

INSPEKCJA OCHRONY ŚRODOWISKA

Ocena zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi i wwa oraz ocena składu pyłu PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego w Polsce w latach 2010-2011

Warszawa 2012

Opracowanie wykonano na podstawie wyników Państwowego Monitoringu Środowiska na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym (przez zespół w składzie: Anna Degórska, Zdzisław Prządka, Krzysztof Skotak, Tomasz Śnieżek).

*Przy cytowaniu danych należy podawać źródło danych:
Państwowy Monitoring Środowiska - Inspekcja Ochrony Środowiska*

Spis treści:

1.	Wprowadzenie	3
2.	Założenia, kryteria i oznaczenia	4
3.	Struktura emisji w Polsce	8
4.	Opis stacji	12
5.	Charakterystyka warunków meteorologicznych	16
6.	Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach tła	23
6.1.	Zanieczyszczenia zawarte w pyłe PM10	23
6.1.1.	Pył PM10	24
6.1.2.	Metale ciężkie w pyłe PM10	27
6.1.3.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyłe PM10	33
6.2.	Zanieczyszczenia zawarte w pyłe PM2,5	43
6.2.1.	Pył PM2,5	43
6.2.2.	Skład pyłu PM2,5	46
6.3.	Udział pyłu PM2,5 w pyłe PM10	60
6.4.	Depozycja zanieczyszczeń do podłoża	62
6.4.1.	Metale ciężkie	62
6.4.2.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	69
7.	Ocena zanieczyszczenia powietrza na tle wyników z innych krajów	81
7.1.	Zanieczyszczenia zawarte w pyłe PM10	81
7.1.1.	Pył PM10	81
7.1.2.	Metale ciężkie w pyłe PM10	83
7.1.3.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyłe PM10	89
7.2.	Zanieczyszczenia zawarte w pyłe PM2,5	97
7.2.1.	Pył PM2,5	97
7.2.2.	Jony zawarte w pyłe PM2,5	99
7.3.	Udział pyłu PM2,5 w pyłe PM10	107
7.4.	Depozycja zanieczyszczeń do podłoża	109
7.4.1.	Metale ciężkie	109
7.4.2.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	112
8.	Podsumowanie	117

1. Wprowadzenie

Niniejszy raport opracowany został w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie w ramach umowy „Ocena zanieczyszczenia powietrza As, Cd, Ni i WWA oraz ocena składu pyłu PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego w Polsce w latach 2010-2011” (Umowa nr 18/2012/B z dnia 19.07.2012) z Głównym Inspektorem Ochrony Środowiska w Warszawie.

Jest to pierwsze tego typu opracowanie przedstawiające wyniki pomiarów pyłowych zanieczyszczenia powietrza oraz depozycję do podłoża na stacjach pozamiejskich tła regionalnego w Polsce, funkcjonujących w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska.

Celem raportu była analiza i ocena stopnia zanieczyszczenia powietrza na wybranych stacjach w Polsce w latach 2010 i 2011. Uzyskane wyniki z roku 2010 porównano z dostępnymi wynikami pomiarów wykonywanych na stacjach pozamiejskich funkcjonujących w Europie.

Wszystkie dane poddano ocenie i weryfikacji. Przyjęte w raporcie kryteria selekcji danych, zgodne m.in. z obowiązującymi przepisami prawnymi, omówiono w odrębnym rozdziale. Ocenę wykonano dla trzech grup zanieczyszczeń:

- pyłu zawieszonego PM₁₀ (o średnicy aerodynamicznej ziaren poniżej 10 µm) oraz zawartych w nim metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych,
- pyłu zawieszonego PM_{2,5} (o średnicy aerodynamicznej ziaren poniżej 2,5 µm) oraz zawartych w nim jonów oraz węgla elementarnego i organicznego,
- depozycji (ładunku) zanieczyszczeń do podłoża w zakresie metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych.

W opracowaniu skupiono się przede wszystkim na porównaniu wyników uzyskiwanych na poszczególnych stacjach w roku 2011, które odniesiono do roku poprzedniego. Wyjątek stanowią przedstawione w opracowaniu porównania w skali Europy, gdzie analizy przeprowadzono tylko dla roku 2010.

Zmienność stężeń w skali roku na poszczególnych stacjach w Polsce przedstawiono na podstawie obliczonych parametrów miesięcznych (stężeń średnich miesięcznych lub sumy ładunku do podłoża) dla roku 2011. Porównanie wyników w latach 2010 i 2011 przedstawiono na podstawie analizy wartości stężeń średnich rocznych oraz sumarycznych ładunków analizowanych składników. W przypadku zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM_{2,5} oraz pyłem PM₁₀ oraz zawartymi w nim metalami ciężkimi (arsenem, kadmem, niklem i ołowiem) i benzo(a)pirenem, wyniki porównano z obowiązującymi wartościami normatywnymi.

Ocenę przeprowadzono z uwzględnieniem zmienności czasowej i przestrzennej parametrów meteorologicznych na wybranych stacjach osłonowych zlokalizowanych najbliżej omawianych w opracowaniu stacji pozamiejskich. Dodatkowo, w celu scharakteryzowania emisji w Polsce mającej wpływ na oznaczane na stacjach monitoringu zanieczyszczenia powietrza, w opracowaniu przedstawiono również analizę w tym zakresie.

2. Założenia, kryteria i oznaczenia

Ocenę zanieczyszczenia powietrza oraz ładunku do podłoża przeprowadzono dla czterech stacji pozamiejskich tła, będących elementem koordynowanego przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ) Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ): Osieczów, Puszcza Borecka, Zielonka i Złoty Potok oraz podmiejskiej stacji monitorującej transgraniczny napływ zanieczyszczeń - Godów. Krótką charakterystykę stacji wraz z podaniem kodów funkcjonujących w ramach PMŚ oraz Europejskiej Sieci Informacji i Obserwacji Środowiska EIONET (European Environment Information and Observation Network) przedstawiono w rozdziale 4.

Analizę struktury emisji zanieczyszczeń monitorowanych na stacjach pozamiejskich tła regionalnego wykonano dla roku 2010 (najbardziej aktualnych danych w zakresie inwentaryzacji).

Podstawą oceny warunków meteorologicznych w Polsce były wyniki obserwacji temperatury, opadu atmosferycznego, wilgotności powietrza i prędkości wiatru prowadzone na pięciu stacjach synoptycznych (Bydgoszcz, Częstochowa, Katowice, Suwałki i Wrocław) zlokalizowanych w regionach, w których funkcjonują omawiane stacje tłowe. Przy ocenie warunków meteorologicznych uwzględniono cyrkulacje atmosferyczne. Wszystkie dane uzyskano z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie.

Przedstawione w raporcie analizy dla stacji pozamiejskich tła regionalnego wykonano dla:

- pyłu zawieszonego PM₁₀,
- metali ciężkich arsenu, kadmu, niklu i ołowiu oznaczanych w pyłe zawieszonym PM₁₀,
- wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych: benzo(a)pirenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(j)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, indeno(1,2,3-cd)pirenu oraz dibenzo(a,h)antracenu oznaczanych w pyłe zawieszonym PM₁₀,
- pyłu zawieszonego PM_{2,5}.
- jonów siarczanowych, azotanowych, chlorkowych, magnezowych, wapniowych sodowych, potasowych i amonowych oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5},
- węgla elementarnego oraz węgla organicznego oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5},
- metali ciężkich: arsenu, kadmu, niklu w depozycji całkowitej,
- wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych: benzo(a)pirenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(j)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, indeno(1,2,3-cd)pirenu oraz dibenzo(a,h)antracenu oznaczane w depozycji całkowitej.

Uzyskane na poszczególnych stacjach wyniki odniesione zostały do wartości dopuszczalnych i poziomów docelowych określonych dla kryterium ochrony zdrowia w *Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu* (Dz. U. z 2012, poz. 2031). Dotyczy to pyłu zawieszonego PM₁₀ oraz zawartych w nim Ni, As, Cd i Pb oraz B(a)P oraz pyłu zawieszonego PM_{2,5}.

W ocenie przeprowadzonej w opracowaniu uwzględniono tylko te serie pomiarowe, które spełniały kryteria minimalnej kompletności serii i minimalnego pokrycia czasu roku,

określone w *Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu* (Dz. U. z 2012, poz. 2032).

Istnieje wiele metod obliczenia udziału pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe PM₁₀. Do najczęściej stosowanych należą:

- metoda obliczenia stosunku PM_{2,5} i PM₁₀ na podstawie średnich stężeń (rocznych, sezonowych, miesięcznych). Metoda ta umożliwia obliczenie udziału bez względu na liczbę wyników pomiarów oraz nie wymaga danych PM_{2,5} i PM₁₀ uzyskanych w te same dni;
- metoda uśredniania stosunku obliczonego dla każdej doby. Metoda ta wymaga uwzględniania jedynie wyników, gdzie wyniki stężeń dla pyłu PM_{2,5} i PM₁₀ są dostępne dla danej doby. Przy założeniu pełnej kompletności serii pomiarowych oraz niewielkich różnic sezonowych, wyniki uzyskane obiema metodami powinny być zbliżone;

W opracowaniu, dla porównania, udział obliczono obiema metodami.

Podstawą oceny jakości powietrza w Polsce na tle wyników europejskich były wyniki pomiarów zgromadzone w bazie AirBase, prowadzonej przez Europejską Agencję Środowiska (EAŚ). Do oceny w skali Europy wybrano wszystkie stacje pozamiejskie tła, na których w roku 2010 (ostatnim, dla którego w bazie były dostępne dane) prowadzono pomiary danego zanieczyszczenia. Do analizy wybrano tylko te stanowiska pomiarowe, które spełniały warunki kompletności serii i minimalnego pokrycia danymi w roku. W opracowaniu przyjęto założenie, że wszystkie wyniki w bazie AirBase są zweryfikowane. Wyjątek stanowiły ewidentne pomyłki zapisu stężeń w jednostkach (pomiędzy ng/m³ i µg/m³), które zweryfikowano dla pojedynczych zanieczyszczeń na 2 stacjach, po jednej w Niemczech oraz w Słowenii. W analizach uwzględniono zarówno źródłowe wyniki pomiarów dla różnych czasów uśredniania, jak i obliczone przez EAŚ parametry statystyczne. W przypadku zawartych w bazie danych wyników pomiarów 1-godzinnych, wszystkie stężenie przeliczono do wartości dobowych. Tak przygotowane serie stanowiły podstawę obliczenia określonych parametrów statystycznych. Podobną zasadę przyjęto przy wykorzystaniu obliczonych przez EAŚ parametrów statystycznych na danej stacji. W przypadku podania przez EAŚ parametrów statystycznych dla czasu uśredniania 1-godzina i doba, do analiz wybierano statystyki obliczone na podstawie danych uśrednionych do doby.

Dla każdego kraju, oddzielnie dla każdego zanieczyszczenia, podano wartość średnią w skali kraju oraz średni ładunek zanieczyszczeń do podłoża, obliczone na podstawie wartości średnich rocznych i ładunku uzyskanych na poszczególnych stacjach pomiarowych. Wartości minimalne i maksymalne odnoszą się do pojedynczej stacji.

W przypadku określenia udziału pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ uwzględniono serie danych ze stacji, na których wykonywano równoległe pomiary obu rodzajów pyłu.

Wyniki pomiarów depozycji w bazie AirBase przechowywane są w postaci ładunku przeliczonego na dzień (µg/m²/dzień). Oznacza to w praktyce podawanie wartości średnich dobowych w okresie podstawowego czasu uśredniania, tj. roku, miesiąca, dwóch tygodni, tygodnia oraz wartości losowych. Poprawne obliczenie rocznego ładunku do podłoża lub dobowego ładunku w skali roku wymagało przeliczenia wszystkich wyników znajdujących się w bazie AirBase. Warto podkreślić, że dla depozycji EAŚ podaje w ramach swoich statystyk roczne wartości jako średnie arytmetyczne (np. na jednej stacji podaje się średnią z 12 miesięcznych średnich dobowych wartości, na innej z 52 tygodniowych średnich dobowych i porównuje się z wartością średnią dobową podawaną jako 1 wynik roczny). Niestety, tak

obliczane parametry statystyczne w skali roku nie tylko obarczone są błędem, ale w praktyce stają się nieporównywalne.

W związku z powyższym, wszystkie dane dotyczące depozycji zawarte w bazie AirBase zostały ponownie przeliczone (dotyczyło to również stacji polskich). Wyniki średnie dobowe w okresie uśredniania przeliczono na sumę ładunku w danym okresie z uwzględnieniem liczby dni. Tak uzyskane wyniki zsumowano uzyskując wartości depozycji do podłoża. Wskaźnik wartości średnie dobowej depozycji obliczono na podstawie sumarycznego ładunku i liczby dni objętych pomiarami.

Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto następujące skróty i oznaczenia (używane najczęściej w tabelach i na rysunkach):

Sa – stężenie średnie roczne,

Da – wartość normatywna (w zależności od zanieczyszczenia poziom dopuszczalny bądź poziom docelowy) dla stężenia średniego rocznego,

S24 – stężenie średnie dobowe (w przypadku udziału pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ – wartość uśredniona z obliczonych udziałów dla każdej doby),

D24 – dobową wartość normatywną dla pyłu PM₁₀,

ładunek – sumaryczna depozycja do podłoża,

Min – wartość minimalna w kraju (np. Sa lub ładunku), obserwowana na pojedynczej stacji,

Max – wartość maksymalna w kraju (np. Sa lub ładunku), obserwowana na pojedynczej stacji,

Śred – wartość średnia w skali kraju (np. Sa lub ładunku), obliczona jako średnia arytmetyczna z pojedynczych stacji,

Ssezon – wartość średnia obliczona dla sezonu ciepłego, chłodnego lub roku (np. do obliczenia udziału pyłu PM_{2,5} w PM₁₀),

Sm – wartość stężenia uśrednionego w poszczególnych miesiącach lub sumaryczna miesięczna depozycja,

AirBase – baza danych Europejskiej Agencji Środowiska.

Kody krajów wg ISO:

AT - Austria

BE - Belgia

BG - Bułgaria

CH - Szwajcaria

CY - Cypr

CZ - Czechy (Republika Czeska)

DE - Niemcy

DK - Dania

EE - Estonia

ES - Hiszpania

FI - Finlandia

FR - Francja

GB - Wielka Brytania

HU - Węgry

IE - Irlandia

IS - Islandia

IT - Włochy

LT - Litwa
LU - Luksemburg
LV - Łotwa
MT - Malta
NL - Holandia
NO - Norwegia
PL - Polska
PT - Portugalia
RO - Rumunia
SE - Szwecja
SI - Słowenia
SK - Słowacja (Republika Słowacji)

Zanieczyszczenia:

Pyły:

pył PM10 - pył zawieszony o średnicy aerodynamicznej ziaren poniżej 10 µm,

pył PM2,5 - pył zawieszony o średnicy aerodynamicznej ziaren poniżej 2,5 µm.,

Metale ciężkie:

As - arsen

Cd - kadm

Ni - nikiel

Pb – ołów

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne:

B(a)P - benzo(a)piren

B(a)A - benzo(a)antracen

B(b)F - benzo(b)fluoranten

B(j)F - benzo(j)fluoranten

B(k)F - benzo(k)fluoranten

I(1,2,3-cd)P - indeno(1,2,3-cd)piren

D(a,h)A - dibenzo(a,h)antracen

Węgiel:

EC - węgiel elementarny

OC - węgiel organiczny

Jony:

SO₄²⁻ - jon siarczanowy

NO₃⁻ - jon azotanowy

Cl⁻ - jon chlorkowy

Mg²⁺ - jon magnezowy

Ca²⁺ - jon wapniowy

Na⁺ - jon sodowy

K⁺ - jon potasowy

NH₄⁺ - jon amonowy

3. Struktura emisji w Polsce

Pył to zanieczyszczenie pochodzące zarówno ze źródeł antropogenicznych, jak i naturalnych. Bezpośrednio emitowany do atmosfery jest pył pierwotny; natomiast pył tworzony w wyniku reakcji i przemian chemicznych jego prekursorów (związków siarki i azotu oraz lotnych związków organicznych) jest w powietrzu zanieczyszczeniem wtórnym.

W niniejszym rozdziale przedstawiono informacje o emisji pierwotnej pyłu PM₁₀ i PM_{2,5}, prekursorów pyłu drobnego oraz składników oznaczanych w pyłe PM₁₀ i opadach na stacjach tła regionalnego: metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych. Zaprezentowano dane z roku 2010, jako ostatnie dostępne. Pochodzą one z Raportu *Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2009-2010 w układzie klasyfikacji SNAP i NFR*¹.

W roku 2010 krajowa emisja pierwotna pyłu PM₁₀ wyniosła 279,5 Gg, a pyłu PM_{2,5} – 137,1 Gg. W tabeli 3.1. zestawiono wielkości emisji z głównych sektorów pyłu.

Tab. 3.1. Emisja pyłu PM₁₀ i PM_{2,5} w Polsce z głównych sektorów w 2010 roku

Źródła emisji	PM ₁₀	PM _{2,5}
	[Gg]	[Gg]
Procesy spalania w sektorze produkcji i transformacji energii	28,34	14,34
Procesy spalania poza przemysłem	158,11	68,30
Procesy spalania w przemyśle	12,98	7,20
Procesy produkcyjne	11,67	6,46
Wydobycie i dystrybucja paliw kopalnych	13,69	1,37
Zastosowanie rozpuszczalników i innych produktów	-	-
Transport drogowy	25,14	22,44
Inne pojazdy i urządzenia	9,38	9,38
Zagospodarowanie odpadów	8,29	5,23
Rolnictwo	9,92	0,45
Inne źródła emisji i pochłaniania	1,95	1,95
Suma	279,47	137,12

Udział emisji z poszczególnych sektorów w emisji pyłu dla frakcji PM_{2,5} i PM₁₀ zaprezentowano na rysunku 3.1.

Dominującym sektorem w krajowej emisji pierwotnej pyłu poza przemysłem jest spalanie, głównie w sektorze komunalnym i mieszkaniowym. W roku 2010 z tego sektora pochodziło 57% pyłu PM₁₀ i 50% pyłu drobnego PM_{2,5}. Na kolejnych miejscach – ze znacznie mniejszym udziałem w całkowitej emisji pyłu PM₁₀ – znalazły się procesy spalania w sektorze produkcji i transformacji energii (10%) i transport drogowy (9%). W emisji pyłu PM_{2,5} drugie miejsce zajmował w 2010 roku transport drogowy (17% całkowitej emisji pyłu PM_{2,5}), a trzecie procesy spalania w sektorze produkcji i transformacji energii (11%).

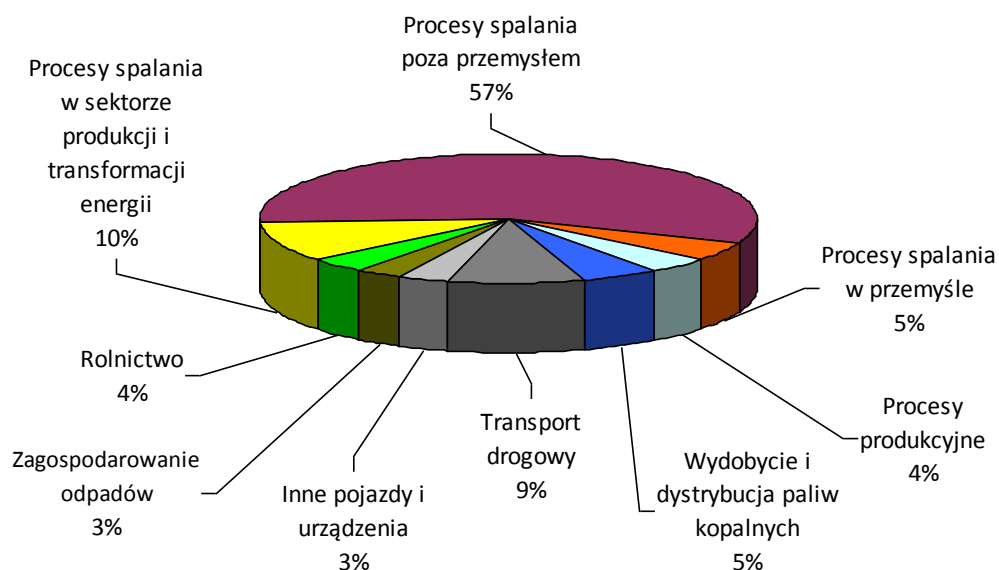
Biorąc pod uwagę emisję pyłu w roku 2010 z zakładów szczególnie uciążliwych dla czystości powietrza należy stwierdzić, że 21% emisji krajowej z tego typu zakładów ma źródło w województwie śląskim². Na kolejnych miejscach znajdują się województwa: wielkopolskie (9% emisji), mazowieckie, (8%), dolnośląskie, kujawsko-pomorskie (7%). Listę zamykają

¹ Raport „Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2009-2010 w układzie klasyfikacji SNAP i NFR”. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (IOŚ-PIB). 2012

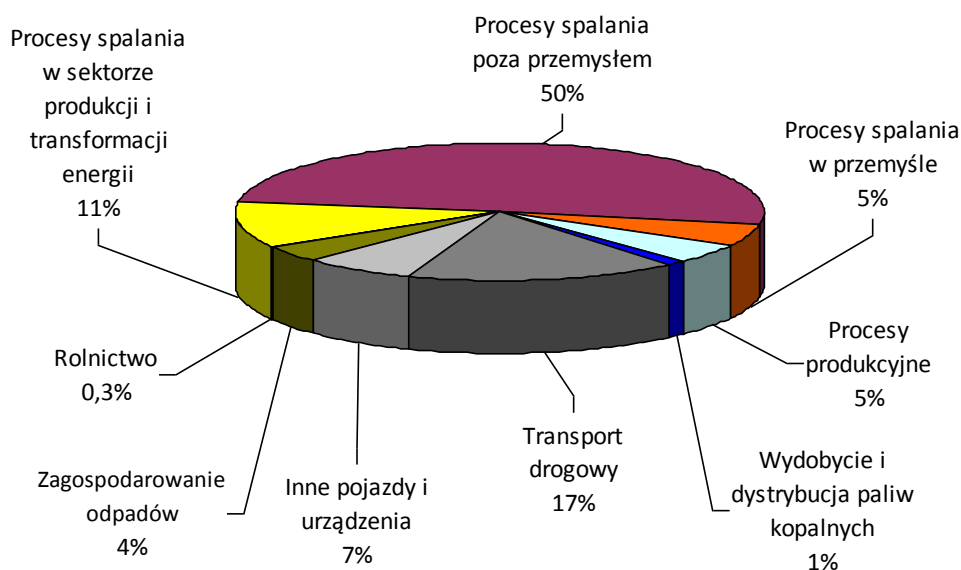
² Ochrona środowiska 2011. Informacje i opracowania statystyczne. GUS 2011

województwa warmińsko-mazurskie i podlaskie (po 2% emisji pyłu z zakładów szczególnie uciążliwych dla czystości powietrza w Polsce).

PM10



PM2,5



Rys. 3.1. Główne sektory emisji pierwotnej pyłu PM10 i PM2,5 w Polsce w 2010 roku

Główne źródła prekursorów pyłu drobnego są różne dla poszczególnych związków. Dla tlenków siarki i azotu są to procesy spalania, szczególnie w sektorze produkcji i transformacji energii (duże źródła). Z sektora tego w 2010 roku pochodziło 52% tlenków siarki i 33% tlenków azotu wyemitowanych w Polsce. W przypadku tlenków azotu bardzo ważną rolę odgrywa też sektor transportu drogowego (31% całkowitej emisji NO_x). W 2010 roku 98% emisji całkowitej amoniaku pochodziło z rolnictwa. Niemetanowe lotne związki organiczne emitowane są głównie z procesów przyrodniczych (reprezentowanych przez sektor 11 Inne źródła emisji i pochłaniania zanieczyszczeń) - 43% całkowitej emisji w 2010 roku; drugie co do wielkości źródło (najistotniejsze spośród antropogenicznych) stanowił w 2010 roku sektor Zastosowanie rozpuszczalników i innych produktów, z którego pochodziło 22% emisji

całkowitej NMLZO i 33% ich emisji antropogenicznej. Dane o emisji poszczególnych prekursorów zamieszczono w tabeli 3.2.

Tab. 3.2. Emisja prekursorów pyłu w Polsce z głównych sektorów w 2010 roku

Źródła emisji	SO ₂	NO _x	NH ₃	NMLZO
	[Gg]	[Gg]	[Gg]	[Gg]
Procesy spalania w sektorze produkcji i transformacji energii	509,848	287,324	-	18,257
Procesy spalania poza przemysłem	268,987	100,267	0,517	124,618
Procesy spalania w przemyśle	188,470	97,182	-	7,127
Procesy produkcyjne	4,327	6,924	0,986	68,764
Wydobycie i dystrybucja paliw	-	-	-	37,076
Zastosowanie rozpuszczalników i innych produktów	-	-	0,010	210,288
Transport drogowy	1,305	272,742	0,806	159,556
Inne pojazdy i urządzenia	0,572	100,292	0,012	33,409
Zagospodarowanie odpadów	0,077	2,078	3,200	2,483
Rolnictwo	-	-	265,526	0,296
Inne źródła emisji i pochłaniania	-	-	-	286,920*
Suma	973,587	866,807	271,058	661,873

* kategoria dotycząca źródeł naturalnych NMLZO nie jest uwzględniana w sumie krajowej

Pył zawieszony może być nośnikiem zanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia – metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych. W tabeli 3.3 przedstawiono wielkości emisji metali ciężkich i wwa z głównych sektorów w Polsce.

Tab. 3.3. Emisja metali ciężkich i wwa w Polsce z głównych sektorów w 2010 roku

Źródła emisji	As	Cd	Ni	Pb	wwa
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
Procesy spalania w sektorze produkcji i transformacji energii	5 779,64	3 903,41	44 621,63	27 952,36	458
Procesy spalania poza przemysłem	19 144,25	31 222,96	86 196,50	176 198,57	128 161
Procesy spalania w przemyśle	18 694,75	6 005,28	20 071,11	227 534,00	1 077
Procesy produkcyjne	887,50	2 454,35	5 919,77	73 969,84	16 631
Wydobycie i dystrybucja paliw kopalnych	-	-	-	-	-
Zastosowanie rozpuszczalników i innych produktów	-	-	-	-	11
Transport drogowy	-	456,08	6 527,30	16 903,30	2 508
Inne pojazdy i urządzenia	-	92,03	945,21	214,14	530
Zagospodarowanie odpadów	2,04	122,70	4,09	1 431,45	-
Suma	44 508,18	44 256,81	164 285,61	524 203,66	149 376

Największy udział w emisji metali ciężkich w Polsce mają procesy spalania. W emisji arsenu największą rolę odgrywają procesy spalania poza przemysłem (43% emisji krajowej As) i w przemyśle (42% emisji As), w emisji ołowiu dominują procesy spalania w przemyśle (43% emisji krajowej Pb), a kadmu i niklu - procesy spalania poza przemysłem (odpowiednio 70% emisji całkowitej Cd i 52% emisji Ni). Drugą grupą procesów mających istotny udział w strukturze emisji krajowej są procesy przemysłowe, w których dominują procesy hutnictwa żelaza i stali. W tym miejscu warto wspomnieć, że 85% arsenu emitowanego z zakładów szczególnie uciążliwych dla czystości powietrza pochodziło w roku 2010 z zakładów

zlokalizowanych w województwie dolnośląskim, a 80% ołowiu, 75% kadmu i 31% niklu – z zakładów w województwie śląskim³.

Emisja wwa do powietrza została oszacowana na podstawie oceny wielkości emisji 4 wskaźnikowych związków z tej grupy: benzo(a)pirenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu i indeno(1,2,3-cd)pirenu. W strukturze emisji wwa w Polsce dominują procesy spalania poza przemysłem (85,8% krajowej emisji wwa), przy czym główną część tej emisji stanowi emisja z gospodarstw domowych. Na drugim miejscu znajdują się procesy produkcyjne (11% emisji wwa), głównie produkcja koksu oraz produkcja aluminium. Trzecie miejsce, z udziałem w krajowej emisji na poziomie 2%, zajmuje transport drogowy.

Oprócz omówionych źródeł antropogenicznych pyłu istnieją również źródła naturalne, dla których oszacowanie wielkości emisji i określenie wkładu ilościowego do stężenia pyłu w danym punkcie jest bardzo trudne i obarczone znaczną niepewnością. Do tego typu źródeł zalicza się:

- transport naturalnych cząstek pyłu pustynnego z regionów suchych,
- aerozol morski, stanowiący zespół rozpylonych w powietrzu kropel wody morskiej oraz/lub cząstek uformowanych w wyniku procesów parowania wody morskiej, pod wpływem działania wiatru,
- wybuchy wulkanów,
- pożary, wynikające z przyczyn naturalnych lub antropogenicznych, obszarów naturalnych bądź lasów gospodarczych oraz innej roślinności (z wyjątkiem np. rolniczego wypalania ściernisk, wypalania traw itp.),
- pierwotne cząstki aerozolu biologicznego (ang. Primary Biological Aerosol Particles PBAP), czyli zarodniki lub pyłek kwiatowy pochodzące z procesów biologicznych przedostające się do atmosfery bez zmian ich składu chemicznego,
- wtórny aerozol organiczny (biogeniczny) (ang. Secondary Organic Aerosol SOA) - organiczna frakcja aerozolu wtórnego, tworząca się w atmosferze w wyniku reakcji łańcuchowych lotnych związków organicznych emitowanych przez pokrywę glebową i rośliny oraz produkty ich rozkładu⁴.

Znaczne ilości pyłu wprowadzane są do powietrza także w procesie resuspensji, czyli ponownego porywania cząstek pyłu, które wcześniej osiadły na powierzchni. Oszacowanie wielkości emisji dla tego procesu jest niezwykle trudne, gdyż jest ona kształtowana przez wiele czynników, wśród których najważniejsze są warunki meteorologiczne i rodzaj podłoża.

Drobny pył wyemitowany lub tworzący się w atmosferze może być przenoszony na dalekie odległości - setki a nawet tysiące kilometrów od źródła emisji. Tym samym pył badanych na stacjach tła regionalnego może pochodzić z różnych źródeł, często zlokalizowanych w znacznej odległości od nich. Badania składu pyłu PM_{2,5} mogą pomóc w identyfikacji źródeł emisji mających wpływ na kształtowanie zarówno stężenia, jak i składu pyłu w rejonach reprezentowanych przez te stacje. Podobne znaczenie mogą mieć badania depozycji zanieczyszczeń docierających do podłoża w wyniku suchego osiadania i wymywania przez opady atmosferyczne.

³ Ochrona środowiska 2011. Informacje i opracowania statystyczne. GUS 2011

⁴ Guidance on the quantification of the contribution of natural sources under the EU Air Quality Directive 2008/20/EC. Draft version 2. European Commission, DG Environment. May 2010

4. Opis stacji

Zgodnie z wymaganiami określonymi w *Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*⁵ (na podstawie *Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy*⁶ oraz *Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE z dnia 15 grudnia 2004 r. w sprawie arsenu, kadmu, niklu, rtęci i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w otaczającym powietrzu*⁷) pomiary składu chemicznego pyłu zawieszonego i depozycji całkowitej metali ciężkich i wwa, prowadzi się w co najmniej trzech punktach pomiarowych tła regionalnego kraju. Celem tych pomiarów jest wspomaganie oceny jakości powietrza.

Do realizacji programu określonego dla stacji tła regionalnego (*Załącznik nr 5* do wspomnianego rozporządzenia) Główny Inspektorat Ochrony Środowiska wytypował trzy stacje z pełnym programem pomiarowym (obejmującym badania pyłu zawieszonego PM₁₀, pyłu PM_{2,5} oraz depozycji metali ciężkich i wwa):

- Osieczów,
- Puszcza Borecka,
- Zielonka

oraz dwie dodatkowe, które badają zanieczyszczenia pyłowe:

- Godów (stacja podmiejska, monitorująca transgraniczny napływ zanieczyszczeń),
- Złoty Potok (stacja tła dla województwa śląskiego).

Podstawowe dane o stacjach zamieszczono w tabeli 4.1, wskazując ich lokalizację, jednostkę, do której należą, kody w Państwowym Monitoringu Środowiska i europejskiej bazie danych AirBase. Podano również informacje o tym, która stacja synoptyczna IMGW-PIB została wybrana, jako stacja osłonowa dla każdej ze stacji tła regionalnego. Dane z tych stacji wykorzystano do omówienia warunków meteorologicznych w rejonie tych stacji w latach 2010 i 2011 (Rozdział 5). W sposób ogólny zaznaczono również, które elementy programu realizowane były na każdej ze stacji w roku 2011. Szczegóły programu pomiarowego przedstawiono w dalszej części rozdziału oraz w każdym rozdziale prezentującym wyniki pomiarów i analiz (ze wskazaniem zmian w roku 2011 w stosunku do 2010).

Lokalizację stacji tła regionalnego w Polsce oraz stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie wraz ze stacjami osłonowymi IMGW-PIB pokazano na mapie (Rys. 4.1).

⁵ *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu* (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032)

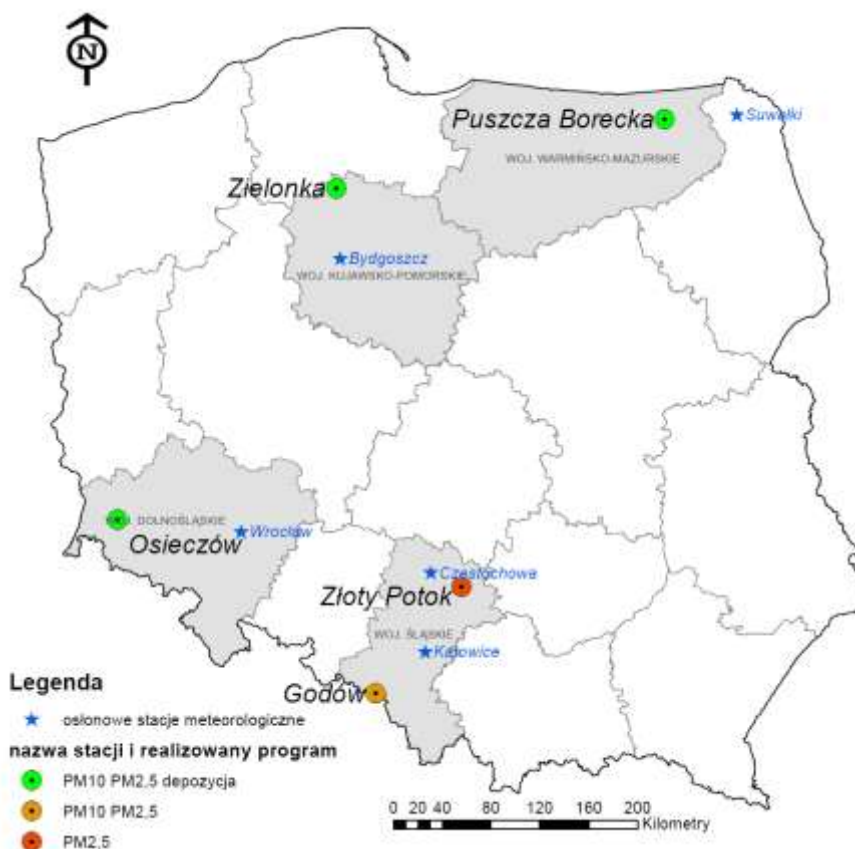
⁶ *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 roku w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy* (Dz. Urz. UE L 152 z 11.06.2008, str.1)

⁷ *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE z dnia 15 grudnia 2004 r. w sprawie arsenu, kadmu, niklu, rtęci i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w otaczającym powietrzu* (Dz. Urz. UE L 23 z 26.01.2005, str.3)

Tab. 4.1. Podstawowe informacje o stacjach tła regionalnego w Polsce (i dodatkowo o stacji Godów)*

Informacja	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
Województwo	śląskie	dolnośląskie	warmińsko-mazurskie	kujawsko-pomorskie	śląskie
Współrzędne	18°28'16,86" E	15°25'54" E	22°02'17,08" E	17°55'59,90" E	19°27'29,26" E
	49°55'18,71" N	51°09'04" N	54°07'29,52" N	53°39'00,00" N	50°42'38,02" N
Właściciel stacji	WIOŚ w Katowicach	WIOŚ we Wrocławiu	IOŚ-PIB w Warszawie	WIOŚ w Bydgoszczy	WIOŚ w Katowicach
Kod w PMŚ	SlGodowWodz_wodzi	DsOsieczow	WmPuszcza_IOS_Borecka	KpZielBoryTuch	SlZlotyJano_lesni
Kod w AirBase	PL0527A	PL0505A	PL0005R	PL0077A	PL0243A
Stacja osłonowa IMGW-PIB	Katowice	Wrocław	Suwałki	Bydgoszcz	Częstochowa
Elementy programu w roku 2011					
PM10	+	+	+	+	
PM2,5	+	+	+	+	+
Depozycja		+	+	+	

* Godów – stacja podmiejska, monitorująca transgraniczne przenoszenie zanieczyszczeń



Rys. 4.1. Lokalizacja stacji tła regionalnego (i stacji Godów) oraz osłonowych stacji meteorologicznych IMGW-PIB

W dalszej części przedstawiono szczegółowe informacje o jednostkach prowadzących pomiary na każdej ze stacji oraz o laboratoriach wykonujących analizy według opisanego zakresu pomiarowego.

GODÓW

Jednostka prowadząca pomiary/analizy:

Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach

Laboratorium wykonujące pomiary i analizy:

Laboratorium w Katowicach, Pracownia Analiz Manualnych, Instrumentalnych, Hydrobiologicznych oraz Pomiarów Terenowych i Pobierania Próbek w Częstochowie w siedzibie Delegatury WIOŚ w Częstochowie

Zakres analiz/pomiarów:

- ✓ pył PM10
 - pomiary stężenia pyłu,
 - oznaczanie stężeń Cd, Pb, Ni, As,
 - oznaczanie stężeń B(a)P,
- ✓ pył PM2,5
 - pomiary stężenia pyłu,
 - oznaczanie stężeń jonów: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} .

OSIECZÓW

Jednostka prowadząca pomiary/analizy:

Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu

Laboratorium wykonujące pomiary i analizy:

Pracownia do spraw obsługi sieci pomiarowej monitoringu powietrza z siedzibą w Jeleniej Górze oraz Pracownia Laboratorium z siedzibą w Jeleniej Górze

Zakres analiz/pomiarów:

- ✓ pył PM10
 - pomiary stężenia pyłu,
 - oznaczanie stężeń Cd, Pb, Ni, As,
 - oznaczanie stężeń B(a)P, B(A)a, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P, D(a,h)A,
- ✓ pył PM2,5
 - pomiary stężenia pyłu,
 - oznaczanie stężeń jonów: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} ,
 - oznaczanie stężeń węgla elementarnego (EC) i organicznego (OC),
- ✓ opady/depozycja
 - oznaczanie stężeń Cd, Ni, As,
 - oznaczanie stężeń B(a)P, B(A)a, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P, D(a,h)A.

PUSZCZA BORECKA

Jednostka prowadząca pomiary/analizy:

Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Laboratorium wykonujące pomiary i analizy:

Stacja Kompleksowego Monitoringu Środowiska Puszcza Borecka oraz Laboratorium Monitoringu Środowiska IOŚ-PIB

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, Zabrze(EC i OC)

Zakres analiz/pomiarów:

- ✓ pył PM10
 - pomiary stężenia pyłu,
 - oznaczanie stężeń Cd, Pb, Ni, As,
 - oznaczanie stężeń B(a)P, B(A)a, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P, D(a,h)A,
- ✓ pył PM2,5
 - pomiary stężenia pyłu,
 - oznaczanie stężeń jonów: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} ,
 - oznaczanie stężeń węgla elementarnego (EC) i organicznego (OC) (*IPIŚ PAN),
- ✓ opady/depozycja
 - oznaczanie stężeń Cd, Ni, As,
 - oznaczanie stężeń B(a)P, B(A)a, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P, D(a,h)A.

ZIELONKA

Jednostka prowadząca pomiary/analizy:

Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Bydgoszczy

Laboratorium wykonujące pomiary i analizy:

Laboratorium WIOŚ w Bydgoszczy Pracownia w Bydgoszczy

WIOŚ we Wrocławiu, Pracownia Laboratorium z siedzibą w Jeleniej Górze (EC i OC)

Zakres analiz/pomiarów:

- ✓ pył PM10
 - pomiary stężenia pyłu,
 - oznaczanie stężeń Cd, Pb, Ni, As,
 - oznaczanie stężeń B(a)P, B(A)a, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P, D(a,h)A,
- ✓ pył PM2,5
 - pomiary stężenia pyłu,
 - oznaczanie stężeń jonów: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} ,
 - oznaczanie stężeń węgla elementarnego (EC) i organicznego (OC) (*Laboratorium w Jeleniej Górze*),
- ✓ opady/depozycja
 - oznaczanie stężeń Cd, Ni, As,
 - oznaczanie stężeń B(a)P, B(A)a, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P, D(a,h)A.

ZŁOTY POTOK

Jednostka prowadząca pomiary/analizy:

Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach

Laboratorium wykonujące pomiary i analizy:

Laboratorium w Katowicach, Pracownia Analiz Manualnych, Instrumentalnych, Hydrobiologicznych oraz Pomiarów Terenowych i Pobierania Próbek w Częstochowie w siedzibie Delegatury WIOŚ w Częstochowie

Zakres analiz/pomiarów:

- ✓ pył PM2,5
 - pomiary stężenia pyłu,
 - oznaczanie stężeń jonów: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} .

5. Charakterystyka warunków meteorologicznych

W niniejszym rozdziale przedstawiono podstawowe informacje dotyczące zmienności parametrów meteorologicznych w latach 2010-2011 w zakresie zmian temperatury powietrza atmosferycznego, wysokości opadu całkowitego, wilgotności względnej powietrza i prędkości wiatru. Do analizy warunków meteorologicznych w rejonach stacji tła regionalnego wykorzystano zweryfikowane dane meteorologiczne pochodzące z wybranych stacji synoptycznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW), tzw. stacji osłonowych, reprezentujących warunki meteorologiczne w rejonach analizowanych stacji PMŚ (Tab. 5.1). Dane o opadach uzyskanych z sieci pomiarowej IMGW posłużyły tylko do oceny skali i tendencji zmian warunków opadowych w rejonach stacji tła. Dla potrzeb obliczania depozycji zanieczyszczeń wykorzystano wyniki pomiarów wysokości opadu wykonanych na poszczególnych stacjach. Do określenia kierunków napływu mas powietrza wykorzystano dane dotyczące kierunków i typów cyrkulacji atmosferycznej (wg. Lityńskiego), opracowane w IMGW-PIB.

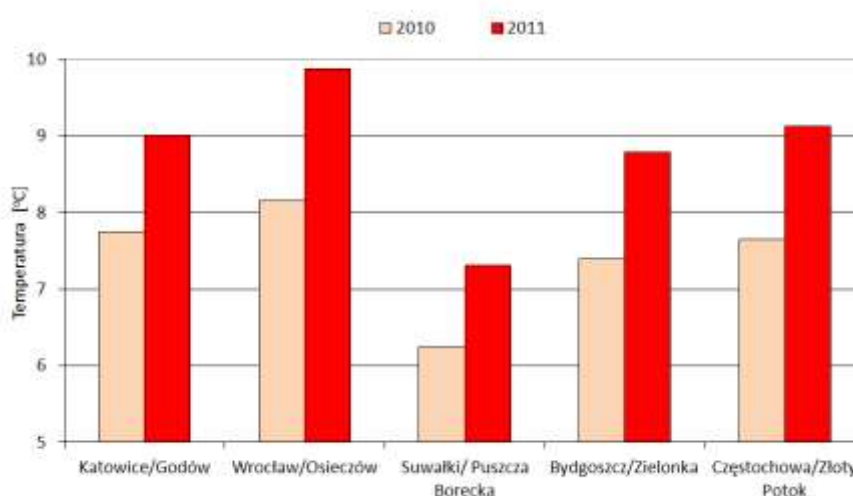
Opisane warunki meteorologiczne dla rejonów stacji tła w roku 2011 odniesiono do warunków w roku 2010.

Tab. 5.1. Wykaz stacji osłonowych IMGW (synoptycznych) w regionie wybranych stacji PMŚ

Lp.	Stacje tła regionalnego PMŚ	Stacje synoptyczne IMGW
1	Godów	Katowice
2	Osieczów	Wrocław
3	Puszcza Borecka	Suwałki
4	Zielonka	Bydgoszcz
5	Złoty Potok	Częstochowa

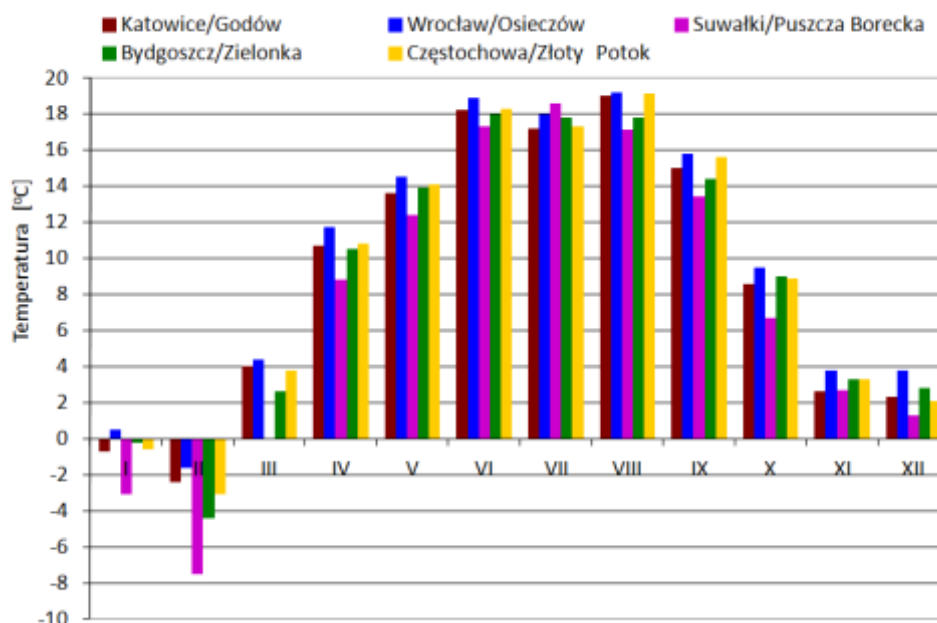
Temperatura powietrza

Temperatura powietrza, najbardziej zależna od dopływu energii słonecznej do powierzchni ziemi, jest głównym parametrem meteorologicznym wpływającym na wysokość stężenia wielu zanieczyszczeń powietrza. W sezonie chłodnym, przy niskiej temperaturze powietrza, zwiększa się m.in. niska emisja z systemów ogrzewania, a w sezonie ciepłym wysoka temperatura może sprzyjać powstawaniu sytuacji smogowych.



Rys. 5.1. Średnie roczne wartości temperatury powietrza w 2010 i 2011 roku w rejonach stacji tła

W roku 2011 średnia roczna wartość temperatury powietrza na wszystkich stacjach tła regionalnego była większa niż w roku 2010 (Rys. 5.1), który należał do najchłodniejszych w ostatnim dziesięcioleciu. Największa różnica w wartościach rocznych wystąpiła w rejonie stacji Osieczów (1,7°C). Jak wynika z analizy średnich temperatur obliczonych dla sezonu chłodnego (I-III, X-XII) i ciepłego (IV-IX), podwyższenie temperatury w roku 2011 na wszystkich badanych stacjach spowodowane było głównie cieplejszym sezonem chłodnym (o około 2°C), który zwykle pokrywa się z sezonem grzewczym.



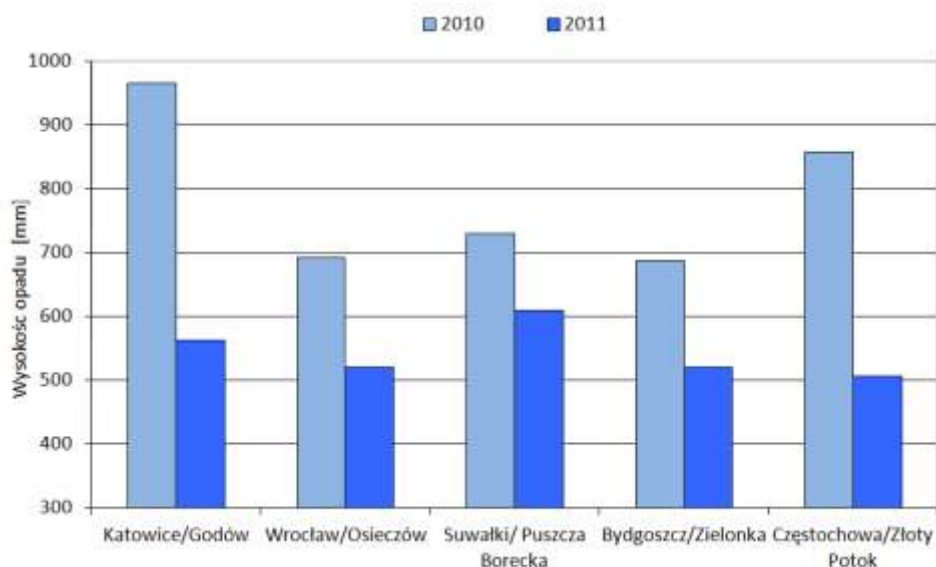
Rys. 5.2. Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza w 2011 roku w rejonach stacji tła

Przebiegi zmian temperatury w ciągu roku 2011 na różnych stacjach nie były zróżnicowane (Rys. 5.2). We wszystkich miesiącach sezonu grzewczego najwyższe temperatury miesięczne wystąpiły w rejonie stacji Osieczów (najcieplejszym), a najniższe – w rejonie stacji Puszcza Borecka (najchłodniejszym), dla której styczeń i luty były znacznie zimniejsze niż dla pozostałych stacji. Natomiast w miesiącach sezonu ciepłego nie obserwuje się takiej samej zależności. W lipcu najcieplej było w rejonie Puszczy Boreckiej, natomiast w sierpniu – w rejonach takich stacji, jak: Godów, Osieczów i Złoty Potok wystąpiły najwyższe temperatury, na podobnym poziomie 19,1 °C. W sezonie ciepłym zanotowano mniejsze różnice w temperaturach niż w sezonie chłodnym, zwłaszcza w najzimniejszym miesiącu, jakim był luty 2011 roku.

Opad atmosferyczny

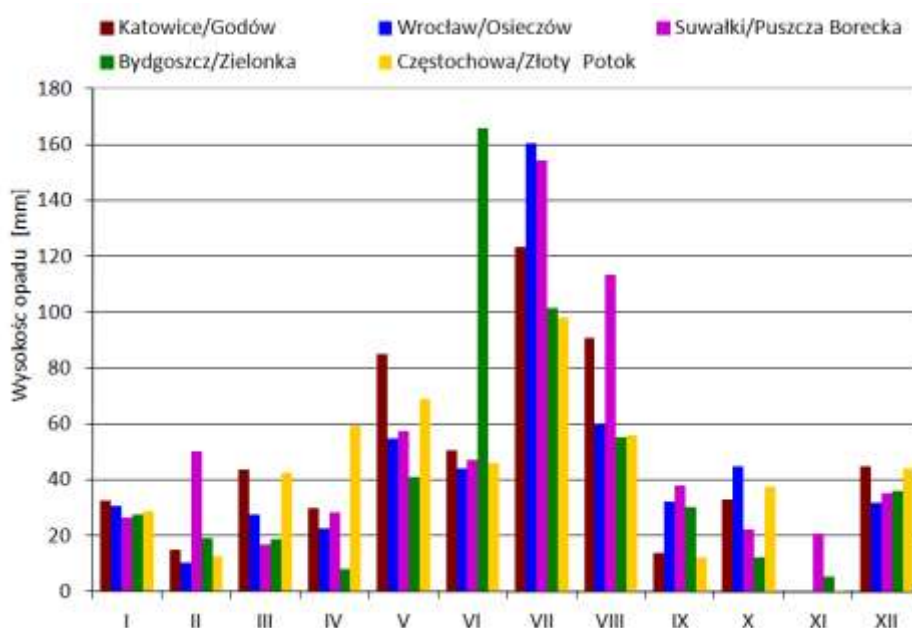
Bardzo ważnym elementem meteorologicznym, mającym wpływ na stan zanieczyszczenia atmosfery, są opady, które wymywają niektóre zanieczyszczenia, w tym pyły.

W 2011 roku sumaryczne wysokości opadu na wszystkich stacjach (Rys. 5.3) były niższe niż w roku 2010 (przeciętnie o ponad 30%). Najwyższe opady w 2010 roku wystąpiły w rejonie stacji Godów, natomiast w 2011 roku - w rejonie stacji Puszcza Borecka. Największe różnice w rocznych wysokościach opadu zanotowano w rejonach stacji Godów i Złoty Potok (ponad 40%).



Rys. 5.3. Sumy roczne wysokości opadu w 2010 i 2011 roku w rejonach stacji tła

Niższe sumaryczne opady w roku 2011 spowodowane były mniejszymi opadami zarówno w sezonie ciepłym jak i chłodnym, przy czym generalnie większy wpływ miały opady sezonu ciepłego, czego przykładem są stacje: Godów i Złoty Potok. Wyjątkiem jest tu rejon stacji Zielonka, w którym zmniejszenie opadów w miesiącach sezonu chłodnego w największym stopniu wpłynęło na zmniejszenie sumarycznych opadów w 2011 roku.



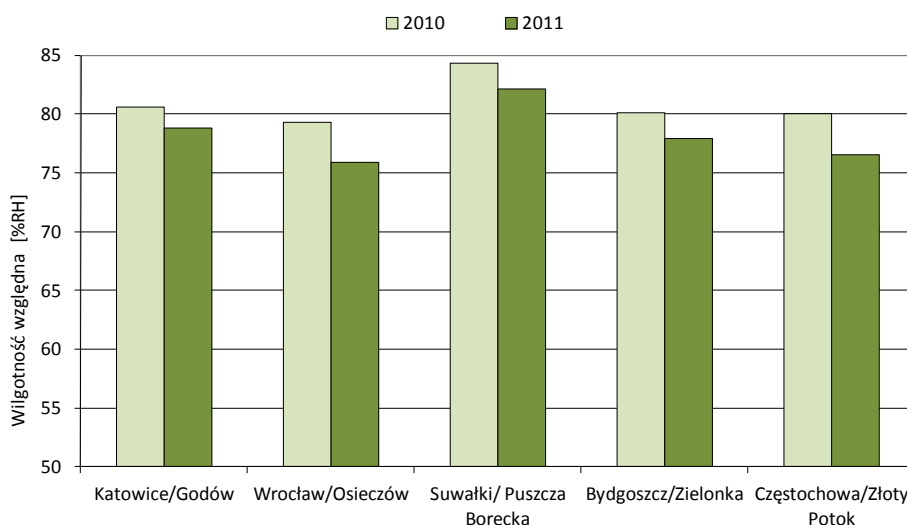
Rys. 5.3. Sumy miesięczne wysokości opadu w 2011 roku w rejonach stacji tła

Przedstawione na Rys. 5.3 miesięczne wysokości opadów w roku 2011 świadczą o dużej zmienności opadów w poszczególnych rejonach, zwłaszcza w sezonie ciepłym. Można zauważyć, że rejon stacji Zielonka, charakteryzujący się najniższą sumą wysokości opadu w roku 2011, w czerwcu był najbardziej deszczowym rejonem. Największe opady wystąpiły na wszystkich stacjach w okresie lipiec-sierpień. W sezonie chłodnym miesięczne opady w

rejonach poszczególnych stacji były znacznie mniej zróżnicowane. Najmniejsze opady wystąpiły w listopadzie, przy czym należy zaznaczyć że na 2 stacjach opady były zerowe. Na uwagę zasługuje najzimniejszy okres roku – luty, w którym w rejonach czterech stacji, z wyjątkiem Puszczy Boreckiej, opady należały do najniższych w roku 2011.

Wilgotność względna powietrza

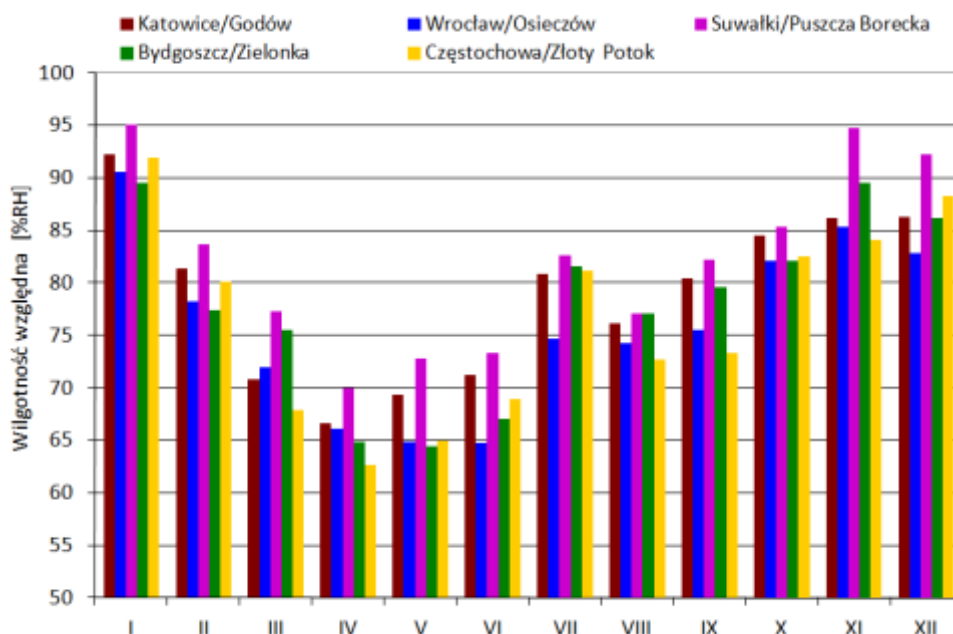
Wilgotność względna powietrza, charakteryzująca zawartość pary wodnej w powietrzu w zależności od temperatury w znacznym stopniu wpływa na procesy przemian chemicznych zanieczyszczeń powietrza.



Rys. 5.4. Średnie roczne wartości wilgotności względnej powietrza w 2010 i 2011 roku w rejonach stacji tła

W roku 2011 wilgotność względna powietrza we wszystkich rejonach stacji była mniejsza niż w roku 2010. Są to spadki niewielkie na poziomie 3,5%RH. Największy na nie wpływ miały spadki wilgotności w sezonie ciepłym, podobnie jak w przypadku temperatury powietrza.

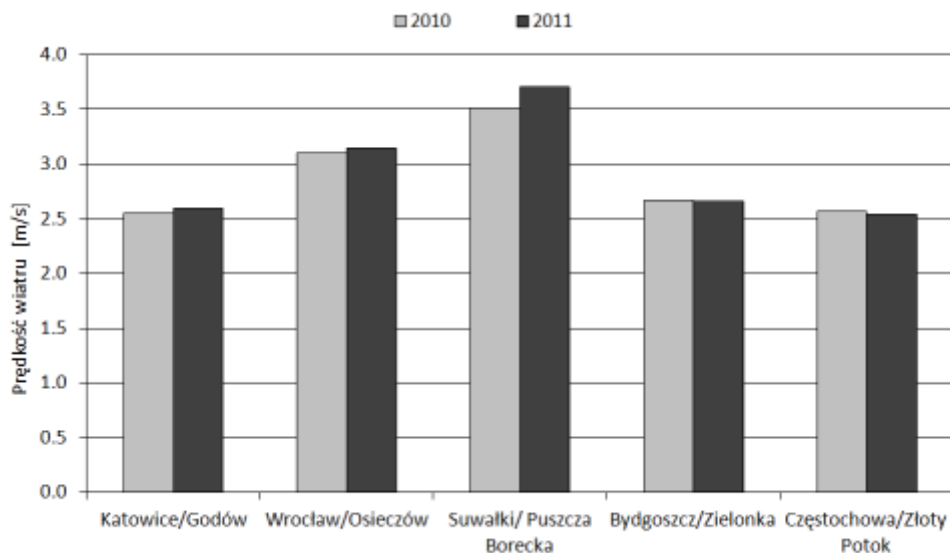
Najbardziej wilgotnym obszarem w obydwu latach był rejon Puszczy Boreckiej. W pozostałych rejonach stacji (Godów, Osieczów, Zielonka i Złoty Potok) wartości średniej rocznej wilgotności względnej są o kilka procent mniejsze i prawie na tym samym poziomie. W ciągu 2011 roku zmiany wilgotności, choć mają nieco inny kształt dla różnych rejonów stacji (Rys. 5.5), to jednak zachowują tzw. cykliczność sezonową, wynikającą głównie ze zmian temperatury powietrza w ciągu roku (w stopniu odwrotnie proporcjonalnym). Najmniej wilgotnym miesiącem był kwiecień, w którym w rejonie stacji Złoty Potok średnia miesięczna wilgotność była najmniejsza w roku. Najbardziej wilgotnymi okresami były: styczeń i listopad – grudzień. W tych miesiącach średnia wilgotność względna w rejonie stacji Puszcza Borecka dochodziła do 95%RH. Na uwagę zasługuje stosunkowo duża wilgotność w sierpniu, na co miały wpływ wyjątkowo duże opady, które wystąpiły w tym okresie w rejonach wszystkich analizowanych stacji.



Rys. 5.4. Średnie miesięczne wartości wilgotności względnej powietrza w 2011 roku w rejonach stacji tła

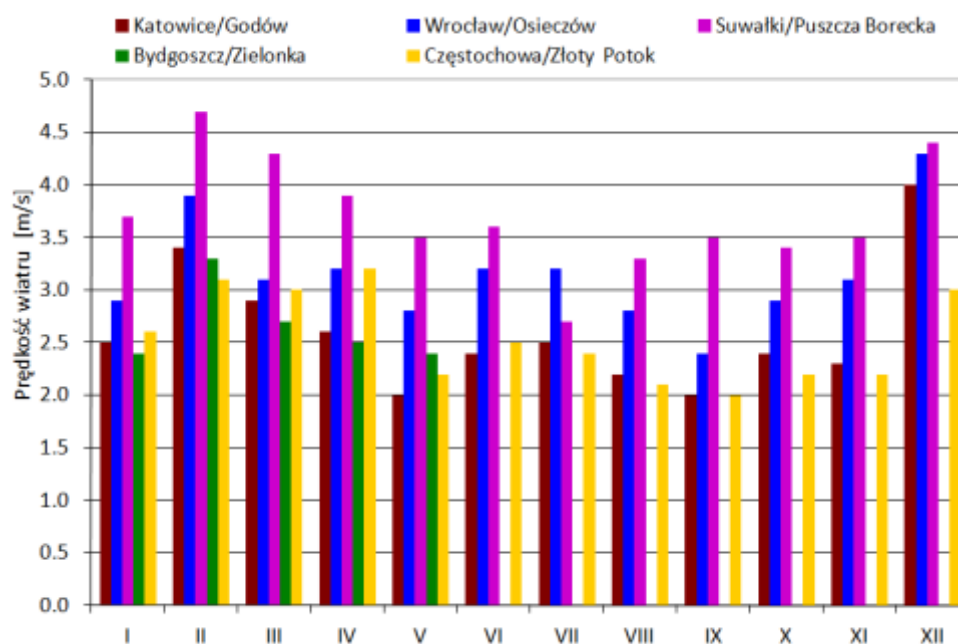
Prędkość wiatru

Prędkość wiatru jest ważnym wskaźnikiem meteorologicznych warunków dyspersji zanieczyszczeń. Ciche wiatrowe i małe prędkości wiatru pogarszają poziomą wentylację powietrza, co przyczynia się do wzrostu stężeń zanieczyszczeń.



Rys. 5.5 Średnie roczne wartości prędkości wiatru w roku 2010 i 2011 w rejonach stacji tła

W roku 2011 średnie prędkości wiatru w rejonach stacji: Godów, Osieczów i Puszcza Borecka wzrosła, natomiast w rejonach pozostałych stacji – nieznacznie zmalała (Rys. 5.5). Największe zmiany zarejestrowano w rejonie stacji Puszcza Borecka, charakteryzującym się względnie największymi prędkościami wiatru. W drugiej połowie roku brak danych ze stacji w Bydgoszczy (Zielonki). Analiza danych anemometrycznych nie wykazała istotnych różnic w dynamice zmian prędkości wiatru w chłodnym ciepłym sezonie lat 2010 i 2011.



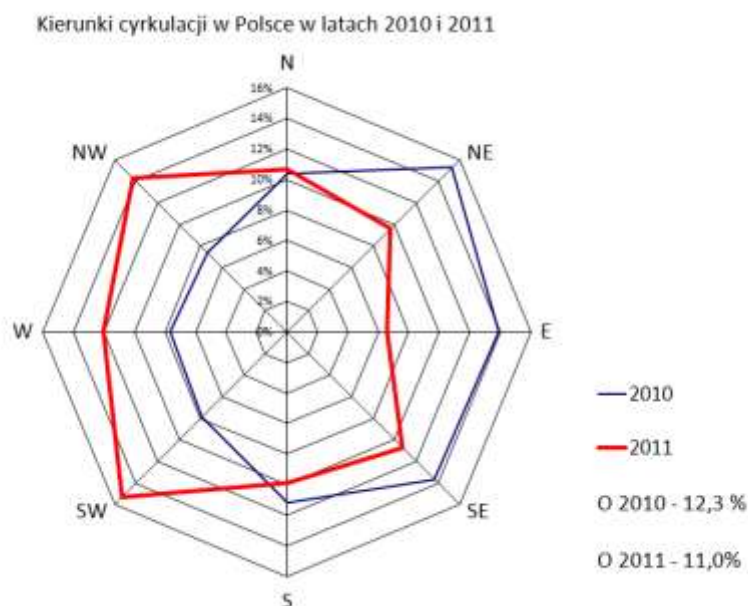
Rys. 5.6. Średnie roczne wartości prędkości wiatru w roku 2011 w rejonach stacji tła

W roku 2011 najbardziej wietrznymi okresami był stosunkowo zimny luty i ciepły grudzień. W tych miesiącach wystąpiły najkorzystniejsze warunki dyspersji zanieczyszczeń powietrza. W tych miesiącach największe prędkości występowały w rejonach stacji Puszcza Borecka i Osieców. Najśłabsze wiatry wystąpiły w większości rejonów stacji we wrześniu, w którym wystąpiły nieduże opady i było dość ciepło.

Cyrkulacja atmosferyczna

Znajomość kierunku napływu mas powietrza jest bardzo istotna w kontekście powiązania stanu zanieczyszczenia atmosfery w rejonie stacji z lokalizacją źródeł emisji kształtujących poziom badanych zanieczyszczeń. Skupiono się na cyrkulacji, jako elemencie wielkoskalowym, lepiej odzwierciedlającym ruch mas powietrza niż mierzony na stacjach meteorologicznych kierunek wiatru na wysokości 10 m npg, wynikający z lokalnej orografii terenu.

W 2011 roku nad Polskę napływały masy powietrza najczęściej z sektora zachodniego: SW, W i NW (odpowiednio: 15,3%, 12,1% i 14,2% dni w roku). Najrzadziej występował wschodni kierunek cyrkulacji (6,6%). Brak wyraźnego kierunku napływu, występujący najczęściej w obszarze słabo zdefiniowanej cyrkulacji atmosferycznej (cyklonalnej lub antycyklonalnej) z występowaniem słabych i zmiennych wiatrów zaobserwowano w 11% przypadków.



Rys. 5.7. Częstość wstępowania poszczególnych kierunków cyrkulacji atmosferycznej w Polsce w latach 2010 i 2011

Kształt róży kierunku cyrkulacji w roku 2010 (Rys. 5.7) jest prawie lustrzanym odbiciem jej kształtu z roku 2011. W roku 2010 masy powietrza napływały w rejon stacji najczęściej z sektora wschodniego: NE, E i SE (odpowiednio 15,3%, 13,9% i 13,7% dni w roku). Najrzadziej – bardzo nietypowo – spotykany był napływ powietrza z sektora zachodniego: SW, W i NW (odpowiednio 7,9%, 7,7% i 7,4% dni w roku). Sytuacja braku wyróżnionego kierunku (O) miała miejsce w roku 2010 przez 12,3% czasu, czyli była podobna do roku 2011.

6. Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach tła

6.1. Zanieczyszczenia zawarte w pyłe PM10

Zgodnie z wymaganiami *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*⁸ na stacjach tła pozamiejskiego w próbkach zebranego pyłu PM10 oznaczane powinny być metale ciężkie: nikiel, arsen, kadm i ołów oraz węglowodory aromatyczne: benzo(a)piren, benzo(a)antracen, benzo(b)fluoranten, benzo(j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, indeno(1,2,3-cd)piren i dibenzo(a,h)antracen.

Pełen program pomiarowy w 2010 i 2011 roku realizowany był w dużym stopniu na czterech stacjach z wyjątkiem stacji Żłoty Potok (Tab. 6.1.1). Kompletne pomiary prowadzono na stacjach: Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka. Na stacji Godów spośród wszystkich węglowodorów wwa oznaczano tylko B(a)P.

Tab. 6.1.1. Realizacja programu badania pyłu PM10 i zawartych w nim metali ciężkich i wwa w latach 2010 i 2011

Zanieczy- szczenie	Godów		Osieczów		Puszcza Borecka		Zielonka		Żłoty Potok	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
PM10	+	+	+	+	+	+	+	+		
Ni	+	+	+	+	+	+	+	+		
As	+	+	+	+	+	+	+	+		
Cd	+	+	+	+	+	+	+	+		
Pb	+	+	+	+	+	+	+	+		
B(a)P	+	+	+	+	+	+	+	+		
B(a)A			+	+	+	+	+	+		
B(b)F			+	+	+	+	+	+		
B(j)F			+	+	+	+	+	+		
B(k)F			+	+	+	+	+	+		
I(1,2,3-cd)P			+	+	+	+	+	+		
D(a,h)A			+	+	+	+	+	+		

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)

Stężenia pyłu PM10 i zawartych w nim metali ciężkich: Pb, As, Ni i Cd oraz B(a)P normowane są dla kryterium ochrona zdrowia ludzi zgodnie z wymaganiami *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu*⁹. Ich dopuszczalne i docelowe poziomy dla różnych czasów uśredniania przedstawiono w tabeli 6.1.2. Stężenie pyłu PM10 normowane jest dla dwóch czasów uśredniania doby i roku kalendarzowego, natomiast dla metali ciężkich oraz B(a)P - dla roku kalendarzowego.

⁸ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032)

⁹ Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1031)

Tab. 6.1.2. Poziomy dopuszczalne i docelowe dla stężeń pyłu PM10 i zawartych w nim metali ciężkich i wwa dla kryterium ochrony zdrowia

Zanieczyszczenie	Czas uśredniania	Poziom dopuszczalny	Dopuszczalna częstość przekroczeń	Termin osiągnięcia poziomów dopuszczalnych
Pył zawieszony PM10	Rok kalendarzowy	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	2005 r.
Pył zawieszony PM10	24 godziny	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 razy	2005 r.
Ołów (Pb) w pyłe zawieszonym	Rok kalendarzowy	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	2005 r.
Zanieczyszczenie	Czas uśredniania	Poziom docelowy	Dopuszczalna częstość przekroczeń	Termin osiągnięcia poziomu docelowego
Arsen (As) w pyłe zawieszonym	Rok kalendarzowy	6 ng/m^3	-	2013 r.
Kadm (Cd) w pyłe zawieszonym	Rok kalendarzowy	5 ng/m^3	-	2013 r.
Nikiel (Ni) w pyłe zawieszonym	Rok kalendarzowy	20 ng/m^3	-	2013 r.
Benzo(a)piren (B(a)P) w pyłe zawieszonym	Rok kalendarzowy	1 ng/m^3	-	2013 r.

6.1.1. Pył PM10

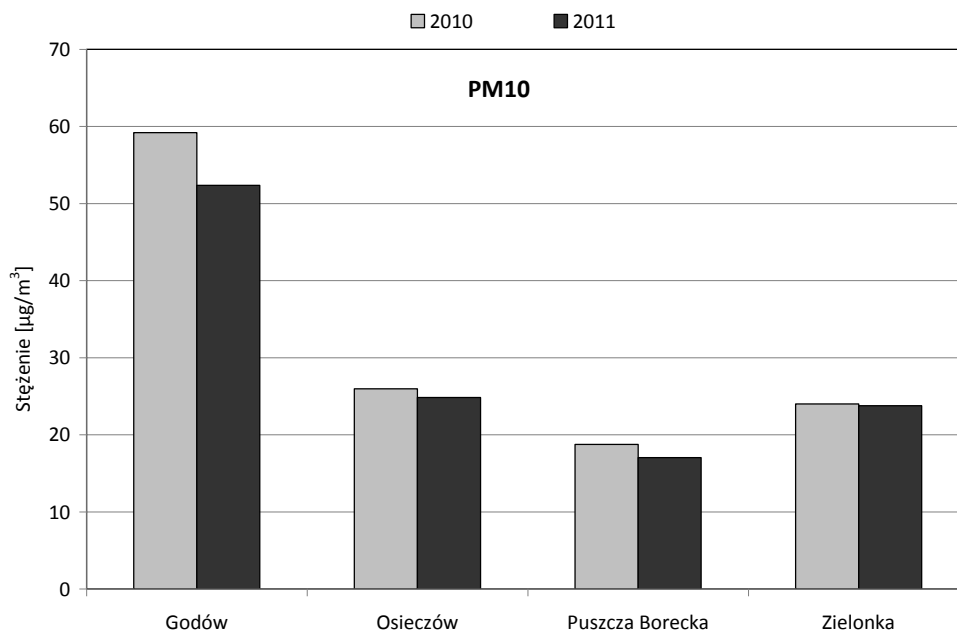
Pomiary stężenia pyłu PM10 w latach 2010 i 2011 prowadzono na czterech stacjach: Godów, Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka. Wartości stężeń średnich rocznych S_a pyłu PM10 w odniesieniu do wartości dopuszczalnej 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oraz liczbę dni z przekroczeniem poziomu dopuszczalnego 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla lat 2010 i 2011 przedstawiono w tabeli 6.1.3 (kolorem zaznaczono przekroczenia norm). Zmienność stężeń średnich rocznych w obu analizowanych latach przedstawiono na rysunku 6.1.1.

Tab. 6.1.3. Stężenia średnie roczne pyłu PM10 i ich odniesienia do norm na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010 i 2011

Rok	Stacja	Stężenie średnie roczne pyłu PM10	Stężenie S_a w stosunku do wartości dopuszczalnej	Liczba dni z przekroczeniem poziomu dopuszczalnego D24
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[%]	[-]
2010	Godów	59,2	148	148
	Osieczów	26,0	65	37
	Puszcza Borecka	18,8	47	9
	Zielonka	24,0	60	31
2011	Godów	52,4	131	122
	Osieczów	24,8	62	42
	Puszcza Borecka	17,0	43	6
	Zielonka	23,8	59	28

Godów – stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)

Stężenia średnie roczne w 2011 r. na wszystkich analizowanych stacjach były niższe niż w roku 2010. Największe spadki stężeń zanotowano na stacji Godów, a najmniejsze w Zielonce (Rys. 6.1.1). Najwyższe stężenia pyłu PM10 spośród 4 stacji zanotowano w obu latach na stacji Godów. Były one ponad dwukrotnie wyższe niż na pozostałych stacjach, a względem Puszczy Boreckiej (najniższe stężenia), nawet trzykrotnie wyższe.



Rys. 6.1.1. Stężenia średnie roczne pyłu PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) w latach 2010 i 2011

Wartość średniego rocznego stężenia pyłu PM10 w roku 2011 w Godowie ($52,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), stanowiła 131 % poziomu dopuszczalnego (w poprzednim roku prawie 150 %). Liczba dni z przekroczeniem wartości dopuszczalnej D24 była także najwyższa i wynosiła 122 dni w 2011 roku (czterokrotnie przekraczając dopuszczalną częstość wynoszącą 35 dni). Częstość przekroczeń na stacji Osieczów była także powyżej wartości normowanej. Na pozostałych stacjach przekroczenia norm nie wystąpiły.

Najniższą wartość stężenia średniego rocznego pyłu PM10 w roku 2011 zaobserwowano w Puszczy Boreckiej ($17,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$), co stanowiło 43 % poziomu dopuszczalnego. Najmniejsza była także dla tej stacji liczba dni z przekroczeniem poziomu dopuszczalnego (6 dni). Na stacjach Osieczów i Zielonka średnie roczne stężenia S_a były na podobnym poziomie (około $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$), natomiast liczba dni z przekroczeniem poziomu dopuszczalnego wyniosła na tych stacjach odpowiednio: 28 w Zielonce i 42 w Osieczowie (przekroczenie normy).

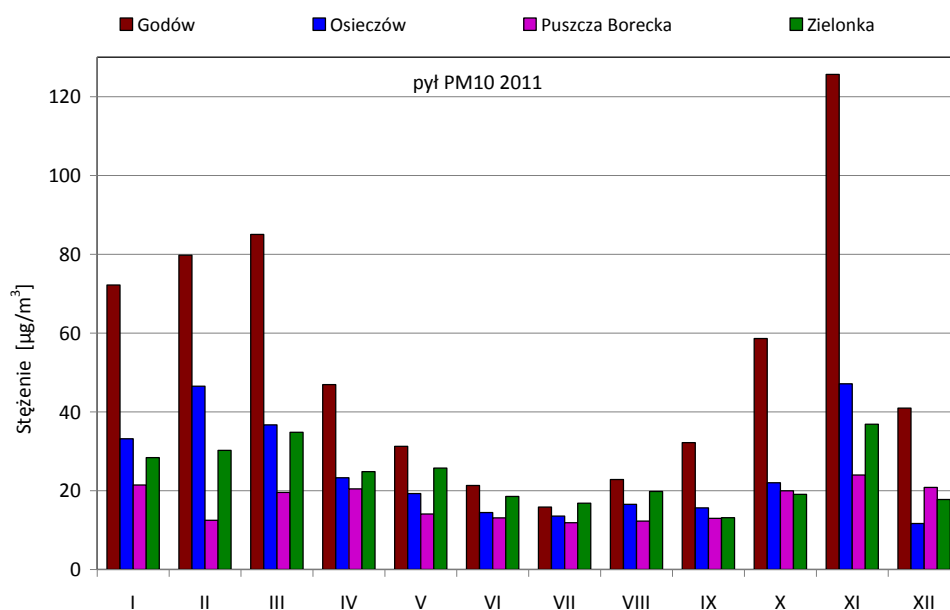
Zmienność stężeń średnich miesięcznych S_m w roku 2011 na stacjach tłowych przedstawiono w tabeli 6.1.4 oraz na rysunku 6.1.2. W przypadku pyłu PM10 zauważalna jest sezonowa zmienność stężeń z maksymalnymi wartościami występującymi w sezonie chłodnym (I - III i X - XII) oraz minimalnymi w sezonie ciepłym (IV - IX). Najwyższe stężenia średnie miesięczne dla całego roku (z wyjątkiem lipca), występowały na stacji Godów. Na tej stacji w listopadzie 2011 zanotowano najwyższą wartość stężenia średniego miesięcznego równą $125,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Obliczona dla Godowa amplituda stężeń dobowych pyłu PM10 była największą ze wszystkich stacji ($109,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tab. 6.1.4. Stężenia średnie miesięczne pyłu PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w roku 2011

Miesiąc	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[µg/m ³]			
I	72,2	33,2	21,4	28,4
II	79,8	46,5	12,5	30,2
III	85,0	36,7	19,5	34,8
IV	46,9	23,3	20,5	24,8
V	31,2	19,3	14,1	25,7
VI	21,3	14,4	13,1	18,5
VII	15,8	13,6	11,9	16,8
VIII	22,8	16,5	12,3	19,8
IX	32,2	15,6	13,0	13,1
X	58,6	22,0	20,0	19,1
XI	125,6	47,1	24,0	36,8
XII	40,9	11,7	20,8	17,7

Godów – stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)

Generalnie najniższe wartości stężeń średnich miesięcznych w 2011 roku zanotowano na stacji Puszcza Borecka, na której najniższa wartość wystąpiła w lipcu (11,9 µg/m³). Również amplituda stężeń miesięcznych dla tej stacji była najmniejsza (12,1 µg/m³).



Rys. 6.1.2. Stężenia średnie miesięczne pyłu PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w roku 2011

Stężenia pyłu PM10 w Osieczowie i Zielonce były w roku 2011 na zbliżonym poziomie, pomiędzy stężeniami obserwowanymi na stacjach w Godowie i Puszczy Boreckiej. Charakterystyczne jest występowanie na wszystkich stacjach tła regionalnego bardzo wysokich stężeń w listopadzie i stosunkowo niskich (jak na porę zimową) stężeń w grudniu. Należy także zaznaczyć, że wysokość stężeń na stacji Godów znacząco odbiegała od wysokości stężeń na pozostałych stacjach tylko w okresie grzewczym (z wyjątkiem grudnia), szczególnie w listopadzie 2011 roku.

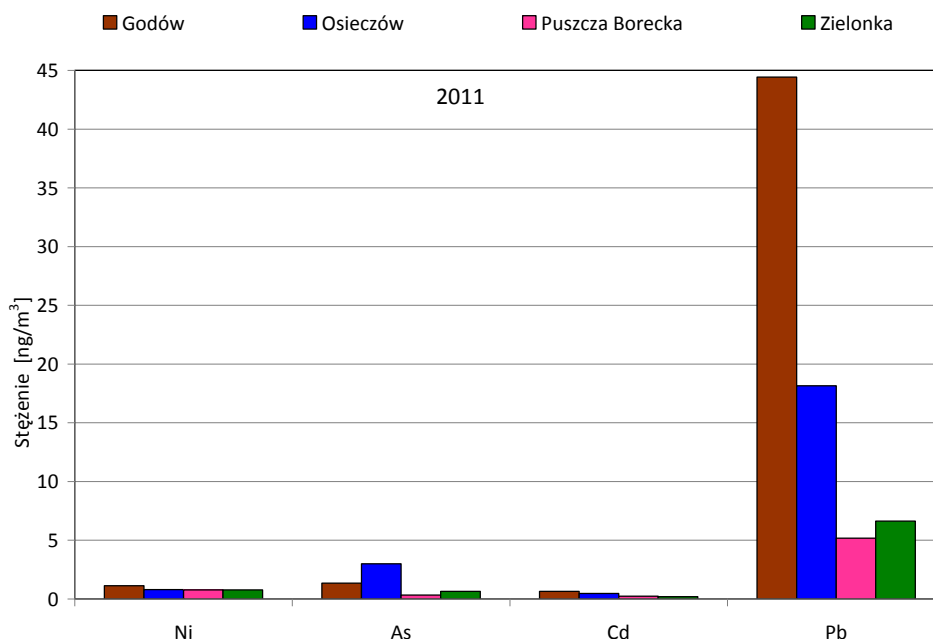
6.1.2. Metale ciężkie w pyłe PM10

Wartości stężeń średnich rocznych S_a metali ciężkich zawartych w pyłe PM10 dla lat 2010 i 2011 przedstawiono w tabeli 6.1.5, natomiast wielkości stężeń S_a na analizowanych stacjach w roku 2011 - na rysunku 6.1.3.

Tab. 6.1.5. Stężenia średnie roczne metali ciężkich na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010 i 2011

Rok	Stacja	Metale ciężkie w pyłe PM10			
		[ng/m ³]			
		Ni	As	Cd	Pb
2010	Godów	2,0	2,1	0,6	17,8
	Osieczów	0,8	3,8	0,5	22,5
	Puszcza Borecka	0,6	0,3	0,1	4,0
	Zielonka	0,8	0,7	0,2	6,9
2011	Godów	1,1	1,3	0,6	44,4
	Osieczów	0,8	3,0	0,5	18,2
	Puszcza Borecka	0,8	0,3	0,2	5,2
	Zielonka	0,8	0,6	0,2	6,6

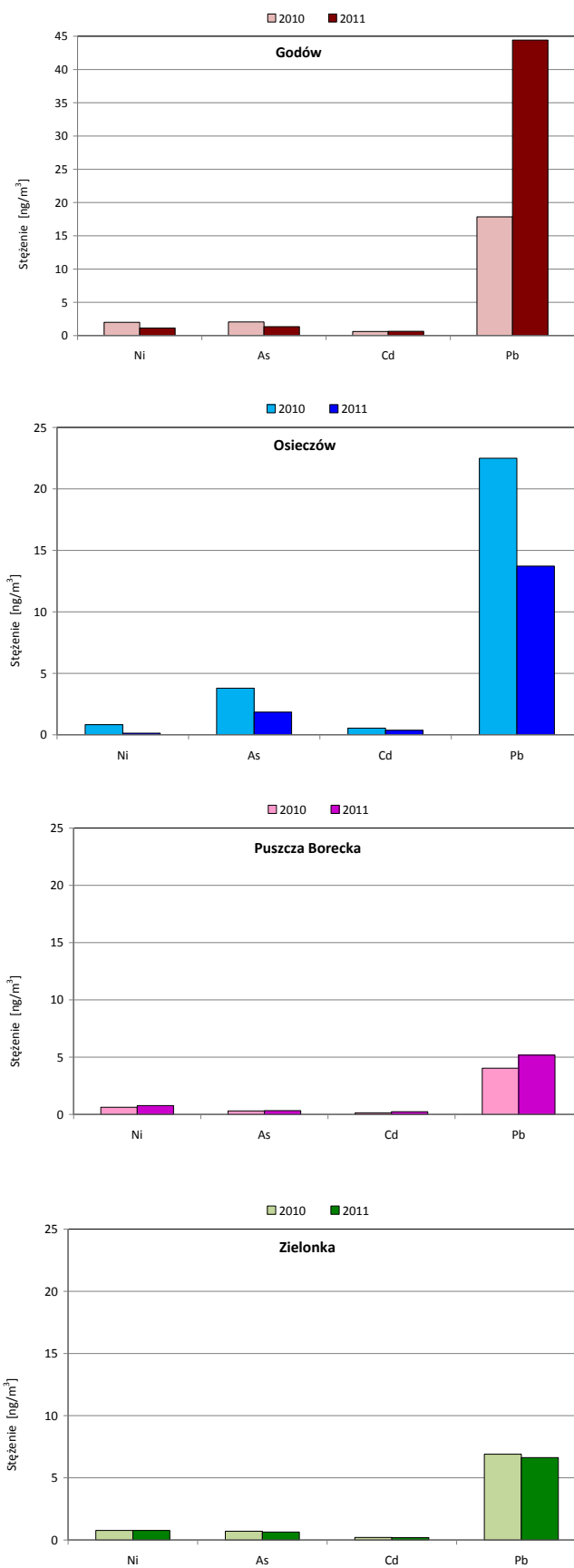
Godów – stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)



Rys. 6.1.3. Stężenia średnie roczne metali ciężkich na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w roku 2011

W latach 2010 i 2011 średnie stężenia roczne badanych metali ciężkich na wszystkich analizowanych stacjach tłowych nie przekroczyły poziomu dopuszczalnego dla ołowiu (Tab. 6.1.2) i poziomów docelowych dla pozostałych metali (As, Cd i Ni).

Spośród badanych czterech metali na najwyższym poziomie na wszystkich stacjach były stężenia ołowiu. Największą wartość średnią roczną S_a odnotowano w roku 2011 dla ołowiu w Godowie; stanowiła ona 9 % poziomu dopuszczalnego. Najniższą wartość średnią S_a (ośmiokrotnie mniejszą niż w Godowie) zmierzono na stacji Puszcza Borecka.



Rys. 6.1.4. Stężenia średnie roczne metali ciężkich na stacjach tła regionalnego i w Godowie w latach 2010 i 2011

Na drugim miejscu pod względem wysokości stężeń w roku 2011 znalazł się arsen. Najwyższe stężenie średnie roczne wystąpiło na stacji Osieczów i stanowiło 50 % poziomu docelowego. Najniższe wartości na wszystkich czterech stacjach spośród analizowanych metali ciężkich w pyłe PM₁₀ obserwowane były dla kadmu. Najniższe wartości tego metalu zanotowano w Puszczy Boreckiej i Zielonce (5 % poziomu docelowego). Wykonane analizy pokazują, że najmniejsze zróżnicowanie średnich rocznych stężeń dotyczy niklu. Jego stężenie, występujące na poziomie 1 ng/m³ na wszystkich analizowanych stacjach, stanowi 5% poziomu docelowego (Rys. 6.1.4).

Na stacji Godów w roku 2011 zanotowano spadek wysokości stężeń metali ciężkich w stosunku do roku poprzedniego, z wyjątkiem ołowiu (którego stężenie w roku 2011 wzrosło ponad dwukrotnie w stosunku do roku 2010). Na stacji Osieczów stężenia wszystkich metali zmalały, najbardziej dla ołowiu i arsenu. Na Stacji Puszcza Borecka nieznacznie wzrosły stężenia wszystkich czterech metali, w największym stopniu ołowiu. Na stacji Zielonka stężenia wszystkich metali nieznacznie zmalały.

Podsumowując można stwierdzić, że stężenia ołowiu wzrosły w 2011 na stacji Godów (o 140%) i Puszcza Borecka (o 30%), a zmalały w Osieczowie (o 40%) i Zielonce (o 4%). Stężenia średnie roczne pozostałych metali ciężkich w roku 2011 generalnie spadły, przeciętnie o kilkanaście procent.

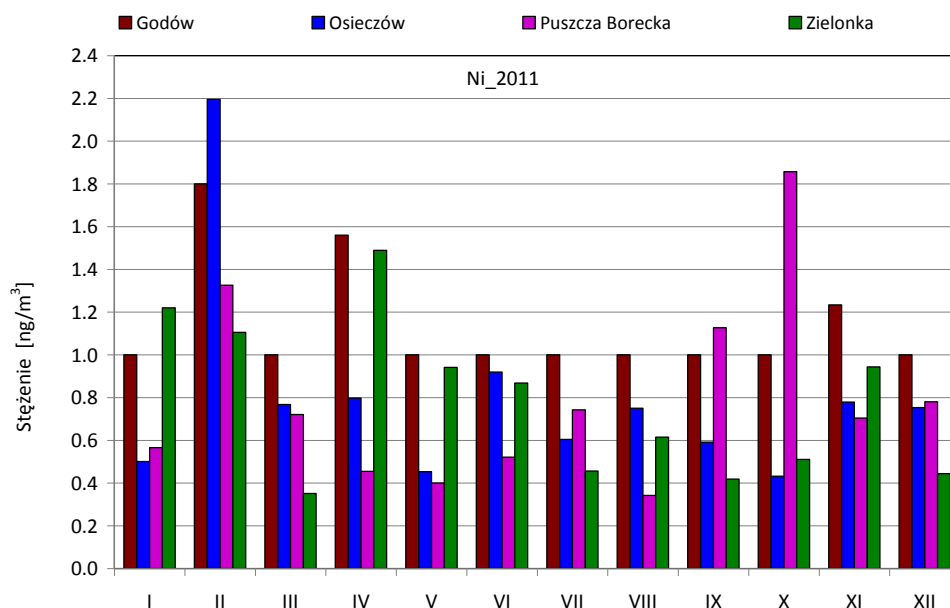
Dla roku 2011 przedstawiono analizę zmienności stężeń średnich miesięcznych S_m w roku 2011 na stacjach tła regionalnego w postaci tabelarycznej (Tab. 6.1.6) i graficznej (Rys. 6.1.5 – 6.1.8).

Przedstawione poniżej w tabelach i na rysunkach wyniki pokazują zauważalną zmienność sezonową dla wszystkich metali ciężkich, charakteryzującą się występowaniem wysokich stężeń metali w sezonie chłodnym i niskich w sezonie ciepłym.

Tab. 6.1.6. Stężenia średnie miesięczne Ni w pyłe PM₁₀ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w 2011 roku

Miesiąc	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[ng/m ³]			
I	1,0	0,5	0,6	1,2
II	1,8	2,2	1,3	1,1
III	1,0	0,8	0,7	0,4
IV	1,6	0,8	0,5	1,5
V	1,0	0,5	0,4	0,9
VI	1,0	0,9	0,5	0,9
VII	1,0	0,6	0,7	0,5
VIII	1,0	0,8	0,3	0,6
IX	1,0	0,6	1,1	0,4
X	1,0	0,4	1,9	0,5
XI	1,2	0,8	0,7	0,9
XII	1,0	0,8	0,8	0,4

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)



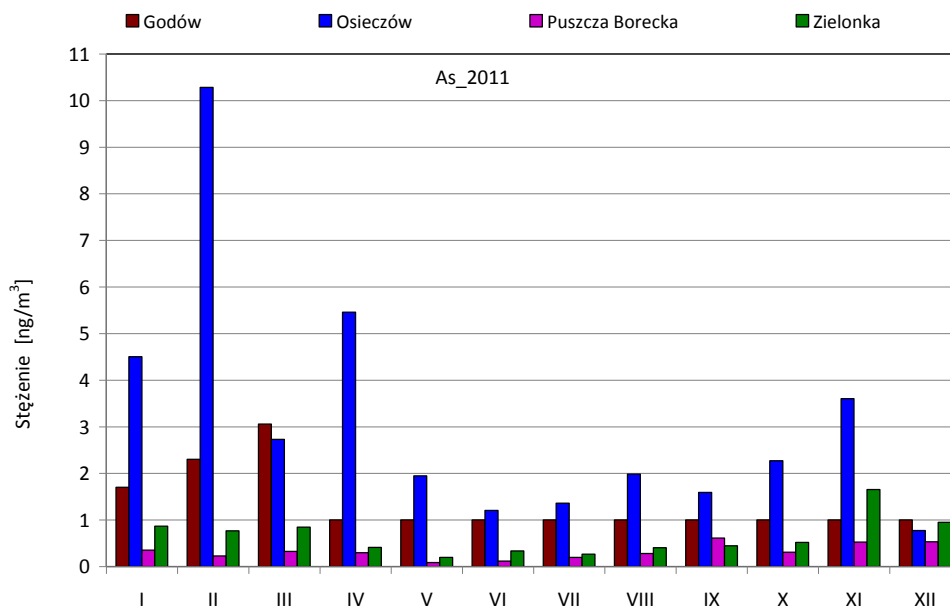
Rys. 6.1.5 Stężenia średnie miesięczne Ni w pyłe PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w 2011 roku

Stężenia niklu na wszystkich stacjach były najwyższe w lutym. Wysokie wartości na większości stacji obserwowano również w kwietniu i w październiku, czyli w miesiącach początku i końca sezonu grzewczego. W tych miesiącach nieproporcjonalnie wysokie stężenia Ni odnotowano w Godowie i Zielonce (w kwietniu) oraz w Puszczy Boreckiej (w październiku).

Tab. 6.1.7. Stężenia średnie miesięczne As w pyłe PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w 2011 roku

Miesiąc	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[μg/m ³]			
I	1,7	4,5	0,4	0,9
II	2,3	10,3	0,2	0,8
III	3,1	2,7	0,3	0,8
IV	1,0	5,5	0,3	0,4
V	1,0	1,9	0,1	0,2
VI	1,0	1,2	0,1	0,3
VII	1,0	1,4	0,2	0,3
VIII	1,0	2,0	0,3	0,4
IX	1,0	1,6	0,6	0,4
X	1,0	2,3	0,3	0,5
XI	1,0	3,6	0,5	1,7
XII	1,0	0,8	0,5	0,9

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)



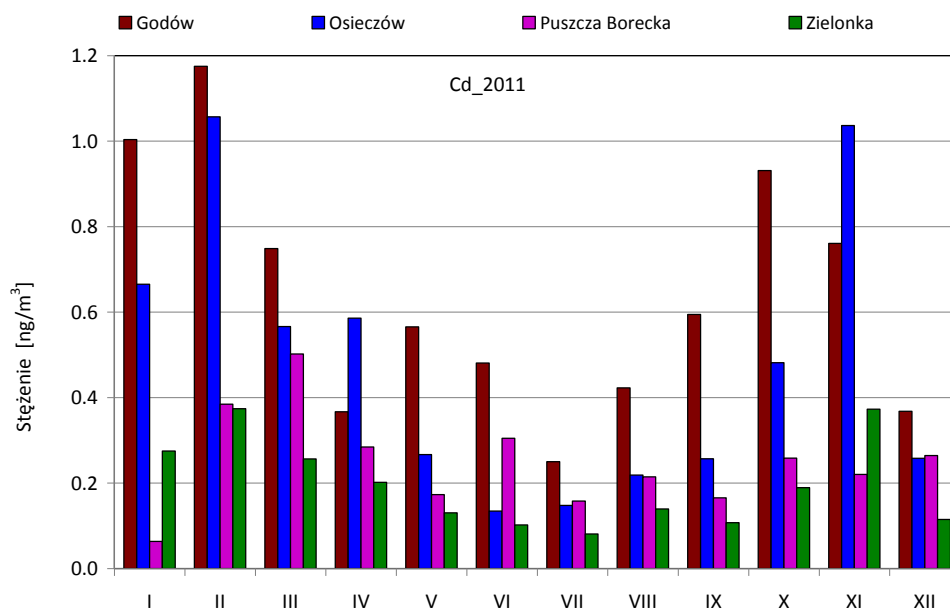
Rys. 6.1.6 Stężenia średnie miesięczne As w pyłe PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w 2011 roku

Najwyższe stężenia średnie miesięczne arsenu w 2011 r. wystąpiły prawie w każdym miesiącu na stacji Osieczów i Godów (Rys. 6.1.6). Jest to widoczne szczególnie w okresie styczeń – luty oraz w kwietniu i w listopadzie. Na pozostałych stacjach obserwowane stężenia średnie miesięczne były na zbliżonym poziomie, ze słabo zaznaczonym przebiegiem sezonowym w ciągu roku. Najniższe stężenia odnotowano w Puszczy Boreckiej prawie w każdym miesiącu.

Tab. 6.1.8. Stężenia średnie miesięczne Cd w pyłe PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w 2011 roku

Miesiąc	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[ng/m ³]			
I	1,0	0,7	0,1	0,3
II	1,2	1,1	0,4	0,4
III	0,7	0,6	0,5	0,3
IV	0,4	0,6	0,3	0,2
V	0,6	0,3	0,2	0,1
VI	0,5	0,1	0,3	0,1
VII	0,3	0,1	0,2	0,1
VIII	0,4	0,2	0,2	0,1
IX	0,6	0,3	0,2	0,1
X	0,9	0,5	0,3	0,2
XI	0,8	1,0	0,2	0,4
XII	0,4	0,3	0,3	0,1

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)



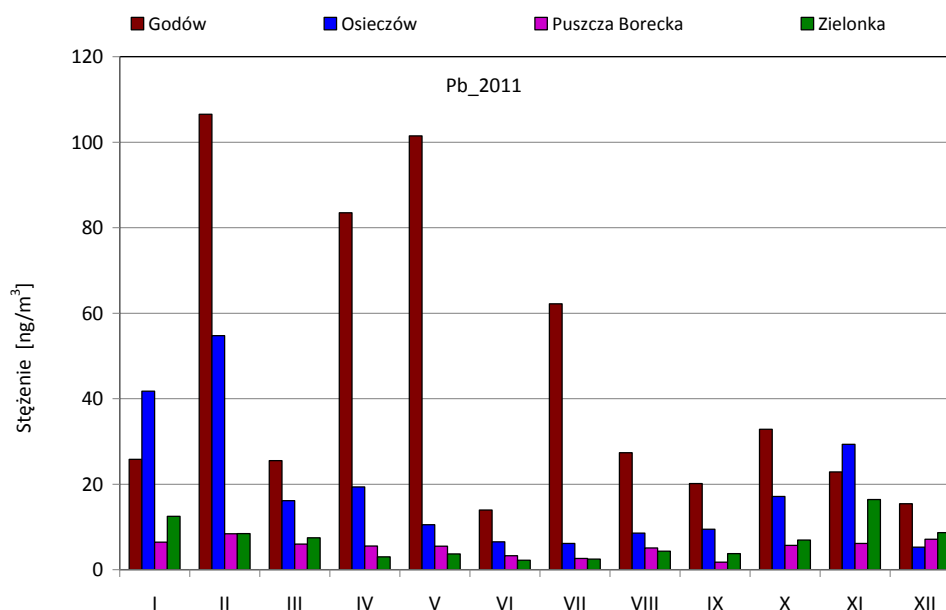
Rys. 6.1.7 Stężenia średnie miesięczne Cd w pyłe PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w 2011 roku

Zmiany wysokości stężeń średnich miesięcznych kadmu oznaczanego w pyłe PM10 charakteryzują się wyraźnym przebiegiem sezonowym zauważalnym na każdej stacji tła regionalnego. Najwyższe stężenia Cd wystąpiły w najchłodniejszym okresie, jakim był luty 2011 roku. Wysokie stężenia utrzymywały się w sezonie chłodnym (I-III, X-XII). Znacznie niższe obserwowano w sezonie ciepłym (IV-IX). Wyjątkiem jest kwiecień, w którym obserwowano względnie wysokie wartości (z wyjątkiem Godowa, gdzie zanotowano istotny spadek) i grudzień, gdzie wysokości stężeń były zbliżone do maja i września. Najwyższe poziomy stężenie kadmu zmierzono na stacjach Godów i Osieczów niemal w każdym miesiącu (w kwietniu najwyższe stężenia odnotowano w Osieczowie). Przez większą część roku najniższe stężenia wystąpiły w Zielonce. Tylko w styczniu wystąpiło niższe stężenie Cd w Puszczy Boreckiej niż w Zielonce, które jednocześnie było najniższe w roku (Rys. 6.1.7).

Tab. 6.1.9. Stężenia średnie miesięczne Pb w pyłe PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w 2011 roku

Miesiąc	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[μg/m³]			
I	25.8	41.7	6.4	12.5
II	106.5	54.7	8.4	8.4
III	25.5	16.1	6.0	7.5
IV	83.5	19.3	5.5	3.0
V	101.5	10.5	5.5	3.6
VI	13.9	6.5	3.2	2.2
VII	62.2	6.1	2.6	2.5
VIII	27.3	8.5	5.0	4.3
IX	20.1	9.5	1.7	3.7
X	32.8	17.1	5.6	6.9
XI	22.9	29.3	6.1	16.4
XII	15.4	5.2	7.1	8.7

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)



Rys. 6.1.8 Stężenia średnie miesięczne Pb w pyłe PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w 2011 roku

Stężenia średnie miesięczne ołowiu zawartego w pyłe PM10 na stacji Godów były w okresie luty – lipiec na poziomie kilkakrotnie wyższym niż na pozostałych stacjach. Najwyższe stężenia na tej stacji odnotowano w lutym, w okresie kwiecień – maj i w sierpniu, natomiast w drugiej części roku (sierpień – grudzień) poziom stężeń uległ znacznemu spadkowi, co może wskazywać na zmianę jakości wyników pomiaru stężeń ołowiu na tej stacji. Stężenia Pb na pozostałych stacjach tłowych mają przebiegi miesięczne zbliżone do zmian sezonowych z charakterystycznym dla roku 2011 podwyższeniem stężeń w okresie styczeń – luty oraz w okresie październik – listopad. Podobnie jak dla innych metali zawartych w pyłe PM10 najniższe stężenia ołowiu odnotowano na stacji Puszcza Borecka.

6.1.3. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyłe PM10

Wartości stężeń średnich rocznych S_a wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zawartych w pyłe PM10 dla lat 2010 i 2011 przedstawiono w tabeli 6.1.10 (kolorem oznaczono przekroczenia wartości docelowej), natomiast zmiany stężeń S_a na analizowanych stacjach w roku 2011 na rysunku 6.1.8. Należy zaznaczyć, że na stacji Godów oznaczano tylko B(a)P, którego stężenia w latach 2010-2011 znacznie odbiegały od poziomów stężeń występujących na stacjach tła regionalnego.

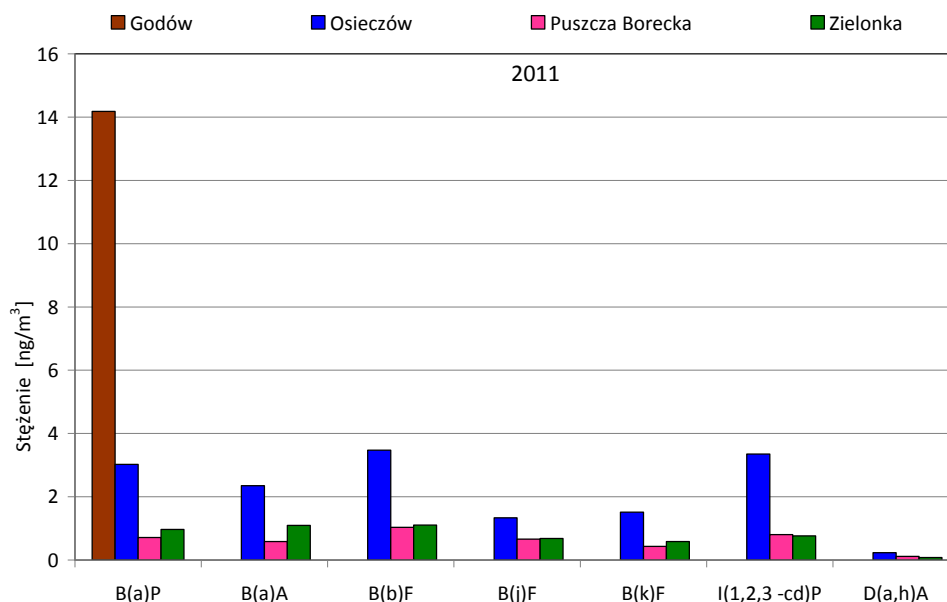
W latach 2010 i 2011 stężenia średnie roczne benzo(a)pirenu przekroczyły poziom docelowy (Tab. 6.1.2) na stacjach Godów i Osieczów (Tab. 6.1.10). Na stacji Puszcza Borecka, na której stężenia były najniższe, średnia wartość S_a stanowiła 70% poziomu docelowego.

Zmiany stężeń średnich rocznych wwa w obu analizowanych latach na poszczególnych stacjach tłowych przedstawiono na rysunku 6.1.10. Należy zaznaczyć, że brak stacji Godów wynika z faktu, iż na tej stacji oznaczano tylko B(a)P. Stężenie B(a)P na tej stacji minimalnie wzrosło (o 1%) w roku 2011.

Tab. 6.1.10. Stężenia średnie roczne wwa na stacjach tła regionalnego oraz stacji Godów w latach 2010 i 2011

Rok	Stacja	WWA w pyłe PM10						
		[ng/m ³]						
		B(a)P	B(a)A	B(b)F	B(j)F	B(k)F	I(1,2,3 -cd)P	D(a,h)A
2010	Godów	14,000						
	Osieczów	3,340	4,580	4,140	1,880	1,870	3,450	0,390
	Puszcza Borecka	0,740	0,780	1,104	0,794	0,540	0,706	0,276
	Zielonka	0,850	1,050	1,000	0,710	0,670	0,750	0,070
2011	Godów	14,180						
	Osieczów	3,020	2,350	3,470	1,330	1,510	3,350	0,230
	Puszcza Borecka	0,710	0,580	1,030	0,660	0,430	0,800	0,110
	Zielonka	0,963	1,090	1,100	0,680	0,580	0,760	0,078

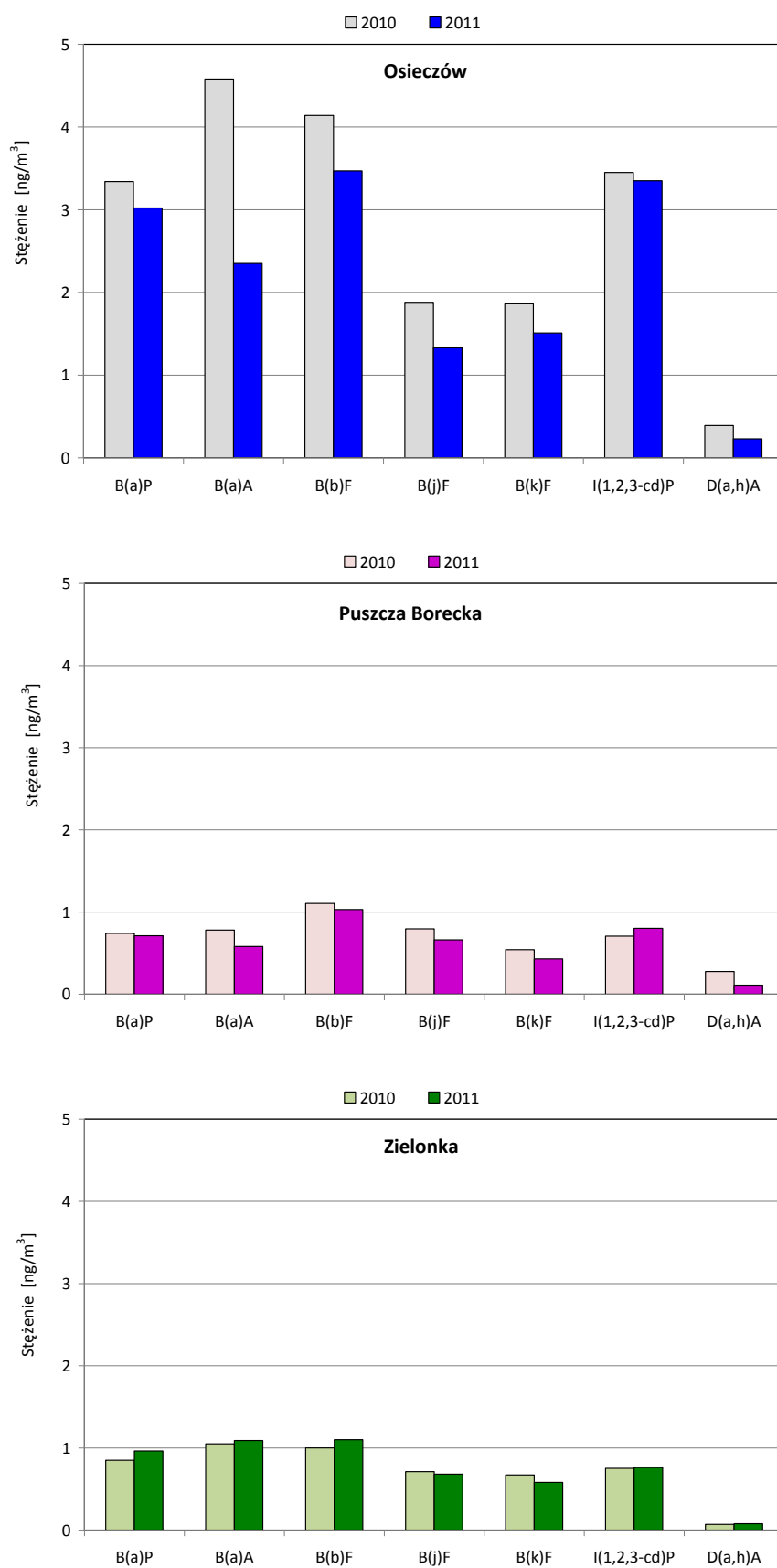
Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)



Rys. 6.1.9 Stężenia średnie roczne wwa na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w roku 2011

W okresie 2010-2011 poziom stężeń wwa w Osieczowie był 3-krotnie wyższy niż na pozostałych stacjach. W roku 2011 w stosunku do roku 2010 w Osieczowie stężenia wszystkich badanych węglowodorów zmalały. Najbardziej spadło stężenie B(a)P (o 50%), a najmniej I(1,2,3-cd)P (o 20%). Na Stacji Puszcza Borecka w 2011 roku zmalały (średnio o około 20%) stężenia prawie wszystkich analizowanych węglowodorów, z wyjątkiem I(1,2,3-cd)P, dla którego zaobserwowano wzrost o 10%. Na stacji Zielonka stężenia B(j)F, B(k)F zmalały o około 15%, natomiast pozostałych wzrosły o około 10%.

Przedstawione wyniki pokazują, że stężenia normowanego benzo(a)pirenu wzrosły w 2011 na trzech stacjach (od 10% do 50%) z wyjątkiem Puszczy Boreckiej (spadek ok. 4%). Na wszystkich stacjach wzrosły stężenia indeno(1,2,3-cd)pirenu (od 20% do 30%), a zmalały dibenzo(a,h)antracenu (o kilkadziesiąt procent).

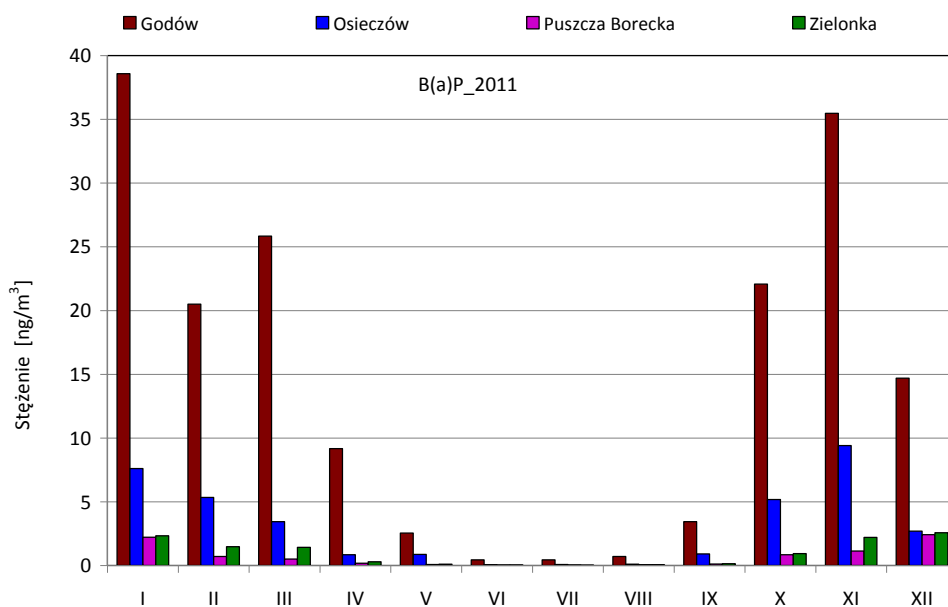


Rys. 6.1.10. Stężenia średnie roczne wwa na stacjach tła regionalnego w latach 2010 i 2011

Tab. 6.1.11. Stężenia średnie miesięczne B(a)P w pyłach PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w 2011 roku

Miesiąc	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[μg/m ³]			
I	38,6	7,6	2,2	2,3
II	20,5	5,3	0,7	1,5
III	25,8	3,4	0,5	1,4
IV	9,2	0,8	0,2	0,3
V	2,5	0,9	0,1	0,1
VI	0,4	0,1	0,0	0,0
VII	0,4	0,1	0,0	0,0
VIII	0,7	0,1	0,0	0,0
IX	3,4	0,9	0,1	0,1
X	22,1	5,2	0,8	0,9
XI	35,5	9,4	1,1	2,2
XII	14,7	2,7	2,4	2,6

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)



Rys. 6.1.11. Stężenia średnie miesięczne B(a)P w pyłach PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w 2011 roku

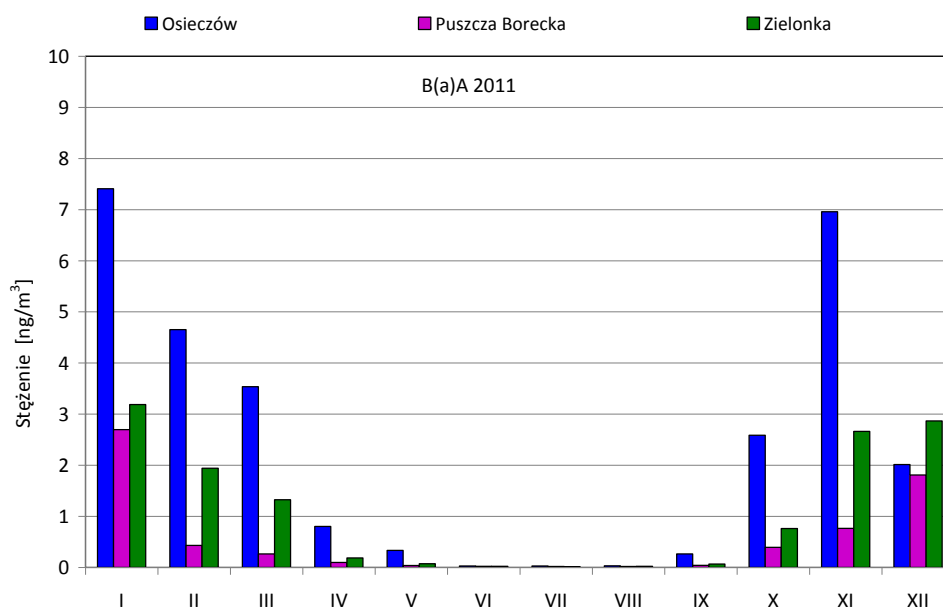
Dla roku 2011 przedstawiono analizę zmienności stężeń średnich miesięcznych S_m w wa na stacjach tła regionalnego w postaci tabelarycznej (Tab. 6.1.11 - 6.1.17) i graficznej (Rys. 6.1.11 – 6.1.17).

Stężenia benzo(a)pirenu zawartego w pyłach PM10 na stacji Godów w ciągu całego roku 2011 były na poziomie wielokrotnie wyższym niż na pozostałych trzech stacjach (Rys. 6.1.11). Najwyższe stężenia na tej stacji wystąpiły w styczniu i listopadzie. Ich poziom w stosunku do okresu letniego (VI–VIII), w którym stężenia nie przekraczały normowanego dla roku poziomu 1 ng/m³ był kilkadziesiąt razy większy. Na drugim miejscu pod względem wysokości stężeń B(a)P w roku 2011 była stacja Osieczów, na której stężenia średnie miesięczne powyżej 1 ng/m³ wystąpiły tylko w sezonie chłodnym. Stężenia dla tego zanieczyszczenia na

pozostałych stacjach tłowych przekraczały w niektórych miesiącach sezonu chłodnego wartość 1 ng/m^3 .

Tab. 6.1.12. Stężenia średnie miesięczne B(a)A w pyłe PM10 na stacjach tła regionalnego w 2011 roku

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[ng/m ³]		
I	7,41	2,70	3,19
II	4,65	0,43	1,94
III	3,54	0,26	1,32
IV	0,80	0,10	0,19
V	0,33	0,04	0,07
VI	0,03	0,02	0,02
VII	0,03	0,02	0,01
VIII	0,03	0,02	0,02
IX	0,27	0,04	0,07
X	2,59	0,39	0,76
XI	6,96	0,76	2,66
XII	2,01	1,81	2,87

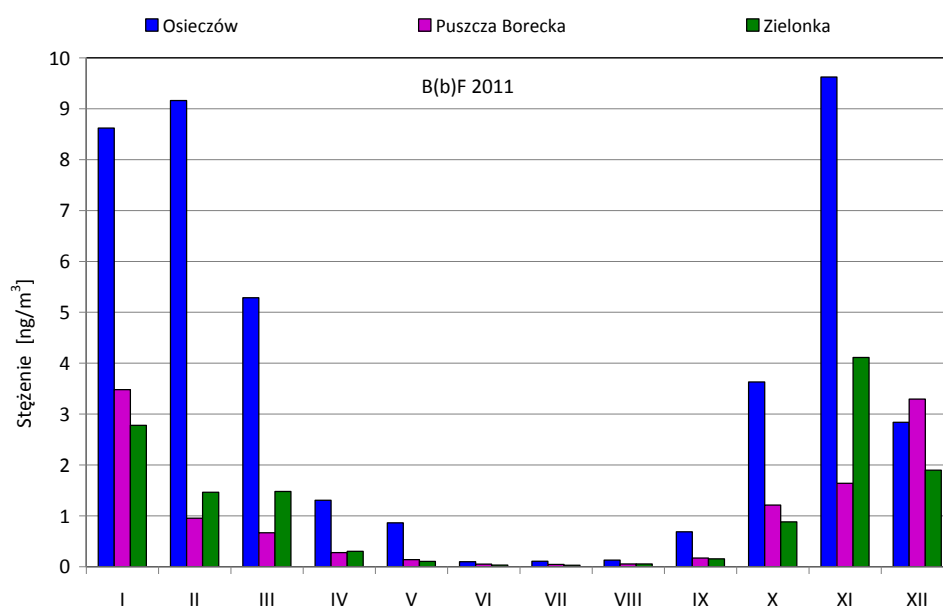


Rys. 6.1.12. Stężenia średnie miesięczne B(a)A w PM10 na stacjach tła regionalnego w 2011 roku

Najwyższe stężenia średnie miesięczne benzo(a)antracenu w roku 2011 wystąpiły na stacji Osieczów. W sezonie chłodnym nie przekraczały poziomu 8 ng/m^3 , natomiast w sezonie ciepłym były poniżej 1 ng/m^3 . Najwyższe stężenia miały miejsce w styczniu i listopadzie, podobnie jak dla B(a)P. W Zielonce najwyższe stężenia miesięczne, nie przekraczające 5 ng/m^3 odnotowano w styczniu i w okresie listopad – grudzień. W Puszczy Boreckiej, charakteryzującej się najniższymi stężeniami w stosunku do innych stacji, zanotowano najwyższe wartości średniego stężenia B(a)P w styczniu i grudniu, nie przekraczające jednak 4 ng/m^3 .

Tab. 6.1.13. Stężenia średnie miesięczne B(b)F w pyłe PM₁₀ na stacjach tła regionalnego w 2011 roku

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[ng/m ³]		
I	8,62	3,48	2,78
II	9,16	0,95	1,46
III	5,29	0,67	1,48
IV	1,30	0,28	0,30
V	0,86	0,14	0,10
VI	0,10	0,05	0,03
VII	0,11	0,04	0,03
VIII	0,13	0,05	0,05
IX	0,69	0,17	0,15
X	3,63	1,21	0,88
XI	9,62	1,64	4,11
XII	2,84	3,29	1,90

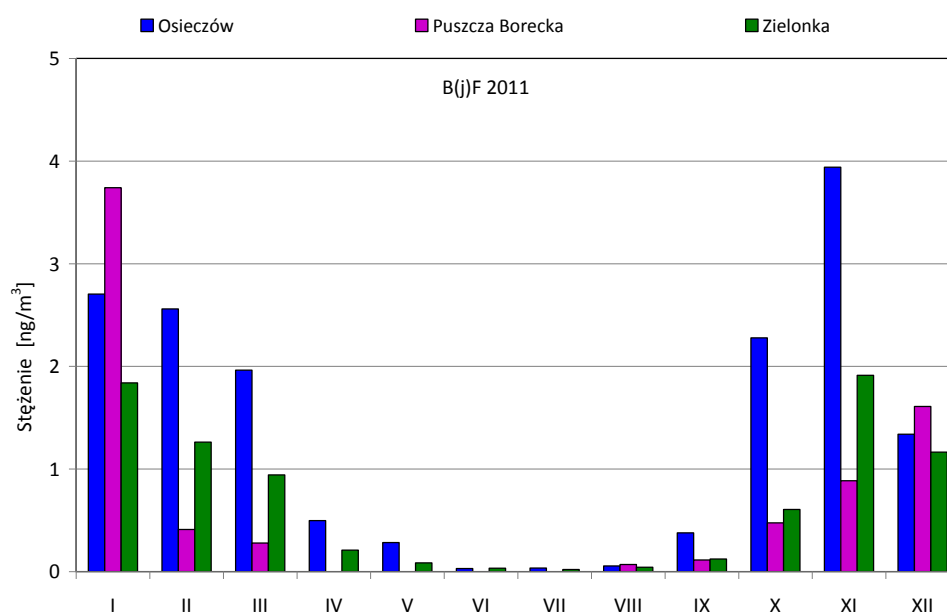


Rys. 6.1.13. Stężenia średnie miesięczne B(b)F w pyłe PM₁₀ na stacjach tła regionalnego w 2011 roku

Poziom stężen benzo(b)fluorantenu na stacji Osieczów w roku 2011 był kilkakrotnie wyższy od stężeń na pozostałych dwu stacjach. W Osieczowie wysokie stężenia (około 10 ng/m³) tego zanieczyszczenia wystąpiły w okresie styczeń – luty i w listopadzie. Podobna sytuacja miała miejsce na stacji Zielonka, na której stężenia były blisko 2-krotnie niższe (maksymalne stężenia średnie miesięczne nie przekraczało 5 ng/m³). Na stacji Puszcza Borecka najwyższe stężenia miesięczne (4 ng/m³) wystąpiło w styczniu i w listopadzie, podobnie jak dla wcześniej omówionych B(a)P i B(a)A.

Tab. 6.1.14 Stężenia średnie miesięczne B(j)F w pyłe PM10 na stacjach tła regionalnego w 2011 roku

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[ng/m ³]		
I	2,70	3,74	1,84
II	2,56	0,41	1,26
III	1,96	0,28	0,94
IV	0,50	0,00	0,21
V	0,28	0,00	0,08
VI	0,03	0,00	0,03
VII	0,04	0,00	0,02
VIII	0,06	0,07	0,04
IX	0,38	0,11	0,12
X	2,28	0,48	0,61
XI	3,94	0,89	1,91
XII	1,34	1,61	1,16

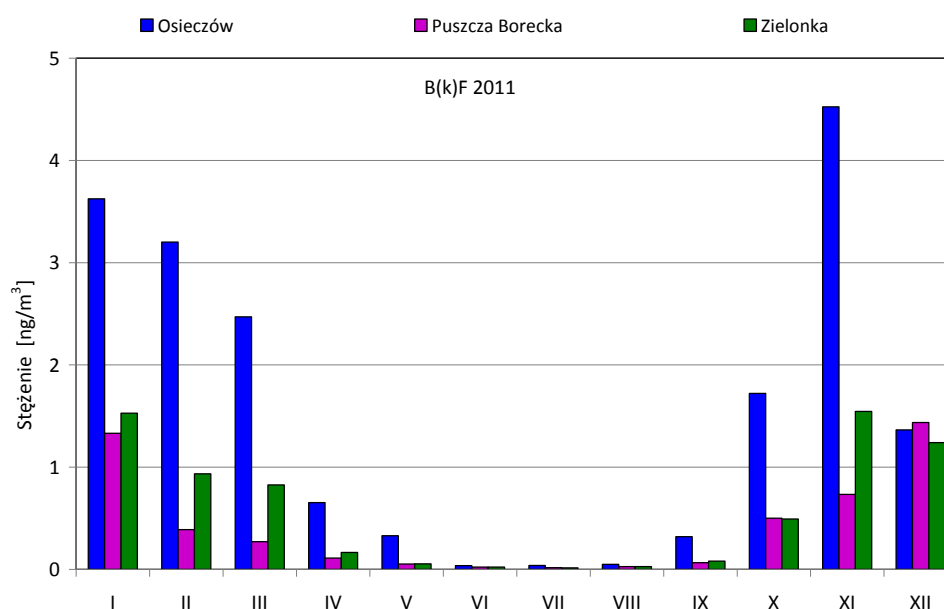


Rys. 6.1.14. Stężenia średnie miesięczne B(j)F w pyłe PM10 na stacjach tła regionalnego w 2011 roku

Charakterystyczną cechą sezonowych zmian stężenia benzo(j)fluorantenu w roku 2011 na trzech stacjach tłowych było to, że w sezonie chłodnym maksymalne stężenia notowano w Puszczy Boreckiej (w styczniu i grudniu) na której generalnie stężenia wwa były na najniższym poziomie. Najwyższa wartość miesięczna w roku wystąpiła jednak na stacji w Osieczowie w listopadzie, podobnie jak przypadku innych analizowanych węglowodorów.

Tab. 6.1.15 Stężenia średnie miesięczne B(k)F w pyłe PM₁₀ na stacjach tła regionalnego w 2011 roku

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[ng/m ³]		
I	3,62	1,33	1,53
II	3,20	0,39	0,93
III	2,47	0,27	0,83
IV	0,65	0,11	0,17
V	0,33	0,05	0,05
VI	0,04	0,02	0,02
VII	0,04	0,02	0,01
VIII	0,05	0,03	0,03
IX	0,32	0,07	0,08
X	1,72	0,50	0,49
XI	4,52	0,73	1,54
XII	1,36	1,44	1,24

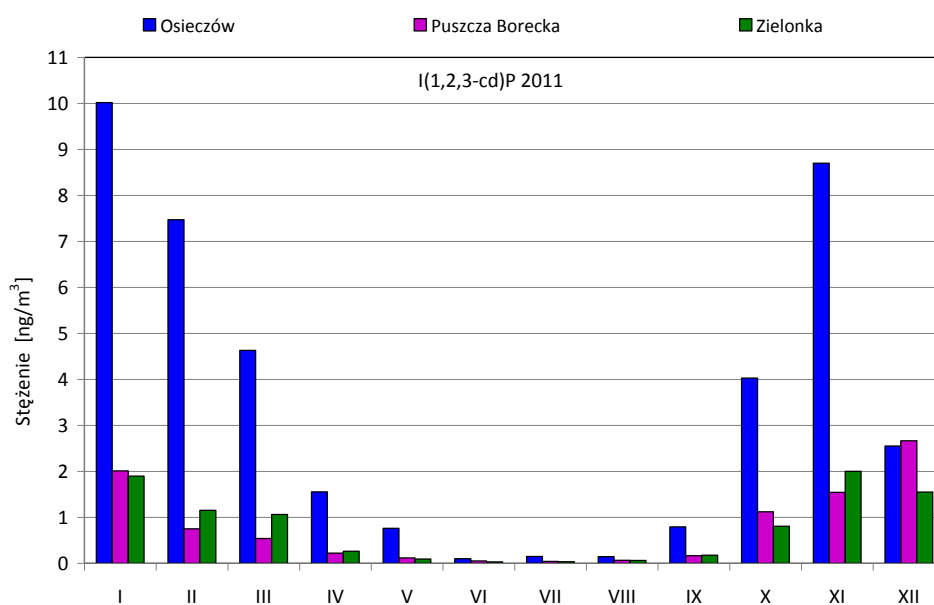


Rys. 6.1.15. Stężenia średnie miesięczne B(k)F w pyłe PM₁₀ na stacjach tła regionalnego w 2011 roku

Przebieg zmian stężeń benzo(k)fluorantenu na stacjach tłowych w roku 2011 jest bardzo podobny do przebiegu B(J)F, z tą różnicą, że maksymalne stężenie dla stycznia odnotowano nie na stacji Puszcza Borecka, tylko w Osieczowie. W przypadku Puszczy Boreckiej maksymalne stężenie odnotowano w grudniu. Generalnie, najwyższe stężenia wystąpiły w sezonie chłodnym w Osieczowie, a najniższe w sezonie ciepłym w Puszczy Boreckiej.

Tab. 6.1.16. Stężenia średnie miesięczne I(1,2,3-cd)P w pyłe PM₁₀ na stacjach tła regionalnego w 2011 roku

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	]ng/m ³]		
I	10,02	2,01	1,90
II	7,47	0,75	1,15
III	4,63	0,54	1,06
IV	1,55	0,22	0,26
V	0,76	0,12	0,09
VI	0,10	0,05	0,03
VII	0,15	0,04	0,03
VIII	0,15	0,06	0,06
IX	0,79	0,17	0,18
X	4,03	1,12	0,80
XI	8,70	1,54	2,00
XII	2,55	2,66	1,55

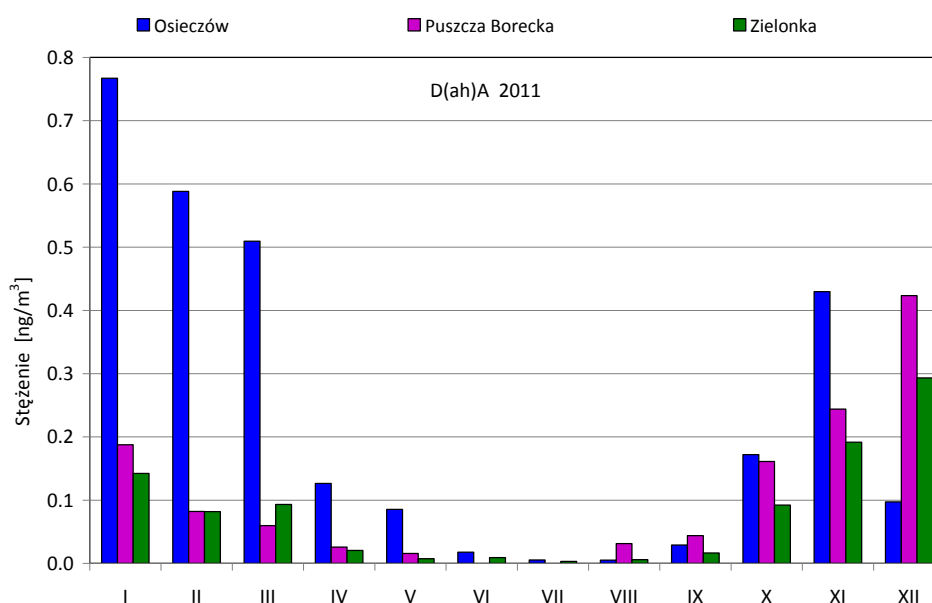


Rys. 6.1.16. Stężenia średnie miesięczne I(1,2,3-cd)P w pyłe PM₁₀ na stacjach tła regionalnego w 2011 roku

Zmiany stężeń miesięcznych indeno(1,2,3-cd)pirenu na stacji w Osieczowie w 2011 roku mają typowy przebieg sezonowy. Stężenia osiągały, podobnie jak dla B(b)F, maksymalny poziom 10 ng/m³. Najwyższe stężenia na stacjach Zielonka i Puszcza Borecka wystąpiły w sezonie chłodnym i średnio były pięciokrotnie niższe od tych na stacji Osieczów.

Tab. 6.1.17. Stężenia średnie D(a,h)A w pyłe PM₁₀ na stacjach tła regionalnego w 2011 roku

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[ng/m ³]		
I	0,77	0,19	0,14
II	0,59	0,08	0,08
III	0,51	0,06	0,09
IV	0,13	0,03	0,02
V	0,09	0,02	0,01
VI	0,02	0,00	0,01
VII	0,01	0,00	0,00
VIII	0,00	0,03	0,01
IX	0,03	0,04	0,02
X	0,17	0,16	0,09
XI	0,43	0,24	0,19
XII	0,10	0,42	0,29



Rys. 6.1.17. Stężenia średnie miesięczne D(a,h)A w pyłe PM₁₀ na stacjach tła regionalnego w 2011 roku

Zmiany stężeń średnich miesięcznych dibenzo(a,h)antracenu, najniższych spośród wszystkich analizowanych wwa, miały w 2011 roku typowy przebieg sezonowy. Najwyższe stężenia (dochodzące do 0.8 ng/m³) wystąpiły w styczniu na stacji Osieczów. Należy zaznaczyć, że poza Osieczowem, najwyższe stężenia D(a,h)A zanotowano na stacji Puszcza Borecka w drugiej połowie roku w takich miesiącach, jak sierpień, wrzesień i grudzień. Podobną sytuację zaobserwowano na stacji Zielonka (najniższe stężenia z 3 analizowanych stacji).

6.2. Zanieczyszczenia zawarte w pyłe PM_{2,5}

6.2.1. Pył PM_{2,5}

Poziomy docelowy i dopuszczalny (wraz z marginesem tolerancji) dla pyłu PM_{2,5} ze względu na ochronę zdrowia ludzi przedstawiono w tabeli 6.2.1.

Tabela 6.2.1. Poziom docelowy i poziom dopuszczalny stężenia pyłu PM_{2,5} dla kryterium ochrony zdrowia ludzkiego¹⁰

poziom docelowy

Okres uśredniania wyników pomiarów	Poziom docelowy	Termin osiągnięcia poziomu docelowego
Rok kalendarzowy	25 µg/m ³	1 stycznia 2010

poziom dopuszczalny

Okres uśredniania wyników pomiarów	Poziom dopuszczalny	Margines tolerancji	Termin osiągnięcia poziomu dopuszczalnego
FAZA 1			
Rok kalendarzowy	25 µg/m ³	20% w dniu 11 czerwca 2008 r., zmniejszenie od dnia 1 stycznia następnego roku, a następnie co 12 miesięcy o równe roczne udziały procentowe aż do osiągnięcia 0% w dniu 1 stycznia 2015 r.	1 stycznia 2015 r.
FAZA 2			
Rok kalendarzowy	20 µg/m ³		1 stycznia 2020

(¹) FAZA 2 - orientacyjny poziom dopuszczalny zostanie zweryfikowany przez Komisję w 2013 r. w świetle dalszych informacji na temat skutków dla zdrowia i środowiska, wykonalności technicznej oraz doświadczenia w zakresie poziomu docelowego w państwach członkowskich

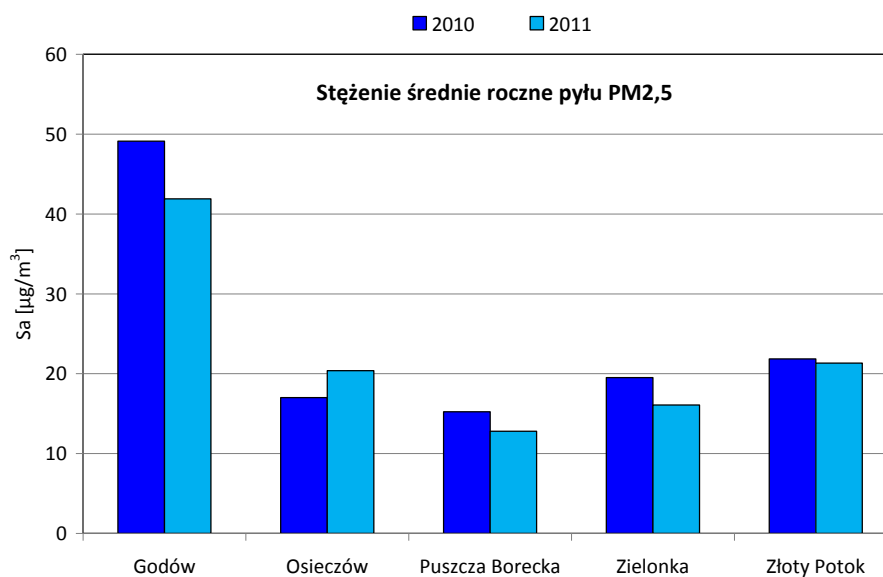
Wartości stężeń średnich rocznych S_a pyłu PM_{2,5} dla lat 2010 i 2011 wraz z odniesieniem ich do poziomów: docelowego w roku 2010, dopuszczalnego w roku 2010 i 2011 oraz dopuszczalnego w roku 2020 przedstawiono w tabeli 6.2.2 oraz na rysunku 6.2.1.

¹⁰ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu. (Dz. U. z 2012 r., poz. 1031).

Tab. 6.2.2. Stężenie średnie roczne pyłu PM_{2,5} na stacjach tłowych oraz na stacji Godów w latach 2010 i 2011

Rok	Stacja	Stężenie średnie roczne pyłu PM _{2,5} Sa	Stężenie w stosunku do poziomu docelowego z roku 2010	Stężenie w stosunku do poziomu dopuszczalnego z roku 2010 i 2011	Stężenie w stosunku do poziomu dopuszczalnego z roku 2020
		[µg/m ³]	[%]	[%]	[%]
2010	Godów	49,10	196,4	171,9	245,5
	Osieczów	17,00	68,0	59,5	85,0
	Puszcza Borecka	15,23	60,9	53,3	76,2
	Zielonka	19,50	78,0	68,3	97,5
	Złoty Potok	21,85	87,4	76,5	109,3
2011	Godów	41,89	167,6	150,4	209,5
	Osieczów	20,37	81,5	73,1	101,9
	Puszcza Borecka	12,79	51,2	45,9	64,0
	Zielonka	16,07	64,3	57,7	80,4
	Złoty Potok	21,31	85,2	76,5	106,6

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)



Rys. 6.2.1. Stężenie średnie roczne pyłu PM_{2,5} na stacjach tłowych oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w latach 2010 i 2011

Stężenia średnie roczne w roku 2011 były niższe niż w roku 2010 na wszystkich rozważanych stacjach z wyjątkiem stacji w Osieczowie.

Najwyższą wartość średniego rocznego stężenia pyłu PM_{2,5} w roku 2010 zaobserwowano w Godowie (49,1 µg/m³), co stanowiło 196,4% poziomu docelowego zalecanego od 1 stycznia 2010 roku (25 µg/m³), 171,9% poziomu dopuszczalnego dla roku 2010 (28,6 µg/m³) oraz 245,5% wartości poziomu dopuszczalnego dla roku 2020 (20 µg/m³). Najniższą wartość średniego rocznego stężenia pyłu PM_{2,5} w roku 2010 zanotowano na stacji Puszcza Borecka (15,23 µg/m³), co stanowiło 60,9% poziomu docelowego dla roku 2010, 53,3% poziomu dopuszczalnego dla roku 2010 oraz 76,2% wartości poziomu dopuszczalnego dla roku 2020.

W roku 2011 najwyższą wartość średniego rocznego stężenia pyłu PM_{2,5} zaobserwowano również w Godowie (41,89 µg/m³), co stanowiło 167,6% poziomu docelowego, 150,4% poziomu dopuszczalnego dla roku 2011 oraz 209,5% wartości poziomu dopuszczalnego dla roku 2020. Podobnie jak w roku 2010, w roku 2011 najniższą wartość średniego rocznego stężenia PM_{2,5} zanotowano na stacji Puszcza Borecka (12,79 µg/m³), co stanowiło 51,2% poziomu docelowego, 45,9% poziomu dopuszczalnego w roku 2011 oraz 64,0% wartości poziomu dopuszczalnego dla roku 2020.

W Osieczowie stężenie PM_{2,5} w roku 2011 stanowiło 119,8% wartości stężenia w roku 2010. Na pozostałych stacjach stężenia średnie roczne PM_{2,5} wahały się od 64,3% wartości docelowej (Zielonka 2011) do 87,4% poziomu docelowego dla roku 2010 (Złoty Potok 2010) oraz od 80,4% poziomu dopuszczalnego dla roku 2020 (Zielonka 2011) do 109,3% poziomu dopuszczalnego z roku 2020 (Złoty Potok 2010).

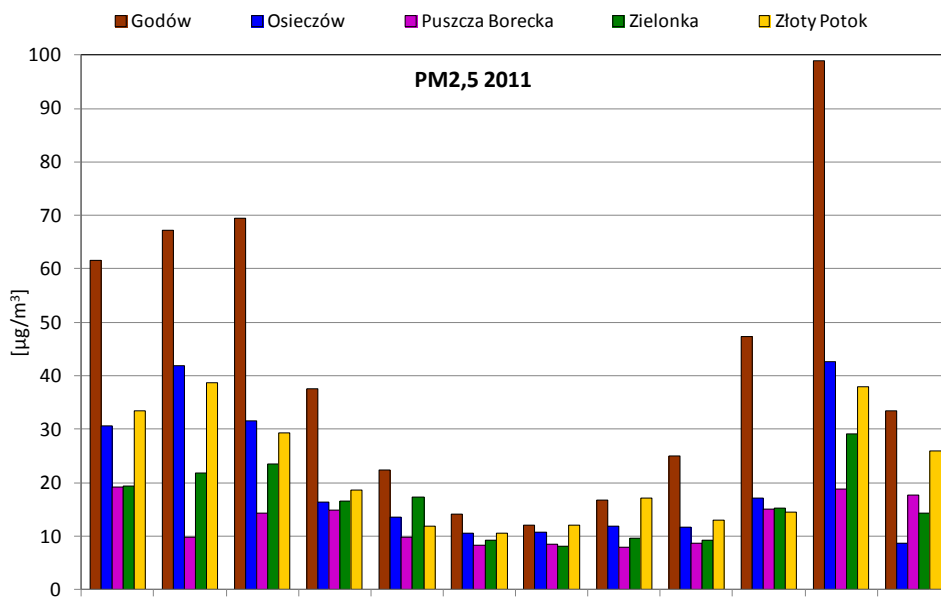
Zmienność stężeń średnich miesięcznych $\bar{S}_m$ w roku 2011 na stacjach tłowych przedstawiono na rysunku 6.2.2 oraz w tabeli 6.2.3. Przedstawione wyniki pokazują wyraźnie zaznaczoną sezonową zmienność stężeń przy maksimach występujących w sezonie chłodnym (I - III i X - XII) oraz minimach w okresie ciepłym (IV - IX). Najwyższe stężenia średnie miesięczne, dla każdego z miesięcy bez wyjątku, występowały na stacji w Godowie. Tam też w listopadzie 2011 zanotowano najwyższą wartość stężenia średniego miesięcznego wynoszącego 98,9 µg/m³. Na tej stacji zanotowano również największą ze wszystkich stacji amplitudę stężeń średnich dobowych 213,0 µg/m³ przy minimum 5,0 µg/m³ w dniach 1-3.07.2011 oraz maksimum 218,0 µg/m³ zanotowane 13 listopada 2011 r.

Tab. 6.2.3. Średnie miesięczne stężenia PM_{2,5} na stacjach tłowych oraz na stacji Godów w roku 2011

Miesiąc	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
[µg/m ³]					
I	61,6	30,6	19,1	19,4	33,3
II	67,3	41,9	9,7	21,8	38,7
III	69,4	31,6	14,2	23,5	29,3
IV	37,6	16,4	14,8	16,5	18,5
V	22,4	13,5	9,7	17,3	11,8
VI	14,2	10,6	8,3	9,3	10,6
VII	12,1	10,7	8,5	8,0	12,0
VIII	16,8	11,9	8,0	9,6	17,1
IX	24,9	11,7	8,6	9,2	13,0
X	47,4	17,1	15,1	15,3	14,5
XI	98,9	42,6	18,9	29,2	37,9
XII	33,3	8,6	17,7	14,4	26,0

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)

Najniższe średnie miesięczne stężenia zanotowano w 2011 roku na stacji Puszcza Borecka (poza lipcem, październikiem i grudniem). Również amplituda stężeń dobowych S₂₄ była na tej stacji najmniejsza i wyniosła 56,4 µg/m³. Najniższe dobowe stężenie w roku 2011 - 1,4 µg/m³ wystąpiło na stacji w Zielonce 13 października 2011 r. (Tab. 6.2.4).



Rys. 6.2.2. Stężenie średnie miesięczne pyłu PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w roku 2011

Tab. 6.2.4. Ekstremalne stężenia średnie dobowe na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w roku 2011

	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
S24 max [µg/m ³]	218,0	109,4	58,2	58,4	90,0
S24 min [µg/m ³]	5,0	3,0	1,8	1,4	5,0
S24 max - Sd min [µg/m ³]	213,0	106,4	56,4	57,0	85,0

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)

6.2.2. Skład pyłu PM_{2,5}

Zgodnie z wymaganiami *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*¹¹ na stacjach tła regionalnego w próbkach zebranego pyłu PM_{2,5} oznaczane powinny być podstawowe jony: SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, Mg²⁺, Ca²⁺, Na⁺, K⁺, NH₄⁺ oraz EC i OC.

Na analizowanych w opracowaniu stacjach tłowych program ten realizowany był różnie w latach 2010 i 2011 (Tab. 6.2.5). Na wszystkich stacjach wykonywany był pomiar stężenia pyłu PM_{2,5}. W roku 2010 pełen program realizowała jedynie stacja Puszcza Borecka. Na stacji Osieczów wykonywano wszystkie jony z wyłączeniem Na⁺ (nie wykonywano też oznaczeń EC i OC). W roku 2011 komplet oznaczeń stężeń jonów prowadzono na wszystkich stacjach, zaś EC i OC nie były oznaczane jedynie na stacjach Godów i Złoty Potok.

¹¹ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r., poz. 1032)

Tab. 6.2.5. Realizacja programu badania jonów w pyłe PM_{2,5}

Zanieczy- szczenie	Godów		Osieczów		Puszcza Borecka		Zielonka		Złoty Potok	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
PM _{2,5}	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
SO ₄ ²⁻		+	+	+	+	+		+		+
NO ₃ ⁻		+	+	+	+	+		+		+
Cl ⁻		+	+	+	+	+		+		+
Mg ²⁺		+	+	+	+	+		+		+
Ca ²⁺		+	+	+	+	+		+		+
Na ⁺		+		+	+	+		+		+
K ⁺		+	+	+	+	+		+		+
NH ₄ ⁺		+	+	+	+	+		+		+
EC				+	+	+		+		
OC				+	+	+		+		

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)

Wartości średnie roczne składników pyłu PM_{2,5} przedstawiono w tabeli 6.2.6, a na rysunku 6.2.3 przedstawiono wyniki dla roku 2011.

Średnie roczne stężenia badanych substancji w latach 2010 i 2011 przedstawiono w tabeli 6.2.6 oraz na rysunkach 6.2.3 - 6.2.4. Wyniki pomiarów wykonywanych w roku 2010 były niekompletne. Oznaczenia były wykonywane jedynie na dwóch stacjach: Puszcza Borecka (kompletny program) oraz Osieczów (od września).

Tab. 6.2.6. Wyniki badania składu pyłu PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010 i 2011

Rok	Stacja	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	EC	OC
		[ng/m ³]									
2010	Godów										
	Osieczów ¹⁾	2854,46	2163,72	161,07	10,28	49,44		147,86	1233,37		
	Puszcza Borecka ²⁾	2626,74	2102,48	186,98	39,06	144,18	1291,20	118,65	1117,14	2158,33	1634,17
	Zielonka										
	Złoty Potok										
2011	Godów	3947,11	2783,80	1482,81	17,05	72,68	528,11	300,72	2406,61		
	Osieczów	2682,84	1421,19	81,29	9,85	36,49	126,88	120,69	1211,72	1501,87	6290,91
	Puszcza Borecka	2104,67	1433,53	54,80	17,70	80,42	294,35	109,06	294,35	561,32	3237,80
	Zielonka	1780,00	1460,00	130,00	10,00	100,00	120,00	100,00	1080,00	877,32	4248,79
	Złoty Potok	4679,25	2152,86	584,58	79,53	244,40	4654,40	252,42	1014,29		

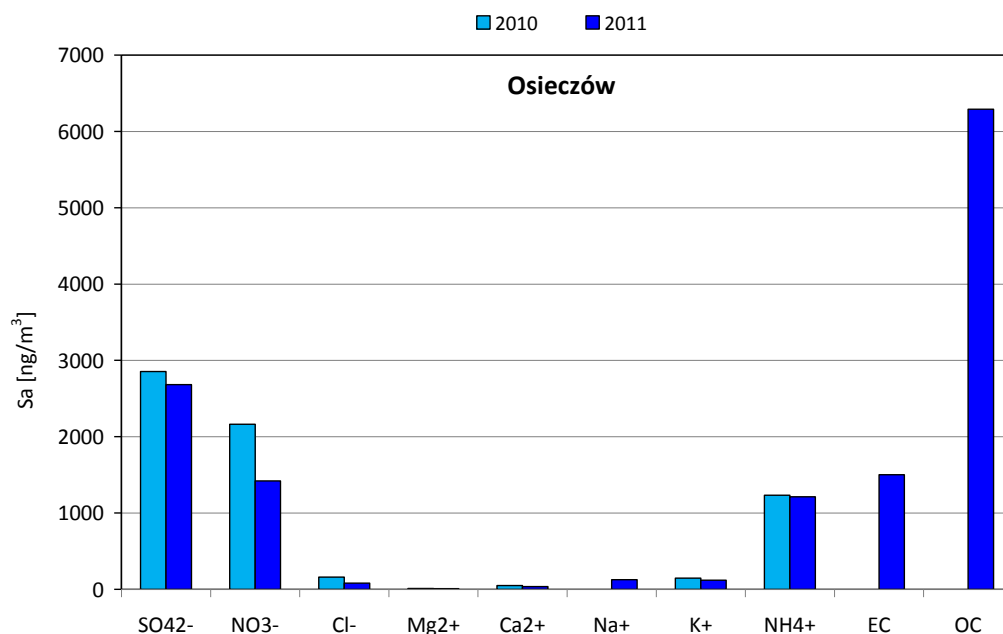
Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)

¹⁾ niekompletna seria pomiarowa (pomiaru wykonywane od września)

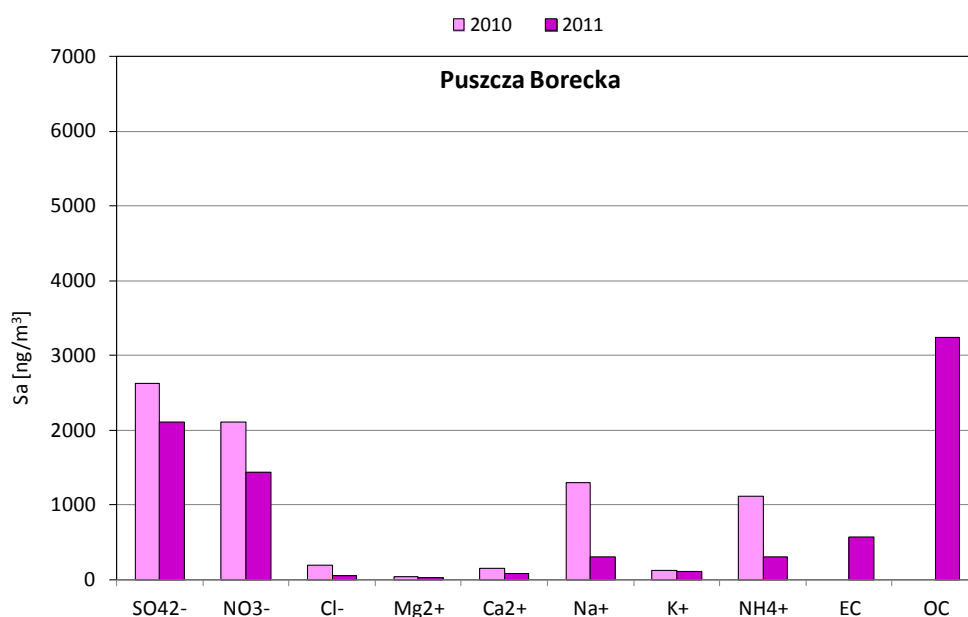
²⁾ oznaczenia EC i OC wykonywane inną metodą

Stężenia średnie roczne substancji oznaczanych w pyłe PM_{2,5} w Osieczowie były w roku 2010 wyższe niż w roku 2011. Największą różnicę zaobserwowano dla jonu azotanowego, którego stężenie w roku 2011 (1421,19 ng/m³) stanowi 66% stężenia z roku 2010 (2163,72 ng/m³). Najmniejsza różnica zauważalna jest dla jonu magnezowego, którego stężenie w roku 2011 (9,85 ng/m³) stanowi 96% stężenia w roku 2010 (10,28 ng/m³). Powodem takiego stanu rzeczy może być niepełna pomiarowa w roku 2010.

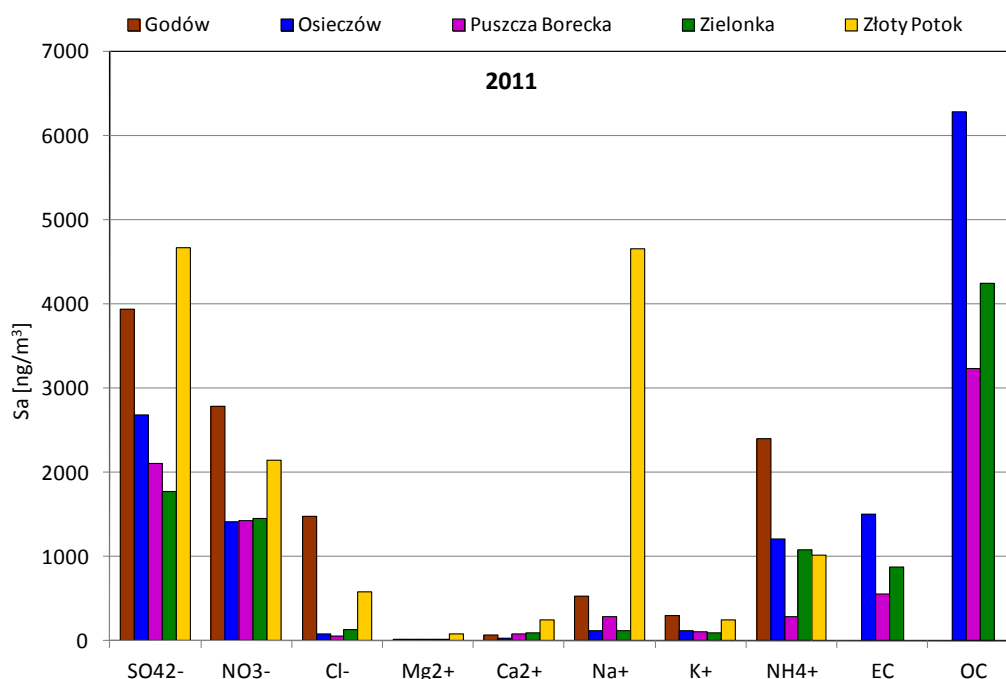
Również na stacji Puszcza Borecka stężenia średnie roczne substancji oznaczanych w pyłach PM_{2,5} były w roku 2011 niższe niż w roku 2010. W roku 2011 wprowadzono referencyjną metodę oznaczania węgla w pyłach, co mogło spowodować różnice w wynikach uzyskanych dla węgla elementarnego i organicznego w latach 2010 i 2011. Największą różnicę na tej stacji zaobserwowano dla jonu sodowego, którego stężenie w roku 2011 (294,35 ng/m³) stanowi jedynie 23% stężenia w roku 2010 (1291,20 ng/m³). Najmniejsza różnica wystąpiła dla jonu potasowego, którego stężenie w roku 2011 (109,06 ng/m³) stanowi aż 92% stężenia w roku 2010 (118,65 ng/m³).



Rys. 6.2.3. Stężenia średnie roczne substancji na stacji Osieczów w latach 2010 i 2011



Rys. 6.2.4. Stężenia średnie roczne substancji na stacji Puszcza Borecka w latach 2010 i 2011



Rys. 6.2.5. Stężenia średnie roczne substancji w pyłe PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w roku 2011

W badanym w 2011 r. pyłe PM_{2,5} (Rys. 6.2.5) najwyższe stężenia zanotowano kolejno: dla jonów siarczanowych (1780 - 4679 ng/m³), azotanowych (1421 - 2783 ng/m³), amonowych (294 - 2406 ng/m³), sodowych (120 - 4654 ng/m³), chlorkowych, wapniowych i magnezowych. Najwyższa wartość średniego rocznego stężenia jonu siarczanowego w pyłe PM_{2,5} wystąpiła na stacji w Złotym Potoku (4679,25 ng/m³), a w najniższą na stacji w Zielonce (1780 ng/m³). W przypadku stężenia jonu azotanowego najwyższą wartość średniego rocznego zanotowano w próbkach ze stacji w Godowie (2783,80 ng/m³), a najniższą ze stacji w Osieczowie (1421,19 ng/m³), Puszczy Boreckiej (1433,53 ng/m³) i Zielonce (1460,00 ng/m³). Najwyższą wartość średniego rocznego stężenia jonu amonowego zanotowano w próbkach ze stacji w Godowie (2406,61 ng/m³), zaś najniższą w próbkach z Puszczy Boreckiej (294,35 ng/m³).

Silnie zróżnicowane pod względem wysokości stężeń średnich rocznych zaobserwowano dla chlorków i sodu na pięciu stacjach. Stężenie sodu w próbkach ze stacji w Złotym Potoku osiągnęło wartość średnią roczną równą 4654,40 ng/m³ i było kilkadziesiąt razy wyższe niż na pozostałych stacjach.

W specyficzny sposób kształtowały się stężenia średnie roczne węgla elementarnego (EC) i organicznego (OC) na trzech stacjach: Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka. Stężenia EC były zdecydowanie wyższe na stacji Osieczów (1501,87 ng/m³) niż na stacjach Zielonka (877,32 ng/m³) i Puszcza Borecka (561,32 ng/m³), natomiast OC zdecydowanie wyższe na stacji Osieczów (6290,91 ng/m³), niż na stacjach Zielonka (4248,79 ng/m³) i Puszcza Borecka (3237,80 ng/m³).

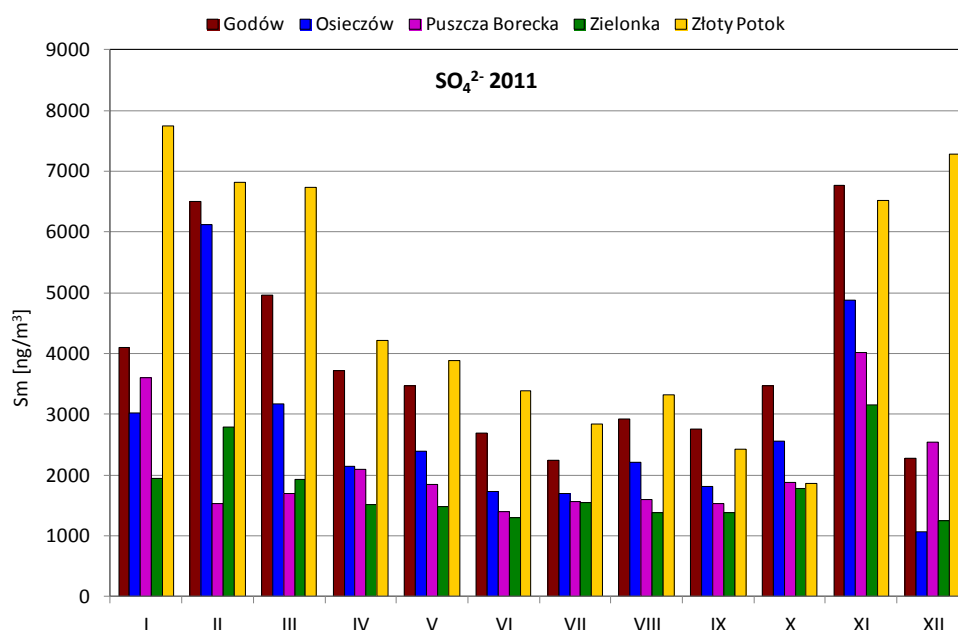
Średnie miesięczne stężenia oznaczanych w pyłe PM_{2,5} w roku 2011 substancji pokazano w tabelach 6.2.7 - 6.2.16 oraz na rysunkach 6.2.6 - 6.2.15.

Stężenie jonu siarczanowego w dużym stopniu uzależnione jest od pory roku. Wyższe wartości stężeń występowały w miesiącach chłodnych, zaś niższe w miesiącach ciepłych. Najwyższe stężenie tego jonu przez przeważającą liczbę miesięcy występowało na stacji Złoty Potok, zaś najniższe na stacji Zielonka. Najwyższe stężenie jonu siarczanowego notowano w Złotym Potoku w styczniu (7739,1 ng/m³), natomiast najniższe w Zielonce w czerwcu (1297,2 ng/m³).

Tab. 6.2.7. Zmienność miesięczna jonu SO_4^{2-} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w 2011 r.

Miesiąc	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
	[ng/m ³]				
I	4106,7	3018,2	3600,5	1951,3	7739,1
II	6500,0	6115,4	1529,5	2797,8	6820,0
III	4964,5	3177,9	1689,9	1935,5	6734,6
IV	3713,3	2145,0	2093,5	1513,3	4222,2
V	3461,3	2390,2	1847,1	1483,0	3883,3
VI	2696,7	1729,6	1399,7	1297,2	3386,7
VII	2235,5	1694,7	1559,4	1541,4	2835,7
VIII	2922,6	2215,2	1596,7	1379,3	3312,9
IX	2753,3	1813,7	1537,9	1379,2	2416,7
X	3471,0	2563,5	1885,1	1776,1	1854,5
XI	6766,7	4879,3	4008,3	3161,0	6511,1
XII	2283,3	1068,4	2544,9	1252,2	7283,3

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)



Rys. 6.2.6. Zmienność miesięczna jonu SO_4^{2-} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w 2011 r.

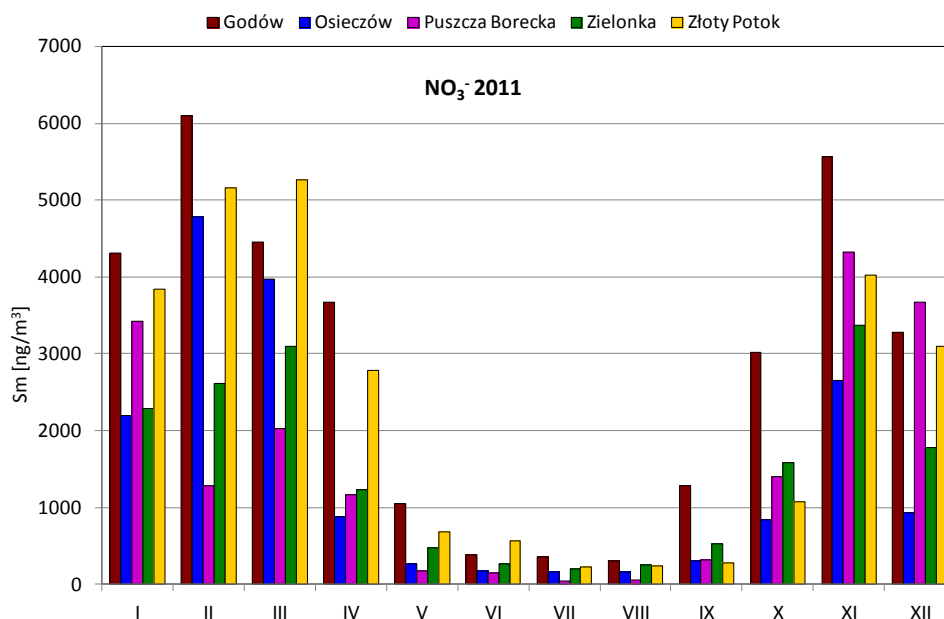
Jeszcze silniej zależność wysokości stężenia od pory roku zarysowana jest w przypadku jonu azotanowego. Wyższe wartości stężeń występowały w miesiącach chłodnych, zaś niższe w miesiącach ciepłych. Najwyższe stężenie tego jonu przez przeważającą liczbę miesięcy występowało na stacji Godów, zaś najniższe w zależności od miesiąca rozkładało się

pośród pozostałych stacji. Najwyższe stężenie jonu azotanowego notowano w Godowie w lutym ($6100,0 \text{ ng/m}^3$), natomiast najniższe w Puszczy Boreckiej w lipcu ($38,4 \text{ ng/m}^3$).

Tab. 6.2.8. Zmienność miesięczna jonu NO_3^- na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w 2011 r.

Miesiąc	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
	[ng/m^3]				
I	4306,7	2194,4	3429,8	2282,3	3839,1
II	6100,0	4780,8	1283,5	2620,5	5165,0
III	4461,3	3970,6	2029,2	3095,4	5261,5
IV	3670,0	875,5	1170,8	1230,6	2789,3
V	1048,1	269,8	173,0	478,8	680,4
VI	385,7	176,4	149,5	269,4	564,7
VII	357,4	156,6	38,4	196,9	228,1
VIII	307,7	155,2	56,0	255,4	237,5
IX	1281,3	299,8	316,0	523,4	277,7
X	3012,9	845,7	1395,0	1582,4	1079,5
XI	5570,0	2655,7	4319,7	3376,4	4025,9
XII	3283,3	935,1	3667,8	1775,2	3103,3

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)



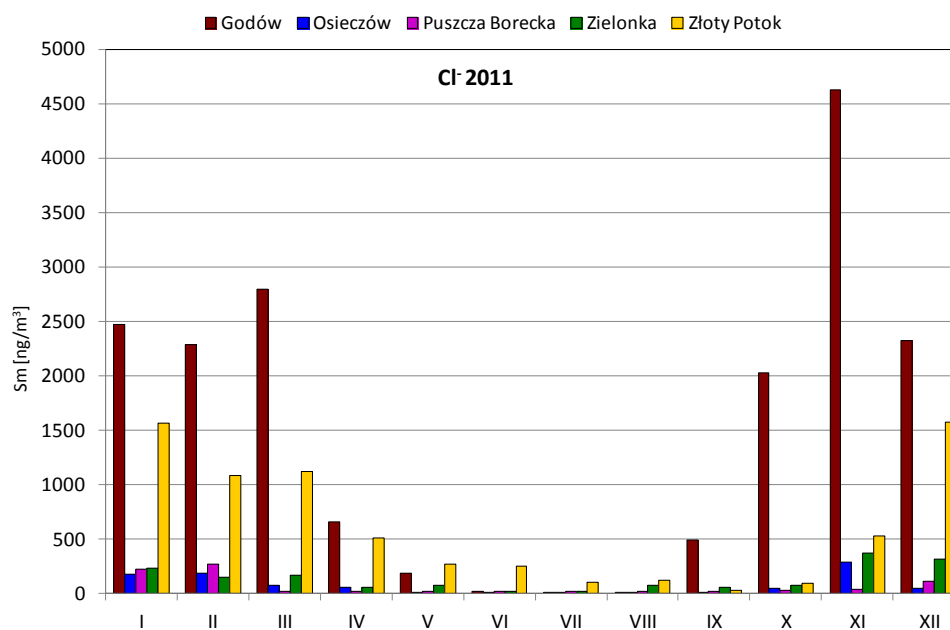
Rys. 6.2.7. Zmienność miesięczna jonu NO_3^- na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w 2011 r.

Stężenie jonu chlorkowego, podobnie jak poprzednio opisywanych jonów, charakteryzuje się sezonowym przebiegiem. Dwie stacje: Godów i Złoty Potok wyróżniają się dużo wyższymi stężeniami tego jonu niż pozostałe trzy stacje. W listopadzie 2011 stężenie Cl^- w Godowie stanowiło 11692% stężenia Cl^- w Puszczy Boreckiej. Najwyższe stężenie jonu chlorkowego notowano w Godowie w listopadzie ($4630,0 \text{ ng/m}^3$) natomiast najniższe w Osieczowie w czerwcu ($2,7 \text{ ng/m}^3$).

Tab. 6.2.9. Zmienność miesięczna jonu Cl⁻ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w 2011 r.

Miesiąc	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
	[ng/m ³]				
I	2476,7	174,4	222,0	237,5	1569,6
II	2285,0	188,9	270,0	150,8	1081,0
III	2793,5	79,3	17,5	170,4	1118,8
IV	663,3	56,5	23,5	59,5	508,1
V	188,1	6,4	17,5	77,4	275,0
VI	18,0	2,7	17,5	18,3	250,9
VII	12,3	5,9	17,5	18,8	100,4
VIII	12,7	8,1	17,5	79,0	119,4
IX	497,2	12,1	17,5	57,9	35,0
X	2026,5	45,9	33,2	79,2	96,0
XI	4630,0	288,6	39,6	374,3	526,3
XII	2323,3	53,4	114,2	320,3	1578,7

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)



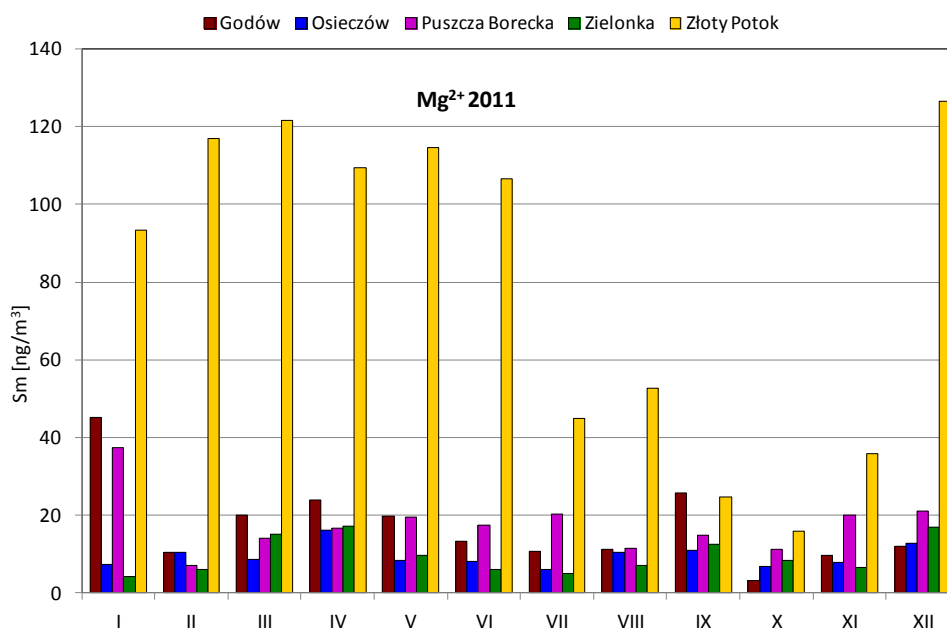
Rys. 6.2.8. Zmienność miesięczna jonu Cl⁻ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w 2011 r.

Stężenie jonu magnezowego, w odróżnieniu do poprzednio opisywanych jonów nie charakteryzuje się sezonowym przebiegiem. Stacja Złoty Potok wyróżnia się dużo wyższymi stężeniami tego jonu niż pozostałe cztery stacje. W grudniu 2011 stężenie Mg²⁺ w Złotym Potoku stanowiło 1046% stężenia Mg²⁺ w Godowie. Najwyższe stężenie jonu chlorkowego notowano w Złotym Potoku w grudniu (126,6 ng/m³) natomiast najniższe w Godowie w czerwcu (3,2 ng/m³).

Tab. 6.2.10. Zmienność miesięczna jonu Mg^{2+} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w 2011 r.

Miesiąc	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
	[ng/m ³]				
I	45,1	7,4	37,4	4,3	93,4
II	10,5	10,5	7,1	6,0	117,0
III	20,0	8,6	14,1	15,0	121,5
IV	23,8	16,1	16,6	17,3	109,4
V	19,8	8,5	19,4	9,7	114,7
VI	13,2	8,0	17,5	6,1	106,5
VII	10,8	6,1	20,2	4,9	44,8
VIII	11,2	10,6	11,5	7,1	52,6
IX	25,7	11,1	15,0	12,6	24,7
X	3,2	6,9	11,2	8,5	15,9
XI	9,6	7,8	19,9	6,6	35,7
XII	12,1	12,6	21,2	16,9	126,6

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)



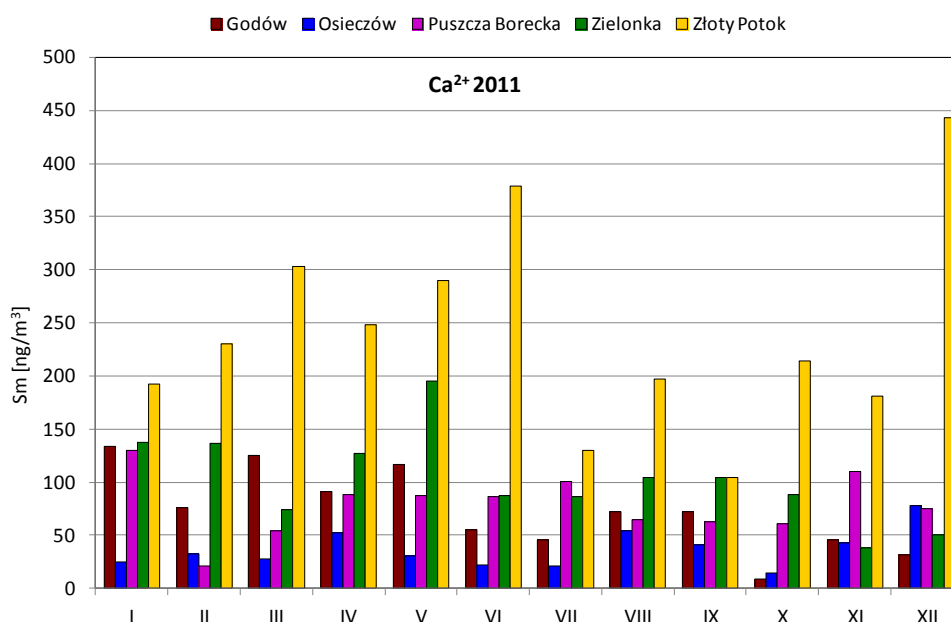
Rys. 6.2.9. Zmienność miesięczna jonu Mg^{2+} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w 2011 r.

Stężenie jonu wapniowego, podobnie jak jonu magnezowego, nie charakteryzuje się sezonowym przebiegiem. Stacja Złoty Potok wyróżniała się sporo wyższymi stężeniami tego jonu niż pozostałe cztery stacje. W grudniu 2011 stężenie Ca^{2+} w Złotym Potoku stanowiło 2581% stężenia Ca^{2+} w Godowie. Najwyższe stężenie jonu wapniowego notowano w Złotym Potoku w grudniu ($442,9 \text{ ng/m}^3$) natomiast najniższe w Godowie w październiku ($8,3 \text{ ng/m}^3$). Wyniki uzyskane w Złotym Potoku, podobnie jak w przypadku jonu magnezowego, wydają się być mało wiarygodne mimo iż w tym wypadku różnice pomiędzy wszystkimi stacjami nie są aż tak duże.

Tab. 6.2.11. Zmienność miesięczna jonu Ca^{2+} na stacjach pozamiejskich oraz na stacji Godów w 2011 r.

Miesiąc	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
	[ng/m ³]				
I	133,7	24,9	129,5	137,3	192,1
II	75,5	32,1	21,4	136,8	230,5
III	124,9	27,8	54,0	73,8	302,6
IV	91,0	51,9	88,4	127,0	248,6
V	116,5	30,2	87,0	195,6	289,6
VI	55,4	22,4	86,1	87,3	379,0
VII	45,7	21,3	100,7	86,0	130,0
VIII	72,5	53,7	64,8	104,2	197,4
IX	72,1	40,6	62,4	104,2	104,7
X	8,3	14,3	60,7	88,2	214,2
XI	45,5	43,2	109,8	37,7	181,1
XII	31,0	77,4	74,9	50,2	442,9

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)



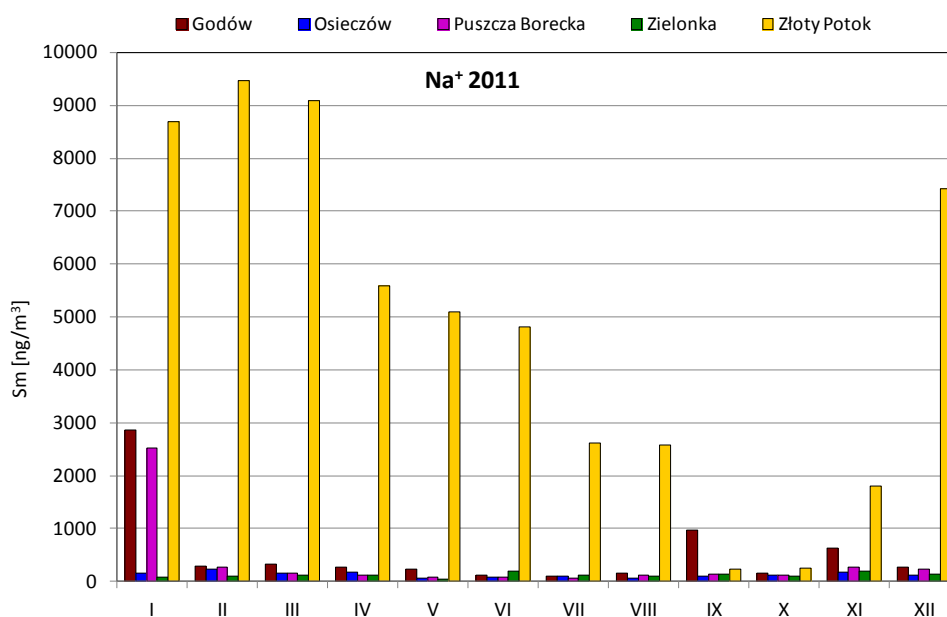
Rys. 6.2.10. Zmienność miesięczna jonu Ca^{2+} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w 2011 r.

Stężenie jonu sodowego, podobnie jak jonu magnezowego, nie charakteryzuje się zbyt silnym, sezonowym przebiegiem. Stacja Złoty Potok wyróżniała się dużo wyższymi stężeniami tego jonu niż pozostałe cztery stacje. W lutym 2011 stężenie Na^+ w Złotym Potoku stanowiło 9184% stężenia Na^+ w Zielonce zaś w maju aż 11757%. Najwyższe stężenie jonu sodowego notowano w Złotym Potoku w lutym (9460,0 ng/m³) natomiast najniższe w Zielonce w maju (43,3 ng/m³). Wyniki uzyskane w Złotym Potoku, podobnie jak w przypadku jonu magnezowego i wapniowego, wydają się być mało wiarygodne gdyż tu rozbieżności między największymi i najmniejszymi stężeniami są bardzo znaczne.

Tab. 6.2.12. Zmienność miesięczna jonu Na^+ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w 2011 r.

Miesiąc	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
	[ng/m ³]				
I	2868,7	157,4	2517,6	79,8	8691,3
II	295,0	224,6	273,2	103,0	9460,0
III	322,9	155,8	151,4	116,0	9092,3
IV	271,0	175,1	117,5	113,4	5594,1
V	237,1	57,4	89,5	43,3	5090,8
VI	118,3	87,5	87,1	186,8	4804,0
VII	100,6	97,6	66,7	109,8	2608,4
VIII	161,3	53,0	109,0	90,2	2587,4
IX	962,7	90,5	128,9	134,9	236,0
X	147,6	120,0	116,8	108,8	256,4
XI	626,0	173,8	272,3	185,8	1796,1
XII	266,3	122,5	231,5	137,9	7426,7

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)



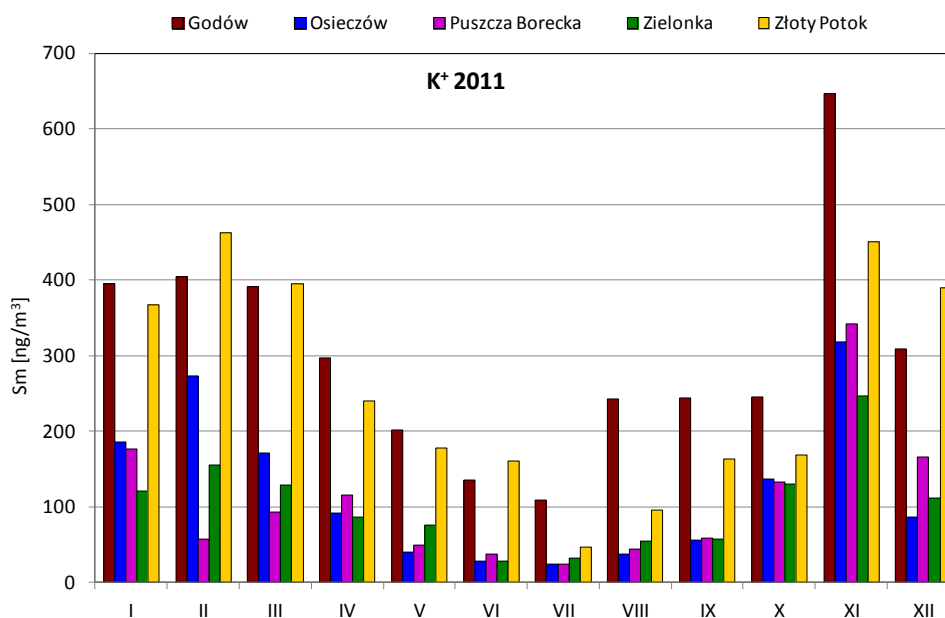
Rys. 6.2.11. Zmienność miesięczna jonu Na^+ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w 2011 r.

Stężenie jonu potasowego w widocznym stopniu uzależnione jest od pory roku. Wyższe wartości stężeń występują w miesiącach chłodnych zaś niższe w miesiącach ciepłych. Najwyższe średnie miesięczne stężenie tego jonu przez przeważającą liczbę miesięcy występowało na stacjach Godów i Złoty Potok. Najwyższe stężenie jonu potasowego notowano w Godowie w listopadzie (647,3 ng/m³) natomiast najniższe w Osieczowie w lipcu (24,4 ng/m³).

Tab. 6.2.13. Zmienność miesięczna jonu K^+ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w 2011 r.

Miesiąc	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
	[ng/m ³]				
I	395,7	186,5	177,0	121,5	367,4
II	405,0	272,7	57,6	154,8	462,5
III	391,6	171,4	93,4	128,9	395,4
IV	297,7	91,9	115,5	86,1	240,4
V	202,3	40,7	49,4	75,8	177,5
VI	135,4	27,9	37,8	28,5	160,1
VII	109,4	24,4	24,7	31,9	46,1
VIII	242,9	37,2	44,6	54,9	96,2
IX	244,3	55,5	58,1	57,8	162,7
X	245,4	136,7	132,7	130,6	168,6
XI	647,3	318,2	342,4	246,1	451,1
XII	309,0	86,5	165,5	112,0	389,8

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)



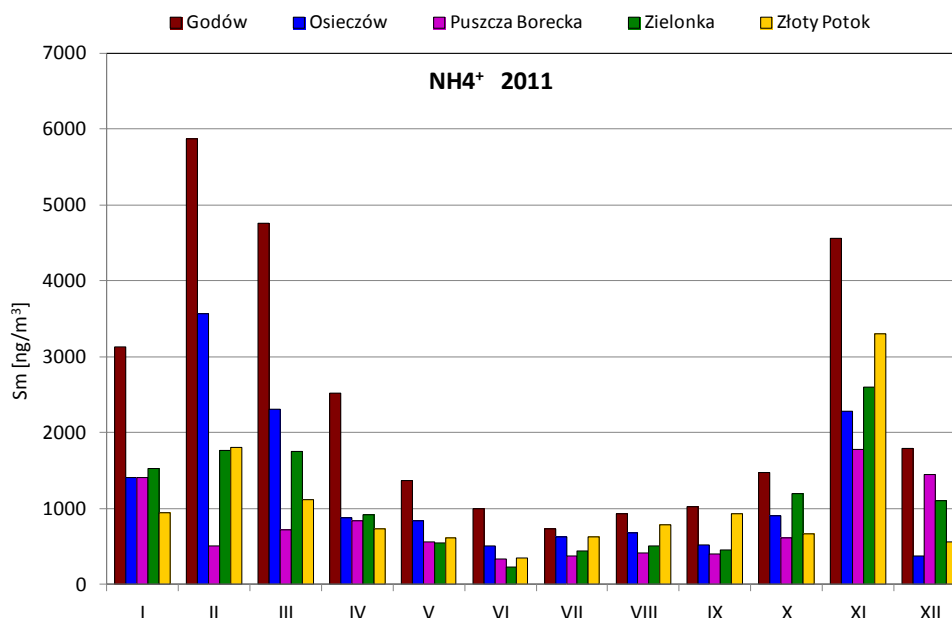
Rys. 6.2.12. Zmienność miesięczna jonu K^+ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w 2011 r.

Stężenie jonu amonowego ma przebieg sezonowy i choć w nieco mniejszym niż dla jonu potasowego stopniu, uzależnione jest od pory roku. Wyższe wartości stężeń występują w miesiącach chłodnych zaś niższe w miesiącach ciepłych. Najwyższe średnie miesięczne stężenie tego jonu przez wszystkie miesiące tego roku występowało na stacji Godów zaś najniższe rozkładało się pomiędzy pozostałe stacje. Najwyższe stężenie jonu amonowego notowano w Godowie w lutym (5875,0 ng/m³) natomiast najniższe w Zielonce w czerwcu (228,1 ng/m³).

Tab. 6.2.14. Zmienność miesięczna jonu NH_4^+ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w 2011 r.

Miesiąc	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
	[ng/m ³]				
I	3133,3	1405,9	1408,2	1528,5	947,4
II	5875,0	3573,6	504,3	1760,5	1811,5
III	4764,5	2309,1	713,0	1751,9	1115,8
IV	2523,3	884,3	838,2	920,8	734,6
V	1371,0	834,6	564,7	541,2	614,6
VI	1002,0	508,7	332,4	228,1	346,2
VII	737,4	619,6	370,5	447,0	620,4
VIII	927,1	678,7	419,5	511,0	781,8
IX	1026,3	514,9	397,0	455,1	937,0
X	1479,0	900,0	613,4	1196,6	672,0
XI	4566,7	2278,2	1775,4	2597,2	3303,7
XII	1796,7	379,0	1452,7	1097,0	561,4

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)

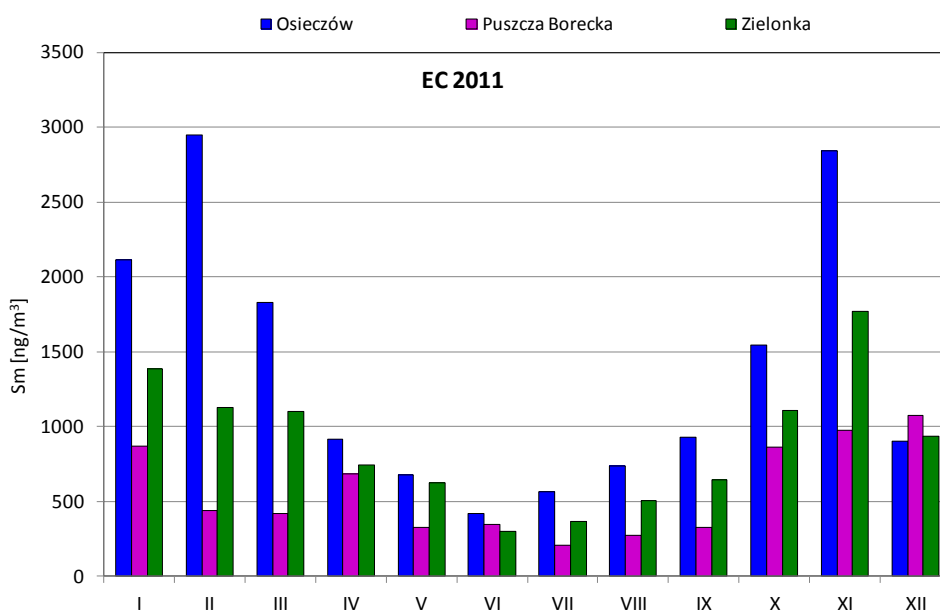


Rys. 6.2.13. Zmienność miesięczna jonu NH_4^+ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w 2011 r.

Stężenie węgla elementarnego w widocznym stopniu uzależnione jest od pory roku. Wyższe wartości stężeń występują w miesiącach chłodnych zaś niższe w miesiącach ciepłych. Najwyższe średnie miesięczne stężenie tej substancji w ciągu wszystkich miesięcy roku występowało na stacji Osieczów zaś najniższe, również w ciągu wszystkich miesięcy roku (poza grudniem) na stacji Puszcza Borecka. Najwyższe stężenie węgla elementarnego notowano w Osieczowie w lutym (2946,6 ng/m³) natomiast najniższe w Puszczy Boreckiej w lipcu (204,5 ng/m³).

Tab. 6.2.15. Zmienność miesięczna węgla elementarnego na stacjach tła regionalnego w 2011 r.

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[ng/m ³]		
I	2112,9	871,1	1387,2
II	2946,6	438,4	1130,9
III	1826,6	417,5	1103,1
IV	915,4	684,4	743,3
V	677,7	328,6	626,7
VI	418,3	347,9	301,9
VII	566,2	204,5	364,0
VIII	739,1	270,3	503,8
IX	926,0	324,3	642,0
X	1544,8	859,7	1110,0
XI	2840,8	977,6	1772,0
XII	903,4	1074,4	938,1

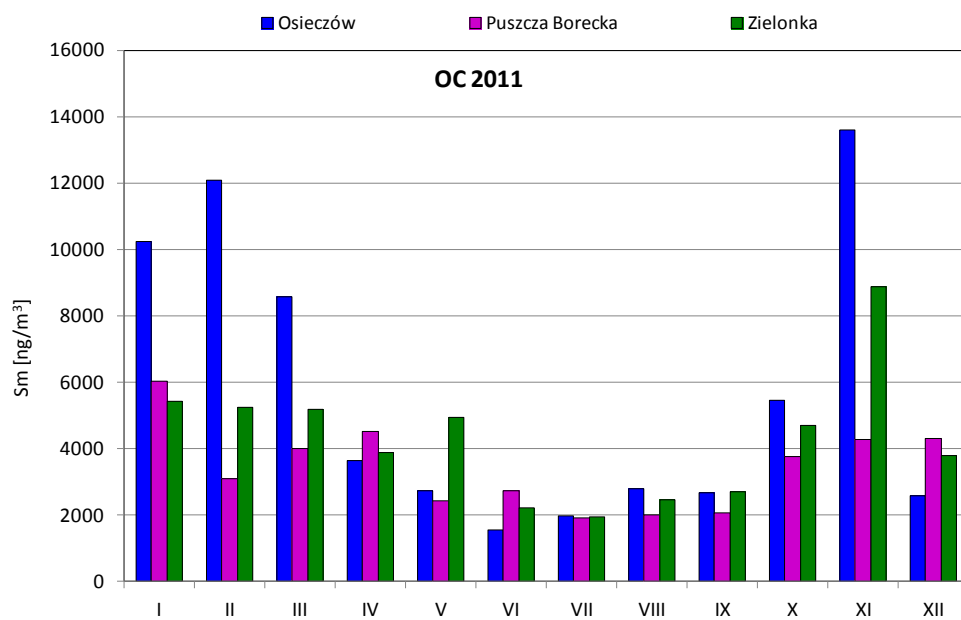


Rys. 6.2.14. Zmienność miesięczna węgla elementarnego na stacjach tła regionalnego w 2011 r.

Stężenie węgla organicznego, podobnie jak węgla elementarnego, w widocznym stopniu uzależnione jest od pory roku. Wyższe wartości stężeń występują w miesiącach chłodnych zaś niższe w miesiącach ciepłych. Najwyższe średnie miesięczne stężenie tej substancji w ciągu miesięcy roku występowało na stacji Osieczów (poza kwietniem, majem, czerwcem i grudniem) zaś najniższe, również w ciągu miesięcy roku (poza styczniem, kwietniem, czerwcem i grudniem) na stacji Puszcza Borecka. Najwyższe stężenie węgla organicznego zanotowano w Osieczowie w listopadzie (13595,9 ng/m³) natomiast najniższe również w Osieczowie w czerwcu (1560,6 ng/m³).

Tab. 6.2.16. Zmienność miesięczna węgla organicznego na stacjach tła regionalnego w 2011 r.

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[ng/m ³]		
I	10254,6	6024,7	5415,2
II	12086,0	3099,5	5233,4
III	8571,7	4010,7	5195,6
IV	3629,5	4508,3	3883,3
V	2720,3	2438,2	4938,7
VI	1560,6	2737,5	2217,5
VII	1982,5	1927,5	1950,0
VIII	2801,7	2020,1	2456,3
IX	2667,4	2079,8	2697,3
X	5467,6	3763,0	4688,7
XI	13595,9	4275,0	8880,7
XII	2567,0	4311,5	3794,4



Rys. 6.2.15. Zmienność miesięczna węgla organicznego na stacjach tła regionalnego w 2011 r.

6.3. Udział pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀

W niniejszym rozdziale przedstawiono analizę w zakresie udziału pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ na stacjach pozamiejskich tła w Polsce w latach 2010-2011. Ocenę wykonano dla 4 stacji: Godów, Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka, dla których w analizowanych latach prowadzono pomiary zanieczyszczenia powietrza obu rodzajów pyłu.

Dla porównania, udział obliczono dwoma metodami:

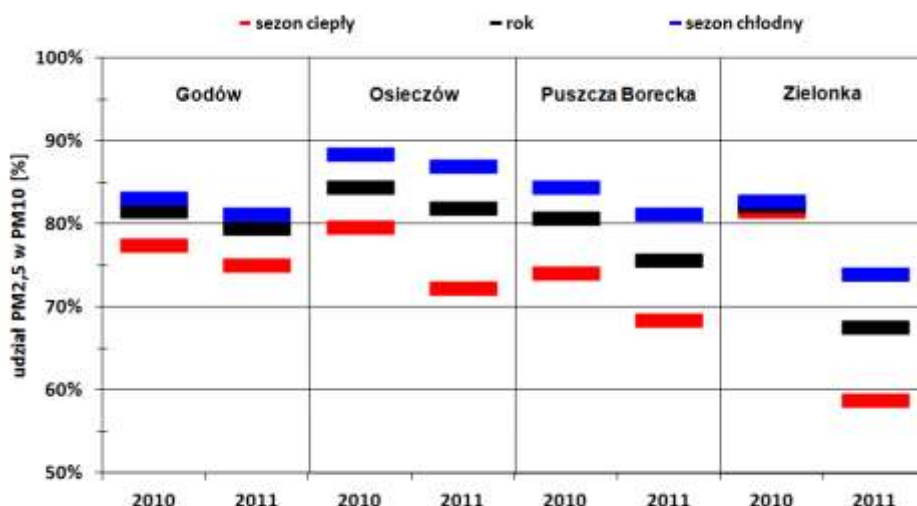
- w oparciu o obliczone stężenia średnie sezonowe (Ssezon) i roczne (Sa),
- w oparciu o stężenia dobowe (S₂₄), gdzie w pierwszej kolejności obliczono wskaźnik dla każdej doby i następnie uśredniono go w danym okresie (sezonie i roku).

Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 6.3.1 i na rysunku 6.3.1.

Tab. 6.3.1. Udział pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ w sezonach ciepłym i chłodnym oraz w roku na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010 i 2011

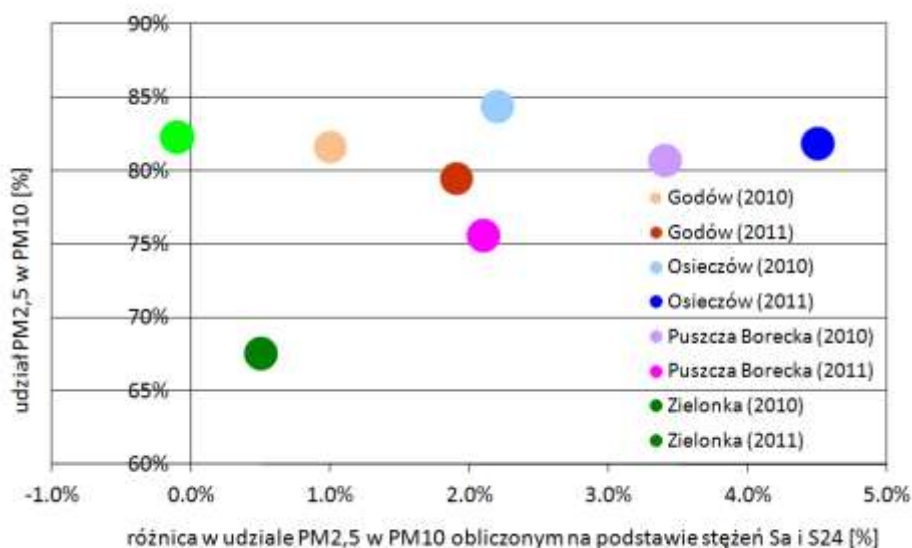
Rok	Nazwa stacji	Udział pyłu PM _{2,5} w PM ₁₀					
		Sezon ciepły		Sezon chłodny		Rok	
		Ssezon	S ₂₄	Ssezon	S ₂₄	Sa	S ₂₄
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
2010	Godów	77,5	76,2	83,1	85,2	81,6	80,6
	Osieczów	79,6	80,0	88,4	86,1	84,4	82,2
	Puszcza Borecka	74,1	73,0	84,4	81,5	80,7	77,3
	Zielonka	81,5	82,4	82,7	82,4	82,3	82,4
2011	Godów	75,1	73,5	81,2	81,7	79,5	77,6
	Osieczów	72,3	72,7	87,0	82,1	81,9	77,4
	Puszcza Borecka	68,4	68,3	81,2	79,4	75,6	73,5
	Zielonka	58,8	59,3	73,9	74,9	67,6	67,1

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)



Rys. 6.3.1. Udział pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ w sezonach ciepłym i chłodnym oraz w roku na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w latach 2010 i 2011

Analiza uzyskanych wyników pokazuje, że na wszystkich analizowanych stacjach udział pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ w roku 2011 był niższy niż w 2010. Przyczyną tego było znacznie obniżenie tego udziału w sezonie ciepłym. Najwyższe różnice pomiędzy wynikami uzyskanymi dla obu analizowanych lat zanotowano na stacji Zielonka, gdzie w roku 2010 nie obserwowano praktycznie żadnej zmienności sezonowej (Rys. 6.3.1). Porównanie wyników uzyskanych w wyniku obliczenia udziału jednej frakcji pyłu w drugiej różnymi metodami pokazuje, że największe różnice wystąpiły na stacji Osieczęw dla roku 2011, zaś najniższe dla Zielonki (Rys. 6.3.2).



Rys. 6.3.2. Udział pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w latach 2010 i 2011 z uwzględnieniem różnic wynikających z metody obliczenia udziału

6.4. Depozycja zanieczyszczeń do podłoża

Zgodnie z wymaganiami *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*¹² należy oceniać depozycję całkowitą metali ciężkich i wwa w co najmniej trzech punktach pomiarowych tła regionalnego kraju. Na trzech spośród pięciu omawianych stacji tłowych: Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka badano zawartość metali ciężkich i wwa w opadach całkowitych. Integralną część programu stanowiły pomiary wysokości opadów. Wartość depozycji szacowano na podstawie stężenia badanych składników i wysokość opadu. W tabeli 6.4.1 przedstawiono program realizowany w tym zakresie na stacjach tłowych w latach 2010 i 2011. Na wymienionych stacjach realizowano zarówno w 2010, jak i w 2011 roku pełen program pomiarowy.

Tab. 6.4.1. Realizacja programu badania opadów w celu określenia depozycji metali ciężkich i wwa w latach 2010 i 2011

Składnik	Godów		Osieczów		Puszcza Borecka		Zielonka		Złoty Potok	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
Ni			+	+	+	+	+	+		
As			+	+	+	+	+	+		
Cd			+	+	+	+	+	+		
B(a)P			+	+	+	+	+	+		
B(a)A			+	+	+	+	+	+		
B(b)F			+	+	+	+	+	+		
B(j)F			+	+	+	+	+	+		
B(k)F			+	+	+	+	+	+		
I(1,2,3-cd)P			+	+	+	+	+	+		
D(a,h)A			+	+	+	+	+	+		

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)

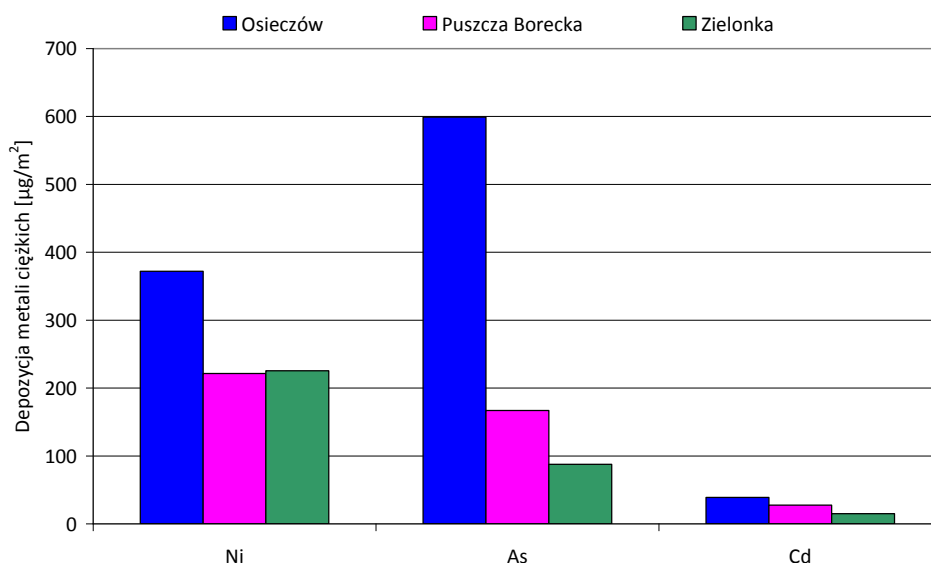
6.4.1. Metale ciężkie

Wielkości depozycji metali ciężkich dla lat 2010 i 2011 przedstawiono w tabeli 6.4.2, zaś na rysunku 6.4.1 pokazano wartości dla roku 2011.

Tab. 6.4.2. Roczne wartości depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w latach 2010 i 2011

Rok	Stacja	Ni	As	Cd
		[µg/m ²]		
2010	Osieczów	620,46	686,00	55,98
	Puszcza Borecka	143,65	176,27	25,59
	Zielonka	1023,05	391,19	196,48
2011	Osieczów	371,99	598,88	38,77
	Puszcza Borecka	221,33	166,95	27,49
	Zielonka	225,42	87,52	14,92

¹² Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032)



Rys. 6.4.1. Roczne wartości depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Spośród badanych metali ciężkich największą sumaryczną depozycję odnotowano w roku 2011 dla arsenu w Osieczowie ($598,88 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i dla niklu w Osieczowie ($371,99 \mu\text{g}/\text{m}^2$), Zielonce ($225,42 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i Puszczy Boreckiej ($221,33 \mu\text{g}/\text{m}^2$). Na kolejnych miejscach pod względem wielkości rocznego ładunku znalazł się arsen w Puszczy Boreckiej i Zielonce. Na wszystkich trzech stacjach najmniejszy był roczny ładunek kadmu (od $14,92 \mu\text{g}/\text{m}^2$ w Zielonce do $38,77 \mu\text{g}/\text{m}^2$ w Osieczowie).

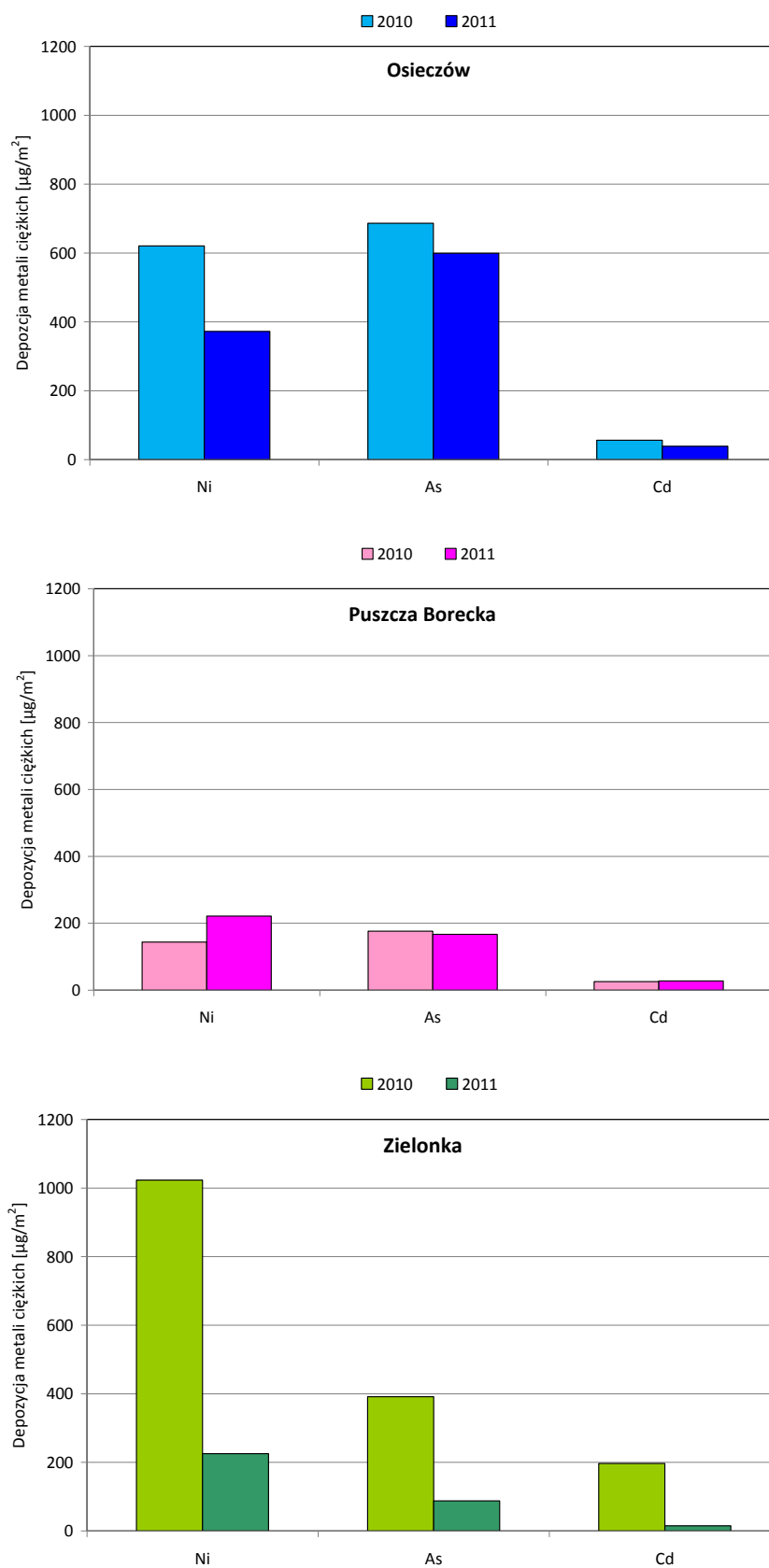
Największe ilości metali ciężkich zostały w roku 2011 zdeponowane na stacji Osieczów, przy czym największą różnicę pomiędzy ładunkiem wniesionym do podłoża w Osieczowie i na innych stacjach zaobserwowano dla arsenu. Roczny ładunek As w Osieczowie był ponad 3,5-krotnie większy niż w Puszczy Boreckiej i blisko 7-krotnie większy niż w Zielonce. Roczny ładunek niklu był na stacji Osieczów o ponad 60% większy od obserwowanego na stacjach Puszcza Borecka i Zielonka (gdzie ładunki były w roku 2011 zbliżone). W Osieczowie depozycja kadmu stanowiła 140% wartości z Puszczy Boreckiej i 250% wartości z Zielonki.

Na drugim miejscu pod względem wielkości depozycji poszczególnych metali ciężkich znalazła się w roku 2011 stacja Puszcza Borecka, przy czym wielkość depozycji niklu w Puszczy Boreckiej i Zielonce była niemal jednakowa, wielkość depozycji arsenu i kadmu była blisko 2-krotnie większa niż w Zielonce.

Zmiany depozycji metali ciężkich z roku na rok na poszczególnych stacjach przedstawiono na rysunku 6.4.2. Należy podkreślić, że w przypadku stacji Zielonka w roku 2011 zmieniono sposób podawania rezultatów w stosunku do roku 2010, gdy większość wyników pomiarów stężenia metali w opadach była poniżej granicy oznaczalności stosowanej metody i do obliczenia depozycji przyjmowano połowę granicy (szczególnie wysokiej wówczas dla niklu na tle innych stacji). W roku 2011 uwzględniono rezultaty oznaczeń, które udało się uzyskać nawet, jeśli były mniejsze od deklarowanej granicy oznaczalności.

Na stacji Osieczów odnotowano zmniejszenie depozycji każdego z badanych metali w roku 2011 w stosunku do wartości z roku 2010 – odpowiednio o 40% dla niklu, 13% dla arsenu i 31% dla kadmu. Przyczyniło się do tego zarówno zmniejszenie wysokości opadów (zmierzona w Osieczowie wysokość opadu, którą uwzględniono przy szacowaniu depozycji,

była o 12% mniejsza w roku 2011 niż rok wcześniej), jak i zmniejszenie stężenia metali w opadach (Ni i Cd).



Rys. 6.4.2. Roczne wartości depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w latach 2010 i 2011

Na stacji Puszcza Borecka odnotowano w roku 2011 zwiększenie depozycji niklu o 54% i kadmu o 7% oraz zmniejszenie depozycji arsenu o 5% w stosunku do wartości z roku 2010. Wysokość opadu, uwzględniona przy szacowaniu wielkości depozycji, była o 2% mniejsza niż rok wcześniej. Widać zatem, że wzrosły stężenia niklu oraz w mniejszym stopniu kadmu.

Najbardziej znaczące zmiany wielkości depozycji metali ciężkich w roku 2011 w stosunku do wartości z roku 2010 widać na stacji Zielonka, co należy w większym stopniu przypisywać wcześniej wspomnianej zmianie sposobu wyrażania wyników niż rzeczywistym zmianom stężenia metali w opadach. Depozycja oszacowana w roku 2011 jest dla niklu i arsenu o 78% mniejsza niż rok wcześniej, a dla kadmu – o 92% mniejsza. Wysokość opadu w Zielonce zmierzona w tym okresie zmniejszyła się o 31%.

Zgodnie z wymaganiem *Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE z dnia 15 grudnia 2004 r. w sprawie arsenu, kadmu, niklu, rtęci i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w otaczającym powietrzu*¹³ roczne ładunki metali ciężkich przeliczono na wskaźniki wyrażające depozycję w $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień. Wielkości tych wskaźników dla poszczególnych stacji i metali w latach 2010 i 2011 pokazano w tabeli 6.4.3. Zmienność tych wskaźników zarówno z roku na rok, jak i pomiędzy stacjami odpowiada zmienności rocznych ładunków metali ciężkich.

Tab. 6.4.3. Wskaźniki depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w latach 2010 i 2011

Rok	Stacja	Ni	As	Cd
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]		
2010	Osieczów	1,67	1,85	0,15
	Puszcza Borecka	0,39	0,48	0,07
	Zielonka	2,76	1,05	0,53
2011	Osieczów	1,02	1,65	0,11
	Puszcza Borecka	0,61	0,46	0,08
	Zielonka	0,62	0,24	0,04

Dla roku 2011 przedstawiono analizę zmienności miesięcznej depozycji metali ciężkich – w formie tabelarycznej (Tab. 6.4.4 – 6.4.6) i graficznej (Rys. 6.4.3 – 6.4.5) dla poszczególnych metali. We wszystkich przypadkach można zaobserwować przewagę depozycji w sezonie ciepłym nad depozycją w chłodnym, co odzwierciedla reżim opadowy w Polsce – przewagę opadów letnich nad zimowymi. Depozycja jest jednak kształtowana zarówno przez wysokość opadów, jak i przez stężenia zanieczyszczeń. Zwykle stężenia metali ciężkich w opadach całkowitych są większe w chłodnej połowie roku, co ma wpływ na przebieg depozycji w poszczególnych miesiącach.

W większości miesięcy największa depozycja niklu miała miejsce w Osieczowie, szczególnie w czerwcu ($90,77 \mu\text{g}/\text{m}^2$), marcu ($56,56 \mu\text{g}/\text{m}^2$), lipcu ($51,45 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i we wrześniu ($49,35 \mu\text{g}/\text{m}^2$) (Tab. 6.4.4 i Rys. 6.4.3). Jednak największą miesięczną depozycję odnotowano w Zielonce – w lipcu ($138,25 \mu\text{g}/\text{m}^2$). W listopadzie w Osieczowie nie wykonano badań opadów (zbyt mała próbka). Najmniejszą wartość depozycji Ni odnotowano na tej

¹³ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE z dnia 15 grudnia 2004 r. w sprawie arsenu, kadmu, niklu, rtęci i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w otaczającym powietrzu (Dz. Urz. UE L 23 z 26.01.2005, str.3)

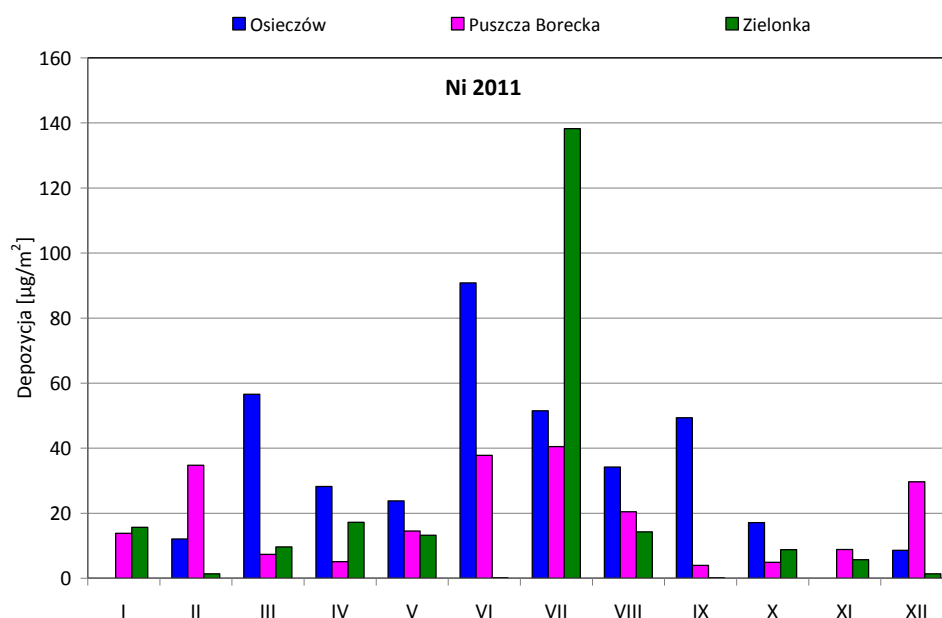
stacji w grudniu ($8,58 \mu\text{g}/\text{m}^2$), a w styczniu uzyskano stężenie Ni poniżej granicy oznaczalności i oszacowano depozycję, jako zerową.

Na stacji Puszcza Borecka największa depozycja niklu miała miejsce w lipcu, czerwcu i lutym (w granicach $40,44$ – $34,74 \mu\text{g}/\text{m}^2$), najmniejsza zaś we wrześniu, październiku i kwietniu (pomiędzy $3,94$ a $5,06 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

Na stacji Zielonka odnotowano zarówno największą miesięczną depozycję niklu (znacząco większą niż na dwóch pozostałych stacjach) – w lipcu ($138,25 \mu\text{g}/\text{m}^2$), jak i najmniejsze (znacząco mniejsze niż na innych stacjach) – we wrześniu i w czerwcu (odpowiednio $0,04$ i $0,07 \mu\text{g}/\text{m}^2$). Wartość maksymalna w Zielonce była niemal o rząd wielkości większa niż druga co do wielkości wartość depozycji miesięcznej ($17,17 \mu\text{g}/\text{m}^2$ – notowana w kwietniu).

Tab. 6.4.4. Miesięczne wartości depozycji Ni na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]		
I	0,00	13,80	15,67
II	12,04	34,74	1,35
III	56,56	7,30	9,63
IV	28,22	5,06	17,17
V	23,78	14,49	13,19
VI	90,77	37,77	0,07
VII	51,45	40,44	138,25
VIII	34,16	20,41	14,25
IX	49,35	3,94	0,04
X	17,08	4,91	8,78
XI		8,80	5,66
XII	8,58	29,67	1,36



Rys. 6.4.3. Miesięczne wartości depozycji Ni na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Depozycja arsenu w Osieczowie w pierwszej połowie roku była największa i znacząco odbiegająca od wartości na pozostałych dwóch stacjach (Tab. 6.4.5 i Rys. 6.4.4). Maksymalną

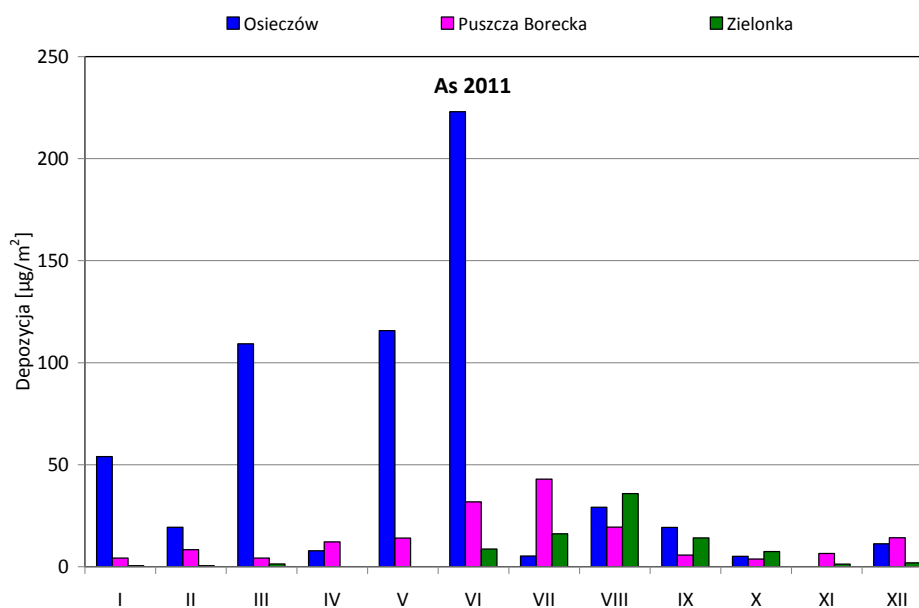
wartość miesięczną ($223,01 \mu\text{g}/\text{m}^2$) odnotowano na tej stacji w czerwcu (drugim co do wielkości opadu miesiącu w roku). W drugiej połowie roku depozycja na tej stacji osiągała wartości porównywalne z wartościami w Puszczy Boreckiej i w Zielonce. Kolejne miesiące z największymi wartościami depozycji As w Osieczowie to maj ($115,71 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i marzec ($109,20 \mu\text{g}/\text{m}^2$). Najmniejsze ładunki arsenu na tej stacji dotarły do powierzchni ziemi w październiku, lipcu i kwietniu (od $5,04$ do $7,82 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

Depozycja arsenu w Puszczy Boreckiej osiągnęła największą wartość w lipcu ($42,92 \mu\text{g}/\text{m}^2$), w miesiącu o największej sumie opadu. Kolejne maksimum przypadło na czerwiec ($31,73 \mu\text{g}/\text{m}^2$). Najmniejsze wartości depozycji As odnotowano w październiku, marcu i styczniu (od $3,70$ do $4,19 \mu\text{g}/\text{m}^2$), które (obok listopada) były na tej stacji miesiącami o najmniejszych sumach opadu.

W Zielonce największe wartości depozycji odnotowano w sierpniu ($35,80 \mu\text{g}/\text{m}^2$), a następnie w lipcu ($16,15 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i wrześniu ($14,13 \mu\text{g}/\text{m}^2$). Wartości minimalne – znacząco mniejsze od najmniejszych w Osieczowie i Puszczy Boreckiej – wystąpiły w kwietniu i maju (po $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^2$) oraz w styczniu i lutym (odpowiednio $0,46$ i $0,51 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

Tab. 6.4.5. Miesięczne wartości depozycji As na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]		
I	53,94	4,19	0,46
II	19,32	8,31	0,51
III	109,20	4,18	1,29
IV	7,82	12,15	0,01
V	115,71	14,02	0,01
VI	223,01	31,73	8,68
VII	5,25	42,92	16,15
VIII	29,12	19,40	35,80
IX	19,25	5,67	14,13
X	5,04	3,70	7,37
XI		6,48	1,25
XII	11,22	14,20	1,85



Rys. 6.4.4. Miesięczne wartości depozycji As na stacjach tła regionalnego w roku 2011

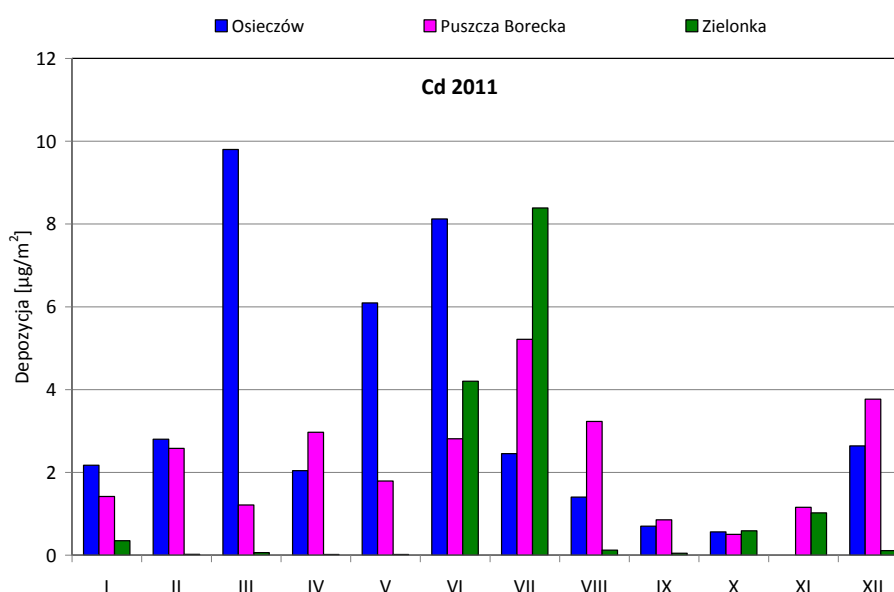
W pierwszej połowie roku 2011 w Osieczowie depozycja kadmu (podobnie, jak niklu) była większa niż w drugiej połowie roku i w większości miesięcy, szczególnie w marcu czerwcu i lipcu była znacząco większa niż w Zielonce i Puszczy Boreckiej (Tab. 6.4.6 i Rys. 6.4.5). Największą depozycję Cd odnotowano w Osieczowie w marcu ($9,80 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i była to największa miesięczna depozycja spośród wartości na wszystkich stacjach. Kolejne maksima przypadły w Osieczowie na czerwiec ($8,12 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i maj ($6,09 \mu\text{g}/\text{m}^2$). Najmniejsze ładunki Cd dotarły do ziemi na tej stacji we wrześniu ($0,85 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i w październiku ($0,50 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

Również na stacji Puszcza Borecka depozycja kadmu była znacząco większa zimą, wiosną i latem niż jesienią. Największe wartości depozycji Cd odnotowano w miesiącach najbogatszych w opady, tj. w lipcu ($5,21 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i sierpniu ($3,23 \mu\text{g}/\text{m}^2$). Najmniejsze wartości (w granicach $0,50$ - $1,15 \mu\text{g}/\text{m}^2$) stwierdzono w okresie jesiennym od września do listopada.

Od tego obrazu odbiegają wyniki uzyskane w Zielonce. Największe wartości obserwowano tam w czerwcu i lipcu (odpowiednio $4,20 \mu\text{g}/\text{m}^2$ i $8,39 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i były one znacząco większe niż w pozostałych miesiącach. W miesiącach jesiennych (z wyjątkiem września) depozycja Cd była większa niż w zimowych i wiosennych.

Tab. 6.4.6. Miesięczne wartości depozycji Cd na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]		
I	2,17	1,42	0,35
II	2,80	2,58	0,02
III	9,80	1,21	0,06
IV	2,04	2,97	0,01
V	6,09	1,79	0,01
VI	8,12	2,81	4,20
VII	2,45	5,21	8,39
VIII	1,40	3,23	0,12
IX	0,70	0,85	0,04
X	0,56	0,50	0,59
XI		1,15	1,02
XII	2,64	3,77	0,11



Rys. 6.4.5. Miesięczne wartości depozycji Cd na stacjach tła regionalnego w roku 2011

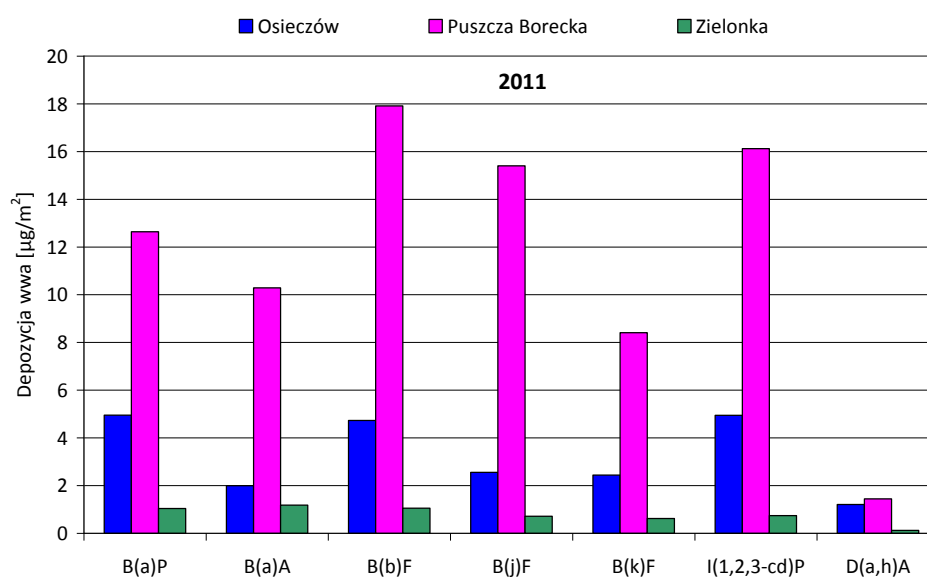
Miesięczny przebieg wartości depozycji metali ciężkich na stacji Puszcza Borecka w największym stopniu odzwierciedla przebieg wysokości opadu – z największymi wartościami w najbogatszych w opady miesiącach letnich i najmniejszymi w suchych miesiącach jesiennych. W Osieczowie najwyraźniej zaznacza się wpływ zmienności stężeń metali ciężkich na kształtowanie ich depozycji.

6.4.2. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

Wartości depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych dla lat 2010 i 2011 przedstawiono w Tab. 6.4.7, a ich graficzną interpretację dla roku 2011 na Rys. 6.4.6.

Tab. 6.4.7. Roczne wartości depozycji wwa na stacjach tła regionalnego w latach 2010 i 2011

Rok	Stacja	B(a)P	B(a)A	B(b)F	B(j)F	B(k)F	I(1,2,3-cd)P	D(a,h)A
		[μg/m ²]						
2010	Osieczów	6,67	5,18	6,43	3,99	3,02	5,34	0,82
	Puszcza Borecka	8,48	6,97	12,23	8,76	4,31	9,69	3,53
	Zielonka	0,44	0,49	2,67	0,42	0,43	0,56	0,39
2011	Osieczów	4,95	2,00	4,73	2,55	2,44	4,95	1,21
	Puszcza Borecka	12,64	10,29	17,91	15,40	8,41	16,12	1,44
	Zielonka	1,03	1,18	1,05	0,71	0,62	0,74	0,12



Rys. 6.4.6. Roczne wartości depozycji wwa na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Wartości depozycji poszczególnych związków z grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych na każdej ze stacji były do siebie zbliżone, choć zaznaczyły się wyraźnie różnice pomiędzy stacjami.

Największe ilości wwa zostały w roku 2011 zdeponowane na stacji Puszcza Borecka, przy czym największe różnice pomiędzy ładunkami wniesionymi do podłoża w Puszczy Boreckiej i na innych stacjach zaobserwowano dla benzo(j)fluorantenu, benzo(b)fluorantenu i indeno(1,2,3-cd)pirenu, czyli dla tych związków, dla których na ogół notowano największe

wartości depozycji. Roczny ładunek B(b)F osiągnął na stacji Puszcza Borecka $17,91 \mu\text{g}/\text{m}^2$ i był blisko 4-krotnie większy niż na stacji Osieczów i 17-krotnie większy niż na stacji Zielonka. W Puszczy Boreckiej roczna depozycja I(1,2,3-cd)P wniosła $16,12 \mu\text{g}/\text{m}^2$ i była ponad 3-krotnie większa od wartości z Osieczowa i ponad 21-krotnie większa od wartości z Zielonki. Roczny ładunek B(j)F w Puszczy Boreckiej wyniósł $15,40 \mu\text{g}/\text{m}^2$ i był 6-krotnie większy niż w Osieczowie i 21-krotnie większy niż w Zielonce.

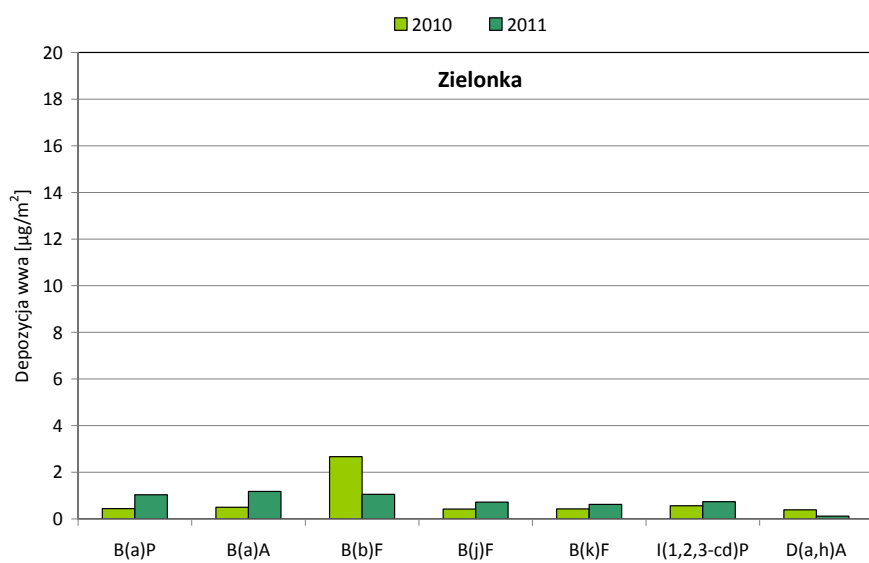
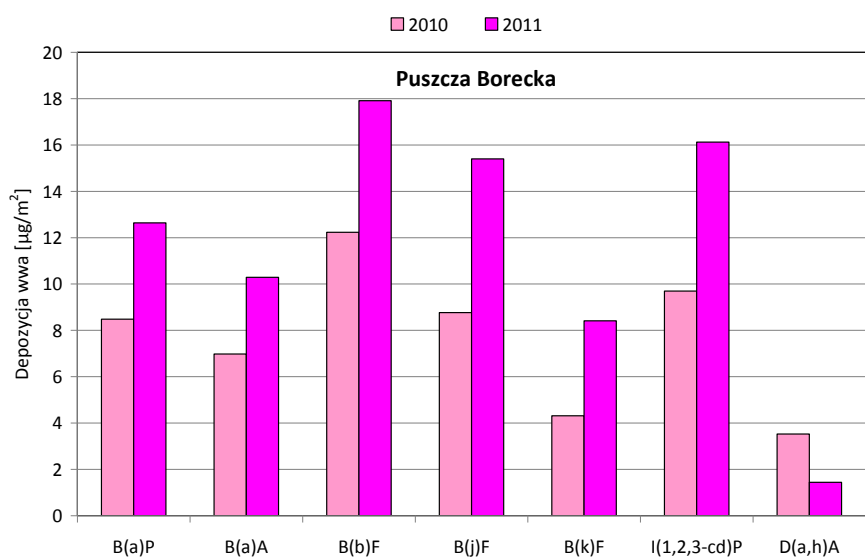
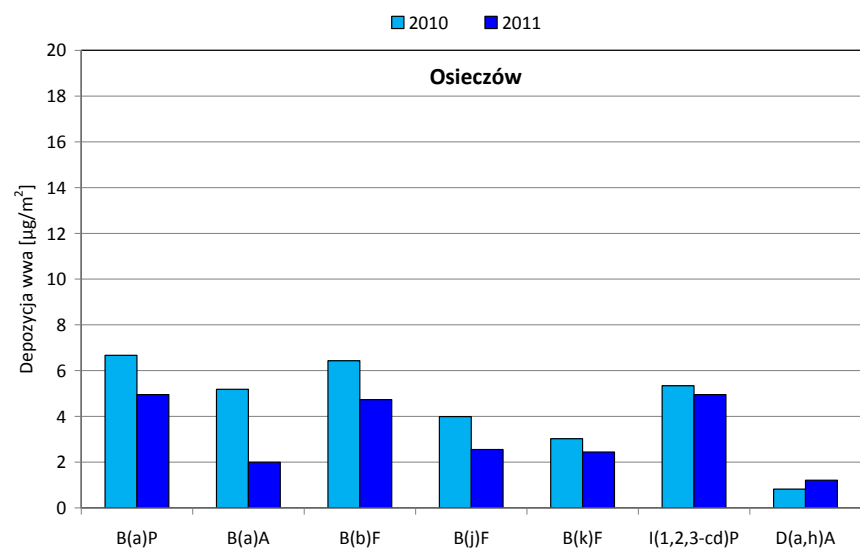
Na drugim miejscu pod względem depozycji wwa znalazła się w roku 2011 stacja Osieczów, przy czym wartości depozycji poszczególnych związków w Osieczowie były kilkukrotnie większe niż w Zielonce. Największą różnicę stwierdzono dla dibenzo(a,h)antracenu, którego depozycja w Osieczowie wyniosła $1,21 \mu\text{g}/\text{m}^2$ i była 10-krotnie większa niż w Zielonce, gdzie wyniosła $0,12 \mu\text{g}/\text{m}^2$. Warto wspomnieć, że dla tego związku wartości depozycji w Osieczowie i Puszczy Boreckiej były najbardziej zbliżone. Najmniejszą różnicę depozycji w Osieczowie i Zielonce odnotowano w przypadku benzo(a)antracenu – roczna depozycja w Osieczowie stanowiła 170% wartości w Zielonce.

Zmiany depozycji poszczególnych wwa z roku na rok na każdej ze stacji przedstawiono na rysunku 6.4.7.

Na stacji Osieczów w roku 2011 odnotowano mniejsze wartości depozycji wszystkich badanych wwa, poza D(a,h)A, w stosunku do obserwowanych w roku 2010. Względne spadki wartości depozycji wyniosły od 7,3% dla I(1,2,3-cd)P do 61,5% dla B(a)A, a wzrost dla D(a,h)A wyniósł 47,4%. Do zmniejszenia depozycji wwa przyczyniło się zarówno zmniejszenie wysokości opadów (o 12% w roku 2011 w stosunku do 2010), jak i zmniejszenie stężeń wiążących wwa w opadach.

Na stacji Puszcza Borecka sytuacja była odwrotna – odnotowano w roku 2011 zwiększenie depozycji wszystkich wwa, poza D(a,h)A. Dla tych związków, dla których miał miejsce wzrost wartości w roku 2011 w stosunku do obserwowanych w 2010, względne różnice depozycji osiągnęły od 46,5% w przypadku B(b)F do 95,0% w przypadku B(k)F. Wysokość opadu w roku 2011 była o 2% mniejsza niż rok wcześniej. Można zatem stwierdzić, że wzrosły stężenia wwa w opadach na tej stacji – w największym stopniu stężenie B(k)F; spadło jedynie stężenie D(a,h)A.

Najbardziej znaczące zmiany depozycji wwa w roku 2011 w stosunku do wartości z roku 2010 widać na stacji Zielonka, przy czym w obydwu latach na tej stacji notowano najmniejsze wartości depozycji. O ponad 130% zwiększyła się depozycja B(a)P i B(a)A, o blisko 70% wzrosła depozycja B(j)F, o 45% – B(k)F i o 31% – I(1,2,3-cd)P. Zmniejszyła się natomiast depozycja D(a,h)A (o 69%) i B(b)F (o 61%). Również w przypadku wwa miała miejsce wspomniana wcześniej zmiana sposobu wyrażania wyników, której bardziej niż rzeczywistym zmianom stężeń wwa w opadach można przypisywać różnice depozycji w latach 2010 i 2011. Wysokość opadu w tym okresie zmniejszyła się w Zielonce o 31%.



Rys. 6.4.7. Roczne wartości depozycji wwa na stacjach tła regionalnego w latach 2010 i 2011

Zgodnie z wymaganiem *dyrektywy 2004/107/WE* roczne ładunki wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych przeliczono na wskaźniki wyrażające depozycję w $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień. Wielkości tych wskaźników dla poszczególnych stacji i związków w latach 2010 i 2011 pokazano w tabeli 6.4.8. Zmiany tych wskaźników z roku na rok, jak również różnice ich wartości dla poszczególnych stacji odpowiadają zmienności rocznych ładunków wwa.

Tab. 6.4.8. Wskaźniki depozycji wwa na stacjach tła regionalnego w latach 2010 i 2011

Rok	Stacja	B(a)P	B(a)A	B(b)F	B(j)F	B(k)F	I(1,2,3-cd)P	D(a,h)A
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]						
2010	Osieczów	0,018	0,014	0,017	0,011	0,008	0,014	0,002
	Puszcza Borecka	0,023	0,019	0,033	0,024	0,012	0,026	0,010
	Zielonka	0,001	0,001	0,007	0,001	0,001	0,002	0,001
2011	Osieczów	0,014	0,005	0,013	0,007	0,007	0,014	0,003
	Puszcza Borecka	0,035	0,028	0,049	0,042	0,023	0,044	0,004
	Zielonka	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,000

Analizę zmienności miesięcznej depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych dla roku 2011 przedstawiono w formie tabelarycznej (Tab. 6.4.9 – 6.4.15) i graficznej (Rys. 6.4.8 – 6.4.14) dla poszczególnych związków.

Dla wszystkich wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zaobserwowano podobne przebiegi miesięcznych wartości depozycji i podobne relacje pomiędzy wartościami z poszczególnych stacji. Na dużych wartościach rocznych depozycji większości wwa w Puszczy Boreckiej zaważyły w największym stopniu znaczące wartości depozycji w grudniu, dużo większe niż w pozostałych miesiącach.

We wszystkich przypadkach na stacjach Puszcza Borecka i Osieczów można zaobserwować przewagę depozycji wwa w chłodnym sezonie nad depozycją w ciepłym sezonie. Wiąże się to z występowaniem znacznie większych stężeń wwa w chłodnych miesiącach niż w ciepłych. Różnice te są dużo bardziej znaczące niż sezonowe zmiany wysokości opadów, przejawiające się przewagą opadów letnich nad zimowymi. Depozycja jest w większym stopniu kształtowana przez stężenia wwa niż przez wysokość opadów. Na stacji Zielonka zwykle było odwrotnie niż na dwóch pozostałych stacjach.

W większości miesięcy największa depozycja benzo(a)pirenu miała miejsce w Puszczy Boreckiej, szczególnie w grudniu, gdy osiągnęła wartość maksymalną ($4,809 \mu\text{g}/\text{m}^2$), znacząco większą niż na pozostałych stacjach (Tab. 6.4.9 i Rys. 6.4.8). Kolejne maksima na stacji Puszcza Borecka wystąpiły w styczniu ($1,741 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i listopadzie ($1,214 \mu\text{g}/\text{m}^2$). Najmniejsze wartości depozycji B(a)P odnotowano w październiku, marcu i czerwcu (od $0,199$ do $0,298 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

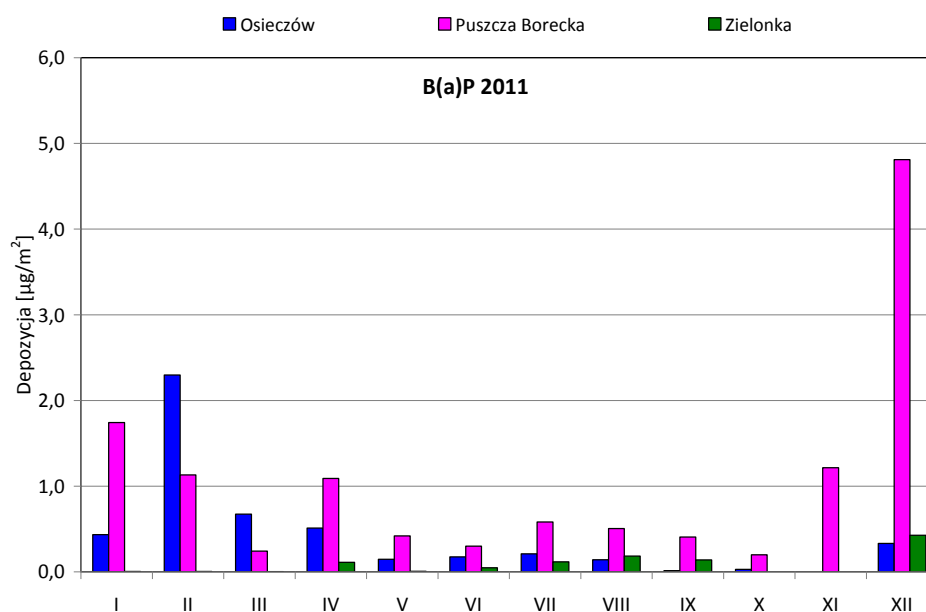
Na stacji Osieczów największa depozycja B(a)P miała miejsce w lutym ($2,296 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i marcu ($0,672 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i w tych miesiącach była większa niż w Puszczy Boreckiej i Zielonce. Najmniejszą depozycję B(a)P odnotowano na tej stacji we wrześniu ($0,014 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i październiku ($0,028 \mu\text{g}/\text{m}^2$). W listopadzie w Osieczowie i Zielonce nie wykonano badań opadów (zbyt mała próbka).

Na stacji Zielonka w większości miesięcy notowano najmniejsze miesięczne wartości depozycji B(a)P (znacząco mniejsze niż na dwóch pozostałych stacjach). Jednak największe wartości odnotowane na tej stacji – w grudniu ($0,426 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i w sierpniu ($0,183 \mu\text{g}/\text{m}^2$) –

były większe od odpowiadających im wartości w Osieczowie. Miesięczna depozycja w październiku była znikoma, a w listopadzie nie wykonano oznaczeń wwa.

Tab. 6.4.9. Miesięczne wartości depozycji B(a)P na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]		
I	0,434	1,741	0,005
II	2,296	1,131	0,003
III	0,672	0,242	0,002
IV	0,510	1,089	0,111
V	0,145	0,419	0,007
VI	0,174	0,298	0,047
VII	0,210	0,581	0,115
VIII	0,140	0,505	0,183
IX	0,014	0,406	0,137
X	0,028	0,199	0,000
XI		1,214	
XII	0,330	4,809	0,426



Rys. 6.4.8. Miesięczne wartości depozycji B(a)P na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Depozycja B(a)A w Puszczy Boreckiej we wszystkich miesiącach roku była największa, a w grudniu, gdy osiągnęła maksimum ($3,472 \mu\text{g}/\text{m}^2$), znacząco odbiegała od wartości na pozostałych dwóch stacjach (Tab. 6.4.10 i Rys. 6.4.9). Dwa kolejne maksima depozycji na stacji Puszcza Borecka przypadły w miesiącach zimowych – styczniu ($1,709 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i lutym ($1,767 \mu\text{g}/\text{m}^2$). Najmniejsze ładunki B(a)A na tej stacji dotarły do powierzchni ziemi w październiku ($0,090 \mu\text{g}/\text{m}^2$), czerwcu ($0,173 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i sierpniu ($0,186 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

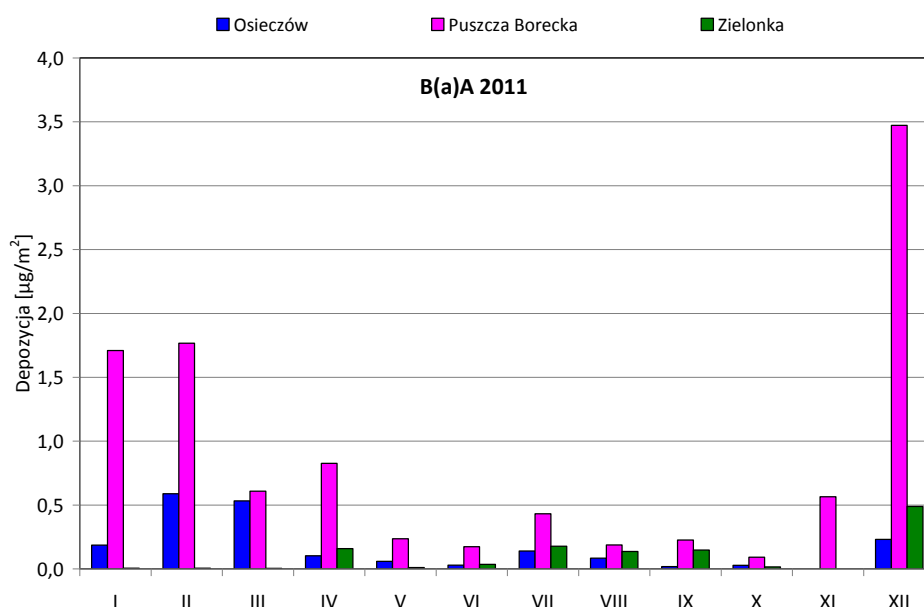
Depozycja B(a)A w Osieczowie osiągnęła największe wartości w lutym ($0,588 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i marcu ($0,532 \mu\text{g}/\text{m}^2$), a najmniejsze we wrześniu, październiku i czerwcu (od $0,018$ do $0,029$

$\mu\text{g}/\text{m}^2$). W marcu depozycja B(a)A w Osieczowie była zbliżona do depozycji tego zanieczyszczenia w Puszczy Boreckiej.

W Zielonce największe wartości depozycji B(a)A odnotowano w grudniu ($0,488 \mu\text{g}/\text{m}^2$), a następnie w lipcu ($0,177 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i kwietniu ($0,158 \mu\text{g}/\text{m}^2$). W tych miesiącach, jak również w czerwcu, sierpniu i wrześniu depozycja B(a)A była większa niż w Osieczowie (ale mniejsza niż w Puszczy Boreckiej). Wartości minimalne – znacząco mniejsze od najmniejszych w Osieczowie i Puszczy Boreckiej – wystąpiły w Zielonce, nietypowo, miesiącach zimowych: w styczniu, lutym i marcu (wyniosły od $0,004$ do $0,005 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

Tab. 6.4.10. Miesięczne wartości depozycji B(a)A na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$		
I	0,186	1,709	0,005
II	0,588	1,767	0,005
III	0,532	0,608	0,004
IV	0,102	0,826	0,158
V	0,058	0,235	0,010
VI	0,029	0,173	0,034
VII	0,140	0,431	0,177
VIII	0,084	0,186	0,135
IX	0,018	0,225	0,147
X	0,028	0,090	0,014
XI		0,565	
XII	0,231	3,472	0,488



Rys. 6.4.9. Miesięczne wartości depozycji B(a)A na stacjach tła regionalnego w roku 2011

We wszystkich miesiącach poza marcem, depozycja benzo(b)fluorantenu była największa na stacji Puszcza Borecka (Tab. 6.4.11 i Rys. 6.4.10). Wartość maksymalną depozycji odnotowano w grudniu ($6,627 \mu\text{g}/\text{m}^2$), a kolejne wartości w styczniu ($2,962 \mu\text{g}/\text{m}^2$), kwietniu ($1,613 \mu\text{g}/\text{m}^2$), lutym ($1,613 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i listopadzie ($1,545 \mu\text{g}/\text{m}^2$). Najmniejsze wartości

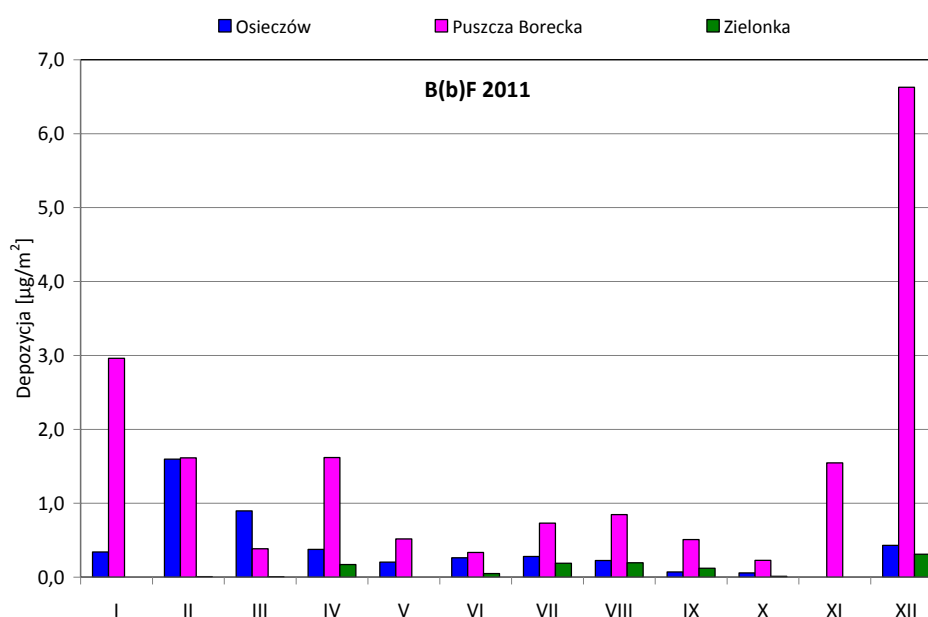
depozycji notowano w ciepłych miesiącach od maja do października oraz w marcu (z nieznacznym wzrostem w miesiącach najbogatszych w opady: lipcu i sierpniu). W tym okresie miesięczna depozycja B(b)F wahała się od $0,333 \mu\text{g}/\text{m}^2$ do $0,847 \mu\text{g}/\text{m}^2$.

Jedynie w marcu największa depozycja B(b)F wystąpiła na stacji Osieczów ($0,896 \mu\text{g}/\text{m}^2$). W pozostałych miesiącach (poza wrześniem) depozycja w Osieczowie była na drugim miejscu po Puszczy Boreckiej, a przed Zielonką. Również na tej stacji w miesiącach chłodnej połowy roku (za wyjątkiem stycznia) notowano większe wartości depozycji niż w miesiącach ciepłych. Najmniejsze ładunki B(b)F dotarły do ziemi w Osieczowie we wrześniu ($0,070 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i w październiku ($0,056 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

Od tego obrazu odbiegają wyniki uzyskane w Zielonce – największą wartość depozycji B(b)F stwierdzono co prawda w grudniu ($0,309 \mu\text{g}/\text{m}^2$), ale kolejne maksima odnotowano w lipcu ($0,188 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i sierpniu ($0,193 \mu\text{g}/\text{m}^2$), czyli miesiącach o największych sumach opadu. Wartości minimalne ($0,001$ – $0,007 \mu\text{g}/\text{m}^2$) wystąpiły na tej stacji w okresie od stycznia do maja, z pominięciem kwietnia ($0,171 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

Tab. 6.4.11. Miesięczne wartości depozycji B(b)F na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]		
I	0,341	2,962	0,001
II	1,596	1,613	0,007
III	0,896	0,384	0,003
IV	0,374	1,618	0,171
V	0,203	0,516	0,001
VI	0,261	0,333	0,048
VII	0,280	0,731	0,188
VIII	0,224	0,847	0,193
IX	0,070	0,507	0,120
X	0,056	0,226	0,010
XI		1,545	
XII	0,429	6,627	0,309



Rys. 6.4.10. Miesięczne wartości depozycji B(b)F na stacjach tła regionalnego w roku 2011

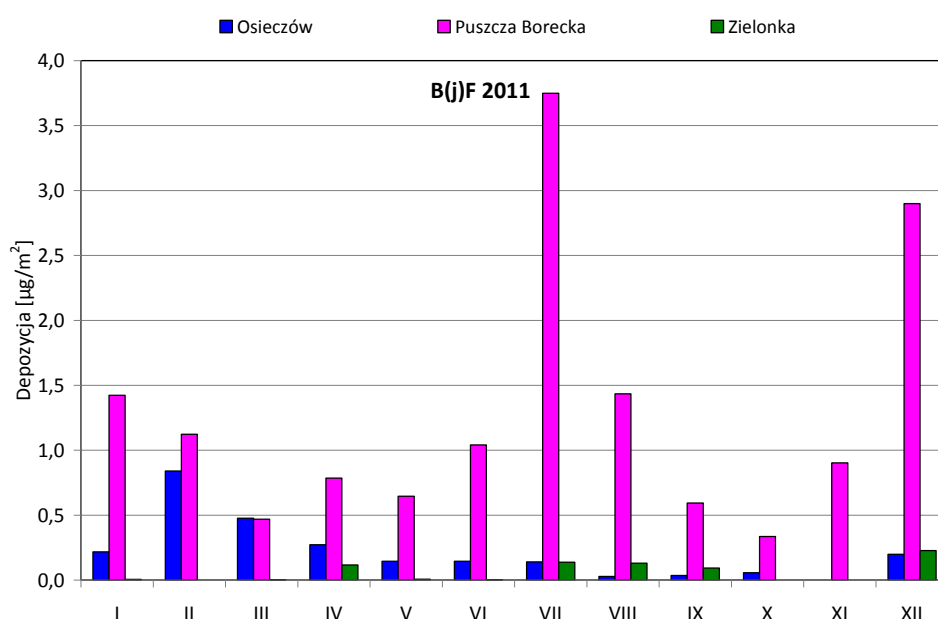
Na stacji Puszcza Borecka we wszystkich miesiącach poza marcem, depozycja benzo(j)fluorantenu była największa (Tab. 6.4.12 i Rys. 6.4.11). Wartość maksymalna nietypowo wystąpiła w lipcu ($3,748 \mu\text{g}/\text{m}^2$) przy największej sumie opadu, a dopiero na drugim miejscu znalazła się depozycja grudniowa ($2,899 \mu\text{g}/\text{m}^2$). W marcu zbliżone wartości odnotowano na dwóch stacjach - $0,469 \mu\text{g}/\text{m}^2$ w Puszczy Boreckiej i $0,476 \mu\text{g}/\text{m}^2$ w Osieczowie. Najmniejsze ładunki B(j)F dotarły do powierzchni ziemi w Puszczy Boreckiej we wrześniu ($0,592 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i październiku ($0,335 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

W Osieczowie największa depozycja miesięczna wystąpiła w lutym ($0,840 \mu\text{g}/\text{m}^2$), a najmniejsze w lipcu ($0,028 \mu\text{g}/\text{m}^2$), sierpniu ($0,035 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i we wrześniu ($0,056 \mu\text{g}/\text{m}^2$). W ciągu trzech miesięcy – w sierpniu, wrześniu i grudniu – na stacji tej notowano najmniejsze wartości depozycji B(j)F.

W Zielonce przeważały wartości depozycji B(j)F w letnich miesiącach oraz w grudniu, z maksimum w grudniu na poziomie $0,227 \mu\text{g}/\text{m}^2$. W pozostałych miesiącach zimowych i wiosennych (poza kwietniem) depozycja była znikoma w porównaniu z wynikami z pozostałych stacji (wyniosła od $0,0002 \mu\text{g}/\text{m}^2$ w lutym i październiku do $0,007 \mu\text{g}/\text{m}^2$ w maju).

Tab. 6.4.12. Miesięczne wartości depozycji B(j)F na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]		
I	0,217	1,423	0,005
II	0,840	1,122	0,000
III	0,476	0,469	0,001
IV	0,272	0,785	0,116
V	0,145	0,645	0,007
VI	0,145	1,040	0,001
VII	0,140	3,748	0,137
VIII	0,028	1,434	0,130
IX	0,035	0,592	0,092
X	0,056	0,335	0,000
XI		0,902	
XII	0,198	2,899	0,227



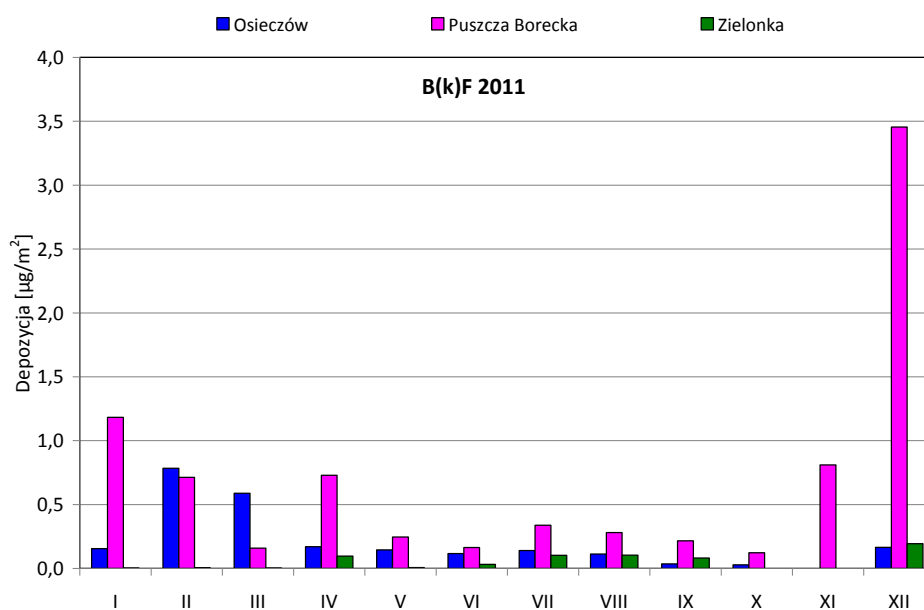
Rys. 6.4.11. Miesięczne wartości depozycji B(j)F na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Miesięczne wartości depozycji benzo(k)fluorantenu były największe w całym roku (wyjątkiem lutego i marca) na stacji Puszcza Borecka, osiągając maksimum w grudniu ($3,455 \mu\text{g}/\text{m}^2$) - Tab. 6.4.13, Rys. 6.4.12. Kolejne wartości odnotowano na tej stacji w styczniu ($1,183 \mu\text{g}/\text{m}^2$), listopadzie ($0,809 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i kwietniu ($0,729 \mu\text{g}/\text{m}^2$). Natomiast w okresie maj – październik i w marcu depozycja była znacząco mniejsza (od $0,122 \mu\text{g}/\text{m}^2$ do $0,337 \mu\text{g}/\text{m}^2$). W ciepłych miesiącach zaznacza się wpływ zmian wysokości opadów na kształtowanie wielkości depozycji B(k)F. W Osieczowie największe wartości depozycji odnotowano w lutym ($0,784 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i marcu ($0,588 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i były one większe od obserwowanych w tych miesiącach w Puszczy Boreckiej. W większości pozostałych miesięcy depozycja była mniejsza od obserwowanej w Puszczy Boreckiej i większa niż w Zielonce. Jedynie we wrześniu i grudniu na stacji Zielonka wartości depozycji B(k) były większe niż w Osieczowie. Najmniejsze wartości depozycji B(k)F w Osieczowie wystąpiły we wrześniu ($0,035 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i październiku ($0,028 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

W Zielonce maksimum depozycji B(k)F odnotowano w grudniu ($0,193 \mu\text{g}/\text{m}^2$) a minimum w październiku ($0,0002 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

Tab. 6.4.13. Miesięczne wartości depozycji B(k)F na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]		
I	0,155	1,183	0,001
II	0,784	0,712	0,003
III	0,588	0,158	0,002
IV	0,170	0,729	0,096
V	0,145	0,245	0,006
VI	0,116	0,163	0,031
VII	0,140	0,337	0,103
VIII	0,112	0,280	0,104
IX	0,035	0,216	0,082
X	0,028	0,122	0,000
XI		0,809	
XII	0,165	3,455	0,193

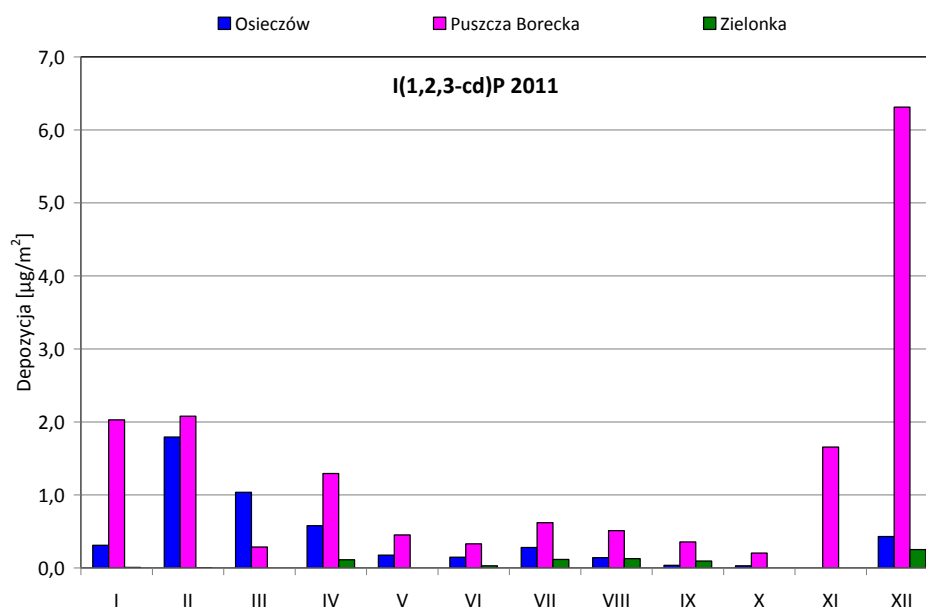


Rys. 6.4.12. Miesięczne wartości depozycji B(k)F na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Depozycja indeno(1,2,3-cd)pirenu osiągnęła największe wartości miesięczne na stacji Puszcza Borecka, z maksimum w grudniu ($6,311 \mu\text{g}/\text{m}^2$) - Tab. 6.4.14, Rys. 6.4.13. Kolejne wysokie wartości odnotowano w lutym ($2,078 \mu\text{g}/\text{m}^2$), styczniu ($2,028 \mu\text{g}/\text{m}^2$), listopadzie ($1,656 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i kwietniu ($1,293 \mu\text{g}/\text{m}^2$). W ciepłych miesiącach depozycja I(1,2,3-cd)P była kilkakrotnie mniejsza niż w tych miesiącach i kilkunastokrotnie mniejsza niż w grudniu. Najmniejsza ilość I(1,2,3-cd)P dotarła do ziemi na tej stacji w październiku ($0,203 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

Tab. 6.4.14. Miesięczne wartości depozycji I(1,2,3-cd)P na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]		
I	0,310	2,028	0,006
II	1,792	2,078	0,003
III	1,036	0,285	0,001
IV	0,578	1,293	0,111
V	0,174	0,451	0,000
VI	0,145	0,329	0,029
VII	0,280	0,618	0,115
VIII	0,140	0,509	0,127
IX	0,035	0,355	0,094
X	0,028	0,203	0,000
XI		1,656	
XII	0,429	6,311	0,252



Rys. 6.4.13. Miesięczne wartości depozycji I(1,2,3-cd)P na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Jedynie w marcu depozycja I(1,2,3-cd)P w Osieczowie była większa niż w Puszczy Boreckiej, a w lutym, gdy osiągnęła wartość maksymalną ($1,792 \mu\text{g}/\text{m}^2$), była zbliżona do wartości z tej stacji. W pozostałych miesiącach depozycja była mniejsza niż w Puszczy Boreckiej, a większa niż w Zielonce. Tylko we wrześniu depozycja I(1,2,3-cd)P w Zielonce

osiągnęła wartość większą niż w Osieczowie. Minimalne wartości na stacji Osieczów odnotowano we wrześniu ($0,035 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i w październiku ($0,208 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

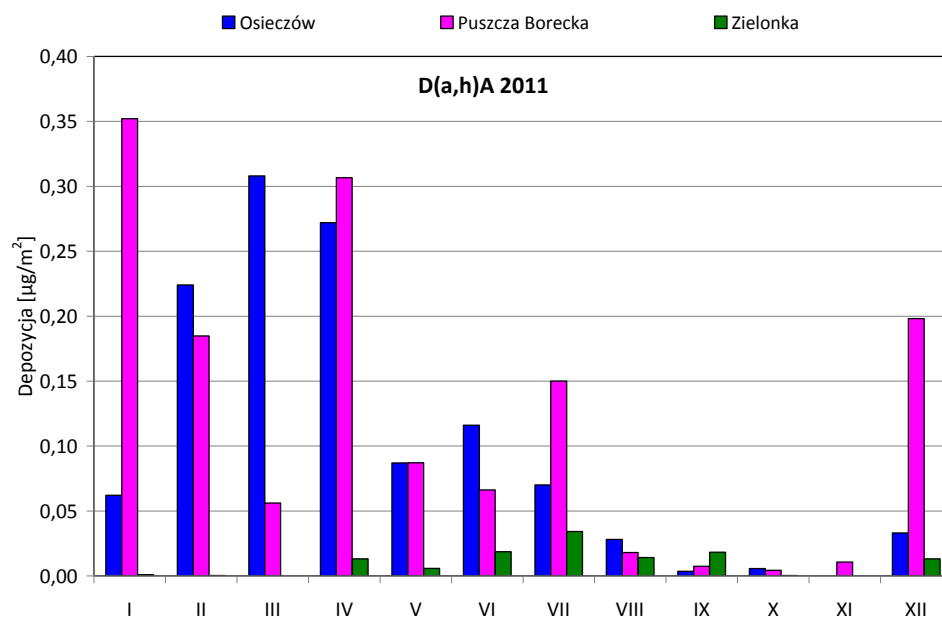
W Zielonce maksymalne wartości depozycji I(1,2,3-cd)P wystąpiły w grudniu ($0,252 \mu\text{g}/\text{m}^2$), sierpniu ($0,127 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i lipcu ($0,115 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i były mniejsze od wartości minimalnych w Puszczy Boreckiej. Po raz kolejny minimalne wartości odnotowano w Zielonce w pierwszym kwartale (od $0,001$ do $0,006 \mu\text{g}/\text{m}^2$) i w październiku ($0,0002 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

Spośród wszystkich badanych wwa w najmniejszych ilościach docierał do powierzchni ziemi dibenzo(a,h)antracen, gdyż stężenie tego związku w opadach było najmniejsze. Miesięczna zmienność depozycji oraz różnice pomiędzy wartościami z poszczególnych stacji były odmienne od obserwowanych dla omówionych wcześniej wwa (Tab. 6.4.15 i Rys. 6.4.14).

Maksymalna wartość miesięcznej depozycji ($0,352 \mu\text{g}/\text{m}^2$) wystąpiła co prawda w Puszczy Boreckiej, ale było to w styczniu (a nie w grudniu, jak dla innych wwa). W pierwszym półroczu wartości porównywalne z obserwowanymi w Puszczy Boreckiej lub nawet większe (w lutym, marcu, czerwcu i sierpniu) odnotowano w Osieczowie. W okresie sierpień – listopad wartości depozycji w Puszczy Boreckiej i Osieczowie były znacząco mniejsze niż w pozostałych miesiącach. We wrześniu miała miejsce nietypowa sytuacja, gdyż największa depozycja węglowodoru wystąpiła w Zielonce. W pozostałych miesiącach wyniki D(a,h)A z Zielonki układały się tak, jak dla innych wwa.

Tab. 6.4.15. Miesięczne wartości depozycji D(a,h)A na stacjach tła regionalnego w roku 2011

Miesiąc	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]		
I	0,062	0,352	0,001
II	0,224	0,185	0,000
III	0,308	0,056	0,000
IV	0,272	0,307	0,013
V	0,087	0,087	0,006
VI	0,116	0,066	0,019
VII	0,070	0,150	0,034
VIII	0,028	0,018	0,014
IX	0,004	0,007	0,018
X	0,006	0,004	0,000
XI		0,011	
XII	0,033	0,198	0,013



Rys. 6.4.14. Miesięczne wartości depozycji $D(a,h)A$ na stacjach tła regionalnego w roku 2011

7. Ocena zanieczyszczenia powietrza na tle wyników z innych krajów

Ocenę zanieczyszczenia powietrza na stacjach pozamiejskich tła w Polsce na tle wyników monitoringu jakości powietrza prowadzonego w Europie wykonano dla wszystkich ocenianych w niniejszym opracowaniu zanieczyszczeń z wyjątkiem zawartości węgla (elementarnego i organicznego) w pyłe PM_{2,5}. Do oceny wykorzystano wyniki pomiarów stężeń i depozycji zgromadzonych w bazie AirBase Europejskiej Agencji Środowiska (dla różnych czasów uśredniania). Stąd w opracowaniu mogą pojawić się pewnie różnice jeśli chodzi o wartości obliczonych parametrów statystycznych dla danej stacji (szczególnie w przypadku depozycji). Analizy przeprowadzono dla roku 2010 (ostatniego dostępnego).

7.1. Zanieczyszczenia zawarte w pyłe PM₁₀

W niniejszym rozdziale przedstawiono ocenę obserwowanych w 2010 roku wysokości stężeń pyłu PM₁₀ oraz metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w nim zawartych.

7.1.1. Pył PM₁₀

Ocenę zanieczyszczenia powietrza pyłem zwieszonym PM₁₀ przeprowadzono dla roku 2010 na podstawie dostępnych wyników pomiarów pochodzących z 253 stacji pozamiejskich tła, zlokalizowanych na terenie 23 krajów europejskich (Tab. 7.1.1 i Rys. 7.1.1). Najwięcej stacji uwzględnionych w analizie zlokalizowanych było w Niemczech, Czechach, Austrii, Hiszpanii i we Włoszech (powyżej 20 w każdym z nich). W 8 krajach (Cypr, Estonia, Finlandia, Wielka Brytania, Luksemburg, Łotwa, Rumunia i Słowenia) ocenę wykonano w oparciu o wyniki pomiarów z 1 stacji. Pomiary pyłu PM₁₀ nie były dostępne (nie były w ogóle prowadzone lub nie spełniały kryteriów kompletności serii lub minimalnego pokrycia czasu i zostały pominięte w analizach) z 16 krajów. Wartości obliczonych parametrów statystycznych dla poszczególnych krajów przedstawiono w Tab. 7.1.1.

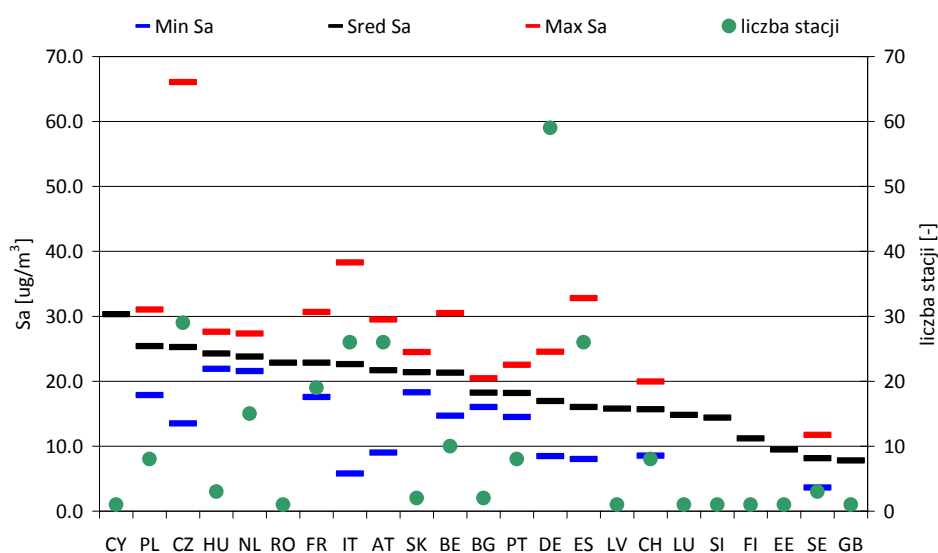
Uzyskane wyniki w skali kraju pokazują, że przeciętne stężenia pyłu PM₁₀ w Polsce mierzonego na stacjach pozamiejskich, są jednymi z najwyższych w Europie. Na taki obraz może mieć wpływ niewielka liczba stacji tego typu w kraju, szczególnie w porównaniu z Niemcami, Czechami czy Austrią.

Przekroczenia dobowej wartości dopuszczalnej określonej w celu ochrony zdrowia (D₂₄) zanotowano w 2010 roku na blisko 14% stacji (35 z 252 poddanych analizie) zlokalizowanych w 6 krajach: w Austrii, na Cyprze, w Czechach, na Węgrzech, we Włoszech i w Polsce (Tab. 7.1.1). Przekroczenie D₂₄ w Polsce wystąpiło na stacjach MzGranicaKPN (51 dni), Złoty Potok (44), ZpGryfWiduchowa003 (43), LdGajewWIOSAGajew (42) i Osieczów (37). Wśród 14 stacji, na których zaobserwowano w 2010 roku najwyższą liczbę dni ze stężeniem pyłu PM₁₀ powyżej 50 µg/m³ znajduje się 7 stacji zlokalizowanych w Czechach, 6 we Włoszech i 1 z Polski.

Przekroczenie rocznej wartości dopuszczalnej (D_a) określonej dla pyłu PM₁₀ wystąpiło tylko na 2 stacjach czeskich.

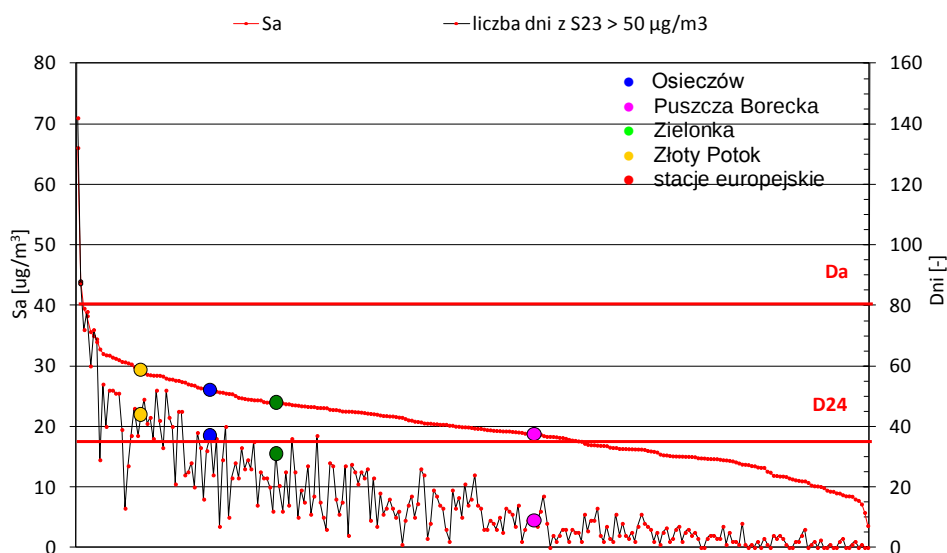
Tab. 7.1.1. Stężenia średnie roczne pyłu PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji			Stężenie średnie roczne Sa		
	Uwzględnione	Przekroczenie D24	Przekroczenie Da	Min	Średnia	Max
	[-]	[-]	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
AT	26	7		9,0	21,7	29,5
BE	10			14,7	21,3	30,5
BG	2			16,0	18,2	20,4
CH	8			8,5	15,7	19,9
CY	1	1		30,3	30,3	30,3
CZ	29	10	2	13,5	25,3	66,1
DE	59			8,5	16,9	24,5
EE	1			9,5	9,5	9,5
ES	26			8,0	16,0	32,8
FI	1			11,2	11,2	11,2
FR	19			17,6	22,8	30,7
GB	1			7,8	7,8	7,8
HU	3	1		21,9	24,3	27,6
IT	26	11		5,8	22,6	38,3
LU	1			14,8	14,8	14,8
LV	1			15,8	15,8	15,8
NL	15			21,5	23,8	27,3
PL	8	5		17,9	25,4	31,0
PT	8			14,5	18,2	22,5
RO	1			22,8	22,8	22,8
SE	3			3,6	8,1	11,7
SI	1			14,4	14,4	14,4
SK	2			18,3	21,4	24,5
Europa	252	35	2	3,6	18,6	66,1



Rys. 7.1.1. Wartości stężeń średnich rocznych pyłu PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Wartości średnie roczne stężenia pyłu PM₁₀ na wszystkich stacjach w Europie w roku 2010 były wyższe od 3,6 µg/m³ i nie przekraczały 66,1 µg/m³. Wśród 13 stacji z najwyższymi stężeniami średnimi rocznymi było po 6 stacji czeskich i włoskich i 1 stacja zlokalizowana w Hiszpanii. Spośród objętych analizami polskich stacji tła regionalnego, najwyższe stężenie Sa wystąpiło na stacji Złoty Potok (22 wynik najwyższy wynik w Europie spośród 252), zaś najniższe na stacji Puszcza Borecka (147). Trzy stacje (Złoty Potok, Osieczów i Zielonka) to stacje, na których stężenia średnie roczne pyłu PM₁₀ zawierają się w 25% stacji europejskich z najwyższymi wartościami Sa (Rys. 7.1.2).



Rys. 7.1.2. Wartości stężeń średnich rocznych pyłu PM₁₀ oraz liczba dni z przekroczeniem wartości 50 µg/m³ na poszczególnych stacjach w Europie w roku 2010

7.1.2. Metale ciężkie w pyłe PM₁₀

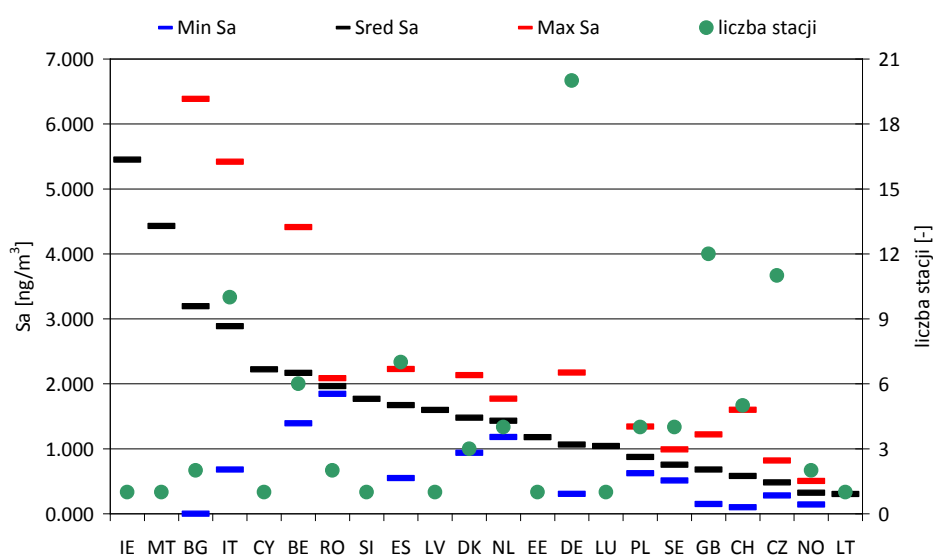
Ocenę zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi zawartymi w pyłe zwieszonym PM₁₀ przeprowadzono dla roku 2010 z uwzględnieniem 212 stacji pozamiejskich tła, zlokalizowanych na terenie 22 krajów europejskich, gdzie skład pyłu był badany. Najwięcej stacji uwzględnionych w analizie wykonujących oznaczenia metali ciężkich w pyłe PM₁₀ zlokalizowanych było w Niemczech, Wielkiej Brytanii, Czechach i we Włoszech (powyżej 10 w każdym z nich). W 8 krajach (Cypr, Estonia, Irlandia, Litwa, Luksemburg, Łotwa, Malta i Słowenia) ocenie poddano wyniki pomiarów pochodzących z 1 stacji. Wyniki pomiarów stężeń metali ciężkich zawartych w pyłe PM₁₀ nie były dostępne (pomiarów nie były prowadzone lub serie pomiarowe zostały odrzucone ze względu na nie spełnienie przyjętych w opracowaniu kryteriów kompletności serii lub minimalnego pokrycia czasu) z 17 krajów Europy.

Na żadnej stacji pozamiejskiej tła w Europie nie zanotowano w 2010 r. przekroczenia stężenia dopuszczalnego ołowiu i poziomów docelowych dla pozostałych metali określonych ze względu na ochronę zdrowia (wartości maksymalne Sa podane w tabelach nie przekraczają ustalonych wartości Da).

Wartości parametrów statystycznych analizowanych metali ciężkich zawartych w pyłe PM10 obliczonych dla poszczególnych krajów przedstawiono w tabelach 7.1.2 - 7.1.5 oraz na rysunkach 7.1.3 - 7.1.6.

Tab. 7.1.2. Stężenia średnie roczne S_a dla Ni oznaczanego w pyłe PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

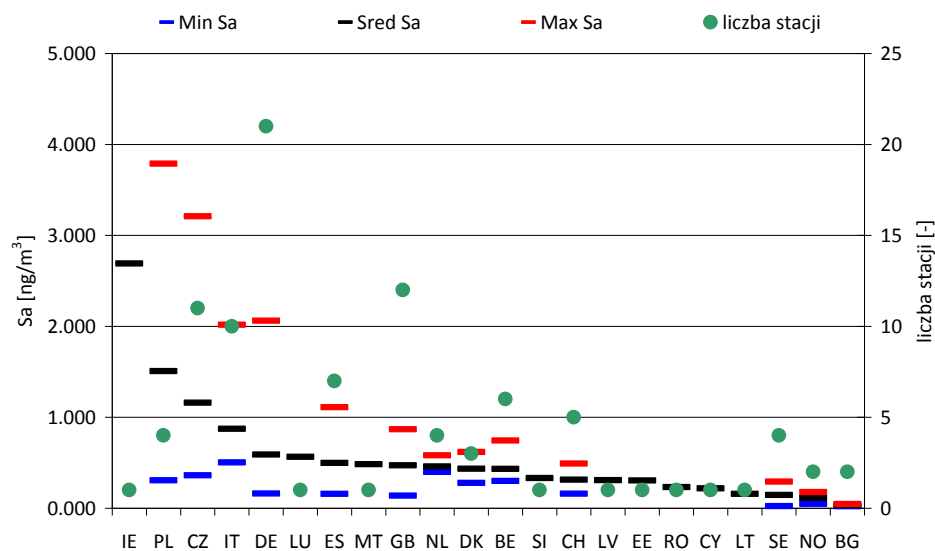
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne S_a		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
BE	6	1,392	2,168	4,412
BG	2	0,001	3,193	6,386
CH	5	0,100	0,580	1,600
CY	1	2,222	2,222	2,222
CZ	11	0,281	0,481	0,818
DE	20	0,305	1,063	2,173
DK	3	0,937	1,478	2,132
EE	1	1,179	1,179	1,179
ES	7	0,547	1,672	2,227
GB	12	0,148	0,679	1,219
IE	1	5,451	5,451	5,451
IT	10	0,679	2,887	5,417
LT	1	0,303	0,303	0,303
LU	1	1,042	1,042	1,042
LV	1	1,596	1,596	1,596
MT	1	4,429	4,429	4,429
NL	4	1,181	1,430	1,770
NO	2	0,142	0,323	0,503
PL	4	0,622	0,872	1,341
RO	2	1,845	1,965	2,085
SE	4	0,511	0,755	0,990
SI	1	1,769	1,769	1,769
Europa	100	0,001	1,706	6,386



Rys. 7.1.3. Wartości stężeń średnich rocznych S_a dla Ni w pyłe PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.1.3. Stężenia średnie roczne S_a dla As oznaczanego w pyłe PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy.

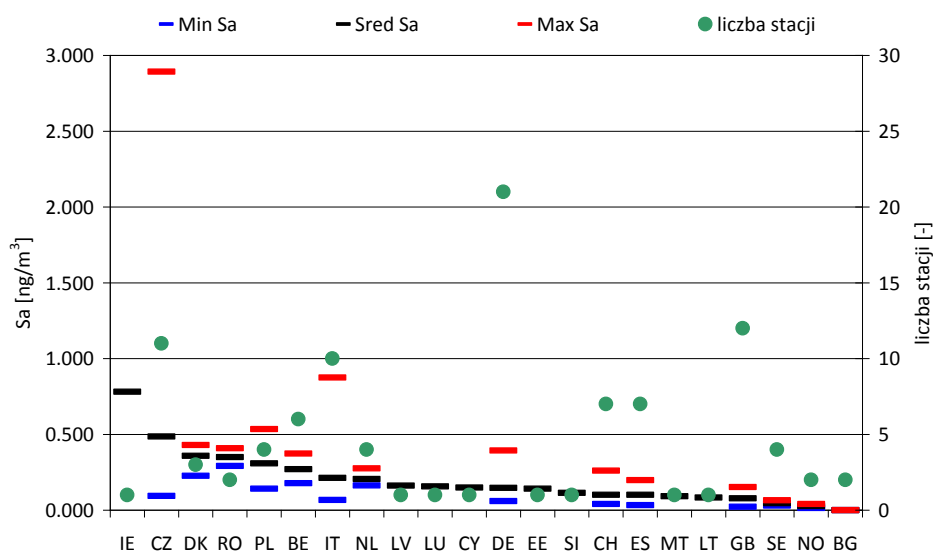
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne S_a		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
BE	6	0,299	0,432	0,744
BG	2	0,021	0,034	0,046
CH	5	0,160	0,314	0,490
CY	1	0,217	0,217	0,217
CZ	11	0,361	1,161	3,210
DE	21	0,162	0,589	2,061
DK	3	0,278	0,434	0,618
EE	1	0,304	0,304	0,304
ES	7	0,157	0,498	1,111
GB	12	0,139	0,472	0,867
IE	1	2,690	2,690	2,690
IT	10	0,503	0,873	2,018
LT	1	0,158	0,158	0,158
LU	1	0,565	0,565	0,565
LV	1	0,309	0,309	0,309
MT	1	0,483	0,483	0,483
NL	4	0,399	0,459	0,581
NO	2	0,048	0,113	0,177
PL	4	0,306	1,508	3,788
RO	1	0,232	0,232	0,232
SE	4	0,023	0,146	0,292
SI	1	0,331	0,331	0,331
Europa	100	0,021	0,560	3,788



Rys. 7.1.4. Wartości stężeń średnich rocznych S_a dla As w pyłe PM₁₀ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.1.4. Stężenia średnie roczne S_a dla Cd oznaczanego w pyłe PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

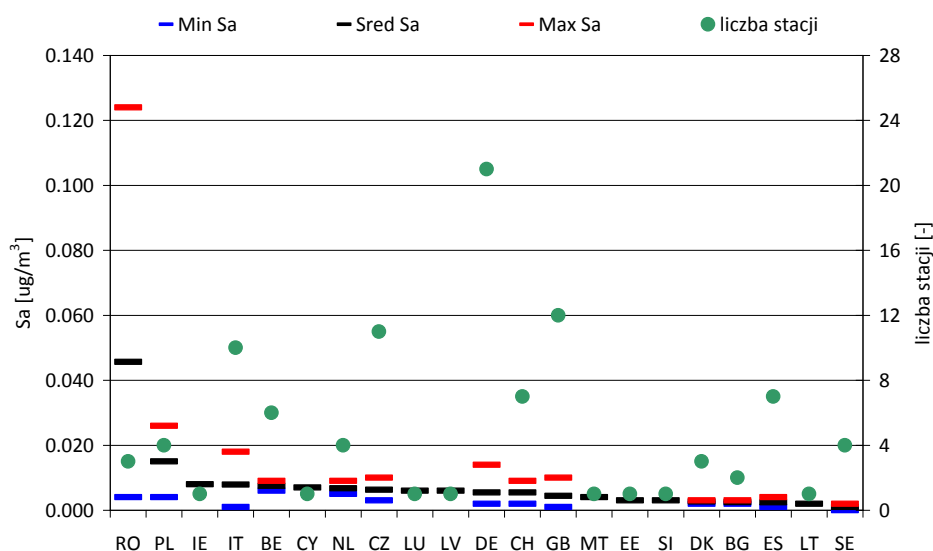
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne S_a		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
BE	6	0,178	0,270	0,373
BG	2	0,001	0,000	0,000
CH	7	0,040	0,101	0,260
CY	1	0,149	0,149	0,149
CZ	11	0,094	0,485	2,893
DE	21	0,059	0,147	0,393
DK	3	0,226	0,358	0,429
EE	1	0,141	0,141	0,141
ES	7	0,033	0,101	0,198
GB	12	0,022	0,078	0,152
IE	1	0,781	0,781	0,781
IT	10	0,067	0,212	0,875
LT	1	0,083	0,083	0,083
LU	1	0,156	0,156	0,156
LV	1	0,162	0,162	0,162
MT	1	0,091	0,091	0,091
NL	4	0,163	0,205	0,275
NO	2	0,014	0,027	0,040
PL	4	0,141	0,308	0,535
RO	2	0,291	0,350	0,408
SE	4	0,030	0,045	0,065
SI	1	0,114	0,114	0,114
Europa	103	0,001	0,198	2,893



Rys. 7.1.5. Wartości stężeń średnich rocznych S_a dla Cd w pyłe PM₁₀ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.1.5. Stężenia średnie roczne S_a dla Pb oznaczanego w pyłe PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne S_a		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
BE	6	0,006	0,008	0,009
BG	2	0,002	0,003	0,003
CH	7	0,002	0,005	0,009
CY	1	0,007	0,007	0,007
CZ	11	0,003	0,006	0,010
DE	21	0,002	0,005	0,014
DK	3	0,002	0,003	0,003
EE	1	0,003	0,003	0,003
ES	7	0,001	0,002	0,004
GB	12	0,001	0,004	0,010
IE	1	0,008	0,008	0,008
IT	10	0,001	0,008	0,018
LT	1	0,002	0,002	0,002
LU	1	0,006	0,006	0,006
LV	1	0,006	0,006	0,006
MT	1	0,004	0,004	0,004
NL	4	0,005	0,007	0,009
PL	4	0,004	0,015	0,026
RO	3	0,004	0,046	0,124
SE	4	0,001	0,001	0,002
SI	1	0,003	0,003	0,003
Europa	102	0,001	0,007	0,124



Rys. 7.1.6. Wartości stężeń średnich rocznych S_a dla Pb w pyłe PM₁₀ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

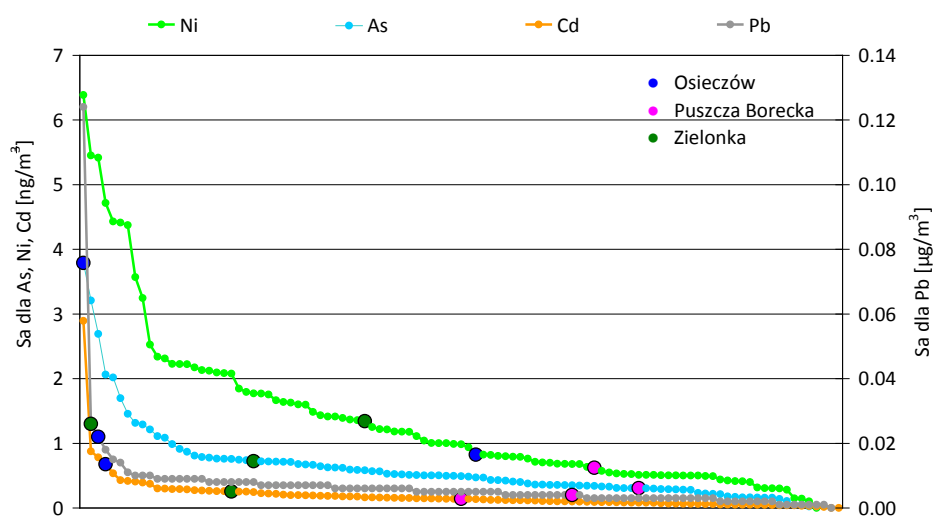
Uzyskane wyniki dla zanieczyszczenia powietrza niklem zawartym w pyłe PM₁₀ w skali kraju pokazują, że wśród państw europejskich przeciętne stężenia tego metalu w Polsce obserwowane były na stosunkowo niskim poziomie. Niższe niż w Polsce tak obliczoną wartość stężenia średniego rocznego zanotowano w 6 krajach: w Szwecji, Wielkiej Brytanii,

Szwajcarii, Czechach, Norwegii i na Litwie (Tab. 7.1.2, Rys. 7.1.3). Najwyższe przeciętne stężenia Sa wśród krajów Europy uzyskano dla Irlandii, Malty, Bułgarii i Włoszech.

W przypadku arsenu oznaczanego w pyłe PM₁₀ uzyskane wyniki pokazują, że przeciętne stężenie tego metalu w Polsce na obszarach pozamiejskich charakteryzowało się jednym z najwyższych poziomów w Europie. Wyższe stężenie zaobserwowano jedynie w Irlandii (uzyskane z pomiarów z 1 stacji). Stężenie Sa uśredniona dla Polski było na zbliżonym poziomie jak w Czechach (Tab. 7.1.3, Rys. 7.1.4).

Najwyższe stężenie średnie roczne w skali kraju obliczone dla kadmu oznaczanego w pyłe PM₁₀ zanotowano w Irlandii, Czechach, Danii, Rumunii i w Polsce, zaś najniższe w Bułgarii, Norwegii i Szwecji. (Tab. 7.1.4, Rys. 7.1.5). Przeciętne stężenie Sa w Polsce było ponad 2-krotnie wyższe niż na Litwie, Cyprze, w Luksemburgu, Niemczech i Estonii.

Analiza uzyskanych wyników na stacjach pozamiejskich w Europie dla zanieczyszczenia powietrza zawartym w pyłe PM₁₀ ołowiem pokazuje, że z wyjątkiem Rumunii, Polska jest krajem gdzie wystąpiła najwyższa wartość stężenia średniego rocznego (w tym przypadku analizowano wyniki pomiarów pochodzące z 21 krajów). Najniższe stężenie uzyskano dla Szwajcarii, Litwy i Estonii.



Rys. 7.1.7. Wartości stężeń średnich rocznych Sa metali ciężkich oznaczanych w pyłe PM₁₀ na poszczególnych stacjach w Europie w roku 2010

Wartości średnie roczne na pojedynczych stacjach pozamiejskich Europy w 2010 roku mieściły się w granicach odpowiednio: od 0,001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ do 6,386 ng/m^3 dla Ni; od 0,021 ng/m^3 do 3,788 ng/m^3 dla As; od 0,001 ng/m^3 do 2,893 ng/m^3 w przypadku Cd i od 0,001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ do 0,124 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla Pb.

W przypadku Ni, wśród 10 stacji z najwyższymi stężeniami średnimi rocznymi, znajdowała się 1 stacja z Bułgarii (najwyższe stężenia w Europie), 5 stacji włoskich, 2 stacje belgijskie i 1 stacja z Malty. Najwyższe stężenie w Polsce zanotowano na stacji Zielonka (39 wartość ze 100 analizowanych uszeregowanych wg wysokości stężenia malejąco). Spośród innych objętych analizami polskich stacji tła, najniższe stężenie zanotowano na stacji Puszcza

Borecka (70 w kolejności wynik). Wartość stężenia średniego rocznego na stacji Osieczów uplasowała tę stację niemal w połowie (54 pozycja) wszystkich stacji uszeregowanych malejąco według wartości Sa (Rys. 7.1.7).

Zupełnie inaczej sytuacja wygląda dla arsenu. Najwyższe stężenie spośród 100 rozważanych stacji pozamiejskich w Europie wystąpiło w roku 2010 na stacji Osieczów. Na bardzo podobnym poziomie, przekraczającym 3 ng/m^3 , wartość stężenia średniego rocznego zaobserwowano jeszcze na jednej stacji w Czechach (Lom). Najniższą wartość Sa spośród stacji polskich zanotowano w Puszczy Boreckiej (74 wartość na 100 analizowanych).

Wysokie wartości stężenia średniego rocznego na stacji Osieczów i Zielonka w skali Europy zaobserwowano również w przypadku zawartego w pyle zawieszonym kadmu. Stężenie Sa wyższe od obliczonego dla stacji Osieczów zanotowano jedynie na 2 stacjach czeskich (Sous i Jizerka) oraz po jednej we Włoszech (CASIRATE D'ADDA 301622) i w Irlandii (Kilkitt). Wartość stężenia średniego rocznego na stacji Zielonka to 21 najwyższy wyniki spośród 103 analizowanych stacji europejskich. Stężenie średnie roczne Cd obserwowane na stacji Puszcza Borecka plasowała się w połowie stawki (52 wynik) wszystkich analizowanych wyników uzyskanych na stacjach pozamiejskich (Rys. 7.1.7).

Najmniej korzystnie dla Polski wśród metali ciężkich zawartych w pyle PM₁₀, jeśli chodzi o wysokie wartości stężeń średnich rocznych jakie obserwowano w 2010 roku na stacjach pozamiejskich w Europie, sytuacja wygląda w przypadku ołowiu. Spośród 3 najwyższych wartości na kontynencie, aż 2 wystąpiły na stacjach Polski (Zielonka i Osieczów). Najwyższe stężenie średnie roczne Pb w pyle PM₁₀ w skali Europy wystąpiło na stacji w Rumunii (B8 Balotesti) i było 5-krotnie wyższe niż obserwowane na wymienionych stacjach polskich. Na stacji Puszcza Borecka wartość stężenia średniego rocznego ołowiu w 2010 roku była na niskim poziomie. Niższe stężenie od tego zanotowano na 35 spośród 102 rozważanych stacji (Rys. 7.1.7).

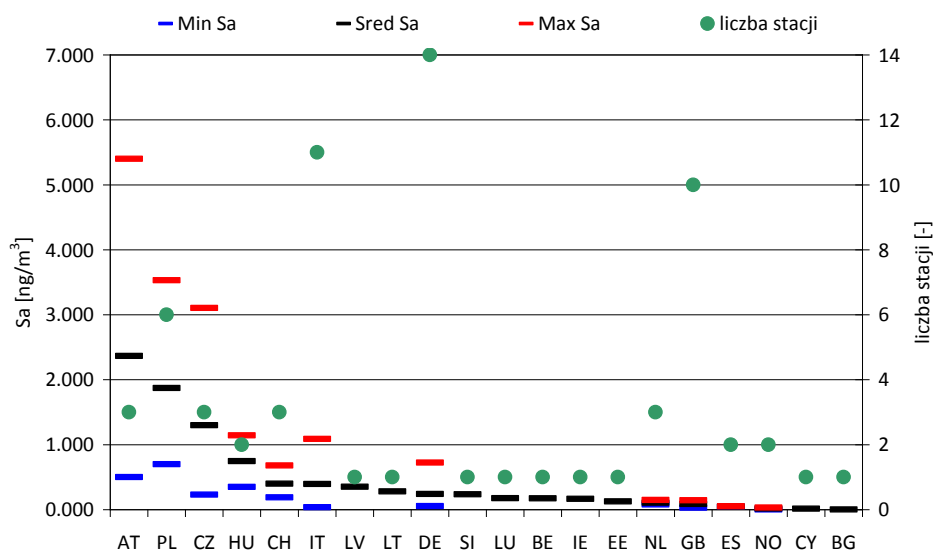
7.1.3. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyle PM₁₀

Ocenę zanieczyszczenia powietrza wielopierścieniowymi węglowodarami aromatycznymi zawartymi w pyle zawieszonym PM₁₀ przeprowadzono dla roku 2010 z uwzględnieniem 110 stacji pozamiejskich tła, zlokalizowanych na terenie 20 krajów europejskich. Podobnie jak w przypadku metali ciężkich, najwięcej stacji z wynikami wwa uwzględnionych w analizie zlokalizowanych było w Niemczech, Wielkiej Brytanii, Czechach i we Włoszech (powyżej 10 w każdym z nich). W 7 krajach (Cypr, Estonia, Irlandia, Litwa, Luksemburg, Łotwa i Słowenia) ocenie poddano wyniki pomiarów pochodzących z 1 stacji. Wyniki pomiarów zanieczyszczenia powietrza wielopierścieniowymi węglowodarami aromatycznymi nie były dostępne (pomiaru nie były prowadzone lub nie spełniały kryteriów kompletności serii i minimalnego pokrycia czasu) na obszarze 19 krajów Europy.

Wartości parametrów statystycznych analizowanych wwa zawartych w pyle PM₁₀ obliczonych dla poszczególnych krajów przedstawiono w tabelach 7.1.6 - 7.1.12 oraz na rysunkach 7.1.8 - 7.1.14.

Tab. 7.1.6. Stężenia średnie roczne S_a dla B(a)P oznaczanego w pyłe PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

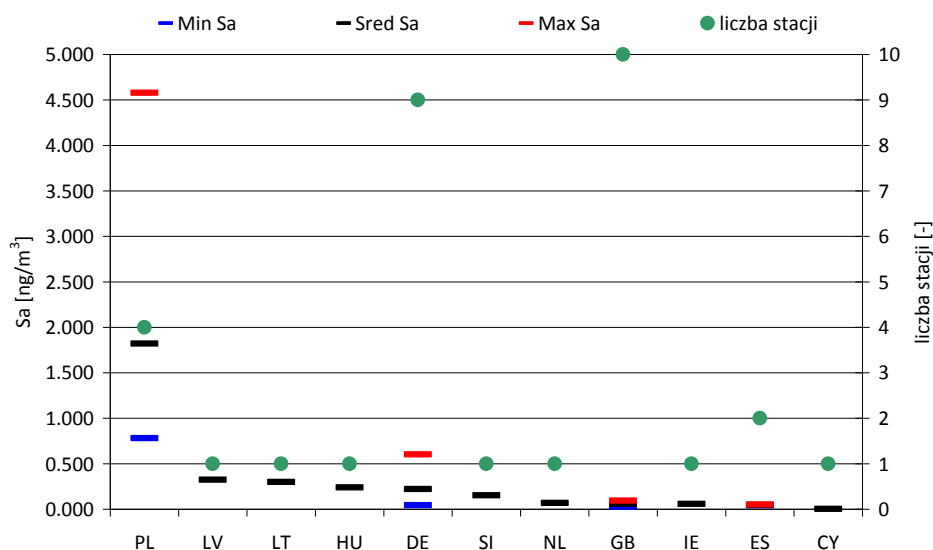
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji		Stężenie średnie roczne S_a		
	Uwzględnionych	Przekroczenie Da	Min	Średnia	Max
	[-]	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	3	2	0,500	2,367	5,400
BE	1		0,173	0,173	0,173
BG	1		0,002	0,002	0,002
CH	3		0,188	0,400	0,679
CY	1		0,015	0,015	0,015
CZ	3	1	0,231	1,299	3,105
DE	14		0,055	0,241	0,725
EE	1		0,126	0,126	0,126
ES	2		0,044	0,048	0,051
GB	10		0,029	0,088	0,143
HU	2	1	0,349	0,746	1,143
IE	1		0,167	0,167	0,167
IT	11	1	0,037	0,394	1,089
LT	1		0,280	0,280	0,280
LU	1		0,176	0,176	0,176
LV	1		0,353	0,353	0,353
NL	3		0,080	0,106	0,149
NO	2		0,003	0,018	0,032
PL	6	3	0,699	1,872	3,531
SI	1		0,235	0,235	0,235
Europa	68	8	0,002	0,455	5,400



Rys. 7.1.8. Wartości stężeń średnich rocznych S_a dla B(a)P w pyłe PM₁₀ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.1.7. Stężenia średnie roczne Sa dla B(a)A oznaczanego w pyłe PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

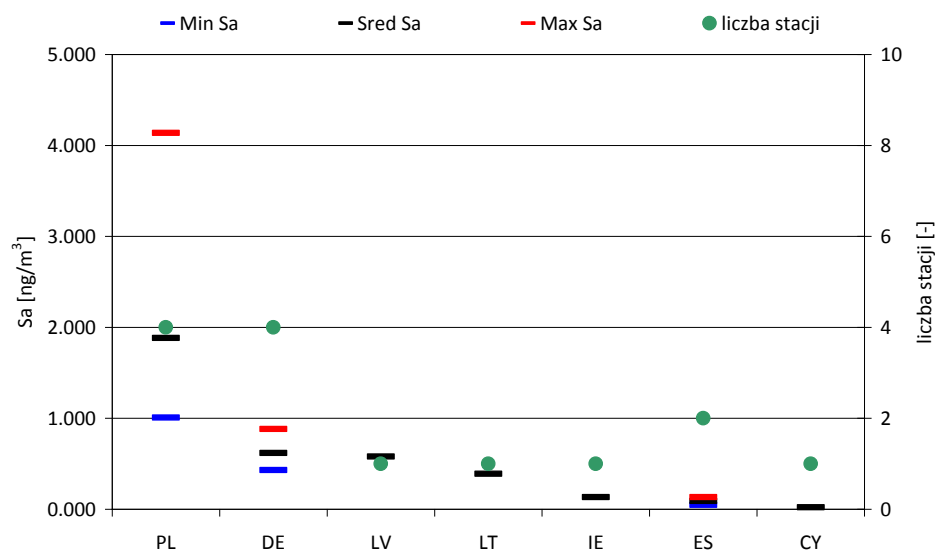
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne Sa		
		Min	Średnia	Max
		[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
CY	1	0,003	0,003	0,003
DE	9	0,044	0,222	0,602
ES	2	0,042	0,047	0,051
GB	10	0,027	0,061	0,094
HU	1	0,239	0,239	0,239
IE	1	0,058	0,058	0,058
LT	1	0,300	0,300	0,300
LV	1	0,325	0,325	0,325
NL	1	0,069	0,069	0,069
PL	4	0,781	1,820	4,579
SI	1	0,153	0,153	0,153
Europa	32	0,003	0,300	4,579



Rys. 7.1.9. Wartości stężeń średnich rocznych Sa dla B(a)A w pyłe PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.1.8. Stężenia średnie roczne Sa dla B(b)F oznaczanego w pyłe PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

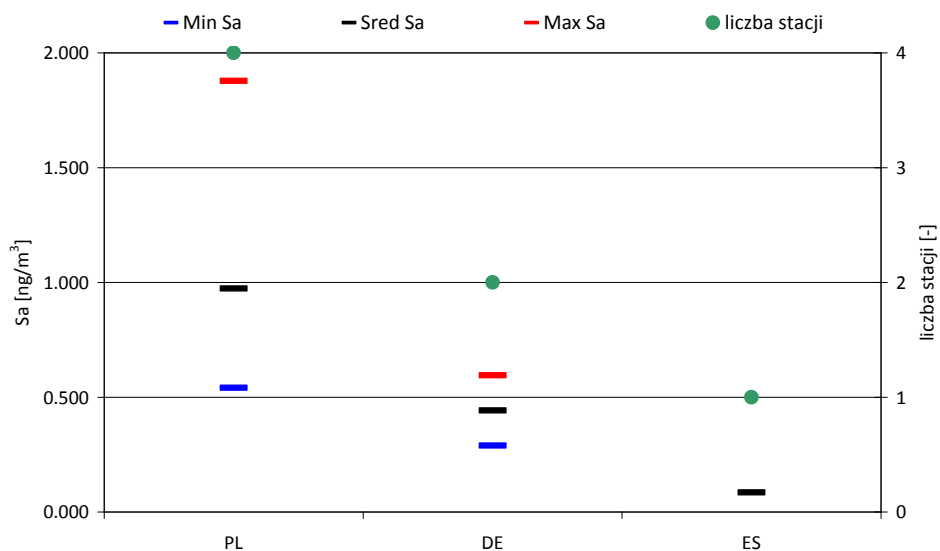
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne Sa		
		Min	Średnia	Max
		[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
CY	1	0,021	0,021	0,021
DE	4	0,431	0,618	0,882
ES	2	0,047	0,090	0,132
IE	1	0,133	0,133	0,133
LT	1	0,389	0,389	0,389
LV	1	0,579	0,579	0,579
PL	4	1,008	1,884	4,137
Europa	14	0,021	0,530	4,137



Rys. 7.1.10. Wartości stężeń średnich rocznych Sa dla B(b)F w pyłe PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.1.9. Stężenia średnie roczne Sa dla B(j)F oznaczanego w pyłe PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

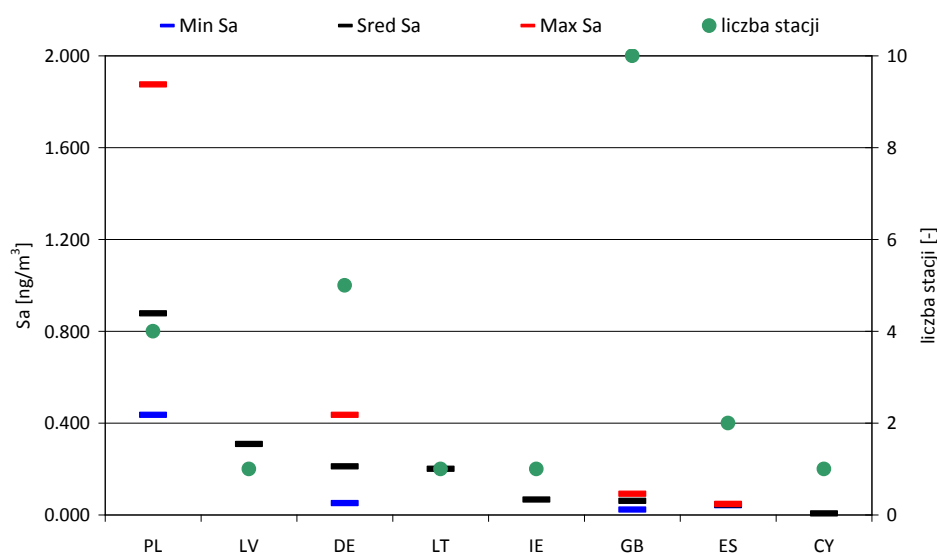
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne Sa		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
DE	2	0,289	0,442	0,595
ES	1	0,085	0,085	0,085
PL	4	0,541	0,973	1,878
Europa	7	0,085	0,500	1,878



Rys. 7.1.11. Wartości stężeń średnich rocznych Sa dla B(j)F w pyłe PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.1.10. Stężenia średnie roczne S_a dla B(k)F oznaczanego w pyłe PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

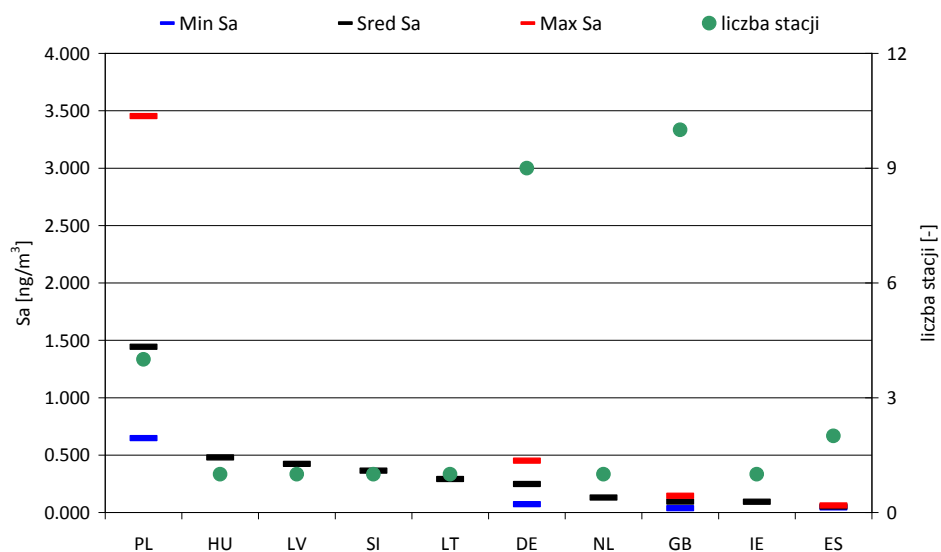
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne S_a		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
CY	1	0,006	0,006	0,006
DE	5	0,051	0,211	0,436
ES	2	0,042	0,045	0,048
GB	10	0,023	0,061	0,092
IE	1	0,067	0,067	0,067
LT	1	0,201	0,201	0,201
LV	1	0,309	0,309	0,309
PL	4	0,436	0,878	1,875
Europa	25	0,006	0,222	1,875



Rys. 7.1.12. Wartości stężeń średnich rocznych S_a dla B(k)F w pyłe PM₁₀ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.1.11. Stężenia średnie roczne S_a dla I(1,2,3-cd)P oznaczanego w pyłe PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

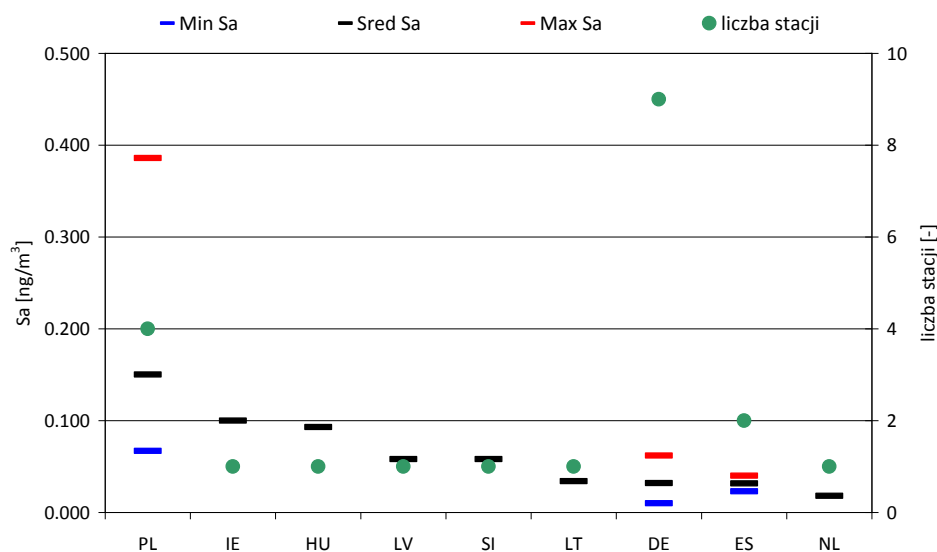
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne S_a		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
DE	9	0,072	0,247	0,451
ES	2	0,044	0,052	0,060
GB	10	0,036	0,094	0,144
HU	1	0,479	0,479	0,479
IE	1	0,092	0,092	0,092
LT	1	0,290	0,290	0,290
LV	1	0,422	0,422	0,422
NL	1	0,129	0,129	0,129
PL	4	0,647	1,443	3,452
SI	1	0,364	0,364	0,364
Europa	31	0,036	0,361	3,452



Rys. 7.1.13. Wartości stężeń średnich rocznych Sa dla I(1,2,3-cd)P w pyłach PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.1.12. Stężenia średnie roczne Sa dla (D(a,h)A oznaczanego w pyłach PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne Sa		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
DE	9	0,010	0,032	0,062
ES	2	0,023	0,032	0,040
HU	1	0,093	0,093	0,093
IE	1	0,100	0,100	0,100
LT	1	0,034	0,034	0,034
LV	1	0,058	0,058	0,058
NL	1	0,018	0,018	0,018
PL	4	0,067	0,150	0,386
SI	1	0,058	0,058	0,058
Europa	21	0,010	0,064	0,386



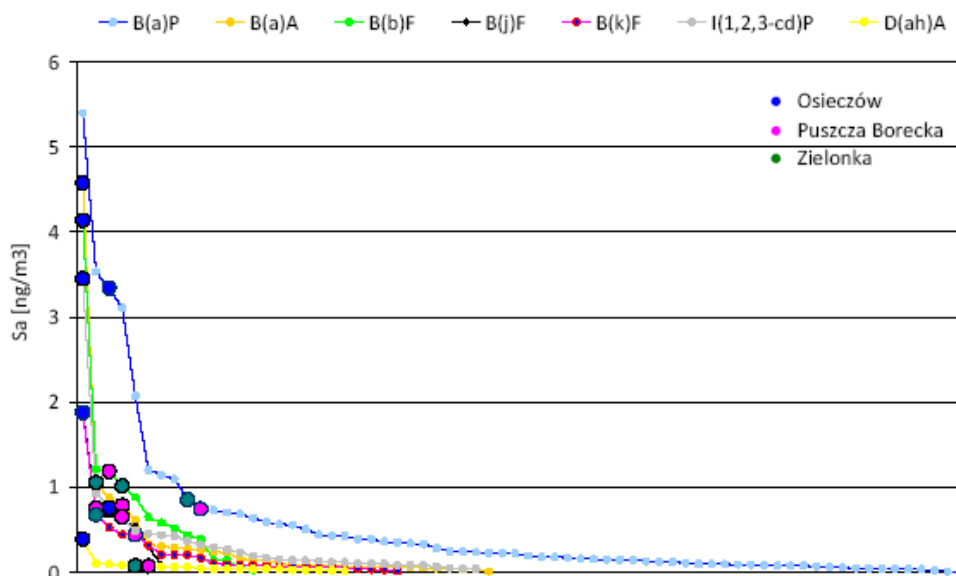
Rys. 7.1.14. Wartości stężeń średnich rocznych S_a dla $(D(a,h)A)$ w pylenie PM_{10} (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Uzyskane wartości stężeń średnich rocznych dla analizowanych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zawartych w pylenie PM_{10} w Polsce wskazują na najwyższe wartości tych zanieczyszczeń na obszarach pozamiejskich w Europie.

W przypadku B(a)P tylko przeciętne stężenie średnie roczne w Austrii było wyższe niż w Polsce (Tab. 7.1.6, Rys. 7.1.8). Przekroczenia wartości dopuszczalnej D_a w 2010 roku wystąpiło łącznie na 8 stacjach zlokalizowanych w 5 krajach: w Austrii i Czechach, na Węgrzech, we Włoszech i w Polsce (na 3 stacjach: MzGranicaKPN, ZpGryfWiduchowa003 oraz Osieczów). Najniższe wartości przeciętne w skali kraju tego zanieczyszczenia uzyskano w Bułgarii, na Cyprze, w Norwegii i w Estonii.

Dla pozostałych poddanych analizie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oznaczanych w pylenie zawieszonym PM_{10} , tj. dla B(a)A, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P oraz $D(a,h)A$, wysokości stężeń średnich rocznych obliczone dla Polski i innych krajów europejskich pokazują, że w naszym kraju wwa stanowią istotny problem. Z wyjątkiem $D(a,h)A$ przeciętne stężenie średnie roczne w Polsce było około 2-krotnie wyższe niż w innych krajach (Tab. 7.1.7 - 7.1.12, Rys. 7.1.9 - 7.1.14). Warto zaznaczyć, że niewiele krajów prowadziło pomiary wwa na stacjach pozamiejskich: B(a)A – 11 na 39 krajów, B(b)F – 7, B(j)F – zaledwie 3, B(k)F – 8, I(1,2,3-cd)P – 10 oraz $D(a,h)A$ – 9. Wszystkie rozważane wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne na terenie danego kraju monitorowane były tylko na 4 stacjach w Polsce (DsCzer02, Osieczów, Zielonka i Puszcza Borecka), na 2 stacjach w Niemczech (Radebeul-Wahnsdorf i Schwartenberg) oraz na 1 stacji w Hiszpanii (ES0008R-NIEMBRO).

Wartości stężeń średnich rocznych wwa na poszczególnych stacjach pozamiejskich w Europie przedstawiono na rysunku 7.1.15 (wyniki uszeregowano od wartości najwyższych).



Rys. 7.1.15. Wartości stężeń średnich rocznych S_a wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oznaczanych w pyłach PM_{10} na poszczególnych stacjach w Europie w roku 2010

Wartości średnie roczne dla poszczególnych WPA zawartych w pyłach PM_{10} w roku 2010 w Europie wynosiły odpowiednio: 0,002-5,400 ng/m^3 dla B(a)P, 0,003-4,579 ng/m^3 dla B(a)A, 0,021-4,137 ng/m^3 dla B(b)F, 0,085-1,878 ng/m^3 dla B(j)F, 0,006-1,875 ng/m^3 dla B(k)F, 0,036-3,452 ng/m^3 dla I(1,2,3-cd)P oraz 0,010-0,386 ng/m^3 dla D(a,h)A.

W przypadku B(a)P, wśród 10 stacji z najwyższymi wartościami stężenia średniego rocznego, było aż 5 stacji z Polski (ZpGryfWiduchowa003 - 2 najwyższy wynik w Europie, Osieczów - 3, MzGranicaKPN - 5, Zielonka i Puszcza Borecka - 9 i 10), 2 stacje z Austrii (Ebenthal Zell - najwyższe stężenie średnie roczne w Europie, Stixneusiedl - 6) oraz po jednej stacji z Czech (Zbyslavice - 4), Węgier (Hernadszurdok - 7) i Włoch (Saliceto - Moizo 10401 - 8). Najniższe stężenie zaobserwowano na stacjach w Bułgarii, Norwegii i na Cyprze.

Jeszcze mniej korzystnie sytuacja wygląda dla Polski w przypadku B(a)A, gdzie na wśród 10 najwyższych stężeń w Europie (na 32 poddane analizie), aż 4 stacje (4 najwyższe stężenia w Europie) pochodziły z naszego kraju (Osieczów, Zielonka, DsCzer02 i Puszcza Borecka). W gronie najwyższych stężeń znalazły się również 4 stacje z Niemiec oraz po jednej z Litwy i Łotwy. Warto dodać, że na stacji Osieczów stężenie średnie roczne B(a)A było 8-krotnie wyższe niż na najgorszej pod względem wysokości stężenia i piątej w Europie stacji niemieckiej. Najniższą wartość S_a B(a)A zaobserwowano na stacjach Cypru i Wielkiej Brytanii.

Podobnie sytuacja wygląda w przypadku B(b)F, gdzie 4 najwyższe stężenia w Europie (z 14 analizowanych stacji) wystąpiły na stacjach w Polsce, w kolejności od najwyższego: Osieczów (stężenie ponad 4-krotnie wyższe niż na następnej w kolejności stacji), DsCzer02, Puszcza Borecka, Zielonka. Najniższe stężenie średnie roczne tego zanieczyszczenia zanotowano na Cyprze.

Niemal identycznie wygląda porównanie wartości stężeń średnich rocznych w przypadku B(k)F (analizie poddano wyniki z 25 stacji). W gronie 5 najwyższych stężeń znalazły się 4 stacje z Polski, w kolejności: Osieczów, Zielonka i DsCzer02 oraz Puszcza Borecka. Wyższe stężenie B(k)F niż w Puszczy Boreckiej zaobserwowano na niemieckiej stacji Radebeul-

Wahnsdorf (4 wyniki z kolei w Europie). Na stacji Osieczów stężenie średnie roczne B(k)F było ponad 3-krotnie wyższe niż na pozostałych stacjach w Polsce. Na stacjach Cypru i Wielkiej Brytanii stężenia tego zanieczyszczenia były najniższe w Europie.

Analizę stężeń średnich rocznych B(j)F przeprowadzono dla 7 stacji, 4 polskich, 2 niemieckich i 1 hiszpańskiej. Najwyższe stężenia zaobserwowano na stacjach Osieczów (ponad 2-krotnie wyższe niż na innych stacjach Polski), Puszcza Borecka i Zielona, zaś najniższe (zdecydowanie niższe niż na pozostałych stacjach) na stacji zlokalizowanej w Hiszpanii.

Analizę zanieczyszczenia powietrza I(1,2,3-cd)P zawartego w pyłe PM₁₀ w skali Europy przeprowadzono dla 31 stacji. Wśród 10 stacji z najwyższymi stężeniami, również i w tym przypadku, 4 stacje pochodziły z Polski, gdzie zaobserwowano najwyższe stężenia w Europie (kolejno od najwyższego: stacja Osieczów, DsCzer02, Zielonka i Puszcza Borecka), 3 z Niemiec i po jednej z Węgier, Łotwy i Słowenii. Należy zauważyć, że w przypadku Stacji Osieczów, stężenia były ponad 3-krotnie wyższe niż na pozostałych stacjach w Polsce i o rząd wielkości wyższe niż na innych stacjach w Europie. Najniższe stężenia średnie roczne zanotowano na stacjach w Wielkiej Brytanii i w Hiszpanii.

Najlepiej spośród rozważanych stężeń wwa, sytuacja wygląda dla D(a,h)A, gdzie co prawda wśród najwyższych 5 stężeń w Europie znalazły się 3 stacje z Polski, ale nie odbiegały one znacząco od wyników uzyskanych na stacji irlandzkiej czy węgierskiej. Najwyższe stężenie w Europie wystąpiło na stacji Osieczów. Polskie stacje Zielonka i Puszcza Borecka uplasowały się ze względu na wysokość uzyskanego na nich stężenia średniego rocznego na pozycji 5 i 6 od góry (na 21 uwzględnionych w analizie). Najniższe stężenia średnie roczne w skali Europy dla D(a,h)A uzyskano na stacjach Niemiec i Holandii.

7.2. Zanieczyszczenia zawarte w pyłe PM_{2,5}

W rozdziale 7.2. przedstawiono ocenę obserwowanych w 2010 roku wysokości stężeń pyłu PM_{2,5} oraz jonów w nim oznaczanych. Ze względu na to, iż w bazie AirBase znajdują się tylko i wyłącznie wyniki pomiarów węgla elementarnego i organicznego pochodzące z Polski, analizy w tym zakresie znajdują się w rozdziale 6.2.

7.2.1. Pył PM_{2,5}

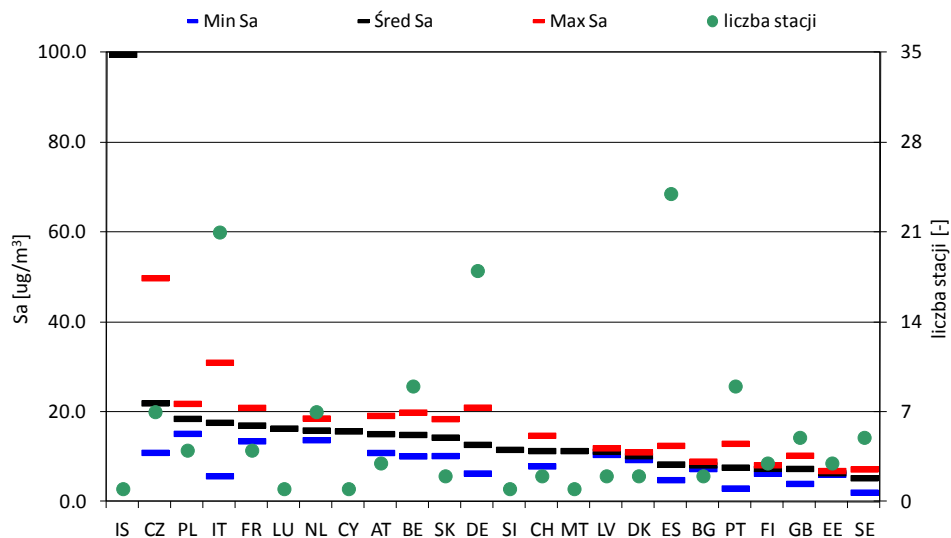
Ocenę zanieczyszczenia powietrza pyłem zwieszonym PM_{2,5} przeprowadzono dla roku 2010 z uwzględnieniem pomiarów prowadzonych na 138 stacjach pozamiejskich tła, zlokalizowanych na terenie 24 krajów europejskich (Tab. 7.2.1 i Rys. 7.2.1). Najwięcej stacji poddanych analizie zlokalizowanych było w Hiszpanii, we Włoszech i w Niemczech (powyżej 15 w każdym z nich). W 5 krajach (Cypr, Islandia, Luksemburg, Malta i Słowenia) ocenie poddano tylko 1 stację. Wyniki pomiarów pyłu PM_{2,5} nie były dostępne (nie były w ogóle prowadzone lub nie spełniały kryteriów przyjętych w opracowaniu) z 15 krajów, które wprowadzają dane do bazy AirBase. Otrzymane wyniki dla poszczególnych krajów przedstawiono w Tab. 7.2.1.

Podobnie jak w przypadku pyłu PM₁₀, stężenia pyłu PM_{2,5} w Polsce na stacjach pozamiejskich są przeciętnie jednymi z najwyższych w Europie. Wyższe niż w Polsce uśrednione stężenie ze wszystkich stacji zlokalizowanych w danym kraju zanotowano tylko w Islandii. Wartość stężenia średniego rocznego w Polsce była na zbliżonym poziomie jak w Czechach.

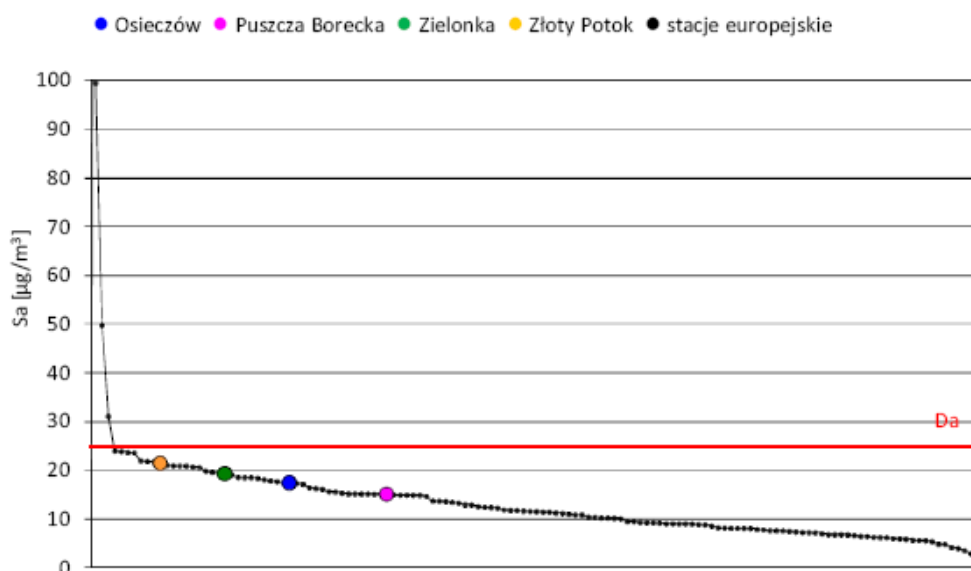
Wysokości obserwowanych średnich rocznych stężeń pyłu PM_{2,5} na poszczególnych stacjach w Europie w roku 2010 zawierały się w granicach 2,1 µg/m³ do 99,6 µg/m³. Wśród 15 stacji z najwyższymi stężeniami Sa było 8 stacji włoskich, 3 stacje czeskie i po 1 z Francji, Polski (Złoty Potok) oraz Islandii (maksymalne stężenie w Europie). Przekroczenie rocznej wartości dopuszczalnej Da (poziomu do osiągnięcia do dnia 1 stycznia 2015 r.) określonej dla pyłu PM_{2,5} wystąpiło tylko na 3 stacjach (Rys. 7.2.2): w Islandii (Sudurland Heimaland), Czechach (Vernovicea) i we Włoszech (CASIRATE D'ADDA 301622). Wszystkie stacje pozamiejskie z Polski znajdowały się w grupie 30% stacji europejskich charakteryzujących się najwyższymi stężeniami Sa na kontynencie (Rys. 7.2.2).

Tab. 7.2.1. Stężenia średnie roczne pyłu PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji [-]	Stężenie średnie roczne Sa		
		Min	Średnia	Max
		[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
AT	3	10,9	15,1	19,2
BE	9	10,2	14,9	19,9
BG	2	7,3	8,2	9,0
CH	2	7,9	11,3	14,7
CY	1	15,7	15,7	15,7
CZ	7	10,9	22,0	49,8
DE	18	6,3	12,7	21,0
DK	2	9,3	10,2	11,1
EE	3	6,1	6,4	6,9
ES	24	4,9	8,3	12,5
FI	3	6,3	7,4	8,2
FR	4	13,5	17,0	21,0
GB	5	4,0	7,4	10,3
IS	1	99,6	99,6	99,6
IT	21	5,7	17,6	31,0
LU	1	16,3	16,3	16,3
LV	2	10,5	11,2	12,0
MT	1	11,3	11,3	11,3
NL	7	13,8	15,9	18,6
PL	5	15,2	18,5	21,9
PT	9	3,0	7,6	13,0
SE	5	2,1	5,3	7,2
SI	1	11,6	11,6	11,6
SK	2	10,2	14,3	18,4
Europa	137	2,1	16,1	99,6



Rys. 7.2.1. Wartości stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010



Rys. 7.2.2. Wartości stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} na poszczególnych stacjach w Europie w roku 2010

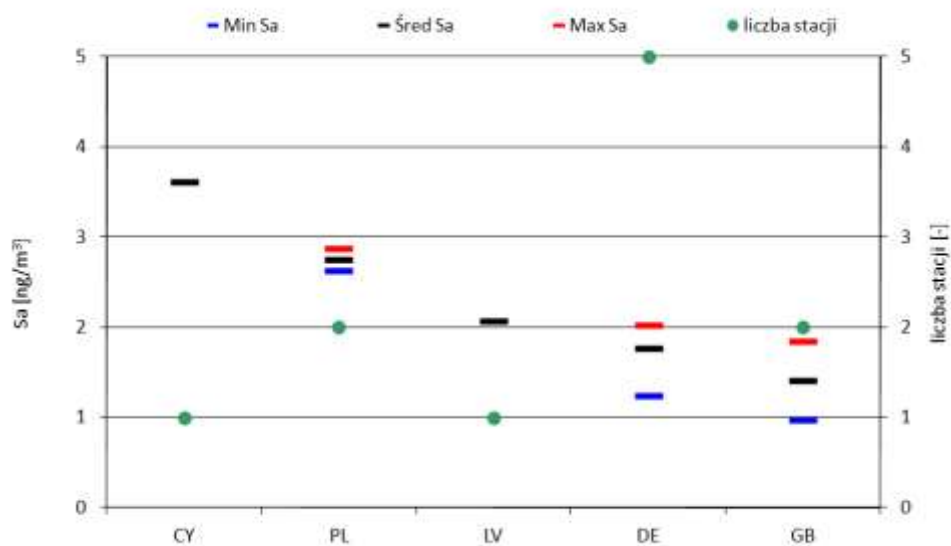
7.2.2. Jony zawarte w pyle PM_{2,5}

Ocenę zanieczyszczenia powietrza dla składu pyłu zwieszonego PM_{2,5} (8 analizowanych jonów) przeprowadzono dla 2010 r. z uwzględnieniem 11 stacji pozamiejskich tła, zlokalizowanych na terenie 5 krajów europejskich. Najwięcej stacji uwzględnionych w analizie wykonujących oznaczenia jonów w pyle PM_{2,5} zlokalizowanych było w Niemczech (5), Wielkiej Brytanii (2) i w Polsce (2). Poza tymi krajami badania w tym zakresie prowadzono na pojedynczych stacjach na Cyprze i Łotwie. Analizami nie objęto (pomiaru nie były prowadzone lub wyniki nie spełniały przyjętych w opracowaniu kryteriów) 38 krajów Europy.

Wartości parametrów statystycznych analizowanych jonów oznaczanych w pyłe PM_{2,5} obliczonych dla poszczególnych krajów przedstawiono w tabelach 7.2.2 – 7.2.9 oraz na rysunkach 7.2.3 - 7.2.10.

Tab. 7.2.2. Stężenia średnie roczne SO_4^{2-} oznaczanego w pyłe PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

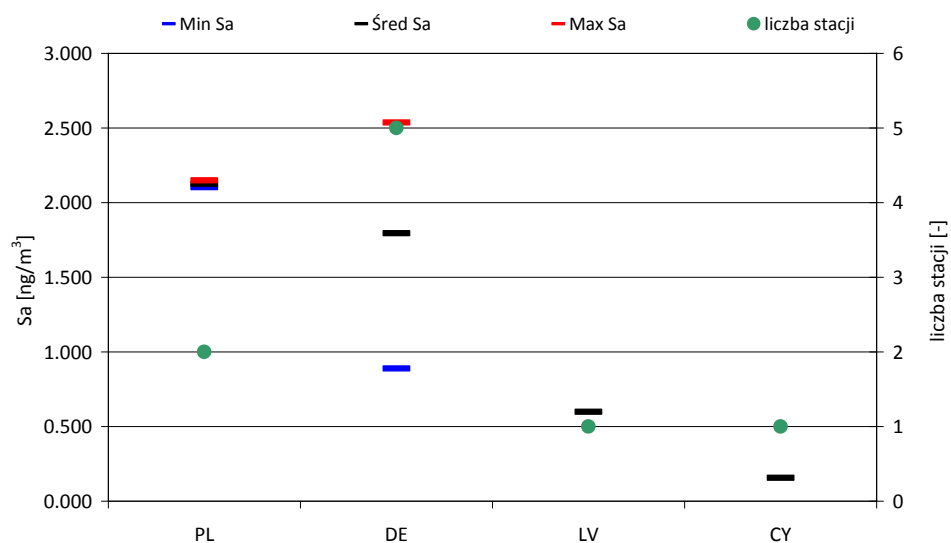
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne S_a		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
CY	1	3,616	3,616	3,616
DE	5	1,239	1,768	2,027
GB	2	0,977	1,413	1,844
LV	1	2,073	2,073	2,073
PL	2	2,627	2,753	2,879
Europa	11	0,977	2,324	3,616



Rys. 7.2.3. Wartości stężeń średnich rocznych SO_4^{2-} oznaczanego w pyłe PM_{2,5} (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.2.3. Stężenia średnie roczne NO_3^- oznaczanego w pyłe PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

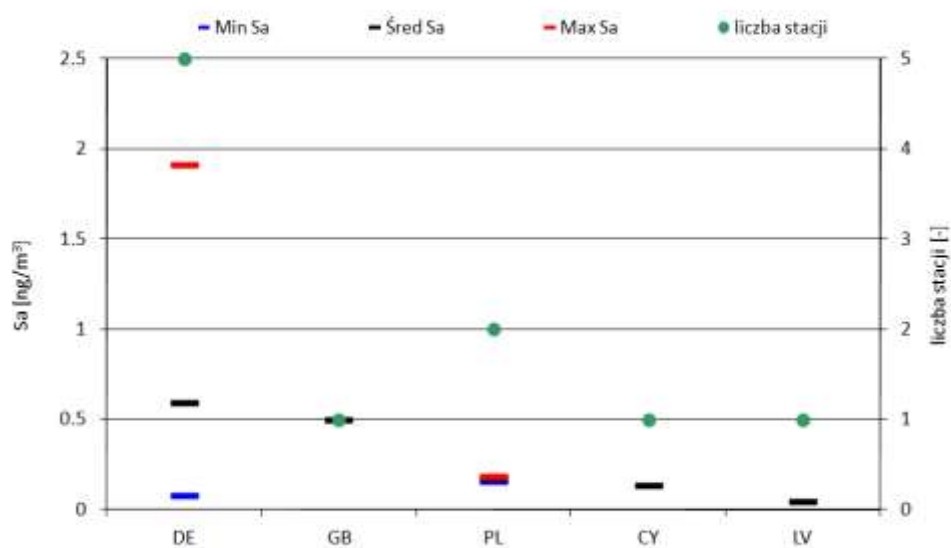
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne S_a		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
CY	1	0,156	0,156	0,156
DE	5	0,889	1,795	2,536
LV	1	0,598	0,598	0,598
PL	2	2,102	2,126	2,149
Europa	9	0,156	1,169	2,536



Rys. 7.2.4. Wartości stężeń średnich rocznych NO_3^- oznaczanego w pyłe $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.2.4. Stężenia średnie roczne Cl^- oznaczanego w pyłe $\text{PM}_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

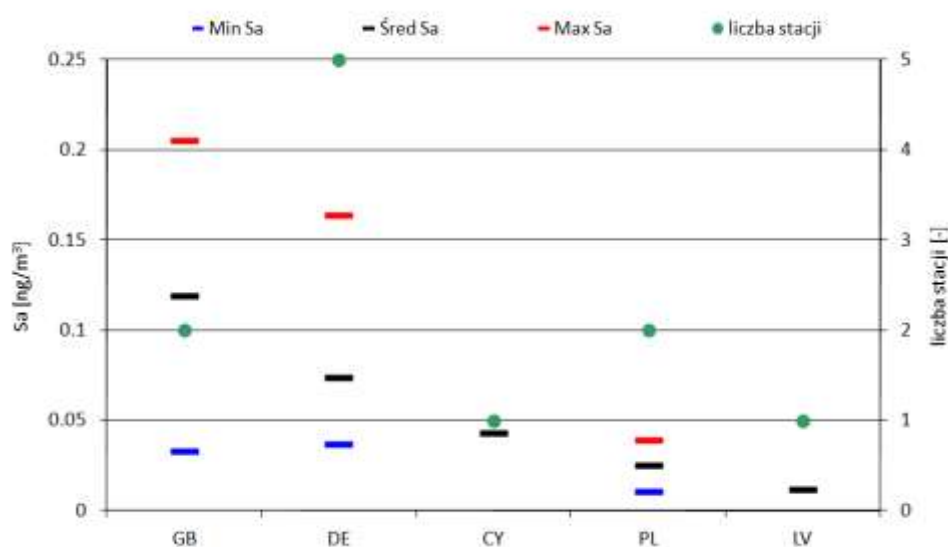
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne Sa		
		Min	Średnia	Max
	[-]	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$
CY	1	0,135	0,135	0,135
DE	5	0,078	0,594	1,914
GB	1	0,500	0,500	0,500
LV	1	0,043	0,043	0,043
PL	2	0,155	0,171	0,187
Europa	10	0,043	0,289	1,914



Rys. 7.2.5. Wartości stężeń średnich rocznych Cl^- oznaczanego w pyłe $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.2.5. Stężenia średnie roczne Mg^{2+} oznaczanego w pyłe $PM_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

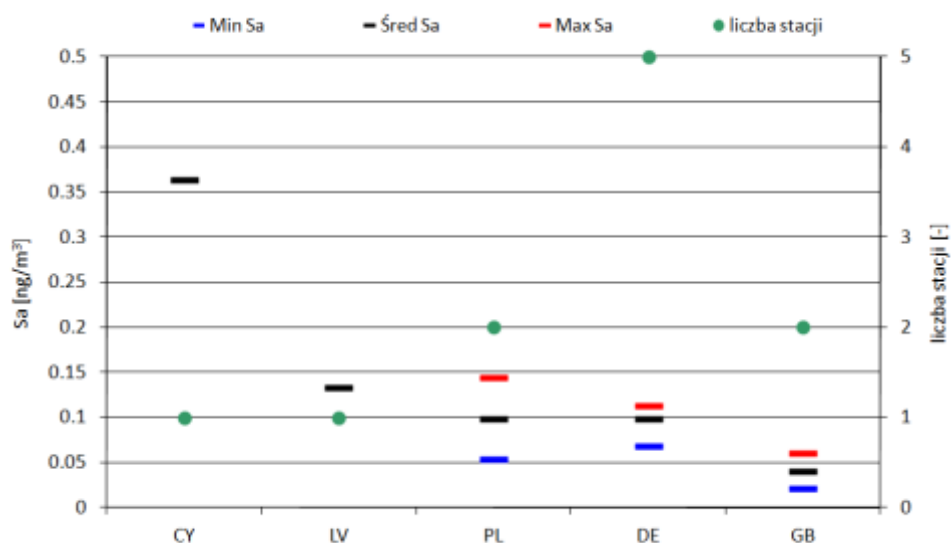
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne S_a		
		Min	Średnia	Max
		$[\mu g/m^3]$	$[\mu g/m^3]$	$[\mu g/m^3]$
CY	1	0,043	0,043	0,043
DE	5	0,037	0,074	0,164
GB	2	0,033	0,119	0,205
LV	1	0,012	0,012	0,012
PL	2	0,011	0,025	0,039
Europa	11	0,011	0,054	0,205



Rys. 7.2.6. Wartości stężeń średnich rocznych Mg^{2+} oznaczanego w pyłach $PM_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.2.6. Stężenia średnie roczne Ca^{2+} oznaczanego w pyłach $PM_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

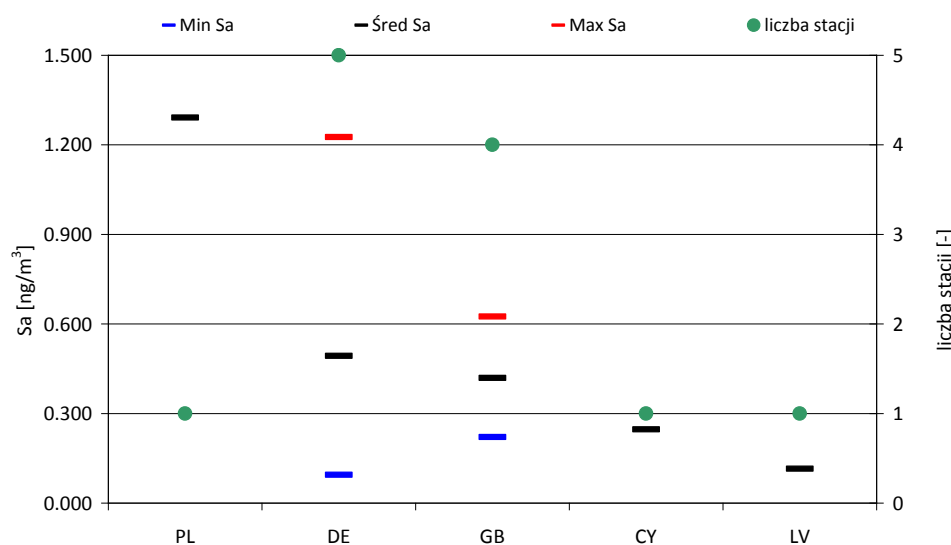
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne S_a		
		Min	Średnia	Max
		$[\mu g/m^3]$	$[\mu g/m^3]$	$[\mu g/m^3]$
CY	1	0,363	0,363	0,363
DE	5	0,068	0,098	0,113
GB	2	0,021	0,040	0,060
LV	1	0,133	0,133	0,133
PL	2	0,054	0,099	0,144
Europa	11	0,021	0,147	0,363



Rys. 7.2.7. Wartości stężeń średnich rocznych Ca^{2+} oznaczanego w pyłe $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.2.7. Stężenia średnie roczne Na^+ oznaczanego w pyłe $\text{PM}_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

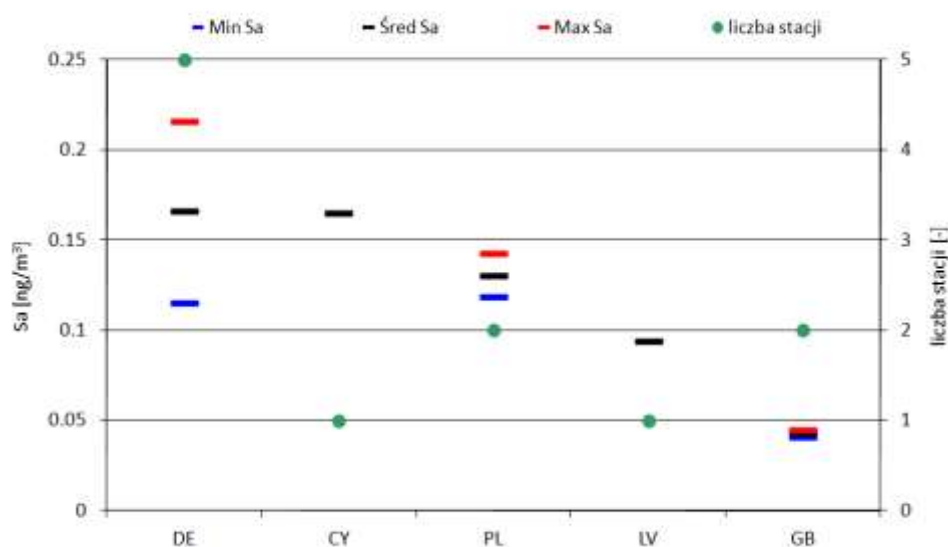
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne Na^+		
		Min	Średnia	Max
	[-]	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$
CY	1	0,247	0,247	0,247
DE	5	0,095	0,493	1,226
GB	2	0,221	0,423	0,625
LV	1	0,115	0,115	0,115
PL	1	1,291	1,291	1,291
Europa	10	0,095	0,514	1,291



Rys. 7.2.8. Wartości stężeń średnich rocznych Na^+ oznaczanego w pyłe $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.2.8. Stężenia średnie roczne K^+ oznaczanego w pyłe $PM_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

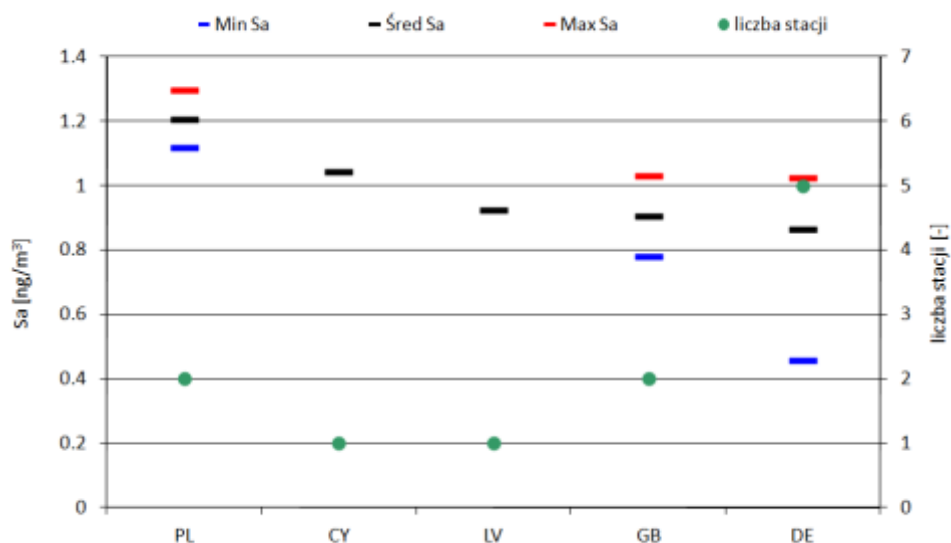
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne S_a		
		Min	Średnia	Max
	[-]	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$
CY	1	0,165	0,165	0,165
DE	5	0,115	0,166	0,216
GB	2	0,041	0,043	0,045
LV	1	0,094	0,094	0,094
PL	2	0,119	0,131	0,142
Europa	11	0,041	0,120	0,216



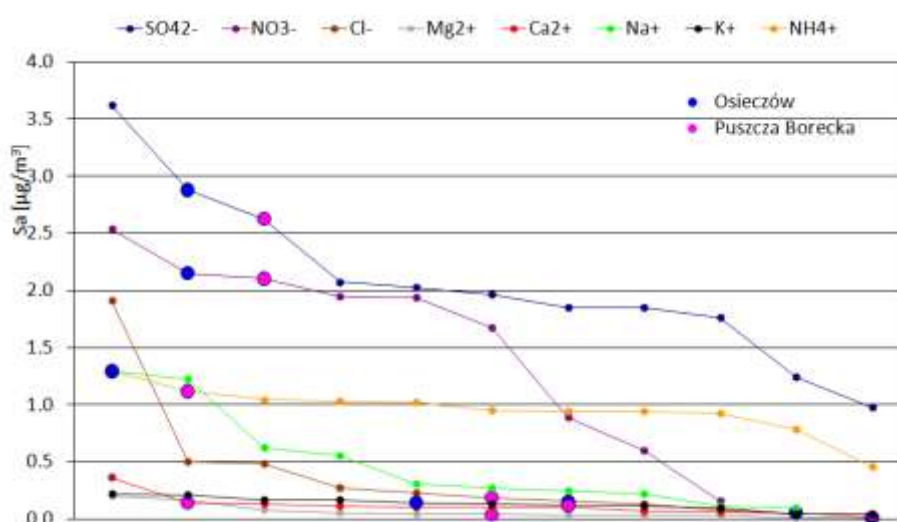
Rys. 7.2.9. Wartości stężeń średnich rocznych K^+ oznaczanego w pyłe $PM_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.2.9. Stężenia średnie roczne NH_4^+ oznaczanego w pyłe $PM_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Stężenie średnie roczne S_a		
		Min	Średnia	Max
	[-]	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$
CY	1	1,043	1,043	1,043
DE	5	0,457	0,863	1,023
GB	4	0,779	0,905	1,031
LV	1	0,924	0,924	0,924
PL	2	1,117	1,207	1,297
Europa	11	0,457	0,989	1,297



Rys. 7.2.10. Wartości stężeń średnich rocznych NH_4^+ oznaczanego w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010



Rys. 7.2.11. Wartości stężeń średnich rocznych S_a jonów oznaczanych w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ na poszczególnych stacjach w Europie w roku 2010

Dostępne z 5 krajów Europy wyniki stężeń dla oznaczanego w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ jonu siarczanowego pokazują, że uzyskane średnie roczne stężenie dla Polski jest jednym z najwyższych w Europie (Tab. 7.2.2, Rys. 7.2.3). Wyższe stężenie SO_4^{2-} w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ zaobserwowano jedynie na Cyprze (stacja EMEP - Ayia Marina). Zestawienie wartości średnich rocznych na poszczególnych stacjach pokazuje, że stężenia na stacjach polskich (Osieczów i Puszcza Borecka) są o blisko 80% wyższe niż na stacji zlokalizowanej na Łotwie (4 z kolei) i często o połowę wyższe niż na stacjach w Niemczech i Wielkiej Brytanii (Rys. 7.2.11).

Analiza wyników pomiarów stężeń jonu azotanowego oznaczanego w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ z 9 stacji funkcjonujących w 4 krajach pokazuje, że wysokości stężeń obserwowane w Polsce są zbliżone do obserwowanych w Niemczech lecz znacznie odbiegają od obserwowanych na

Łotwie czy Cyprze (Tab. 7.2.3, Rys. 7.2.4). Najwyższe stężenia średnie roczne jonu NO_3^- uzyskane na pojedynczych stacjach, wystąpiło w roku 2010 na jednej ze stacji niemieckich (Westerland) oraz na dwóch stacjach polskich (Osieczów i Puszcza Borecka) - Rys. 7.2.11.

Znacznie lepiej dla Polski pod względem wysokości stężeń w Europie sytuacja wygląda dla jonu chlorkowego. Średnie stężenie roczne w Polsce jest znacznie niższe (ponad 3-krotnie) niż obserwowane w Niemczech czy Wielkiej Brytanii i jest podobne do obserwowanych na Cyprze. Najniższe wartości stężenia średniego rocznego Cl^- uzyskano na stacji zlokalizowanej na Łotwie (Rucava), które było 4-krotnie niższe od najwyższego w Polsce (stacja Puszcza Borecka) – Rys. 7.2.11.

W przypadku jonu magnezowego, analiza wyników pochodzących z 11 stacji pozamiejskich funkcjonujących w 5 krajach pokazuje, że przeciętne stężenie roczne w Polsce charakteryzuje się jednym z najniższych wartości w Europie (niższe stężenie uzyskano tylko dla Łotwy). Co więcej, jest ono blisko 5-krotnie niższe niż w Wielkiej Brytanii i 3-krotnie niższe niż w Niemczech (Tab. 7.2.5, Rys. 7.2.6). Stężenie średnie roczne Mg^{2+} na stacji Osieczów jest najniższe z 11 rozważanych stacji, zaś z Puszczy Boreckiej nieco wyższe niż obserwowane na 2 stacjach niemieckich (Schauinsland i Neuglobsow), znajdując się jednocześnie znacznie poniżej średniej europejskiej (Rys. 7.2.11).

Uśrednione dla kraju stężenie średnie roczne jonu wapniowego sytuuje Polskę w połowie stawki w Europie, tuż za Cyprem i Litwą, ale przed Niemcami i Wielką Brytanią. Warto zauważyć, że przeciętne stężenie średnie roczne Ca^{2+} w Polsce jest niemal identyczne jak w Niemczech pomimo, iż wartości minimalne i maksymalne na poszczególnych stacjach wskazują na znaczne różnice (Tab. 7.2.6, Rys. 7.2.7). Potwierdza to zestawienie wartości średnich rocznych stężeń tego zanieczyszczenia z 11 poddanych analizie stacji w 2010 roku, gdzie w przypadku Puszczy Boreckiej uzyskane stężenie było drugą co do wysokości wartością w Europie, zaś w Osieczowie przedostatnią (Rys. 7.2.11).

Dostępne w Europie wyniki pomiarów stężeń jonu sodowego oznaczanego w pyłe $\text{PM}_{2,5}$ z 10 pozamiejskich stacji uśrednione dla kraju plasują Polskę na czele 5 krajów (Tab. 7.2.7, Rys. 7.2.8). Najwyższe przeciętne stężenie średnie roczne Na^+ wynika z bardzo wysokich stężeń tego zanieczyszczenia obserwowanych na stacji Puszcza Borecka (ponad 2,5-krotnie wyższe niż średnie w Niemczech i Wielkiej Brytanii). Bezpośrednie porównanie wartości stężeń średnich rocznych na stacjach pokazuje, że Puszcza Borecka zanotowała w 2010 roku niemal identyczne stężenie (różnica wynosi 5%) jak obserwowane na stacji niemieckiej Westerland (Rys. 3.7.11).

Podobnie jak w przypadku jonu Ca^{2+} , również stężenia zawartego w pyłe $\text{PM}_{2,5}$ jonu potasowego sytuują Polskę w połowie stawki za Niemcami i Cyprem. Najniższą wartość K^+ w skali kraju uzyskano w Wielkiej Brytanii (Tab. 7.2.8, Rys. 7.2.9). Potwierdzają to wartości stężeń średnich rocznych K^+ uzyskane na 11 stacjach uszeregowane malejąco (Rys. 7.2.11), umieszczając stację w Osieczowie i w Puszczy Boreckiej pomiędzy najniższymi wartościami obserwowanymi w Niemczech.

Najwyższe w Europie stężenia średnie roczne jonu amonowego obserwowane na stacji Osieczów i Puszcza Borecka powodują, że przeciętne stężenie w skali kraju w Polsce jest o

40% wyższe niż w Niemczech (najniższe w Europie) i o 30% niż na Łotwie (połowa stawki) – Tab. 7.2.9, Rys. 7.2.10. Warto zauważyć, że stężenie średnie roczne NH_4^+ na stacjach Polski nie odbiegają znacząco od uzyskanych na 11 poddanych ocenie stacjach (Rys. 2.7.11). Średnia różnica pomiędzy najwyższą wartością w Europie (Osieczów) a innymi stacjami wynosi $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

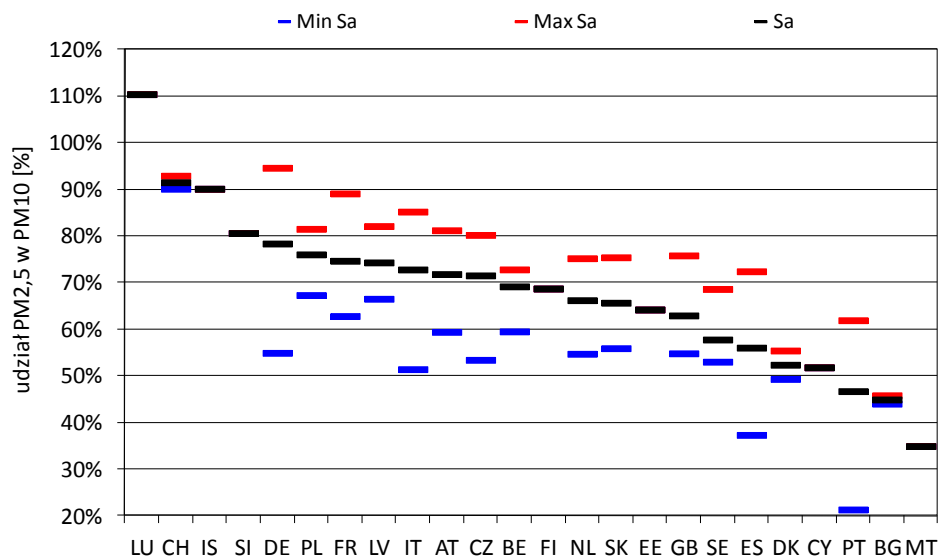
7.3. Udział pyłu $\text{PM}_{2,5}$ w pyłe PM_{10}

Analizę udziału pyłu $\text{PM}_{2,5}$ w pyłe PM_{10} na stacjach pozamiejskich w skali Europy przeprowadzono z uwzględnieniem wyników pomiarów pochodzących ze 121 stacji funkcjonujących w 24 krajach. W celu pokazania różnic wynikających z zastosowanej metody obliczenia udziału, analizy przeprowadzono dwoma sposobami: w oparciu o obliczone stężenia średnie roczne (S_a) oraz o uśredniony wskaźnik obliczony oddzielnie dla każdej doby (S_{24}). W analizach dobowych uwzględniono tylko wyniki pomiarów istniejące dla obu pyłów w tych samych dniach.

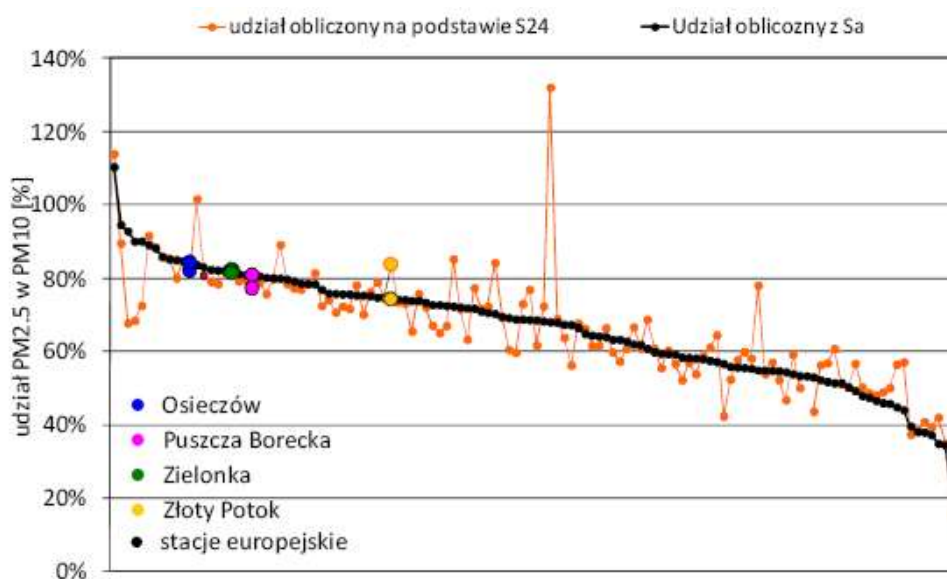
Najwięcej stacji poddanych analizie zlokalizowanych było w Hiszpanii, Niemczech i we Włoszech. W 7 krajach równoległe pomiary obu frakcji pyłu prowadzono tylko na jednej stacji (Tab. 7.3.1).

Tab. 7.3.1. Udział pyłu $\text{PM}_{2,5}$ w PM_{10} na stacjach pozamiejskich tła w poszczególnych krajach Europy w roku 2010 (udział obliczony na podstawie stężeń średnich rocznych S_a oraz średniego udziału dobowego S_{24})

Kraj	Liczba stacji	Udział pyłu $\text{PM}_{2,5}$ w PM_{10}					
		Obliczony na podstawie S_a			Uśredniony na podstawie S_{24}		
		Min	Średnia	Max	Min	Średnia	Max
		[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
AT	3	59,40	71,80	81,20	60,30	72,81	79,25
BE	8	59,50	69,16	72,80	55,54	63,35	71,65
BG	2	44,00	44,90	45,80	50,10	53,61	57,12
CH	2	90,10	91,50	92,90	67,75	68,10	68,45
CY	1	51,80	51,80	51,80	56,87	56,87	56,87
CZ	7	53,40	71,51	80,20	50,12	70,60	81,51
DE	17	54,90	78,35	94,60	65,55	78,96	89,58
DK	2	49,30	52,35	55,40	56,73	57,44	58,15
EE	1	64,20	64,20	64,20	61,61	61,61	61,61
ES	23	37,30	56,02	72,40	38,51	62,35	132,13
FI	1	68,70	68,70	68,70	76,92	76,92	76,92
FR	4	62,80	74,65	89,10	60,89	73,18	91,65
GB	4	54,80	62,93	75,80	42,34	57,94	70,71
IS	1	90,10	90,10	90,10	72,54	72,54	72,54
IT	14	51,40	72,79	85,20	51,10	73,37	101,66
LU	1	110,40	110,40	110,40	113,99	113,99	113,99
LV	2	66,50	74,30	82,10	67,74	74,52	81,31
MT	1	34,90	34,90	34,90	41,98	41,98	41,98
NL	6	54,70	66,20	75,20	52,30	62,36	76,32
PL	4	67,30	76,03	81,50	77,33	81,42	83,80
PT	9	21,30	46,69	61,90	15,62	47,35	61,17
SE	5	53,00	57,76	68,60	43,65	55,31	64,49
SI	1	80,60	80,60	80,60	78,76	78,76	78,76
SK	2	55,90	65,65	75,40	52,45	61,31	70,16
Europa	121	21,30	68,05	110,40	15,62	67,36	132,13



Rys. 7.3.1. Udział pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ w poszczególnych krajach Europy w roku 2010 (udział obliczony podstawie stężeń średnich rocznych Sa na stacjach pozamiejskich)



Rys. 7.3.2. Udział pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ na poszczególnych stacjach tła w Europie w 2010 roku

Uzyskane wyniki pokazują, że udział pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ na stacjach tła w Europie zawierał się w granicach odpowiednio: od 21,3% do 110,4% obliczony na podstawie stężeń średnich rocznych Sa oraz od 15,6% do 132,1% dla uśrednionego wskaźnika uzyskanego z obliczonych udziałów dobowych (Tab. 7.3.1, Rys. 7.3.2). Największy średni udział pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ w kraju, wyższy od 90%, zaobserwowano w Luksemburgu, Szwajcarii i Islandii, zaś najmniejszy na Malcie, w Bułgarii i Portugalii (poniżej 50%).

Analiza wyników dobowych obu rodzajów pyłu pokazuje, że na wielu stacjach pozamiejskich stężenia dobowe pyłu PM_{2,5} były w 2010 roku wyższe od obserwowanego w tym samym czasie pyłu PM₁₀ (czego przykładem jest np. stacja w Luksemburgu). Świadczyć to może o stosowanych różnych metodach pomiarowych na tej samej stacji lub o braku

uwzględnienia analiz udziału w procesie weryfikacji danych. W opracowaniu przyjęto założenie, że wszystkie wyniki w bazie AirBase dla pyłu PM10 i PM2,5 są zweryfikowane.

Ocena udziału pyłu PM2,5 w pyłe PM10 na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie pokazuje, że stacje z Polski plasują się w strefie wysokich wartości. Podobne wyniki obserwuje się na stacjach niemieckich i włoskich (Rys. 7.3.2.). Różnice zaobserwowane pomiędzy metodami obliczania omawianego udziału na stacjach polskich są relatywnie niskie, w porównaniu z wynikami uzyskanymi dla innych stacji. Największe rozbieżności (powyżej 20%) wystąpiły dla 2 stacji w Hiszpanii, 2 w Szwajcarii i jednej w Niemczech.

7.4. Depozycja zanieczyszczeń do podłoża

W niniejszym rozdziale przedstawiono ocenę wysokości depozycji metali ciężkich oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych. Depozycję przedstawiono w postaci sumarycznego ładunku do podłoża. Dla porównania w tabelach podano również wartości dobowego wskaźnika depozycji.

Ocenę przeprowadzono dla wyników pomiarów prowadzonych na 46 stacjach w Europie zlokalizowanych w 7 krajach: w Belgii, na Węgrzech, w Niemczech i Wielkiej Brytanii, na Litwie, w Polsce i w Słowenii. Najwięcej stacji wykonujących pomiary depozycji do podłoża znajdowało się w Niemczech (24) i Wielkiej Brytanii (14). W Belgii, na Węgrzech, Litwie i w Słowenii w roku 2010 funkcjonowały pojedyncze stacje. W ocenie uwzględniono 3 stacje z Polski: Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka.

7.4.1. Metale ciężkie

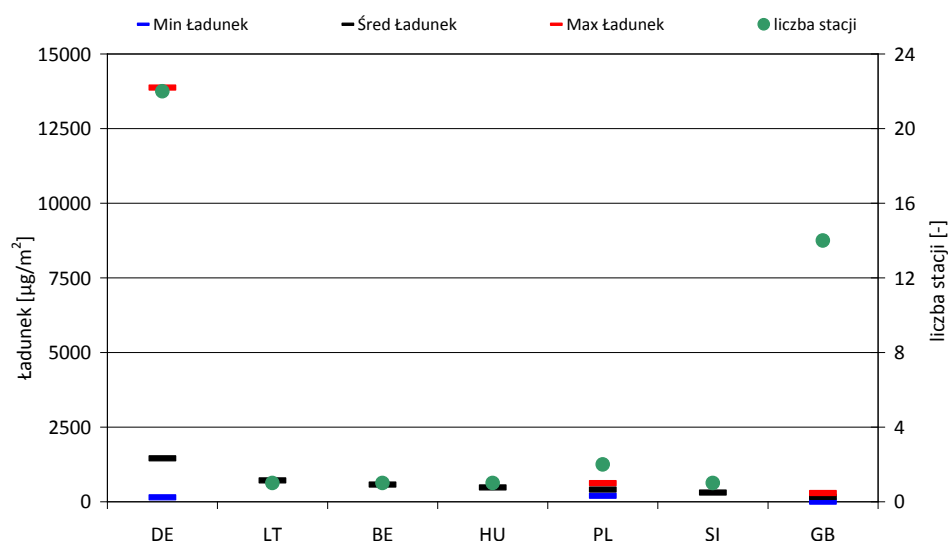
Ocenę depozycji dla metali ciężkich (niklu, arsenu i kadmu) przeprowadzono dla roku 2010 z uwzględnieniem 46 stacji pozamiejskich tła, zlokalizowanych na terenie 7 krajów europejskich, gdzie te metale były oznaczane. Pomiary niklu prowadzono na 42 stacjach, arsenu na 44, zaś kadmu na 42.

Wartości parametrów statystycznych dla depozycji analizowanych metali ciężkich do podłoża obliczonych dla poszczególnych krajów przedstawiono w tabelach 7.4.1 – 7.4.3 oraz na rysunkach 7.4.1 - 7.1.3.

Obliczone przeciętne sumaryczne ładunki roczne z państw europejskich dla niklu pokazują, że w Polsce depozycja tego metalu jest jedną z najniższych w Europie (Tab. 7.4.1 i Rys. 7.4.1). Najwyższy średni ładunek uzyskano dla Niemiec (ponad 3-krotnie wyższy niż obliczony dla Polski z 2 stacji: Osieczów i Puszcza Borecka), zaś najniższy dla Wielkiej Brytanii (ponad 2,5-krotnie niższy niż w Polsce). Suma depozycji na stacji Osieczów (najwyższy wynik wśród stacji Polski) był niższy od 10 stacji niemieckich i jednej litewskiej (12 wynik wśród najwyższych w Europie). W przypadku Puszczy Boreckiej, depozycja niższa obserwowana była tylko na 9 stacjach, w tym na 8 brytyjskich i jednej niemieckiej (Rys. 7.4.4).

Tab. 7.4.1. Roczna depozycja Ni do podłoża oraz dobowy wskaźnik depozycji (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

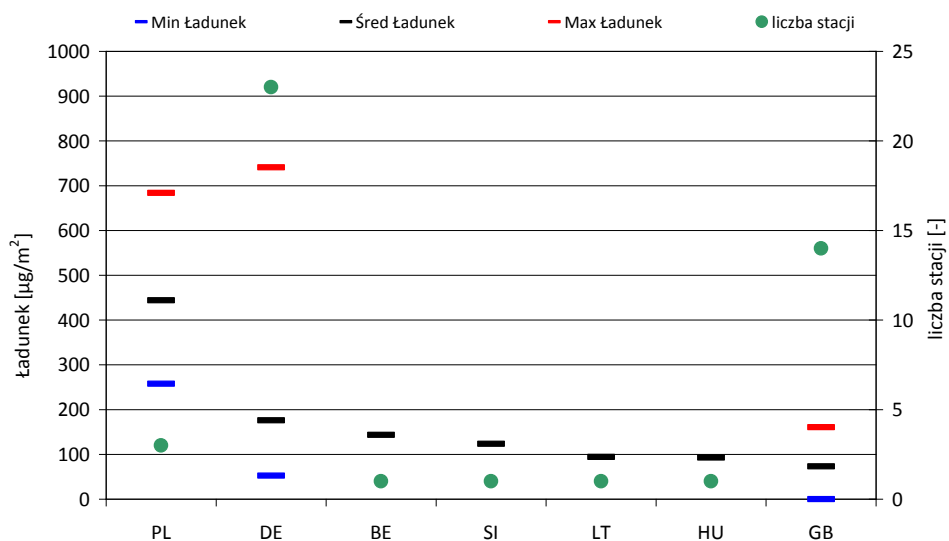
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Roczna depozycja			Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Śred	Max	Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
BE	1s	575.02	575.02	575.02	1.571	1.571	1.571
DE	22	145.78	1451.34	13870.00	0.401	4.003	38.000
GB	14	0.00	161.96	291.64	0.000	0.444	0.799
HU	1	476.71	476.71	476.71	1.946	1.946	1.946
LT	1	710.37	710.37	710.37	1.946	1.946	1.946
PL	2	195.67	409.17	622.67	0.536	1.200	1.864
SI	1	302.47	302.47	302.47	0.831	0.831	0.831
Europa	42	0.00	583.86	13870.00	0.000	1.706	38.000



Rys. 7.4.1. Roczna depozycja Ni do podłoża (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.4.2. Roczna depozycja As do podłoża oraz dobowy wskaźnik depozycji (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

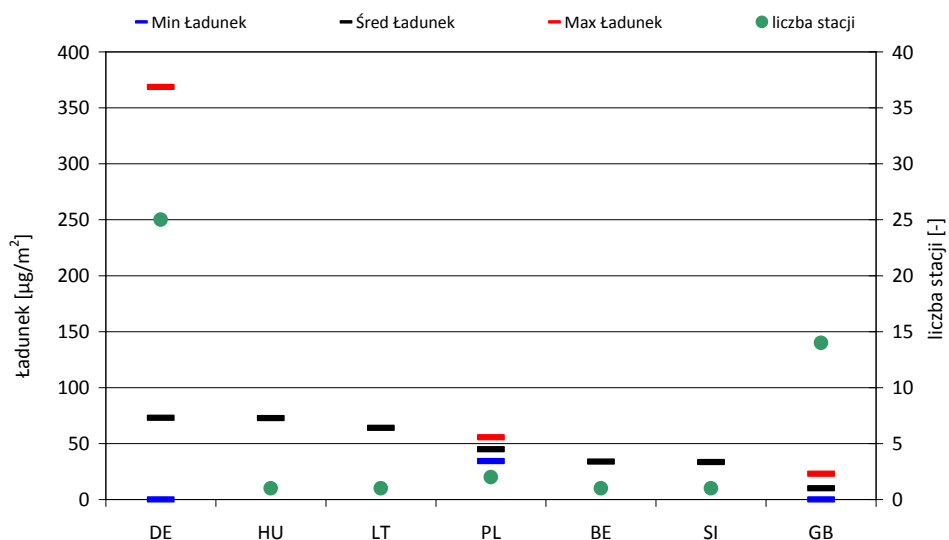
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Roczna depozycja			Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Śred	Max	Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
BE	1	143.43	143.43	143.43	0.392	0.392	0.392
DE	23	52.33	175.78	740.95	0.144	0.505	2.030
GB	14	0.00	73.31	160.60	0.000	0.201	0.440
HU	1	92.90	92.90	92.90	0.379	0.379	0.379
LT	1	94.36	94.36	94.36	0.259	0.259	0.259
PL	3	257.70	443.97	683.97	0.706	1.291	2.048
SI	1	123.55	123.55	123.55	0.339	0.339	0.339
Europa	44	0.00	163.90	740.95	0.000	0.481	2.048



Rys. 7.4.2. Roczna depozycja As do podłoża (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.4.3. Roczna depozycja Cd do podłoża oraz dobowy wskaźnik depozycji (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

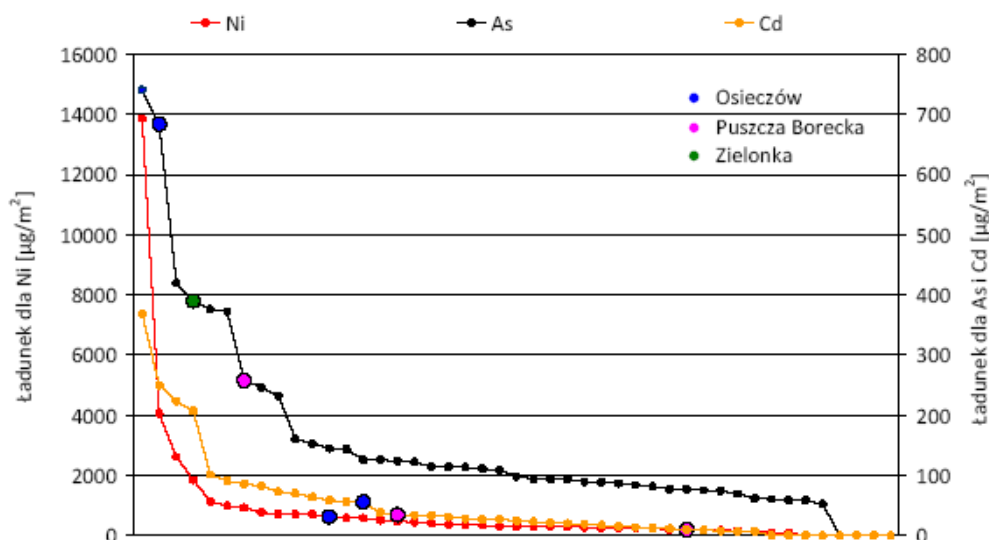
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji [-]	Roczna depozycja			Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Śred	Max	Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
BE	1	33.81	33.81	33.81	0.092	0.092	0.092
DE	25	0.03	72.96	368.65	0.000	0.200	1.010
GB	14	0.00	10.06	23.00	0.000	0.028	0.063
HU	1	72.65	72.65	72.65	0.297	0.297	0.297
LT	1	63.97	63.97	63.97	0.175	0.175	0.175
PL	2	34.27	44.88	55.50	0.094	0.130	0.166
SI	1	33.46	33.46	33.46	0.092	0.092	0.092
Europa	45	0.00	47.40	368.65	0.000	0.145	1.010



Rys. 7.4.3. Roczna depozycja Cd do podłoża (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Całkiem odmiennie sytuacja odnośnie depozycji wygląda w przypadku arsenu, gdzie przeciętny sumaryczny roczny ładunek w Polsce był największy w Europie, blisko 3-krotnie wyższy niż w Niemczech i Belgii oraz 6-krotnie wyższy niż w Wielkiej Brytanii (Tab. 7.4.2 i Rys. 7.4.2). Analiza rocznej depozycji na poszczególnych stacjach w roku 2010 pokazuje, że wśród 9 stacji z najwyższymi wartościami, znajduje się 5 stacji niemieckich i 3 z Polski. Najwyższą depozycję As zanotowano na stacji niemieckiej Wetzlar (1820) i w Osieczowie. Stacja Zielonka charakteryzuje się 4 maksymalnym wynikiem w Europie, zaś Puszcza Borecka – 7. Najniższe wartości rocznego ładunku As do podłoża zanotowano na stacjach Wielkiej Brytanii (Rys. 7.4.4).

W przypadku depozycji kadmu, podobnie jak dla Ni, sumaryczny przeciętny ładunek obliczony dla 7 krajów, plasuje Polskę po środku stawki (Tab. 7.4.3, Rys. 7.4.3). Większy ładunek niż w Polsce uzyskano dla Niemiec, Węgier i Litwy. Warto zauważyć, że średnie wielkości depozycji w poszczególnych krajach z wyjątkiem Wielkiej Brytanii nie różnią się od siebie w znaczący sposób (Rys. 7.4.3). Analiza uszeregowanych malejąco średnich rocznych wartości depozycji uzyskanych na 45 stacjach europejskich pokazuje, że w 30% stacji z najwyższymi wartościami jest tylko jedna stacja z Polski – Osieczów (14 wynik z kolei). Stacja Puszcza Borecka znajdowała się w tej stawce bardzo blisko Osieczowa, bo na 16 pozycji (Rys. 7.4.4).



Rys. 7.4.4. Roczna depozycja metali ciężkich do podłoża na poszczególnych stacjach w Europie w roku 2010

7.4.2. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

Ocenę depozycji do podłoża wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (dla wszystkich 7 rozważanych w opracowaniu) przeprowadzono dla roku 2010 z uwzględnieniem 13 stacji pozamiejskich, zlokalizowanych na obszarze 6 krajów europejskich (Litwy, Niemiec, Polski, Węgier, Wielkiej Brytanii i Słowenii). Benzo(a)piren oznaczany był na 13 stacjach, benzo(a)antracen i indeno(1,2,3-cd)piren na 12, dibenzo(a,h)antracenu na 10, benzo(k)fluoranten na 6, a benzo(b)fluoranten i benzo(j)fluoranten na 4.

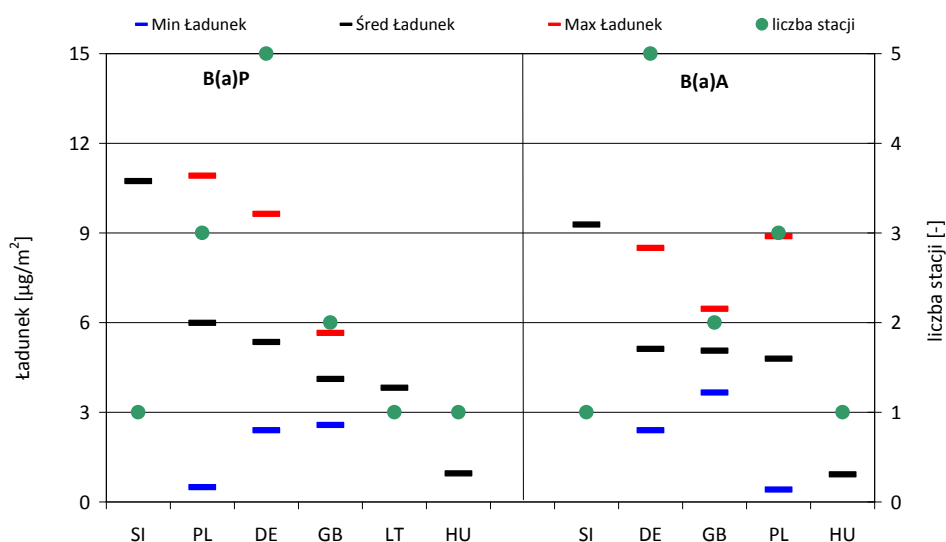
Wartości parametrów statystycznych dla depozycji analizowanych wwa do podłoża obliczonych dla poszczególnych krajów przedstawiono w Tab. 7.4.4 – 7.4.10 oraz na Rys. 7.4.5 - 7.4.7.

Tab. 7.4.4. Roczna depozycja B(a)P do podłoża oraz dobowy wskaźnik depozycji (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Roczna depozycja			Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max	Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
DE	5	2,39	5,35	9,63	0,007	0,015	0,026
GB	2	2,57	4,11	5,65	0,007	0,012	0,016
HU	1	0,95	0,95	0,95	0,004	0,004	0,004
LT	1	3,82	3,82	3,82	0,010	0,010	0,010
PL	3	0,49	5,99	10,91	0,001	0,019	0,030
SI	1	10,73	10,73	10,73	0,029	0,029	0,029
Europa	13	0,49	5,16	10,91	0,001	0,015	0,030

Tab. 7.4.5. Roczna depozycja B(a)A do podłoża oraz dobowy wskaźnik depozycji (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Roczna depozycja			Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max	Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
DE	5	2,39	5,12	8,50	0,007	0,014	0,023
GB	2	3,66	5,06	6,46	0,010	0,014	0,018
HU	1	0,92	0,92	0,92	0,004	0,004	0,004
PL	3	0,41	4,79	8,89	0,001	0,015	0,024
SI	1	9,28	9,28	9,28	0,025	0,025	0,025
Europa	12	0,41	5,03	9,28	0,001	0,014	0,025



Rys. 7.4.5. Roczna depozycja B(a)P i B(a)A do podłoża (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.4.6. Roczna depozycja B(b)F do podłoża oraz dobowy wskaźnik depozycji (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

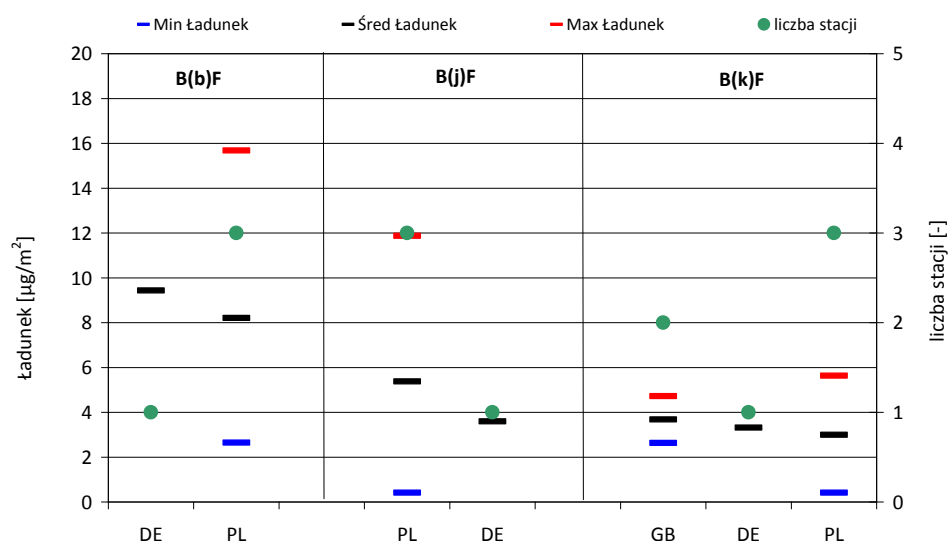
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Roczna depozycja			Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max	Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
DE	1	9,44	9,44	9,44	0,026	0,026	0,026
PL	3	2,65	8,21	15,68	0,008	0,025	0,043
Europa	4	2,65	8,82	15,68	0,008	0,025	0,043

Tab. 7.4.7. Roczna depozycja B(j)F do podłoża oraz dobowy wskaźnik depozycji (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Roczna depozycja			Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max	Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
DE	1	3,59	3,59	3,59	0,010	0,010	0,010
PL	3	0,41	5,38	11,87	0,001	0,016	0,033
Europa	4	0,41	4,48	11,87	0,001	0,013	0,033

Tab. 7.4.8. Roczna depozycja B(k)F do podłoża oraz dobowy wskaźnik depozycji (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji	Roczna depozycja			Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max	Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
DE	1	3,32	3,32	3,32	0,009	0,009	0,009
GB	2	2,63	3,68	4,72	0,008	0,010	0,013
PL	3	0,41	2,99	5,63	0,001	0,009	0,015
Europa	6	0,41	3,33	5,63	0,001	0,010	0,015



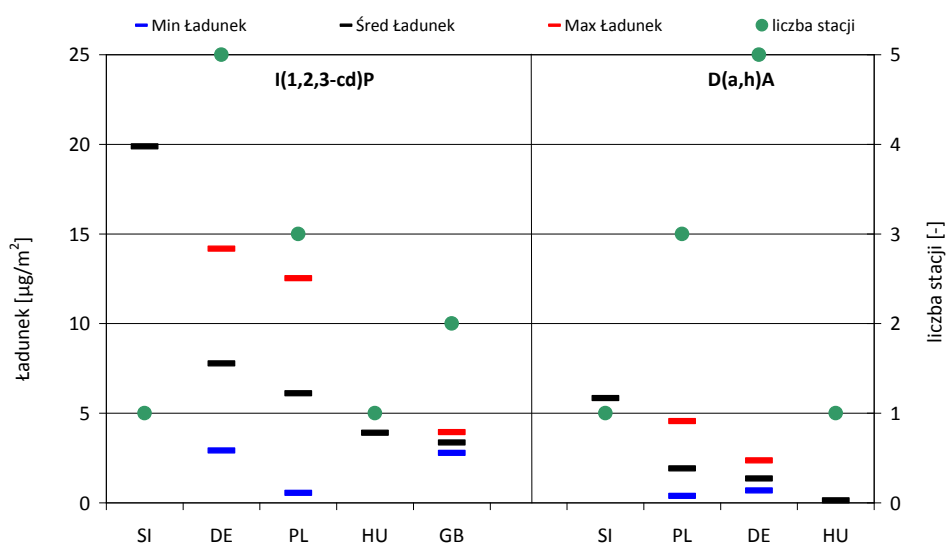
Rys. 7.4.6. Roczna depozycja B(b)F, B(j)F i B(k)F do podłoża (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Tab. 7.4.9. Roczna depozycja I(1,2,3-cd)P do podłoża oraz dobowy wskaźnik depozycji (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji [-]	Roczna depozycja			Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max	Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
DE	5	2,92	7,78	14,18	0,008	0,021	0,039
GB	2	2,78	3,36	3,94	0,008	0,010	0,011
HU	1	3,90	3,90	3,90	0,018	0,018	0,018
PL	3	0,55	6,11	12,53	0,002	0,018	0,034
SI	1	19,88	19,88	19,88	0,054	0,054	0,054
Europa	12	0,55	8,21	19,88	0,002	0,024	0,054

Tab. 7.4.10. Roczna depozycja D(a,h)A do podłoża oraz dobowy wskaźnik depozycji (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2010 w poszczególnych krajach Europy

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji [-]	Roczna depozycja			Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max	Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
DE	5	0,68	1,35	2,36	0,002	0,004	0,006
HU	1	0,13	0,13	0,13	0,001	0,001	0,001
PL	3	0,39	1,91	4,55	0,001	0,006	0,012
SI	1	5,84	5,84	5,84	0,016	0,016	0,016
Europa	10	0,13	2,31	5,84	0,001	0,006	0,016



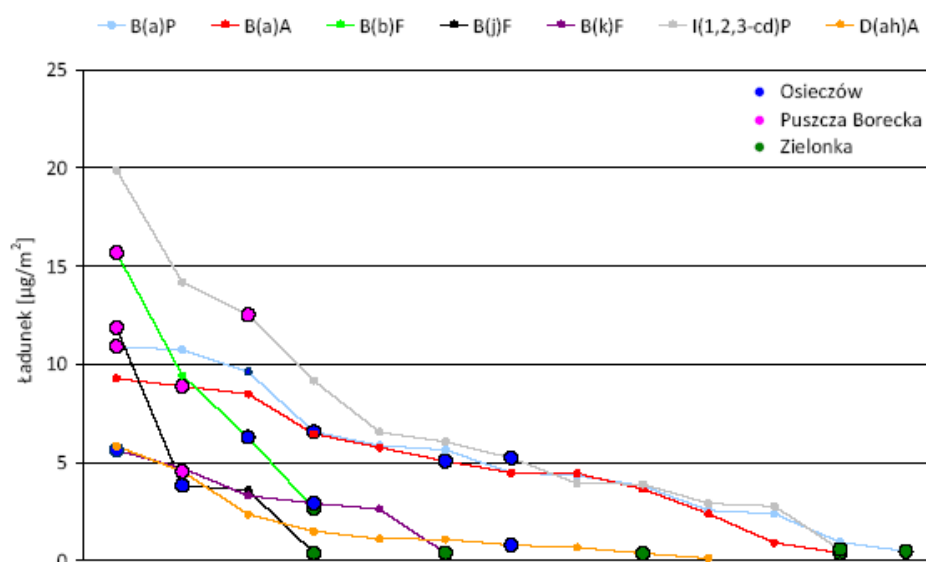
Rys. 7.4.7. Roczna depozycja I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A do podłoża (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji uwzględnionych w analizie w roku 2010

Wartości przeciętne ładunków rocznych w krajach europejskich dla benzo(a)pirenu pokazują, że wyższe wartości niż w Polsce uzyskano tylko dla Słowenii. Średnia depozycja w Polsce była niewiele wyższa niż w Niemczech (Tab. 7.4.4 i Rys. 7.4.5). Najniższy ładunek zanotowano na Węgrzech (6-krotnie niższy niż w Polsce). Spośród 13 analizowanych stacji, najwyższy roczny ładunek depozycji B(a)P do podłoża w Europie zaobserwowano na stacji Puszcza Borecka oraz Słoweńskiej stacji Iskra i niemieckiej Schmalcke (powyżej $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Najniższą wartość depozycji tego zanieczyszczenia zanotowano na stacji polskiej Zielonka (Rys. 7.4.8).

Pomimo wysokich stężeń obserwowanych na stacjach polskich dla benzo(a)antracenu (drugi maksymalny wyniki w Europie jest na stacji Puszcza Borecka i szósty w Osieczowie), uśredniony ładunek w skali kraju w Polsce na zbliżonym poziomie jak w Niemczech i Wielkiej Brytanii (Tab. 7.4.5, Rys. 7.4.5). Najwyższe wartości depozycji rocznej w 2010 roku zaobserwowano na stacji w Słowenii (Iskra), zaś najniższe na Węgrzech (K-puszcza).

Depozycja benzo(b)fluorantenu i benzo(j)fluorantenu mierzona była tylko na 3 stacjach w Polsce (Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka) i na 1 w Niemczech (Hasenholz). Uśredniona suma depozycji dla B(b)F była wyższa w Niemczech, zaś B(j)F w Polsce (Rys. 7.4.6). W obu przypadkach najwyższą wartość sumy depozycji notowano na stacji Puszcza Borecka, zaś najniższą w Zielonce (Rys. 4.7.8).

W przypadku benzo(k)fluorantenu uśredniony ładunek dla Polski był najniższy spośród 3 analizowanych krajów. Najwyższy przeciętny ładunek depozycji obliczony na podstawie 2 stacji zanotowano w Wielkiej Brytanii (Tab. 7.4.8, Rys. 7.4.6). Podobnie jak w przypadku B(b)F i B(j)F, również i tutaj największą depozycję B(k)F odnotowano na stacji Puszcza Borecka, zaś najniższa w Zielonce. Wartości wyższe niż w Osieczowie zaobserwowano dla stacji niemieckiej Hasenholz i brytyjskiej HARWELL (Rys. 7.4.8).



Rys. 7.4.8. Roczna depozycja wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych do podłoża na poszczególnych stacjach w Europie w roku 2010

Uśrednione w kraju sumaryczne ładunki indeno(1,2,3-cd)pirenu i dibenzo(a,h)antracenu pokazują, że depozycja w Polsce dla tych zanieczyszczeń w 2010 roku znajdowała się na średnim poziomie w Europie. Większą depozycję dla I(1,2,3-cd)P zaobserwowano w Słowenii i w Niemczech. W przypadku D(a,h)A depozycja w Słowenii również była najwyższa (Tab. 7.4.9-10, Rys. 7.4.7). Na 12 stacji wykonujących oznaczenia I(1,2,3-cd)P w opadach, wyższy ładunek roczny niż obserwowany na stacji Puszcza Borecka (najwyższy w Polsce) zanotowano poza stacją w Słowenii również na stacji niemieckiej Schmalcke. Najniższą depozycję zanotowano w Zielonce. Nieco gorzej sytuacja wygląda w przypadku D(a,h)A, gdzie Puszcza Borecka charakteryzuje się drugim w Europie najwyższym wynikiem depozycji wśród analizowanych 10 stacji, zaś mniejszą depozycję niż w Zielonce zanotowano na stacji węgierskiej (K-puszcza) – Rys. 7.4.8.

8. Podsumowanie

Warunki meteorologiczne

W roku 2011 średnia temperatura powietrza na wszystkich stacjach tła regionalnego była znacząco wyższa niż w roku 2010, co pośrednio (np. niższa emisja) mogło przyczynić się do spadku stężeń pyłu zawieszonego i większości zawartych w nim składników. Największa różnica w wartościach rocznych temperatury wystąpiła w rejonie stacji Osieczów (1,7°C), zaś najmniejsza w rejonie stacji Puszcza Borecka (1,1°C). Wzrost średniej rocznej temperatury w roku 2011 do roku 2010 na wszystkich analizowanych stacjach spowodowany był cieplejszym sezonem chłodnym (I-III, X-XII). Cechą charakterystyczną zmienności sezonowej temperatury w roku 2011 był bardzo mroźny luty i znacząco ciepły grudzień. Za anomalie uznać można również to, że w lipcu najcieplej było w rejonie Puszczy Boreckiej (w najchłodniejszym rejonie), natomiast w sierpniu wystąpiły najwyższe temperatury (19,1 °C) w rejonach stacji: Godów (stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń), Osieczów i Złoty Potok.

Opad atmosferyczny, ze względu na swój charakter, jest parametrem zdecydowanie bardziej zmiennym w czasie i przestrzeni niż temperatura powietrza, dlatego wyniki pomiarów na obszarach omawianych w opracowaniu stacji pozamiejskich były bardzo zróżnicowane. Sumaryczne wysokości opadów w 2011 r. na wszystkich obszarach wokół stacji były niższe niż w roku 2010 o około 30%. Najwyższe opady w 2011 roku wystąpiły w rejonie stacji Puszcza Borecka, natomiast w 2010 roku - w rejonie Godowa. Największe spadki w rocznych wysokościach opadu zanotowano w rejonach stacji Godów i Złoty Potok (ponad 40%). Na spadek opadów w roku 2011 znaczący wpływ miały opady w sezonie ciepłym. Wyjątkiem jest tu rejon stacji Zielonka, w którym opady w miesiącach sezonu chłodnego w największym stopniu wpłynęły na spadek opadów w 2011 roku.

Wzrost temperatury i obniżenie wysokości opadu w 2011 r. przełożyło się również na spadek wilgotności względnej powietrza na wszystkich stacjach o około 3%RH.

W 2011 roku nad Polskę napływały masy powietrza najczęściej z sektora zachodniego (bardziej zanieczyszczonego), a najrzadziej – ze wschodniego. W roku 2010 relacje te były odwrotne.

Najbardziej wietrznymi okresami w rejonach stacji tłowych był luty i grudzień. W tych miesiącach wystąpiły najkorzystniejsze warunki dyspersji zanieczyszczeń powietrza, sprzyjające lokalnym spadkom ich stężeń. Najsłabsze wiatry wystąpiły w większości rejonów stacji we wrześniu, który na ogół był dość ciepły i nie deszczowy.

Pył PM₁₀ oraz oznaczane w nim metale ciężkie i wwa

Średnie roczne stężenia pyłu PM₁₀ obserwowane w roku 2011 na wszystkich stacjach tła regionalnego oraz na stacji transgranicznego przepływu zanieczyszczeń były niższe niż w roku poprzednim (spadek przeciętnie o około 10%). Największe spadki zanotowano na stacji Godów, zaś a najmniejsze w Zielonce. Rejestrowane stężenia pyłu PM₁₀ w Godowie były prawie trzykrotnie wyższe niż na pozostałych analizowanych stacjach. Zarówno na tej stacji, jak i w Osieczowie wystąpiły przekroczenia dobowej wartości normatywnej określonej w celu

ochrony zdrowia (dopuszczalna częstość przekroczeń). Ponadto na stacji Godów zanotowano przekroczone średniej rocznej wartości poziomu dopuszczalnego.

Przebiegi czasowe stężeń pyłu PM₁₀ pokazały sezonową ich zmienność z maksymalnymi wartościami występującymi w sezonie chłodnym (I - III i X - XII) oraz minimalnymi w sezonie ciepłym (IV - IX). Najwyższe stężenia średnie miesięczne dla całego roku (z wyjątkiem lipca), występowały na stacji Godów. Maksimum na tej stacji wystąpiło w listopadzie. Również obliczona dla Godowa amplituda zmienności stężeń jest największą spośród wszystkich analizowanych stacji.

Przeciętne stężenia pyłu PM₁₀ w Polsce mierzone na stacjach pozamiejskich, są jednymi z najwyższych w Europie. Przekroczenia dobowej wartości dopuszczalnej określonej w celu ochrony zdrowia zanotowano w 2010 roku na blisko 14% stacji europejskich (35 z 252 poddanych analizie) zlokalizowanych w 6 krajach: w Austrii, na Cyprze, w Czechach, na Węgrzech, we Włoszech i w Polsce (w tym na stacji Złoty Potok i Osieczów). Wśród 14 stacji, na których zaobserwowano w 2010 roku najwyższą liczbę dni ze stężeniem pyłu PM₁₀ powyżej 50 µg/m³ znajduje się 7 stacji zlokalizowanych w Czechach, 6 we Włoszech i 1 w Polsce. Przekroczenie wartości dopuszczalnej określonej dla roku wystąpiło na 2 stacjach czeskich. Wśród 15 stacji z najwyższymi stężeniami średnimi rocznymi w Europie znajdowało się po 6 stacji czeskich i włoskich oraz 1 stacja zlokalizowana w Hiszpanii.

W latach 2010 i 2011 średnie roczne stężenia omawianych w opracowaniu metali ciężkich oznaczanych w pyle PM₁₀ na wszystkich analizowanych stacjach nie przekroczyły poziomu dopuszczalnego dla Pb i poziomów docelowych dla As, Cd i Ni. Spośród badanych metali, stężenia ołowiu były na najwyższym poziomie. Stężenia tego pierwiastka w 2011 w porównaniu z rokiem poprzednim wzrosły w Godowie i w Puszczy Boreckiej. W przypadku pozostałych metali ciężkich, stężenia w 2011 roku były o kilkanaście procent niższe niż w 2010 r.

Na żadnej stacji pozamiejskiej tła w Europie nie zanotowano w 2010 r. przekroczenia stężenia dopuszczalnego ołowiu i poziomów docelowych dla pozostałych metali określonych ze względu na ochronę zdrowia. Uzyskane wyniki dla zanieczyszczenia powietrza niklem zawartym w pyle PM₁₀ pokazują, że wśród państw europejskich przeciętne stężenia tego metalu w Polsce obserwowane były na stosunkowo niskim poziomie. W przypadku arsenu oznaczanego w pyle PM₁₀ sytuacja wygląda zupełnie inaczej. Przeciętne stężenie tego metalu w Polsce było jednym z najwyższych w Europie (wyższe zaobserwowano jedynie w Irlandii). Stężenie uśrednione dla Polski było na zbliżonym poziomie jak w Czechach. Niemal identycznie sytuacja wygląda w przypadku ołowiu oznaczanego w pyle zawieszonym, gdzie wyższe stężenie niż w Polsce uzyskano tylko dla Rumunii. Uśrednione dla kraju stężenie kadmu sytuuje Polskę wśród krajów z obserwowanymi stężeniami na wysokim poziomie. Wyższą wartość uzyskano dla Irlandii, Czech, Danii i Rumunii.

Analiza wartości stężeń średnich rocznych metali ciężkich oznaczanych w pyle PM₁₀ na poszczególnych stacjach w Europie pokazuje, że w przypadku niklu najwyższe stężenie w Polsce zanotowane na stacji Zielonka, było 39 wartością od góry ze 100 analizowanych uszeregowanych malejąco wg wysokości stężenia. Zupełnie inaczej sytuacja wygląda dla arsenu, gdzie najwyższe stężenie Sa jakie zaobserwowano w 2010 roku w Europie na stacjach pozamiejskich wystąpiło na stacji polskiej Osieczów. Jeszcze mniej korzystne wyniki uzyskano porównując Sa w skali Europy dla ołowiu w pyle PM₁₀. Spośród 3 najwyższych wartości na kontynencie (maksimum zaobserwowano na stacji w Rumuni), aż 2 wystąpiły na stacjach polskich (Zielonka i Osieczów). Wysokie wartości stężenia średniego rocznego w skali Europy

wystąpiły również na stacji Osieczów i Zielonka w przypadku zawartego w pyłe zawieszonym kadmu. Należy zaznaczyć, że stężenia zarówno ołowiu jak i kadmu były bardzo niskie, znacznie poniżej określonych prawnie poziomów docelowych, odpowiednio w przypadku Pb - 5%, Cd - 10%. Stężenie Sa wyższe od obserwowanego na stacji Osieczów zanotowano jedynie na 2 stacjach czeskich oraz jednej we Włoszech i w Irlandii.

W roku 2011 zanotowano na ogół spadek stężeń niemal dla wszystkich wwa na każdej z analizowanych stacji. W okresie 2010-2011 średnie roczne stężenia benzo(a)pirenu przekroczyły poziom docelowy w Godowie i Osieczowie. Na Stacji Puszcza Borecka, na której stężenia były najniższe spośród poddanych analizie, wartość średniego rocznego stężenia w 2011 dla tego zanieczyszczenia stanowiła 70% poziomu docelowego i zmalała o 4% w stosunku do roku 2010. Na pozostałych trzech stacjach stężenia średnie roczne B(a)P wzrosły od 10% do 30% (najwięcej w Godowie). Na wszystkich analizowanych stacjach w roku 2011 wzrosły stężenia indeno(1,2,3-cd)pirenu i znacząco zmalały - dibenzo(a,h)antracenu.

Wartości stężeń średnich rocznych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zawartych w pyłe PM₁₀ poza miastami w Polsce wskazują na bardzo wysokie w skali Europy wartości tych zanieczyszczeń. W przypadku B(a)P tylko przeciętne stężenie średnie roczne w Austrii było wyższe niż w Polsce. Przekroczenia wartości dopuszczalnej w 2010 roku wystąpiło na 8 stacjach w 5 krajach: Austrii, Czechach, na Węgrzech, we Włoszech i w Polsce, w tym na stacji Osieczów.

Pył PM_{2,5} i oznaczane w nim jony oraz węgiel

Najwyższą wartość średniego rocznego stężenia pyłu PM_{2,5} z 5 analizowanych w opracowaniu stacji w latach 2010 i 2011 zaobserwowano w Godowie, zaś najniższą na stacji Puszcza Borecka. Na stacji w Godowie w roku 2010 został przekroczony zarówno poziom docelowy oraz poziom dopuszczalny. Na tej stacji oraz w Żłotym Potoku w obu analizowanych latach zanotowano przekroczenie poziomu dopuszczalnego dla roku 2020.

Podobnie jak w przypadku pyłu PM₁₀, stężenia pyłu PM_{2,5} w Polsce na stacjach pozamiejskich są przeciętnie jednymi z najwyższych w Europie. Uśrednione ze wszystkich stacji w kraju stężenie średnie roczne w Polsce w 2010 roku było na zbliżonym poziomie jak w Czechach. Wśród 15 stacji z najwyższymi stężeniami Sa było 8 stacji włoskich, 3 stacje czeskie i 1 polska (Żłoty Potok) oraz 1 islandzka. Przekroczenie rocznej wartości dopuszczalnej Da (poziomu do osiągnięcia do dnia 1 stycznia 2015 r.) określonej dla pyłu PM_{2,5} wystąpiło tylko na 4 stacjach: jednej w Islandii i Czechach oraz jednej we Włoszech. Wszystkie stacje pozamiejskie z Polski znajdowały się w grupie 30% stacji europejskich charakteryzujących się najwyższymi stężeniami Sa na kontynencie.

Jedynie na stacjach Puszcza Borecka oraz Osieczów wykonywano pomiary jonów oznaczanych w pyłe PM_{2,5} w obu analizowanych latach (przy czym w Osieczowie seria pomiarowa była niepełna). Dla tych 2 stacji niemal dla wszystkich zanieczyszczeń zanotowano spadek stężeń w roku 2011 w stosunku do poprzedniego. Ocena wysokości stężeń jonów oznaczanych w pyłe PM_{2,5} w 2011 roku pokazuje, że najwyższe stężenia zaobserwowano dla jonów siarczanowych i azotanowych, zaś najniższe dla wapniowych i magnezowych. Spośród analizowanych stacji, najwyższa wartość stężenia średniego rocznego jonu siarczanowego wystąpiła na stacji w Żłotym Potoku. W przypadku jonu

azotanowego i amonowego, najwyższe stężenie zanotowano w Godowie. Silnie zróżnicowane wysokości stężeń średnich rocznych wśród analizowanych stacji zaobserwowano dla chlorków i sodu. Bardzo wysokie wartości tych zanieczyszczeń wystąpiły w Złotym Potoku (kilkadziesiąt razy wyższe niż na pozostałych stacjach). Stężenia średnie roczne węgla elementarnego i organicznego były zdecydowanie wyższe na stacjach Osieczów i Zielonka w porównaniu z wynikami na stacji Puszcza Borecka.

Dostępne wyniki w roku 2010 stężeń dla jonu siarczanowego oznaczanego w pyłe PM_{2,5} pokazują, że średnie roczne stężenie dla Polski jest jednym z najwyższych w Europie (wyższe wystąpiło jedynie na Cyprze). Stężenia na stacjach polskich (Osieczów i Puszcza Borecka) są o blisko 80% wyższe niż na stacji zlokalizowanej na Łotwie i często o połowę wyższe niż na stacjach w niemieckich i brytyjskich. W przypadku jonu azotanowego, wysokości stężeń obserwowane w Polsce są zbliżone do obserwowanych w Niemczech, lecz znacznie odbiegają od obserwowanych na Łotwie czy Cyprze. Najwyższe stężenia średnie roczne w roku 2010 w skali Europy wystąpiło na jednej ze stacji niemieckich oraz na dwóch polskich (Osieczów i Puszcza Borecka). Analiza stężeń średnich rocznych jonu chlorkowego oznaczanego w pyłe PM_{2,5} w skali Europy pokazuje, że uśrednione stężenie w Polsce jest ponad 3-krotnie niższe niż w Niemczech czy Wielkiej Brytanii. Podobnie jest w przypadku jonu magnezowego. Niższe stężenie niż w Polsce uzyskano w roku 2010 tylko dla Łotwy. Obserwowane stężenia średnie roczne Mg^{2+} w Polsce były blisko 5-krotnie niższe niż w Wielkiej Brytanii i 3-krotnie niższe niż w Niemczech. Uśrednione dla kraju stężenia jonu wapniowego sytuuje Polskę w połowie stawki w Europie, tuż za Cyprzem i Litwą, ale przed Niemcami i Wielką Brytanią. Wartość stężenia średniego rocznego Ca^{2+} dla Polski jest niemal na identycznym poziomie jak w Niemczech pomimo, iż wartości minimalne i maksymalne wskazują na znaczne różnice pomiędzy poszczególnymi stacjami. Podobnie jest w przypadku zawartego w pyłe PM_{2,5} jonu potasowego. Wartość uśredniona dla Polski jest niższa niż w Niemczech i na Cyprze. Uśredniona dla kraju wartość stężenia jonu sodowego w pyłe PM_{2,5} plasują Polskę na czele stawki. Najwyższe przeciętne stężenie średnie roczne Na^{+} w Polsce wynika z bardzo wysokich stężeń tego zanieczyszczenia obserwowanych na stacji Puszcza Borecka (ponad 2,5-krotnie wyższe niż średnie w Niemczech i Wielkiej Brytanii). Nie lepiej jest w przypadku jonu amonowego, gdzie obserwowane wysokie stężenie średnie roczne na stacjach Osieczów i Puszcza Borecka powodują, że przeciętne stężenie w Polsce jest o 40% wyższe niż w Niemczech i o 30% niż na Łotwie. Warto zauważyć, że stężenie średnie roczne NH_4^{+} na stacjach Polski nie odbiegają znacząco od innych w Europie.

Udział PM_{2,5} w pyłe PM₁₀

Udział pyłu PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀ w roku 2011 był niższy niż w 2010. Powodem tego był znaczący spadek udziału PM_{2,5} w PM₁₀ w sezonie ciepłym. W skali Europy największy średni udział pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ w kraju (wyższy od 90%) zaobserwowano w Luksemburgu, Szwajcarii i Islandii, zaś najmniejszy na Malcie, w Bułgarii i Portugalii (poniżej 50%). Ocena udziału jednego pyłu w drugim na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie pokazuje, że stacje z Polski plasują się w strefie wysokich wartości, podobnie jak stacje niemieckie i włoskie.

Depozycja

W roku 2011 największe ładunki metali ciężkich dotarły do podłoża na stacji Osieczów, pomimo, iż w tym miejscu odnotowano zmniejszenie depozycji każdego z badanych metali w stosunku do wartości z roku 2010. Przyczyniło się do tego zarówno zmniejszenie wysokości opadów, jak i zmniejszenie stężenia metali w opadach (Ni i Cd). Na wszystkich stacjach największą różnicę pomiędzy ładunkiem wniesionym do podłoża zaobserwowano dla arsenu, przy czym roczny ładunek tego metalu w Osieczowie był ponad 3,5-krotnie większy niż w Puszczy Boreckiej i blisko 7-krotnie większy niż w Zielonce. Roczny ładunek niklu na stacji Osieczów był o ponad 60% większy od obserwowanego na innych stacjach. Podobnie sytuacja wyglądała z kadmem. Na drugim miejscu pod względem wielkości depozycji metali ciężkich znalazła się w roku 2011 stacja Puszcza Borecka, przy czym wielkość depozycji niklu w Puszczy Boreckiej i Zielonce była niemal jednakowa, zaś wielkość depozycji arsenu i kadmu była w Puszczy Boreckiej blisko 2-krotnie większa niż w Zielonce. Najbardziej znaczące zmiany wielkości depozycji metali ciężkich w roku 2011 w stosunku do wartości z roku 2010 odnotowano na stacji Zielonka, co należy w większym stopniu przypisywać zmianie sposobu wyrażania wyników niż rzeczywistym zmianom stężenia metali w opadach. Dla wszystkich badanych metali ciężkich można zaobserwować przewagę depozycji w sezonie ciepłym nad chłodnym, co odzwierciedla przewagę opadów letnich nad zimowymi w Polsce. Na wielkość depozycji ma wpływ zarówno wysokość opadów, jak i stężenia zanieczyszczeń. Zwykle stężenia metali ciężkich w opadach całkowitych są większe w chłodnej połowie roku, co ma wpływ na przebieg depozycji w poszczególnych miesiącach.

Zestawienia wartości przeciętnych sumarycznych ładunków rocznych Ni dla kraju pokazują, że w Polsce depozycja tego metalu jest jedną z najniższych w Europie. Najwyższy średni ładunek uzyskano dla Niemiec (ponad 3-krotnie wyższy niż obliczony dla Polski), zaś najniższy w Wielkiej Brytanii (ponad 2,5-krotnie niższy niż w Polsce). Podobnie sytuacja wygląda w przypadku depozycji do podłoża kadmu. Większy ładunek niż w Polsce uzyskano dla Niemiec, Węgier i Litwy. Najgorzej wśród analizowanych metali ciężkich sytuacja wygląda dla depozycji arsenu, gdzie sumaryczny roczny ładunek uśredniony dla Polski był największy w Europie (blisko 3-krotnie większy niż uśredniony dla Niemiec i Belgii oraz 6-krotnie wyższy niż Wielkiej Brytanii).

Największe ładunki wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zostały w roku 2011 zdeponowane na stacji Puszcza Borecka. Na wszystkich analizowanych stacjach wykonujących oznaczenia wwa największe różnice pomiędzy ładunkami wniesionymi do podłoża zaobserwowano dla benzo(j)fluorantenu, benzo(b)fluorantenu i indeno(1,2,3-cd)pirenu, czyli dla tych związków, dla których na ogół notowano największe wartości depozycji. Roczny ładunek B(b)F na stacji Puszcza Borecka był blisko 4-krotnie większy niż na stacji Osieczów i 17-krotnie większy niż na stacji Zielonka. W Puszczy Boreckiej roczna depozycja I(1,2,3-cd)P była ponad 3-krotnie większa od wartości z Osieczowa i ponad 21-krotnie większa od wartości z Zielonki. Roczny ładunek B(j)F w Puszczy Boreckiej był 6-krotnie większy niż w Osieczowie i 21-krotnie większy niż w Zielonce. Na stacji Osieczów w roku 2011 w porównaniu z rokiem poprzednim odnotowano mniejsze wartości depozycji wszystkich badanych wwa, poza D(a,h)A. Do zmniejszenia depozycji wwa przyczyniło się zarówno zmniejszenie wysokości opadów, jak i zmniejszenie stężeń większości wwa w opadach. Odmienna sytuacja wystąpiła na stacji Puszcza Borecka, gdzie odnotowano w roku 2011 zwiększenie depozycji wszystkich wwa (z wyjątkiem D(a,h)A). Najbardziej znaczące

zmiany depozycji wwa w roku 2011 w stosunku do wartości z roku 2010 zaobserwowano w Zielonce, która charakteryzowała się najmniejszą wartością depozycji wwa w obu latach spośród analizowanych stacji. Dla wszystkich wwa zaobserwowano podobne przebiegi miesięcznych wartości depozycji i podobne relacje pomiędzy wartościami na poszczególnych stacjach. We wszystkich przypadkach zaobserwowano przewagę depozycji wwa w chłodnym sezonie nad depozycją w sezonie ciepłym. Wiąże się to z występowaniem znacznie większych stężeń wwa w chłodnych miesiącach niż w ciepłych. Różnice te były dużo bardziej znaczące niż sezonowe zmiany wysokości opadów, przejawiające się przewagą opadów letnich nad zimowymi. Depozycję w większym stopniu ukształtowały stężenia wwa niż wysokość opadów. Na stacji Zielonka zwykle było odwrotnie niż na dwóch pozostałych stacjach.

Wartości przeciętne ładunków rocznych depozycji w kraju dla benzo(a)pirenu pokazują, że wyższą wartość niż w Polsce uzyskano tylko dla Słowenii. Średnia depozycja w Polsce była niewiele wyższa niż w Niemczech. Spośród 13 analizowanych stacji, najwyższy roczny ładunek depozycji B(a)P do podłoża w Europie zaobserwowano na stacji Puszcza Borecka zaś najniższy w Zielonce. Pomimo wysokich stężeń obserwowanych na stacjach polskich dla benzo(a)antracenu (drugi maksymalny wyniki w Europie na stacji Puszcza Borecka i szósty w Osieczowie), uśredniony ładunek w skali kraju w Polsce na zbliżonym poziomie jak Niemczech i Wielkiej Brytanii. Depozycja benzo(b)fluorantenu i benzo(j)fluorantenu mierzona była tylko na 3 stacjach w Polsce (Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka) i na 1 w Niemczech. Uśredniona suma depozycji dla B(b)F była w Polsce wyższa w Niemczech, zaś dla B(j)F było odwrotnie. W przypadku benzo(k)fluorantenu uśredniony ładunek dla Polski był najniższy spośród 3 analizowanych krajów. Najwyższy zanotowano w Wielkiej Brytanii. Dla depozycji B(b)F, B(j)F i B(k)F największy ładunek odnotowano na stacji Puszcza Borecka, zaś najmniejszy w Zielonce. Uśrednione w kraju sumaryczne ładunki indeno(1,2,3-cd)pirenu i dibenzo(a,h)antracenu pokazują, że depozycja w Polsce dla tych zanieczyszczeń w 2010 roku znajdowała się na średnim poziomie w Europie.