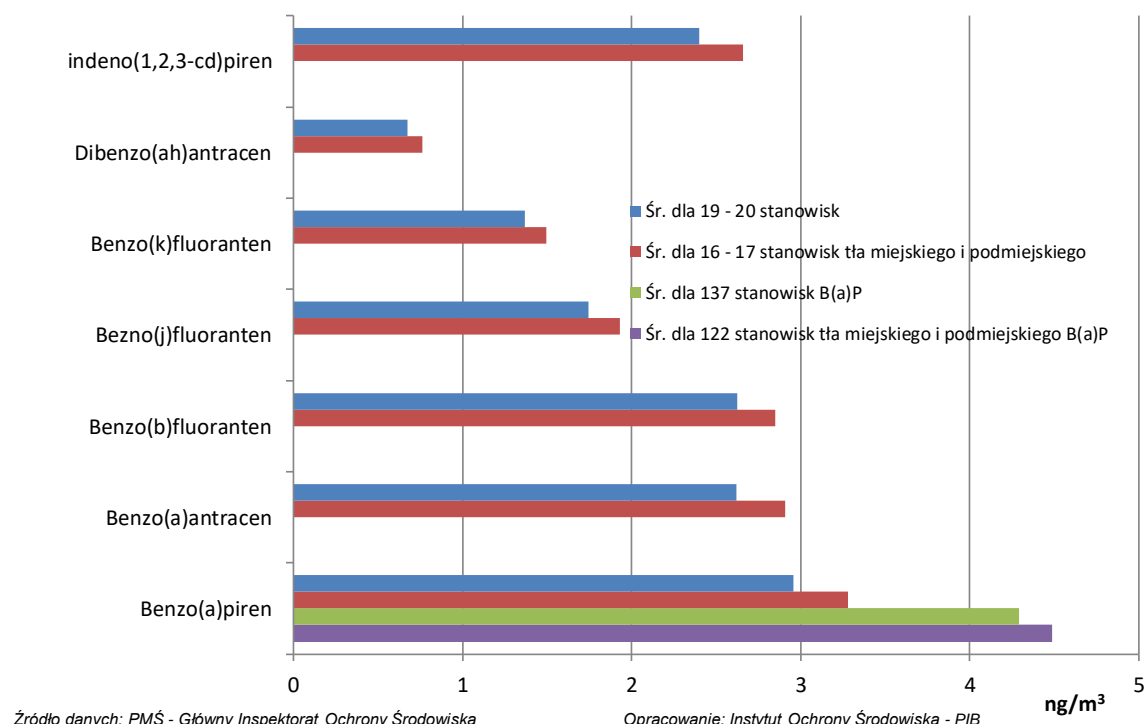
W przypadku benzo(k)fluorantenu, średnio w kraju udział stężeń tego związku w sumie stężeń WWA wynosił 10%. Najniższy udział B(k)F zarejestrowano na stacjach w Warszawie (7%), najwyższy na stacjach w Jasle i Wrocławiu (11%).

Stężenia dibenzo(ah)antracenu stanowiły średnio 5% sumy stężeń WWA, a jego udział procentowy w stężeniu WWA zmieniał się w dużym zakresie w zależności od stanowiska, od 0.9% w Jasle do 25% w Szczecinie.

Stężenia indeno(1,2,3-cd)pirenu stanowiły średnio ok. 15% sumy stężeń WWA. Udział stężenia tego związku w sumie stężeń WWA był najniższy na stacji w Szczecinie (11%), najwyższy w Gdańsku (24%).

Procentowe udziały stężeń poszczególnych WWA w sumie stężeń WWA na wielu stacjach były zbliżone do średnich udziałów obliczonych dla wszystkich stacji pomiarowych

w kraju. Na niektórych stacjach proporcje stężeń poszczególnych WWA wyraźnie odbiegały od średniej krajowej (np. w Szczecinie, Warszawie i Pile).



Rys. 4-8. Średnia arytmetyczna ze stężeń średnich rocznych WWA w 2018 r. na stanowiskach pomiarowych PMŚ

Na rys. 4-8 przedstawiono uśrednione w skali kraju stężenia poszczególnych WWA w 2018 r., dla wszystkich stacji, z których wyniki uwzględniono w opracowaniu oraz tylko dla stacji tła miejskiego i podmiejskiego. W przypadku każdej z analizowanych substancji, uśrednione stężenia WWA były wyższe dla stacji tła miejskiego i podmiejskiego niż uśrednione dla wszystkich stacji w kraju.

Najwyższe stężenie średnie roczne uśrednione w skali kraju dla stacji, na których mierzone były stężenia wszystkich siedmiu WWA, uzyskano w przypadku B(a)P.

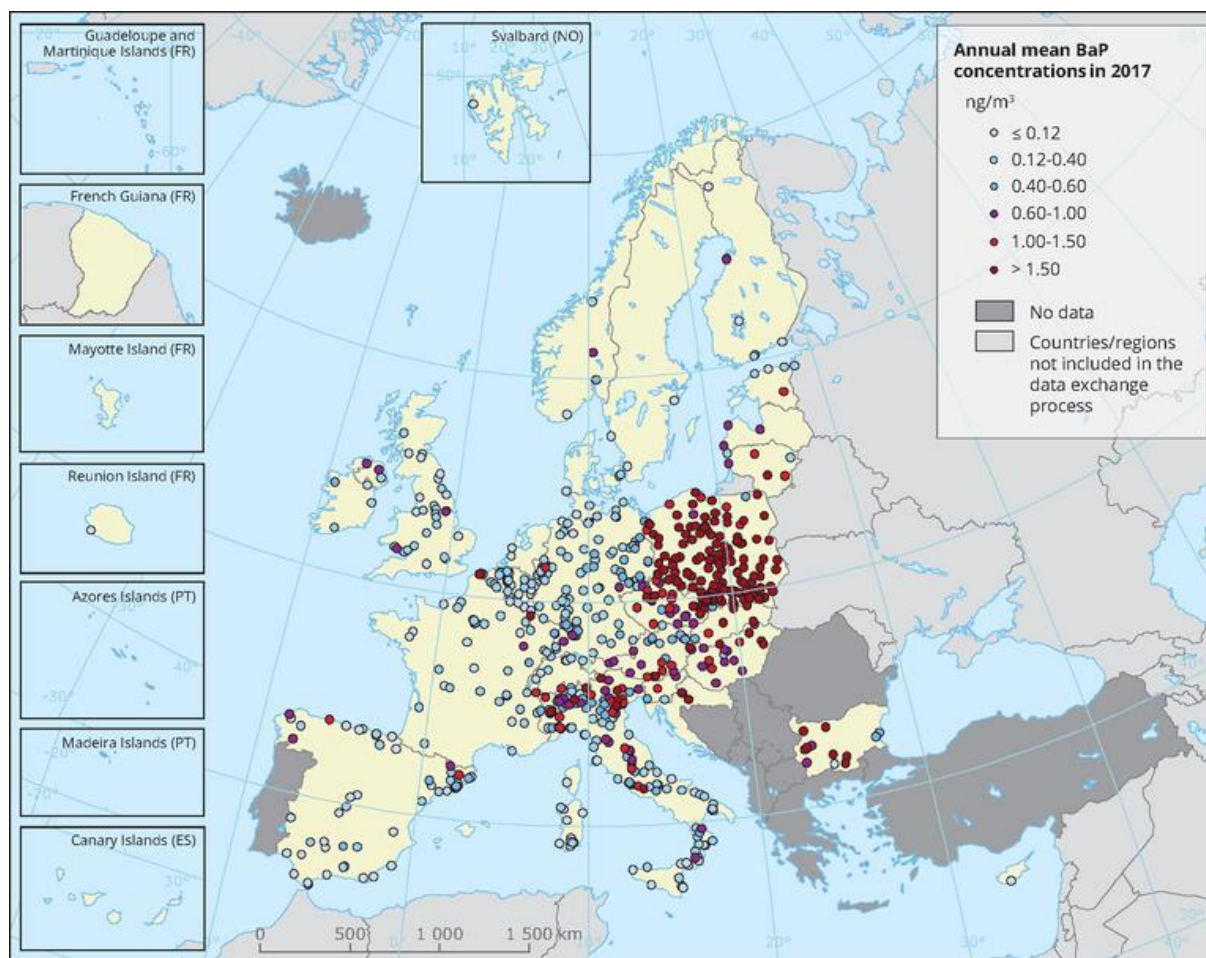
Dla B(a)P na rys. 4-8 przedstawiono 4 wartości stężeń:

- średnią dla 20 stanowisk, na których mierzone były stężenia B(a)P i pozostałych 6 WWA;
- średnią dla 17 stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego, na których mierzone były stężenia B(a)P i pozostałych 6 WWA ;
- średnią dla 137 stanowisk B(a)P (wszystkie zaakceptowane serie pomiarowe z kraju);
- średnią dla 122 stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego B(a)P.

Stężenia uśrednione dla pełnego zbioru stanowisk pomiarowych B(a)P (137 stanowiska) są o 45% wyższe od stężeń uśrednionych dla 20 stacji pomiarowych, na których mierzone były stężenia siedmiu WWA. Podobna zależność występuje w przypadku stanowisk tła miejskiego

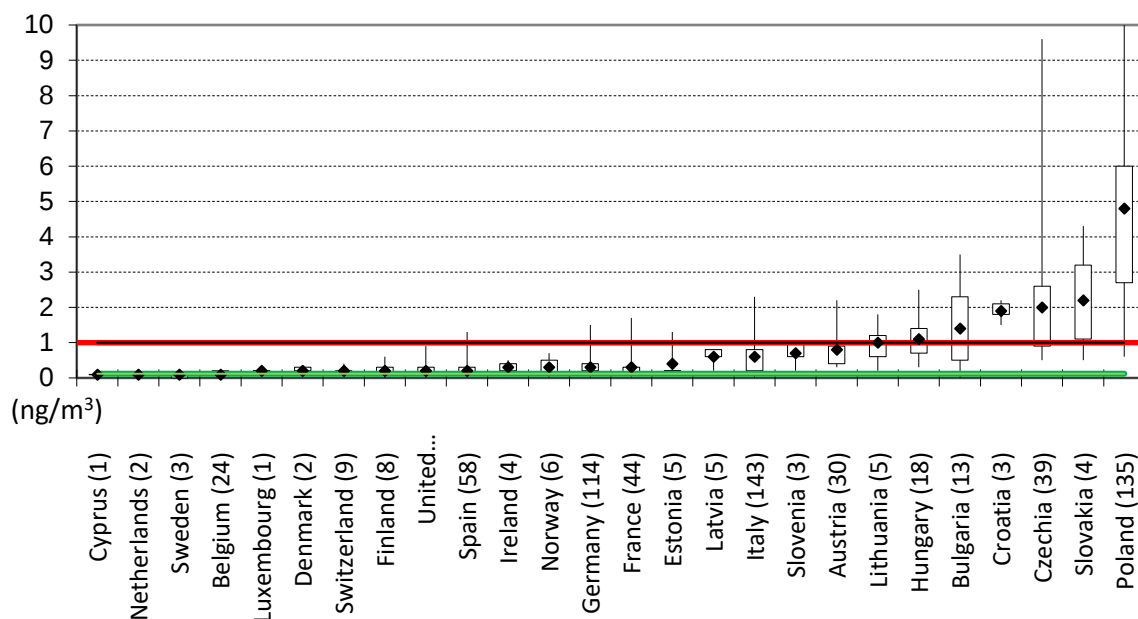
B(a)P. Mając na uwadze podobny udział poszczególnych WWA w stężeniach sumy WWA na większości stacji, można zakładać, że również w przypadku pozostałych WWA, przy większej liczbie stanowisk pomiarów stężeń WWA, zlokalizowanych między innymi na terenie mniejszych miejscowości, stężenia uśrednione dla kraju byłyby wyższe niż uzyskane z sieci 20 stanowisk pomiarowych, z których uzyskano pełne serie pomiarowe w 2018 r.

Wyniki pomiarów stężeń z 2017 r. opublikowane przez Europejską Agencję Środowiska wskazują, że stężenia B(a)P są w Polsce dużo wyższe niż w większości innych krajów europejskich (rys. 4-9, rys. 4-10).



Rys. 4-9. Stężenia średnie roczne benzo(a)pirenu w Europie w 2017 r.

Źródło: *Air quality in Europe – 2019 report*, European Environment Agency, 2019.



Rys. 4-10. Stężenia średnie roczne benzo(a)pirenu w 2017 r. w poszczególnych krajach europejskich. Dla każdego kraju podano minimalne i maksymalne stężenie średnie roczne, medianę z tych stężeń oraz percentyle 25 i 75. Czerwona linia oznacza wartość poziomu docelowego dla B(a)P (1 ng/m³). Linia zielona oznacza wartość poziomu odniesienia wg badań WHO (0.12 ng/m³).

Źródło: *Air quality in Europe – 2019 report*, European Environment Agency, 2019

4.1 Stężenia benzo(a)pirenu

Poziom stężen benzo(a)pirenu traktowany jest jako wskaźnik zanieczyszczenia powietrza wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi. Dla tego zanieczyszczenia, jako jedyne z grupy WWA, określone zostało w prawie krajowym i w dyrektywie UE stężenie dopuszczalne – poziom docelowy (tab. 4.1-1).

Tabela 4.1-1. Kryteria oceny zanieczyszczenia powietrza benzo(a)pirenem B(a)P - ochrona zdrowia

Okres uśredniania stężeń	Poziom docelowy B(a)P w powietrzu [ng/m ³]	Parametr odpowiadający wartości normowanej
rok kalendarzowy	1 ¹⁾	Sa – stężenie średnie roczne

¹⁾ Zgodnie z Wytycznymi Komisji Europejskiej do decyzji 2011/850/UE, dotrzymanie poziomu docelowego B(a)P (1 ng/m³) sprawdza się po uprzednim zaokrągleniu wartości stężenia średniego rocznego B(a)P do całości. Oznacza to, że zgodnie z ww. Wytycznymi, stężenie docelowe uznaje się za przekroczone, jeżeli stężenie średnie roczne B(a)P jest równe lub wyższe od 1.5 ng/m³.

Pomiary stężeń B(a)P w Polsce w 2018 r. prowadzone były na 144 stanowiskach. Do analiz wykorzystano wyniki ze 137 stanowisk pomiarowych, z których serie pomiarowe zostały zatwierdzone przez RWMS i dla których możliwe było prawidłowe obliczenie stężenia średniego rocznego Sa. Stanowiska te zostały uwzględnione przez RWMS w rocznej ocenie jakości powietrza w strefach. Wśród 137 stanowisk było 108 stanowisk tła miejskiego, 14 stanowisk tła podmiejskiego, 9 tła pozamiejskiego, 2 stanowiska komunikacyjne i 4 stanowiska zlokalizowane miastach w strefie oddziaływania emisji przemysłowych.

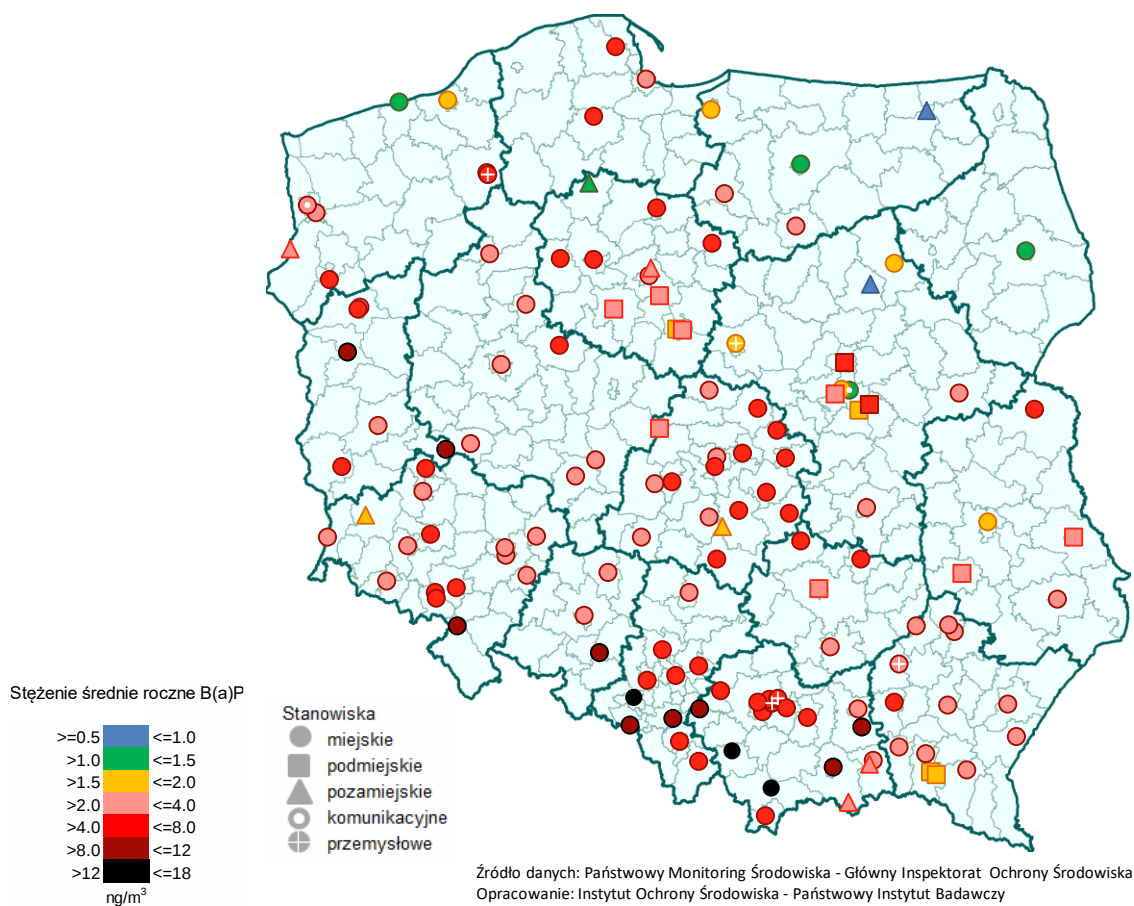
W 2018 r. na 130 stanowiskach (95%) stężenie B(a)P przekraczało poziom docelowy² (rys. 4.1-1, tab. 4.1-2). Przekroczenia te wystąpiły we wszystkich województwach. Stężenia średnie roczne B(a)P wyższe od 1 ng/m³ wystąpiły na 135 ze 137 stanowisk (99%). W 11 województwach przekroczenia poziomu docelowego wystąpiły na wszystkich stanowiskach pomiarowych uwzględnionych w analizie (łącznie ze stanowiskami pozamiejskimi i podmiejskimi). Najwyższe stężenia średnie roczne Sa zanotowano na stacji tła miejskiego w Nowym Targu (18.3 ng/m³). Stężenia B(a)P wyższe niż przeciętne dla kraju notowane były głównie w miastach południowej i centralnej Polski. Najniższe stężenia uzyskano na stacji tła pozamiejskiego w Puszczy Boreckiej (0.5 ng/m³), a na stacjach tła miejskiego – w Kołobrzegu (1.2 ng/m³). Stężenia niższe niż w większości pozostałych województw notowane były w woj. podlaskim i warmińsko-mazurskim (rys. 4.1-1).

Spośród 122 stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego na 119 (98%) stężenie B(a)P przekraczało poziom docelowy² (tab. 4.1-3). Przekroczenia wystąpiły we wszystkich

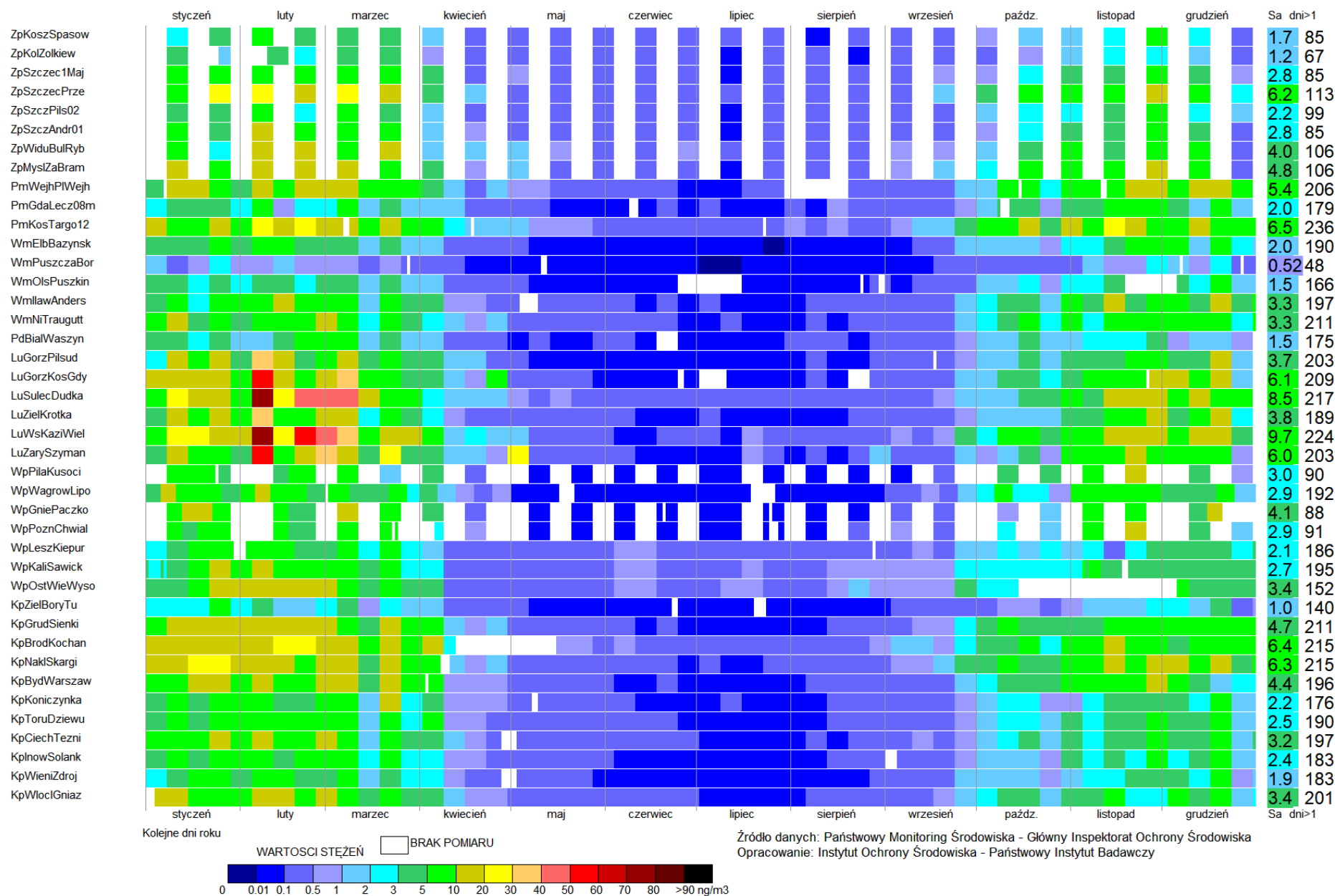
² Zgodnie z Wytycznymi Komisji Europejskiej do decyzji 2011/850/UE, dotrzymanie poziomu docelowego B(a)P (1 ng/m³) sprawdza się po uprzednim zaokrągleniu wartości stężenia średniego rocznego B(a)P do całości. Oznacza to, że zgodnie z ww. Wytycznymi, stężenie docelowe uznaje się za przekroczone, jeżeli stężenie średnie roczne B(a)P jest równe lub wyższe od 1.5 ng/m³.

województwach. W 13 województwach przekroczenia te wystąpiły na wszystkich stanowiskach pomiarowych tła miejskiego uwzględnionych w analizie. Na wszystkich stanowiskach tła miejskiego i podmiejskiego stężenie średnie roczne S_a przewyższało 1 ng/m^3 .

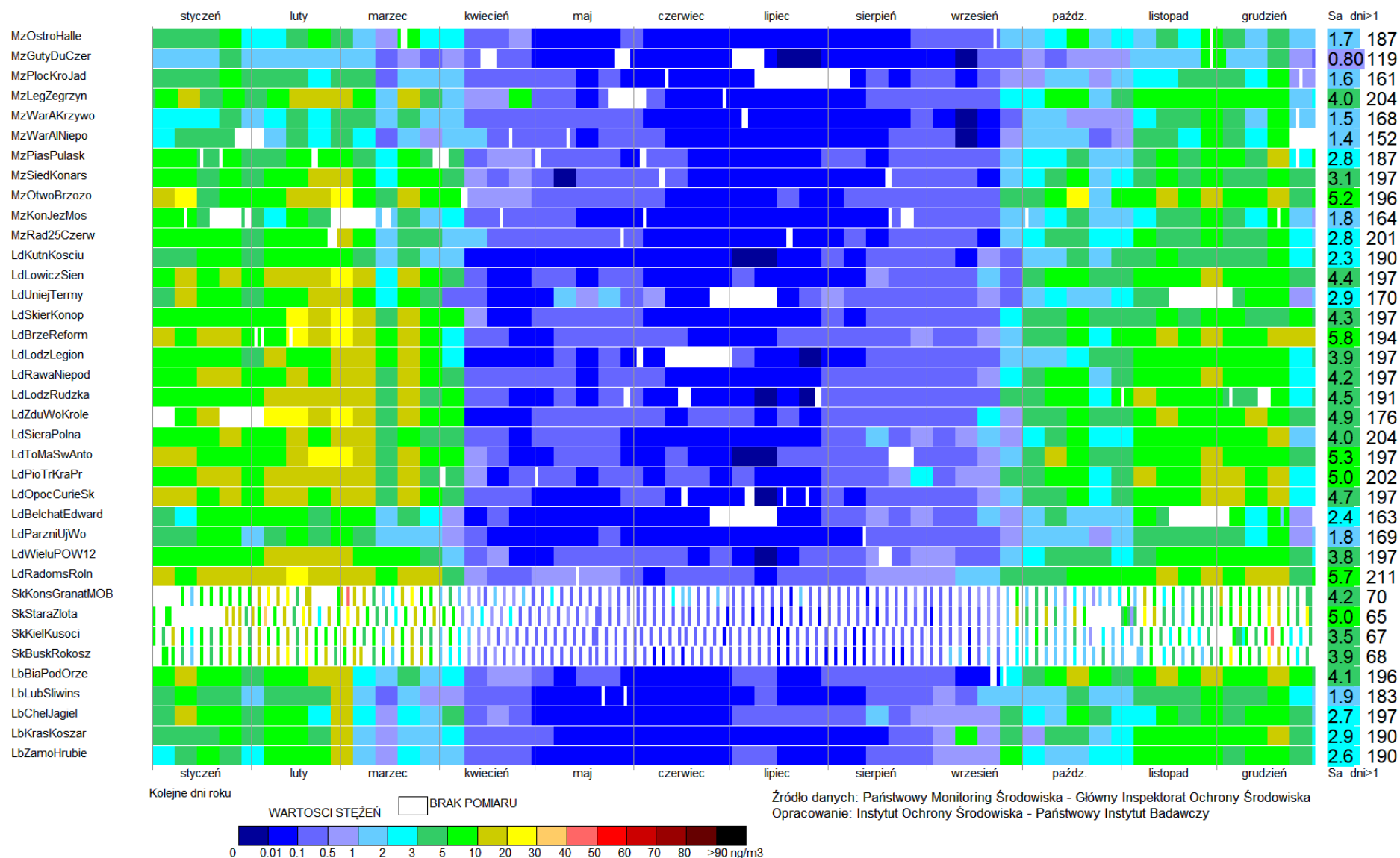
Na rys. 4.1-2 a, b, c przedstawiono przebieg stężeń B(a)P w 2018 r. na uwzględnionych w raporcie stanowiskach pomiarowych. Na rysunkach, dla każdego stanowiska każda wartość stężenia dobowego oznaczona jest kolorową kreską, której kolor zależy od wysokości stężenia - zgodnie ze skalą kolorów pokazaną na dole rysunków. Na rysunkach w pierwszej kolejności prezentowane są wyniki pomiarów stężeń ze stacji znajdujących się na północnym zachodzie kraju (woj. zachodniopomorskie), a w dalszej kolejności ze stacji położonych dalej na wschód i południe, kończąc na stacjach z woj. podkarpackiego. Po prawej stronie rysunku zamieszczono wartości średniego rocznego stężenia S_a obliczone dla każdego stanowiska oddzielnie oraz liczbę dni w roku ze stężeniem B(a)P przewyższającym 1 ng/m^3 .



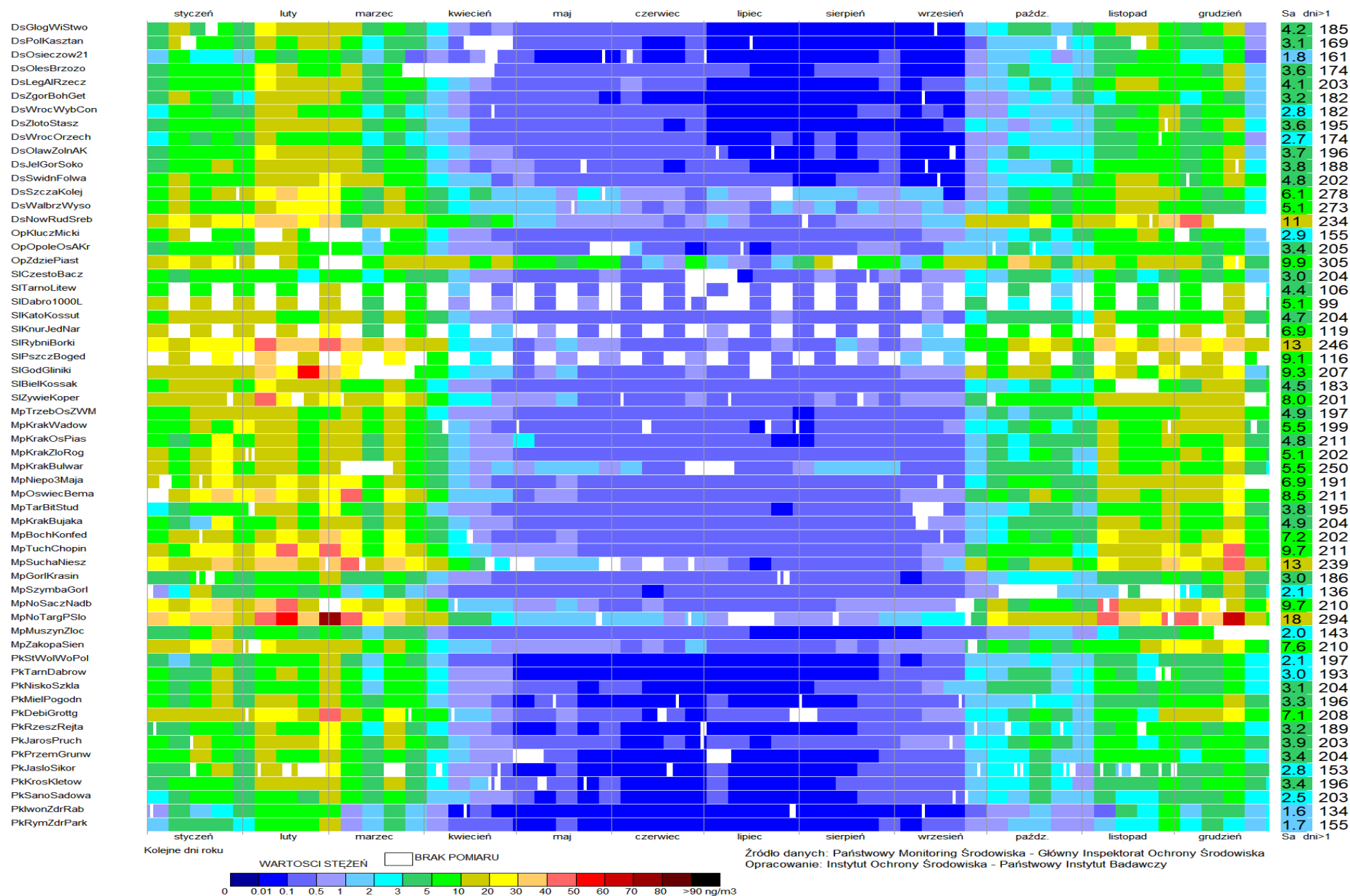
Rys. 4.1-1. Stężenia średnie roczne benzo(a)pirenu B(a)P w 2018 r.



Rys. 4.1-2a. Przebieg stężeń 24-godz. benzo(a)pirenu (B(a)P) w 2018 r. oraz stężenie średnie roczne Sa na stanowiskach, z których wyniki wykorzystano w ocenie (dwie pierwsze litery w kodzie stanowisk to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Pm - pomorskie, Kp – kujawsko-pomorskie itd.)



Rys. 4.1-2b. Przebieg stężeń 24-godz. benzo(a)pirenu (B(a)P) w 2018 r. oraz stężenie średnie roczne Sa na stanowiskach, z których wyniki wykorzystano w ocenie (dwie pierwsze litery w kodzie stanowisk to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Pm - pomorskie, Kp – kujawsko-pomorskie itd.)



Rys. 4.1-2c. Przebieg stężeń 24-godz. benzo(a)pirenu (B(a)P) w 2018 r. oraz stężenie średnie roczne Sa na stanowiskach, z których wyniki wykorzystano w ocenie (dwie pierwsze litery w kodzie stanowisk to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Pm - pomorskie, Kp – kujawsko-pomorskie itd.)

Tabela 4.1-2. Stężenia średnie roczne benzo(a)pirenu w 2018 r.

Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.

Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Lp.	Województwo	Liczba stanowisk uwzględnionych	Liczba stanowisk z przekroczeniami Da ¹⁾ (Sa>=1.5 µg/m ³)	Liczba stanowisk z Sa>1 ng/m ³	Stężenie średnie roczne B(a)P		
					Wartość minimalna ²⁾	Wartość średnia ²⁾	Wartość maksymalna ²⁾
		[-]		[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
1	dolnośląskie	15	15	15	1.8	4.28	11.4
2	kujawsko-pomorskie	11	10	11	1.0	3.49	6.4
3	lubelskie	5	5	5	1.9	2.85	4.1
4	lubuskie	6	6	6	3.7	6.31	9.7
5	łódzkie	17	17	17	1.8	4.10	5.8
6	małopolskie	18	18	18	2.0	6.78	18.3
7	mazowieckie	11	9	10	0.8	2.42	5.2
8	opolskie	3	3	3	2.9	5.42	9.9
9	podkarpackie	13	13	13	1.6	3.16	7.1
10	podlaskie	1		1	1.5	1.47	1.5
11	pomorskie	3	3	3	2.0	4.67	6.5
12	śląskie	10	10	10	3.0	6.82	13.2
13	świętokrzyskie	4	4	4	3.5	4.16	5.0
14	warmińsko-mazurskie	5	3	4	0.5	2.11	3.3
15	wielkopolskie	7	7	7	2.1	3.02	4.1
16	zachodniopomorskie	8	7	8	1.2	3.21	6.2
Razem		137	130	135	0.5	4.29	18.3

¹⁾ liczba stanowisk, na których stężenie średnie roczne B(a)P przekroczyło poziom docelowy. Zgodnie z Wytycznymi Komisji Europejskiej do decyzji 2011/850/UE, dotrzymanie poziomu docelowego B(a)P (1 ng/m³) sprawdza się po uprzednim zaokrągleniu wartości stężenia średniego rocznego B(a)P do całości. Oznacza to, że zgodnie z ww. Wytycznymi, stężenie docelowe uznaje się za przekroczone, jeżeli stężenie średnie roczne B(a)P jest równe lub wyższe od 1.5 ng/m³.

²⁾ wartości: minimalna, średnia, maksymalna odnoszą się do zbioru wartości określonego parametru uzyskanych z pomiarów w 2018 roku na wszystkich (uwzględnionych w ocenie) stanowiskach w województwie/kraju

Tabela 4.1-3. Stężenia średnie roczne benzo(a)pirenu w 2018 r. na stanowiskach tła miejskiego i podmiejskiego

Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.

Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Lp.	Województwo	Liczba stanowisk uwzględnionych	Liczba stanowisk z przekroczeniami Da ¹⁾ (Sa>=1.5 µg/m ³)	Liczba stanowisk z Sa>1 ng/m ³	Stężenie średnie roczne B(a)P		
					Wartość minimalna ²⁾	Wartość średnia ²⁾	Wartość maksymalna ²⁾
		[-]		[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
1	dolnośląskie	14	14	14	2.7	4.45	11.4
2	kujawsko-pomorskie	9	9	9	1.9	3.91	6.4
3	lubelskie	5	5	5	1.9	2.85	4.1
4	lubuskie	6	6	6	3.7	6.31	9.7
5	łódzkie	16	16	16	2.3	4.25	5.8
6	małopolskie	14	14	14	3.0	7.64	18.3
7	mazowieckie	9	9	9	1.5	2.71	5.2
8	opolskie	3	3	3	2.9	5.42	9.9
9	podkarpackie	12	12	12	1.6	3.14	7.1
10	podlaskie	1		1	1.5	1.47	1.5
11	pomorskie	3	3	3	2.0	4.67	6.5
12	śląskie	10	10	10	3.0	6.82	13.2
13	świętokrzyskie	4	4	4	3.5	4.16	5.0
14	warmińsko-mazurskie	4	3	4	1.5	2.51	3.3
15	wielkopolskie	7	7	7	2.1	3.02	4.1
16	zachodniopomorskie	5	4	5	1.2	2.67	4.8
Razem		122	119	122	1.2	4.49	18.3

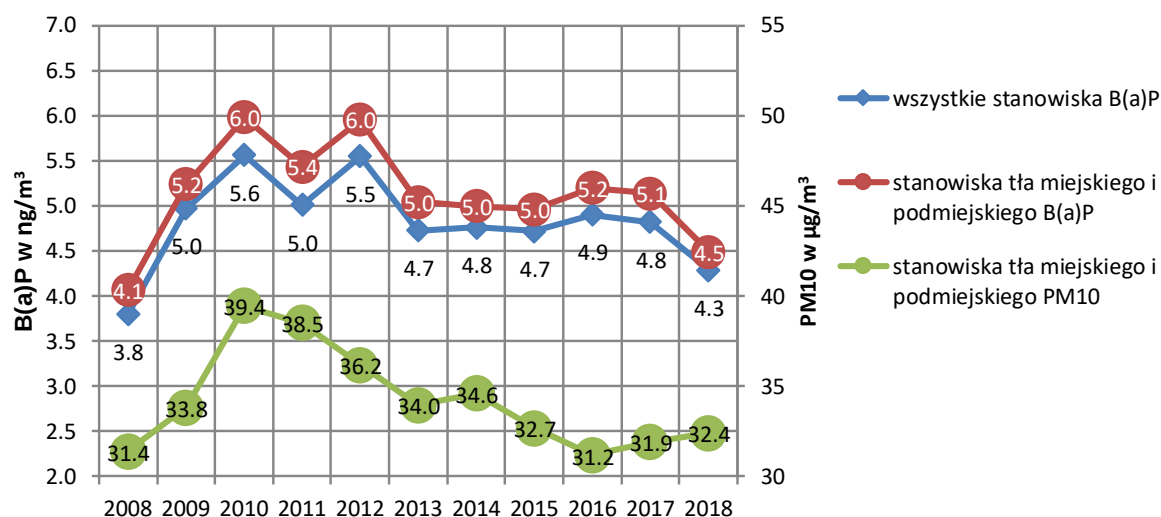
¹⁾ liczba stanowisk, na których stężenie średnie roczne B(a)P przekroczyło poziom docelowy. Zgodnie z Wytycznymi Komisji Europejskiej do decyzji 2011/850/UE, dotrzymanie poziomu docelowego B(a)P (1 ng/m³) sprawdza się po uprzednim zaokrągleniu wartości stężenia średniego rocznego B(a)P do całości. Oznacza to, że zgodnie z ww. Wytycznymi, stężenie docelowe uznaje się za przekroczone, jeżeli stężenie średnie roczne B(a)P jest równe lub wyższe od 1.5 ng/m³.

²⁾ wartości: minimalna, średnia, maksymalna odnoszą się do zbioru wartości określonego parametru uzyskanych z pomiarów w 2018 roku na wszystkich (uwzględnionych w ocenie) stanowiskach tła miejskiego i podmiejskiego w województwie/kraju

Na rysunku 4.1-3 przedstawiono stężenia średnie roczne B(a)P w latach 2008-2018 uśrednione w skali kraju dla wszystkich stanowisk oraz dla stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego, a także stężenia pyłu PM10 uśrednione w skali kraju dla stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Stężenia B(a)P przyjmowały najwyższe wartości w 2010 roku, podobnie jak w przypadku stężeń PM10. Średnia arytmetyczna ze stężeń rocznych na stanowiskach tła miejskiego i podmiejskiego osiągnęła wówczas wartość 6.0 ng/m³ (dla wszystkich stanowisk średnia wynosiła 5.6 ng/m³). W 2012 roku stężenia były wyższe niż rok wcześniej, nieznacznie niższe niż w najgorszym, 2010 roku. W latach 2013-2015 uśrednione

stężenia B(a)P utrzymywały się na niższym poziomie (odpowiednio ok. 5.0 ng/m³ i 4.7 ng/m³). W 2016 r. nastąpił wzrost uśrednionych stężeń B(a)P o ok. 4% w stosunku do poprzedniego roku, mimo spadku uśrednionego stężenia PM10. W 2017 r. zanotowano niewielki spadek uśrednionych stężeń B(a)P, spadek który pogłębił się w 2018 r. (przy wzroście stężeń PM10).

Stężenia B(a)P utrzymują się od wielu lat na wysokim poziomie, na zdecydowanej większości stacji znacznie przekraczającym wartość dopuszczalną (określoną w polskim prawie jako poziom docelowy). Mimo przeszło dziesięcioprocentowego spadku uśrednionego stężenia B(a)P w 2018 r., w dalszym ciągu stężenia tego zanieczyszczenia utrzymują się na bardzo wysokim poziomie.



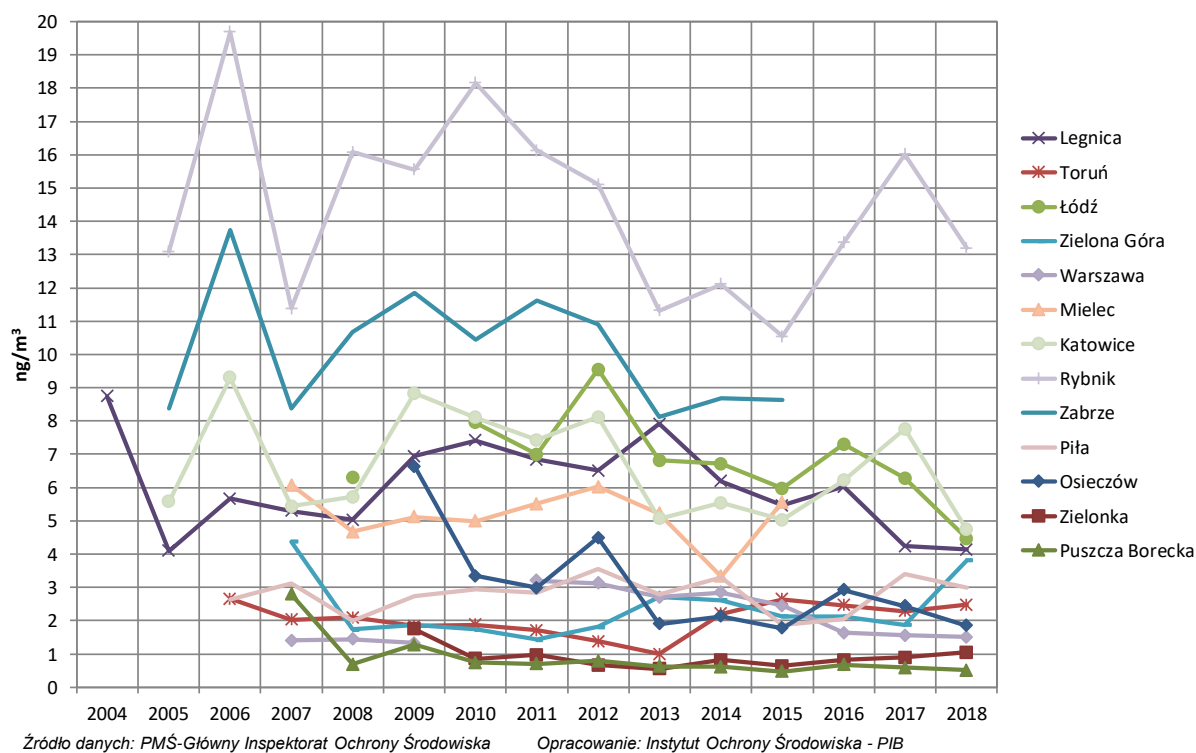
Źródło danych: PMŚ - Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska - PIB

Rys. 4.1-3. Stężenia średnie roczne B(a)P w Polsce w latach 2008-2018 uśrednione w skali kraju dla wszystkich stanowisk, dla stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz średnie roczne stężenia pyłu PM10 uśrednione dla stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego

Zmiany średnich rocznych stężeń B(a)P w wieloleciu na poszczególnych stanowiskach (rys. 4.1-4) mogą odbiegać od przedstawionego na rys 4.1-3 przebiegu wartości uśrednionych. Stężenia na poszczególnych stanowiskach zmieniały się z roku na rok. Na ogół trudno jest określić stały trend dla całego okresu pomiarowego uwzględnionego na wykresie. Niekiedy, np. po dwóch latach wzrostu stężeń, w następnych latach następował ich spadek lub też występowała sytuacja odwrotna. Na stanowiskach zlokalizowanych w różnych miastach, kierunek zmian stężeń z roku na rok może być przeciwny – brak jest jednoznacznej tendencji dla wszystkich stacji (związanej np. z warunkami meteorologicznymi). Coroczne zmiany stężeń średnich rocznych są wyrażone w jednostkach bezwzględnych (w ng/m³) są większe w przypadku stanowisk, na których notowane są wysokie stężenia B(a)P. Mniejsze zmiany, wyrażone zarówno w ng/m³ jak i w procentach, notowane są najczęściej w przypadku stanowisk zlokalizowanych na obszarach z mniejszymi stężeniami, w tym na dwóch (z trzech) stanowiskach pozamiejskich.

Po wzroście stężeń na większości stanowisk w 2012 r., w latach 2013-2015 nastąpił spadek stężeń średnich rocznych. W 2016 r. na 8 z 11 stanowisk stężenia średnie roczne B(a)P wzrosły w stosunku do roku poprzedniego.

W 2018 r. na 6 z 11 stacji, z których wyniki prezentowane są na wykresie, stężenia średnie roczne były niższe o więcej niż 10% w stosunku do roku ubiegłego, na 2 wyższe. Na pozostałych 3 stanowiskach stężenia Sa były zbliżone do stężeń z roku poprzedniego (różnica mniejsza niż $\pm 10\%$).



Rys. 4.1-4. Stężenia średnie roczne benzo(a)pirenu B(a)P w latach 2004-2018 na stanowiskach tła miejskiego oraz na stanowiskach tła pozamiejskiego (w Osieczowie, Zielonce i Puszczy Boreckiej)

4.2 Stężenia benzo(a)antracenu

Pomiary stężeń benzo(a)antracenu (B(a)A) w 2018 r. prowadzone były na 23 stanowiskach w kraju. W ocenie wykorzystano wyniki z 20 stanowisk: 16 stanowisk tła miejskiego, 3 stanowisk tła pozamiejskiego i 1 stanowiska tła podmiejskiego.

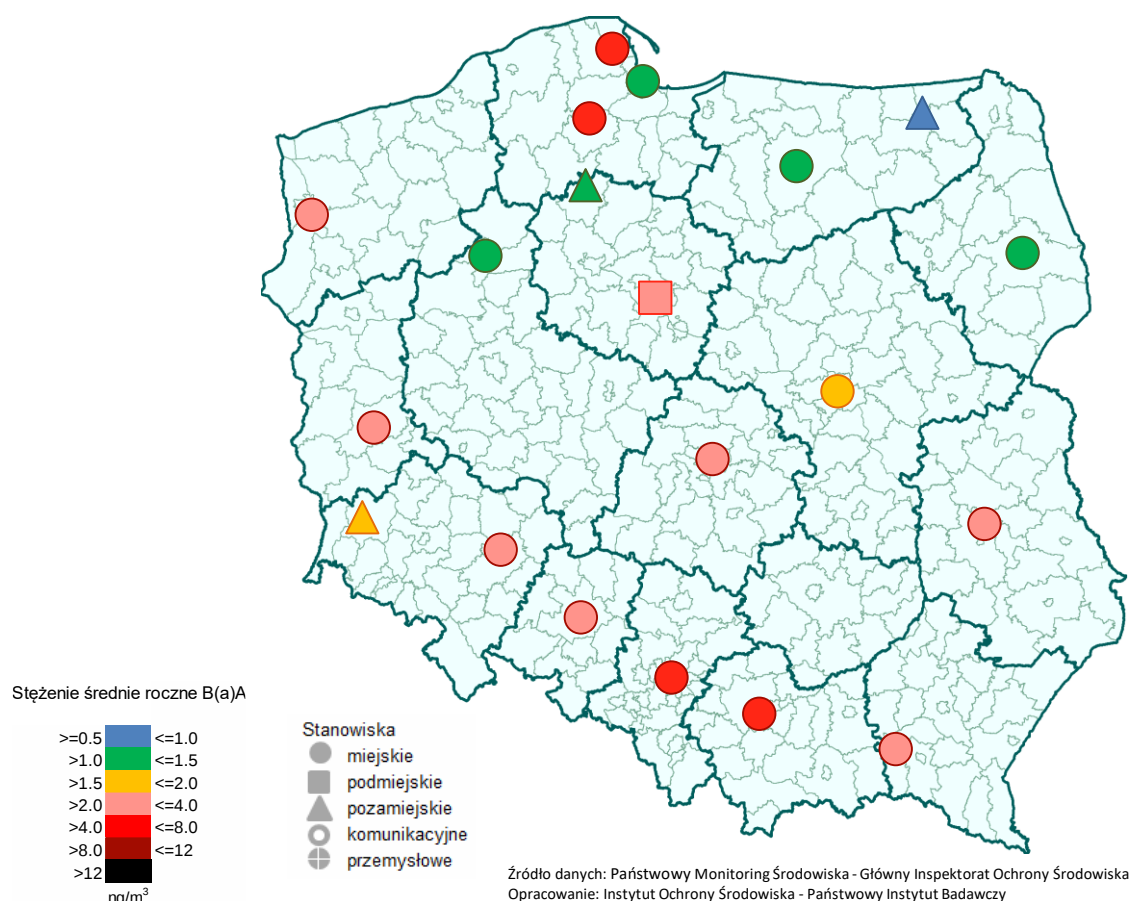
Stężenia średnie roczne B(a)A zaprezentowane zostały na rys. 4.2-1, rys. 4.2-2 i w tabeli 4.2-1. Przebieg stężeń B(a)A w 2018 r. przedstawiono na rys. 4.2-2.

Najniższe stężenia średnie roczne B(a)A uzyskano na stacji tła regionalnego Puszcza Borecka (0.45 ng/m^3), a spośród stanowisk tła miejskiego – na stanowisku w Olsztynie (1.34 ng/m^3).

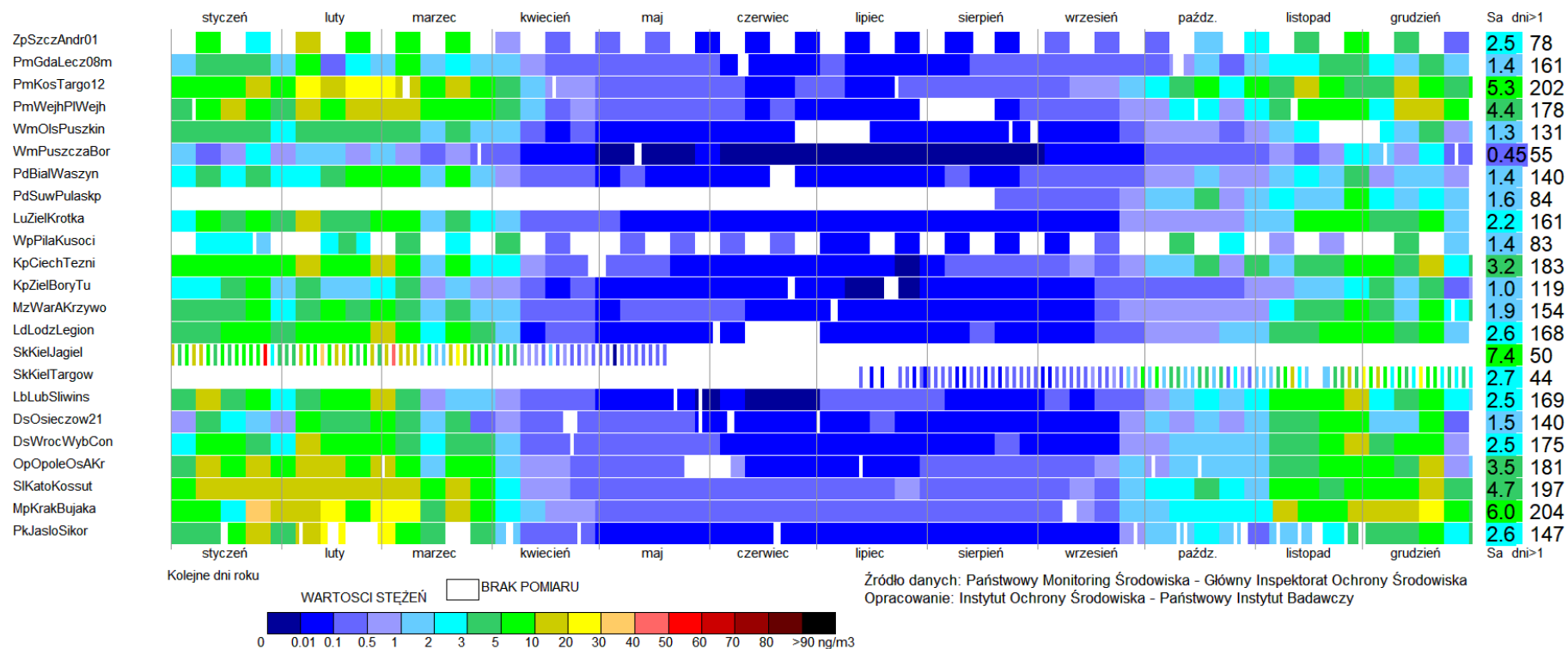
Najwyższe stężenie średnie roczne Sa odnotowano na stacji tła miejskiego w Krakowie (5.96 ng/m^3) i Kościerzynie w woj. pomorskim (5.30 ng/m^3).

Na połowie stacji w kraju stężenia średnie roczne były wyższe od 2.50 ng/m^3 .

Średnia arytmetyczna ze stężeń średnich rocznych dla wszystkich stanowisk w kraju uwzględnionych w analizach wynosiła 2.62 ng/m^3 , a dla stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego 2.91 ng/m^3 .



Rys. 4.2-1. Stężenia średnie roczne benzo(a)antracenu B(a)A w 2018 r. [ng/m^3]



Rys. 4.2-2. Przebieg stężeń benzo(a)antracenu (B(a)A) w 2018 r. oraz stężenie średnie roczne Sa na stanowiskach, z których wyniki wykorzystano w ocenie (dwie pierwsze litery w kodzie stanowisk to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Pm - pomorskie, Kp – kujawsko-pomorskie itd.)

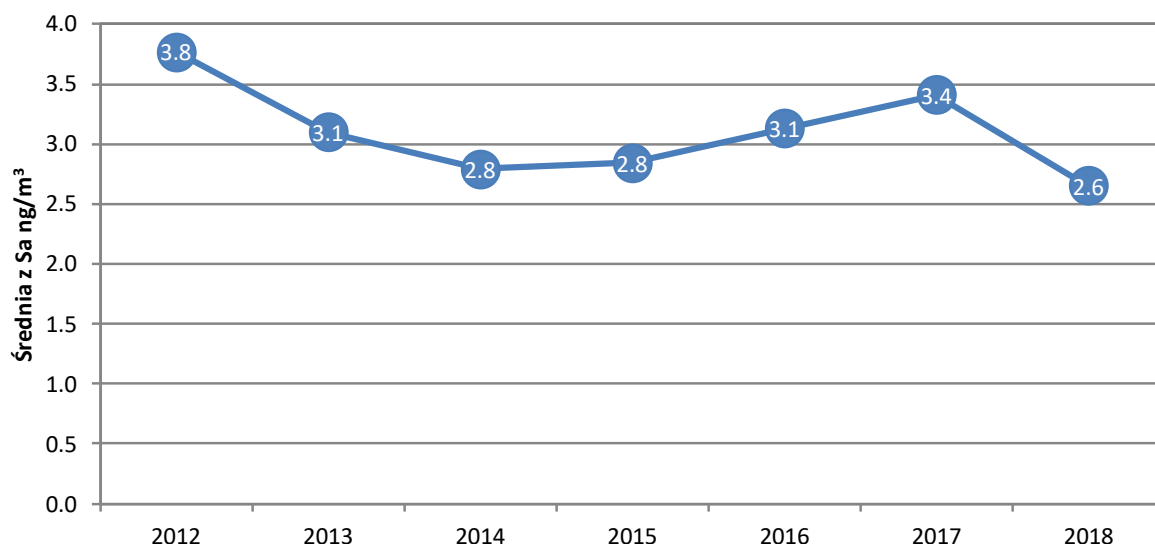
Tabela 4.2-1. Stężenia średnie roczne benzo(a)antracenu w 2018 r.

Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.

Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Lp.	Kod stanowiska	Miejscowość	Województwo	Stężenie średnie roczne benzo(a)antracenu [ng/m ³]
1	<i>DsOsieczow21</i>	<i>Osieczów</i>	<i>dolnośląskie</i>	1.53
2	DsWrocWybCon	Wrocław	dolnośląskie	2.48
3	KpCiechTezni	Ciechocinek	<i>kujawsko-pomorskie</i>	3.18
4	<i>KpZielBoryTu</i>	<i>Zielonka</i>	<i>kujawsko-pomorskie</i>	1.02
5	LbLubSliwins	Lublin	<i>lubelskie</i>	2.53
6	LdLodzLegion	Łódź	łódzkie	2.56
7	LuZielKrotka	Zielona Góra	lubuskie	2.18
8	MpKrakBujaka	Kraków	małopolskie	5.96
9	MzWarAKrzywo	Warszawa	mazowieckie	1.87
10	OpOpoleOsAKr	Opole	opolskie	3.50
11	PdBialWaszyn	Białystok	podlaskie	1.41
12	PkJasloSikor	Jasło	podkarpackie	2.65
13	PmGdaLecz08m	Gdańsk	pomorskie	1.45
14	PmKosTargo12	Kościerzyna	pomorskie	5.30
15	PmWejhPIWejh	Wejherowo	pomorskie	4.39
16	SlKatoKossut	Katowice	śląskie	4.71
17	WmOlsPuszkIn	Olsztyn	warmińsko-mazurskie	1.34
18	<i>WmPuszczaBor</i>	<i>Puszcza Borecka</i>	<i>warmińsko-mazurskie</i>	<u>0.45</u>
19	WpPiłaKusoci	Piła	wielkopolskie	1.39
20	ZpSzczAndr01	<i>Szczecin</i>	zachodniopomorskie	2.52

Uwaga – wyniki ze stanowisk tła pozamiejskiego zapisane są w tabeli *kursywą*, wartość najwyższa dla wszystkich stanowisk **czcionką pogrubioną**, wartość najniższa czcionką podkreśloną



Źródło danych: PMŚ - Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska - PIB

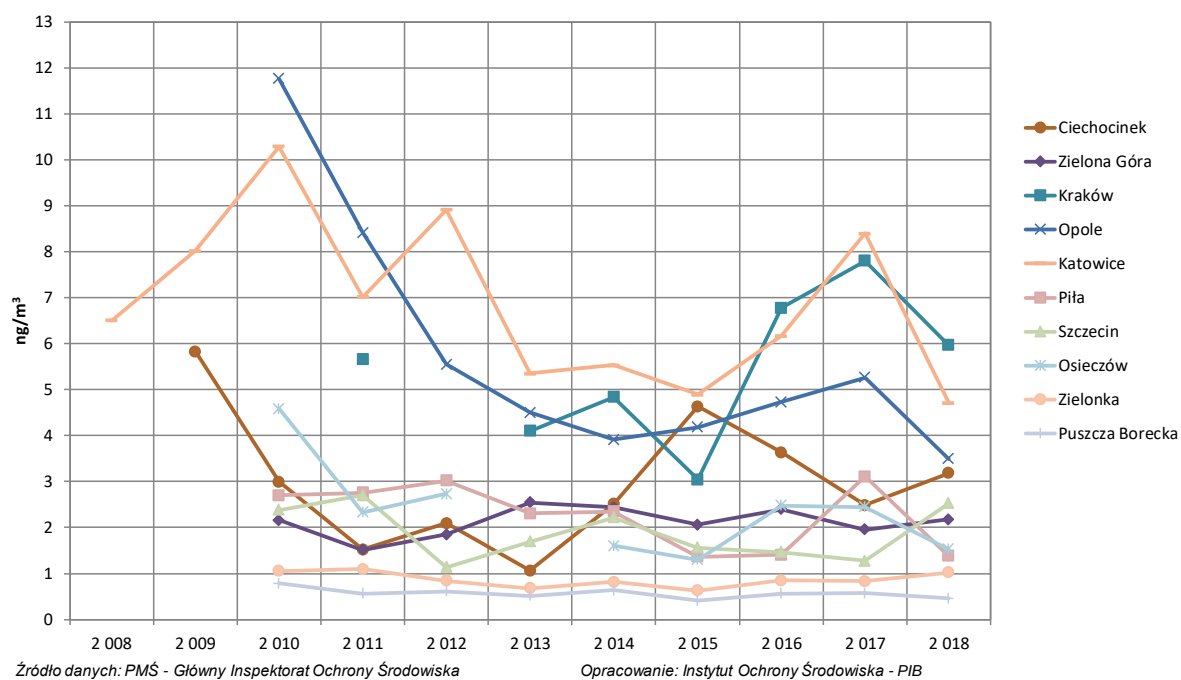
Rys. 4.2-3. Uśrednione stężenia średnie roczne B(a)A ze stanowisk tła miejskiego (nie więcej niż po jednym stanowisku z województwa) w latach 2012-2018.

Na rys. 4.2-3 przedstawiono uśrednione stężenia średnie roczne B(a)A ze stanowisk tła miejskiego - piętnastu w latach 2012-2013 oraz w 2018 r. i szesnastu w latach 2014 – 2017. Uśrednione stężenie miało najwyższą wartość w 2012 r., najniższą w 2018 r. Od 2014 r. do 2017 r. następował stopniowy wzrost wartości wskaźnika, w 2018 r. wystąpił spadek.

Zmiany średnich rocznych stężeń B(a)A na poszczególnych stanowiskach w wieloleciu (rys. 4.2-4) mogą znacznie odbiegać od przedstawionego na rys 4.2-3 przebiegu uśrednionych wartości stężeń.

Na rys. 4.2-4 przedstawiono stężenia średnie roczne B(a)A z wybranych stanowisk tła miejskiego oraz z 3 stanowisk tła pozamiejskiego z lat 2008-2018. Stężenia na poszczególnych stanowiskach podlegały wahaniom. Na stanowiskach pomiarowych w różnych miastach kierunek zmian stężeń z roku na rok może być przeciwny (np. Kraków i Opole w latach 2013-2015) – brak jest jednoznacznej tendencji dla wszystkich stacji (związanej np. z warunkami meteorologicznymi). Na ogół trudno jest określić stały trend dla poszczególnych stanowisk dla całego okresu pomiarowego uwzględnionego na wykresie.

W 2018 r. na 6 z 10 stacji, z których wyniki prezentowane są na wykresie, stężenia średnie roczne były niższe o więcej niż 10% w stosunku do roku ubiegłego, na 4 wyższe.



Rys. 4.2-4. Stężenia średnie roczne benzo(a)antracenu B(a)A w latach 2008-2018 na stanowiskach tła miejskiego, podmiejskiego (Ciechocinek) oraz na stanowiskach tła pozamiejskiego (w Osieczowie, Zielonce i Puszczy Boreckiej)

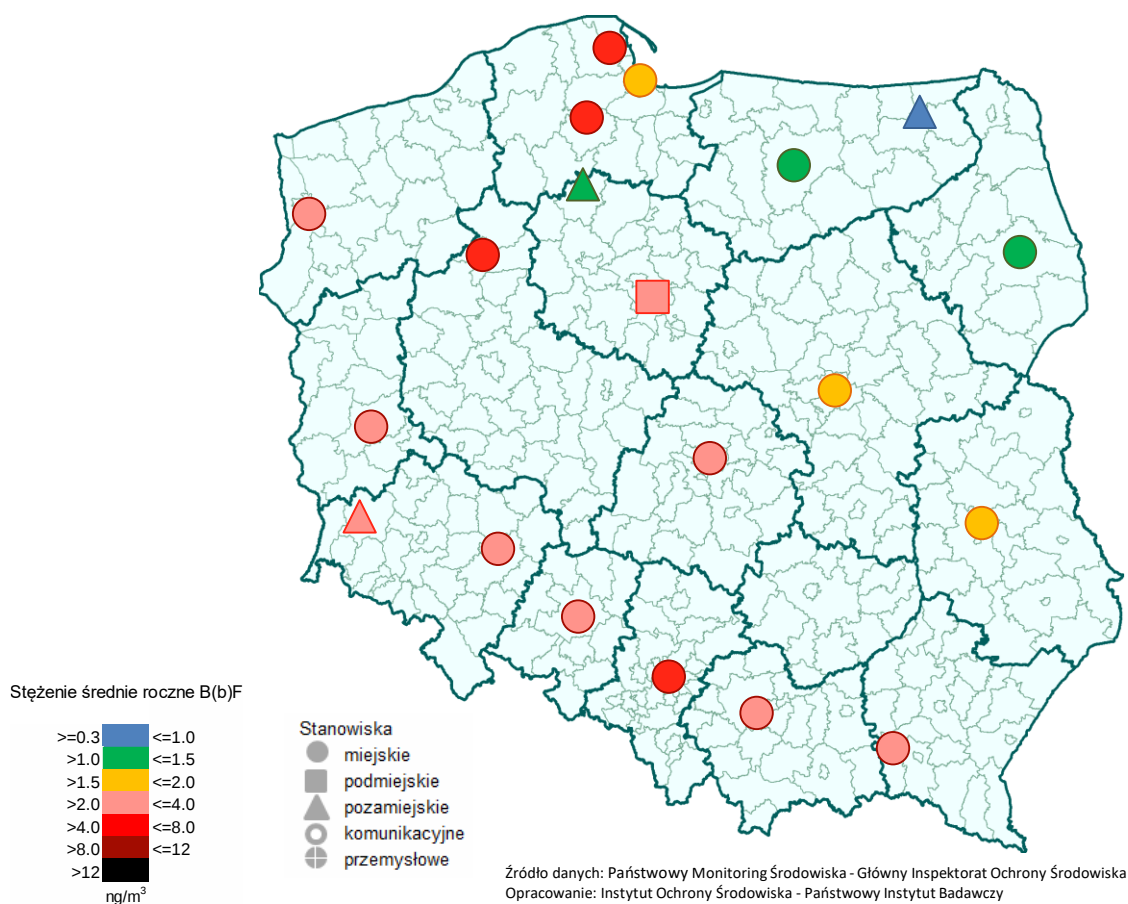
4.3 Stężenia benzo(b)fluorantenu

Pomiary stężeń benzo(b)fluorantenu (B(b)F) w 2018 r. prowadzone były na 23 stanowiskach w kraju. W ocenie wykorzystano wyniki z 20 stanowisk.

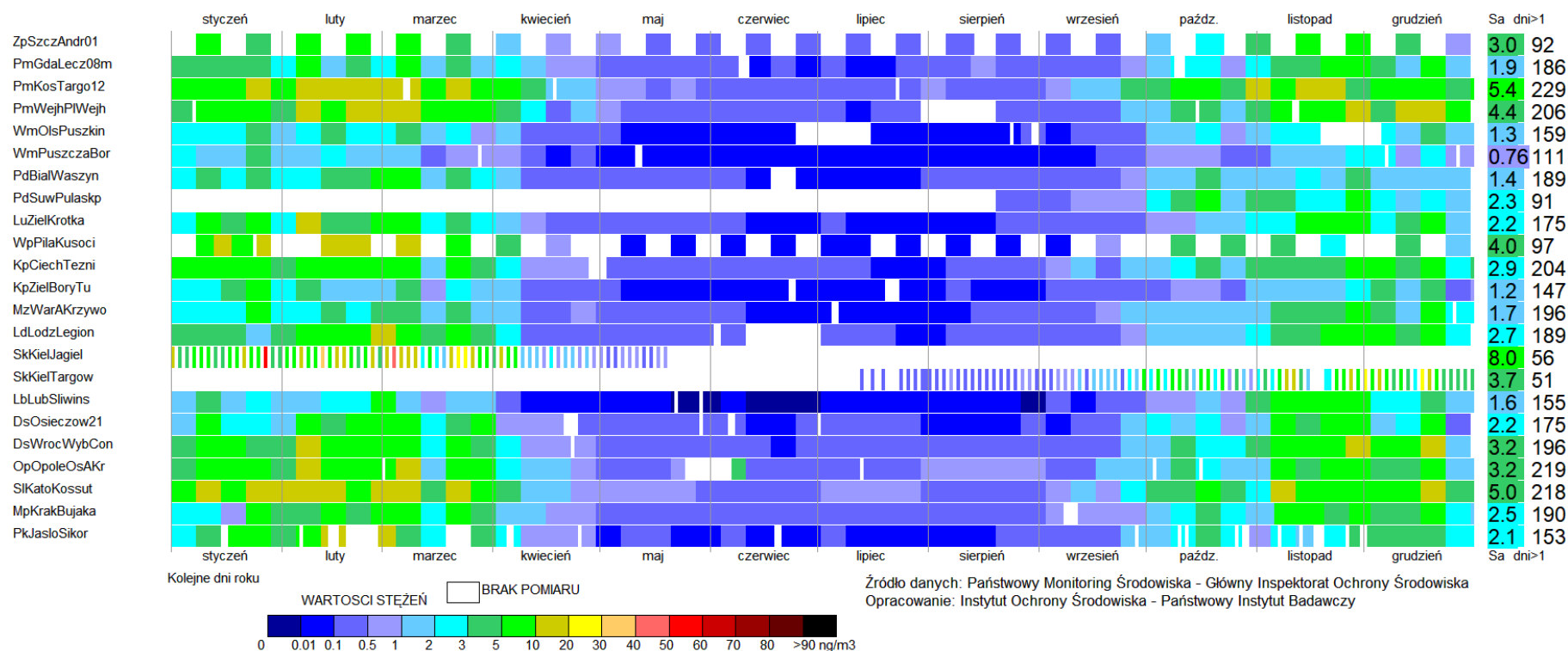
Stężenia średnie roczne B(b)F zaprezentowane zostały na mapie na rys. 4.3-1, na rys. 4.3-2 i w tabeli 4.3-1. Przebieg stężeń B(b)F w 2018 r. na poszczególnych stanowiskach pomiarowych przedstawiono na rys. 4.3-2.

Najniższe stężenia średnie roczne B(b)F uzyskano na stacji pozamiejskiej w Puszczy Boreckiej (0.76 ng/m^3), a spośród stanowisk tła miejskiego - w Olsztynie (1.26 ng/m^3).

Na połowie stacji w kraju stężenia średnie roczne były wyższe od 2.36 ng/m^3 . Stacje te zlokalizowane były w dziesięciu miastach dziewięciu województw.



Rys. 4.3-1. Stężenia średnie roczne benzo(b)fluorantenu (B(b)F) w 2018 r. [ng/m^3]



Rys. 4.3-2. Przebieg stężeń benzo(b)fluorantenu (B(b)F) w 2018 r. oraz stężenie średnie roczne Sa na stanowiskach, z których wyniki wykorzystano w ocenie (dwie pierwsze litery w kodzie stanowisk to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Pm - pomorskie, Kp - kujawsko-pomorskie itd.)

Średnia arytmetyczna ze stężeń średnich rocznych dla wszystkich stanowisk w kraju uwzględnionych w analizach wynosiła 2.63 ng/m³. Stężenia Sa wyższe od tej wartości wystąpiły w 9 miastach ośmiu województw. Średnia arytmetyczna ze stężeń średnich rocznych na stanowiskach tła miejskiego i podmiejskiego wynosiła 2.85 ng/m³.

W 2018 r. najwyższe stężenie średnie roczne Sa uzyskano z pomiarów na stacji tła miejskiego w Kościerzynie w woj. pomorskim (5.37 ng/m³).

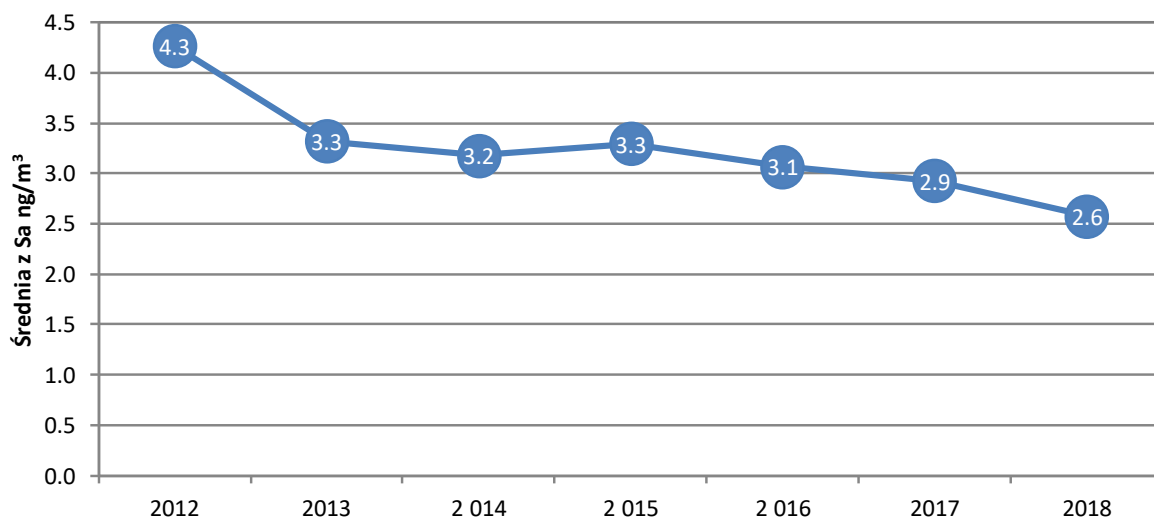
Tabela 4.3-1. Stężenia średnie roczne benzo(b)fluorantenu (B(b)F) w 2018 r.

Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.

Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Lp.	Kod stanowiska	Miejscowość	Województwo	Stężenie średnie roczne benzo(b)fluorantenu [ng/m ³]
1	DsOsieczow21	Osieczów	dolnośląskie	2.16
2	DsWrocWybCon	Wrocław	dolnośląskie	3.17
3	KpCiechTezni	Ciechocinek	kujawsko-pomorskie	2.93
4	KpZielBoryTu	Zielonka	kujawsko-pomorskie	1.18
5	LbLubSliwins	Lublin	lubelskie	1.57
6	LdLodzLegion	Łódź	łódzkie	2.70
7	LuZielKrotka	Zielona Góra	lubuskie	2.18
8	MpKrakBujaka	Kraków	małopolskie	2.54
9	MzWarAKrzywo	Warszawa	mazowieckie	1.65
10	OpOpoleOsAKr	Opole	opolskie	3.20
11	PdBialWaszyn	Białystok	podlaskie	1.41
12	PkJasloSikor	Jasło	podkarpackie	2.06
13	PmGdaLecz08m	Gdańsk	pomorskie	1.94
14	PmKosTargo12	Kościerzyna	pomorskie	5.37
15	PmWejhPIWejh	Wejherowo	pomorskie	4.41
16	SlKatoKossut	Katowice	śląskie	4.96
17	WmOlsPuszkina	Olsztyn	warmińsko-mazurskie	1.26
18	WmPuszczaBor	Puszcza Borecka	warmińsko-mazurskie	<u>0.76</u>
19	WpPilaKusoci	Piła	wielkopolskie	4.03
20	ZpSzczAndr01	Szczecin	zachodniopomorskie	3.03

Uwaga – wyniki ze stanowisk tła pozamiejskiego zapisane są w tabeli *kursywą*, wartość najwyższa dla wszystkich stanowisk **czcionką pogrubioną**, wartość najniższa czcionką podkreśloną



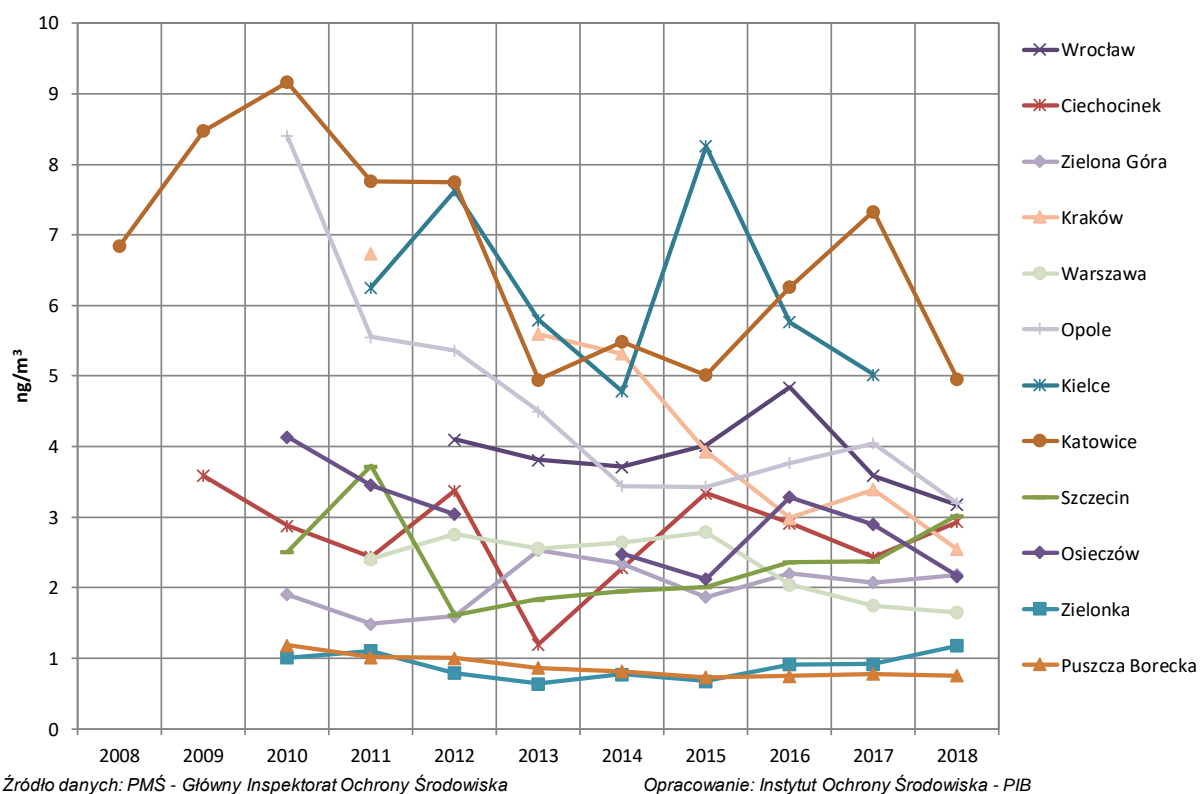
Źródło danych: PMS - Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska - PIB

Rys. 4.3-3. Uśrednione stężenia średnie roczne B(b)F ze stanowisk tła miejskiego (po jednym z każdego województwa) w latach 2012-2018

Na rys. 4.3-3 przedstawiono uśrednione stężenia średnie roczne B(b)F z 13 stanowisk tła miejskiego w 2012 r. i z 16 stanowisk w latach 2013-2017 i 15 w 2018 r. Uśrednione stężenie miało najwyższą wartość w 2012 r., najniższą w 2018 r. W 2015 r. nastąpił niewielki wzrost wartości wskaźnika, w latach 2016 - 2018 r. stopniowy spadek.

Zmiany w wieloleciu średnich rocznych stężeń B(b)F na poszczególnych stanowiskach (rys. 4.3-4) znacznie odbiegają od przedstawionego na rys. 4.3-3 przebiegu uśrednionych wartości Sa.

Na rys. 4.3-4 przedstawiono stężenia średnie roczne B(b)F z wybranych stanowisk tła miejskiego oraz z trzech stanowisk tła pozamiejskiego z lat 2008-2018. Stężenia na poszczególnych stanowiskach zmieniały się w kolejnych latach bez określonych tendencji. Po spadkach stężeń w danym roku w stosunku do poprzedniego, w następnym roku występowały wzrosty stężeń lub na odwrót. Na ogół trudno jest określić stały trend dla całego okresu pomiarowego zobrazowanego na wykresie. W 2018 r. na 3 z 11 stacji, z których wyniki prezentowane są na wykresie, stężenia średnie roczne były niższe o więcej niż 10% w stosunku do roku ubiegłego, na 3 wyższe. Na pozostałych 5 stanowiskach stężenia Sa były zbliżone do stężeń z roku poprzedniego (różnica mniejsza niż $\pm 10\%$).



Rys. 4.3-4. Stężenia średnie roczne benzo(b)fluorantenu B(b)F w latach 2008-2018 na stanowiskach tła miejskiego, podmiejskiego (Ciechocinek) oraz na stanowiskach tła pozamiejskiego (w Osieczowie, Zielonce i Puszczy Boreckiej)

4.4 Stężenia benzo(j)fluorantenu

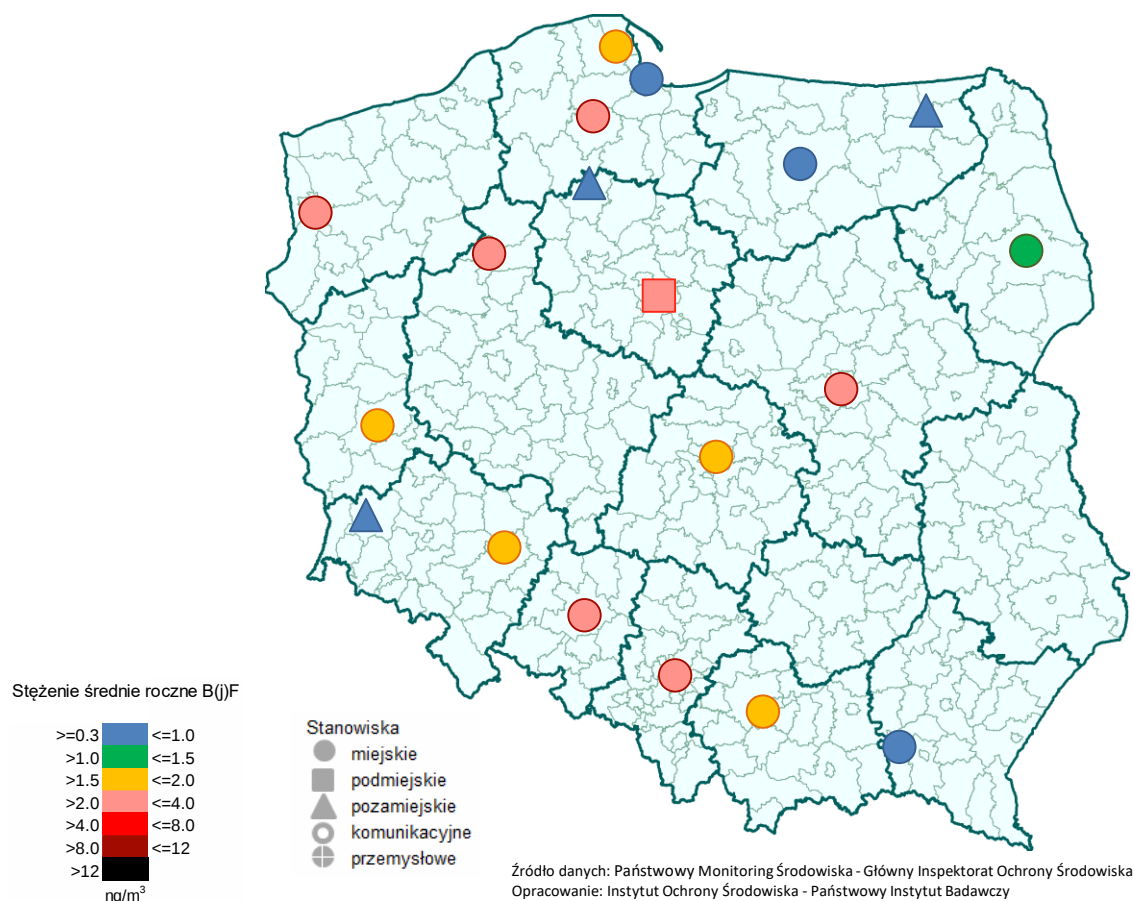
Pomiary stężeń benzo(j)fluorantenu (B(j)F) w 2018 r. prowadzone były na 23 stanowiskach w kraju. W ocenie wykorzystano wyniki z 19 stanowisk.

Stężenia średnie roczne B(j)F przedstawiono na rys. 4.4-1, 4.4-2 i w tabeli 4.4-1. Przebieg stężeń B(j)F na poszczególnych stanowiskach pomiarowych w 2018 r. przedstawiono na rys. 4.4-2.

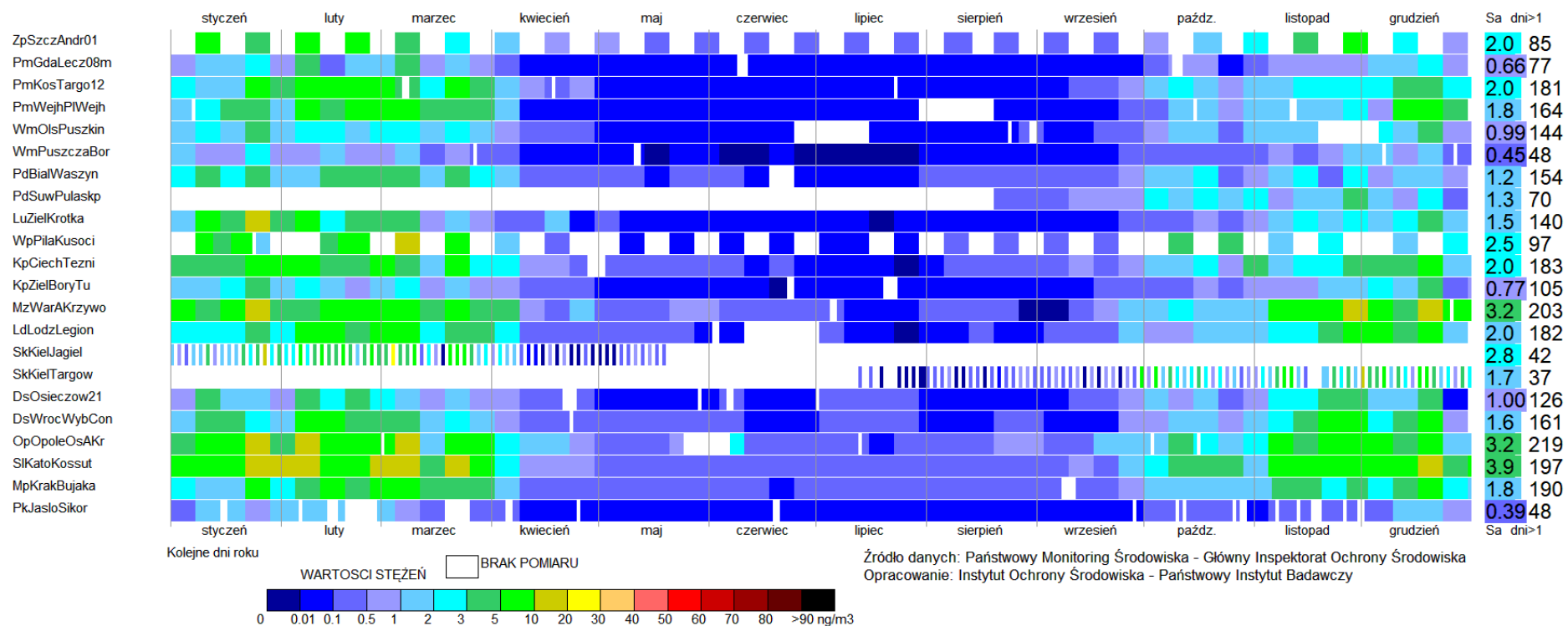
Najniższe stężenie średnie roczne B(j)F uzyskano na stacji w Jaśle (0.39 ng/m³). Najwyższe stężenie średnie roczne uzyskano z pomiarów na stanowisku w Katowicach (3.93 ng/m³).

Na połowie stacji w kraju stężenia średnie roczne były wyższe od 1.83 ng/m³. Wyniki takie uzyskano na stanowiskach zlokalizowanych w 9 miastach, w tym na jednym stanowisku podmiejskim - w Ciechocinku (rys. 4.4-2).

Średnia arytmetyczna ze stężeń średnich rocznych dla wszystkich stanowisk w kraju uwzględnionych w analizach w 2018 r. wynosiła 1.74 ng/m³. Średnia arytmetyczna ze stężeń średnich rocznych na stanowiskach tła miejskiego i podmiejskiego wynosiła 1.93 ng/m³.



Rys. 4.4-1. Stężenia średnie roczne benzo(j)fluorantenu (B(j)F) w 2018 r. [ng/m³]



Rys. 4.4-2. Przebieg stężeń benzo(j)fluorantenu (B(j)F) w 2018 r. oraz stężenie średnie roczne Sa na stanowiskach, z których wyniki wykorzystano w ocenie (dwie pierwsze litery w kodzie stanowisk to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Kp – kujawsko-pomorskie itd.)

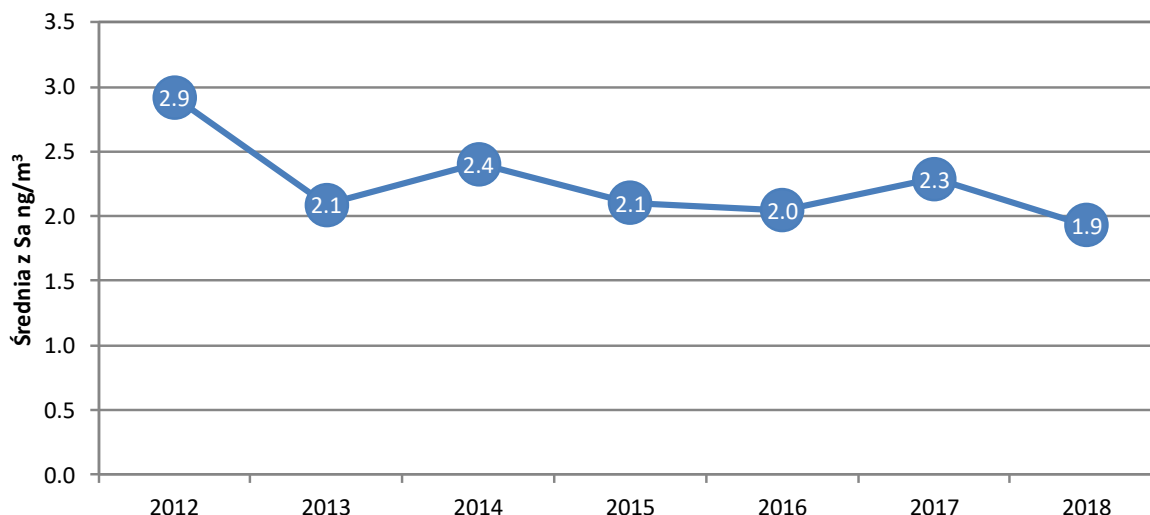
Tabela 4.4-1. Stężenia średnie roczne benzo(j)fluorantenu (B(j)F) w 2018 r.

Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.

Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Lp.	Kod stanowiska	Miejscowość	Województwo	Stężenie średnie roczne benzo(j)fluorantenu [ng/m ³]
1	<i>DsOsieczow21</i>	<i>Osieczów</i>	<i>dolnośląskie</i>	1.00
2	DsWrocWybCon	Wrocław	dolnośląskie	1.63
3	KpCiechTezni	Ciechocinek	<i>kujawsko-pomorskie</i>	2.01
4	<i>KpZielBoryTu</i>	<i>Zielonka</i>	<i>kujawsko-pomorskie</i>	0.77
5	LdLodzLegion	Łódź	łódzkie	1.97
6	LuZielKrotka	Zielona Góra	lubuskie	1.52
7	MpKrakBujaka	Kraków	małopolskie	1.83
8	MzWarAKrzywo	Warszawa	mazowieckie	3.16
9	OpOpoleOsAKr	Opole	opolskie	3.19
10	PdBialWaszyn	Białystok	podlaskie	1.23
11	PkJasloSikor	Jasło	podkarpackie	<u>0.39</u>
12	PmGdaLecz08m	Gdańsk	pomorskie	0.66
13	PmKosTargo12	Kościerzyna	pomorskie	2.02
14	PmWejhPIWejh	Wejherowo	pomorskie	1.83
15	SlKatoKossut	Katowice	śląskie	3.93
16	WmOlsPuszkina	Olsztyn	warmińsko-mazurskie	0.99
17	<i>WmPuszczaBor</i>	<i>Puszcza Borecka</i>	<i>warmińsko-mazurskie</i>	0.45
18	WpPilaKusoci	Piła	wielkopolskie	2.50
19	ZpSzczAndr01	<i>Szczecin</i>	zachodniopomorskie	2.04

Uwaga – wyniki ze stanowisk tła pozamiejskiego zapisane są w tabeli *kursywą*, wartość najwyższa dla wszystkich stanowisk **czcionką pogrubioną**, wartość najniższa czcionką podkreśloną



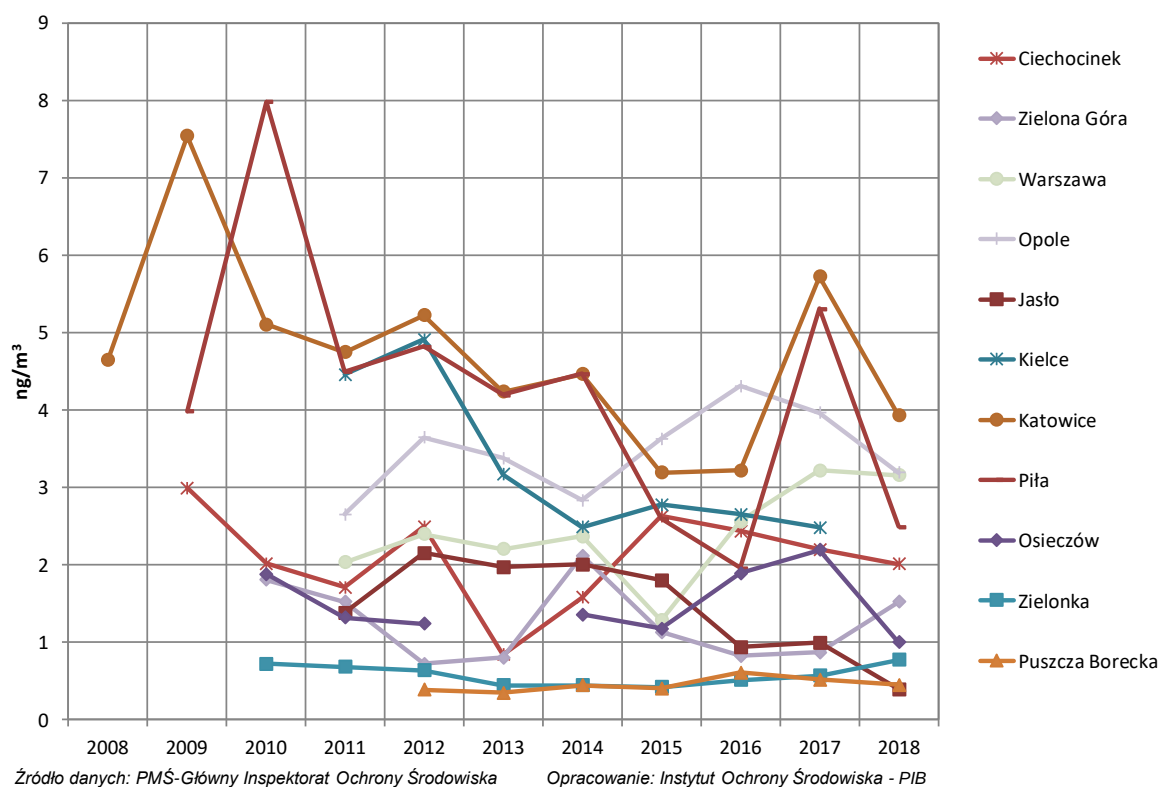
Źródło danych: PMŚ - Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska - PIB

Rys. 4.4-3. Uśrednione stężenia średnie roczne B(j)F ze stanowisk tła miejskiego (nie więcej niż po jednym z każdego województwa) w latach 2012-2018

Na rys. 4.4-3 przedstawiono uśrednione wartości stężeń średnich rocznych B(j)F uzyskanych z pomiarów na stanowiskach tła miejskiego w latach 2012-2018 (od 12 do 16 stanowisk w zależności od dostępności wyników w danym roku). Uśrednione stężenie miało najwyższą wartość w 2012 r., najniższą w 2018 r. W 2018 r. uśrednione stężenie średnie roczne B(j)F było niższe niż rok wcześniej. Linia trendu określona metodą najniższych kwadratów wskazuje na tendencję spadkową stężeń B(j)F.

Zmiany w wieloleciu średnich rocznych stężeń B(j)F na poszczególnych stanowiskach (rys. 4.4-4) najczęściej znacznie odbiegają od przedstawionego na rys. 4.4-3 przebiegu uśrednionych wartości Sa.

Na rys. 4.4-4 przedstawiono stężenia średnie roczne B(j)F z wybranych stanowisk tła miejskiego oraz z trzech stanowisk tła pozamiejskiego z lat 2008-2018. Stężenia na poszczególnych stanowiskach zmieniały się z roku na rok. Po spadkach stężeń w jednym roku w stosunku do roku poprzedniego, w następnym roku występowały wzrosty stężeń. Dla większości stanowisk trudno jest określić stały trend dla całego okresu pomiarowego uwzględnionego na wykresie. Tendencję spadkową dla lat 2010-2016 daje się zauważyć na stanowiskach, na których w latach 2009-2010 notowane były wysokie stężenia B(j)F (Katowice, Piła, Kielce). Na stanowiskach znajdujących się w różnych miastach, kierunek zmian stężeń z roku na rok może być przeciwny (np. Katowice i Kielce dla lat 2013-2015) – brak jest jednoznacznej tendencji dla wszystkich stacji w kraju lub w regionie (związanej np. z warunkami meteorologicznymi). W 2018 r. na 6 z 10 stacji, z których wyniki prezentowane są na wykresie, stężenia średnie roczne były niższe o więcej niż 10% w stosunku do roku ubiegłego, na 2 wyższe. Na pozostałych 2 stanowiskach stężenia Sa były zbliżone do stężeń z roku poprzedniego (różnica mniejsza niż $\pm 10\%$).



Rys. 4.4-4. Stężenia średnie roczne benzo(j)fluorantenu B(j)F w latach 2008-2018 na stanowiskach tła miejskiego oraz na stanowiskach tła pozamiejskiego (w Osieczowie, Zielonce i Puszczy Boreckiej)

4.5 Stężenia benzo(k)fluorantenu

Pomiary stężeń benzo(k)fluorantenu (B(k)F) w 2018 r. prowadzone były na 23 stanowiskach w kraju. W ocenie wykorzystano wyniki z 20 stanowisk, w tym: 16 stanowisk tła miejskiego, 3 tła pozamiejskiego i 1 tła podmiejskiego.

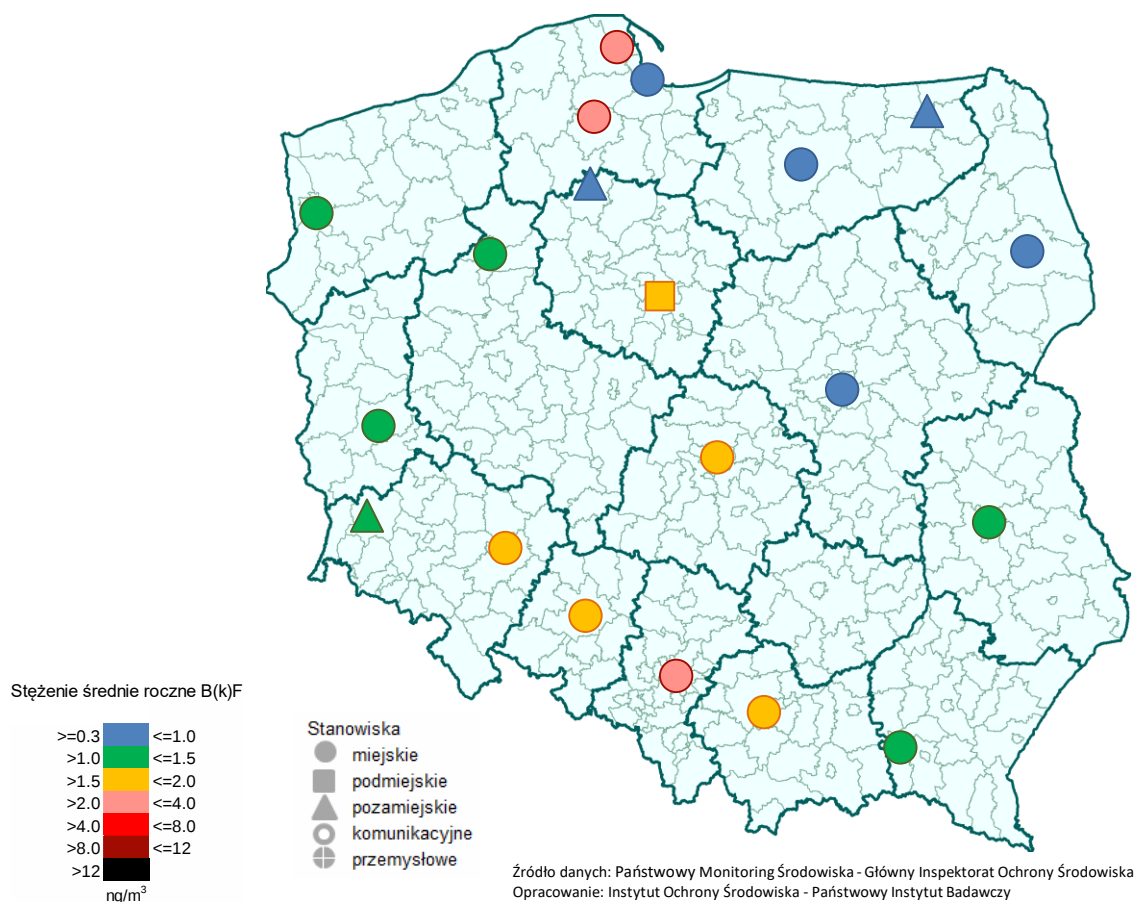
Stężenia średnie roczne B(k)F zaprezentowane zostały na mapie na rys. 4.5-1, na rys. 4.5-2 i w tabeli 4.5-1. Przebieg stężeń B(k)F na poszczególnych stanowiskach pomiarowych w 2018 r. przedstawiono na rys. 4.5-2.

Najniższe stężenia średnie roczne B(k)F uzyskano na stacji pozamiejskiej Puszcza Borecka (0.30 ng/m^3), a spośród stanowisk tła miejskiego - na stacji w Warszawie (0.70 ng/m^3).

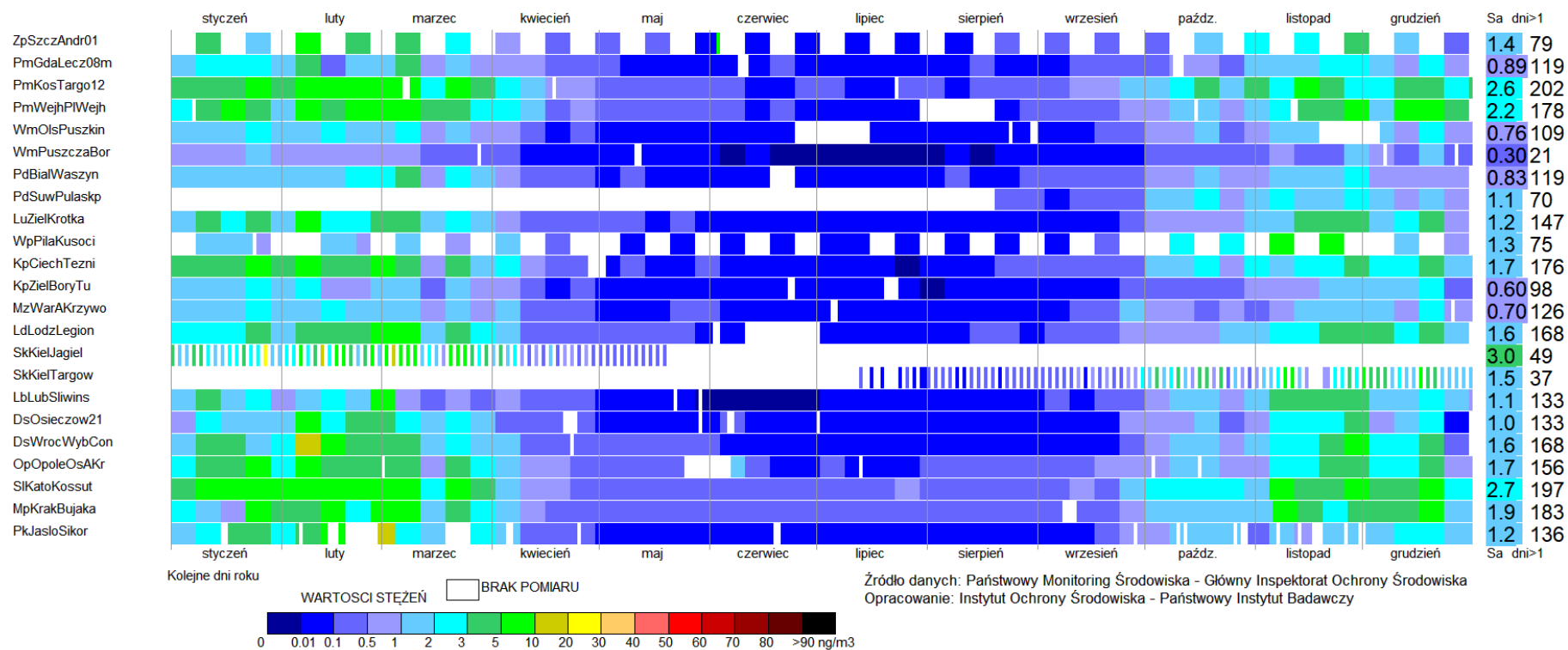
Na połowie stacji w kraju stężenia średnie roczne były wyższe od 1.28 ng/m^3 (mediana). Stacje te zlokalizowane były w dziesięciu miastach w dziewięciu województwach (rys. 4.5-2).

Średnia arytmetyczna ze stężeń średnich rocznych dla wszystkich stanowisk w kraju uwzględnionych w analizach dotyczących roku 2018 wynosiła 1.37 ng/m^3 . Średnia arytmetyczna ze stężeń średnich rocznych na stanowiskach tła miejskiego i podmiejskiego wynosiła 1.49 ng/m^3 .

W 2018 r. najwyższe stężenie średnie roczne S_a notowano na stacji tła miejskiego w Katowicach (2.68 ng/m^3).



Rys. 4.5-1. Stężenia średnie roczne benzo(k)fluorantenu (B(k)F) w 2018 r. [ng/m^3]



Rys. 4.5-2. Przebieg stężeń benzo(k)fluorantenu (B(k)F) w 2018 r. oraz stężenie średnie roczne Sa na stanowiskach, z których wyniki wykorzystano w ocenie (dwie pierwsze litery w kodzie stanowisk to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Pm - pomorskie, Kp – kujawsko-pomorskie itd.)

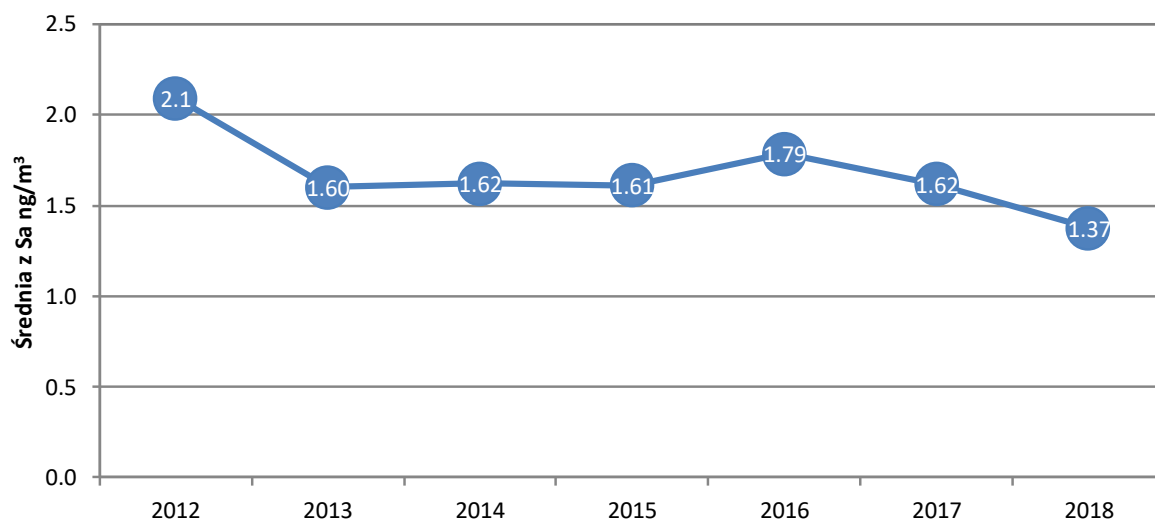
Tabela 4.5-1. Stężenia średnie roczne benzo(k)fluorantenu (B(k)F) w 2018 r.

Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.

Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Lp.	Kod stanowiska	Miejscowość	Województwo	Stężenie średnie roczne benzo(k)fluorantenu [ng/m ³]
1	DsOsieczow21	Osieczów	dolnośląskie	1.04
2	DsWrocWybCon	Wrocław	dolnośląskie	1.59
3	KpCiechTezni	Ciechocinek	kujawsko-pomorskie	1.67
4	KpZielBoryTu	Zielonka	kujawsko-pomorskie	0.60
5	LbLubSliwins	Lublin	lubelskie	1.10
6	LdLodzLegion	Łódź	łódzkie	1.64
7	LuZielKrotka	Zielona Góra	lubuskie	1.20
8	MpKraKbujaka	Kraków	małopolskie	1.89
9	MzWarAKrzywo	Warszawa	mazowieckie	0.70
10	OpOpoleOsAKr	Opole	opolskie	1.71
11	PdBialWaszyn	Białystok	podlaskie	0.83
12	PkJasloSikor	Jasło	podkarpackie	1.24
13	PmGdaLecz08m	Gdańsk	pomorskie	0.89
14	PmKosTargo12	Kościerzyna	pomorskie	2.57
15	PmWejhPIWejh	Wejherowo	pomorskie	2.21
16	SlKatoKossut	Katowice	śląskie	2.68
17	WmOlsPuszkIn	Olsztyn	warmińsko-mazurskie	0.76
18	WmPuszczaBor	Puszcza Borecka	warmińsko-mazurskie	<u>0.30</u>
19	WpPilaKusoci	Piła	wielkopolskie	1.32
20	ZpSzczAndr01	Szczecin	zachodniopomorskie	1.40

Uwaga – wyniki ze stanowisk tła pozamiejskiego zapisane są w tabeli *kursywą*, wartość najwyższa dla wszystkich stanowisk **czcionką pogrubioną**, wartość najniższa czcionką podkreśloną



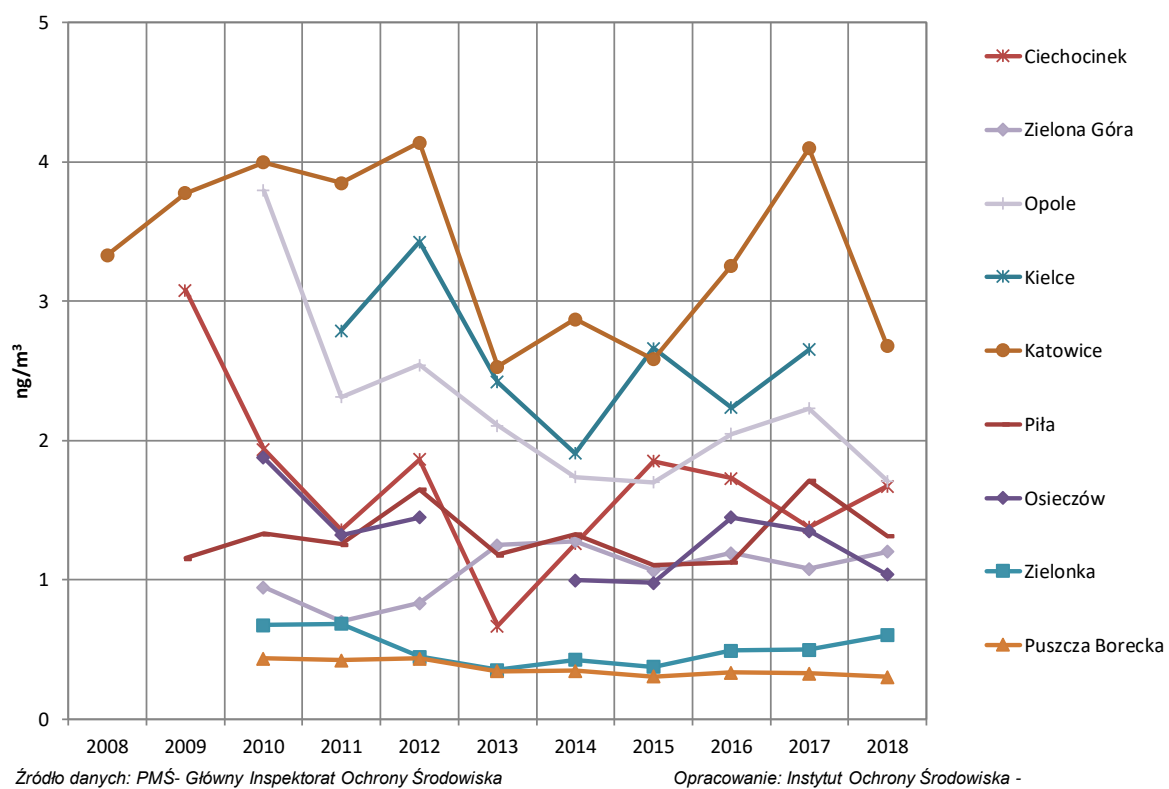
Źródło danych: PMŚ - Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska - PIB

Rys. 4.5-3. Uśrednione stężenia średnie roczne B(k)F ze stanowisk tła miejskiego (po jednym z każdego województwa) w latach 2012-2018

Na rys. 4.5-3 przedstawiono stężenia średnie roczne B(k)F uśrednione w skali kraju dla stanowisk tła miejskiego – z uwzględnieniem od 13 do 16 stanowisk w zależności od dostępności wyników w danym roku. Uśrednione stężenie miało najwyższą wartość w 2012 r. W 2013 r. nastąpił spadek wskaźnika. W latach 2013-2015 uśrednione stężenie utrzymywało się na tym samym poziomie. W 2016 r. nastąpił jego wzrost o ok. 11% ponad poziom z lat 2013-2015, w 2017 r. spadek, w 2018 r. dalszy spadek do najniższej wartości z okresu 2012-2018. Linia trendu określona metodą najniższych kwadratów wskazuje na tendencję spadkową stężeń B(j)F.

Zmiany w wieloleciu średnich rocznych stężeń B(k)F na poszczególnych stanowiskach (rys. 4.5-4) najczęściej różnią się istotnie od przedstawionego na rys 4.5-3 przebiegu uśrednionych wartości stężeń średnich rocznych.

Na rys. 4.5-4 przedstawiono stężenia średnie roczne B(k)F z wybranych stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz z trzech stanowisk tła pozamiejskiego z lat 2008-2018. Stężenia na poszczególnych stanowiskach zmieniały się w kolejnych latach. Po spadkach stężeń w jednym roku w stosunku do poprzedniego, w następnym roku występowały wzrosty stężeń itp. Dla większości stanowisk trudno jest określić stały trend dla całego okresu pomiarowego uwzględnionego na wykresie. Na stanowiskach zlokalizowanych w różnych miastach, kierunek zmian stężeń z roku na rok może być przeciwny (np. Katowice i Kielce dla lat 2013-2016) – brak jest jednoznacznej tendencji dla wszystkich stacji w kraju lub w regionie (związanej np. z warunkami meteorologicznymi). Tylko w przypadku stężeń w 2012 r. daje się zaobserwować wzrost stężeń Sa na większości stanowisk, z których wyniki prezentowane są na wykresie. W 2018 r. na 4 z 8 stacji, z których wyniki przedstawiono na wykresie, stężenie średnie roczne było niższe o więcej niż 10% w stosunku do roku ubiegłego, na 3 stacjach wyższe. Na jednym stanowisku stężenia Sa były zbliżone do stężeń z roku poprzedniego (różnica stężeń Sa mniejsza niż $\pm 10\%$).



Rys. 4.5-4. Stężenia średnie roczne benzo(k)fluorantenu B(k)F w latach 2008-2018 na stanowiskach tła miejskiego, podmiejskiego (Ciechocinek) oraz na stanowiskach tła pozamiejskiego (w Osieczowie, Zielonce i Puszczy Boreckiej)

4.6 Stężenia dibenzo(a,h)antracenu

Pomiary stężeń dibenzo(a,h)antracenu (DB(a,h)A) w 2018 r. prowadzone były na 23 stanowiskach w kraju. W ocenie wykorzystano wyniki z 19 stanowisk.

Stężenia DB(a,h)A, podobnie jak i innych WWA, cechuje wyraźna sezonowa zmienność. W sezonie chłodnym stężenia są znacznie wyższe niż latem.

Stężenia średnie roczne DB(a,h)A zaprezentowane zostały na mapie na rys. 4.6-1, na rys. 4.6-2 i w tabeli 4.6-1. Przebieg stężeń DB(a,h)A na poszczególnych stanowiskach pomiarowych w 2018 r. przedstawiono na rys. 4.6-2.

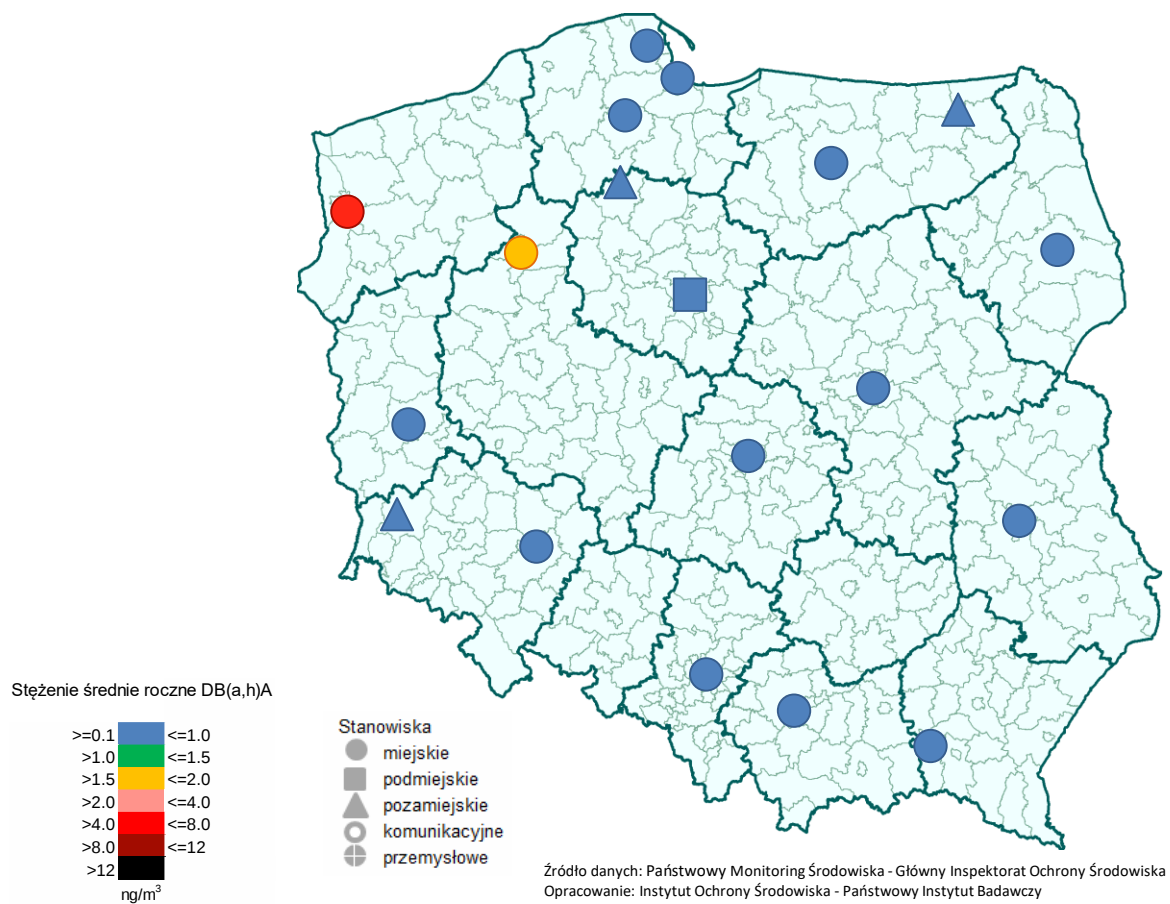
Najniższe stężenia średnie roczne DB(a,h)A uzyskano na stacji pozamiejskiej w Puszczy Boreckiej (0.07 ng/m^3), a spośród stanowisk tła miejskiego – na stacji w Warszawie, Białymstoku i Jaśle (po 0.10 ng/m^3).

Na połowie stacji w kraju stężenia średnie roczne były wyższe od 0.39 ng/m^3 . Stacje te zlokalizowane były w dziewięciu miastach (w jednym przypadku było to stanowisko podmiejskie) oraz na jednym stanowisku pozamiejskim, w 8 województwach (rys. 4.6-2).

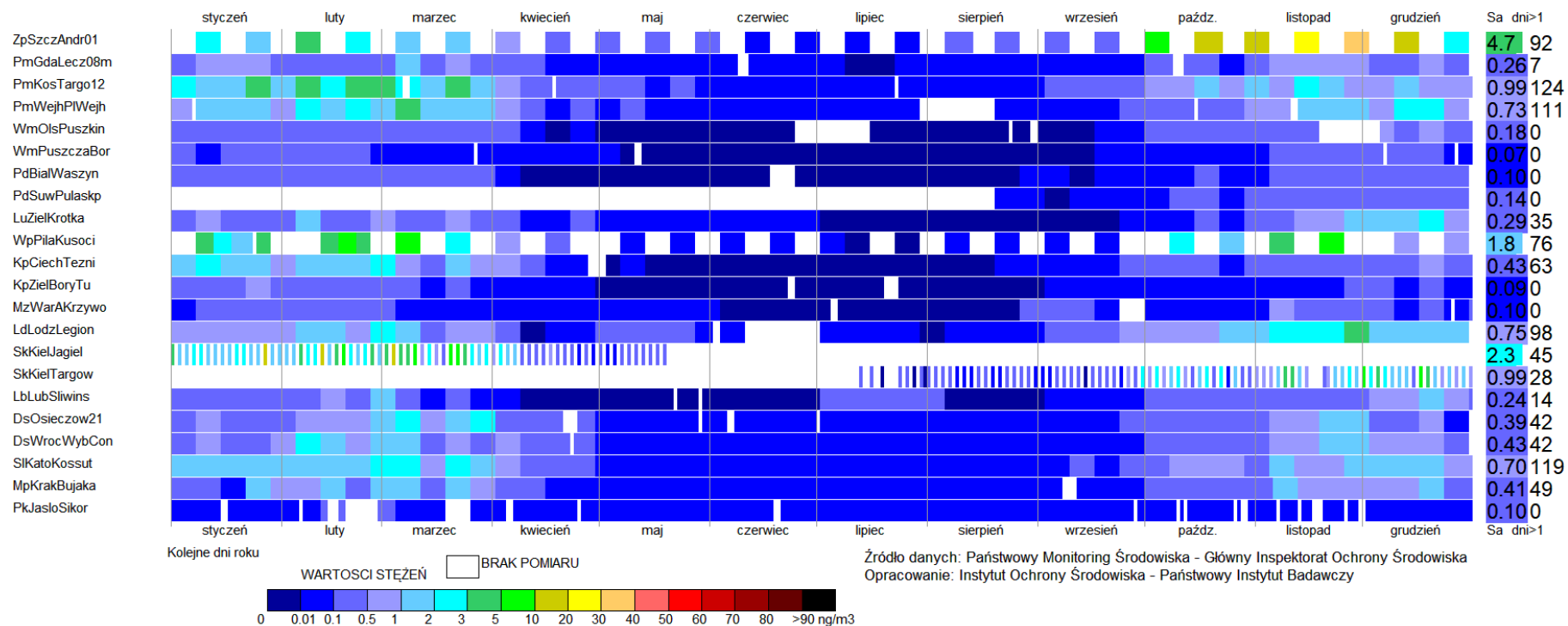
Średnia arytmetyczna ze stężeń średnich rocznych dla wszystkich stanowisk w kraju uwzględnionych w analizach wynosiła w 2018 roku 0.67 ng/m^3 .

Średnia arytmetyczna ze stężeń średnich rocznych na stanowiskach tła miejskiego wynosiła 0.76 ng/m^3 .

W 2018 r. najwyższe stężenie średnie roczne S_a odnotowano na stacji tła miejskiego w Szczecinie (4.71 ng/m^3). Stężenia DB(a,h)A uzyskiwane z pomiarów w Szczecinie od wielu lat znacznie odbiegają w górę od stężeń notowanych w innych miejscach.



Rys. 4.6-1. Stężenia średnie roczne dibenzo(a,h)antracenu (DB(a,h)A) w 2018 r. [ng/m³]



Rys. 4.6-2. Przebieg stężeń dibenzo(a,h)antracenu (DB(a,h)A) w 2018 r. oraz stężenie średnie roczne Sa na stanowiskach, z których wyniki wykorzystano w ocenie (dwie pierwsze litery w kodzie stanowisk to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Pm - pomorskie, Kp – kujawsko-pomorskie itd.)

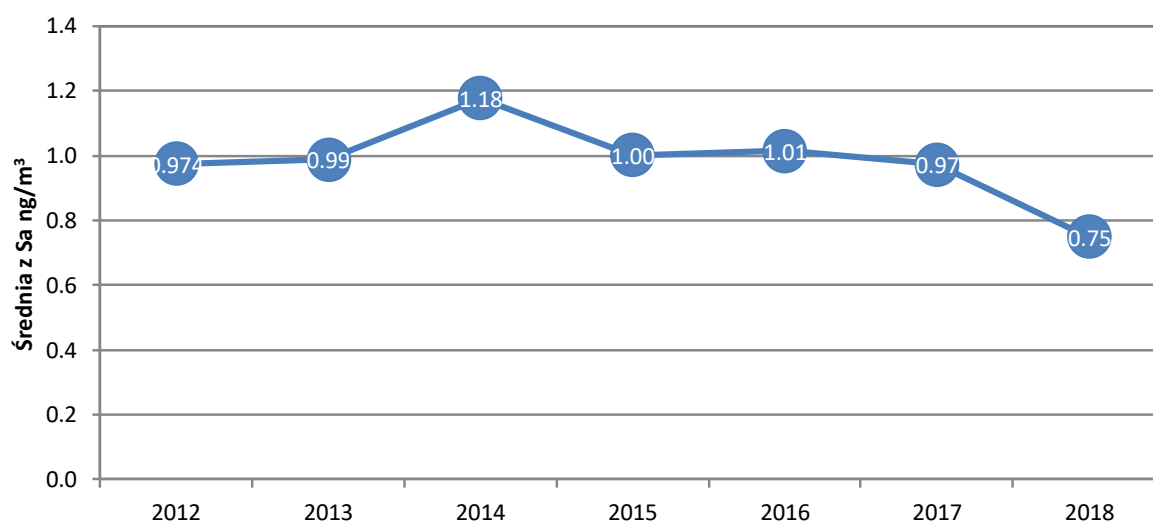
Tabela 4.6-1. Stężenia średnie roczne dibenzo(a,h)antracenu (DB(a,h)A) w 2018 r.

Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.

Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Lp.	Kod stanowiska	Miejscowość	Województwo	Stężenie średnie roczne dibenzo(a,h)antracenu [ng/m ³]
1	DsOsieczow21	Osieczów	dolnośląskie	0.39
2	DsWrocWybCon	Wrocław	dolnośląskie	0.43
3	KpCiechTezni	Ciechocinek	kujawsko-pomorskie	0.43
4	KpZielBoryTu	Zielonka	kujawsko-pomorskie	0.09
5	LbLubSliwins	Lublin	lubelskie	0.24
6	LdLodzLegion	Łódź	łódzkie	0.75
7	LuZielKrotka	Zielona Góra	lubuskie	0.29
8	MpKrakBujaka	Kraków	małopolskie	0.41
9	MzWarAKrzywo	Warszawa	mazowieckie	0.10
10	PdBialWaszyn	Białystok	podlaskie	0.10
11	PkJasloSikor	Jasło	podkarpackie	0.10
12	PmGdaLecz08m	Gdańsk	pomorskie	0.26
13	PmKosTargo12	Kościerzyna	pomorskie	0.99
14	PmWejhPIWejh	Wejherowo	pomorskie	0.73
15	SlKatoKossut	Katowice	śląskie	0.70
16	WmOlsPuszkina	Olsztyn	warmińsko-mazurskie	0.18
17	WmPuszczaBor	Puszcza Borecka	warmińsko-mazurskie	0.07
18	WpPilaKusoci	Piła	wielkopolskie	1.81
19	ZpSzczAndr01	Szczecin	zachodniopomorskie	4.71

Uwaga – wyniki ze stanowisk tła pozamiejskiego zapisane są w tabeli *kursywą*, wartość najwyższa dla wszystkich stanowisk **czcionką pogrubioną**, wartość najniższa czcionką podkreśloną



Źródło danych: PMŚ - Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska - PIB

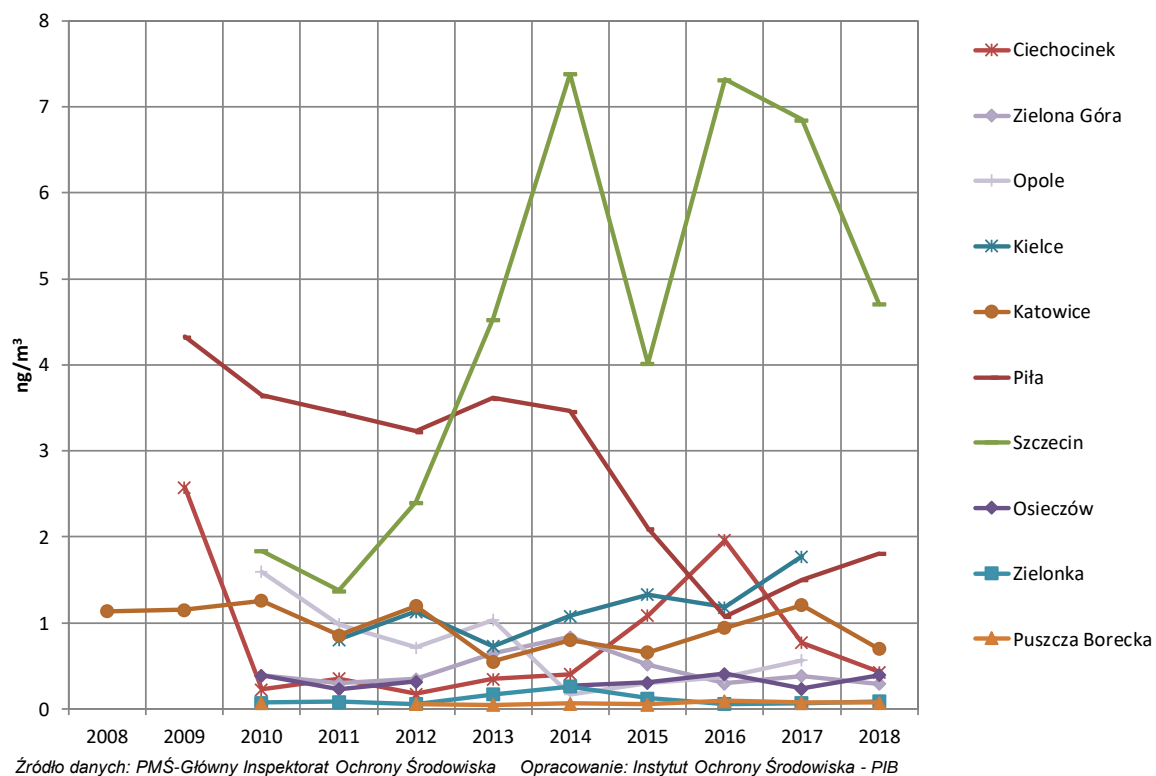
Rys. 4.6-3. Uśrednione stężenia średnie roczne DB(a,h)A ze stanowisk tła miejskiego (po jednym z każdego województwa) w latach 2012-2018

Na rys. 4.6-3 przedstawiono uśrednione w skali kraju stężenia średnie roczne DB(a,h)A w latach 2012-2018, uzyskane z pomiarów na od 13 do 16 stanowisk tła miejskiego (w zależności od dostępności wyników w danym roku). Uśrednione stężenie miało najwyższą wartość w 2014 r. - co miało związek się z wysokimi stężeniami na stanowiskach w Szczecinie i Pile w tym roku (rys. 4.6-4). W 2018 r. wartość wskaźnika była niższa o 23% od wartości z roku poprzedniego i zarazem najniższa w wieloleciu 2012-2018.

Zmiany w wieloleciu średnich rocznych stężeń DB(a,h)A na poszczególnych stanowiskach (rys. 4.6-4) najczęściej znacznie odbiegają od przedstawionego na rys 4.6-3 przebiegu uśrednionych wartości stężeń średnich rocznych, zarówno w zakresie wartości stężeń, jak i stopnia i kierunku zmian stężeń S_a . W niektórych przypadkach zmiany stężeń średnich rocznych z roku na rok przekraczają $\pm 50\%$.

Jedynie w przypadku stacji w Szczecinie zmiany stężenia średniego rocznego DB(a,h)A odpowiadają w przybliżeniu zmianom wartości wskaźnika obliczanego na podstawie wyników z 13-16 stacji. Zgodność ta wynika z faktu, że stężenia średnie roczne na stanowisku w Szczecinie są wyraźnie wyższe (od kilku do przeszło stu razy) niż na innych stacjach i w rezultacie mają największy wpływ na wartość uśrednionego stężenia i na jego zmiany w kolejnych latach.

Na rys. 4.6-4 przedstawiono stężenia średnie roczne DB(a,h)A uzyskane z pomiarów na wybranych stanowiskach tła miejskiego, na trzech stanowiskach tła pozamiejskiego i jednym tła podmiejskiego, w latach 2008-2018. Stężenia na niektórych stanowiskach zmieniały się z roku na rok nawet o przeszło 50%. Po spadkach stężeń w jednym roku w stosunku do poprzedniego, w następnym roku występowały wzrosty stężeń itp. Dla większości stanowisk trudno jest określić stały trend dla całego okresu pomiarowego przedstawionego na wykresie. Na stanowiskach znajdujących się w różnych miastach, zmiany stężeń obserwowane z roku na rok mogą wykazywać odwrotny kierunek (np. Piła i Kielce dla lat 2011-2016) – brak jest jednoznacznej tendencji dla wszystkich stacji w kraju lub w regionie (związanej np. z warunkami meteorologicznymi). W 2018 r. na 4 z 8 stacji, z których wyniki prezentowane są na wykresie, stężenia średnie roczne były niższe o więcej niż 10% w stosunku do stężeń z roku ubiegłego, na 3 wyższe. Na jednym stanowisku stężenie S_a było zbliżone do stężenia z roku poprzedniego (różnica stężeń S_a mniejsza niż $\pm 10\%$).



Rys. 4.6-4. Stężenia średnie roczne dibenzo(a,h)antracenu DB(a,h)A w latach 2008-2018 na stanowiskach tła miejskiego, podmiejskiego (Ciechocinek) oraz na stanowiskach tła pozamiejskiego (w Osieczowie, Zielonce i Puszczy Boreckiej)

4.7 Stężenia indeno(1,2,3-cd)pirenu

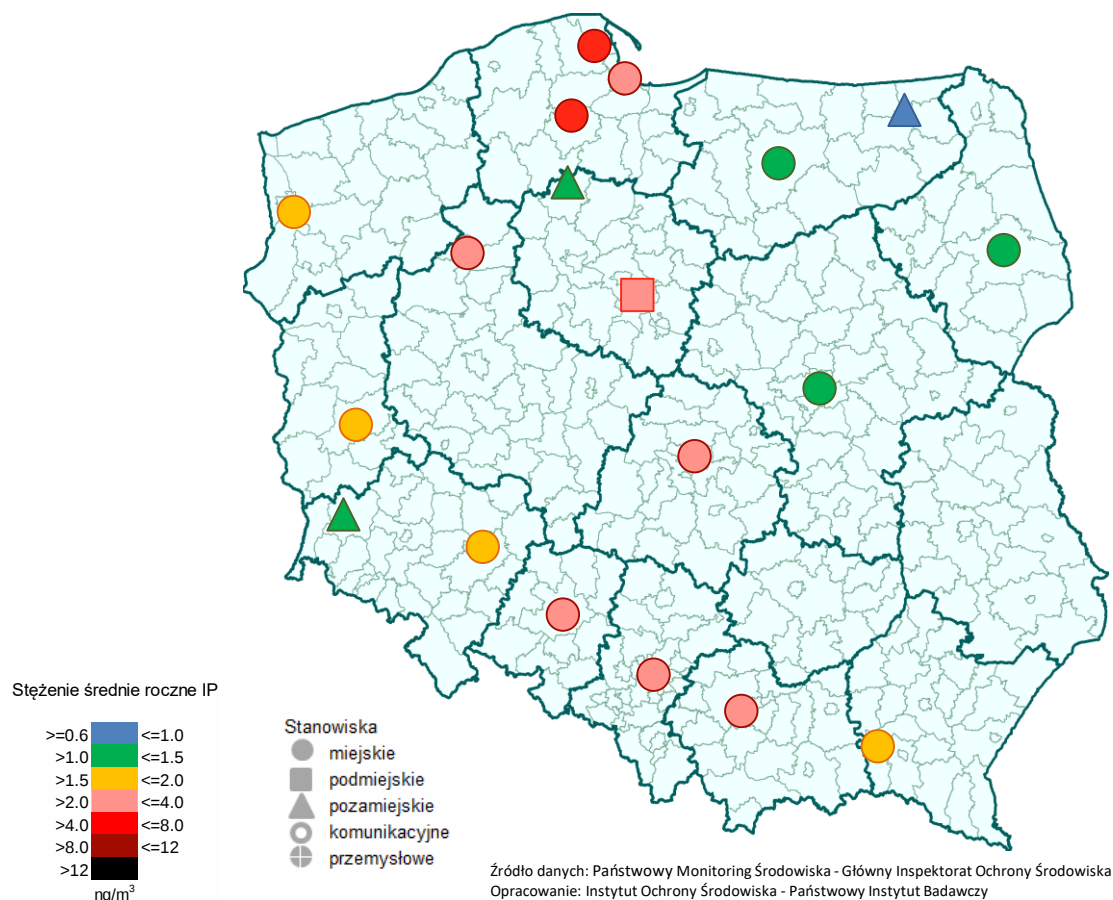
Pomiary stężeń indeno(1,2,3-cd)pirenu (IP) w 2018 r. prowadzone były na 23 stanowiskach w kraju. W ocenie wykorzystano wyniki z 19 stanowisk.

Stężenia średnie roczne IP przedstawione zostały na mapie na rys. 4.7-1, na rys. 4.7-2 i w tabeli 4.7-1. Przebieg stężeń IP w 2018 r. na poszczególnych stanowiskach przedstawiono na rys. 4.7-2.

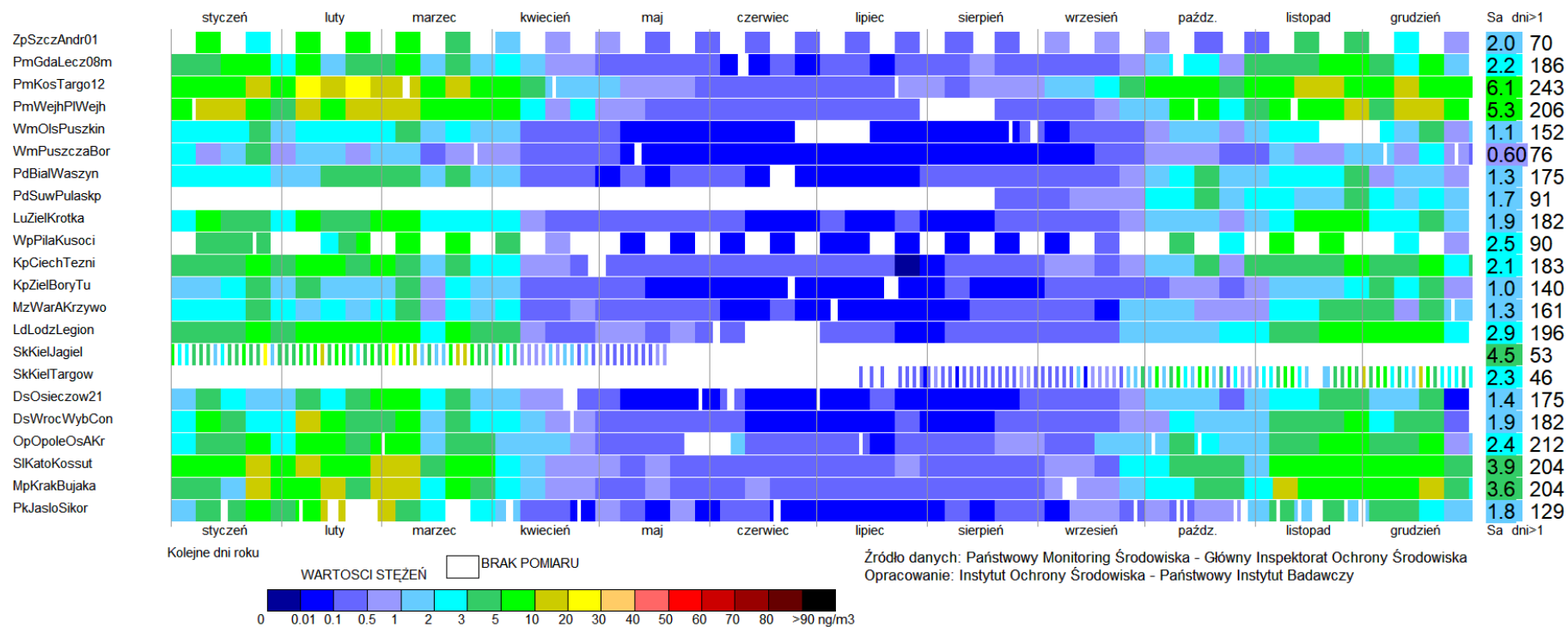
Najniższe stężenia średnie roczne IP uzyskano na stacji w Puszczy Boreckiej (0.60 ng/m^3), a na stanowiskach tła miejskiego – w Olsztynie (1.15 ng/m^3). Na 9 z 19 stacji w kraju stężenia średnie roczne były wyższe od 1.99 ng/m^3 . Wyniki takie uzyskano na stacjach zlokalizowanych w 9 miastach (w tym na stanowisku podmiejskim w Ciechocinku), w 7 województwach (rys. 4.7-2).

Średnia arytmetyczna ze stężeń średnich rocznych dla wszystkich stanowisk w kraju uwzględnionych w analizach wynosiła 2.40 ng/m^3 . Średnia arytmetyczna ze stężeń średnich rocznych na stanowiskach tła miejskiego i podmiejskiego wynosiła 2.66 ng/m^3 .

W 2018 r. najwyższe stężenie średnie roczne S_a zanotowano na stacji tła miejskiego w Kościerzynie w woj. pomorskim (6.11 ng/m^3).



Rys. 4.7-1. Stężenia średnie roczne indeno(1,2,3-cd)pirenu (IP) w 2018 r. [ng/m^3]



Rys. 4.7-2. Przebieg stężeń indeno(1,2,3-cd)pirenu (IP) w 2018 r. oraz stężenie średnie roczne Sa na stanowiskach, z których wyniki wykorzystano w ocenie (dwie pierwsze litery w kodzie stanowisk to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Pm - pomorskie, Kp – kujawsko-pomorskie itd.)

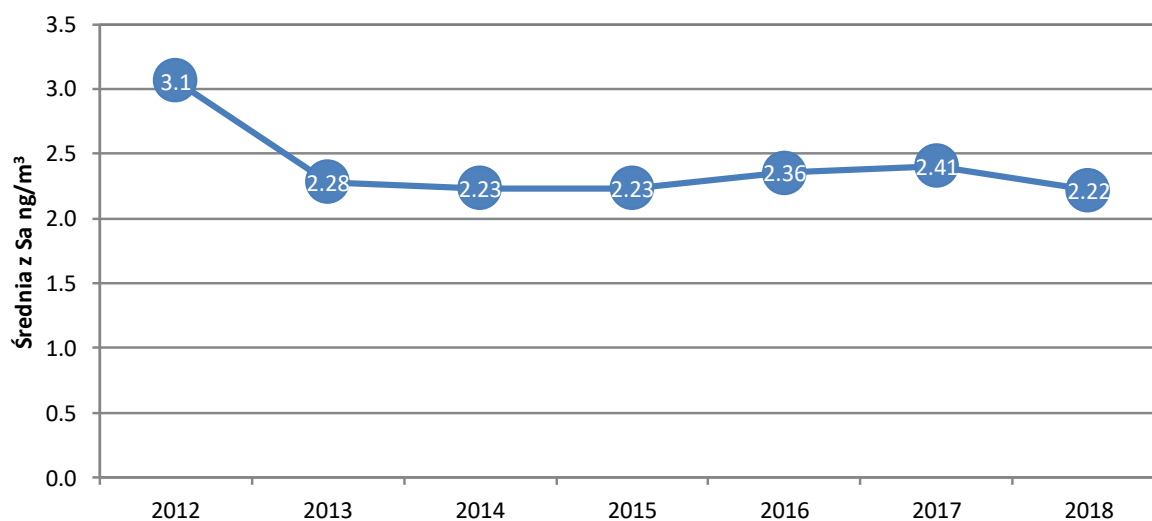
Tabela 4.7-1. Stężenia średnie roczne indeno(1,2,3-cd)pirenu (IP) w 2018 r.

Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.

Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Lp.	Kod stanowiska	Miejscowość	Województwo	Stężenie średnie roczne dibenzo(a,h)antracenu [ng/m ³]
1	DsOsieczow21	Osieczów	dolnośląskie	<i>1.43</i>
2	DsWrocWybCon	Wrocław	dolnośląskie	1.94
3	KpCiechTezni	Ciechocinek	kujawsko-pomorskie	2.15
4	KpZielBoryTu	Zielonka	kujawsko-pomorskie	<i>1.00</i>
5	LdLodzLegion	Łódź	łódzkie	2.94
6	LuZielKrotka	Zielona Góra	lubuskie	1.94
7	MpKrakBujaka	Kraków	małopolskie	3.62
8	MzWarAKrzywo	Warszawa	mazowieckie	1.25
9	OpOpoleOsAKr	Opole	opolskie	2.43
10	PdBialWaszyn	Białystok	podlaskie	1.33
11	PkJasloSikor	Jasło	podkarpackie	1.79
12	PmGdaLecz08m	Gdańsk	pomorskie	2.23
13	PmKosTargo12	Kościerzyna	pomorskie	6.11
14	PmWejhPIWejh	Wejherowo	pomorskie	5.31
15	SlKatoKossut	Katowice	śląskie	3.89
16	WmOlsPuszkIn	Olsztyn	warmińsko-mazurskie	1.15
17	WmPuszczaBor	Puszcza Borecka	warmińsko-mazurskie	<u>0.60</u>
18	WpPilaKusoci	Piła	wielkopolskie	2.47
19	ZpSzczAndr01	Szczecin	zachodniopomorskie	1.99

Uwaga – wyniki ze stanowisk tła pozamiejskiego zapisane są w tabeli *kursywą*, wartość najwyższa dla wszystkich stanowisk **czcionką pogrubioną**, wartość najniższa czcionką podkreśloną



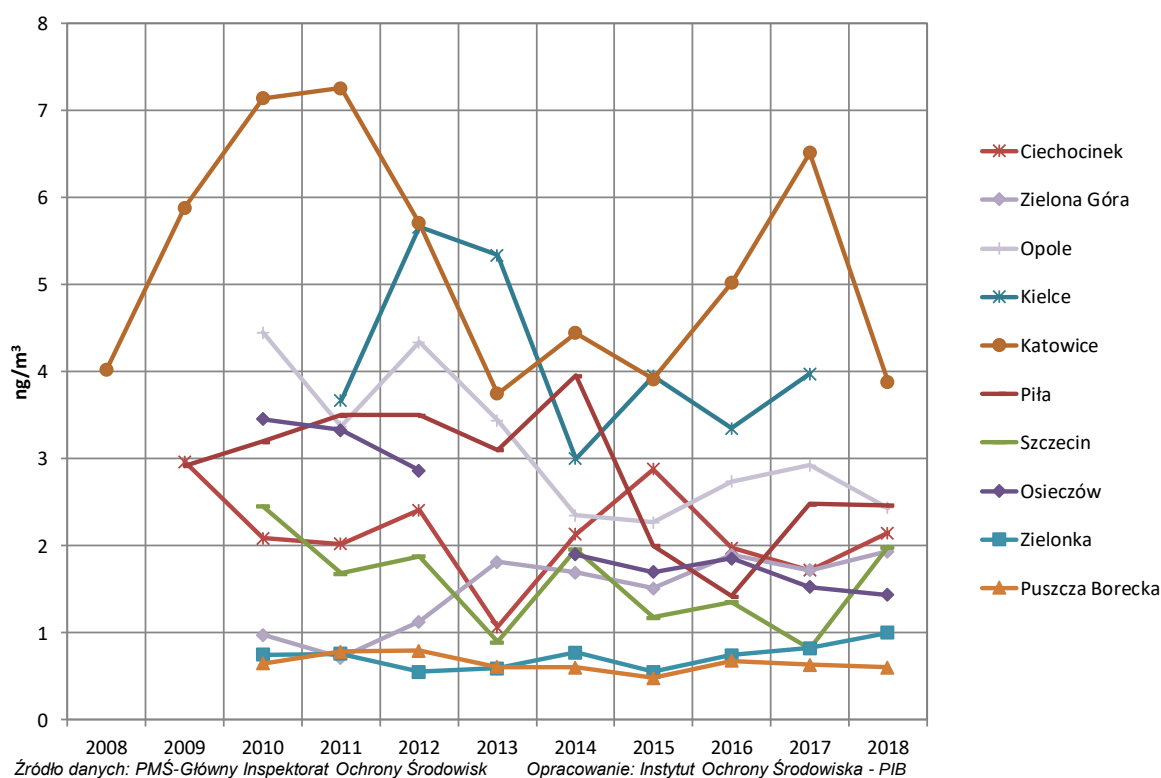
Źródło danych: PMŚ - Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska - PIB

Rys. 4.7-3. Uśrednione stężenia średnie roczne IP ze stanowisk tła miejskiego (nie więcej niż po jednym stanowisku z województwa) w latach 2012-2018

Na rys. 4.7-3 przedstawiono stężenia średnie roczne IP uśrednione z 12 do 16 stanowisk tła miejskiego (w zależności od dostępności wyników w danym roku). Uśrednione stężenie miało najwyższą wartość w 2012 r. W 2013 r. nastąpił spadek wskaźnika. W latach 2013-2015 uśrednione stężenie utrzymywało się na tym samym poziomie, w latach 2016 i 2017 r. wartość wskaźnika zwiększała się co roku o kilka procent, w 2018 r. obniżyła się do wartości minimalnej dla całego okresu 2012-2018.

Zmiany w wieloleciu średnich rocznych stężeń IP na poszczególnych stanowiskach (rys. 4.7-4) najczęściej znacznie odbiegają od przedstawionego na rys. 4.7-3 przebiegu uśrednionych wartości stężeń średnich rocznych, zarówno w zakresie wartości stężeń, jak i stopnia i kierunku zmian stężeń Sa.

Na rys. 4.7-4 przedstawiono stężenia średnie roczne indeno(1,2,3-cd)pirenu (IP) na wybranych stanowiskach tła miejskiego (i podmiejskiego dla Ciechocinka) oraz na trzech stanowiskach tła pozamiejskiego, w latach 2008-2018. Stężenia na poszczególnych stanowiskach zmieniały się w kolejnych latach, nie wykazując stałych tendencji wzrostowych lub spadkowych w całym okresie pomiarowym uwzględnionym w analizie. W 2018 r. na 2 z 9 stacji, z których wyniki prezentowane są na wykresie, stężenia średnie roczne były niższe o więcej niż 10% w stosunku do stężeń z roku ubiegłego, na 4 wyższe. Na 3 stanowiskach stężenia Sa były zbliżone do stężeń z roku poprzedniego (różnica stężeń Sa mniejsza niż $\pm 10\%$).



Rys. 4.7-4. Stężenia średnie roczne indeno(1,2,3-cd)pirenu (IP) w latach 2008-2018 na stanowiskach tła miejskiego, podmiejskiego (Ciechocinek) oraz na stanowiskach tła pozamiejskiego (w Osieczowie, Zielonke i Puszczy Boreckiej)

5. Wnioski

1. W Polsce notowane są wysokie stężenia wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych WWA. Jedynym zanieczyszczeniem w tej grupie, dla którego w prawie krajowym i unijnym określono stężenie dopuszczalne jest benzo(a)piren (wartością normatywną jest poziom docelowy, wynoszący 1 ng/m^3 dla stężenia średniego rocznego). Stężenia benzo(a)pirenu (B(a)P) traktowane są jako wskaźnik zanieczyszczenia powietrza WWA. W roku 2018 poziom docelowy B(a)P przekroczony był na 130 ze 137 stanowisk w kraju, w tym na 119 spośród 122 stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Uśrednione stężenie średnie roczne B(a)P dla wszystkich stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego w 2018 r. wynosiło 4.49 ng/m^3 , było więc przeszło czterokrotnie wyższe od wartości poziomu docelowego. Na 3% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego stężenie średnie roczne B(a)P ponad dziesięciokrotnie przewyższało poziom docelowy.
2. Stężenia B(a)P w Polsce od wielu lat utrzymują się na wysokim poziomie. Najwyższe wartości uśrednionego stężenia B(a)P na stacjach tła miejskiego i podmiejskiego wystąpiły w 2010 i 2012 r. Wartości te przekraczały wówczas około sześciokrotnie poziom docelowy. W latach 2013-2018 stężenia były niższe niż w 2012 r., ale w dalszym ciągu uśrednione wartości stężeń średnich rocznych B(a)P w latach 2012-2017 około pięciokrotnie przekraczały poziom docelowy, w 2018 r. 4.5 krotnie.
3. Zmiany średnich rocznych stężeń WWA, na poszczególnych stanowiskach pomiarowych z reguły nie wykazują jednolitych tendencji w całym okresie objętym badaniami. W 2018 r. uśrednione w skali kraju średnie roczne stężenia wszystkich siedmiu WWA były niższe niż rok wcześniej.
4. Stężenia wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, w tym B(a)P, są w Polsce znacznie wyższe niż w większości innych krajów europejskich.
5. W skali kraju, największe ilości WWA emitowane jest z kotłów i pieców na paliwa stałe służących do ogrzewania budynków i zaspokojenia innych potrzeb bytowych. Szacuje się, że ta kategoria źródeł emisji była odpowiedzialna za 84% całkowitej emisji WWA i 79% emisji B(a)P z terenu Polski w 2017 r. (KOBiZE 2019). Źródła emisji tej kategorii występują powszechnie na terenie całego kraju. Z uwagi na małą wysokość kominów odprowadzających spaliny z tych źródeł, emisja WWA z tej kategorii źródeł jest odpowiedzialna w największym stopniu za występowanie wysokich stężeń WWA na dużym obszarze kraju na terenach zamieszkałych. Dotyczy to nie tylko dużych miast i aglomeracji, ale także mniejszych miast, miejscowości i wsi zabudowanych budynkami ogrzewanymi indywidualnie. Poprawa jakości powietrza w zakresie WWA (i jednocześnie w zakresie pyłu PM₁₀ i PM_{2.5}) wymaga zatem podejmowania i prowadzenia działań zmierzających do ograniczenia emisji WWA związanej z indywidualnym ogrzewaniem budynków. Do działań takich należą m.in.: rozbudowa miejskich systemów sieci ciepłych; zmiana źródła ciepła w indywidualnych instalacjach - z paliw stałych na gaz, olej opałowy lub elektryczność; zastosowanie pomp ciepła

i paneli słonecznych; termomodernizacja budynków; zamiana starych pieców na nowe - niskoemisyjne, o wysokiej sprawności cieplnej i niskich wskaźnikach emisji pyłu i WWA; zakaz dystrybucji i stosowania paliw stałych o niskiej jakości; edukacja społeczeństwa w zakresie zagrożeń związanych z zanieczyszczeniem powietrza i wpływu niewłaściwych zachowań na jego jakość.

Bibliografia

1. Poland's informative inventory report 2019 Submission under the UN ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, KOBIZE, 2019
2. KOBiZE 2019, Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2015 – 2017 w układzie klasyfikacji SNAP. Raport syntetyczny. KOBiZE 2019
3. European Union emission inventory report 1990–2017 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP), EEA 2019
4. Dyrektywa 2008/50/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy (Dz. Urz. UE L. 152 z 11.06.2008, str.1)
5. Dyrektywa Komisji (UE) 2015/1480 z dnia 28 sierpnia 2015 r. zmieniająca niektóre załączniki do dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE i 2008/50/WE ustanawiających przepisy dotyczące metod referencyjnych, zatwierdzania danych i lokalizacji punktów pomiarowych do oceny jakości powietrza (Dz. Urz. UE L. 226 z 29.08.2015, str.4)
6. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 18 września 2012 r. poz. 1031)
7. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 11 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. 1118/2018)
8. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 16/2010 poz. 87)
9. Air quality in Europe – 2019 report, European Environment Agency, 2019
10. GIOŚ 2019, „Ocena jakości powietrza w strefach w Polsce za rok 2018”; praca wykonana na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska przez Instytut Ochrony Środowiska – PIB, autorzy: Kobus D., Iwanek J., Skotak K., Warszawa 2019
11. GIOŚ 2018, „Jakość powietrza w Polsce w roku 2018 w świetle wyników pomiarów prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska”; praca wykonana na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska przez Instytut Ochrony Środowiska – PIB, autorzy: Iwanek J., Kobus D., Skotak K. Warszawa 2019
12. GIOŚ 2018, „Zanieczyszczenie powietrza wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi na stacjach tła miejskiego w 2017 roku” praca wykonana na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska przez Instytut Ochrony Środowiska – PIB, autorzy: Iwanek J., Kobus D., Mitosek G., Warszawa 2018
13. Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 12 sierpnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów (Dz. U. 1806/2019)