



Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

**Ocena zanieczyszczenia powietrza
na stacjach monitoringu tła regionalnego
w Polsce w roku 2022
w zakresie składu pyłu PM10 i PM2,5
oraz depozycji metali ciężkich i WWA**



Praca wykonana na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska i sfinansowana ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Warszawa, 2023

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, Krzysztof Skotak Zdzisław Prządka, Marcin Syrzycki.

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

Spis treści

1.	Wprowadzenie	3
2.	Przyjęte w opracowaniu założenia, kryteria i oznaczenia	5
3.	Struktura emisji w Polsce	9
4.	Opis stacji	16
5.	Charakterystyka warunków meteorologicznych	22
6.	Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach tła	27
6.1.1.	Pył zawieszony PM10	28
6.1.2.	Metale ciężkie w pyłe zawieszonym PM10	32
6.1.3.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyłe zawieszonym PM10 ..	39
6.2.	Zanieczyszczenia zawarte w pyłe zawieszonym PM2,5	45
6.2.1.	Pył zawieszony PM2,5	45
6.2.2.	Skład pyłu zawieszonego PM2,5	50
6.3.	Udział pyłu zawieszonego PM2,5 w pyłe PM10	60
6.4.	Stężenie pyłu podczas dni z napływem powietrza zwrotnikowego znad północnej Afryki nad Polskę	62
6.5.	Depozycja zanieczyszczeń do podłoża	72
6.5.1.	Metale ciężkie	72
6.5.2.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	78
7.	Ocena zanieczyszczenia powietrza na tle wyników z innych krajów	85
7.1.	Zanieczyszczenia zawarte w pyłe PM10	85
7.1.1.	Pył PM10	85
7.1.2.	Metale ciężkie w pyłe PM10	88
7.1.3.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyłe PM10	98
7.2.	Zanieczyszczenia zawarte w pyłe PM2,5	109
7.2.1.	Pył PM2,5	109
7.2.2.	Jony zawarte w pyłe PM2,5	112
7.3.	Udział pyłu PM2,5 w pyłe PM10	128
7.4.	Depozycja zanieczyszczeń do podłoża	130
7.4.1.	Metale ciężkie	131
7.4.2.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	135
8.	Podsumowanie	144
9.	Bibliografia	149

1. Wprowadzenie

Raport został opracowany w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie, w ramach umowy GIOŚ/ZP/3/2023/DMŚ/NFOŚiGW z dnia 12.01.2023 r. zawartej pomiędzy Instytutem i Głównym Inspektorem Ochrony Środowiska, finansowanej ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Jest to cykliczne opracowanie zawierające analizę wyników pomiarów prowadzonych na stacjach tła regionalnego w Polsce, funkcjonujących w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ). Zakres opracowań obejmuje ocenę dla pyłu zawieszonego i oznaczanych w nim zanieczyszczeń (składników) oraz ładunków zanieczyszczeń z powietrza deponowanych z opadem do podłoża. Przeprowadzenie analiz w zakresie ujętym w opracowaniu wynika z zapisów zawartych w koordynowanym przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska „Wykonawczym Programie Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2022. Monitoring jakości powietrza”¹. Jest to jedno z zadań Programu, związanych z badaniem i oceną stanu zanieczyszczenia powietrza, wykonywanych zgodnie z zapisami ustawy – Poś² transponującej wymagania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE³ 2004/107/WE⁴. Zadanie to zdefiniowane zostało jako „Monitoring składu pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5, rtęci w stanie gazowym oraz depozycji metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych na stacjach monitoringu tła regionalnego”. Ocena w zakresie rtęci stanowi odrębne opracowanie.

W okresie objętym analizami, ocenę stopnia zanieczyszczenia powietrza oraz wielkości ładunku docierającego do podłoża przeprowadzono dla stacji tła regionalnego Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska zlokalizowanych w Osieczowie i w Zielonce, stacji w Żłotym Potoku (będącej stacją tła regionalnego województwa śląskiego) oraz stacji tła regionalnego Instytutu Ochrony Środowiska – Państwowego Instytutu Badawczego w Puszczy Boreckiej. W analizach uwzględniono również stację Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Godowie, monitorującą transgraniczny napływ zanieczyszczeń na Śląsku z obszaru granicy polsko-czeskiej. Dla analiz dotyczących wszystkich stacji, ze względu na pomiary tła regionalnego, tła wojewódzkiego oraz napływów, w opracowaniu używa się jednego określenia "stacje tła".

Głównym celem opracowania jest przedstawienie wyników oceny stopnia zanieczyszczenia powietrza i opadów na wybranych stacjach tła regionalnego w Polsce w latach 2010-2022. Charakterystykę analizowanych w opracowaniu stacji, wraz z podaniem miejsc poboru próbek i zakresu prowadzonego monitoringu oraz wykonywanych oznaczeń, przedstawiono w odrębnym rozdziale. Uzyskane wyniki, tam gdzie to było możliwe, przedstawiono na tle obserwowanych stężeń i wskaźników depozycji uzyskiwanych na stacjach pozamiejskich tła w Europie.

Przed rozpoczęciem analiz, wszystkie wyniki pomiarów z Polski poddano wstępnej analizie, weryfikacji i ocenie. Przyjęte w opracowaniu kryteria selekcji danych są zgodne

¹ Wykonawczy program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2022. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2021

² Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. - Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2020 poz. 1219, z późn. zm.)

³ Dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 roku w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy (Dz. Urz. UE L 152 z 11.06.2008, str.1)

⁴ 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)

z obowiązującymi przepisami prawnymi, w tym ze stosowanymi w PMŚ. 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 kationów i anionów 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 ocenie zmian wyników uzyskanych na poszczególnych stacjach w roku 2022 w odniesieniu do roku wcześniejszego oraz w odniesieniu do całego okresu prowadzenia w Polsce tego typu pomiarów (wykorzystując uśrednione wartości dla okresu 2010-2021 lub 2011-2021). Porównanie wyników w omawianym okresie przeprowadzono na podstawie analizy wartości stężeń średnich rocznych oraz wskaźników depozycji. W przypadku zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM_{2,5} i PM₁₀ oraz zawartymi w nim metalami ciężkimi (arsenem, kadmem, niklem i ołowiem) i benzo(a)pirenem, wyniki porównano z obowiązującymi wartościami normatywnymi.

W przypadku porównania wyników uzyskanych w Polsce na tle innych krajów Europy (wykonano ocenę zarówno dla poszczególnych krajów, jak i pojedynczych stacji pomiarowych), analizy przeprowadzono dla dostępnych danych z okresu 2010-2021. Podstawą oceny jakości powietrza w Polsce na tle wyników europejskich były dane pomiarowe zgromadzone w bazie AirBase (do której, za pośrednictwem GIOŚ, regularnie wprowadzane były również dane ze stacji PMŚ), prowadzonej przez Europejską Agencję Środowiska (EAŚ). Pomimo tego, że wszystkie wyniki zawarte w bazach EAŚ należałoby traktować jako dane zweryfikowane, niektóre z nich wymagały korekty (szczególnie w zakresie błędów w kodowaniu jednostek i kodów stacji). Od 2015 roku EAŚ zmienił system udostępniania danych gromadzonych w bazie AirBase, uwzględniając przyjęte kryteria dla tzw. e-reportingu. Należy mieć to na uwadze przy analizach podczas interpretacji przedstawionych w niniejszym opracowaniu wyników, głównie ze względu na różną kompletność serii na przełomie lat 2015/2016 oraz ich spójność z przyjętymi zasadami kodowania danych, nadawania im określonych statusów oraz metodyką udostępniania wyników źródłowych.

W niniejszym opracowaniu przeprowadzono ocenę z uwzględnieniem zmienności czasowej i przestrzennej parametrów meteorologicznych na wybranych stacjach osłonowych zlokalizowanych najbliżej omawianych w opracowaniu stacji tła. Podstawą oceny zmienności warunków meteorologicznych były informacje i dane pochodzące z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego. Dane te nie podlegały weryfikacji przez autorów opracowania.

Dodatkowo, w celu scharakteryzowania poziomu emisji zanieczyszczeń w Polsce, przedstawiono również analizę w tym zakresie. Źródłem danych w skali kraju była informacja opracowana i opublikowana przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska na podstawie danych przygotowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami Instytutu Ochrony Środowiska – Państwowego Instytutu Badawczego oraz Główny Urząd Statystyczny. Ocena ta obejmowała najbardziej aktualne i dostępne dane, ze wskazaniem zmian w stosunku do roku poprzedzającego.

2. Przyjęte w opracowaniu założenia, kryteria i oznaczenia

Analizę w zakresie wielkości oraz struktury emisji dla zanieczyszczeń monitorowanych na stacjach tła, omówiono na podstawie dostępnych informacji z roku 2021, najbardziej aktualnych danych dotyczących inwentaryzacji emisji wykonanej na poziomie krajowym. W opracowaniu pokazano wielkości emisji z roku 2021 oraz dodatkowo odniesiono się do zmian w okresie ostatnich lat. Z względu na stale korygowane wartości emisji (również wstecznie) przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) Instytutu Ochrony Środowiska – Państwowego Instytutu Badawczego oraz zmiany sposobu raportowania, przedstawione w niniejszym raporcie wartości mogą się różnić z prezentowanymi w opracowaniach wcześniejszych. Przy inwentaryzacji emisji pyłu po raz pierwszy wykorzystano nowe wskaźniki emisji pyłów ze stacjonarnych źródeł spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym (instytucje, handel, gospodarstwa domowe, rolnictwo, leśnictwo należące do sektora 1A4. *Inne sektory*), uwzględniające zarówno frakcję filtrowalną, jak i kondensującą pyłów.

Podstawą oceny warunków meteorologicznych w Polsce w latach 2010-2022 były wyniki obserwacji temperatury, wysokości opadu atmosferycznego oraz liczby dni ze średnią prędkością wiatru równą i wyższą niż 10 m/s prowadzonych na pięciu stacjach: w Częstochowie, Chojnicach, Legnicy, Raciborzu i w Suwałkach. Stacje te zlokalizowane są w regionach, w których funkcjonują omawiane w opracowaniu stacje PMŚ i zostały uznane za stacje osłonowe, reprezentatywne dla tych stacji. Analizy warunków meteorologicznych przeprowadzono na podstawie danych IMGW-PIB, uwzględniając również informacje kierunkach napływu mas powietrza nad Polskę. Ze względu na różne źródła danych meteorologicznych w latach poprzednich (do 2016 roku były to dane z Global Surface Summary of the Day - GSOD, prowadzonego przez Krajowe Centrum Danych Klimatycznych Amerykańskiej Narodowej Służby Oceanicznej i Meteorologicznej – NOAA), wyniki w niniejszym opracowaniu mogą się różnić w stosunku do prezentowanych w poprzednich opracowaniach. Z powodu odmiennych lokalizacji stacji osłonowych IMGW-PIB, przedstawiane w raporcie warunki meteorologiczne mogą się różnić od obserwowanych na samych stacjach monitoringu tła PMŚ. Założono, że wyniki parametrów meteorologicznych stanowiących podstawę analiz w niniejszym opracowaniu są zweryfikowane.

Zmienność stężeń na poszczególnych stacjach w Polsce, w przypadku pyłu PM10 i PM2,5 oraz składników w nich oznaczanych, przedstawiono na podstawie analiz serii dobowych i tygodniowych, zaś depozycji – na podstawie wyników miesięcznych. Przedstawione w opracowaniu analizy dla stacji tła regionalnego wykonano dla:

- pyłu zawieszonego PM10,
- metali ciężkich oznaczanych w pyle zawieszonym PM10: arsenu, kadmu, niklu i ołowiu,
- wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) oznaczanych w pyle zawieszonym PM10: 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,
- pyłu zawieszonego PM2,5,
- jonów oznaczanych w pyle zawieszonym PM2,5: siarczanowych, azotanowych, chlorkowych, magnezowych, wapniowych sodowych, potasowych i amonowych,
- węgla elementarnego oraz węgla organicznego oznaczanych w pyle zawieszonym PM2,5,
- metali ciężkich oznaczanych w depozycji całkowitej: arsenu, kadmu, niklu,

- wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) oznaczanych w depozycji całkowitej: 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.

Uzyskane na poszczególnych stacjach wyniki dla zanieczyszczeń powietrza, dla których określono prawnie wartości normowane, odniesione zostały do aktualnie obowiązujących wartości dopuszczalnych i/lub poziomów docelowych określonych dla kryterium ochrony zdrowia (zgodnie z zapisami *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu*. Dz. U. z 2021, poz. 845). Dotyczy to pyłu zawieszonego PM₁₀ i zawartych w nim Ni, As, Cd i Pb oraz B(a)P oraz pyłu zawieszonego PM_{2,5}.

W analizach uwzględniono serie pomiarowe, które spełniały kryteria minimalnej kompletności serii i minimalnego pokrycia czasu w roku, określone w *Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*⁵, które zastąpiło *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*⁶ (a to z kolei stanowiło nowelizację *Rozporządzenia z dnia 13 września 2012 r.*⁷) – w niniejszym opracowaniu nazywane „kryterium selekcji danych”. Wszystkie prezentowane stacje spełniły kryteria kompletności danych.

Udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ obliczono na podstawie średnich rocznych stężeń. Takie podejście umożliwia obliczenie udziału bez względu na liczbę wyników pomiarów na danej stacji, unikając w ten sposób różnic wynikających z braku danych obu rodzajów pyłu w tych samych terminach pomiarowych.

W niniejszym raporcie dane pomiarowe poddano dalszemu opracowaniu, mającemu na celu wykrycie i analizę trendów stężenia w pyłe zawieszonym oraz depozycji dla każdej z badanych substancji. Do poszukiwania i analizy trendów w rocznych seriach danych charakteryzujących stężenie i depozycję zanieczyszczeń opadów zastosowano nieparametryczny test Manna-Kendalla, który służy do wykrycia istnienia malejącego lub rosnącego trendu w serii danych, a następnie nieparametryczną metodę Sena do szacowania wielkości trendu - nachylenia linii trendu. Testy te służą do analizy danych, w których nie występują cykle sezonowe lub inne (zatem nadają się do wartości rocznych lub wartości średnich dla sezonów). Dopuszczają braki danych i nie wymagają, by analizowane serie charakteryzowały się konkretnym rozkładem. Testowana jest hipoteza zerowa H_0 o braku istnienia trendu, czyli zakładająca przypadkowy rozkład obserwacji x_i w czasie wobec alternatywnej hipotezy H_1 , przyjmującej istnienie rosnącego lub malejącego trendu. Stosowane narzędzie wykorzystuje wielkość Z . Dodatnia wartość Z świadczy o trendzie rosnącym, a ujemna – o malejącym. Test stosowano jest dla serii pomiarowych zawierających więcej niż 10 danych.

Poziom istotności 0,001 (***) oznacza 0,1% prawdopodobieństwa, że wartości x_i mają przypadkowy rozkład i z tym prawdopodobieństwem popełnia się błąd odrzucając hipotezę

⁵ *Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu* (Dz. U. z 2020 r. poz. 2279)

⁶ *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu* (Dz. U. z 2018 r. poz. 1119)

⁷ *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu* (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032)

zakładającą brak istnienia trendu. Poziom 0,001 istotności oznacza, że istnienie trendu jest bardzo prawdopodobne (***). Poziom 0,01 oznakowano (**), 0,05 (*) a 0,1 – oznaczający 10% prawdopodobieństwa, że błędem jest odrzucenie hipotezy o braku trendu – oznakowano (+). Dla krótszych niż 10 lat serii nie wskazywano trendu - (oznakowanie NA).

Do oceny poziomów stężeń zanieczyszczenia powietrza i depozycji w skali Europy, wybrano wszystkie stacje tła, na których w kolejnych latach okresu 2010-2021 prowadzono pomiary danego zanieczyszczenia, spełniające opisane powyżej kryteria selekcji danych. W opracowaniu przyjęto założenie, że wszystkie wyniki w bazie AirBase są zweryfikowane (nie korygowano wartości z wyjątkiem zmiany jednostek w przypadkach gdy było to konieczne). W analizach uwzględniono obliczone przez EAŚ parametry statystyczne. W przypadku wykonywania pomiarów danego zanieczyszczenia na tej samej stacji różnymi metodami (np. dla różnych czasów uśredniania, metodami automatycznymi i manualnymi i/lub różnymi metodami oznaczania w laboratoriach), w pierwszej kolejności wybierano wyniki pomiarów wykonywane metodą referencyjną i/lub z referencyjnym czasem uśredniania. W przypadku metod równorzędnych, wybierano wyniki dla serii pomiarowej przedstawiającej gorszą sytuację (wyższe stężenie). Podawane w opracowaniu dla danego zanieczyszczenia lub depozycji wartości dla każdego kraju, obliczano jako średnią arytmetyczną z wartości średnich rocznych z pojedynczych stacji funkcjonujących na jego terenie. Podawane wartości stężeń minimalnych i maksymalnych w danym kraju, odnoszą się do wartości średnich rocznych uzyskiwanych na pojedynczych stacjach. W przypadku określenia udziału pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ uwzględniono serie danych ze stacji, na których wykonywano równoległe pomiary obu rodzajów pyłu w danym roku analizowanego okresu 2010-2021. Należy podkreślić, że wyniki pomiarów depozycji w bazie AirBase przechowywane są w postaci wskaźnika, tj. ładunku przeliczonego na dzień ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{dzień}$), a nie rzeczywistych wartości sumarycznego ładunku docierającego do podłoża.

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

Skróty nazw stacji:

Osieczów – stacja tła regionalnego Osieczów (województwo dolnośląskie)

Puszcza Borecka – stacja tła regionalnego KMŚ Puszcza Borecka (województwo warmińsko-mazurskie)

Zielonka – stacja tła regionalnego Bory Tucholskie (województwo kujawsko-pomorskie)

Godów – stacja Godów, ul. Gliniki monitorująca transgraniczny napływ zanieczyszczeń (województwo śląskie)

Złoty Potok – stacja tła pozamiejskiego Złoty Potok, Leśniczówka (województwo śląskie)

Skróty nazw własnych:

AirBase – baza danych Europejskiej Agencji Środowiska

CLB – Centralne Laboratorium Badawcze

EAŚ – Europejska Agencja Środowiska

GIOŚ – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

GUS – Główny Urząd Statystyczny

IOŚ-PIB – Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

IMGW-PIB – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

KOBIZE – Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami IOŚ-PIB

PMŚ – Państwowy Monitoringu Środowiska

Pozostałe skróty:

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

ładunek – sumaryczna depozycja do podłoża,

Wskaźnik – wskaźnik wielkości depozycji do podłoża podawany jako średnia na dobę

Min – minimalna wartość roczna w kraju na pojedynczej stacji (stężenie lub ładunek),

Max – maksymalna wartość roczna w kraju na pojedynczej stacji (stężenie lub ładunek),

Śred – wartość średnia w skali kraju.

Kody krajów wg ISO:

AT - Austria
BA - Bośnia i Hercegowina
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
GR - Grecja
HR - Chorwacja
HU - Węgry
IE - Irlandia
IS - Islandia
IT - Włochy
LT - Litwa
LU - Luksemburg
LV - Łotwa
MK - Macedonia
MT - Malta
NL - Holandia
NO - Norwegia
PL - Polska
PT - Portugalia
RO - Rumunia
RS - Serbia
SE - Szwecja
SI - Słowenia
SK - Słowacja (Republika Słowacji)
TR – Turcja
XK - Kosowo

Skróty zanieczyszczeń:

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 (WWA):

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

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

Węgiel:

EC - węgiel elementarny

OC - węgiel organiczny

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 PM2,5, prekursorów pyłu drobnego oraz składników oznaczanych w pyłach PM10 i opadach na stacjach tła regionalnego: metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych. Zaprezentowano dane z roku 2021, jako ostatnie dostępne. Pochodzą one z opracowania „Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990-2021. Raport syntetyczny”⁸. Raport został opracowany w oparciu o obowiązującą obecnie

⁸ „Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990-2021. Raport syntetyczny”. Ministerstwo Klimatu i Środowiska. Raport opracowany w Krajowym Ośrodku Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym; Warszawa, 2023

strukturę źródeł emisji w układzie klasyfikacji NFR (*Nomenclature for Reporting*). W opracowaniu tym przy inwentaryzacji emisji pyłu wykorzystano wskaźniki emisji pyłów ze stacjonarnych źródeł spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym (instytucje, handel, gospodarstwa domowe, rolnictwo, leśnictwo należące do sektora 1A4. *Inne sektory*), uwzględniające zarówno frakcję filtrowalną, jak i kondensującą pyłów (po raz pierwszy zrobiono to w przypadku danych za 2000 rok). Frakcja kondensująca pyłu zawieszonego, obok związków nieorganicznych, uwzględnia powstające w procesie spalania związki organiczne, które po schłodzeniu i rozcieńczeniu gazów spalinowych po opuszczeniu komina mogą ulegać kondensacji tworząc wraz z tzw. pyłem filtrowalnym pierwotny aerozol atmosferyczny. Działania związane z uwzględnianiem frakcji kondensującej są zgodne z rekomendacjami międzynarodowymi – EMEP, UE.

W roku 2021 krajowa emisja pyłu PM10 wyniosła 387,84 Gg, a pyłu PM2,5 – 297,29 Gg. W stosunku do emisji z roku 2020 (przeliczonej z uwzględnieniem frakcji kondensującej) wielkości emisji PM10 i PM2,5 były zbliżone - odpowiednio o 3,2% i 3,4% mniejsze niż rok wcześniej. Natomiast w stosunku do wielkości z roku 2010 (również przeliczonej z uwzględnieniem frakcji kondensującej) odnotowano spadek emisji pyłu PM10 o ponad 22% a pyłu PM2,5 o blisko 19%. W tabeli 3.1 zestawiono wielkości emisji pyłu z głównych źródeł.

Tab. 3.1. Emisja pyłu PM10 i PM2,5 w Polsce z głównych źródeł emisji w 2021 roku (źródło danych: KOBIZE)

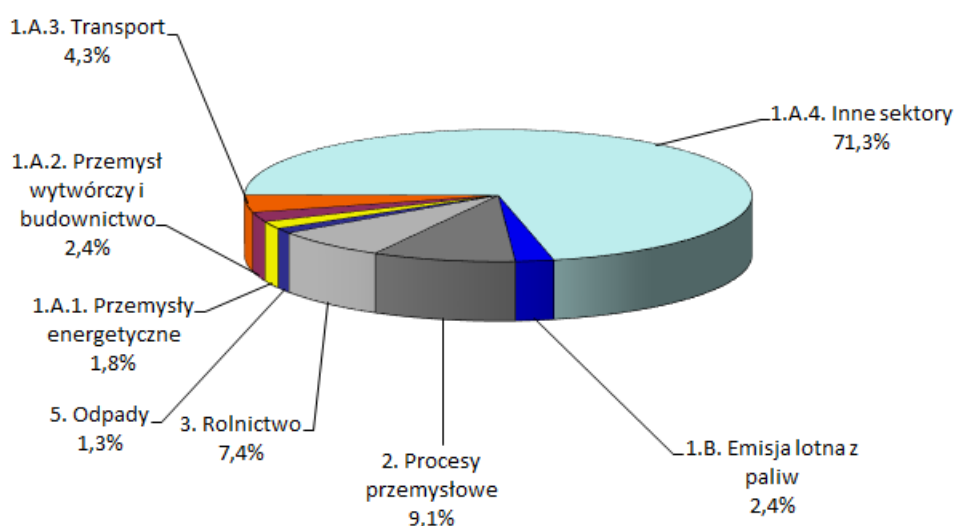
Źródła emisji	PM10	PM2,5
	[Gg]	[Gg]
1. Energia	319,05	280,25
A. Spalanie paliw	309,39	278,61
1. Przemysły energetyczne	7,07	3,56
2. Przemysł wytwórczy i budownictwo	9,23	8,64
3. Transport	16,58	11,12
4. Inne sektory	276,61	255,30
B. Emisja lotna z paliw	9,66	1,63
1. Lotna emisja z paliw stałych	9,42	1,53
2. Lotna emisja z systemu gazu ziemnego i ropy naftowej	0,25	0,11
2. Procesy przemysłowe	35,34	9,12
A. Produkty mineralne	23,89	3,37
B. Przemysł chemiczny	3,29	2,32
C. Produkcja metali	1,98	1,21
D. Stosowanie rozpuszczalników i innych produktów	4,35	0,59
G. – L. Inne	1,83	1,63
3. Rolnictwo	28,55	3,14
B. Nawozy naturalne	11,43	2,46
D. Gleby rolne	17,10	0,66
F. Spalanie resztek roślinnych	0,02	0,02
5. Odpady	4,90	4,78
A. Składowiska odpadów stałych	0,01	0,00
C. Spopielanie i otwarte spalanie odpadów	1,68	1,56
D. Gospodarka ściekami	0,00	0,00
E. Inne	3,21	3,21
Suma	387,84	297,29

Udział emisji z poszczególnych sektorów w emisji pyłu dla frakcji PM2,5 i PM10 zaprezentowano na rysunku 3.1.

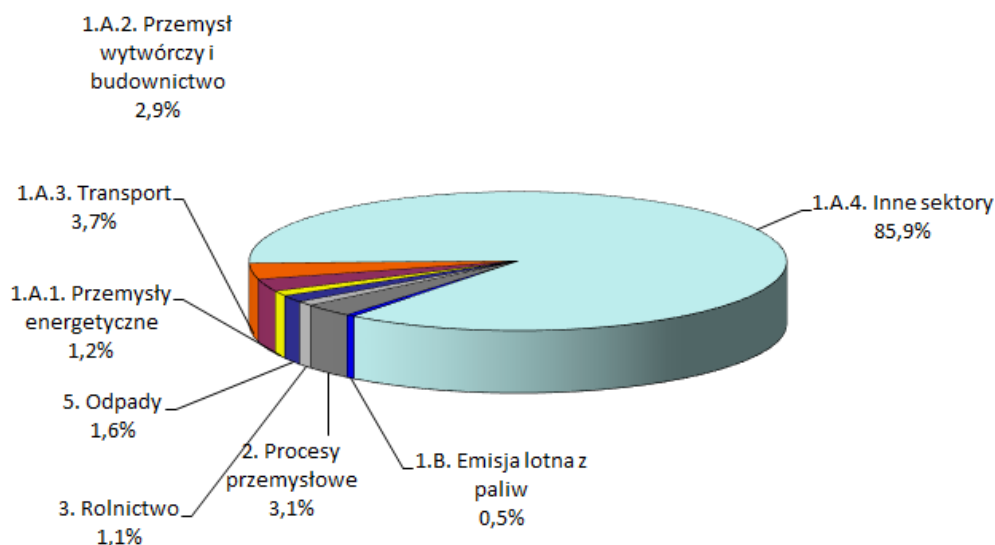
Dominującym sektorem w krajowej emisji pierwotnej pyłu są źródła należące do kategorii 1 Energia. W roku 2021 z tego sektora pochodziło 83% pyłu PM10 i 94,3% pyłu drobnego PM2,5. W kategorii 1 najistotniejszą rolę odgrywa sektor 1.A Spalanie paliw z udziałami w całości emisji odpowiednio 80% dla PM10 i 94% dla PM2,5. Większość emisji pyłu PM10 pochodziła w 2021 roku z kategorii 1A4. *Inne sektory* – 71%, drugie i trzecie miejsca zajmowały sektor 2. *Procesy przemysłowe* (9,1%) i 3. *Rolnictwo* (7,4%). Największa część emisji PM2,5 pochodziła w 2021 roku z kategorii 1A4. *Inne sektory* (86%) i była związana głównie ze spalaniem węgla kamiennego i biomasy w gospodarstwach domowych. Na kolejnych miejscach – ze znacznie mniejszym udziałem w całkowitej emisji pyłu PM2,5 – znalazły się sektory: 1A3. *Transport*. (3,7%) oraz 2. *Procesy przemysłowe* (3,1%) i 1A2 *Przemysł wytwórczy i budownictwo* (2,9%).

Po uwzględnieniu frakcji kondensującej znacząco wzrósł udział sektora 1.A.4 w całkowitej emisji pyłu zawieszonego.

PM10



PM_{2,5}



Rys. 3.1. Główne sektory emisji pierwotnej pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5} w Polsce w 2021 roku
(źródło danych: KOBIZE)

Biorąc pod uwagę emisję pyłu w roku 2021 z zakładów szczególnie uciążliwych dla czystości powietrza należy stwierdzić, że 19,4% emisji krajowej z tego typu zakładów miało źródło w województwie śląskim⁹. Na kolejnym miejscu znalazło się województwo mazowieckie (z udziałem w emisji krajowej wynoszącym 9,0%), a na następnych: kujawsko-pomorskie (8,6%), łódzkie (7,2%), wielkopolskie i zachodniopomorskie (po 6,8%). Listę zamykają województwa lubuskie, warmińsko-mazurskie (po 2,7%) i podlaskie (2,3% emisji pyłu z zakładów szczególnie uciążliwych dla czystości powietrza w Polsce).

Główne źródła prekursorów pyłu drobnego są różne dla poszczególnych związków. Dane o wielkościach emisji poszczególnych prekursorów zamieszczono w tabeli 3.2.

Dla tlenków siarki jest to energetyczne spalanie paliw (głównie węgla) w źródłach stacjonarnych; sektor ten w roku 2021 odpowiadał za 96% krajowej emisji SO₂. 44% emisji pochodziło z sektora 1A1 Przemysł energetyczny, 40% z kategorii 1A4 Inne sektory, a 12% z sektora 1A2 Przemysł wytwórczy i budownictwo. Emisja SO₂ w roku 2021 była o 2% większa niż w roku 2020, ale o 52% mniejsza od szacowanej dla roku 2010.

Największym źródłem tlenków azotu wyemitowanych w Polsce było spalanie paliw w sektorach: 1A3 Transport (32%, z czego większość stanowił transport drogowy), 1A1 Przemysł energetyczny (23%) i 1A4 Inne sektory (20%). Emisja NO_x zmniejszyła się o 2% w stosunku do wartości z roku poprzedniego i o 30% w stosunku do roku 2010.

⁹ Ochrona środowiska 2022. Informacje i opracowania statystyczne. GUS 2022

Tab. 3.2. Emisja prekursorów pyłu w Polsce z głównych sektorów w 2021 roku (źródło danych: KOBiZE)

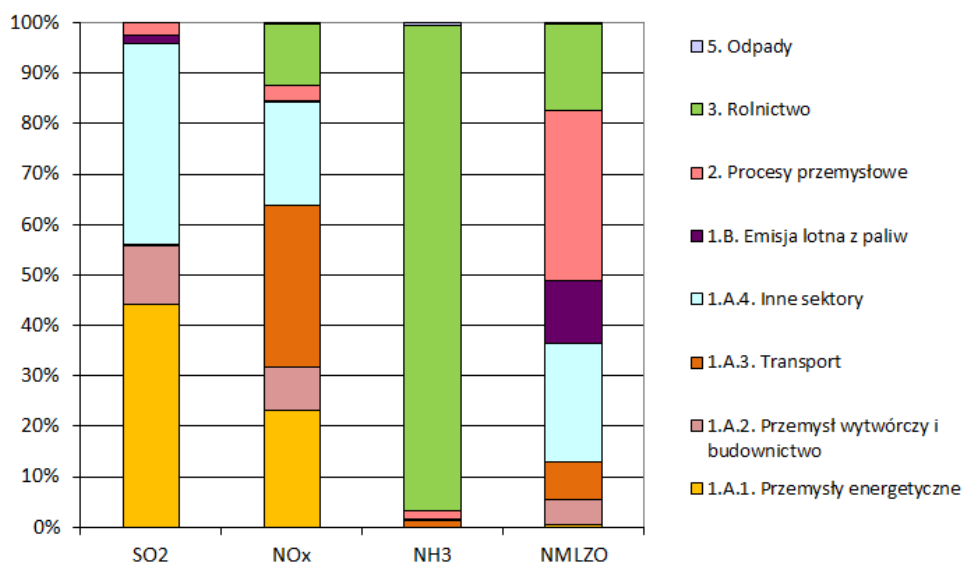
Źródła emisji	SO ₂	NO _x	NH ₃	NMLZO*
	[Gg]	[Gg]	[Gg]	[Gg]
1. Energia	382,17	499,93	4,62	348,68
A. Spalanie paliw	375,71	497,66	4,56	260,77
1. Przemysły energetyczne	173,27	137,61	0,00	3,66
2. Przemysł wytwórczy i budownictwo	45,50	50,33	0,08	34,78
3. Transport	0,70	188,91	4,02	53,33
4. Inne sektory	156,24	120,81	0,46	169,01
B. Emisja lotna z paliw	6,46	2,27	0,06	87,91
1. Lotna emisja z paliw stałych	0,01	0,01	0,03	54,55
2. Lotna emisja z systemu gazu ziemnego i ropy naftowej	6,45	2,26	0,03	33,36
2. Procesy przemysłowe	10,13	17,94	4,38	242,26
A. Produkty mineralne	0,00	0,00	0,00	0,00
B. Przemysł chemiczny	4,59	15,30	4,21	5,85
C. Produkcja metali	2,86	1,57	0,00	0,95
D. Stosowanie rozpuszczalników i innych produktów	0,00	0,00	0,01	227,22
G. – L. Inne	2,68	1,06	0,16	8,24
3. Rolnictwo	0,00	71,60	278,93	121,89
B. Nawozy naturalne	0,00	5,17	132,98	113,76
D. Gleby rolne	0,00	66,42	145,94	8,12
F. Spalanie resztek roślinnych	0,00	0,01	0,01	0,00
5. Odpady	0,07	1,92	1,27	2,53
A. Składowiska odpadów stałych	0,00	0,00	0,00	0,52
B. Biogazownie rolnicze	-	-	0,78	-
C. Spopielanie i otwarte spalanie odpadów	0,07	1,92	0,00	1,97
D. Gospodarka ściekami	0,00	0,00	0,49	0,03
E. Inne	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	392,37	591,39	289,20	715,36

*NMLZO – 278,41 Gg ze źródeł naturalnych, nie wliczane do sumy krajowej

Zasadniczym źródłem emisji amoniaku są źródła należące do kategorii 3 *Rolnictwo*, które odpowiada za 96,5% emisji NH₃ (dominują kategorie związane ze stosowaniem nawozów naturalnych i mineralnych). Całkowita emisja amoniaku w roku 2021 była o 7% niższa od notowanej w roku 2020 i o 3% mniejsza niż w 2010 r.

Największy udział w emisji niemetanowych lotnych związków organicznych (NMLZO) ma sektor 2 *Procesy przemysłowe* (34% emisji antropogenicznej), w którym emisja pochodzi głównie z sektora 2D *Stosowanie rozpuszczalników i innych produktów*. Kolejnymi kategoriami źródeł emisji NMLZO są również kategorie 1A4 *Inne sektory* z udziałem 24% i 3 *Rolnictwo* (17%). Emisję NMLZO ze źródeł naturalnych (lasów) szacuje się na 278,41 Gg w 2021 roku. Emisja ta jednak nie jest uwzględniana w sumie krajowej, do której wliczane są tylko NMLZO pochodzenia antropogenicznego. W stosunku do wartości z poprzedniego roku odnotowano o 5% mniejszą wartość emisji ze źródeł antropogenicznych, a w stosunku do wartości z roku 2010 emisja była mniejsza o 8%.

Udział poszczególnych kategorii źródeł w krajowej emisji prekursorów pyłu w 2021 roku pokazano na rys. 3.2.



Rys. 3.2. Główne sektory emisji prekursorów pyłu wtórnego w Polsce w 2021 roku (źródło danych: KOBiZE)

Pył zawieszony może być nośnikiem zanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia – metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). W tabeli 3.3 przedstawiono wielkości emisji metali ciężkich i WWA z głównych sektorów w Polsce w 2021 roku.

Tab. 3.3. Emisja metali ciężkich i WWA w Polsce z głównych sektorów w 2021 roku (źródło danych: KOBiZE)

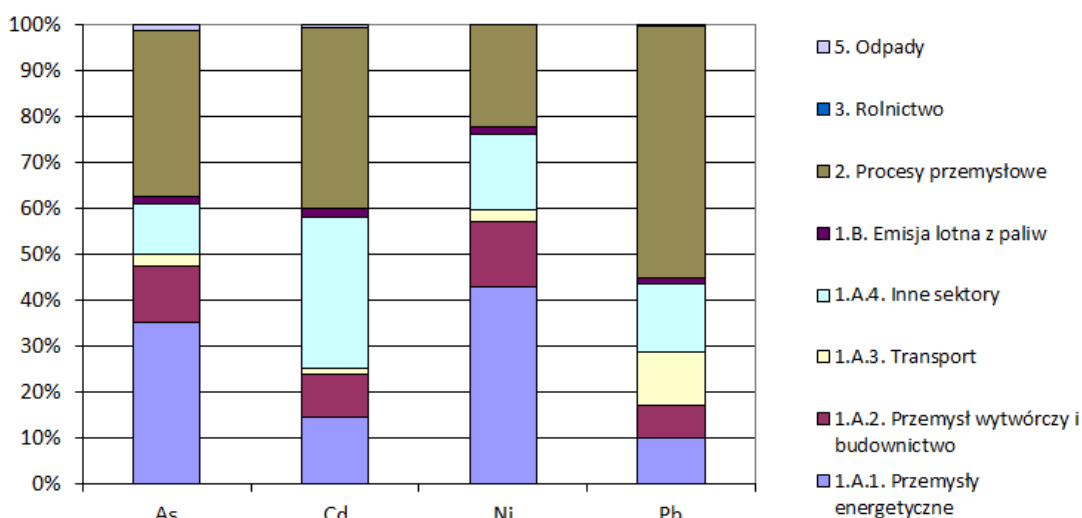
Źródła emisji	As [Mg]	Cd [Mg]	Ni [Mg]	Pb [Mg]	WWA [Mg]
1. Energia	9,35	6,57	60,32	125,39	250,14
A. Spalanie paliw	9,10	6,38	59,08	121,74	245,22
1. Przemysły energetyczne	5,27	1,58	33,23	27,69	0,29
2. Przemysł wytwórczy i budownictwo	1,84	1,05	11,12	20,19	0,46
3. Transport	0,37	0,14	1,86	32,15	1,49
4. Inne sektory	1,63	3,60	12,87	41,71	242,98
B. Emisja lotna z paliw	0,25	0,19	1,24	3,65	4,92
1. Lotna emisja z paliw stałych	0,12	0,06	1,11	3,53	4,92
2. Lotna emisja z systemu gazu ziemnego i ropy naftowej	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00
2. Procesy przemysłowe	5,44	4,33	17,05	154,05	5,67
A. Produkty mineralne	0,68	0,46	1,83	5,99	0,00
B. Przemysł chemiczny	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00
C. Produkcja metali	4,76	3,24	13,77	145,04	3,69
D. Stosowanie rozpuszczalników i innych produktów	0,00	0,00	0,04	0,00	1,96
G. – L. Inne	0,01	0,40	1,41	3,02	0,01
3. Rolnictwo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
B. Nawozy naturalne	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D. Gleby rolne	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F. Spalanie resztek roślinnych	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
5. Odpady	0,16	0,06	0,03	0,45	4,70
A. Składowiska odpadów stałych	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C. Spopielanie i otwarte spalanie odpadów	0,16	0,06	0,03	0,45	4,70
D. Gospodarka ściekami	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E. Inne	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	14,95	10,96	77,40	279,89	260,52

Dominującym źródłem emisji ołowiu, kadmu i arsenu jest sektor 2. *Procesy przemysłowe*, którego udział w całkowitej stanowił w 2021 roku 55% emisji Pb, 40% emisji Cd i 36% emisji

As. W przypadku niklu największym źródłem jest spalanie paliw w sektorze 1A1. *Przemysły energetyczne* – 43%. Również emisja arsenu z tego sektora jest na znacznym poziomie – 35%.

W tym miejscu warto wspomnieć, że w roku 2021 najwięcej kadmu i ołowiu emitowały zakłady szczególnie uciążliwe dla czystości powietrza w województwie śląskim, a arsenu i niklu w łódzkim¹⁰. W emisji arsenu, kadmu i ołowiu na trzech pierwszych miejscach plasowały się województwa śląskie, łódzkie i dolnośląskie w różnej kolejności. W przypadku emisji niklu z zakładów szczególnie uciążliwych dla czystości powietrza na trzech pierwszych miejscach znalazł się łódzkie, mazowieckie i opolskie. Na trzech ostatnich miejscach, z najmniejszym udziałem w całkowitej emisji znalazły się zakłady zlokalizowane w województwach pomorskim, lubuskim i warmińsko-mazurskim.

Strukturę źródeł emisji metali ciężkich pokazano na rys. 3.3.



Rys. 3.3. Główne sektory emisji metali ciężkich w Polsce w 2021 roku (źródło danych: KOBiZE)

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 dominuje kategoria 1A4. *Inne sektory* - 93% krajowej emisji w 2021 roku, a główną część tej emisji stanowiła emisja z gospodarstw domowych. 2,2% krajowej emisji pochodziło z sektora 2. *Procesy przemysłowe*, a 1,8% z sektora 5 *Odpady*. W stosunku do 2020 roku emisja WWA była o 14% mniejsza, a w stosunku do roku 2010 – o 37% mniejsza.

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 kropeł wody morskiej oraz/lub cząstek uformowanych w wyniku procesów parowania wody morskiej, pod wpływem działania wiatru,
- wybuchy wulkanów,

¹⁰ Ochrona środowiska 2022. Informacje i opracowania statystyczne. GUS 2022

- 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 rozkładu¹¹.

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 badany 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.

4. Opis stacji

Zgodnie z wymaganiami określonymi w aktualnym *Rozporządzeniu Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*¹², które zastąpiło *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*¹³ (a to z kolei stanowiło nowelizację *Rozporządzenia z dnia 13 września 2012 r.*¹⁴) (transponującym zapisy *Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy*¹⁵ oraz *Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE z dnia 15 grudnia 2004 r. w sprawie arsenu, kadmu, niklu, rtęci i wielopierścieniowych*

¹¹ Commission Staff Working Paper establishing guidelines for demonstration and subtraction of exceedances attributable to natural sources under the Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe. SEC (2001) 208. European Commission, Brussels, 15.02.2011

¹² Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2020 r. poz. 2279)

¹³ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2018 r. poz. 1119)

¹⁴ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032)

¹⁵ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 roku w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy (Dz. Urz. UE L 152 z 11.06.2008, str. 1 oraz Dz. Urz. UE L 226 z 29.08.2015, str. 4);

węglowodorów aromatycznych w otaczającym powietrzu¹⁶ i Dyrektywę Komisji (UE) 2015/1480 z dnia 28 sierpnia 2015 r. zmieniającą niektóre załączniki do dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE i 2008/50/WE ustanawiających przepisy dotyczące metod referencyjnych, zatwierdzania danych i lokalizacji punktów pomiarowych do oceny jakości powietrza¹⁷) pomiary składu chemicznego pyłu zawieszonego i depozycji całkowitej metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, prowadzi się w Polsce w co najmniej trzech punktach pomiarowych tła regionalnego. Obowiązek ten, jako odrębne zadanie, został również uwzględniony w Programie Państwowego Monitoringu Środowiska^{18,19} i Wykonawczym Programie Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2021. Monitoring jakości powietrza²⁰ oraz w Wykonawczym Programie Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2022. Monitoring jakości powietrza²¹. Podstawowymi celami wykonywania tych pomiarów jest monitorowanie transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń pyłowych oraz opracowywanie ocen jakości powietrza na obszarach tła regionalnego.

Do realizacji programu określonego dla stacji tła regionalnego 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) - stacje tła regionalnego:

- **Osieczów** (województwo dolnośląskie), taka sama nazwa jest stosowana w niniejszym opracowaniu,
- **KMŚ Puszcza Borecka** (województwo warmińsko-mazurskie) - stosowana nazwa w niniejszym opracowaniu - **Puszcza Borecka**,
- **Bory Tucholskie** (województwo kujawsko-pomorskie) - stosowana nazwa w niniejszym opracowaniu – **Zielonka**,

oraz dwie dodatkowe stacje (zlokalizowane w województwie śląskim), na których badane są zanieczyszczenia pyłowe:

- **Godów, ul. Gliniki** (stacja monitorująca transgraniczny napływ zanieczyszczeń) - stosowana nazwa w niniejszym opracowaniu – **Godów**,
- **Złoty Potok, Leśniczówka** (stacja tła pozamiejskiego dla województwa śląskiego) - stosowana nazwa w niniejszym opracowaniu – **Złoty Potok**.

W dalszej części, w analizach prowadzonych dla wszystkich stacji, używa się określenia "stacje tła".

¹⁶ 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, Dz. Urz. UE L 87 z 31.03.2009, str. 109 oraz Dz. Urz. UE L 226 z 29.08.2015, str. 4);

¹⁷ Dyrektywa Komisji (UE) 2015/1480 z dnia 28 sierpnia 2015 r. zmieniającą niektóre załączniki do dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE i 2008/50/WE ustanawiających przepisy dotyczące metod referencyjnych, zatwierdzania danych i lokalizacji punktów pomiarowych do oceny jakości powietrza (Dz. Urz. UE L 226 z 29.08.2015, str. 4)

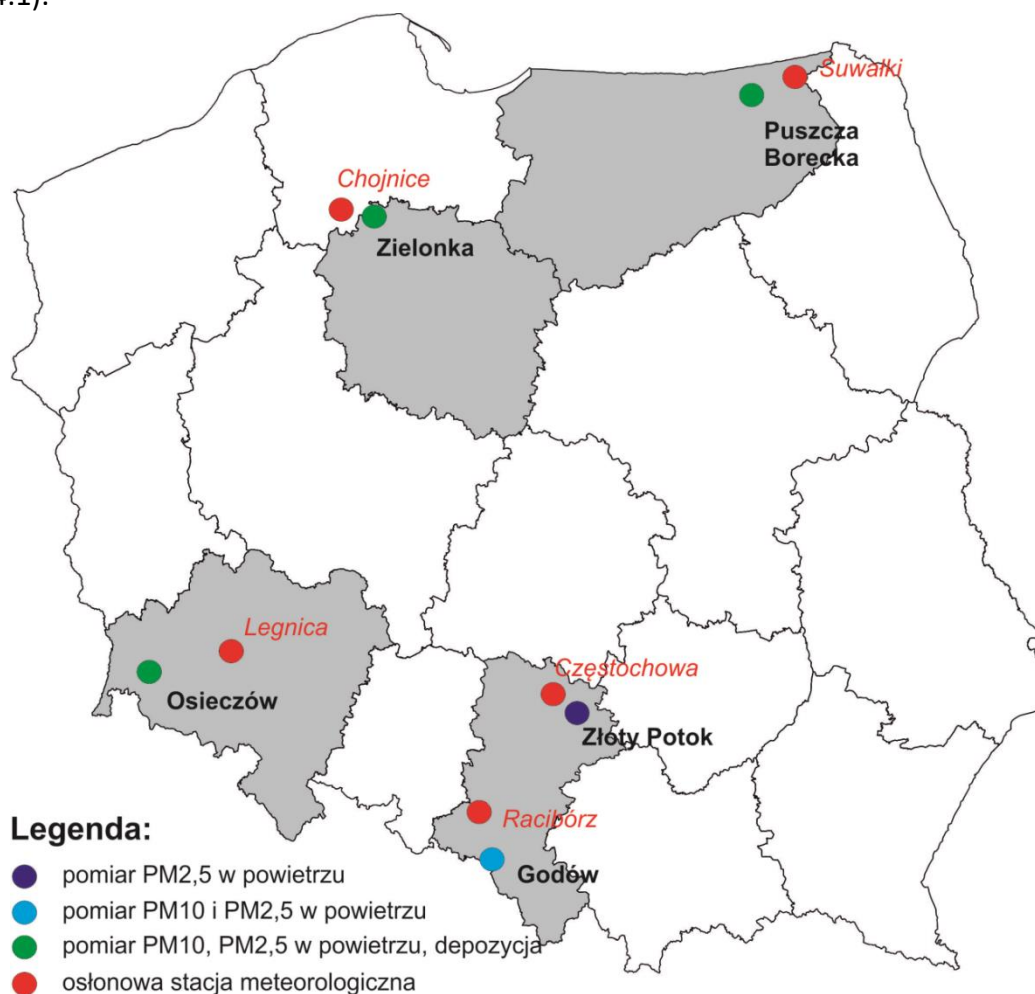
¹⁸ Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2013-2015. Główny Inspektor Ochrony Środowiska. Warszawa 2012

¹⁹ Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2016-2020. Główny Inspektor Ochrony Środowiska. Warszawa 2015

²⁰ Wykonawczy Program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2021. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2020

²¹ Wykonawczy Program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2022. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2021

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



Rys. 4.1. Lokalizacja stacji tła regionalnego i stacji monitorującej transgraniczny napływ zanieczyszczeń oraz osłonowych stacji meteorologicznych (źródło danych: PMŚ/IMGW-PIB/IOŚ-PIB)

Podstawowe informacje o stacjach zamieszczono w tabeli 4.1, wskazując ich lokalizację, jednostkę nadzorującą/właściciela stacji) oraz kody stacji funkcjonujące w krajowym Systemie Informatycznym Ekoinfonet (SI Ekoinfonet) i Europejskiej Sieci Informacji i Obserwacji Środowiska (EIONET). Ponadto, dla każdej stacji podano informacje o tym, która stacja meteorologiczna została wytypowana jako stacja osłonowa. Dane z tych stacji wykorzystano do oceny zmienności warunków meteorologicznych w rejonie tych stacji w latach 2010-2022 (rozdział 5). W tabeli zaznaczono również elementy programu pomiarowego realizowanego w roku 2022.

Tab. 4.1. Podstawowe informacje o stacjach tła regionalnego w Polsce i stacji Godów*
(źródło danych: PMŚ/IMGW-PIB/IOŚ-PIB)

Informacja	Nazwy stacji stosowane w raporcie				
	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
Województwo	śląskie	dolnośląskie	warmińsko-mazurskie	kujawsko-pomorskie	śląskie
Współrzędne	18°28'17" E	15°25'54" E	22°02'17" E	17°56'00" E	19°27'29" E
	49°55'19" N	51°09'04" N	54°07'30" N	53°39'00" N	50°42'38" N
Właściciel stacji	GIOŚ CLB Oddział w Katowicach	GIOŚ CLB Oddział we Wrocławiu	IOŚ-PIB w Warszawie	GIOŚ CLB Oddział w Bydgoszczy	GIOŚ CLB Oddział w Katowicach
Kod w SI Ekoinfonet (od 2015 roku)	SlGodGlinki	DsOsieczow21	WmPuszczaBor	KpZielBoryTu	SlZlotPotLes
Nazwa w SI Ekoinfonet	Godów, ul. Gliniki	Osieczów	KMŚ Puszcza Borecka	Bory Tucholskie	Złoty Potok, Leśniczówka
Kod w EIONET	PL0527A	PL0505A	PL0005R	PL0077A	PL0243A
Stacja osłonowa	Racibórz	Legnica	Suwałki	Chojnice	Częstochowa
Elementy realizowanego programu w roku 2022					
Pył PM10	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		+	+	
Pył PM2,5	PM2,5	+	+	+	+
	SO ₄ ²⁻	+	+	+	+
	NO ₃ ⁻	+	+	+	+
	Cl ⁻	+	+	+	+
	Mg ²⁺	+	+	+	+
	Ca ²⁺	+	+	+	+
	Na ⁺	+	+	+	+
	K ⁺	+	+	+	+
	NH ₄ ⁺	+	+	+	+
	EC	+	+	+	+
	OC	+	+	+	+
Depozycja	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		+	+	

CLB – Centralne Laboratorium Badawcze

* Godów – stacja podmiejska, monitorująca transgraniczne przenoszenie zanieczyszczeń

+ dane uwzględnione w opracowaniu

Dla każdej stacji oddzielnie, przedstawiono szczegółowe informacje o jednostkach prowadzących pomiary oraz o laboratoriach wykonujących analizy z uwzględnieniem zakresu pomiarowego.

GODÓW

Jednostka prowadząca pomiary/analizy:

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska:

Centralne Laboratorium Badawcze Oddział w Katowicach, Pracownia w Częstochowie

Laboratoria wykonujące pomiary i analizy:

- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział w Katowicach, Pracownia w Częstochowie*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział we Wrocławiu, Pracownia 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,
- ✓ 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) (*Jelenia Góra*)

OSIECZÓW

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Centralne Laboratorium Badawcze Oddział we Wrocławiu

Laboratoria wykonujące pomiary i analizy:

- *Pracownia Pomiarów Powietrza w Jeleniej Górze (pobieranie próbek)*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział we Wrocławiu, Pracownia w Jeleniej Górze*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział we Wrocławiu, Pracownia w Legnicy*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział we Wrocławiu, Pracownia we Wrocławiu*

Zakres analiz/pomiarów:

- ✓ pył PM10:
 - pomiary stężenia pyłu (*Legnica* – kondycjonowanie i ważenie filtrów),
 - oznaczanie stężeń Cd, Pb, Ni, As (*Jelenia Góra*),
 - 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 (*Wrocław*),
- ✓ pył PM2,5:
 - pomiary stężenia pyłu (*Legnica*),
 - oznaczanie stężeń jonów: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} (*Jelenia Góra*),
 - oznaczanie stężeń węgla elementarnego (EC) i organicznego (OC) (*Jelenia Góra*),
- ✓ opady/depozycja:
 - oznaczanie stężeń Cd, Ni, As (*Jelenia Góra*),
 - 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 (*Wrocław*).

PUSZCZA BORECKA

Jednostka prowadząca pomiary/analizy:

Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Laboratoria wykonujące pomiary i analizy:

- *Stacja Kompleksowego Monitoringu Środowiska Puszcza Borecka oraz Centralne Laboratorium Analiz Środowiskowych CentLab 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) (*Zabrze*),
- ✓ 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:

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Centralne Laboratorium Badawcze Oddział w Bydgoszczy

Laboratoria wykonujące pomiary i analizy:

- *Pracownia Pomiarów Powietrza w Bydgoszczy (pobieranie próbek)*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział w Bydgoszczy*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział w Łodzi, Pracownia w Łodzi*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział we Wrocławiu, Pracownia w Jeleniej Górze (EC i OC)*

Zakres analiz/pomiarów:

- ✓ pył PM10:
 - pomiary stężenia pyłu (*Bydgoszcz*),
 - oznaczanie stężeń Cd, Pb, Ni, As (*Łódź*),
 - 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 (*Łódź*),
- ✓ pył PM2,5:
 - pomiary stężenia pyłu (*Bydgoszcz*),
 - oznaczanie stężeń jonów: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} (*Bydgoszcz*),
 - oznaczanie stężeń węgla elementarnego (EC) i organicznego (OC) (*Jelenia Góra*),
- ✓ opady/depozycja:
 - oznaczanie stężeń Cd, Ni, As (*Bydgoszcz*),
 - 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 (*Bydgoszcz*).

Badania metali w 2021 r. – przygotowanie próbek (mineralizacja) w okresie 3.05.2021-20.06.2021 wykonane zostały przez CLB Oddział w Szczecinie, w okresie 30.08.2021-3.10.2021 badania metali wykonane zostały przez CLB Oddział w Katowicach, Pracownia w Częstochowie, w okresie 4.10.2021-31.10.2021 przez CLB Oddział w Kielcach.

ZŁOTY POTOK

Jednostka prowadząca pomiary/analizy:

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Centralne Laboratorium Badawcze Oddział w Katowicach, Pracownia w Częstochowie

Laboratoria wykonujące pomiary i analizy:

- *Pracownia Pomiarów Powietrza w Katowicach (pobieranie próbek)*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział w Katowicach, Pracownia w Częstochowie*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział we Wrocławiu, Pracownia w Jeleniej Górze (EC i OC)*

Zakres analiz/pomiarów:

- ✓ pył PM_{2,5}:
 - 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) (*Jelenia Góra*).

5. Charakterystyka warunków meteorologicznych

W niniejszym rozdziale przedstawiono podstawowe informacje dotyczące zmienności wybranych parametrów meteorologicznych w roku 2022 na tle okresu 2010-2021. W ocenie uwzględniono zmiany temperatury, wysokości opadu, kierunku napływu mas powietrza nad Polskę (wg kierunków cyrkulacji dobowych liczonych metodą IMGW-PIB) i liczby dni ze średnią prędkością wiatru równą i wyższą niż 10 m/s). Analizę warunków meteorologicznych w rejonach stacji tła regionalnego oraz stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie przeprowadzono na podstawie danych IMGW-PIB, pochodzących z wybranych stacji osłonowych – reprezentatywnych dla analizowanych stacji (Tab. 4.1, rozdział 4).

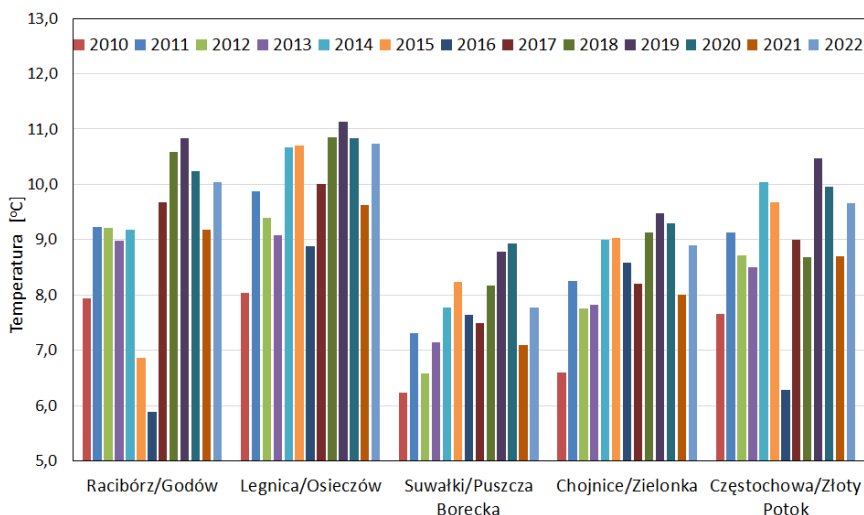
Należy mieć na uwadze, że dane o opadach z meteorologicznych stacji osłonowych posłużyły tylko do oceny skali i tendencji zmian warunków opadowych w rejonach stacji tła regionalnego. Dlatego też, wielkość depozycji zanieczyszczeń do podłoża, prezentowanej w następnych rozdziałach, obliczono na podstawie wyników pomiarów wysokości opadu atmosferycznego, pochodzących z kolektorów zlokalizowanych na poszczególnych stacjach tła regionalnego

Temperatura powietrza

Temperatura powietrza jest głównym parametrem meteorologicznym mającym bezpośredni i pośredni wpływ na obserwowane wysokości stężeń wielu zanieczyszczeń powietrza. W sezonie chłodnym, przy niskich temperaturach powietrza zwiększa się zapotrzebowanie na ciepło i tym samym wzrasta emisja zanieczyszczeń w wyniku produkcji energii pochodzącej ze spalania paliw kopalnych (w tym przede wszystkim węgla) i biomasy. W sezonie ciepłym, wysoka temperatura sprzyja reakcjom zachodzącym w atmosferze i tworzeniu się wtórnego aerozolu, zaś przy bardzo wysokich temperaturach zwiększa się produkcja energii (i tym samym emisja zanieczyszczeń) potrzebnej do zasilania urządzeń chłodzących. Obie sytuacje, przy niesprzyjających warunkach rozpraszania zanieczyszczeń (povolny ruch mas powietrza lub cisze wiatrowe) przyczyniają się do powstawania sytuacji epizodycznych, w skrajnych przypadkach - smogowych.

W roku 2022 w rejonach stacji tła średnie temperatury powietrza na jednym z wyższych poziomów, wyższym o 0,6°C niż w wieloleciu i wyższym o 0,9 °C niż w roku poprzednim. W stosunku do wcześniejszego okresu (2010-2021) największy wzrost temperatury (1,1°C) zanotowano dla rejonu stacji Godów, a najmniejszy wzrost (0,2°C) – w rejonie stacji Puszcza Borecka. Podobnie jak w latach ubiegłych najwyższe temperatury w 2022 roku zanotowano

w rejonie stacji Osieczów, a najniższe – w rejonie Puszczy Boreckiej. W analizowanych latach 2010-2022 najchłodniejszymi okresami były lata 2010 i 2016, natomiast najcieplejszymi – 2019 i 2020. Różnice w średnich rocznych wartościach temperatury pomiędzy tymi skrajnymi okresami znacznie przekraczały 2 °C.

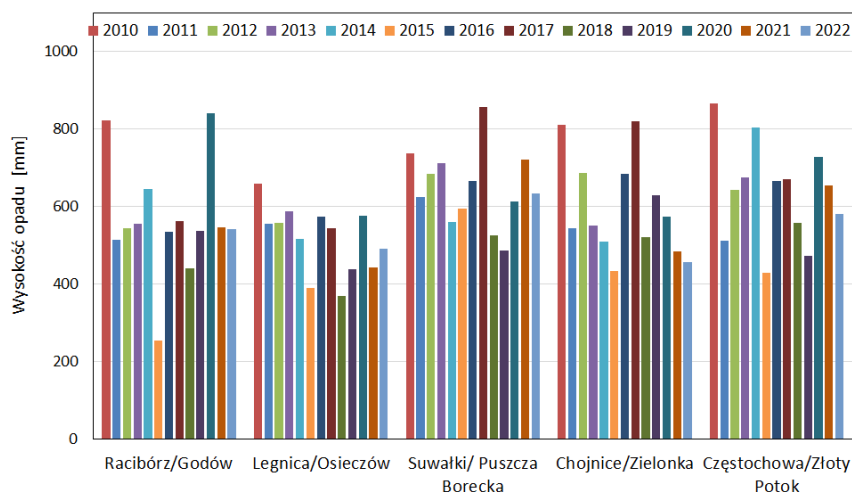


Rys. 5.1. Średnie roczne wartości temperatury powietrza w latach 2010-2022 w rejonach stacji tła regionalnego oraz stacji Godów. Źródło danych: IMGW-PIB.

Cechą charakterystyczną warunków termicznych obserwowanych na większości stacji osłonowych w roku 2022 była wyjątkowo ciepła zima i względnie ciepłe lato. Dla okresu 2010-2022 obserwuje się tendencję wzrostową temperatury, która uśredniona dla wszystkich analizowanych stacji wyniosła 1,3°C /10 lat (przy $R^2=0,35$).

Opad atmosferyczny

Poza temperaturą, istotnym elementem meteorologicznym mającym wpływ na jakość powietrza atmosferycznego oraz wielkość deponowanych ładunków do podłoża jest opad atmosferyczny, który poprzez wymywanie przyczynia się do spadku stężeń niektórych zanieczyszczeń atmosfery.



Rys. 5.2. Sumy roczne wysokości opadu w latach 2010-2022 w rejonach stacji tła regionalnego oraz stacji Godów. Źródło danych: IMGW-PIB.

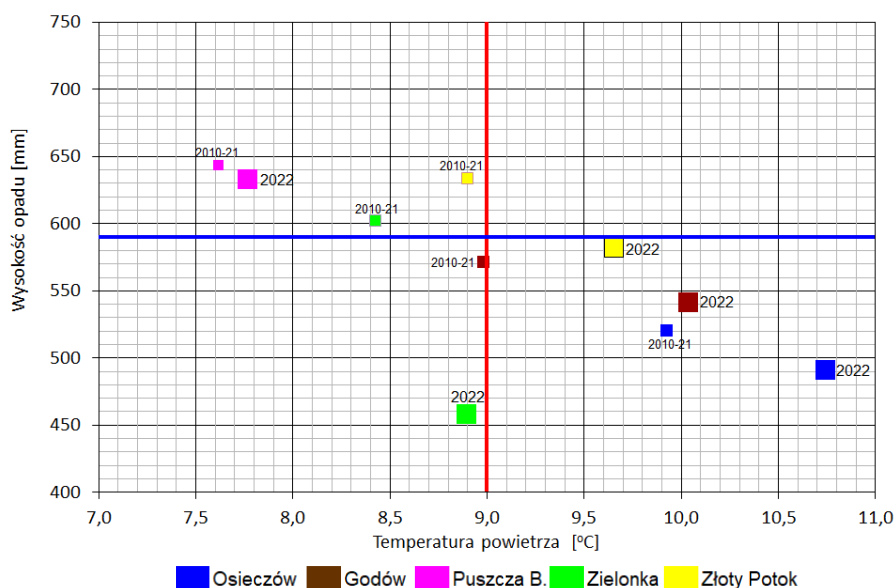
W 2022 roku sumy wysokości opadów w rejonach stacji tła regionalnego i stacji Godów były na niższym poziomie niż średnie w latach 2010-2021 (-9%) i na niższym poziomie w stosunku do roku poprzedniego (-5%). Najwyższe opady w roku 2022 wystąpiły w rejonie stacji Puszcza Borecka, jak zwykle bywało, a najniższe – w rejonie stacji Zielonka. Podobnie jak w latach poprzednich przeważały opady w ciepłej połowie roku. Na większości stacji najwyższe opady wystąpiły w lipcu, przekraczając niejednokrotnie średnią wartość z wielolecia dla tego miesiąca. W okresie ciepłej zimy wystąpiły ponad przeciętne opady przeważnie w postaci deszczu. Najbardziej bezopadowym okresem na większości stacji był marzec, a nie kwiecień, jak bywało w ostatnich latach. W okresie 2010-2022 obserwowano słabo zaznaczoną tendencję spadkową opadów uśrednionych dla wszystkich analizowanych stacji (78mm/10 lat przy $R^2=0,1$), do czego przyczyniły się przede wszystkim takie lata o najniższych opadach, jak 2015 i 2018.

Cechą charakterystyczną warunków opadowych obserwowanych na stacjach w roku 2022 był spadek opadów na większości stacji osłonowych względem wielolecia 2010-2021 i roku 2021 oraz utrzymanie się przewagi opadów letnich nad zimowymi, na poziomie zbliżonym do średniego. Był to rok o przeciętnej skali zmienności opadów na większości stacji – od najniższych najczęściej w marcu do najwyższych w lipcu.

Warunki termiczno-opadowe

Charakterystykę warunków termiczno-opadowych dla rejonów każdej stacji tła w roku 2022 w porównaniu ze średnimi warunkami dla okresu 2010-2021 obrazuje rysunek 5.3. Linie pionową i poziomą wyznaczono na podstawie wartości średnich obliczonych dla wszystkich stacji osłonowych z okresu analizowanych 12 lat odpowiednio dla temperatury powietrza (kolor czerwony) i wysokości sumarycznych opadów (kolor niebieski). Punkt przecięcia się tych linii wyznacza przeciętne warunki termiczne i opadowe w rozważanym okresie.

Należy zaznaczyć, że o ile reprezentatywność przestrzenna wybranych stacji osłonowych pod względem temperatury powietrza jest bardzo dobra (różnice w stosunku do wyników pomiarów prowadzonych na wybranych stacjach PMŚ z reguły nie przekraczają poziomu niepewności pomiarów), o tyle reprezentatywność wysokości opadów jest dużo mniejsza, gdyż należą one do najbardziej zmiennych w przestrzeni i czasie elementów meteorologicznych. Stąd też wysokości opadów na stacjach osłonowych i na stacjach tła mogą się różnić od siebie. Różnice te mogą być pogłębione z powodu stosowania innej metody pomiaru. Na stacjach meteorologicznych IMGW-PIB stosowane są deszczomierze, umieszczone na wysokości 1 m n.p.g., natomiast na stacjach tła - kolektory opadu o większej średnicy komory wlotu opadu, umieszczone na wysokości 1,5 m n.p.g.



Rys. 5.3. Charakterystyka warunków termiczno-opadowych w latach 2010-2022 dla uśrednionych wartości temperatury i wysokości opadu dla 5 stacji tła. Źródło danych: IMGW-PIB).

W roku 2022 i w całym analizowanym wieloleciu najcieplejszym obszarem był rejon stacji Osieczów, natomiast najchłodniejszym - rejon stacji Puszcza Borecka. Najwyższe opady wystąpiły w rejonie stacji Puszcza Borecka, a najniższe – w rejonie stacji Osieczów. Można zauważyć, że temperatura w roku 2022 najbardziej wzrosła względem średniej wieloletniej w rejonie stacji Osieczów, a najmniej w rejonie Stacji Puszcza Borecka. Największy spadek opadów względem wielolecia zanotowano dla stacji Zielonka, a najmniejszy – dla stacji Puszcza Borecka.

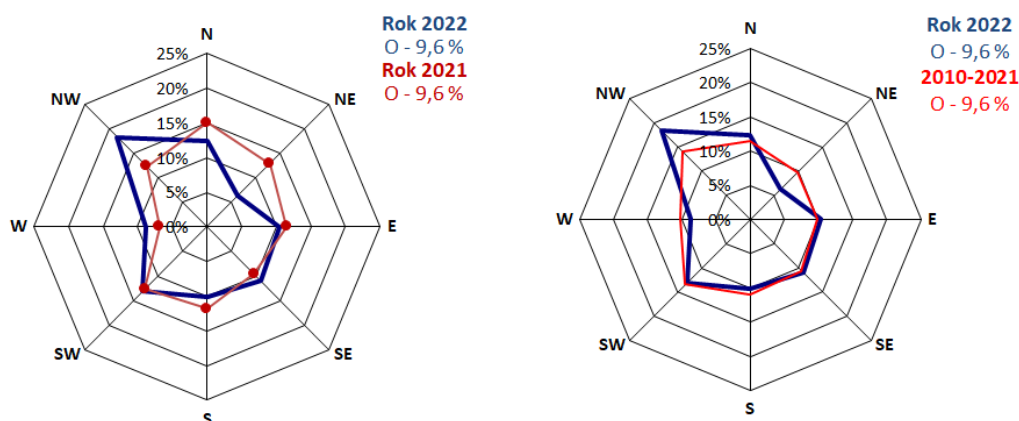
Podobnie jak we wcześniejszych latach, w roku 2022 najcieplejszym i jednocześnie najmniej opadowym obszarem był rejon stacji Osieczów. Natomiast najbardziej zbliżonym do przeciętnych warunków meteorologicznych w wieloleciu pod względem temperatury i opadów były rejony stacji Godów i Złoty Potok.

Kierunek napływu mas powietrza

Przedstawione poniżej cyrkulacje powietrza charakteryzują przeciętne kierunki napływu mas powietrza dla całego obszaru Polski i częstości występowania typu cyrkulacji „zerowej” z niekreślonym kierunkiem napływu mas powietrza (dane IMGW-PIB). Cyrkulacja atmosferyczna, jako element wieloskalowy, lepiej odzwierciedla przemieszczanie się mas powietrza niż kierunki wiatru zmierzone na stacjach, uwarunkowane orografią terenu i różnorodną szatą roślinną.

W roku 2021 nad Polskę najczęściej napływały masy powietrza z kierunku północno-zachodniego (około 18%), a najrzadziej z północno-wschodniego (około 6%). Jak przedstawiono na rysunku 5.4, masy powietrza napływały najczęściej z sektora zachodniego (SW-W-NW do 13%), natomiast najrzadziej obserwowano napływy mas powietrza z sektora wschodniego (NE-E-SE po około 10%).

Sytuacje braku wyróżnionego kierunku cyrkulacji (O) w 2022 roku trwały przez około 10% czasu, czyli podobnie jak w przeciętnym roku z wielolecia. Należy zaznaczyć, że cyrkulacji „zerowej” nie można utożsamiać zawsze z pogodą bezwietrzną, gdyż notowano w tych okresach porywy wiatru powyżej 10 m/s, podobnie jak przy cyrkulacji z określonymi kierunkami wiatru (np. przy cyrkulacji antycyklonalnej).



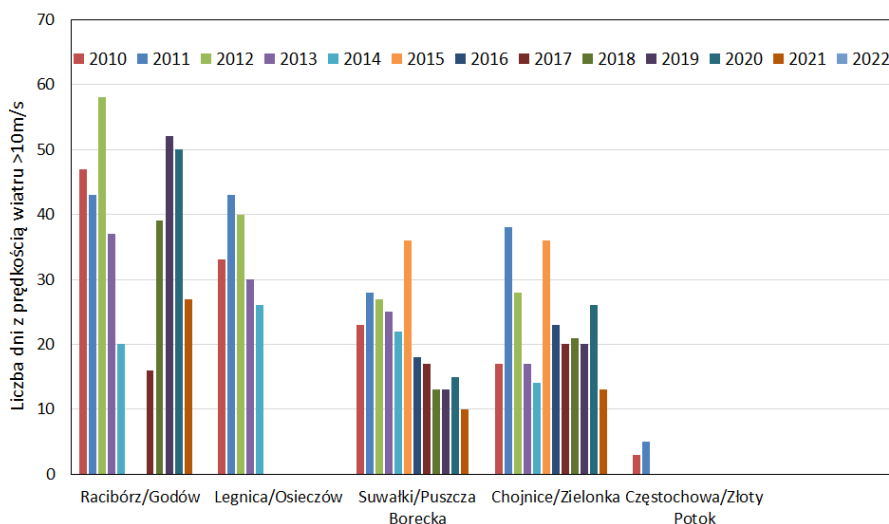
Rys. 5.4. Częstość występowania kierunków cyrkulacji atmosferycznej w roku 2022 na tle roku 2021 i okresu 2010-2021. Źródło danych: IMGW-PIB.

W roku 2022 cechą charakterystyczną napływu mas powietrza nad obszar Polski w stosunku do lat wcześniejszych była ponadprzeciętna częstość występowania mas powietrza napływających z kierunku północno-zachodniego, spadek częstości napływu z kierunku północno-wschodniego.

Występowanie dni z silnymi wiatrami

Prędkość wiatru jest ważnym parametrem meteorologicznym określającym warunki dyspersji zanieczyszczeń. Małe średnie prędkości wiatru ($< 2/s$), a zwłaszcza cisze wiatrowe pogarszają poziomą wymianę powietrza, co przyczynia się do lokalnego wzrostu stężeń zanieczyszczeń i rozwoju epizodów smogowych. Wiatry z średnią prędkością powyżej 4 m/s , mające charakter turbulencyjny, sprzyjają wertykalnemu i horyzontalnemu rozpraszaniu się zanieczyszczeń. Do wiatrów, które przyczyniają się w sposób efektywny do spadków lokalnych stężeń zanieczyszczeń powietrza można zaliczyć tzw. wiatry silne, których średnia prędkość w ciągu doby przekracza 10 m/s . W praktyce mogą to być dni z porywami znacznie przekraczającymi tę wartość 10 m/s .

W 2022 roku po raz pierwszy w analizowanym wieloleciu nie zarejestrowano dni z uśrednionymi wiatrami $\geq 10 \text{ m/s}$ w rejonach wszystkich stacji tłowych. Już w ubiegłym roku ta liczba dni kształtowała się na najniższym poziomie w wieloleciu, niższym o około 40% od średniej i niższym niż rok wcześniej o około 45%. W roku 2022 najsilniejsze wiatry (o średniej rocznej prędkości około $3,3 \text{ m/s}$) wystąpiły w rejonie stacji Zielonka i Godów. Znacznie mniejsze średnie prędkości wiatru (około $1,6 \text{ m/s}$) zanotowano w rejonie Stacji Złoty Potok i Osieczów. Należy zaznaczyć, że rejon stacji Godów od początku analizowanego okresu był najbardziej wietrznym, natomiast najmniej wietrznym był rejon stacji Złoty Potok.



Rys. 5.5. Liczba dni ze średnią prędkością wiatru powyżej 10 m/s w latach 2010-2022 w rejonach stacji tła regionalnego. Źródło danych: IMGW-PIB.

W 2022 roku warunki wiatrowe najbardziej sprzyjały rozcieńczaniu zanieczyszczeń w rejonach stacji Zielonka i Godów, natomiast najmniej - w rejonach stacji Złoty Potok i Osieczów. Kierując się kryterium średniej prędkości ≥ 10 m/s można stwierdzić, że rok 2022 był najbardziej niesprzyjającym rozcieńczaniu się zanieczyszczeń powietrza w całym analizowanym okresie.

6. Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach tła

Zgodnie z wymaganiami *Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*²², na stacjach tła pozamiejskiego w próbkach zebranego pyłu PM₁₀ oznaczane są metale ciężkie (nikiel, arsen, kadm i ołów) oraz wielopierścieniowe 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 latach 2010-2022 realizowany był na trzech stacjach: Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka. Na stacji Godów oznaczano wymagane metale, a spośród WWA - jedynie benzo(a)piren.

Zgodnie z wymaganiami *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu*²³, pył PM₁₀ i oznaczane w nim metale: Pb, As, Ni i Cd oraz przedstawiciel WWA - B(a)P są zanieczyszczeniami normowanymi dla kryterium ochrona zdrowia (Tab. 6.1.1). Stężenie pyłu PM₁₀ normowane jest dla dwóch czasów uśredniania: doby i roku kalendarzowego, natomiast stężenia metali ciężkich oraz benzo(a)pirenu dla roku kalendarzowego.

²² Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2020 r. poz. 2279)

²³ Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2021 r. poz. 845)

Tab. 6.1.1. Poziomy dopuszczalne i docelowe dla stężenia pyłu PM10 i zawartych w nim metali ciężkich i WWA dla kryterium ochrony zdrowia

Zanieczyszczenie	Czas uśredniania	Poziom dopuszczalny	Dopuszczalna częstość przekroczeń	Termin osiągnięcia poziomu dopuszczalnego
Pył zawieszony PM10	Rok kalendarzowy	40 µg/m ³	-	2005 r.
Pył zawieszony PM10	24 godziny	50 µg/m ³	35 razy	2005 r.
Ołów (Pb) w pyłe zawieszonym	Rok kalendarzowy	0,5 µg/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 zawieszony PM10

W tabeli 6.1.2 przedstawiono wyniki pomiarów stężenia pyłu zawieszonego PM10 prowadzonych na czterech stacjach: Godów, Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka w latach 2010-2022, jako wartości stężeń średnich rocznych, w odniesieniu do poziomu dopuszczalnego oraz liczby dni z przekroczeniem dobowego poziomu dopuszczalnego (kolorem czerwonym zaznaczono wartości przekraczające normę). W roku 2022 na żadnej ze stacji tła regionalnego i po raz czwarty (po latach 2019, 2020 i 2021) na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie nie odnotowano przekroczenia poziomu dopuszczalnego dla wartości średniej rocznej.

Tab. 6.1.2. Stężenia średnie roczne pyłu zawieszonego PM10 i ich odniesienia do norm na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2022. Kolorem czerwonym zaznaczono wartości przekraczające normę (źródło danych: PMŚ)
Godów – stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Rok	Stacja	Stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM10	Stężenie w stosunku do poziomu dopuszczalnego (śr. rocznego)	Częstość przekroczeń poziomu dopuszczalnego dla wartości 24-godzinnych
		[µg/m ³]	[%]	[Liczba dni]
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
2012	Godów	45,4	114	85
	Osieczów	22,3	56	35
	Puszcza Borecka	16,0	40	4
	Zielonka	19,1	48	15
2013	Godów	51,0	127	123
	Osieczów	22,5	56	27
	Puszcza Borecka	15,7	39	6
	Zielonka	17,6	44	7
2014	Godów	50,2	125	125

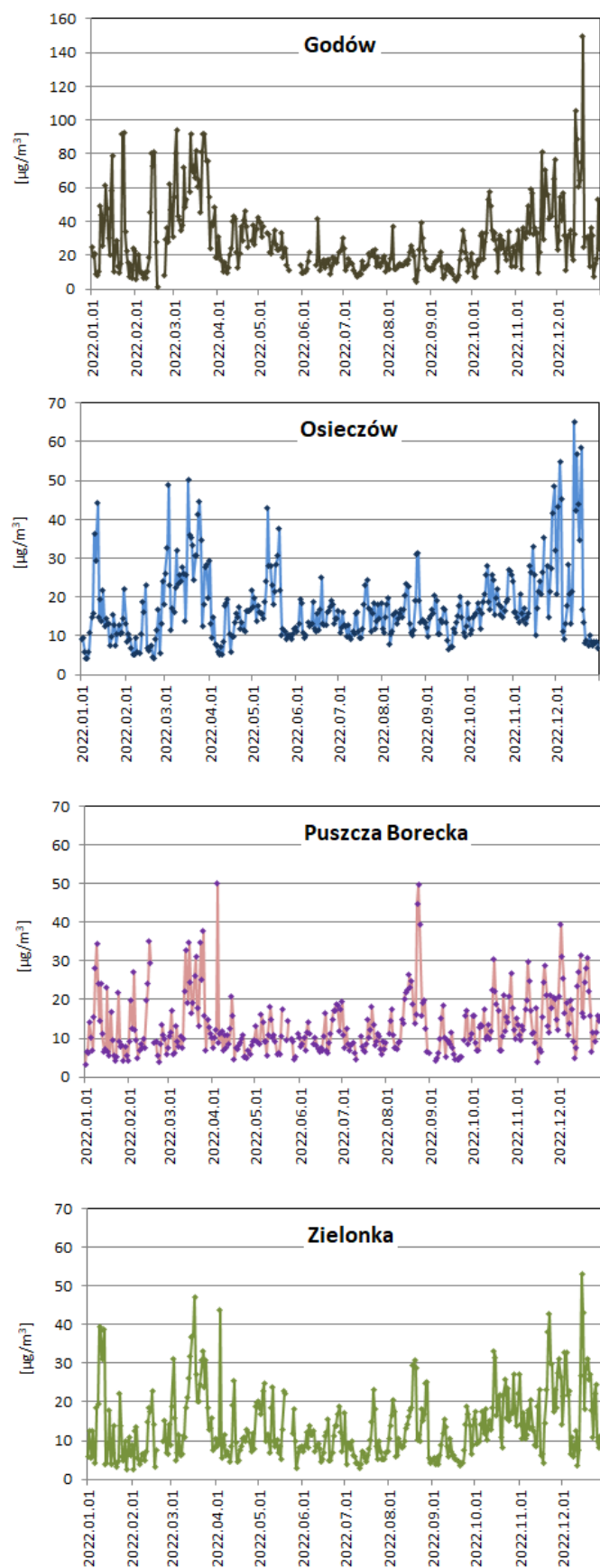
Rok	Stacja	Stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM10	Stężenie w stosunku do poziomu dopuszczalnego (śr. rocznego)	Częstość przekroczeń poziomu dopuszczalnego dla wartości 24-godzinnych
		[µg/m ³]	[%]	[Liczba dni]
	Osieczów	20,4	51	17
	Puszcza Borecka	20,0	50	8
	Zielonka	19,3	48	12
2015	Godów	44,1	110	99
	Osieczów	18,7	47	13
	Puszcza Borecka	17,3	43	8
	Zielonka	17,5	44	10
2016	Godów	42,3	106	95
	Osieczów	19,6	49	19
	Puszcza Borecka	15,7	39	5
	Zielonka	15,6	39	3
2017	Godów	39,1	98	66
	Osieczów	19,6	49	23
	Puszcza Borecka	15,5	39	4
	Zielonka	16,0	40	13
2018	Godów	45,6	114	94
	Osieczów	22,1	55	15
	Puszcza Borecka	16,8	42	3
	Zielonka	19,8	50	11
2019	Godów	38,0	95	80
	Osieczów	18,4	46	10
	Puszcza Borecka	16,1	40	3
	Zielonka	15,4	38	2
2020	Godów	31,2	78	45
	Osieczów	15,9	40	3
	Puszcza Borecka	12,9	32	2
	Zielonka	14,7	37	1
2021	Godów	35,7	89	69
	Osieczów	16,9	42	6
	Puszcza Borecka	13,6	34	1
	Zielonka	15,7	39	7
2022	Godów	28,9	72	47
	Osieczów	17,4	43	4
	Puszcza Borecka	13,3	33	0
	Zielonka	13,7	34	1

Omówienie zmian stężenia pyłu zawieszonego PM10 przedstawiono, wraz z trendami i tendencjami stężeń składników w nim badanych w wieloleciu, w kolejnych podrozdziałach.

Przebiegi dobowych wartości stężenia pyłu zawieszonego PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejskiej) pokazano na Rys. 6.1.1. Charakterystyczny przebieg, w którym w chłodnej połowie roku są notowane wyższe wartości niż w ciepłej, widoczny jest na wszystkich stacjach tła regionalnego, a szczególnie na stacji w Godowie.

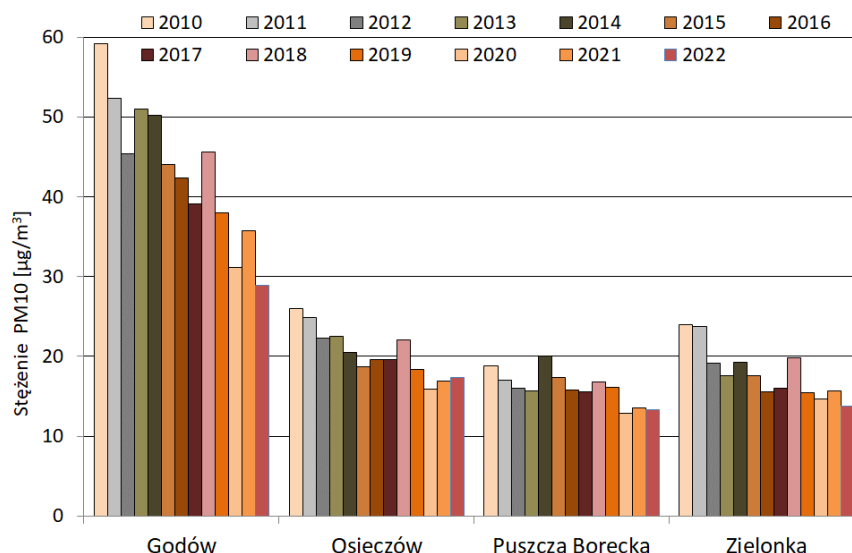
Obserwowane na stacji podmiejskiej w Godowie przekroczenia poziomu dopuszczalnego dla wartości dobowych z każdym rokiem były mniejsze i rzadziej występowały, ale zawsze miały miejsce w większej niż dopuszczalna (35) liczbie dni. W latach 2010 i 2011 na stacji Osieczów odnotowano większą niż dopuszczalna liczbę dni z przekroczeniami dobowego poziomu dopuszczalnego stężenia pyłu zawieszonego PM10, co się nie powtórzyło w kolejnych latach. Taka sytuacja nie miała miejsca nigdy w Zielonce i Puszczy Boreckiej.

Przebieg dobowych wartości stężenia pyłu zawieszonego PM10 był typowy - na wszystkich stacjach zaznaczyły się wyższe stężenia w chłodnej połowie roku 2022. Występowały wtedy warunki sprzyjające kumulacji zanieczyszczeń. Na stacjach tła regionalnego w drugiej części sezonu grzewczego, w czwartym kwartale stężenia pyłu były wyższe od notowanych w pierwszej części sezonu grzewczego - w pierwszym kwartale, natomiast na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie sytuacja była odwrotna – wyższe stężenia w I niż w IV kwartale.



Rys. 6.1.1. Przebieg średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM₁₀ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w 2022 roku (źródło danych: PMŚ) [Dla Godowa inna skala]

W roku 2022 w stosunku do roku poprzedniego zanotowano spadek wartości średnich rocznych stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ na wszystkich stacjach, oprócz Osieczowa (Rys. 6.1.2). Najwyższe stężenia we wszystkich latach, znacznie wyższe niż na stacjach tła regionalnego, obserwowano na stacji podmiejskiej w Godowie. Najniższą wartość średnią roczną stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ odnotowano w roku 2022 na stacji Puszcza Borecka, jak we wcześniejszych latach – na ogół miało to miejsce na stacji Puszcza Borecka, a czasami na stacji Zielonka.



Rys. 6.1.2. Stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM₁₀ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń Godów w latach 2010-2022 (źródło danych: PMŚ)

Ekstremalne wartości średniego dobowego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w roku 2022 przedstawiono w tabeli 6.1.3. Najwyższe stężenia dobowe zaobserwowano na stacji podmiejskiej w Godowie i na stacji tła regionalnego w Osieczowie (podobnie, jak w poprzednich latach). Maksymalne stężenia wystąpiły na większości stacji w grudniu – w dniach 14-19.12, a w Puszczy Boreckiej w kwietniu (4.04).

Tab. 6.1.3. Ekstremalne stężenia średnie dobowe pyłu zawieszonego PM₁₀ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w 2022 roku (źródło danych: PMŚ)

PM10	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
S24 _{max} [µg/m³]	149,9	65,1	50,0	53,2
Data S24 _{max}	19.12.2022	14.12.2022	04.04.2022	15.12.2022
S24 _{min} [µg/m³]	1,1	4,2	3,2	2,4
S24 _{max} – S24 _{min} [µg/m³]	148,8	60,9	46,8	50,7

Godów – stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

6.1.2. Metale ciężkie w pyłe zawieszonym PM₁₀

Wartości średnie roczne stężenia metali ciężkich zawartych w pyłe zawieszonym PM₁₀ w latach 2010-2022 zamieszczono w tabeli 6.1.4. W latach tych na żadnej stacji nie zanotowano przekroczeń wartości normowanych dla kryterium ochrony zdrowia (poziomu dopuszczalnego dla Pb i poziomów docelowych dla As, Cd i Ni), ustanowionych dla metali ciężkich. Stężenia średnie roczne wyniosły na ogół kilka procent poziomu

docelowego/dopuszczalnego. Jedynie w Osieczowie stężenie arsenu osiągnęło kilkadziesiąt procent poziomu docelowego (52%, przy 29% - 33% w latach 2019 - 2021 roku, co było porównywalną wartością do notowanych we wcześniejszych latach); w Godowie stężenie arsenu osiągnęło w 2022 roku 19% poziomu docelowego. Dla wszystkich metali ciężkich, za wyjątkiem arsenu, największe wartości średnie roczne odnotowano w roku 2022 na stacji w Godowie. Jest to sytuacja podobna do obserwowanej we wcześniejszych latach, która została zachwiana w latach 2017-2019, gdy największe wartości stężeń większości metali ciężkich notowano na stacji w Osieczowie. Najmniejsze stężenia metali ciężkich występowały na ogół w Zielonce i w Puszczy Boreckiej. Prawidłowości te znajdują odzwierciedlenie w wartościach średnich dla wielolecia 2010-2021 – największe stężenie arsenu w Osieczowie, a niklu, kadmu i ołowiu w Godowie, zaś najmniejsze w Puszczy Boreckiej (Tab. 6.1.4).

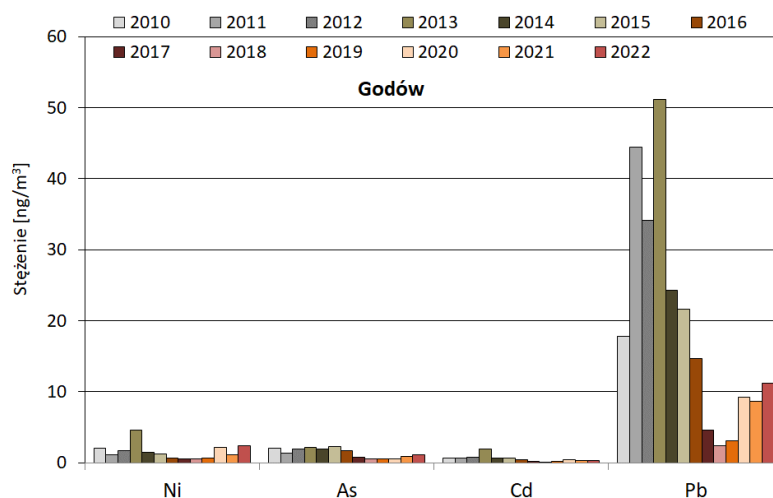
Tab. 6.1.4. Stężenia średnie roczne metali ciężkich w pyłe zawieszonym PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2022 (źródło danych: PMŚ)

Rok	Stacja	Metale ciężkie w PM10			
		[ng/m ³]			
		Ni	As	Cd	Pb
2010	Godów	1,99	2,05	0,61	17,84
	Osieczów	0,82	3,79	0,54	22,49
	Puszcza Borecka	0,62	0,31	0,14	4,03
	Zielonka	0,77	0,70	0,20	6,90
2011	Godów	1,13	1,34	0,64	44,42
	Osieczów	0,79	2,99	0,46	18,15
	Puszcza Borecka	0,77	0,33	0,23	5,17
	Zielonka	0,77	0,64	0,19	6,62
2012	Godów	1,74	1,98	0,81	34,08
	Osieczów	0,57	2,86	0,39	15,08
	Puszcza Borecka	1,03	0,34	0,11	4,41
	Zielonka	0,62	0,67	0,17	6,23
2013	Godów	4,61	2,21	1,97	51,17
	Osieczów	0,64	3,43	0,36	14,79
	Puszcza Borecka	1,05	0,48	0,17	3,54
	Zielonka	0,60	0,60	0,15	4,82
2014	Godów	1,52	1,96	0,67	24,32
	Osieczów	0,46	3,64	0,35	14,34
	Puszcza Borecka	0,69	0,47	0,15	4,10
	Zielonka	0,56	0,81	0,19	5,56
2015	Godów	1,21	2,30	0,62	21,66
	Osieczów	0,43	3,19	0,28	9,81
	Puszcza Borecka	0,40	0,45	0,11	3,05
	Zielonka	0,49	0,58	0,12	4,02
2016	Godów	0,61	1,72	0,39	14,67
	Osieczów	0,35	4,33	0,26	11,42
	Puszcza Borecka	0,31	0,35	0,09	2,85
	Zielonka	0,49	0,53	0,12	3,77
2017	Godów	0,52	0,75	0,15	4,62
	Osieczów	0,39	3,16	0,18	8,50
	Puszcza Borecka	0,29	0,36	0,09	2,63
	Zielonka	0,75	0,62	0,12	4,24
2018	Godów	0,53	0,57	0,10	2,43
	Osieczów	0,69	3,56	0,20	10,71
	Puszcza Borecka	0,25	0,22	0,10	2,64
	Zielonka	0,52	0,52	0,15	4,06
2019	Godów	0,70	0,53	0,14	3,09
	Osieczów	0,63	1,99	0,19	8,08
	Puszcza Borecka	0,40	0,17	0,08	2,00
	Zielonka	0,47	0,36	0,09	2,15

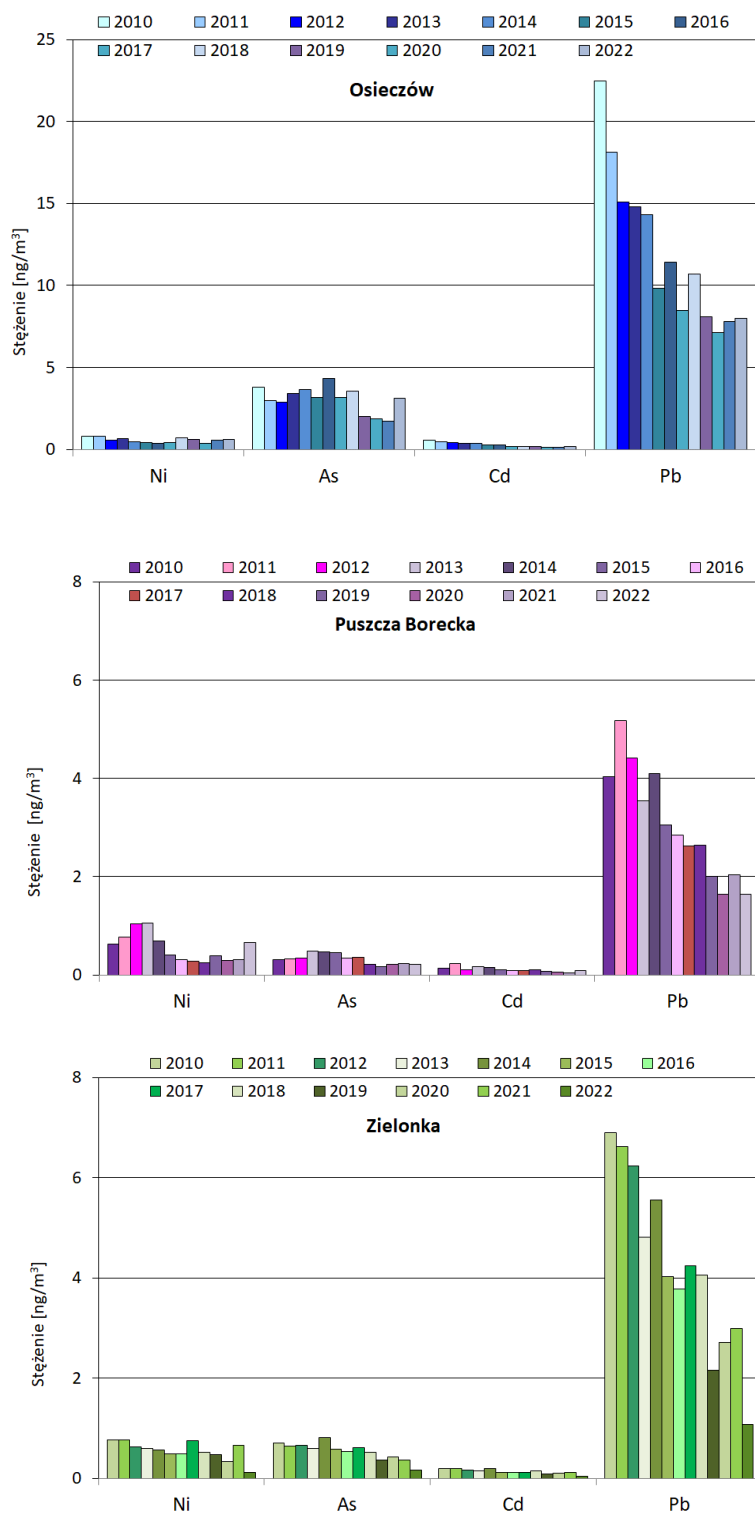
Rok	Stacja	Metale ciężkie w PM10			
		[ng/m ³]			
		Ni	As	Cd	Pb
2020	Godów	2,19	0,55	0,40	9,24
	Osieczów	0,37	1,85	0,15	7,13
	Puszcza Borecka	0,29	0,21	0,06	1,64
	Zielonka	0,34	0,43	0,10	2,72
2021	Godów	1,15	0,88	0,31	8,62
	Osieczów	0,57	1,73	0,15	7,78
	Puszcza Borecka	0,31	0,23	0,04	2,04
	Zielonka	0,66	0,37	0,12	3,00
2022	Godów	2,37	1,12	0,33	11,21
	Osieczów	0,59	3,10	0,17	7,98
	Puszcza Borecka	0,66	0,22	0,09	1,64
	Zielonka	0,12	0,16	0,03	1,08
średnia 2010-2021	Godów	1,49	1,40	0,57	19,68
	Osieczów	0,56	3,04	0,29	12,36
	Puszcza Borecka	0,53	0,33	0,12	3,18
	Zielonka	0,59	0,57	0,14	4,51

Godów – stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Przebiegi średnich rocznych wartości stężeń metali ciężkich w okresie 2010-2022 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji w Godowie nie wykazują jednoznacznych tendencji, jednak zaznaczają się różnice pomiędzy stacjami (Rys. 6.1.3a i 6.1.3b).



Rys. 6.1.3a. Stężenia średnie roczne metali ciężkich na stacji monitoringu transgranicznego (Godów) w latach 2010-2022 (źródło danych: PMŚ)



Rys. 6.1.3b. Stężenia średnie roczne metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2022.
[Dla Osieczowa inna skala] (źródło danych: PMŚ)

W tabeli 6.1.5 przedstawiono wyniki obliczeń względnych zmian stężenia pyłu i badanych w nim metali ciężkich w roku 2022 w stosunku do wartości z roku 2021. Na wszystkich stacjach, poza Osieczowem, wystąpił spadek średniego rocznego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀, ale w większości przypadków odnotowano wzrosty stężeń metali ciężkich; na wszystkich stacjach tła regionalnego wzrosty stężenia niklu i kadmu, a dla pozostałych metali sytuacja

wyglądała różnie. Względne różnice dla niklu wyniosły od -81,5% w Zielonce, przez 2,8% w Osieczowie po 112,0% w Puszczy Boreckiej, dla ołowiu od -64,0% w Zielonce i -19,4% w Puszczy Boreckiej po 24,3% w Osieczowie. Stężenia arsenu były niższe od notowanych rok wcześniej na stacjach w Zielonce (o 56,3%) i w Puszczy Boreckiej (o 6,1%), a wyższe w Osieczowie (o 79,1%). Stężenie kadmu spadło w Zielonce (o 72,6%) a wzrosło w Osieczowie (o 13,7%) i w Puszczy Boreckiej (o 103,0%). Na stacji Godów zanotowano wzrost stężenia niklu o 105,0%, arsenu (o 26,9%), kadmu o 9,2%, a ołowiu o 30,1%.

Procentowe zmiany stężeń pyłu zawieszonego PM10 i metali ciężkich względem roku poprzedniego przedstawione w tabeli 6.1.5 mają odbicie w tabeli 6.1.6, przedstawiającej wizualizację tendencji zmian stężeń pyłu zawieszonego PM10 i zawartych w nim metali.

Tab. 6.1.5. Zmiany względne stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 i oznaczanych w nim metali ciężkich w roku 2022 względem roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	PM10	Ni	As	Cd	Pb
	[%]				
Godów	-19,1	105,0	26,9	9,2	30,1
Osieczów	2,5	2,8	79,1	13,7	2,5
Puszcza Borecka	-1,6	112,0	-6,1	103,0	-19,4
Zielonka	-12,6	-81,5	-56,3	-72,6	-64,0

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Tab. 6.1.6. Tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 i oznaczanych w nim metali ciężkich w roku 2022 względem roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

Stacje	PM10	Ni	As	Cd	Pb
Godów	↘	↗	↗	↗	↗
Osieczów	↗	↗	↗	↗	↗
Puszcza Borecka	↘	↗	↘	↗	↘
Zielonka	↘	↘	↘	↘	↘

↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Podobną ocenę stężeń notowanych w roku 2022 przedstawiono w stosunku do wartości średnich z lat 2010-2021 (Tab. 6.1.7 i 6.1.8). W zdecydowanej większości przypadków – poza niklem na wszystkich stacjach oprócz Zielonki i arsenem w Osieczowie - odnotowano spadki stężeń badanych metali ciężkich, przy porównywalnych zmianach stężeń pyłu zawieszonego PM10. Spadki sięgnęły od ponad 70% (dla wszystkich metali w Zielonce) przez ponad -40% (Cd w Godowie i Osieczowie, Pb w Godowie i Puszczy Boreckiej) do około 20% (As w Godowie i Cd w Puszczy Boreckiej). Wzrosty dla niklu wyniosły od 4,9% w Osieczowie, przez 22,6% w Puszczy Boreckiej po 58,5% w Godowie, a dla arsenu w Osieczowie 1,9%.

Tab. 6.1.7. Zmiany względne stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 i oznaczanych w nim metali ciężkich w roku 2022 względem wartości średnich z lat 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	PM10	Ni	As	Cd	Pb
	[%]				
Godów	-35,1	58,5	-20,5	-41,0	-43,0
Osieczów	-15,7	4,9	1,9	-42,5	-35,5
Puszcza Borecka	-18,0	22,6	-33,7	-24,4	-48,3
Zielonka	-24,6	-79,2	-71,8	-76,8	-76,1

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

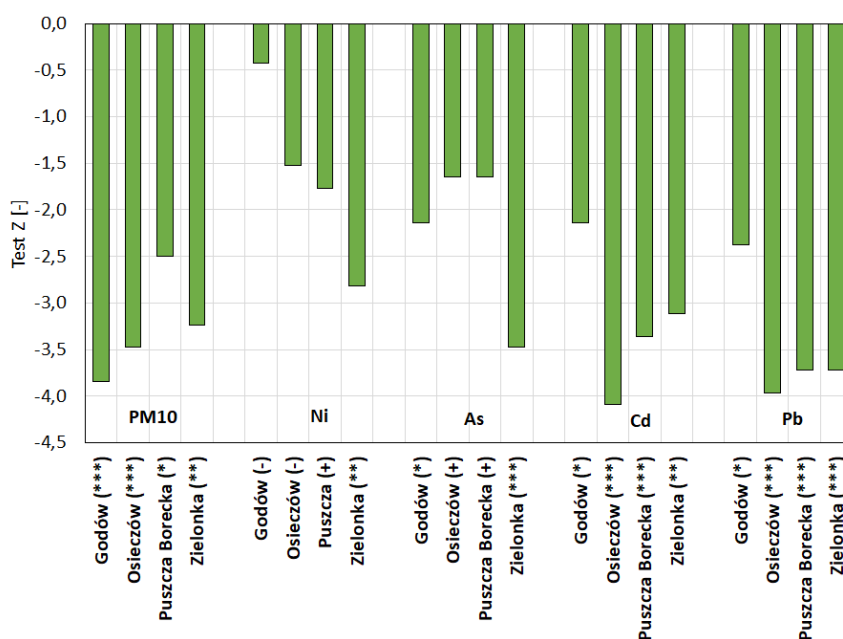
Tab. 6.1.8. Tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 i oznaczanych w nim metali ciężkich w roku 2022 względem wartości średnich z lat 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

Stacje	PM10	Ni	As	Cd	Pb
Godów	↘	↗	↘	↘	↘
Osieczów	↘	↗	↗	↘	↘
Puszcza Borecka	↘	↗	↘	↘	↘
Zielonka	↘	↘	↘	↘	↘

↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

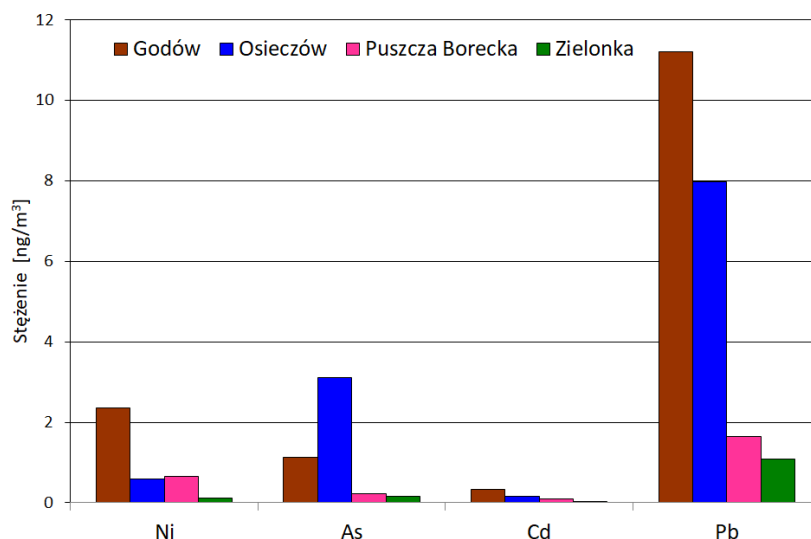
Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Dane uzyskane w latach 2010-2022 poddano analizie statystycznej w celu wykrycia trendów. Na wszystkich stacjach odnotowano trend malejący stężenia pyłu zawieszonego PM10 (o czym świadczy ujemna wartość Z), był to trend istotny statystycznie, przy czym na stacjach Godów i Osieczów istotność była największa (***), a w Puszczy Boreckiej najmniejsza (*). W przypadku niklu odnotowano trend malejący w Zielonce, a także w Puszczy Boreckiej (mniejszy) oraz brak trendu w Godowie i Osieczowie (tylko tendencję malejącą). Dla arsenu trend o różnym stopniu istotności stwierdzono na wszystkich stacjach. Istotny statystycznie trend (najbardziej istotny) charakteryzował stężenie kadmu w pyłe na stacjach Osieczów i Puszcza Borecka, mniejszy w Zielonce, a najmniejszy w Godowie. Na wszystkich stacjach odnotowano spadkowy trend stężenia ołowiu, przy czym na stacjach tła regionalnego był on najbardziej istotny (***), a w Godowie mniej istotny (*) (Rys. 6.1.4).



Rys. 6.1.4. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 i zawartych w nim metali ciężkich na stacjach tła regionalnego i stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie w latach 2010-2022 (źródło danych: PMŚ)

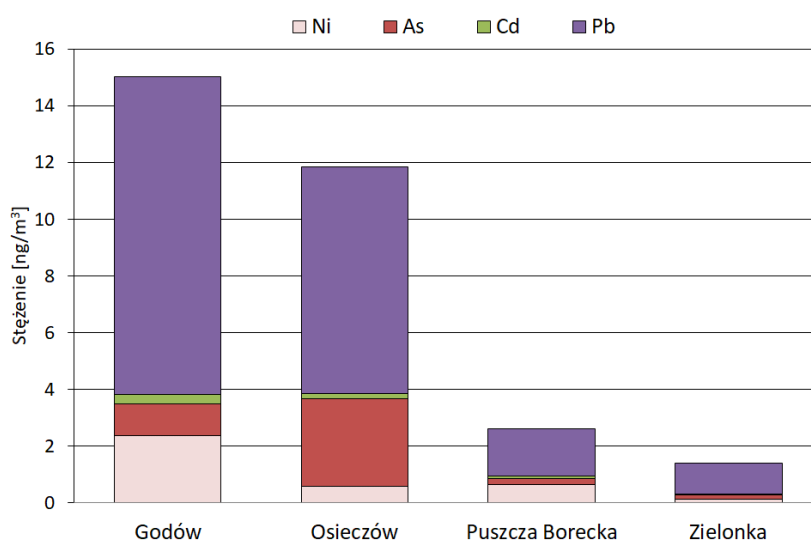
Wartości średnich stężeń metali ciężkich w roku 2022 na stacjach tła regionalnego i stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejskiej) przedstawiono na rysunku 6.1.5.



Rys. 6.1.5. Stężenia średnie roczne metali ciężkich na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) w 2022 roku (źródło danych: PMŚ)

W 2022 roku, podobnie jak w latach poprzednich, spośród analizowanych czterech metali ciężkich, najwyższe stężenia zaobserwowano dla ołowiu; szczególnie wysokie wartości odnotowano na stacji podmiejskiej w Godowie, gdzie przypadało maksimum stężeń ołowiu. W przypadku arsenu, najwyższe stężenia wystąpiły w Osieczowie, ale taką sytuację obserwowano od lat w tym rejonie kraju. Najniższe wartości spośród analizowanych metali ciężkich oznaczanych w pyłe zawieszonym PM10 obserwowane były na wszystkich czterech stacjach dla kadmu (najniższe w Zielonce). Najmniejsze zróżnicowanie średnich rocznych stężeń pomiędzy stacjami w analizowanym okresie 2010-2022 obserwowano właśnie dla kadmu.

Na wszystkich stacjach spośród analizowanych metali ciężkich, najwyższy udział procentowy obserwuje się dla ołowiu, a na końcu kadmu (Rys. 6.1.6). następnie dla niklu i arsenu. W 2022 roku w Osieczowie na drugim miejscu (podobnie, jak we wcześniejszych latach), jak i w Zielonce (inaczej niż wcześniej) wystąpił arsen a na trzecim nikiel.



Rys. 6.1.6. Udział metali ciężkich zawartych w pyłe zawieszonym PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w 2022 roku (źródło danych: PMŚ)

Tab. 6.1.9. Kolejność występowania metali ciężkich w pyłe zawieszonym PM10 ze względu na stężenie średnie roczne w 2022 (źródło danych: PMŚ)

Godów	Pb	Ni	As	Cd
Osieczów	Pb	As	Ni	Cd
Puszcza Borecka	Pb	Ni	As	Cd
Zielonka	Pb	As	Ni	Cd

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

6.1.3. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyłe zawieszonym PM10

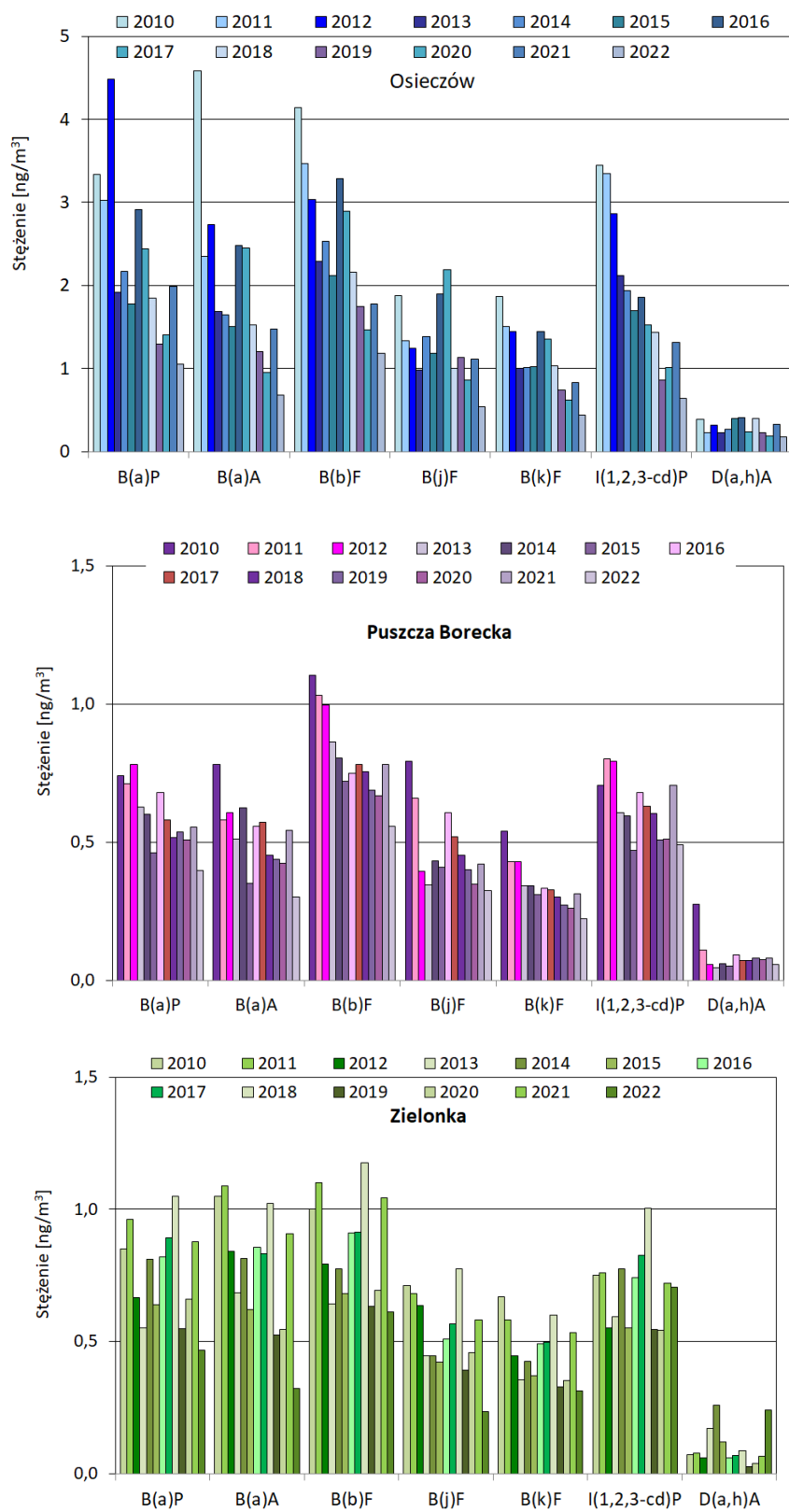
Wartości stężeń średnich rocznych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zawartych w pyłe zawieszonym PM10 w latach 2010-2022 przedstawiono w tabeli 6.1.10 (kolorem czerwonym oznaczono przekroczenia wartości docelowej benzo(a)pirenu). Zmiany stężeń rocznych na analizowanych stacjach w roku 2022 pokazano na rysunku 6.1.7.

W roku 2022 stężenia średnie roczne benzo(a)pirenu na omawianych stacjach były wyższe od poziomu docelowego tylko na stacji podmiejskiej w Godowie, osiągając wartość 6 ng/m³. W latach 2010-2018 oraz 2021 przekroczenia notowano na stacjach w Godowie i Osieczowie (w Godowie także w kolejnych latach 2019 i 2020). W roku 2019 i 2020, jak również w 2022, biorąc pod uwagę zasadę, że przy ocenie, czy wystąpiło przekroczenie poziomu docelowego wyniki są zaokrąglane do całości, w Osieczowie nie odnotowano przekroczenia wartości docelowej (stężenie średnie roczne <1,5 ng/m³). Na stacji Zielonka, która w wieloleciu należała do tych, gdzie obserwowano niskie wartości, średnie roczne stężenie w roku 2022 osiągnęło trzecią w kolejności wartość spośród notowanych na omawianych stacjach. Na stacji Puszcza Borecka stężenie benzo(a)pirenu było najniższe, zarówno gdy mowa o wartości średniej w wieloleciu, jak i o średniej w ostatnim roku. Średnie roczne stężenie w roku 2022 na tej stacji stanowiło 47% poziomu docelowego.

Średnie roczne stężenia analizowanych WWA na stacjach Osieczów i Puszcza Borecka w okresie 2010-2022 wykazują na ogół tendencje spadkowe, które jednak zostały zahamowane w 2016, a powróciły w latach 2017-2020 i znowu zostały odwrócone w 2021 roku, by w ostatnim roku pojawić się znowu i powodują, że stężenia średnie roczne wszystkich WWA osiągnęły najmniejsze wartości w wieloleciu (Rys. 6.1.7). Na stacji Zielonka spadku w skali całego wielolecia nie widać, ale jest wyraźny w roku 2019, zatrzymany w 2020, odwrócony w 2021 roku i po raz kolejny obserwowany w ostatnim roku dla wszystkich WWA poza D(a,h)A. Również na tej stacji w wielu przypadkach stężenia spadły poniżej wartości dotąd najmniejszych.

Tab. 6.1.10. Stężenia średnie roczne WWA na stacjach tła regionalnego oraz stacji Godów w latach 2010-2022 (źródło danych: PMŚ)

Rok	Stacja	WWA w pyłe zawieszonym 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	14,00	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	3,34	4,58	4,14	1,88	1,87	3,45	0,39
	Puszcza Borecka	0,74	0,78	1,10	0,79	0,54	0,71	0,28
	Zielonka	0,85	1,05	1,00	0,71	0,67	0,75	0,07
2011	Godów	14,18	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	3,02	2,35	3,47	1,33	1,51	3,35	0,23
	Puszcza Borecka	0,71	0,58	1,03	0,66	0,43	0,80	0,11
	Zielonka	0,96	1,09	1,10	0,68	0,58	0,76	0,08
2012	Godów	10,54	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	4,49	2,73	3,04	1,24	1,45	2,86	0,31
	Puszcza Borecka	0,78	0,61	0,99	0,39	0,43	0,79	0,06
	Zielonka	0,67	0,84	0,79	0,64	0,45	0,55	0,06
2013	Godów	10,51	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	1,92	1,69	2,29	0,98	1,00	2,12	0,22
	Puszcza Borecka	0,63	0,51	0,86	0,34	0,34	0,61	0,05
	Zielonka	0,55	0,68	0,64	0,45	0,35	0,59	0,17
2014	Godów	9,63	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	2,17	1,64	2,53	1,38	1,02	1,93	0,27
	Puszcza Borecka	0,60	0,62	0,80	0,43	0,34	0,59	0,06
	Zielonka	0,81	0,81	0,77	0,44	0,43	0,78	0,26
2015	Godów	8,77	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	1,78	1,50	2,12	1,18	1,02	1,70	0,40
	Puszcza Borecka	0,46	0,35	0,72	0,41	0,31	0,47	0,05
	Zielonka	0,64	0,62	0,68	0,42	0,37	0,55	0,12
2016	Godów	7,88	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	2,92	2,48	3,28	1,89	1,45	1,86	0,41
	Puszcza Borecka	0,68	0,56	0,75	0,61	0,33	0,68	0,09
	Zielonka	0,82	0,85	0,91	0,51	0,49	0,74	0,06
2017	Godów	6,87	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	2,44	2,45	2,89	2,19	1,35	1,53	0,23
	Puszcza Borecka	0,58	0,57	0,78	0,52	0,33	0,63	0,07
	Zielonka	0,89	0,83	0,91	0,57	0,50	0,83	0,07
2018	Godów	9,26	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	1,85	1,53	2,16	1,00	1,04	1,43	0,39
	Puszcza Borecka	0,52	0,45	0,76	0,45	0,30	0,60	0,07
	Zielonka	1,05	1,02	1,18	0,77	0,60	1,00	0,09
2019	Godów	8,31	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	1,29	1,21	1,74	1,13	0,74	0,87	0,22
	Puszcza Borecka	0,54	0,44	0,69	0,40	0,27	0,51	0,08
	Zielonka	0,55	0,52	0,63	0,39	0,33	0,54	0,03
2020	Godów	7,78	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	1,41	0,95	1,47	0,87	0,62	1,02	0,19
	Puszcza Borecka	0,51	0,42	0,67	0,35	0,26	0,51	0,07
	Zielonka	0,66	0,55	0,69	0,46	0,35	0,54	0,04
2021	Godów	8,91	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	1,98	1,48	1,78	1,12	0,83	1,31	0,32
	Puszcza Borecka	0,55	0,54	0,78	0,42	0,31	0,71	0,08
	Zielonka	0,88	0,91	1,04	0,58	0,53	0,72	0,06
2022	Godów	6,10	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	1,05	0,68	1,18	0,54	0,43	0,63	0,18
	Puszcza Borecka	0,40	0,30	0,56	0,32	0,22	0,49	0,06
	Zielonka	0,47	0,32	0,61	0,23	0,31	0,70	0,24
średnia 2010-2021	Godów	9,72	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	2,38	2,05	2,58	1,35	1,16	1,95	0,30
	Puszcza Borecka	0,61	0,54	0,83	0,48	0,35	0,63	0,09
	Zielonka	0,78	0,82	0,86	0,55	0,47	0,70	0,09



Rys. 6.1.7. Stężenia średnie roczne WWA na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2022
(źródło danych: PMŚ)

Względne zmiany stężeń badanych WWA wskazują na spadek wszystkich z nich na każdej z omawianych stacji, poza D(a,h) w Zielonce (Tab. 6.1.11). Zmiany sięgają kilkudziesięciu procent. Największe spadki dotyczyły benzo(a)antracenu i benzo(j)fluorantenu w Zielonce (odpowiednio 64,4% i 60,0%) i w Osieczowie (odpowiednio 53,6% i 51,6%). Najmniejsze spadki odnotowano dla i benzo(j)fluorantenu i dibenzo(a,h)antracenu w Puszczy Boreckiej (29,4% i 28,0%) oraz indeno(1,2,3-cd)pirenu w Zielonce (2,3%). Wzrost dotyczył dibenzo(a,h)antracenu w Zielonce i osiągnął 275,5%.

Tab. 6.1.11. Zmiany względne stężenia średniego rocznego pyłu zawieszonego PM10 i oznaczanych w nim WWA w 2022 roku względem roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	PM10	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	-19,1	-31,5						
Osieczów	2,5	-47,1	-53,6	-33,3	-51,6	-47,7	-51,5	-45,9
Puszcza Borecka	-1,6	-28,4	-44,1	-28,7	-23,0	-29,4	-30,7	-28,0
Zielonka	-12,6	-46,6	-64,4	-41,3	-60,0	-41,6	-2,3	275,5

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)

W tabeli 6.1.12 przedstawiono zmiany średnich rocznych stężeń WWA w roku 2022 w stosunku do roku 2021 w postaci symboli (strzałek) ilustrujących tendencje zmian. Widoczny jest spadek stężeń niemal wszystkich badanych WWA na stacjach tła regionalnego, jak i benzo(a)pirenu mierzonego na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń – stacji w Godowie. Wzrost zaobserwowano jedynie w przypadku dibenzo(a,h)antracenu na stacji w Zielonce.

Tab. 6.1.12. Tendencje zmian stężenia średniego rocznego WWA oznaczanych w pyłe zawieszonym PM10 w roku 2022 w stosunku do roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

Stacje	PM10	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	↘	↘						
Osieczów	↗	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
Puszcza Borecka	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
Zielonka	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↗

↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Podobną ocenę stężeń notowanych w roku 2022 przedstawiono w stosunku do wartości średnich z lat 2010-2021 (Tab. 6.1.13 i 6.1.14). Względne zmiany stężeń wskazują na spadki stężenia większości badanych węglowodorów na większości analizowanych stacji. Stężenie benzo(a)pirenu na stacji w Godowie było mniejsze niż wartość średnia w okresie 2010-2021 o 37,2% a spadek stężenia b(a)p był porównywalny ze spadkiem stężenia pyłu. Względne różnice stężeń wynosiły po kilkadziesiąt procent. W Zielonce, pomimo spadku stężenia pyłu zawieszonego PM10, odnotowano wzrosty stężeń dibenzo(a,h)antracenu (aż o 185%) i indeno(1,2,3-cd)pirenu (o 1,1%). Największe różnice stężeń z roku 2022 i wartości średnich z wielolecia odnotowano w przypadku benzo(a)antracenu (-66,6%) i indeno(1,2,3-cd)pirenu (-67,5%) w Osieczowie oraz benzo(a)antracenu (-60,5%) w Zielonce.

Tabela 6.1.13. Zmiany względne stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 i oznaczanych w nim WWA w 2022 roku względem wartości średnich z lat 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	PM10	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	-35,1	-37,2						
Osieczów	-15,7	-55,9	-66,6	-54,0	-59,9	-62,4	-67,5	-41,4
Puszcza Borecka	-18,0	-34,6	-43,6	-32,7	-32,8	-36,7	-22,7	-35,3
Zielonka	-24,6	-39,8	-60,5	-29,0	-57,8	-33,7	1,1	164,8

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

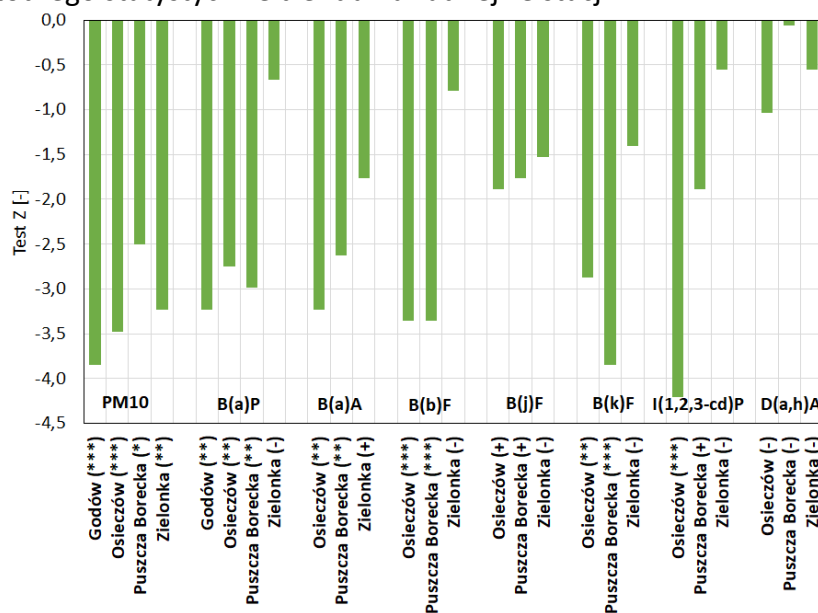
Tab. 6.1.14. Tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 i oznaczanych w nim WWA w 2022 roku względem wartości średnich z lat 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

Stacje	PM10	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	↘	↘						
Osieczów	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
Puszcza Borecka	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
Zielonka	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↗

↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

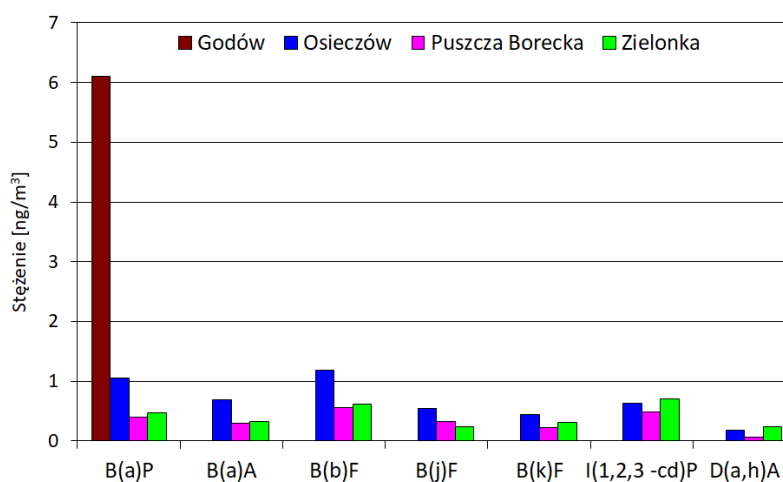
Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Analiza trendów w seriach danych uzyskanych w latach 2010-2022 wykazała istnienie trendów i tendencji spadkowych dla wszystkich WWA oraz pyłu zawieszonego PM10 na wszystkich stacjach (Rys. 6.1.8). Trendy malejące – o różnym stopniu istotności – stwierdzono na stacjach w Osieczowie i Puszczy Boreckiej. Największe i najbardziej znaczące były dla B(b)F i B(k)F, a także dla B(a)A i B(a)P oraz I(1,2,3-cd)P w Osieczowie. Również dla stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie odnotowano istotny statystycznie trend malejący stężenia B(a)P. Na stacji w Zielonce stwierdzono brak istotnego statystycznie trendu, tylko tendencję malejącą dla wszystkich WWA poza benzo(a)antracenen, dla którego wykryto mało istotny trend. Serie pomiarowe D(a,h)A nie wykazywały istotnego statystycznie trendu na żadnej ze stacji.



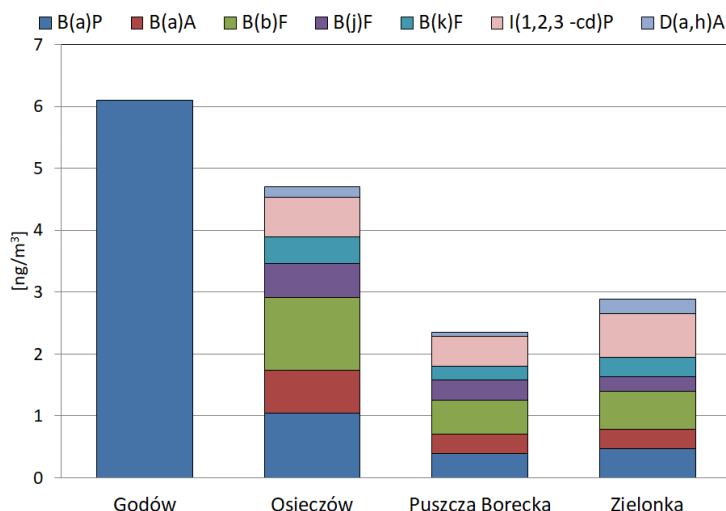
Rys. 6.1.8. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 i zawartych w nim WWA na stacjach tła regionalnego i stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie (tylko B(a)P) w latach 2010-2022 (źródło danych: PMŚ)

W roku 2022 średnie stężenia benzo(a)pirenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu i indeno(1,2,3-cd)pirenu na poszczególnych stacjach tła regionalnego były na zbliżonym do siebie poziomie, a na niższym poziomie były stężenia dibenzo(a,h)antracenu. Największe stężenia większości badanych WWA odnotowano w Osieczowie, jedynie w przypadku I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A na stacji w Zielonce. Stężenia B(a)P na stacji Godów (stacja podmiejska) były znacząco wyższe niż na pozostałych stacjach. Duże podobieństwo wyników dla większości substancji widać dla stacji Puszcza Borecka i Zielonka. Generalnie dla wszystkich składników wyraźnie widać prawidłowość, iż największe wartości na stacjach tła regionalnego notowano w Osieczowie, mniejsze na ogół w Zielonce, a najmniejsze w Puszczy Boreckiej. Oczywiście, nad tymi wynikami dominuje stężenie benzo(a)pirenu ze stacji Godów (ale na tej stacji nie wykonuje się pomiarów stężeń innych WWA).



Rys. 6.1.9. Stężenia średnie roczne WWA na stacjach tła oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) w roku 2022 (źródło danych: PMŚ)

Udział stężeń węglowodorów oznaczanych w pyłe zawieszonym PM₁₀ w roku 2022 na omawianych stacjach przedstawiono na rysunku 6.1.10. Na stacjach w Osieczowie i Zielonce przeważały B(b)F, B(a)P, lub B(a)A, stanowiąc razem po ok. 62% sumy oznaczanych WWA. W Puszczy Boreckiej największy udział (23,7%) miał B(b)F, a na kolejnych miejscach uplasowały się I(1,2,3-cd)P, B(b)F i B(a)A, których udziały w sumie oznaczanych związków wynosiły 14-21%. Pierwsze trzy węglowodory stanowiły razem na tej stacji 61,5% sumy WWA. Udział D(a,h)A był najmniejszy na wszystkich stacjach, stanowiąc od 2,5% w Puszczy Boreckiej do 8,0% w Zielonce.



Rys. 6.1.10. Stężenie WWA zawartych w pyłe zawieszonym PM10 na stacjach tła regionalnego i na stacji w Godowie (tylko B(a)P) w 2022 roku (źródło danych: PMŚ)

W tabeli 6.1.15 przedstawiono kolejność występowania stężeń WWA zawartych w pyłe zawieszonym PM10 w roku 2022 licząc od najwyższych do najniższych wartości stężeń. Uzyskane wyniki pokazują, że generalnie przeważa B(b)F i B(a)P, zaś najmniej jest D(a,h)A i B(k)F.

Tab. 6.1.15. Kolejność występowania WWA w pyłe zawieszonym PM10 ze względu na stężenie średnie roczne w 2022 r. (źródło danych: PMŚ)

Godów	B(a)P						
Osieczów	B(a)P	B(b)F	B(a)A	I(1,2,3-cd)P	B(j)F	B(k)F	D(a,h)A
Puszcza Borecka	B(b)F	I(1,2,3-cd)P	B(a)P	B(a)A	B(j)F	B(k)F	D(a,h)A
Zielonka	B(b)F	B(a)A	B(a)P	I(1,2,3-cd)P	B(j)F	B(k)F	D(a,h)A

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

6.2. Zanieczyszczenia zawarte w pyłe zawieszonym PM2,5

W niniejszym rozdziale przedstawiono ocenę w zakresie zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM2,5 oraz oznaczanymi w nim jonami i węglem (elementarnym i organicznym) w latach 2010-2022 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego zanieczyszczania powietrza w Godowie.

6.2.1. Pył zawieszony PM2,5

Wartość poziomu docelowego i poziomu dopuszczalnego dla pyłu zawieszonego PM2,5, dla kryterium ochrony zdrowia przedstawiono w tabeli 6.2.1. Wartość poziomu docelowego 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obowiązywała od 1 stycznia 2010 r. zaś wartość poziomu dopuszczalnego osiągnięta miała być w dwóch fazach:

- w fazie 1 kończącej się 1 stycznia 2015 r. obowiązywał margines tolerancji (w 2014 roku zastosowany po raz ostatni),
- w fazie 2 kończącej się 1 stycznia 2020 r. powinna zostać osiągnięta wartość poziomu dopuszczalnego równa 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

A zatem w roku 2021 (i 2020) stężenia pyłu zawieszonego PM2,5 uzyskane na omawianych stacjach tła regionalnego oraz na stacji w Godowie odniesiono do poziomu dopuszczalnego

równego 20 µg/m³. O poziomach dopuszczalnych, które już wygasły wspomniano ze względu na fakt, że w raporcie prezentowane są wyniki od 2010 roku i dane te były odnoszone do aktualnych wówczas poziomów dopuszczalnych i poziomu docelowego.

Tabela 6.2.1. Poziom docelowy i poziom dopuszczalny stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla kryterium ochrony zdrowia²⁴

poziom docelowy

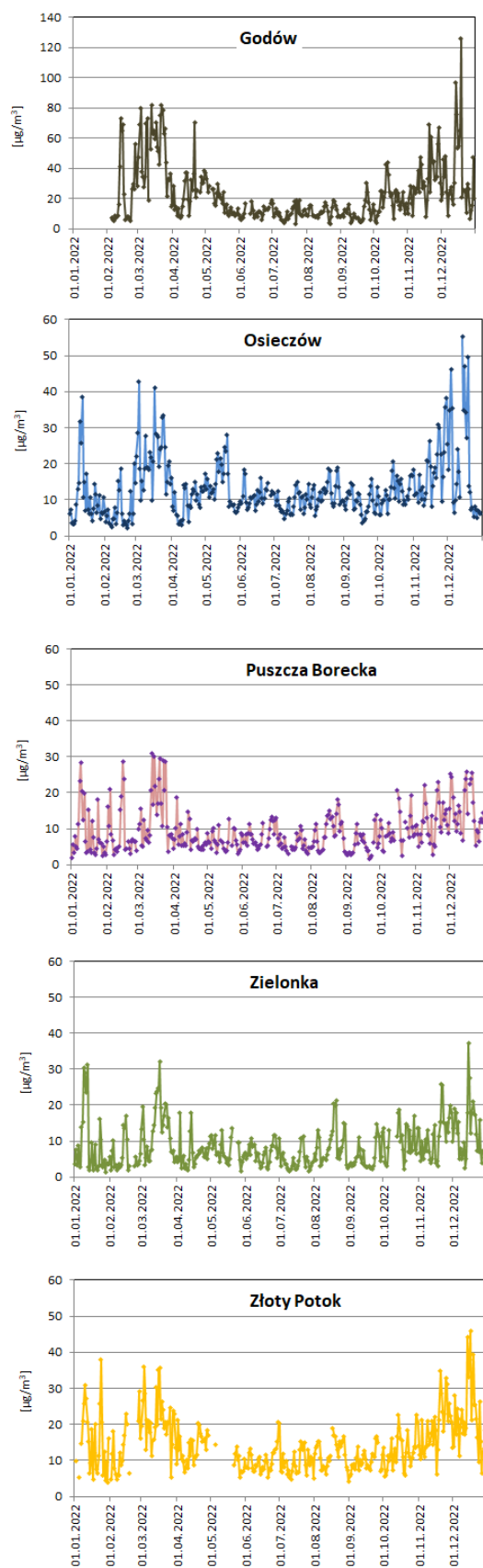
okres uśredniania wyników pomiarów	poziom docelowy [µg/m ³]	termin osiągnięcia poziomu docelowego
rok kalendarzowy	25	2010

poziom dopuszczalny

okres uśredniania wyników pomiarów	poziom dopuszczalny [µg/m³]	poziom dopuszczalny + margines tolerancji [µg/m³]						termin osiągnięcia poziomu dopuszczalnego
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	
FAZA 1								
rok kalendarzowy	25	29	28	27	26	26	25	1 stycznia 2015 r.
FAZA 2								
rok kalendarzowy	20	brak marginesu tolerancji						1 stycznia 2020 r.

Przebiegi dobowych wartości stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} na stacjach tła w 2022 roku przedstawiono na rys. 6.2.1. Charakterystyczny przebieg, w którym w chłodnej połowie roku są notowane wyższe wartości niż w ciepłej, widoczny jest na wszystkich stacjach tła regionalnego oraz w Godowie. W 2022 roku na stacjach tła regionalnego w Osieczowie, Złotym Potoku i Puszczy Boreckiej odnotowano wyższe wartości w IV kwartale niż w I kwartale, a w latach wcześniejszych było na ogół odwrotnie (szczególnie jak w roku 2017, gdy różnice między kwartałami były znaczące do czego przyczyniły się warunki sprzyjające kumulacji zanieczyszczeń i sytuacjom smogowym w styczniu i lutym 2017). Różnice względne pomiędzy kwartałami wyniosły od 8% w Złotym Potoku, przez 13% w Puszczy Boreckiej do 18% w Zielonce i 20% w Osieczowie. Jedynie na stacji Godów wyższe było średnie stężenie w I kwartale (o 33%), przy czym należy zaznaczyć, że na tej stacji brakuje danych ze stycznia.

²⁴ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2021, poz. 845)



Rys. 6.2.1. Przebieg średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w roku 2022 (źródło danych: PM₅) [Dla Godowa inna skala]

W tabeli 6.2.2 przedstawiono stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji w Godowie w latach 2010-2022. Kolorem czerwonym zaznaczono w tabeli przekroczenia poziomów docelowych/dopuszczalnych.

Tab. 6.2.2. Stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2022 (źródło danych: PMS)

Rok	Stacja	Stężenie średnie roczne pyłu PM _{2,5}	Stężenie w stosunku do poziomu docelowego z roku 2010	Stężenie w stosunku do poziomu dopuszczalnego w danym roku	Stężenie w stosunku do poziomu dopuszczalnego z roku 2020
		µg/m ³	%	%	%
2010	Godów	49,1	196,4	171,9	245,5
	Osieczów	17,0	68,0	59,5	85,0
	Puszcza Borecka	15,2	60,9	53,3	76,2
	Zielonka	19,5	78,0	68,3	97,5
	Złoty Potok	21,9	87,4	76,5	109,3
2011	Godów	41,9	167,6	150,4	209,5
	Osieczów	20,4	81,5	73,1	101,9
	Puszcza Borecka	12,8	51,2	45,9	64,0
	Zielonka	16,1	64,3	57,7	80,4
	Złoty Potok	21,3	85,2	76,5	106,6
2012	Godów	39,9	159,6	147,8	199,5
	Osieczów	17,0	68,1	63,0	85,1
	Puszcza Borecka	13,8	55,3	51,2	69,1
	Zielonka	15,5	62,0	57,4	77,5
	Złoty Potok	17,9	71,6	66,3	89,5
2013	Godów	38,4	153,8	147,9	192,2
	Osieczów	17,6	70,4	67,7	88,0
	Puszcza Borecka	12,8	51,4	49,4	64,2
	Zielonka	14,5	57,9	55,7	72,4
	Złoty Potok	23,0	91,9	88,3	114,8
2014	Godów	40,0	159,9	153,8	199,9
	Osieczów	16,0	64,1	61,6	80,1
	Puszcza Borecka	13,8	55,4	53,3	69,2
	Zielonka	14,6	58,5	56,2	73,1
	Złoty Potok	21,3	85,3	82,0	106,6
2015	Godów	34,9	139,5	139,5	174,4
	Osieczów	14,6	58,3	58,3	72,9
	Puszcza Borecka	12,5	49,9	49,9	62,4
	Zielonka	-	-	-	-
	Złoty Potok	18,6	74,6	74,6	93,2
2016	Godów	32,6	130,3	130,3	162,9
	Osieczów	16,8	67,4	67,4	84,2
	Puszcza Borecka	11,4	45,7	45,7	57,1
	Zielonka	12,2	48,7	48,7	60,9
	Złoty Potok	18,6	74,5	74,5	93,1
2017	Godów	29,7	118,6	118,6	148,3
	Osieczów	16,2	64,9	64,9	81,1
	Puszcza Borecka	11,8	47,1	47,1	58,9
	Zielonka	11,7	46,9	46,9	58,6
	Złoty Potok	19,9	79,8	79,8	99,7
2018	Godów	38,5	154,2	154,2	192,7
	Osieczów	17,1	68,2	68,2	85,3
	Puszcza Borecka	12,1	48,4	48,4	60,4
	Zielonka	13,9	55,8	55,8	69,7
	Złoty Potok	20,0	79,8	79,8	99,8
2019	Godów	30,6	122,5	122,5	153,1
	Osieczów	13,1	52,4	52,4	65,5
	Puszcza Borecka	11,1	44,4	44,4	55,5

	Zielonka	9,6	38,6	38,6	48,2
	Złoty Potok	16,1	64,3	64,3	80,4
2020	Godów	26,5	105,9	132,3	132,3
	Osieczów	11,5	46,0	46,0	57,4
	Puszcza Borecka	9,1	36,4	36,4	45,5
	Zielonka	8,6	34,3	34,3	42,8
	Złoty Potok	14,7	58,6	58,6	73,3
	Godów	-	-	-	-
2021	Osieczów	12,3	49,2	49,2	61,5
	Puszcza Borecka	9,6	38,4	38,4	48,0
	Zielonka	8,7	34,8	34,8	43,4
	Złoty Potok	15,6	62,2	62,2	77,8
	Godów	22,7	90,7	113,4	113,4
2022	Osieczów	12,9	51,8	51,8	64,7
	Puszcza Borecka	9,3	37,2	37,2	46,5
	Zielonka	8,4	33,5	33,5	41,9
	Złoty Potok	14,2	56,8	56,8	71,0

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

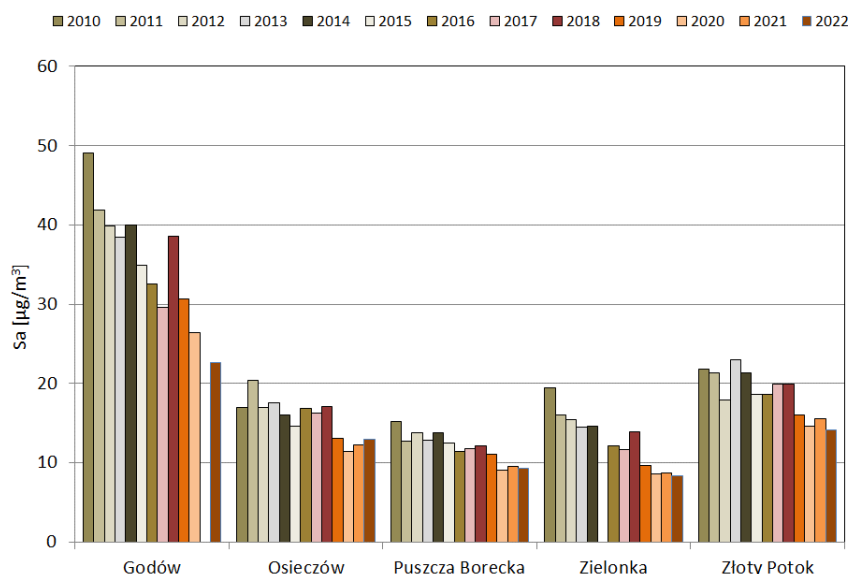
**dane z Zielonki za rok 2015 i z Godowa za rok 2021 pominięte z powodu zbyt niskiej kompletności*

W stosunku do poziomu dopuszczalnego określonego od roku 2020 na żadnej ze stacji tła regionalnego nie wystąpiło w ostatnim roku przekroczenie, a notowane stężenia średnie roczne pyłu zawieszonego PM_{2,5} stanowiły odpowiednio: 57% w Złotym Potoku, 52% w Osieczowie, 37% w Puszczy Boreckiej i 33% w Zielonce. Były to wartości mniejsze niż obserwowane rok wcześniej. Przekroczenie wystąpiło natomiast na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie, z tym że było ono mniejsze niż we wszystkich poprzednich latach i wyniosło 13%.

Na żadnej ze stacji tła regionalnego nie zanotowano w roku 2022 przekroczeń poziomu dopuszczalnego dla lat wcześniejszych, co miało miejsce we wszystkich latach w okresie 2010- 2020 na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie i po raz pierwszy nie miało miejsca w 2022 roku. Na początku analizowanego okresu - w latach 2010, 2011, 2013 i 2014 - na stacji Złoty Potok i w 2011 roku na stacji Osieczów stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} osiągało wartości przekraczające poziom dopuszczalny, przewidziany dla roku 2020.

Na dwóch stacjach (Godów i Zielonka) obserwowana była wyraźna tendencja spadkowa stężenia średniego rocznego pyłu zawieszonego PM_{2,5} od roku 2010, która w roku 2014 została zahamowana, ale powróciła w latach 2015-2017; została ona jednak odwrócona w 2018 roku, kiedy odnotowano wartości większe niż w poprzednich trzech latach; dwa kolejne lata to lata spadków stężeń a w latach 2020-2022 stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} w Zielonce utrzymało się na bardzo zbliżonym poziomie; dla Godowa brak danych z 2021 r., ale stężenie w roku 2022 było niższe niż w 2020 (Rys. 6.2.2). Tendencje w ciągu całego okresu objętego analizą dla pozostałych stacji nie są tak jednoznaczne, a zmiany z roku na rok nie były duże. Jednak w roku 2022 na wszystkich stacjach stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} było zbliżone do wartości z dwóch poprzednich lat, przy czym w Puszczy Boreckiej i Złotym Potoku było nieznacznie mniejsze w stosunku do wartości z roku poprzedniego, a w Osieczowie większe. Wszędzie stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} osiągnęło mniejsze wartości od notowanych na początku analizowanego okresu badań. Względne różnice wartości stężenia z ostatnich dwóch lat na stacjach tła regionalnego wyniosły 5,2% w Osieczowie, -3,2% w Puszczy Boreckiej i -3,5% w Zielonce i -8,7% w Złotym Potoku.

Omówienie zmian stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} przedstawiono wraz z trendami i tendencjami stężeń składników w nim badanych w wieloleciu w kolejnym podrozdziale.



dane z Zielonki za rok 2015 i z Godowa za rok 2021 pominięte z powodu zbyt niskiej kompletności
Rys. 6.2.2. Stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) w latach 2010-2022 (źródło danych: PMS)

Ekstremalne wartości stężenia średniego dobowego pyłu PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz w Godowie przedstawiono w tabeli 6.2.3. Największe maksymalne stężenie dobowe wystąpiło na stacji Godów (126,2 µg/m³), natomiast najmniejsze maksymalne – na stacji Puszcza Borecka (30,9 µg/m³). Na wszystkich stacjach, poza Puszcza Borecką, maksymalne stężenia wystąpiły w grudniu (pomiędzy 14 a 19 grudnia), a w Puszczy Boreckiej w marcu (13.03.2022). Maksima notowane w 2022 r. były na wszystkich stacjach znacząco mniejsze niż rok wcześniej. Na stacji Godów zaobserwowano największą rozpiętość wartości stężeń średnich dobowych (przy największych wartościach maksimum i minimum). Spośród stacji tła regionalnego największą amplitudę stężeń odnotowano w Osieczowie (przy największej wartości maksymalnej), a najmniejszą w Puszczy Boreckiej (przy najmniejszej wartości maksymalnej i drugiej z kolei minimalnej).

Tab. 6.2.3. Ekstremalne stężenia średnie dobowe pyłu zawieszonego PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) w roku 2022 (źródło danych: PMS)

Parametr	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
S24 _{max} [µg/m ³]	126,2	55,2	30,9	37,2	45,8
Data S24 _{max}	19.12.2022	14.12.2022	13.03.2022	15.12.2022	17.12.2022
S24 _{min} [µg/m ³]	3,0	2,2	1,5	1,3	3,8
Data S24 _{min}	22.07.2022	21.02.2022	21.09.2022	28.01.2022	30.01.2022
S24 _{max} – S24 _{min} [µg/m ³]	123,2	53,0	29,4	35,9	42,0

6.2.2. Skład pyłu zawieszonego PM_{2,5}

Wyniki stężeń poszczególnych składników oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} w latach 2010-2022, lub w krótszym okresie dla niektórych stacji bądź parametrów, przedstawiono w tabeli 6.2.3, zaś wyniki obliczeń względnych zmian stężeń dla poszczególnych substancji w roku 2022 w stosunku do roku 2021 - w tabeli 6.2.4. Jako wartości odniesienia z wielolecia

przyjęto średnie z okresu 2011-2021, gdyż w 2010 roku skład pyłu zawieszonego był badanych tylko na dwóch stacjach tła regionalnego.

Tab. 6.2.4. Wyniki badania składu pyłu zawieszonego PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2022 (źródło danych: PMŚ)

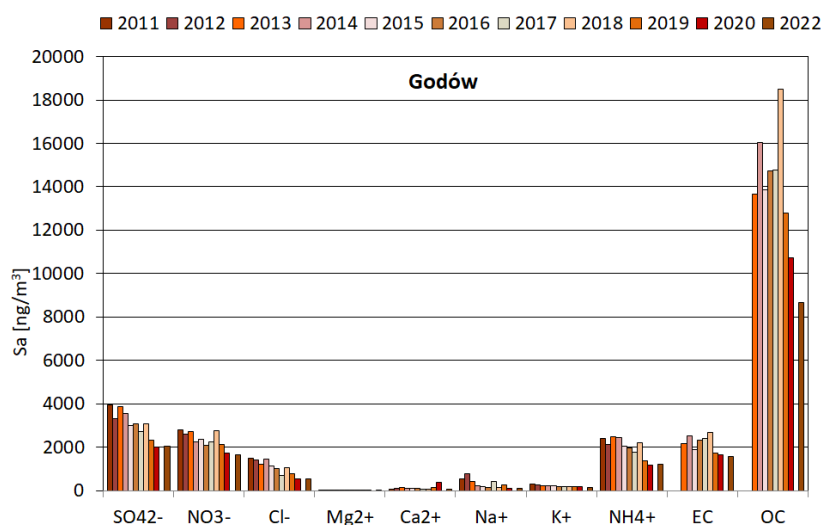
Rok	Stacja	PM _{2,5}	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	EC	OC
		[µg/m ³]	[ng/m ³]									
2010	Godów	49,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	17,0	2854,5	2163,7	161,1	10,3	49,4	-	147,9	1233,4	-	-
	Puszcza Borecka	15,2	2626,7	2102,5	187,0	39,1	144,2	1291,2	118,7	1117,1	-	-
	Zielonka	19,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Złoty Potok	21,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	Godów	41,9	3947,1	2783,8	1482,8	17,1	72,7	528,1	300,7	2406,6	-	-
	Osieczów	20,4	2682,8	1421,2	81,3	9,9	36,5	126,9	120,7	1211,7	1501,9	6290,9
	Puszcza Borecka	12,8	2104,7	1433,5	54,8	17,7	80,4	294,4	109,1	780,1	561,3	3237,8
	Zielonka	16,1	1780,0	1460,0	130,0	10,0	100,0	120,0	100,0	1080,0	877,3	4248,8
	Złoty Potok	21,3	4679,3	2152,9	584,6	79,5	244,4	4654,4	252,4	1014,3	-	-
2012	Godów	39,9	3325,9	2618,5	1428,4	24,0	109,9	768,7	261,8	2142,4	-	-
	Osieczów	17,0	2212,3	1314,2	80,6	12,0	12,0	181,9	112,4	945,7	1109,7	5097,9
	Puszcza Borecka	13,8	2077,1	1485,2	29,6	13,8	52,7	149,2	92,7	742,7	595,3	3275,7
	Zielonka	15,5	1746,9	1448,1	153,5	11,9	88,6	121,7	100,0	942,9	681,6	4563,7
	Złoty Potok	17,9	4205,4	1859,6	317,2	47,2	321,2	2034,7	139,2	1345,3	-	-
2013	Godów	38,4	3852,1	2708,2	1202,2	19,3	124,4	434,7	225,0	2491,3	2153,3	13658,5
	Osieczów	17,6	2649,4	1399,7	48,7	8,3	32,0	203,3	87,2	1075,0	807,9	5366,9
	Puszcza Borecka	12,8	1829,7	1028,2	16,9	11,3	40,9	133,4	78,5	790,4	509,8	3044,0
	Zielonka	14,5	2301,8	1472,9	197,0	12,3	107,3	116,4	102,9	881,0	524,4	3793,4
	Złoty Potok	23,0	3414,0	1748,9	201,0	25,5	144,3	396,8	94,7	1809,3	1513,4	8070,5
2014	Godów	40,0	3546,2	2229,7	1431,8	16,2	88,3	236,5	238,1	2440,4	2511,8	16057,9
	Osieczów	16,0	2615,6	1164,1	49,2	10,2	32,7	129,7	95,5	1059,6	780,1	5481,44
	Puszcza Borecka	13,8	2102,5	1436,7	75,0	14,8	62,7	166,8	107,8	1143,3	477,2	2935,03
	Zielonka	14,6	2164,5	1630,0	213,1	8,2	88,7	113,4	109,0	1314,9	701,3	6101,8
	Złoty Potok	21,3	3205,7	1390,6	191,1	23,6	190,5	359,9	136,3	1602,0	1272,1	6443,21
2015	Godów	34,9	3015,2	2379,6	1127,9	19,6	91,1	186,3	214,6	2050,5	1885,4	13873,3
	Osieczów	14,6	2277,0	1511,2	54,8	12,2	38,9	185,0	108,3	973,9	754,8	4667,0
	Puszcza Borecka	12,5	1668,8	1666,7	58,7	16,5	82,4	152,3	113,7	1021,4	484,4	3505,3
	Zielonka	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Złoty Potok	18,6	2654,5	1428,4	129,3	22,2	93,5	368,0	150,0	1357,8	1473,2	7759,3
2016	Godów	32,6	3077,4	2095,5	1019,2	16,2	88,6	151,0	198,1	1971,3	2319,2	14713,2
	Osieczów	16,8	2142,3	1623,7	153,9	11,0	28,5	213,7	96,0	964,2	966,5	5140,5
	Puszcza Borecka	11,4	1461,4	1370,2	53,3	8,3	36,0	98,1	73,0	855,2	471,2	3018,3
	Zielonka	12,2	1701,5	1747,3	131,9	9,8	103,0	91,5	93,0	834,4	682,3	4352,0
	Złoty Potok	18,6	2542,1	1458,3	179,8	13,5	65,7	175,8	132,3	1181,7	1410,0	6845,2
2017	Godów	29,7	2704,6	2237,1	678,6	18,2	82,0	407,8	187,1	1775,7	2394,7	14779,1
	Osieczów	16,2	2212,6	1501,8	78,4	11,9	30,3	145,7	97,6	1018,1	714,7	5094,3
	Puszcza Borecka	11,8	1308,9	1493,9	126,7	9,6	39,9	115,3	64,7	590,9	403,4	2941,0
	Zielonka	11,7	1672,9	1407,4	119,0	13,5	176,0	89,4	85,7	1074,7	437,9	3946,0
	Złoty Potok	19,9	2499,1	1563,1	137,0	14,5	51,5	167,7	136,3	1272,7	1366,2	6796,2
2018	Godów	38,5	3065,1	2743,6	1072,0	12,4	69,0	158,1	201,3	2216,3	2659,8	18491,6
	Osieczów	17,1	2022,7	1819,0	149,9	11,0	38,7	199,6	89,4	797,9	584,8	4571,5
	Puszcza Borecka	12,1	1673,1	1452,8	89,8	14,8	78,3	184,6	101,5	811,8	384,3	3331,3
	Zielonka	13,9	1804,5	1583,1	137,2	9,0	159,6	82,3	89,1	980,4	415,7	4976,9
	Złoty Potok	20,0	2453,7	1888,5	143,0	8,7	25,4	152,1	127,0	1419,0	1406,8	8148,3
2019	Godów	30,6	2314,4	2124,9	784,1	16,7	134,2	265,4	173,9	1357,4	1734,2	12785,3
	Osieczów	13,1	1669,1	1286,3	102,0	10,2	29,1	220,8	71,3	631,6	611,3	3593,0
	Puszcza Borecka	11,1	1387,6	1420,5	105,4	10,9	56,3	137,8	72,4	740,7	391,7	2785,3
	Zielonka	9,6	1222,0	993,5	100,9	4,3	87,0	73,0	58,4	819,7	343,9	3380,5
	Złoty Potok	16,1	2034,0	1285,0	74,6	14,7	56,2	272,0	97,4	1000,3	799,7	5598,4
2020	Godów	26,5	1988,4	1742,6	545,8	14,7	400,1	94,8	170,2	1154,8	1630,6	10728,9
	Osieczów	11,5	1435,0	1179,2	127,8	13,2	36,9	262,4	54,8	410,0	533,8	3242,9

Rok	Stacja	PM _{2,5}	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	EC	OC
		[µg/m ³]	[ng/m ³]									
	Puszcza Borecka	9,1	1163,1	990,7	83,0	12,4	47,1	98,3	62,4	535,2	301,1	2468,3
	Zielonka	8,6	1034,4	990,2	120,8	11,1	156,5	93,2	66,3	281,8	402,4	2773,1
	Złoty Potok	14,7	1933,1	1019,8	126,6	12,8	78,7	233,9	117,8	788,7	917,1	5462,4
2021	Godów	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	12,3	1537,9	1206,1	86,5	6,7	82,1	86,1	38,7	600,6	599,4	3713,5
	Puszcza Borecka	9,6	1094,2	1170,5	46,3	10,0	32,9	56,6	68,3	704,0	350,6	2695,3
	Zielonka	8,7	1173,0	1187,1	133,7	10,3	151,2	150,4	68,2	443,9	446,6	2878,4
	Złoty Potok	15,6	1940,2	1275,8	63,2	11,2	102,8	165,1	105,5	1008,5	927,9	6009,7
	Godów	22,7	2050,0	1633,6	520,9	11,4	67,4	97,9	150,6	1205,1	1574,3	8663,5
2022	Osieczów	12,9	1472,3	1003,8	77,6	11,6	49,5	107,3	64,5	632,7	570,7	3031,3
	Puszcza Borecka	9,3	1059,5	1059,4	78,7	11,6	27,5	87,1	73,4	596,1	324,3	2670,9
	Zielonka	8,4	1057,9	1191,2	113,7	11,6	97,7	297,8	74,5	285,1	302,7	2932,5
	Złoty Potok	14,2	1727,2	1026,6	107,4	17,0	104,7	221,0	95,2	866,2	756,3	5065,2
	Godów	35,3	3083,6	2366,4	1077,3	17,4	126,0	323,1	217,1	2000,7	2161,1	14386,0
średnia 2011- 2021	Osieczów	15,7	2132,4	1402,4	92,1	10,6	36,1	177,7	88,4	880,8	815,0	4750,9
	Puszcza Borecka	11,9	1624,6	1359,0	67,2	12,7	55,4	144,2	85,8	792,3	448,2	3021,6
	Zielonka	12,5	1660,2	1392,0	143,7	10,0	121,8	105,1	87,3	865,3	551,3	4101,5
	Złoty Potok	18,8	2869,2	1551,9	195,2	24,9	124,9	816,4	135,3	1254,5	1231,8	6792,6

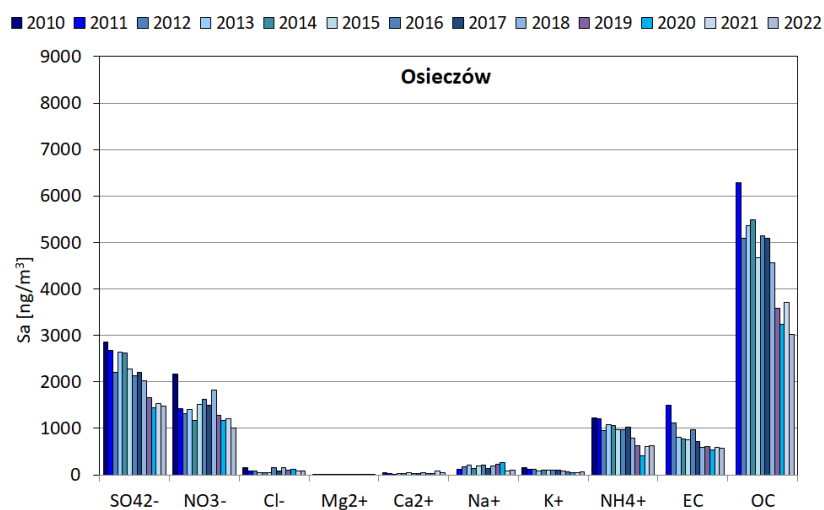
Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

* dane z Zielonki za rok 2015 i z Godowa za rok 2021 pominięte z powodu zbyt niskiej kompletności

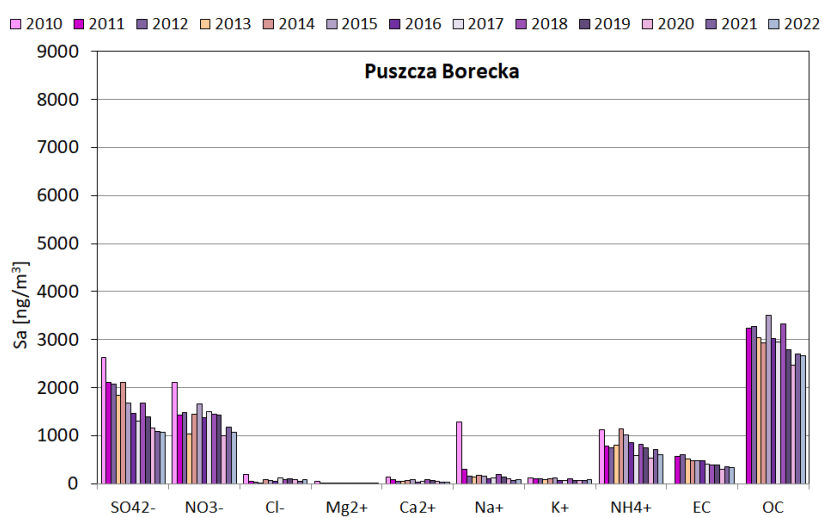
Na rysunkach 6.2.3 – 6.2.7 przedstawiono wartości średnich rocznych stężeń wszystkich mierzonych substancji w okresie objętym pomiarami na każdej ze stacji (dla stacji Godów przyjęto inną skalę niż dla czterech pozostałych).



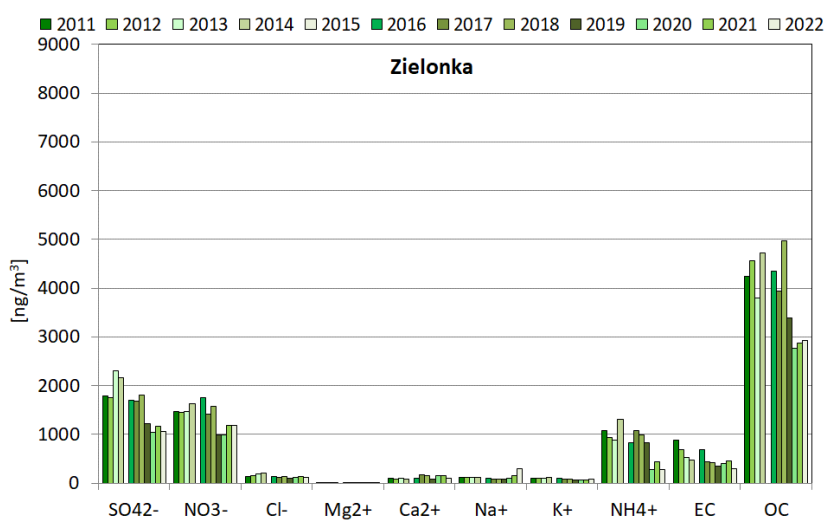
Rys. 6.2.3. Stężenia średnie roczne substancji na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń Godów w latach 2011-2022. Dane z roku 2021 pominięte ze względu na zbyt niską kompletność danych (źródło danych: PMŚ)



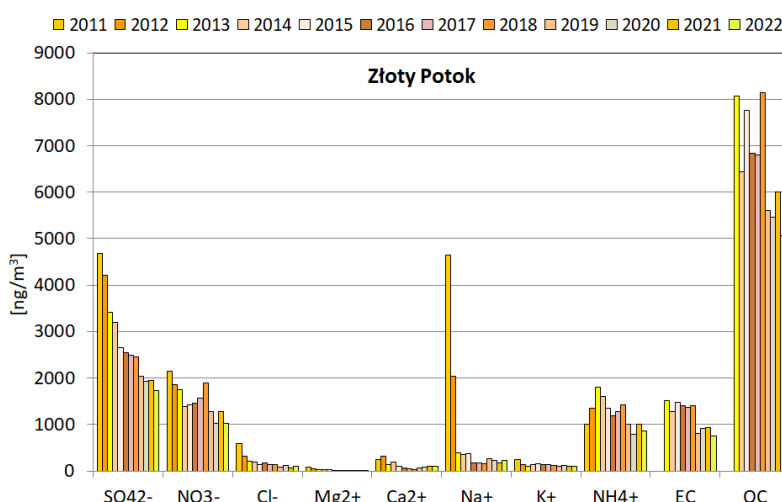
Rys. 6.2.4. Stężenia średnie roczne substancji na stacji Osieczów w latach 2010-2022 (źródło danych: PMŚ)



Rys. 6.2.5. Stężenia średnie roczne substancji na stacji Puszcza Borecka w latach 2010-2022 (źródło danych: PMŚ)



Rys. 6.2.6. Stężenia średnie roczne substancji na stacji Zielonka w latach 2011-2022 (źródło danych: PMŚ)



Rys. 6.2.7. Stężenia średnie roczne substancji na stacji Złoty Potok w latach 2011-2022 (źródło danych: PMŚ)

W 2022 roku w stosunku do wartości z 2021 roku, wraz ze spadkiem na wszystkich stacjach oprócz Osieczowa stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5}, spadły wszędzie stężenia jonów siarczanowego, azotanowego i węgla elementarnego. Na trzech stacjach zmalały stężenia jonu wapniowego (wszystkich ocenianych poza Puszcą Borecką), jonu amonowego (poza Osieczowem), węgla organicznego (poza Zielonką), na dwóch chlorkowego (poza Puszcą Borecką i Zielonką). Stężenia jonu potasowego były wyższe niż rok wcześniej na wszystkich stacjach tła regionalnego, poza Złotym Potokiem. Wzrost stężeń średnich rocznych w stosunku do obserwowanych rok wcześniej odnotowano wszędzie w przypadku sodu i magnezu. W przypadku anionów dla jonów siarczanowych i azotanowych spadki wyniosły na poszczególnych stacjach od 3,2% do 19,5%, a w Zielonce zmian praktycznie nie stwierdzono; dla jonów chlorkowych – tam gdzie był wzrost to sięgnął 70%, a spadki wyniosły 10,3-14,9%. W przypadku kationów: dla jonu amonowego spadki wyniosły od 14,1% w Złotym Potoku do 57,5% w Zielonce, dla wapnia wzrosty sięgnęły 30,6% w Złotym Potoku do 38,5% w Zielonce, a wzrost w Osieczowie był na poziomie 5,3%; dla wapnia spadki osiągnęły od 16,% w Puszczy Boreckiej do 39,8% w Osieczowie, a wzrost w Złotym Potoku wyniósł 1,9%; dla potasu spadek odnotowano jedynie w Złotym Potoku na poziomie 9,8%, a wzrosty to 7,5% w Puszczy Boreckiej, 9,3% w Zielonce i 66,6% w Osieczowie; dla jonów magnezowego i sodowego wzrost notowano wszędzie na poziomie kilkunastu-kilkudziesięciu procent – najmniej w Zielonce dla Mg²⁺ (12,1%) i największy w Zielonce dla Na⁺ (98,0%). Względne zmiany stężenia węgla sięgały odpowiednio od -4,8% w Osieczowie do -32,2% w Zielonce dla węgla elementarnego i od -18,4% w Osieczowie do 1,9% Zielonce dla węgla organicznego. Największy wzrost odnotowano dla sodu w Zielonce (98,0%) oraz magnezu i potasu w Osieczowie (odpowiednio 72,5% i 66,6%), a największy spadek dla wapnia w Osieczowie (39,8%) oraz jonu amonowego i węgla elementarnego w Zielonce (odpowiednio 35,8% i 32,2%).

Tabela 6.2.5. Zmiany względne stężenia średniego rocznego pyłu zawieszonego PM_{2,5} oraz substancji w nim oznaczanych w roku 2022 w stosunku do roku 2021. Dane z Godowa z 2021 roku unieważnione (źródło danych: PMŚ)

Stacja	PM _{2,5}	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	EC	OC
Godów	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Osieczów	5,2%	-4,3%	-16,8%	-10,3%	72,5%	-39,8%	24,7%	66,6%	5,3%	-4,8%	-18,4%
Puszcza Borecka	-3,2%	-3,2%	-9,5%	69,7%	16,0%	-16,3%	53,9%	7,5%	-15,3%	-7,5%	-0,9%
Zielonka	-3,5%	-9,8%	0,4%	-14,9%	12,1%	-35,4%	98,0%	9,3%	-35,8%	-32,2%	1,9%
Złoty Potok	-8,7%	-11,0%	-19,5%	70,0%	51,5%	1,9%	33,8%	-9,8%	-14,1%	-18,5%	-15,7%

Zmiany liczbowe zawarte w tabeli 6.2.5 pokazane zostały graficznie w tabeli 6.2.6, jako tendencje zmian stężeń badanych substancji.

Tab. 6.2.6. Tendencje zmian stężenia średniego rocznego pyłu zawieszonego PM_{2,5} oraz substancji w nim oznaczanych w roku 2022 w stosunku do roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	PM _{2,5}	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	EC	OC
Godów	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Osieczów	↗	↘	↘	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↘	↘
Puszcza Borecka	↘	↘	↘	↗	↗	↘	↗	↗	↘	↘	↔
Zielonka	↘	↘	↔	↘	↗	↘	↗	↗	↘	↘	↗
Złoty Potok	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↘	↘

↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

Podobną analizę przeprowadzono odnosząc średnie stężenia z roku 2022 do wartości średnich z okresu 2011-2021, lub krótszego, dla którego dostępne są dane pomiarowe.

W 2022 roku w stosunku do wartości średnich z wielolecia 2011-2021 na stacjach tła regionalnego oraz w Godowie zmalały stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} i większości badanych w nim składników. Zmiany stężeń składników pyłu zawieszonego PM_{2,5} w stosunku do wartości średnich z wielolecia wynosiły na ogół od kilkunastu do kilkudziesięciu procent. Większe niż średnie z wielolecia były jedynie stężenia jonów magnezowych w Osieczowie i Zielonce (odpowiednio o 9% i 15%), wapniowych w Osieczowie (o 37%), chlorkowych w Puszczy Boreckiej (o 17%) i jonów sodowych w Zielonce (183%).

Tabela 6.2.7. Zmiany względne stężenia średniego rocznego pyłu zawieszonego PM_{2,5} oraz substancji w nim oznaczanych w roku 2022 w stosunku do wartości średniej z wielolecia (źródło danych: PMŚ)

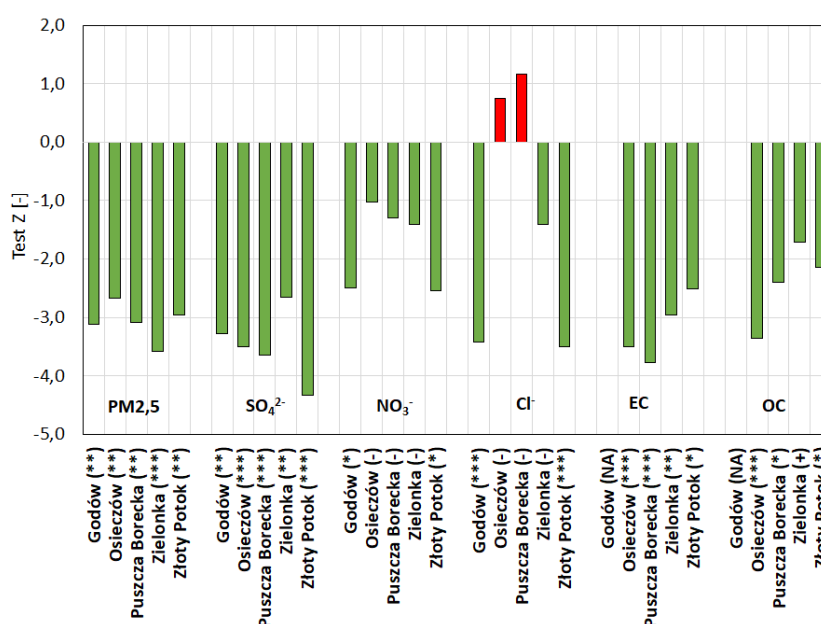
Stacja	PM _{2,5}	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	EC	OC
Godów	-35,7	-33,5	-31,0	-51,6	-34,8	-46,5	-69,7	-30,6	-39,8	-27,2	-39,8
Osieczów	-17,5	-31,0	-28,4	-15,8	9,2	36,8	-39,6	-27,0	-28,2	-30,0	-36,2
Puszcza Borecka	-21,8	-34,8	-22,0	17,0	-9,3	-50,4	-39,6	-14,4	-24,8	-27,7	-11,6
Zielonka	-33,2	-36,3	-14,4	-20,9	15,5	-19,8	183,3	-14,6	-67,1	-45,1	-28,5
Złoty Potok	-24,6	-39,8	-33,9	-45,0	-31,5	-16,2	-72,9	-29,7	-31,0	-38,6	-25,4

Wartości liczbowe zawarte w tabeli 6.2.7 pokazane zostały graficznie w tabeli 6.2.8, jako tendencje zmian stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} i badanych w nim substancji.

Tab. 6.2.8. Tendencje zmian stężenia średniego rocznego pyłu zawieszonego PM_{2,5} oraz substancji w nim oznaczanych w roku 2022 w stosunku do wielolecia (źródło danych: PMŚ)

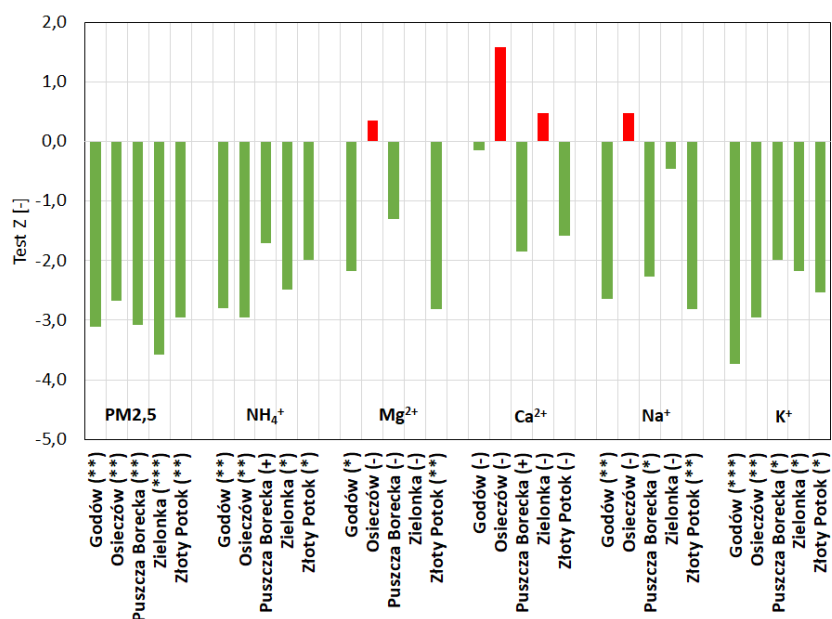
Stacja	PM _{2,5}	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	EC	OC
Godów	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
Osieczów	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↘	↘	↘	↘	↘
Puszcza Borecka	↘	↘	↘	↗	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
Zielonka	↘	↘	↘	↘	↗	↘	↗	↘	↘	↘	↘
Złoty Potok	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘

Analiza statystyczna wykazała istnienie ujemnych trendów stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5}, siarczanów i azotanów na wszystkich stacjach, węgla elementarnego i organicznego na czterech (dla Godowa pomiary EC i OC są dostępne od 2013 r. i brakuje danych z 2021 r., więc seria jest krótsza niż 10 lat i nie badano trendu), a chlorków tylko w Godowie, Zielonce i Złotym Potoku. Jedynie stężenia chlorków w Osieczowie i Puszczy Boreckiej wykazały tendencję wzrostową. Dla pozostałych zanieczyszczeń widoczne są trendy (o różnym stopniu istotności), bądź tendencje malejące. Największe i najbardziej istotne statystycznie (***) trendy malejące stwierdzono dla: pyłu zawieszonego PM_{2,5} w Zielonce, siarczanów w Osieczowie i Puszczy Boreckiej, chlorków w Godowie i Złotym Potoku, węgla elementarnego w Osieczowie i Puszczy Boreckiej i węgla organicznego w Osieczowie.



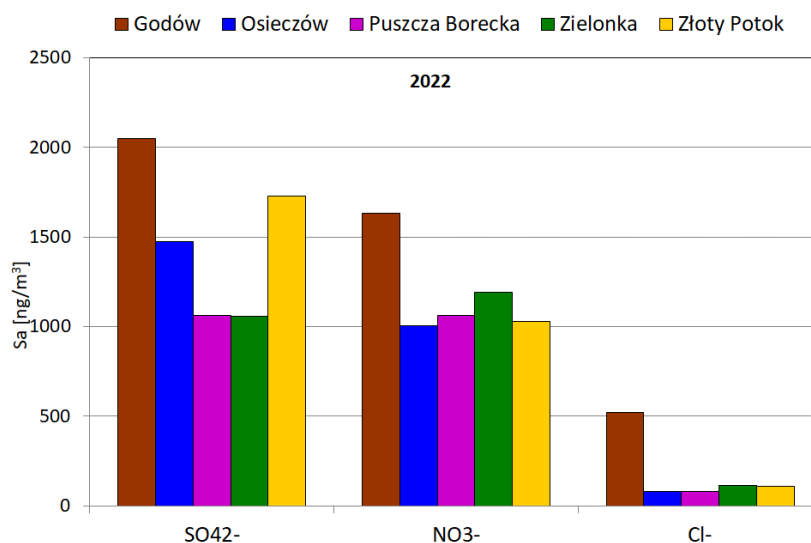
Rys. 6.2.8. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM_{2,5} i zawartych w nim anionów oraz węgla organicznego i elementarnego na stacjach tła regionalnego i w Godowie w latach 2010- 2022 (źródło danych: PMŚ)

Wśród wyników stężeń kationów w pyłe zawieszonym PM_{2,5} tylko dla jonu amonowego i potasu odnotowano trendy malejące na wszystkich stacjach (w Godowie dla potasu największy i jedyny o największej istotności statystycznej). Dla magnezu istotny statystycznie trend malejący zaznaczył się tylko w Złotym Potoku a w Osieczowie odnotowano tendencję wzrostową, dla sodu istotny statystycznie trend malejący widoczny jest w Godowie i Złotym Potoku, a w Osieczowie odnotowano tendencję wzrostową; dla wapnia trend malejący o niewielkiej istotności statystycznej można zauważyć w Puszczy Boreckiej, w Godowie widać tendencję malejącą, a w Osieczowie i Zielonce rosnącą.



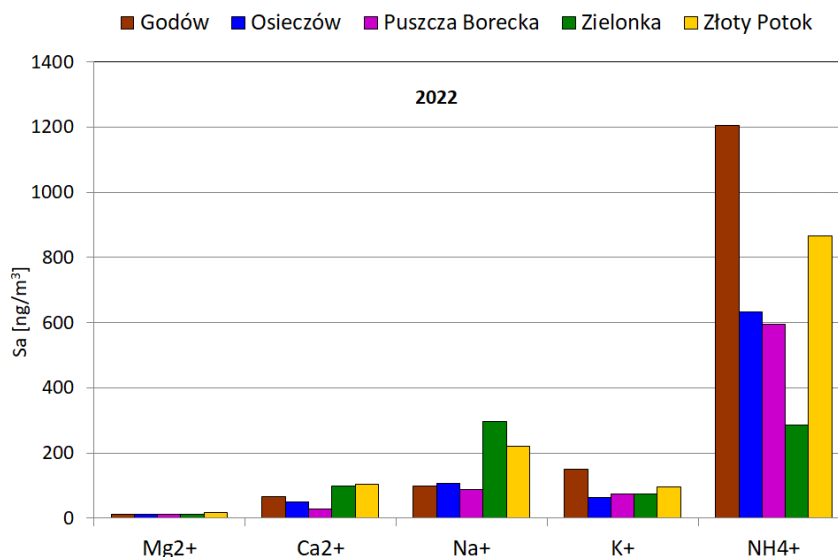
Rys. 6.2.9. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM2,5 i zawartych w nim kationów na stacjach tła regionalnego i w Godowie w latach 2010-2022 (źródło danych: PMŚ)

Najwyższe stężenia siarczanów, azotanów oznaczanych i chlorków w pyłe zawieszonym PM2,5 wystąpiły w 2022 roku na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie. Wśród stacji tła regionalnego występowały różnice dla poszczególnych zanieczyszczeń. I tak – dla siarczanów najwyższą wartość średnią roczną stężenia odnotowano na stacji Złoty Potok, zaś najniższe na stacjach Zielonka i Puszcza Borecka (Rys. 6.2.10). W przypadku azotanów największe stężenie notowano (po Godowie) w Zielonce, następnie w Puszczy Boreckiej, a w Osieczowie i Złotym Potoku wartości były bardzo zbliżone. Podobnie wyglądała sytuacja dla chlorków, przy czym zbliżone były do siebie wartości z Zielonki i Złotego Potoku, a nieco mniejsze od nich i zbliżone do siebie były wartości z Osieczowa i Puszczy Boreckiej. Wśród anionów dominował jon siarczanowy, na drugim miejscu był jon azotanowy, zaś najmniej było jonu chlorkowego. Najbardziej zbliżone wartości na wszystkich stacjach tła regionalnego zaobserwowano w przypadku jonów azotanowego i chlorkowego.



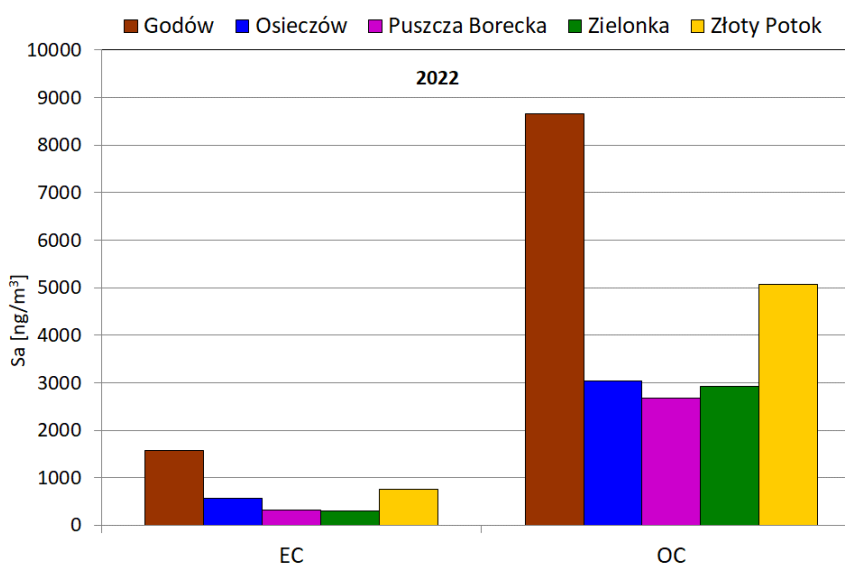
Rys. 6.2.10. Stężenia średnie roczne anionów w pyłe zawieszonym PM2,5 na stacjach tła regionalnego i w Godowie w 2022 roku. (źródło danych: PMŚ)

Dla kationów na ogół maksima odnotowano na różnych stacjach – jonów amonowego i potasowego w Godowie, a następnie w Żółtym Potoku, jonu sodowego w Zielonce a następnie w Żółtym Potoku, jonu wapniowego – odwrotnie, a dla magnezowego wartości ze wszystkich stacji były bardzo zbliżone, z nieznaczną przewagą Żółtego Potoku (Rys. 6.2.11). Najmniejsze wartości notowano na ogół w Puszczy Boreckiej i Osieczowie, a dla jonu amonowego – w Zielonce.



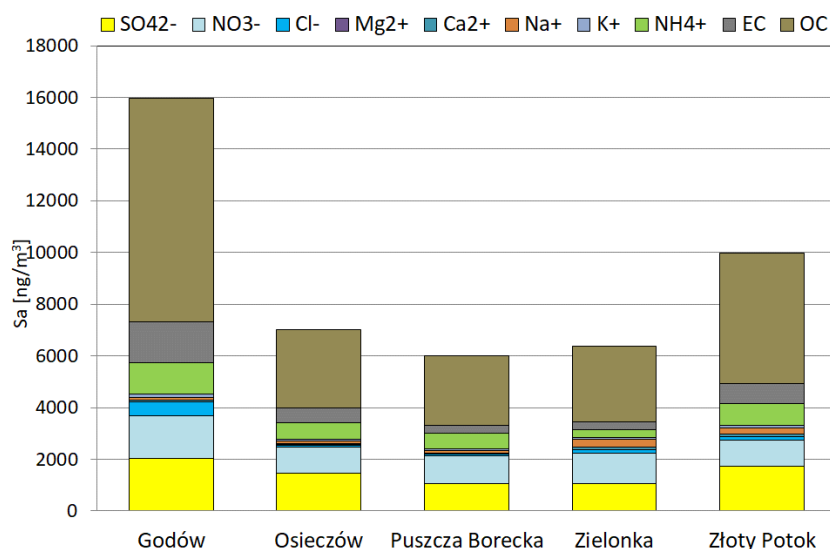
Rys. 6.2.11. Stężenia średnie roczne kationów w pyłe zawieszonym PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego i w Godowie w 2022 roku. (źródło danych: PMŚ)

Podobnie jak w latach wcześniejszych, wśród oznaczanych kationów dominował jon amonowy, zaś najmniej było jonu magnezowego. Najwyższe stężenia węgla elementarnego i organicznego wystąpiły w Godowie i Żółtym Potoku, zaś najniższe w Puszczy Boreckiej i Zielonce (Rys. 6.2.12).



Rys. 6.2.12. Stężenia średnie roczne węgla elementarnego EC i organicznego OC na stacjach tła regionalnego i w Godowie w 2022 roku. (źródło danych: PMŚ)

Udział substancji zawartych w pylenie zawieszonym PM_{2,5} w skali roku na poszczególnych stacjach przedstawiono na rysunku 6.2.13. Na wszystkich stacjach największymi udziałami w pylenie zawieszonym PM_{2,5} charakteryzowały się w roku 2022 węgiel organiczny, jon siarczanowy i azotany, przy czym wszędzie na pierwszym miejscu znajdował się węgiel organiczny, a na drugim miejscu na większości stacji siarczany, jedynie w Zielonce azotany (na trzecim siarczany). W poprzednich latach zdarzało się, że zarówno w Zielonce, jak i w Puszczy Boreckiej na drugim miejscu znajdował się jon azotanowy, ale nie zawsze było to regułą. W dalszej kolejności znajdował się jon amonowy, a w przypadku Zielonki i Godowa węgiel elementarny, który na pozostałych stacjach zajął piąte miejsce. Szóste miejsce zajmował na trzech stacjach jon sodowy - w Osieczowie, Puszczy Boreckiej i Żłotym Potoku, w Godowie chlorkowy a w Zielonce amonowy. Na kolejnym miejscu był jon chlorkowy na wszystkich stacjach, oprócz Godowa (tu potasowy), a dwa następne miejsca przypadły głównie jonom potasowym i wapniowym (Tab. 6.2.9). Najmniejsze stężenia obserwowane były na wszystkich stacjach dla magnezu.



Rys. 6.2.13. Substancje oznaczone w pylenie zawieszonym PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego i w Godowie w 2022 roku (źródło danych: PMŚ)

Tab. 6.2.9. Kolejność występowania składników w pylenie zawieszonym PM_{2,5} ze względu na stężenie średnie roczne w 2022 roku (źródło danych: PMŚ)

Godów	OC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	EC	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Osieczów	OC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	EC	Na ⁺	Cl ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Puszcza Borecka	OC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	EC	Na ⁺	Cl ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Zielonka	OC	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	EC	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺
Żłoty Potok	OC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	EC	Na ⁺	Cl ⁻	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺

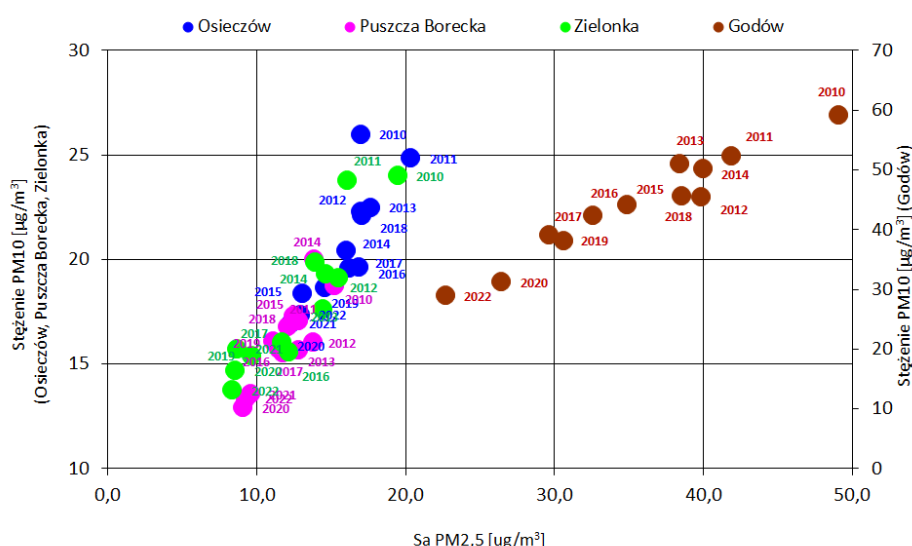
Z przeprowadzonych analiz wynika, iż na wszystkich stacjach między 54% (Osieczów) a 76% (Zielonka) masy zbieranych próbek pyłu zawieszonego PM_{2,5} stanowiły w 2022 roku substancje, które zostały oznaczone (w 2021 roku udział ten był bardzo zbliżony, chociaż nieco większy w Osieczowie). Należy podkreślić, że na większości stacji węgiel organiczny i elementarny był oznaczany co drugi dzień, a jedynie w Puszczy Boreckiej codziennie. Bilans wykonano dla uśrednionych wartości rocznych stężenia poszczególnych składników.

6.3. Udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe PM₁₀

W niniejszym rozdziale przedstawiono analizę dotyczącą udziału pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji podmiejskiej Godów w latach 2010-2022. Ocenę wykonano dla 4 stacji: Godów, Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka, dla których w analizowanych latach prowadzono pomiary zanieczyszczenia powietrza obu rodzajów pyłu, zgodnie z „Wykonawczym Programem Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2022. Monitoring jakości powietrza”²⁵.

Uzyskane wyniki przedstawiono na rysunkach 6.3.1-6.3.2 i w tabeli 6.3.1. W roku 2015 pominięto w analizach dane dla pyłu PM_{2,5} ze stacji Zielonka, a w 2021 ze stacji w Godowie ze względu na to, że serie pomiarowe nie spełniały kryterium kompletności.

Wyniki analiz przedstawione w rozdziałach 6.1 i 6.2 oraz na rys. 6.3.1 pokazują, że najwyższe stężenia pyłu PM_{2,5} w analizowanym okresie 2010-2022 na stacjach tła regionalnego wystąpiły w roku 2010 (Godów, Puszcza Borecka i Zielonka) oraz 2011 (Osieczów). Podobnie było w przypadku pyłu PM₁₀ - najwyższe stężenia wystąpiły na wszystkich stacjach w roku 2010, z wyjątkiem Puszczy Boreckiej (maksimum w roku 2014). W roku 2022 odnotowano spadek stężeń obu frakcji pyłu na wszystkich stacjach tła w stosunku do wartości z wielolecia, przy czym skala zmian stężenia z roku na rok była porównywalna w przypadku pyłu PM₁₀ i PM_{2,5}.



Rys. 6.3.1. Stężenie średnie roczne pyłu PM_{2,5} i PM₁₀ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2022 (źródło danych: PMŚ)

Na stacjach tła regionalnego udziały zawartości pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ w okresie 2010- 2022 zawierały się w granicach od 55,3% do 87,8%. Najwyższe wartości tego wskaźnika dla poszczególnych stacji zaobserwowano w roku 2012 na stacjach Godów i Puszcza Borecka (ponad 86%), w 2016 w Osieczowie (86%), 2020 w Godowie (85% przy obniżonej do 82% kompletności serii) i w 2017 w Osieczowie (83%) - Tab. 6.3.1, Rys. 6.3.2-6.3.3. Najniższe udziały w okresie 2010-2022 spośród rozważanych stacji tła zanotowano w Zielonce w latach

²⁵ Wykonawczy program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2022. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2021

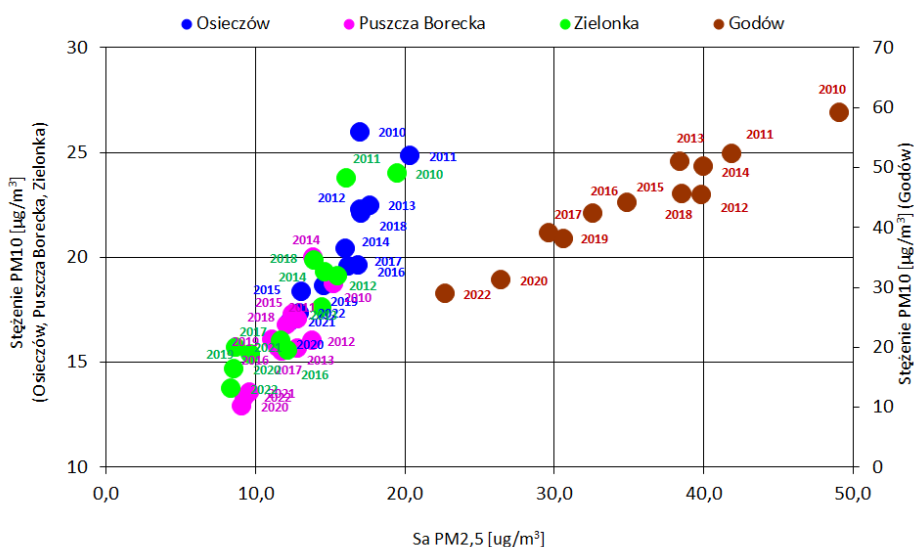
2019- 2022, a dla poszczególnych stacji odpowiednio: w Zielonce w 2021 (55,3%), Osieczowie w roku 2010 (65,5%), Puszczy Boreckiej w 2019 (69,1%) oraz w Godowie w 2013 (75,4%).

Uzyskane wyniki pokazują, że w roku 2022 na wszystkich analizowanych stacjach udział pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ był mniejszy niż średni w latach 2010-2021. Różnice były większe na stacjach zlokalizowanych na północy kraju, a mniejsze na stacjach na południu.

Tab. 6.3.1. Udział pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ w roku na stacjach tła regionalnego oraz na stacji podmiejskiej (Godów) w latach 2010-2022 (źródło danych: PMŚ)

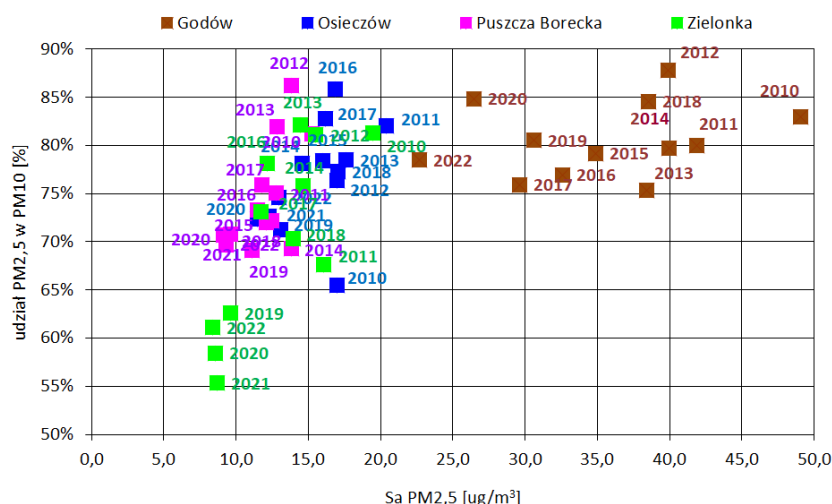
Udział	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
2010	83,0%	65,5%	81,2%	81,3%
2011	80,0%	82,0%	75,1%	67,6%
2012	87,8%	76,3%	86,2%	81,1%
2013	75,4%	78,3%	81,9%	82,1%
2014	79,7%	78,4%	69,3%	75,8%
2015	79,2%	78,1%	72,2%	-
2016	77,0%	85,9%	73,3%	78,1%
2017	75,9%	82,8%	75,9%	73,1%
2018	84,6%	77,3%	72,0%	70,3%
2019	80,5%	71,3%	69,1%	62,6%
2020	84,8%	72,4%	70,7%	58,4%
2021	-	72,6%	70,8%	55,3%
2022	78,5%	74,6%	69,7%	61,1%
Śr. 2010-2021	80,7%	76,8%	74,8%	71,4%

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)
Dane ze stacji Zielonka z 2015 r. i Godów z 2021 r. unieważnione ze względu na zbyt niską kompletność serii pomiarów pyłu zwieszonego PM_{2,5}



Rys. 6.3.2. Udział pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ w roku na tle stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} i PM₁₀ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2022 (źródło danych: PMŚ)

W ostatnich latach najmniejsze udziały pyłu zwieszonego PM_{2,5} w PM₁₀ obserwowano na stacji w Zielonce, nieco większe w Puszczy Boreckiej i Osieczowie, a największe w Godowie. Na początku pomiarów różnice dla tego parametru pomiędzy stacjami były mniejsze.



Rys. 6.3.3. Udział pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ w roku na tle stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} na stacjach tła oraz na stacji Godów w latach 2010-2022 (źródło danych: PMŚ)

6.4. Stężenie pyłu podczas dni z napływem powietrza zwrotnikowego znad północnej Afryki nad Polskę

W pewnych specyficznych warunkach wielkość stężenia pyłu w Polsce może być kształtowana przez pył pochodzenia saharyjskiego, gdy napływa do kraju powietrze zwrotnikowe znad północnej Afryki. W niniejszym rozdziale przedstawiono stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego (PM₁₀ bez Złotego Potoku) w dniach, które Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy wskazał w komunikacie przygotowanym na potrzeby Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska, jako dni z napływem powietrza znad północnej Afryki (Tab. 6.4.1).

Tab. 6.4.1. Napływ powietrza zwrotnikowego znad północnej Afryki nad Polskę w 2022 roku. Źródło: IMGW-PIB

Lp.	Data	Kierunek napływu mas powietrza	Układ baryczny nad Polską
1	13-14.02.2022	Południowo-zachodni i południowy, znad Algierii, Maroka i Tunezji	Pomiędzy wyżem znad południowej Ukrainy i Rosji oraz niżami znad Morza Północnego i Skandynawii
2	13-15.03.2022	Południowy, pod koniec okresu również południowo-zachodni, znad Libii, Tunezji i Algierii	Pomiędzy wyżem znad Białorusi, Ukrainy i Bałkanów a niżem znad Wysp Brytyjskich i Morza Północnego
3	24-27.06.2022	Południowy, południowo-wschodni, znad Libii, Egiptu i Tunezji	Pomiędzy wyżami z centrum nad krajami bałtyckimi, północną Rosją, Bałkanami i wschodnią częścią Morza Śródziemnego oraz niżami znad Wysp Brytyjskich, Niemiec i Skandynawii
4	30.06-1.07.2022	Południowo-wschodni i południowy, znad Tunezji, Egiptu i Libii	Pomiędzy wyżami znad Rosji i Bałkanów a niżem znad Morza Północnego

Lp.	Data	Kierunek napływu mas powietrza	Układ baryczny nad Polską
5	18-19.08.2022	Południowo-wschodni i południowy, znad Tunezji, Egiptu i Libii	Pomiędzy wyżem znad Rosji a ośrodkiem niżowym znad Niemiec i zachodnich Czech
6	23.VIII.2022	Południowo-wschodni, znad Azji Mniejszej, potencjalnie również z Egiptu	Pomiędzy wyżem nad Rosją a niżami z centrum na południe i południowy wschód od granic Polski
7	13-16 .10.2022	Południowo-zachodni i południowy, znad Algierii, Maroka i Tunezji	Pomiędzy wyżami z centrum nad Ukrainą i Rosją oraz ośrodkami niżowymi znad Oceanu Atlantyckiego
8	20-21.10.2022	Południowo-zachodni i południowy, znad Algierii, Maroka i Tunezji	Pomiędzy wyżem z centrum nad Polską, Ukrainą, Bałkanami i Morzem Czarnym a niżami znad Oceanu Atlantyckiego, Wysp Brytyjskich i Danii
9	3-4.11.2022	Południowo-zachodni, południowy, następnie również południowo-wschodni, znad Maroka, Algierii, Tunezji i Libii	Pomiędzy wyżem z centrum na południowy wschód od granic Polski a niżami znad Morza Północnego i Europy zachodniej
10	14-15.11.2022	Południowy, południowo-wschodni, następnie południowo-zachodni, znad Libii, Egiptu, Tunezji i Algierii	Pomiędzy wyżami znad krajów bałtyckich, Białorusi, Ukrainy i Bałkanów a ośrodkami niżowymi znad Morza Bałtyckiego i północnego Atlantyku
11	3-5.12.2022	Południowy, południowo-wschodni, znad Tunezji, Libii i Egiptu	Pomiędzy wyżem znad Rosji a niżami z centrum nad Niemcami i Francją

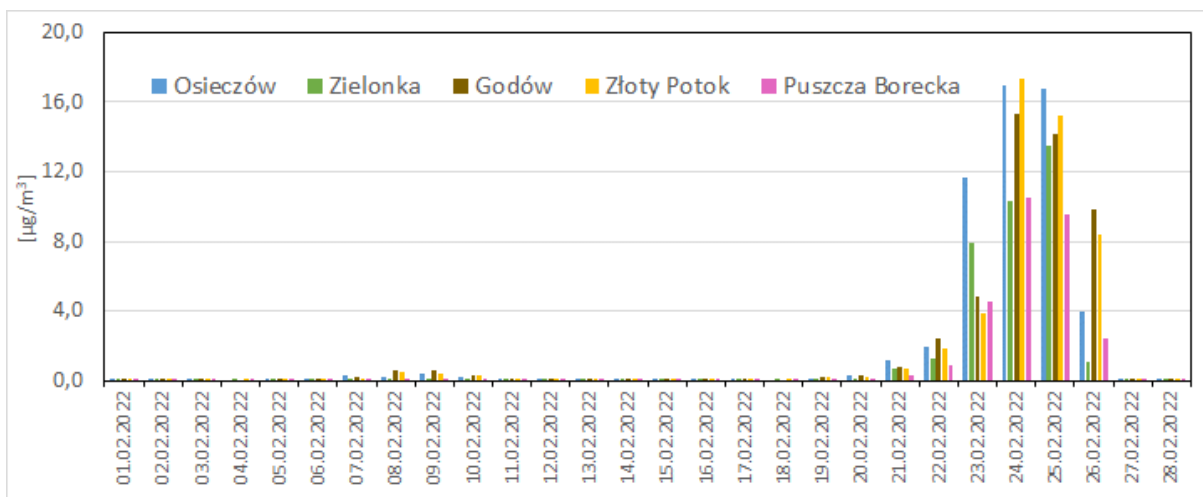
Wyniki stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5} dla stacji tła regionalnego w tych dniach pokazano na tle wartości średnich miesięcznych stężeń pyłu zawieszonego; obliczono także udział frakcji PM_{2,5} w stężeniu pyłu zawieszonego PM₁₀ w dobach z napływem powietrza znad obszarów suchych. Dodatkowo dla każdego miesiąca z potencjalnym epizodem saharyjskim pokazano ładunek pyłu dla poszczególnych stacji tła regionalnego i stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń, przypisywany napływowi znad suchych obszarów Afryki.

Informacje o ładunku pyłu uzyskano dzięki wykorzystaniu danych pochodzących z europejskiego Serwisu Monitoringu Atmosfery Copernicus (CAMS - Copernicus Atmosphere Monitoring Service).²⁶ W ramach serwisu dedykowanego prognozie i analizie jakości powietrza w skali regionalnej CAMS2_40, dostarczane są codzienne prognozy i analizy rozkładu stężeń zanieczyszczeń powietrza nad obszarem Europy. CAMS2_40 udostępnia m.in. stężenia pyłu mineralnego pochodzącego z pustyni poza obszarem Europy.

Napływ 1

Parametr	Data	Osieczów	Zielonka	Godów	Złoty Potok	Puszcza Borecka
PM ₁₀ [µg/m ³]	13.02.2022	18,6	18,5	80,6		19,7
	14.02.2022	16,1	17,6	73,0		24,2
	średnia II	10,4	9,8	28,4		12,6
PM _{2,5} [µg/m ³]	13.02.2022	15,3	14,4	73,2	14,4	15,3
	14.02.2022	12,7	13,7	64,6	16,8	19,0
	średnia II	7,0	5,7	24,0	12,8	8,9
udział PM _{2,5} w PM ₁₀ [%]	13.02.2022	82%	78%	91%		77%
	14.02.2022	79%	78%	88%		78%

²⁶ Źródło danych: IOŚ-PIB na podstawie CAMS <https://atmosphere.copernicus.eu/>

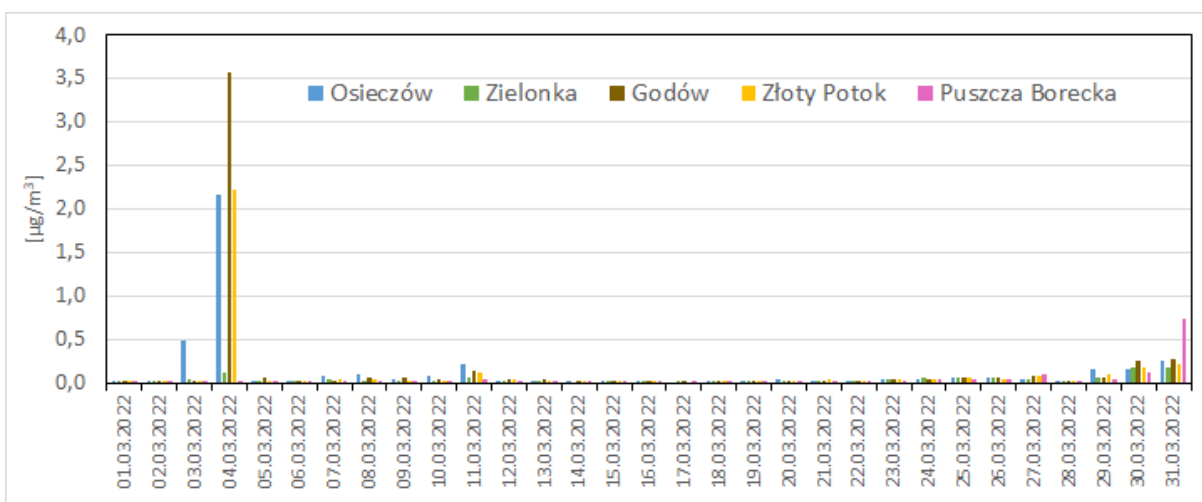


W pierwszym dniu stężenie pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 było znacząco większe od średniego miesięcznego (dla lutego), szczególnie w Godowie. W drugim dniu na ogół – poza Puszcza Borecką, gdzie wartości stężeń były większe niż w pierwszym dniu – stężenia spadły, ale były większe niż średnie. Udział pyłu PM2,5 w PM10 był największy w Godowie, gdzie pierwszego dnia przekroczył 90%, a drugiego dnia był niewiele mniejszy (88%). Na pozostałych stacjach był bliski 80%.

Na wykresie nie widać wzrostu stężeń pyłu zawieszonego we wskazanych dniach, ale tę składową stężenia pyłu widać wyraźniej na wszystkich stacjach w późniejszym okresie – od 20 do 26 lutego, a szczególnie w dniach 24-25 lutego.

Napływ 2

Parametr	Data	Osieczów	Zielonka	Godów	Złoty Potok	Puszcza Borecka
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	13.03.2022	27,6	26,3	91,6		32,7
	14.03.2022	25,9	31,9	69,3		19,1
	15.03.2022	13,8	36,8	72,7		34,7
	średnia III	27,9	20,3	60,2		17,3
PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	13.03.2022	23,3	19,2	81,7	19,3	30,9
	14.03.2022	21,7	23,2	63,0	30,2	16,7
	15.03.2022	9,7	23,8	64,6	19,8	30,1
	średnia III	22,3	13,2	52,5	21,3	14,7
udział PM2,5 w PM10 [%]	13.03.2022	84%	73%	89%		95%
	14.03.2022	84%	73%	91%		87%
	15.03.2022	70%	65%	89%		87%

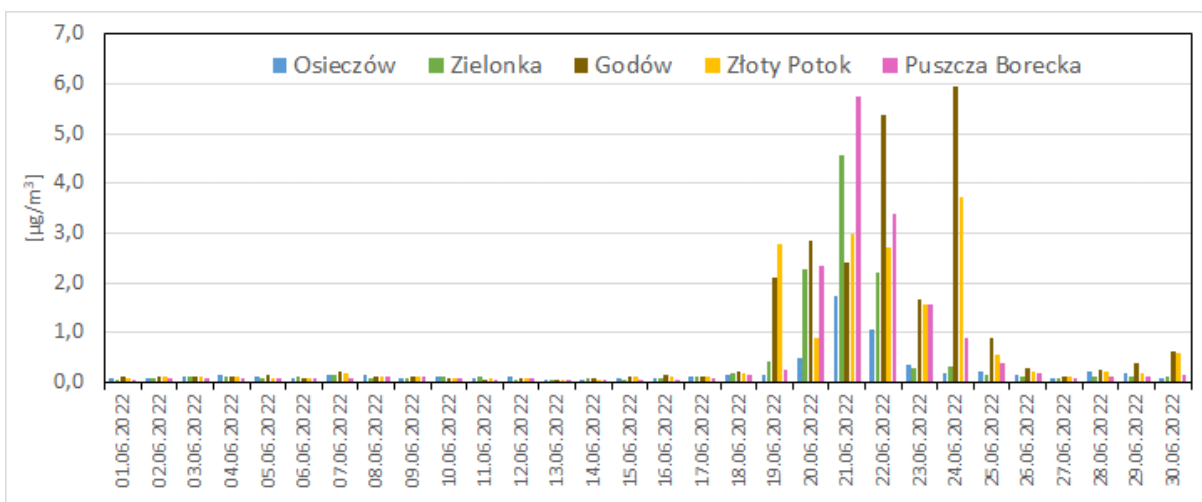


Stężenia pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 osiągnęły wartości większe od średnich dla marca (poza Osieczowem trzeciego dnia dla PM10 oraz drugiego i trzeciego dnia dla PM2,5), przy czym najbardziej było to widoczne w Puszczy Boreckiej. W Godowie i Puszczy Boreckiej można zauważyć udział pyłu zawieszonego PM2,5 przekraczający w niektórych dniach 90%, w Osieczowie – powyżej 80% (dwa dni), a w Zielonce – ponad 70% (dwa dni).

Epizod ten nie zaznaczył się szczególnie w obliczeniach modelowych CAMS, natomiast na stacjach w województwach południowych widoczny jest jednodniowy wzrost stężenia pyłu zawieszonego - 4 marca oraz niewielki wzrost na wszystkich stacjach tła regionalnego i w Godowie w ostatnich dniach marca.

Napływ 3

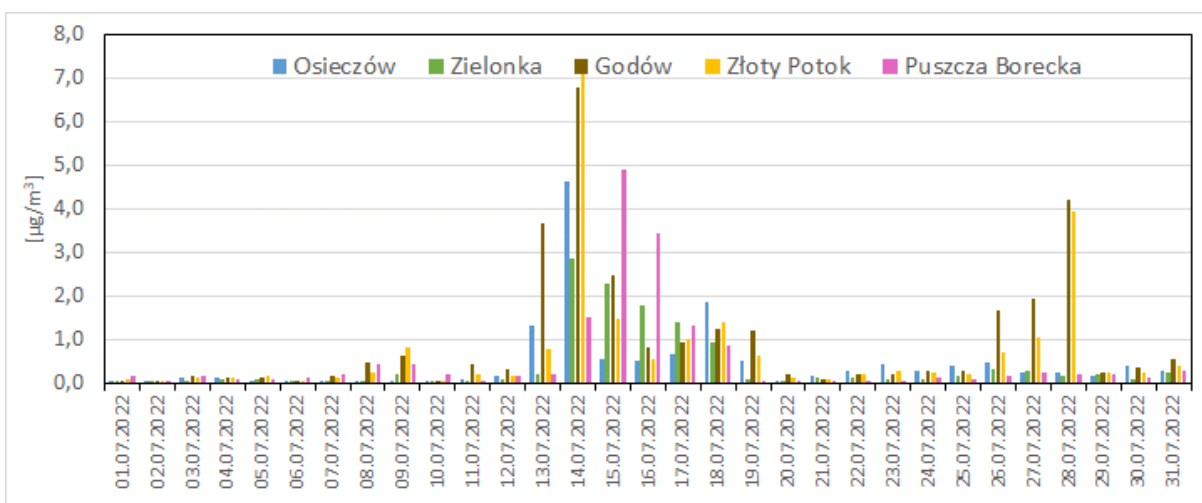
Parametr	Data	Osieczów	Zielonka	Godów	Złoty Potok	Puszcza Borecka
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	24.06.2022	16,4	13,8	15,8		14,9
	25.06.2022	17,4	14,0	17,9		17,3
	26.06.2022	19,2	16,7	15,7		17,3
	27.06.2022	18,1	18,8	21,5		18,9
	średnia VI	14,6	10,1	16,9		11,1
PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	24.06.2022	12,7	8,6	12,5	8,9	7,2
	25.06.2022	14,6	8,8	12,4	12,0	10,0
	26.06.2022		11,5	12,7	12,2	12,5
	27.06.2022		11,5	14,0	13,0	13,4
	średnia VI	11,2	6,7	11,1	9,9	7,9
udział PM2,5 w PM10 [%]	24.06.2022	77%	62%	79%		48%
	25.06.2022	84%	63%	69%		58%
	26.06.2022		69%	81%		72%
	27.06.2022		61%	65%		71%



Na stacjach Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka wzrost stężeń pyłu powyżej wartości średnich dla czerwca zauważono w ciągu całego epizodu, a w Godowie dopiero w drugim, trzecim i czwartym dniu dla pyłu zawieszonego PM10. Różnice pomiędzy wartościami notowanymi na stacjach podczas epizodu i wartościami średnimi dla czerwca były niewielkie. Warto zauważyć, że udział pyłu zawieszonego PM2,5 w PM10 był na wszystkich stacjach mniejszy niż zwykle. W Puszczy Boreckiej miało to miejsce w pierwszym i drugim dniu. Powietrze zwrotnikowe napłynęło we wskazanych dniach, ale wydaje się, że na stacjach jego obecność zaznaczyła się kilka dni wcześniej – 19.06 na Śląsku, następnie na północy i północnym wschodzie kraju (21 czerwca – stacje Puszcza Borecka i Zielonka się wyróżniają), a potem 24 czerwca z większym natężeniem było notowane znowu na Śląsku. Największe stężenia pyłu znad pustyń były widoczne 24 czerwca w Godowie i 21 czerwca w Puszczy Boreckiej.

Napływ 4

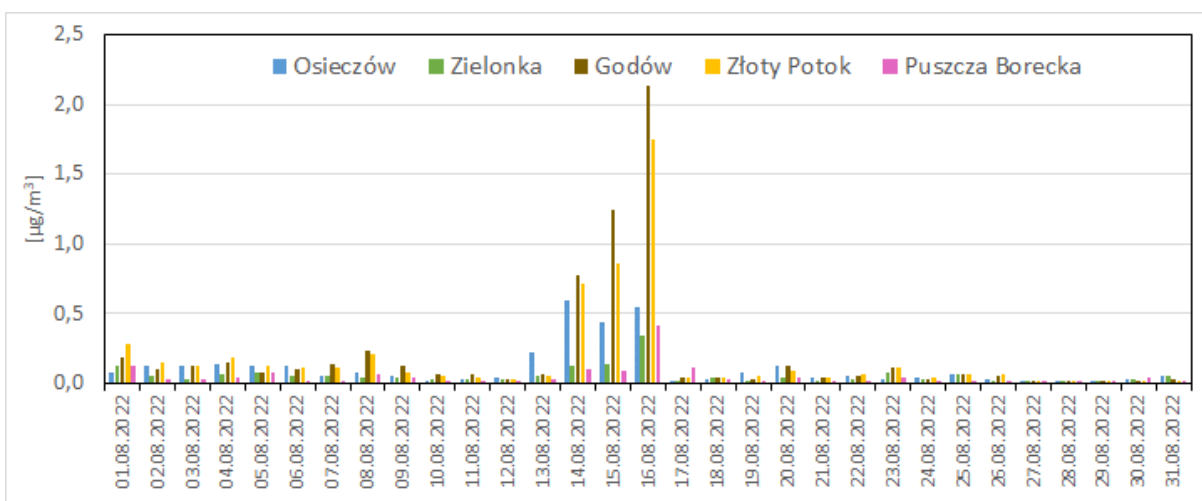
Parametr	Data	Osieczów	Zielonka	Godów	Złoty Potok	Puszcza Borecka
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	30.06.2022	14,5	10,7	29,8		17,5
	01.07.2022	16,5	17,0	24,3		19,4
	średnia VII	14,1	8,0	15,0		9,6
PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	30.06.2022	11,8	7,6	18,8	20,6	12,4
	01.07.2022	11,8	10,7	16,6	20,2	12,9
	średnia VII	9,2	4,6	10,2	9,5	5,9
udział PM2,5 w PM10 [%]	30.06.2022	81%	71%	63%		71%
	01.07.2022	72%	63%	68%		67%



Wzrost stężenia pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 odnotowano na wszystkich stacjach, najmniej wyraźnie na południowym zachodzie kraju. Udział pyłu zawieszonego PM2,5 w PM10 przekraczał 60% i 70% na stacjach północnych i w Godowie, a w Osieczowie pierwszego dnia przekroczył 80%. Wygląda na to, że smuga pyłu napływającego z Afryki dotarła dopiero 13 lipca na stacje położone na południu kraju, a potem jej wpływ był widoczny na północy (Zielonka), a jeszcze bardziej na północnym wschodzie (Puszcza Borecka). Epizod ten wystąpił w innym terminie niż wskazano w informacji IMGW-PIB. Odnotowano jeszcze jeden wzrost stężeń pyłu znad suchych obszarów widoczny na stacjach w województwie śląskim w dniach 26-28 lipca.

Napływ 5 i 6

Parametr	Data	Osieczów	Zielonka	Godów	Złoty Potok	Puszcza Borecka
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	18.08.2022	23,5	29,6	25,6		23,0
	19.08.2022	22,7	30,8	22,7		24,7
	średnia VIII	15,9	14,6	17,3		17,8
PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	18.08.2022	18,5	20,5	17,3	17,0	12,8
	19.08.2022	18,1	19,9	15,2	16,7	13,3
	średnia VIII	11,5	8,7	10,9	11,9	9,0
udział PM2,5 w PM10 [%]	18.08.2022	79%	69%	68%		56%
	19.08.2022	80%	65%	67%		54%
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	23.08.2022	11,3	9,7	11,1		44,9
	średnia VIII	15,9	14,6	17,3		17,8
PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	23.08.2022	9,1	5,1	8,1	15,1	14,2
	średnia VIII	11,5	8,7	10,9	11,9	9,0
udział PM2,5 w PM10 [%]	23.08.2022	81%	52%	73%		32%



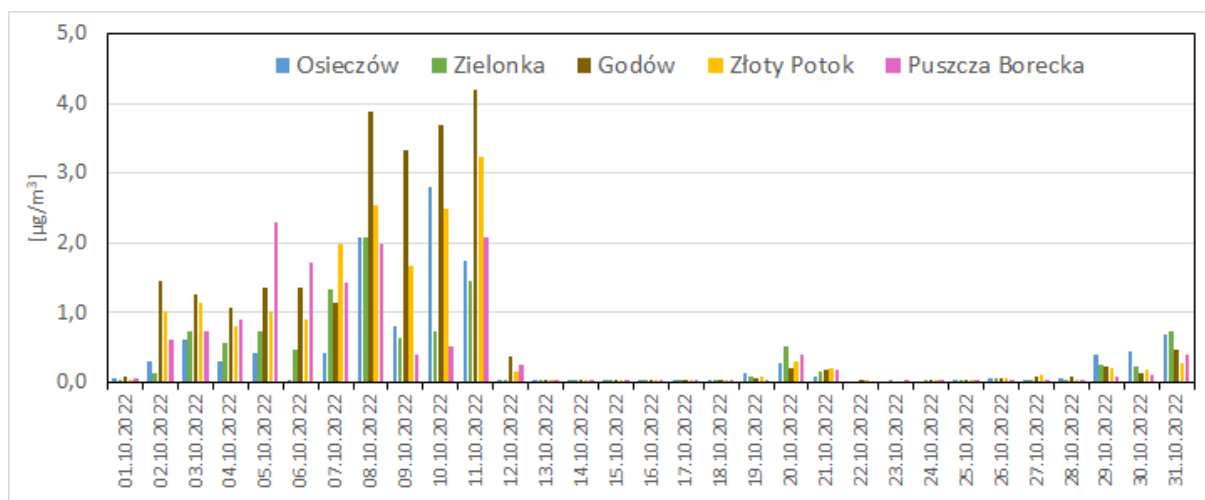
Stężenia pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 na wszystkich stacjach były większe do wartości średnich dla sierpnia, a udziały PM2,5 w PM10 sięgały od 54 do 56% na stacji Puszcza Borecka, 65-69% na stacjach Zielonka i Godów do 79-80% na stacji Osieczów.

Napływem powietrza zwrotnikowego objęta była wschodnia część Polski. Widać to wyraźnie na stacji Puszcza Borecka, gdzie stężenie pyłu zawieszonego PM10 było ponad 3-krotnie wyższe od średniego dla sierpnia. Dla pyłu zawieszonego PM2,5 wzrost był stosunkowo niewielki. Na pozostałych stacjach stężenia pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 były niższe od średnich miesięcznych. Udział pyłu zawieszonego PM2,5 w PM10 był bardzo niski w Puszczy Boreckiej – zaledwie 32% i stosunkowo niski w Zielonce – 52%.

Epizod z 18-19 sierpnia jest widoczny na miesięcznym przebiegu stężeń pyłu pochodzenia saharyjskiego obliczonych na stacjach, ale wcześniej niż wynika z komunikatu IMGW-PIB. Można go zauważyć przede wszystkim na stacjach położonych na południu kraju. Dzień 23 sierpnia nie zaznaczył się w przebiegu stężeń pyłu przypisywanych napływowi z obszarów suchych w serwisie Copernicus.

Napływ 7 i 8

Parametr	Data	Osieczów	Zielonka	Godów	Złoty Potok	Puszcza Borecka
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	13.10.2022	25,7	18,4	57,3		9,7
	14.10.2022	28,1	33,1	49,5		11,8
	15.10.2022	18,9	31,6	34,7		22,4
	16.10.2022	16,7	16,5	29,7		30,4
	20.10.2022	19,7	8,3	29,1		6,7
	21.10.2022	22,1	21,9	32,0		6,9
	średnia X	18,7	17,4	25,9		14,6
PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	13.10.2022	18,1	11,2	43,6	16,6	6,8
	14.10.2022	20,6	17,8	35,4	22,5	
	15.10.2022	13,2	18,8	24,0	18,8	
	16.10.2022	10,3	9,9	21,2	16,2	20,6
	20.10.2022	14,5	4,4	24,4	5,9	2,6
	21.10.2022	15,7	14,6	25,2	12,1	6,7
	średnia X	12,0	9,9	19,0	12,5	9,8
udział PM2,5 w PM10 [%]	13.10.2022	70%	61%	76%		70%
	14.10.2022	73%	54%	72%		
	15.10.2022	70%	59%	69%		
	16.10.2022	62%	60%	71%		68%
	20.10.2022	74%	52%	84%		38%
	21.10.2022	71%	67%	79%		98%



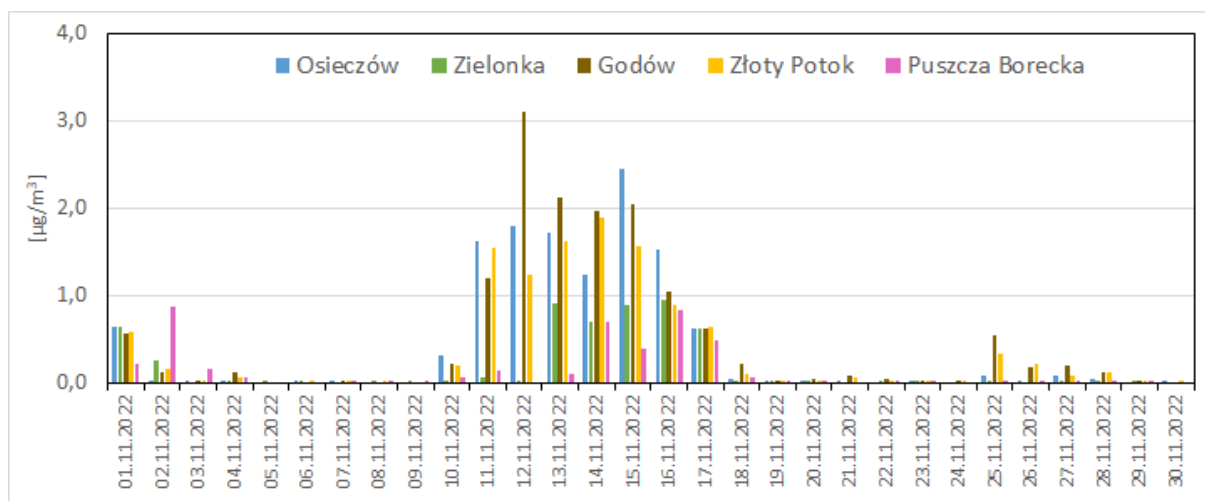
Na wszystkich stacjach stężenia pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 nie w każdym dniu z tym napływem w okresie 13-16 października były większe od średnich w październiku, przy czym w Osieczowie i Godowie podwyższone stężenia notowano na początku wskazanego okresu, w Zielonce w środku, a w Puszczy Boreckiej na końcu. Udział pyłu zawieszonego PM2,5 w PM10 wynosił od 54- 61%, w Zielonce, do 62-76% w Osieczowie i Godowie, co nie jest typowe dla tych stacji (mniejsze wartości niż zwykle).

W dniach 20-21 października stężenia pyłu zawieszonego zmierzone na stacjach Osieczów, Godów i Zielonka były na ogół większe niż średnie stężenia w październiku, a w Puszczy Boreckiej mniejsze. Na stacjach Osieczów i Zielonka udziały pyłu zawieszonego PM2,5 w PM10 były stosunkowo niskie, jak na te stacje – 71-74% w Osieczowie i 52- 67% w Zielonce, a takie, jak zwykle w Godowie.

Według obliczeń modelowych epizod zaczął się na początku października, był zauważalny na wszystkich stacjach i trwał 10 dni. Epizod drugi był widoczny w obliczeniach modelowych, ale przyniósł znikome wartości stężenia pyłu zawieszonego.

Napływ 9 i 10

Parametr	Data	Osieczów	Zielonka	Godów	Złoty Potok	Puszcza Borecka
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	03.11.2022	16,0	10,6	34,6		11,0
	04.11.2022	14,8	17,0	23,0		9,6
	14.11.2022	26,2	18,8	32,3		8,7
	15.11.2022	33,0	23,3	36,4		18,0
	średnia XI	22,3	18,9	40,3		15,7
PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	03.11.2022	11,6	4,5	28,4	10,3	8,5
	04.11.2022	11,9	9,8	16,9	21,1	5,1
	14.11.2022	20,7	11,9	26,7	14,5	5,8
	15.11.2022	26,2	14,3	31,1	22,1	13,7
	średnia XI	17,9	11,2	32,7	19,1	11,6
udział PM2,5 w PM10 [%]	03.11.2022	73%	42%	82%		78%
	04.11.2022	80%	57%	73%		53%
	14.11.2022	79%	64%	83%		66%
	15.11.2022	79%	62%	85%		76%



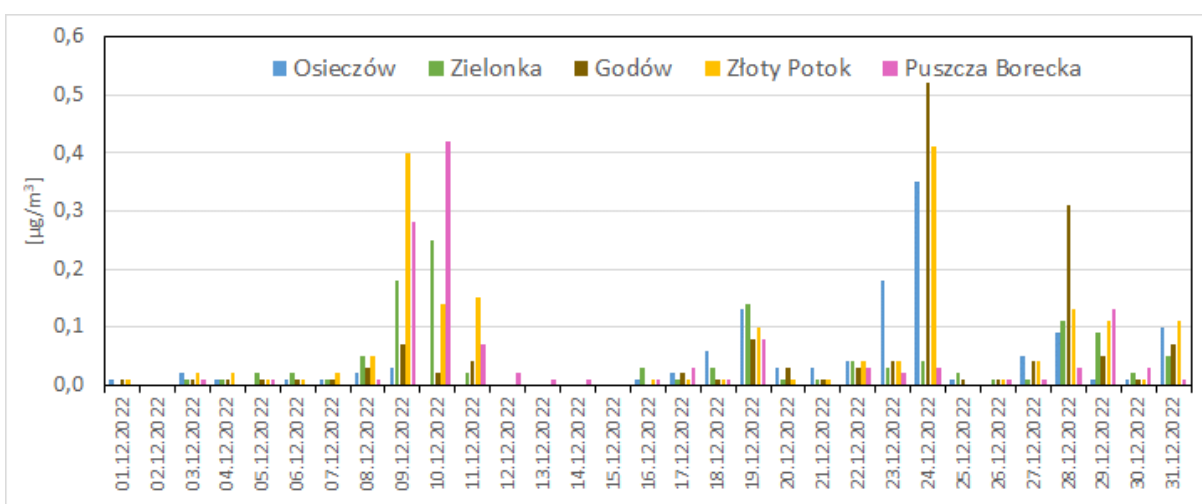
Stężenia pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 na początku listopada na wszystkich stacjach były mniejsze niż średnie wartości w listopadzie, zatem wpływ wskazanego epizodu nie był widoczny w wynikach pomiarów na stacjach tła regionalnego i w Godowie. Na stacjach Osieczów i Godów udział pyłu zawieszonego PM2,5 w pyłe PM10 był w granicach 73 - 82%, w Puszczy Boreckiej 53 - 78%, a w Zielonce był mniejszy (42 – 57%) i osiągał mniejsze wartości niż zwykle.

Stężenia pyłu zawieszonego w dniach 14-15 listopada na większości stacji tła regionalnego (bez Godowa) były większe niż średnie wartości w listopadzie, na stacjach na północy dopiero w drugim dniu epizodu. Na stacjach tłowych udział pyłu zawieszonego PM2,5 w pyłe PM10 był wynosił od 62 do 79%, a w Godowie osiągał, jak zwykle, wartości ponad 80%.

Epizod z połowy listopada był zauważalny na stacjach tła regionalnego i w Godowie, gdy weźmie się pod uwagę informacje modelowe. Według tych danych trwał dłużej, zaczął się na stacjach na południu kraju, a pod koniec objął również stacje na północy.

Napływ 11

Parametr	Data	Osieczów	Zielonka	Godów	Złoty Potok	Puszcza Borecka
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	03.12.2022	43,1	32,7	54,6		31,1
	04.12.2022	55,0	32,7	40,9		25,6
	05.12.2022	45,4	21,8	56,5		16,5
	średnia XII	24,0	18,9	41,0		18,4
PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	03.12.2022	34,8	19,0	45,7	28,0	24,3
	04.12.2022	46,2	17,9	34,0	17,1	18,6
	05.12.2022	35,4	12,3	47,9	24,2	12,2
	średnia XII	20,2	12,2	34,8	21,6	15,3
udział PM2,5 w PM10 [%]	03.12.2022	81%	58%	84%		78%
	04.12.2022	84%	55%	83%		73%
	05.12.2022	78%	56%	85%		74%



Napływ powietrza zwrotnikowego objął cały obszar Polski. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 na wszystkich stacjach były większe niż średnie stężenia w grudniu, poza stężeniami pyłu zawieszonego PM2,5 w trzecim dniu epizodu w Zielonce i Puszczy Boreckiej. Na stacjach Osieczów, Godów i Puszcza Borecka udział pyłu zawieszonego PM2,5 w pyłe PM10 wynosił 70 - 80%, a w Zielonce był mniejszy – na poziomie 55-58%.

Stężenia pyłu zawieszonego przypisywane napływowi znad suchych obszarów Afryki były bardzo niewielkie (skala na wykresie) i wskazane zostały przez model w innych dniach grudnia.

6.5. Depozycja zanieczyszczeń do podłoża

Zgodnie z wymaganiami aktualnego *Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*²⁷, należy oceniać depozycję całkowitą metali ciężkich i WWA w co najmniej trzech punktach pomiarowych tła regionalnego w kraju. Na trzech spośród omawianych stacji tła: Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka badano zawartość metali ciężkich i WWA w opadach całkowitych. Integralną część programu stanowiły pomiary wielkości opadów. Wartości depozycji szacowano na podstawie stężeń badanych składników i wysokości opadu (obliczanej na podstawie masy/objętości zebranych opadów). We wcześniejszych raportach przeprowadzono analizy dla rocznych wartości depozycji uzyskanych na wymienionych stacjach oraz przedstawiono wskaźniki depozycji metali ciężkich i WWA wyrażone w $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{dzień}$. Od roku 2015 cała analiza prowadzona jest z wykorzystaniem wskaźników. Należy też podkreślić, że stacja w Zielonce pobierała próbki przez 2 tygodnie w miesiącu do oznaczania metali, a przez kolejne dwa – do oznaczania WWA. Przy dużych próbkach dokonywano podziału i oznaczano zawartość zarówno jednych, jak i drugich zanieczyszczeń. Wskaźniki dla tej stacji wyznaczono na podstawie danych z okresów, kiedy były pobierane próbki do oznaczania każdej z grup zanieczyszczeń. Dane dla metali ciężkich uzyskane w Zielonce w 2010 roku zostały unieważnione, gdyż granica oznaczalności była zbyt wysoka. W Osieczowie do czerwca 2019 próbki do oznaczania metali ciężkich i WWA były pobierane do jednej butli, a następnie rozdzielane, a od lipca pobierano próbki do osobnych butli. Na stacji Puszcza Borecka wykorzystywano dwa kolektory, do których pobierano osobno próbki do oznaczania metali ciężkich i WWA. Od 2020 roku na wszystkich stacjach próbki do oznaczania metali ciężkich i WWA pobierano do dwóch osobnych kolektorów.

6.5.1. Metale ciężkie

Wskaźniki depozycji metali ciężkich na poszczególnych stacjach dla lat 2010-2022 przedstawiono w tabeli 6.5.1.

Tab. 6.5.1. Wskaźniki depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2022
(źródło danych: PMŚ)

Rok	Stacja	Ni	As	Cd
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{dzień}$]		
2010	Osieczów	1,672	1,849	0,151
	Puszcza Borecka	0,387	0,475	0,069
	Zielonka*	-	-	-
2011	Osieczów	1,022	1,645	0,107
	Puszcza Borecka	0,608	0,459	0,076
	Zielonka	0,619	0,240	0,041
2012	Osieczów	1,272	1,075	0,126
	Puszcza Borecka	0,466	0,519	0,079
	Zielonka	0,469	0,439	0,054
2013	Osieczów	2,063	1,048	0,123
	Puszcza Borecka	0,374	0,547	0,045
	Zielonka	0,465	0,442	0,068
2014	Osieczów	2,754	1,960	0,238
	Puszcza Borecka	0,348	0,301	0,050
	Zielonka	0,273	0,174	0,012
2015	Osieczów	1,463	1,210	0,133

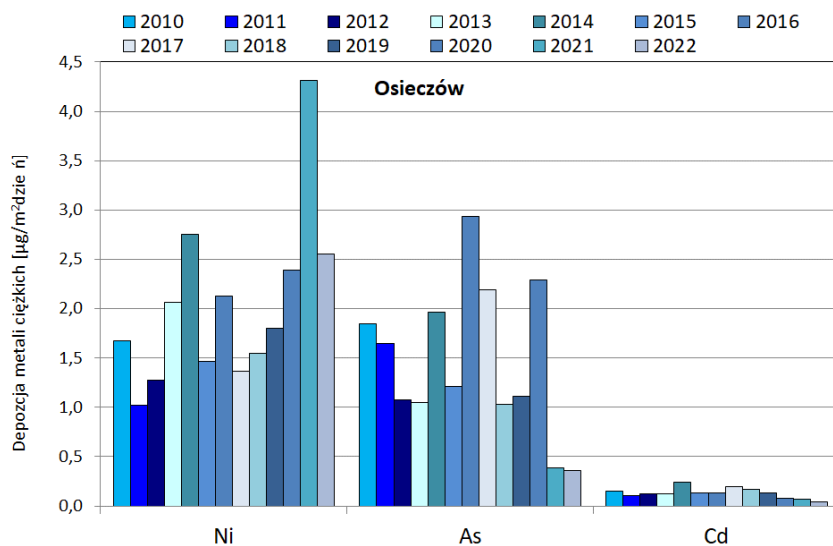
²⁷ Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2020 r. poz. 2279)

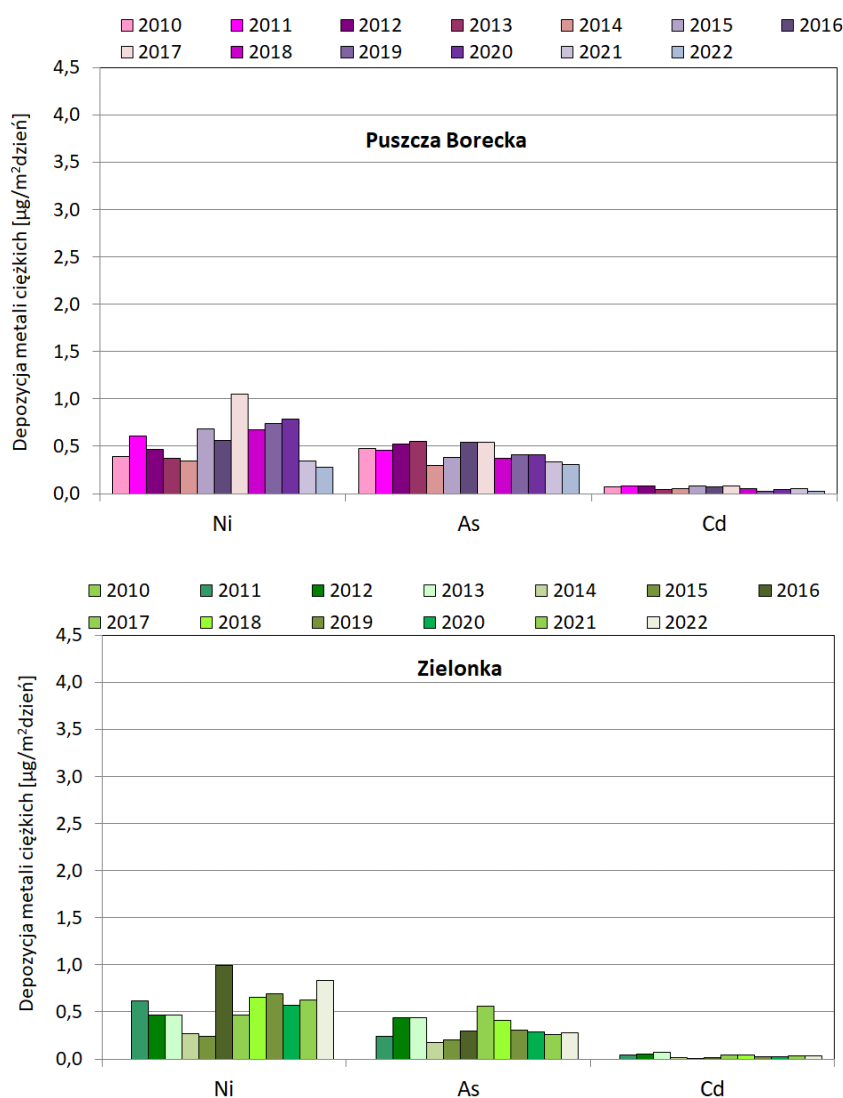
Rok	Stacja	Ni	As	Cd
		[µg/m ² dzień]		
2016	Puszcza Borecka	0,681	0,379	0,079
	Zielonka	0,241	0,203	0,008
	Osieczów	2,13	2,93	0,13
	Puszcza Borecka	0,56	0,54	0,07
	Zielonka	1,00	0,29	0,01
2017	Osieczów	1,36	2,20	0,20
	Puszcza Borecka	1,05	0,54	0,08
	Zielonka	0,47	0,56	0,04
2018	Osieczów	1,55	1,03	0,17
	Puszcza Borecka	0,67	0,37	0,05
	Zielonka	0,66	0,41	0,04
2019	Osieczów	1,80	1,11	0,13
	Puszcza Borecka	0,74	0,41	0,02
	Zielonka	0,70	0,30	0,03
2020	Osieczów	2,39	2,29	0,08
	Puszcza Borecka	0,79	0,41	0,04
	Zielonka	0,57	0,28	0,03
2021	Osieczów	4,31	0,39	0,07
	Puszcza Borecka	0,35	0,34	0,05
	Zielonka	0,63	0,26	0,03
2022	Osieczów	2,56	0,36	0,05
	Puszcza Borecka	0,28	0,31	0,02
	Zielonka	0,83	0,28	0,04
średnia 2010-2021	Osieczów	1,983	1,561	0,139
	Puszcza Borecka	0,585	0,441	0,060
	Zielonka**	0,553	0,328	0,032

* dane unieważnione, wysoka granica oznaczalności

** dla Zielonki średnia z lat 2011-2021

Zmiany wskaźników depozycji metali ciężkich na poszczególnych stacjach tła regionalnego z roku na rok pokazano w formie graficznej na rysunku 6.5.1.





Rys. 6.5.1. Wskaźniki depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2022; dane z 2010 roku dla Zielonki unieważnione (źródło danych: PMŚ)

Dla poszczególnych stacji określono względne zmiany wskaźników depozycji metali ciężkich i rocznych sum wysokości opadów w roku 2022 w stosunku do roku 2021 (Tab. 6.5.2). Na stacji Osieczów wysokość opadu (wykorzystana do wyznaczenia depozycji metali ciężkich) była mniejsza od obserwowanej w roku poprzednim (o 27,2%), na stacji Puszcza Borecka mniejsza o 6,3%, a na stacji Zielonka mniejsza o 8,0%.

Tab. 6.5.2. Względne zmiany wskaźników depozycji metali ciężkich i rocznych sum wysokości opadów na stacjach tła regionalnego w 2022 roku w stosunku do wartości z roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	Ni	As	Cd	Wysokość opadu
	[%]			
Osieczów	-40,7	-8,8	-37,1	-27,2
Puszcza Borecka	-19,2	-8,7	-59,6	-6,3
Zielonka	32,4	6,7	30,7	-8,0

Na stacji Osieczów odnotowano zmniejszenie wskaźników depozycji badanych metali ciężkich w roku 2022 w stosunku do wartości z roku 2021. Względne zmiany wyniosły odpowiednio: -40,7% dla depozycji niklu, -37,1% dla kadmu i -8,8% dla arsenu.

Analiza zmian pokazuje, że na stacji Puszcza Borecka w roku 2022 w stosunku do wartości z roku poprzedniego odnotowano znaczące zmniejszenie wskaźnika depozycji kadmu (o 59,6%), niklu o 19,2% i arsenu o 8,7%.

Na stacji Zielonka stwierdzono wzrost wskaźników depozycji wszystkich metali ciężkich: niklu o 32,4%, kadmu o 30,7% i arsenu o 6,7% w stosunku do wartości zanotowanych w roku 2021.

Wskaźniki depozycji wszystkich metali ciężkich uległy zmniejszeniu na dwóch stacjach – Osieczów i Puszcza Borecka, a zwiększeniu na stacji Zielonka. Tendencje zmian wskaźników depozycji poszczególnych metali i wysokości opadu na każdej ze stacji przedstawiono w tabeli 6.5.3.

Tab. 6.5.3. Tendencje zmian wskaźników depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w 2022 roku w stosunku do roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	Ni	As	Cd	Wysokość opadu
	tendencja zmian			
Osieczów	↘	↘	↘	↘
Puszcza Borecka	↘	↘	↘	↘
Zielonka	↗	↗	↗	↘

↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

Podobną analizę przeprowadzono odnosząc wskaźniki depozycji metali ciężkich i rocznych sum wysokości opadów w roku 2022 do wartości średniej z lat 2010-2021 dla Osieczowa i Puszczy Boreckiej i średniej z lat 2011-2021 dla Zielonki (Tab. 6.5.4 i 6.5.5). Na wszystkich stacjach wysokości opadów były w roku 2022 mniejsze niż średnie z wielolecia.

Tab. 6.5.4. Względne zmiany wskaźników depozycji metali ciężkich i rocznych sum wysokości opadów na stacjach tła regionalnego w 2022 roku w stosunku do wartości średniej z lat 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	Ni	As	Cd	Wysokość opadu
	[%]			
Osieczów	28,9	-77,2	-66,9	-15,9
Puszcza Borecka	-51,9	-30,3	-63,8	-18,7
Zielonka*	50,2	-15,8	15,4	-35,2

*dla Zielonki średnia z lat 2011-2021

Na stacji Osieczów odnotowano zmniejszenie wskaźnika depozycji dwóch spośród trzech badanych metali ciężkich w roku 2022 w stosunku do wartości z średnich z lat 2010-2021. Spadkowi uległ wskaźnik dla arsenu – o 77,2% i kadmu – o 66,9%, natomiast wskaźnik dla niklu był większy o 28,9% od wartości średniej.

Na stacji Puszcza Borecka w stosunku do wartości średniej z lat 2010-2021 w roku 2022 odnotowano zmniejszenie wskaźnika depozycji niklu o 51,9%, arsenu o 30,3% i kadmu o 63,8%. Wysokość opadu, uwzględniona przy obliczaniu wielkości depozycji metali ciężkich, była mniejsza niż średnia z wielolecia o 18,7%.

Jeszcze inną sytuację obserwowano na stacji Zielonka - wzrost wskaźników depozycji niklu w stosunku do średniej z lat 2011-2021 o 50,2% i kadmu o 15,4% a spadek wskaźnika arsenu o 15,8%.

Tendencje zmian wskaźników depozycji poszczególnych metali i wysokości opadu na każdej ze stacji przedstawiono w tabeli 6.5.5.

Tab. 6.5.5. Tendencje zmian wskaźników depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w 2022 roku w stosunku do wartości średniej z lat 2010-2021 (źródło danych: PMS)

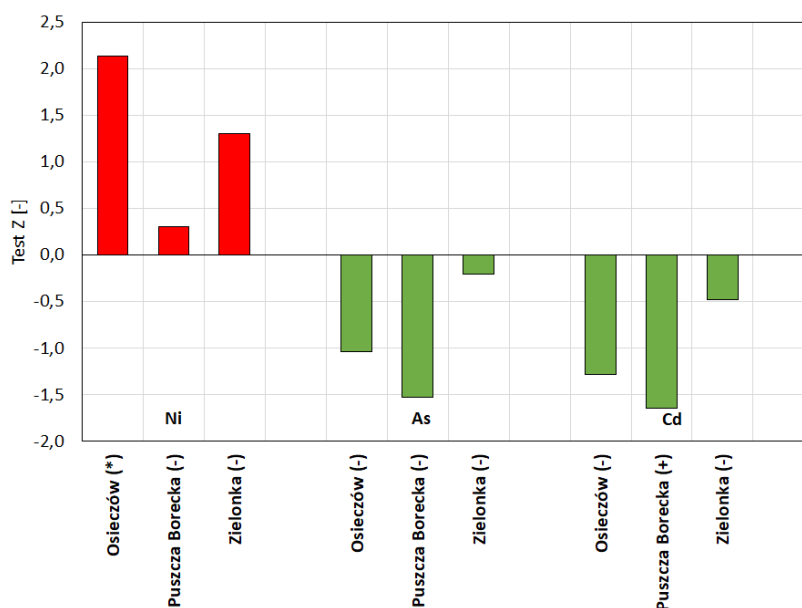
Stacja	Ni	As	Cd	Wysokość opadu
	tendencja zmian			
Osieczów	↗	↘	↘	↘
Puszcza Borecka	↘	↘	↘	↘
Zielonka*	↗	↘	↗	↘

↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

*dla Zielonki średnia z lat 2011-2021

Reasumując, można stwierdzić, że wskaźniki depozycji arsenu uległy zmniejszeniu w stosunku do wartości średnich z wielolecia na wszystkich stacjach, kadmu na dwóch, a niklu na jednej. Wskaźniki dla wszystkich metali były mniejsze od średnich tylko na stacji Puszcza Borecka. Na wszystkich stacjach wysokość opadu była mniejsza w ostatnim roku niż średnia z wielolecia.

Trend rosnący w okresie 2010-2022 stwierdzono jedynie dla wskaźników depozycji niklu na stacji Osieczów, a dla stacji Puszcza Borecka i Zielonka wykazano tendencję wzrostową tych wskaźników. Dla dwóch pozostałych metali zaznaczyła się tendencja malejąca, a nieznacznym trend jedynie w Puszczy Boreckiej.

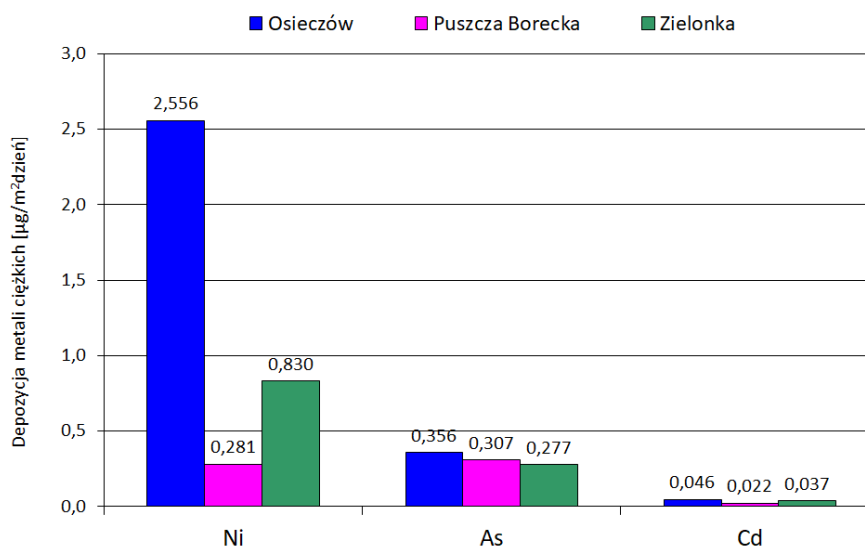


Rys. 6.5.2. Trendy i tendencje zmian wskaźników depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2022 [dla Zielonki 2011-2022] (źródło danych: PMS)

Spośród badanych metali ciężkich największe wskaźniki depozycji odnotowano w roku 2022 dla niklu w Osieczowie, przy czym przewaga niklu nad innymi metalami była bardzo duża (zwłaszcza w porównaniu do lat 2016 i 2017, gdy dominował arsen). Na kolejnych miejscach pod względem wielkości wskaźnika znalazł się nikiel w Zielonce, a następnie arsen w Osieczowie. Na wszystkich trzech stacjach najmniejszy był wskaźnik depozycji kadmu, z maksimum w Osieczowie i minimum w Puszczy Boreckiej (Rys. 6.5.3).

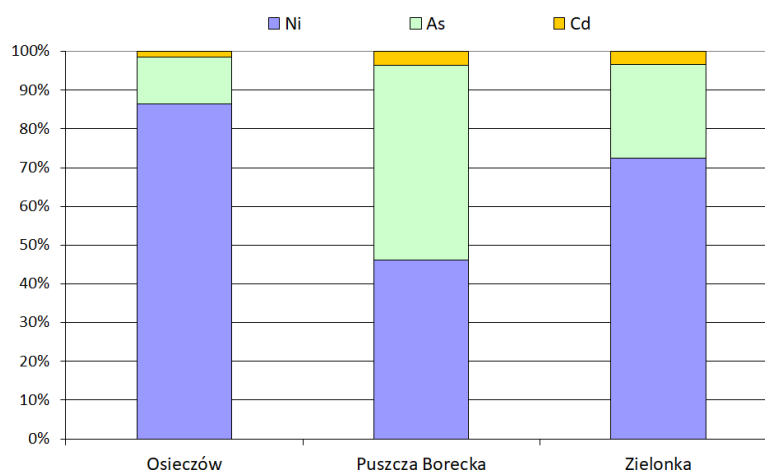
W roku 2022, podobnie jak w latach wcześniejszych, największe ilości metali ciężkich zostały zdeponowane na stacji Osieczów (Rys. 6.5.3). Wskaźnik Ni w Osieczowie był ponad 9-krotnie większy niż w Puszczy Boreckiej i ponad 3-krotnie większy niż w Zielonce. Wskaźnik As był na stacji Osieczów zbliżony do obserwowanych na stacji Puszcza Borecka i Zielonka, natomiast wskaźnik depozycji kadmu był 2-krotnie większy niż w Puszczy Boreckiej.

Na drugim miejscu pod względem wielkości wskaźników depozycji kadmu i niklu znalazła się w roku 2022 stacja Zielonka, ale wartość wskaźnika dla arsenu była zbliżona do wartości z Puszczy Boreckiej. Depozycja niklu była trzykrotnie większa a kadmu dwukrotnie większa w niż w Puszczy Boreckiej.



Rys. 6.5.3. Wskaźniki depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w 2022 roku (źródło danych: PMŚ)

W 2022 roku na stacjach tła regionalnego kolejność wielkości wskaźników depozycji badanych metali ciężkich była następująca: w Osieczowie i Zielonce najwięcej było niklu, mniej arsenu, a najmniej kadmu, a w Puszczy Boreckiej wskaźniki As i Ni były zbliżone, z nieznaczną przewagą As a najmniej było kadmu (Rys. 6.5.4). W tym roku nikiel stanowił w Osieczowie 86%, w Zielonce 73%, a w Puszczy Boreckiej 46% oznaczonych metali, arsen – 12% w Osieczowie, 50% w Puszczy Boreckiej i 24% w Zielonce, a kadm odpowiednio 2%, 4% i 3% na poszczególnych stacjach, zaczynając od Osieczowa, kończąc na Zielonce. Taką kolejność metali ciężkich w Osieczowie notowano wcześniej, poza latami 2010, 2011, 2016 i 2017, gdy wskaźniki dla arsenu były większe niż dla niklu. Na stacji Puszcza Borecka największy udział arsenu wśród oznaczanych metali odnotowano tylko w latach 2012 i 2013. W Zielonce we wszystkich wcześniejszych latach na pierwszym miejscu był nikiel, na drugim arsen, a na trzecim kadm, a tylko w 2017 roku nastąpiła zamiana miejsc pomiędzy arsenem i niklem, co nie powtórzyło się w kolejnych latach.



Rys. 6.5.4. Wartości wskaźników depozycji poszczególnych metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w 2022 roku (źródło danych: PMŚ)

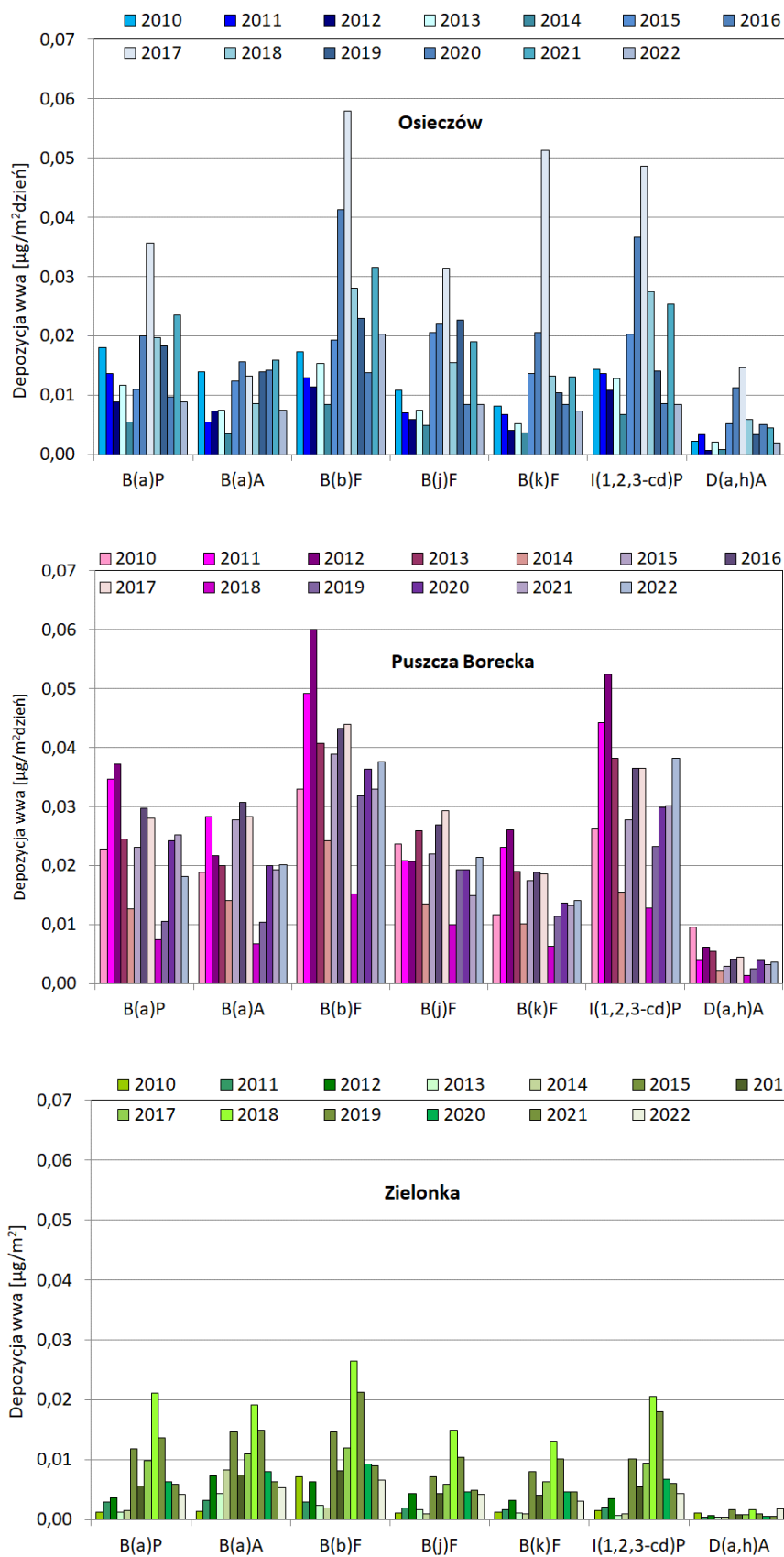
6.5.2. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

Wartości wskaźników depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych dla lat 2010-2022 przedstawiono w Tab. 6.5.6.

Tab. 6.5.6. Wskaźniki depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2022 (źródło danych: PMŚ)

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 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	0,021	0,023	0,044	0,004
	Zielonka	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,000
2012	Osieczów	0,009	0,007	0,011	0,006	0,004	0,011	0,001
	Puszcza Borecka	0,037	0,022	0,060	0,021	0,026	0,052	0,006
	Zielonka	0,004	0,007	0,006	0,004	0,003	0,004	0,001
2013	Osieczów	0,012	0,007	0,015	0,007	0,005	0,013	0,002
	Puszcza Borecka	0,025	0,020	0,041	0,026	0,019	0,038	0,005
	Zielonka	0,001	0,004	0,002	0,002	0,001	0,001	0,000
2014	Osieczów	0,006	0,004	0,008	0,005	0,004	0,007	0,001
	Puszcza Borecka	0,013	0,014	0,024	0,014	0,010	0,016	0,002
	Zielonka	0,002	0,008	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000
2015	Osieczów	0,011	0,012	0,019	0,021	0,014	0,020	0,005
	Puszcza Borecka	0,023	0,028	0,039	0,022	0,017	0,028	0,003
	Zielonka	0,012	0,015	0,015	0,007	0,008	0,010	0,002
2016	Osieczów	0,020	0,016	0,041	0,022	0,021	0,037	0,011
	Puszcza Borecka	0,030	0,031	0,043	0,027	0,019	0,037	0,004
	Zielonka	0,006	0,007	0,008	0,004	0,004	0,005	0,001
2017	Osieczów	0,036	0,013	0,058	0,031	0,051	0,049	0,015
	Puszcza Borecka	0,028	0,028	0,044	0,029	0,019	0,037	0,004
	Zielonka	0,010	0,011	0,012	0,006	0,006	0,009	0,001
2018	Osieczów	0,020	0,009	0,028	0,015	0,013	0,027	0,006
	Puszcza Borecka	0,007	0,007	0,015	0,010	0,006	0,013	0,001
	Zielonka	0,021	0,019	0,026	0,015	0,013	0,020	0,002
2019	Osieczów	0,018	0,014	0,023	0,023	0,010	0,014	0,003
	Puszcza Borecka	0,011	0,010	0,032	0,019	0,011	0,023	0,003
	Zielonka	0,014	0,015	0,021	0,010	0,010	0,018	0,001
2020	Osieczów	0,010	0,014	0,014	0,008	0,008	0,009	0,005
	Puszcza Borecka	0,024	0,020	0,036	0,019	0,014	0,030	0,004
	Zielonka	0,006	0,008	0,009	0,005	0,005	0,007	0,001
2021	Osieczów	0,023	0,016	0,032	0,019	0,013	0,025	0,005
	Puszcza Borecka	0,025	0,019	0,033	0,015	0,013	0,030	0,003
	Zielonka	0,006	0,006	0,009	0,005	0,005	0,006	0,001
2022	Osieczów	0,009	0,007	0,020	0,008	0,007	0,008	0,002
	Puszcza Borecka	0,018	0,020	0,038	0,021	0,014	0,038	0,004
	Zielonka	0,004	0,005	0,007	0,004	0,003	0,004	0,002

Zmiany wskaźników depozycji poszczególnych WWA z roku na rok w okresie 2010-2022 na każdej ze stacji przedstawiono na rysunku 6.5.5.



Rys. 6.5.5. Wskaźniki depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2022
(źródło danych: PMŚ)

Największe wartości wskaźników depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych odnotowano w 2022 roku – podobnie, jak w latach wcześniejszych – na stacji Puszcza Borecka. Rok wcześniej dla większości WWA największe wartości zanotowano na stacji Puszcza Borecka, poza B(j)F, B(k)F i D(a,h)A, dla których odnotowano przewagę wartości ze stacji Osieczów lub równe wskaźniki. Różnice pomiędzy tymi dwiema stacjami były znowu większe niż w 2021 roku, ale mniejsze niż przed 2017 r., a wartości ze stacji Zielonka pozostały na najniższym poziomie. Warto zaznaczyć, że już w 2016 roku nastąpiło zbliżenie wartości zmierzonych na stacjach w Puszczy Boreckiej i Osieczowie, a rozbieżności między tymi stacjami – wyraźne we wcześniejszych latach – zmniejszyły się znacząco, głównie wskutek wzrostu wartości w Osieczowie. W roku 2017 wyniki z Osieczowa i Puszczy Boreckiej były zbliżone, z przewagą Osieczowa dla większości badanych WWA. W 2018 wzrosły znacząco wartości z Zielonki i osiągnęły wartości bliskie lub nawet wyższe od tych z Osieczowa, a w 2019 różnice pomiędzy stacjami uległy znaczącemu zmniejszeniu i największe wartości dla poszczególnych WWA notowano na różnych stacjach. W 2020 roku wartości z Osieczowa były zbliżone do wartości z Zielonki, a w 2021 do wartości z Puszczy Boreckiej.

Dla poszczególnych stacji określono względne zmiany wskaźników depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i wysokości opadów w roku 2022 w stosunku do roku poprzedniego (Tab. 6.5.7). W roku 2022 na wszystkich stacjach sumy opadów, na podstawie których obliczano depozycję WWA były mniejsze niż w roku poprzednim; względne różnice sięgały od -8,0% w Zielonce, przez -14,6% w Puszczy Boreckiej do -27,2% w Osieczowie.

Na stacji Puszcza Borecka w roku 2022 odnotowano większe wartości wskaźników depozycji wszystkich badanych WWA, poza benzo(a)pirenem w stosunku do obserwowanych w roku 2021. Względne wzrosty wartości wskaźników depozycji wyniosły od 4,1% dla benzo(a)antracenu do 44,4% dla benzo(j)fluorantenu.

Tab. 6.5.7. Względne zmiany wskaźników depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w roku 2022 w stosunku do wartości z roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

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	Wysokość opadu
	[%]							
Osieczów	-62,2	-53,2	-36,1	-55,8	-44,5	-66,8	-58,8	-27,2
Puszcza Borecka	-28,5	4,1	14,0	44,4	6,3	26,8	16,7	-14,6
Zielonka	-27,7	-16,0	-26,6	-15,9	-32,6	-28,9	201,3	-8,0

Na stacji Osieczów spadek wskaźników odnotowano dla wszystkich węglowodorów. Największy spadek zanotowano przypadku indeno(1,2,3-cd)pirenu (66,8%), a najmniejszy dla benzo(b)fluorantenu (o 36,1%).

Zmiany wskaźników depozycji WWA w roku 2022 w stosunku do wartości z roku 2021 widać najmniej wyraźnie na stacji Zielonka, przy czym były to na ogół spadki wskaźników. Największy spadek odnotowano dla benzo(k)fluorantenu (o 32,6%), najmniejszy dla benzo(j)fluorantenu i benzo(a)antracenu. Wzrost, ale znaczący, odnotowano jedynie w przypadku dibenzo(a,h)antracenu (o 201,3%).

Reasumując, można stwierdzić, że na dwóch stacjach – Osieczów i Zielonka - odnotowano spadek wskaźników depozycji wszystkich lub większości WWA, a na stacji Puszcza Borecka stwierdzono wzrost wartości większości wskaźników. Tendencje zmian wskaźników depozycji poszczególnych WWA i wysokości opadu na każdej ze stacji przedstawiono w tabeli 6.5.8.

Tab. 6.5.8. Tendencje zmian wskaźników depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w 2022 roku w stosunku do roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

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	Wysokość opadu
	tendencja zmian							
Osieczów	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
Puszcza Borecka	↘	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↘
Zielonka	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↘

↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

Dla poszczególnych stacji określono również względne zmiany wskaźników depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i wysokości opadów w roku 2022 w stosunku do wartości średniej z lat 2010-2021 (Tab. 6.5.9). Na wszystkich stacjach sumy opadów były w roku 2022 mniejsze od średnich, przy czym różnice wyniosły -15,9% Osieczowie, -18,7% w Puszczy Boreckiej i -32,5% w Zielonce.

Na stacji Osieczów w roku 2022 odnotowano mniejsze w stosunku do wartości średnich wskaźniki depozycji wszystkich WWA. Względne spadki wartości wskaźników depozycji wyniosły od 13,5% dla benzo(b)fluorantenu, przez nieco ponad 40% dla benzo(a)pirenu, benzo(j)fluorantenu i benzo(k)fluorantenu po 57,9% dla indeno(1,2,3-cd)pirenu i 62,0% dla dibenzo(a,h)antracenu.

Tab. 6.5.9. Względne zmiany wskaźników depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w 2022 roku w stosunku do wartości średnich z lat 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

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	Wysokość opadu
	[%]							
Osieczów	-45,5	-32,3	-13,5	-42,5	-44,8	-57,9	-62,0	
Puszcza Borecka	-22,5	-1,9	0,4	4,6	-10,9	23,0	-11,8	
Zielonka	-39,7	-40,2	-35,2	-20,5	-37,0	-39,2	111,5	

Na stacji Zielonka widać wyraźne spadki wskaźników depozycji WWA, poza D(a,h)A, w roku 2022 w stosunku do wartości średnich, co spowodowało, że wartości wskaźników depozycji badanych WWA na tej stacji były znów (po latach 2018 i 2019) wielokrotnie mniejsze niż na pozostałych dwóch stacjach, co było obserwowane we wcześniejszych latach. Największe spadki, wynoszące po ok. 40%, odnotowano dla benzo(a)pirenu, benzo(a)antracenu i indeno(1,2,3-cd)pirenu, a najmniejszy dla benzo(j)fluorantenu (o 20,5%). Dla dibenzo(a,h)antracenu stwierdzono wzrost o 111,5%.

Najmniejsze zmiany stwierdzono na stacji Puszcza Borecka i wyniosły one od -22,5% dla benzo(a)pirenu przez 0,4% dla benzo(b)fluorantenu po 23,0% dla indeno(1,2,3-cd)pirenu. Spadki odnotowano łącznie dla 4 węglowodorów, wzrosty dla dwóch i brak zmian dla jednego.

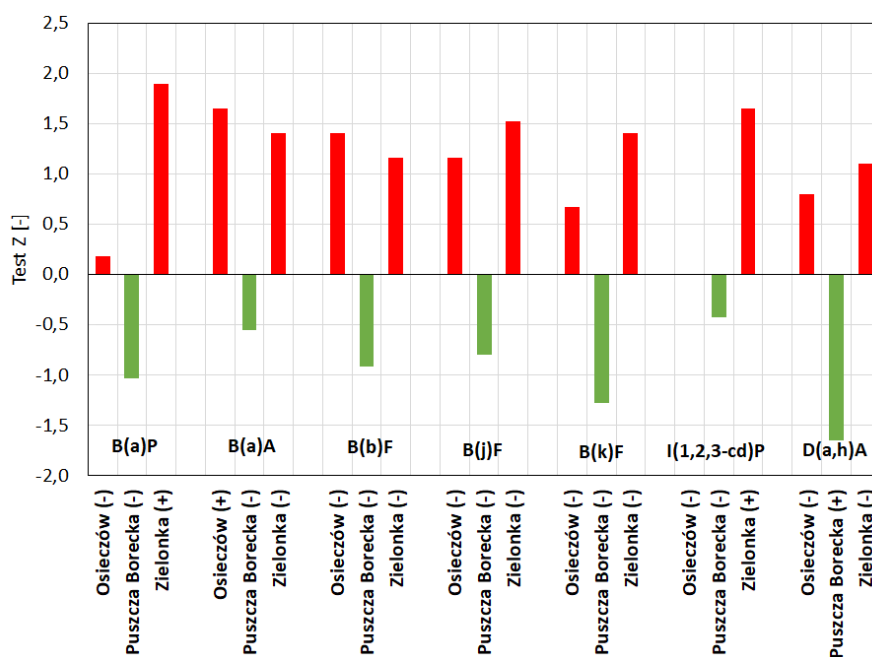
Reasumując, można stwierdzić, że na dwóch stacjach – Osieczów i Zielonka – odnotowano w roku 2022 spadek większości wskaźników depozycji WWA w stosunku do wartości średnich z lat 2010-2021. Na trzeciej stacji odnotowano spadek większości wskaźników depozycji WWA. Tendencje zmian wskaźników depozycji poszczególnych WWA i wysokości opadu na każdej ze stacji przedstawiono w tabeli 6.5.10.

Tab. 6.5.10. Tendencje zmian wskaźników depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w 2022 roku w stosunku do wartości średnich z lat 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	W stosunku do wartości średnich z lat 2010-2021 (źródło danych: RMIS)							Wysokość opadu
	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	
	tendencja zmian							
Osieczów	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	
Puszcza Borecka	↘	↘	↔	↗	↘	↗	↘	
Zielonka	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↗	

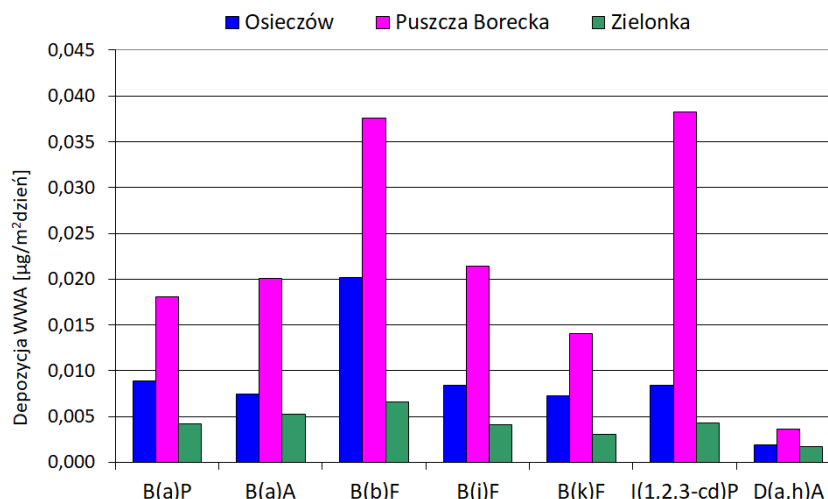
↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

Analiza wykazała brak znaczących trendów dla wskaźników depozycji WWA na wszystkich stacjach. W Osieczowie i Zielonce zarysowały się tendencje rosnące a w Puszczy Boreckiej malejące (Rys. 6.5.6). Nieznaczące trendy wykryto dla B(a)P i I(1,2,3-cd)P w Zielonce, B(a)A w Osieczowie i D(a,h)A w Puszczy Boreckiej.



Rys. 6.5.6. Trendy i tendencje zmian wskaźników depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2022 (źródło danych: PMŚ)

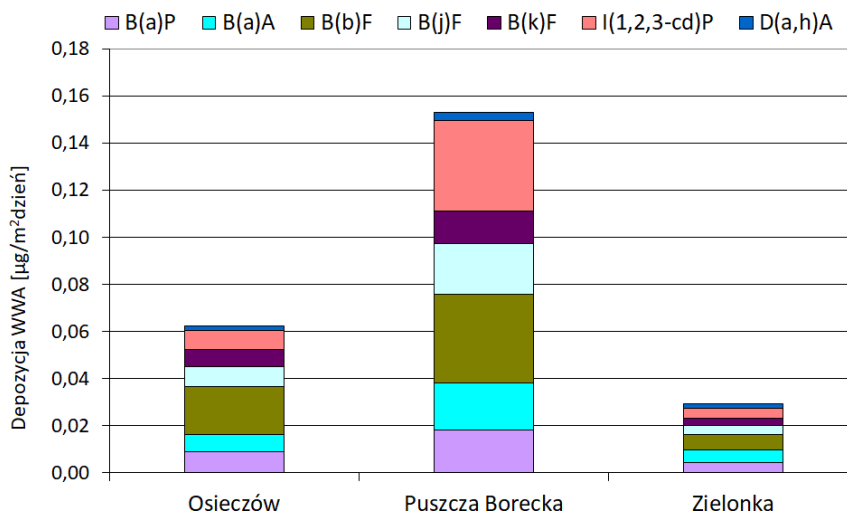
Spośród badanych WWA największe wskaźniki depozycji stwierdzono w roku 2022 dla indeno(1,2,3-cd)pirenu, benzo(b)fluorantenu i benzo(j)fluorantenu na stacji Puszcza Borecka oraz benzo(b)fluorantenu na stacji Osieczów. Na wszystkich trzech stacjach najmniej był wskaźnik depozycji dibenzo(a,h)antracenu. Sytuację tę obrazuje rysunek 6.5.7.



Rys. 6.5.7. Wskaźniki depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w 2022 roku (źródło danych: PMŚ)

W 2022 roku wskaźniki depozycji badanych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zanotowane na stacji w Osieczowie były bardziej zbliżone do tych z Zielonki i mniejsze od zaobserwowanych w Puszczy Boreckiej. Rok wcześniej wskaźniki dla poszczególnych WWA w Osieczowie i Puszczy Boreckiej były bardziej zbliżone.

Wskaźniki depozycji w Puszczy Boreckiej w 2022 roku były maksymalnie 6-9-krotnie większe – dla B(b)F i I(1,2,3-cd)P - niż w Zielonce; wskaźniki dla pozostałych składników były 2- 4-krotnie większe. Różnice pomiędzy Puszczą Boreką i Osieczowem wynosiły od 2 do 4 razy dla poszczególnych węglowodorów (Rys. 6.5.7 i 6.5.8) (w minionych latach były większe).



Rys. 6.5.8. Wartości wskaźników depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w 2022 roku (źródło danych: PMŚ)

Pomimo różnic wskaźników depozycji węglowodorów na poszczególnych stacjach tła regionalnego udziały każdego ze związków w sumie oznaczanych WWA nie odbiegały znacząco od siebie pomiędzy stacjami. B(b)F to składnik, którego było najwięcej lub prawie najwięcej na każdej ze stacji miał od 22% udziału w depozycji WWA na stacji Zielonka, przez 25% na stacji Puszcza Borecka do 32% na stacji Osieczów. Kolejne były I(1,2,3-cd)P z udziałem 25% w Puszczy Boreckiej, B(a)A w Zielonce z udziałem 18% i B(a)P w Osieczowie z udziałem 14%.

Najmniejszy na wszystkich stacjach był udział D(a,h)A – od 2% w Puszczy Boreckiej przez 3% w Osieczowie do 6% w Zielonce. Każdy z pozostałych składników wniósł do depozycji WWA na stacjach tła regionalnego po 9-15% udziału.

W tabeli 6.5.11 przedstawiono kolejność poszczególnych WWA – od występującego w największej ilości do występującego w najmniejszej ilości – dla każdej ze stacji. Na dwóch stacjach na pierwszym miejscu występował ten sam związek - benzo(b)fluoranten; w Puszczy Boreckiej znalazł się on na drugim miejscu, a na pierwszym był indeno(1,2,3-cd)piren. W Zielonce drugi był benzo(a)antracen a w Osieczowie benzo(a)piren. Na trzecim miejscu w Puszczy Boreckiej i Osieczowie znalazł się benzo(j)fluoranten, a w Zielonce indeno(1,2,3-cd)piren. Listę zamykają na wszystkich stacjach benzo(k)fluoranten i dibenzo(a,h)antracen.

Tab. 6.5.11. Kolejność poszczególnych WWA na stacjach tła regionalnego według wielkości wskaźników depozycji w 2022 roku (źródło danych: PMŚ)

Osieczów	B(b)F	B(a)P	B(j)F	I(1,2,3-cd)P	B(a)A	B(k)F	D(a,h)A
Puszcza Borecka	I(1,2,3-cd)P	B(b)F	B(j)F	B(a)A	B(a)P	B(k)F	D(a,h)A
Zielonka	B(b)F	B(a)A	I(1,2,3-cd)P	B(a)P	B(j)F	B(k)F	D(a,h)A

Depozycja jest kształtowana zarówno przez wysokość opadów, jak i przez stężenia zanieczyszczeń. Dla WWA można zaobserwować bardzo wyraźną przewagę depozycji w sezonie chłodnym nad depozycją w sezonie ciepłym, co odzwierciedla znaczące różnice stężeń WWA w sezonie chłodnym (większe) i ciepłym (dużo mniejsze).

7. Ocena zanieczyszczenia powietrza na tle wyników z innych krajów

W rozdziale 7 przedstawiono podsumowanie oceny jakości powietrza na polskich stacjach tła (pozamiejskiego i regionalnego) na tle pomiarów prowadzonych na stacjach pozamiejskich tła w Europie. Analizami objęto okres 2010-2021 z uwzględnieniem wszystkich analizowanych w niniejszym opracowaniu zanieczyszczeń. Podstawą wykonania oceny były wyniki pomiarów stężeń oraz wskaźników depozycji zgromadzonych w bazie E-reporting Europejskiej Agencji Środowiska.

W ocenie uwzględniono wszystkie stacje pozamiejskie tła (w tym tła regionalnego) funkcjonujące w analizowanym okresie w Europie (w opracowaniu dalej używa się "stacje pozamiejskie tła"). Nie uwzględniono stacji miejskich (urban), podmiejskich (suburban) oraz komunikacyjnych (traffic) i zlokalizowanych w strefie bezpośredniego oddziaływania źródeł emisji (Industrial).

W przypadku przedstawienia wyników analiz dla krajów, w celu odróżnienia stężeń średnich rocznych uzyskanych dla pojedynczych stacji od wartości uśrednionych dla poszczególnych krajów, w opracowaniu używa się określenia "obszar tła pozamiejskiego" jako charakterystyki krajowej.

7.1. Zanieczyszczenia zawarte w pyłe PM₁₀

W poniższym rozdziale przedstawiono ocenę stopnia zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM₁₀ oraz zawartymi w nim metalami ciężkimi i wielopierścieniowymi węglowodarami aromatycznymi (WWA) w Europie w latach 2010-2021 na stacjach pozamiejskich tła. Analizy przedstawiono zarówno w skali poszczególnych krajów, jak i dla pojedynczych stacji (stanowisk pomiarowych), ze szczególnym wskazaniem wyników pomiarów uzyskanych na stacjach tła w Polsce.

7.1.1. Pył PM₁₀

Ocenę zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM₁₀ w Europie w 2021 roku przeprowadzono na podstawie wyników pomiarów pochodzących z 433 stacji pozamiejskich tła (spełniających kryteria selekcji danych opisane w rozdziale 2), funkcjonujących na terenie 33 krajów europejskich (Tab. 7.1.1 i Rys. 7.1.1). Najwięcej stacji tego typu zlokalizowanych było w Niemczech, Włoszech i Hiszpanii (powyżej 60 stacji w każdym z krajów). Tylko w tych 3 krajach zlokalizowanych było ponad 45% wszystkich stacji tła pozamiejskiego w Europie. Podobnie jak w roku poprzednim, w 9 krajach (Cypr, Estonia, Grecja, Litwa, Luksemburg, Łotwa, Macedonia, Malta i Serbia) ocenę wykonano w oparciu o wyniki pomiarów pochodzących z 1 stacji. Wartości obliczonych parametrów statystycznych dla poszczególnych krajów przedstawiono w Tab. 7.1.1.

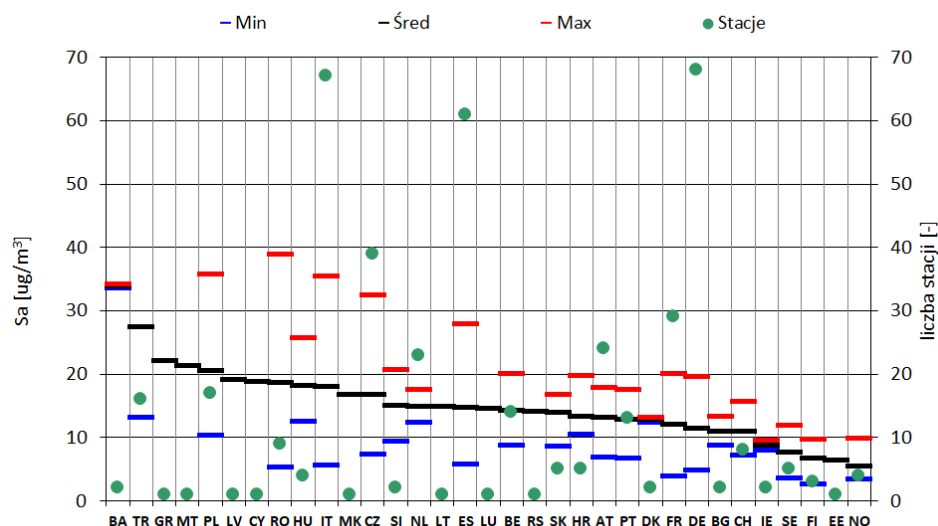
Uzyskane wyniki uśrednione dla danego kraju na obszarach tła pozamiejskiego pokazują, że średnie roczne stężenie pyłu PM₁₀ w Polsce w 2021 roku znajdowało się wśród poziomów powyżej obliczonej średniej dla Europy. Wyższe niż dla Polski wartości uzyskano dla Bośni i Hercegowiny (najwyższe w Europie), Turcji, Grecji i Malty. Najniższe wartości średniego rocznego stężenia pyłu PM₁₀ zaobserwowano dla Norwegii i Estonii (Tab. 7.1.1, Rys. 7.1.1).

W 2021 roku, na stacjach pozamiejskich tła w Europie przekroczenie rocznej wartości dopuszczalnej określonej w celu ochrony zdrowia zanotowano na 1 stacjach w Turcji. Na 17 stacjach funkcjonujących w 6 krajach - w Bośni i Hercegowinie (2 stacje), Czechach (1 stacja), Włoszech (8 stacji), Polsce (1 stacja - Godów), Rumunii (1 stacja) i Turcji (4 stacje) w 2021 roku wystąpiło przekroczenie dobowej wartości dopuszczalnej (Tab. 7.1.1).

Tab. 7.1.1. Stężenia średnie roczne pyłu PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

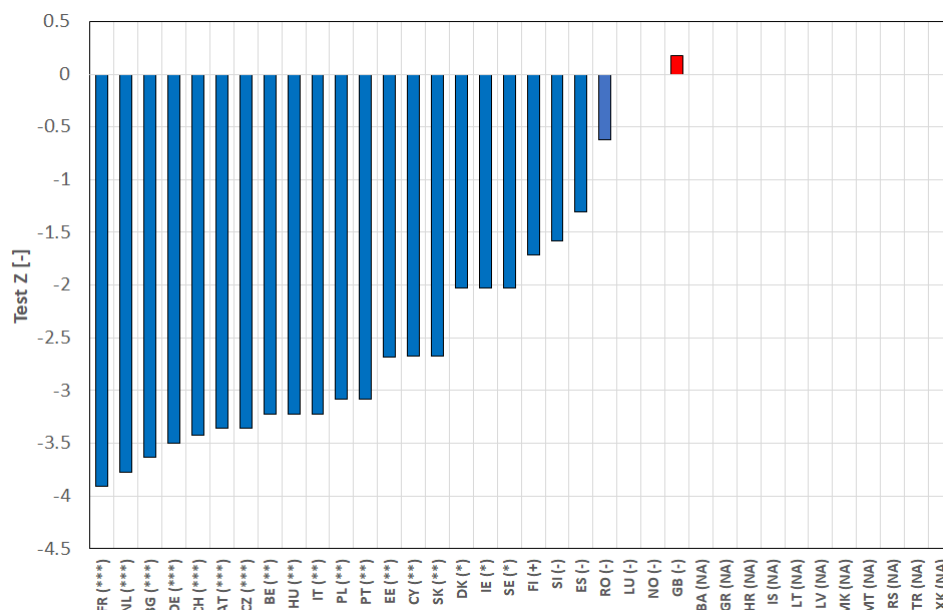
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła			Stężenie średnie roczne		
	Uwzględnione	Przekroczenie D24	Przekroczenie Da	Min	Średnia	Max
	[-]	[-]	[-]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
AT	24	0	0	6,8	13,1	17,8
BA	2	2	0	33,5	33,8	34,1
BE	14	0	0	8,7	14,2	20,0
BG	2	0	0	8,7	10,9	13,1
CH	8	0	0	7,1	10,9	15,5
CY	1	0	0	18,7	18,7	18,7
CZ	39	1	0	7,2	16,6	32,4
DE	68	0	0	4,7	11,4	19,6
DK	2	0	0	12,3	12,7	13,1
EE	1	0	0	6,3	6,3	6,3
ES	61	0	0	5,7	14,6	27,8
FI	3	0	0	2,5	6,6	9,7
FR	29	0	0	3,8	11,9	20,0
GR	1	0	0	22,0	22,0	22,0
HR	5	0	0	10,3	13,2	19,7
HU	4	0	0	12,5	18,1	25,5
IE	2	0	0	7,8	8,6	9,4
IT	67	8	0	5,6	17,9	35,3
LT	1	0	0	14,8	14,8	14,8
LU	1	0	0	14,5	14,5	14,5
LV	1	0	0	19,0	19,0	19,0
MK	1	0	0	16,7	16,7	16,7
MT	1	0	0	21,2	21,2	21,2
NL	23	0	0	12,3	14,9	17,4
NO	4	0	0	3,3	5,3	9,8
PL ^{*)}	17	1	0	10,3	20,5	35,7
PT	13	0	0	6,7	12,7	17,4
RO	9	1	0	5,2	18,5	38,9
RS	1	0	0	14,1	14,1	14,1
SE	5	0	0	3,5	7,5	11,8
SI	2	0	0	9,3	14,9	20,6
SK	5	0	0	8,6	13,9	16,7
TR	16	4	2	13,1	27,3	76,6
Europa	433	17	2	2,5	15,1	76,6

^{*)} Stacje: Belsk, Borowiec-Drapalka, Borsukowizna-Wiejska, Bory Tucholskie, Florianka RPN, Gajew, Gołuchów, Ujęcie Wody, Godów, Guty Duże, KMŚ Puszcza Borecka, Koniczynka, Latoszyn-Zdrój-mobilna, Osieczów, Parzniewice, Smolary Bytnickie, Szymbark, Złoty Potok Leśniczówka



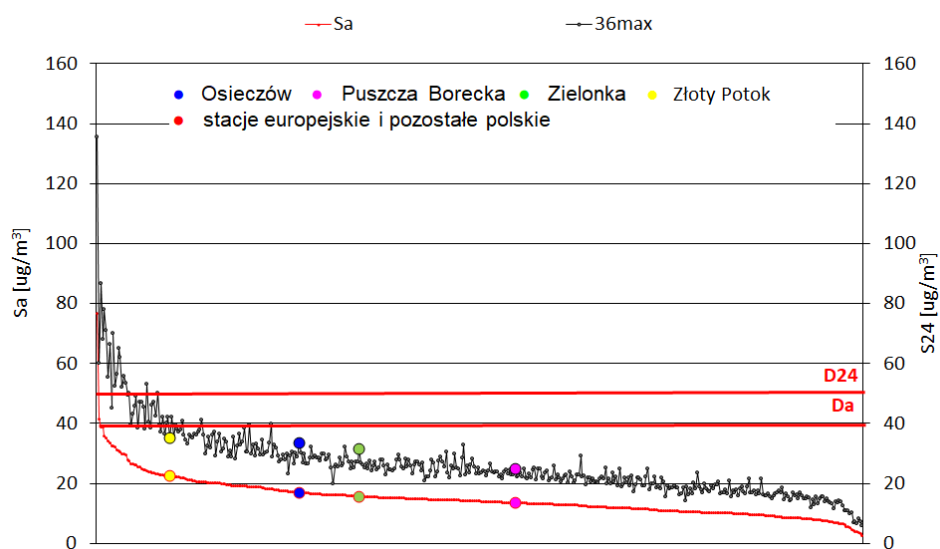
Rys. 7.1.1. Wartości stężeń średnich rocznych pyłu PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Przeprowadzona analiza statystyczna trendów zmian stężeń pyłu PM10 w okresie 2010-2021 w poszczególnych krajach Europy w praktyce wskazuje na zauważalne spadki. Taka sytuacja dotyczy 25 spośród 35 krajów poddanych analizie. Najbardziej istotne spadki obserwuje się w przypadku Francji, Bułgarii, Niemiec, Szwajcarii, Austrii i Czech. Również w przypadku Polski obserwowany jest istotny statystycznie trend malejący, na podobnym poziomie, jak w Portugalii czy we Włoszech. Dla Słowenii, Hiszpanii i Rumunii obserwuje się nieistotne statystycznie tendencje malejące stężeń średnich rocznych pyłu PM10. Wyjątek stanowi Wielka Brytania z niewielką tendencją rosnącą, przy czym należy podkreślić, że dla tego kraju dane za lata 2020-2021 nie były dostępne. Brak obserwowanych trendów i tendencji zmian dotyczy Luksemburga i Norwegii (Rys. 7.1.2).



Rys. 7.1.2. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

Wartości średnie roczne stężeń pyłu PM10 na stacjach pozamiejskich tła w Europie w 2021 roku zawierały się w granicach 2,5-76,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rys. 7.1.3). Wśród 5% stacji z najwyższymi stężeniami średnimi rocznymi (21 stacji), znalazło się 8 stacji włoskich, 6 tureckich (w tym dwa maksima europejskie), 2 stacje z Rumunii (w tym 3 maksimum) i Bośni i Hercegowiny oraz po jednej stacji z Czech, Hiszpanii i z Polski (Godów jako 5 maksimum europejskie). Spośród objętych analizami polskich stacji tła regionalnego, najwyższe stężenie średnie roczne wystąpiło na stacji w Złotym Potoku (42 pozycja wśród najwyższych wartości w Europie na 433 analizowane stacje). W przypadku pozostałych stacji wartości średnie roczne uplasowały je na odległych miejscach: Osieczów na 115 pozycji licząc od wartości najwyższych w Europie, Zielonka na 149 oraz Puszcza Borecka na 237 pozycji.



Rys. 7.1.3. Wartości stężeń średnich rocznych pyłu PM10 oraz 36 maksimum na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

7.1.2. Metale ciężkie w pyłe PM10

Ocenę zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi zawartymi w pyłe PM10 przeprowadzono z uwzględnieniem: 106 stacji pozamiejskich tła funkcjonujących w 22 krajach w 2021 roku. W analizach trendów uwzględniono ponadto 118 stacji (z 21 krajów) w 2019 roku, 121 stacji (z 22 krajów) w 2018 roku, 118 (23 krajów) w 2017 roku, 114 stacji (21 krajów) w 2016 roku, 108 stacji (18 krajów) w 2015 roku, 89 stacji (18 krajów) w 2014 roku, 57 stacji (16 krajów) w 2013 roku, 85 stacji (21 krajów) w 2012 roku, 80 stacji (20 krajów) w 2011 roku i 72 stacji (19 krajów) w roku 2010, gdzie co najmniej jeden z metali ciężkich był badany. Najwięcej stacji uwzględnionych w analizie przeprowadzonej dla roku 2021 zlokalizowanych było w Niemczech i Hiszpanii (po 17), w Czechach (14), we Włoszech (11). We Francji, Chorwacji i Belgii zlokalizowanych było po 6 stacji, w Rumunii – po 5, w Polsce i Szwecji – po 4, na Węgrzech i w Finlandii - po 3, a w Bułgarii – 2 stacje. W 9 krajach ocenie poddano wyniki pomiarów pochodzących z pojedynczych stacji.

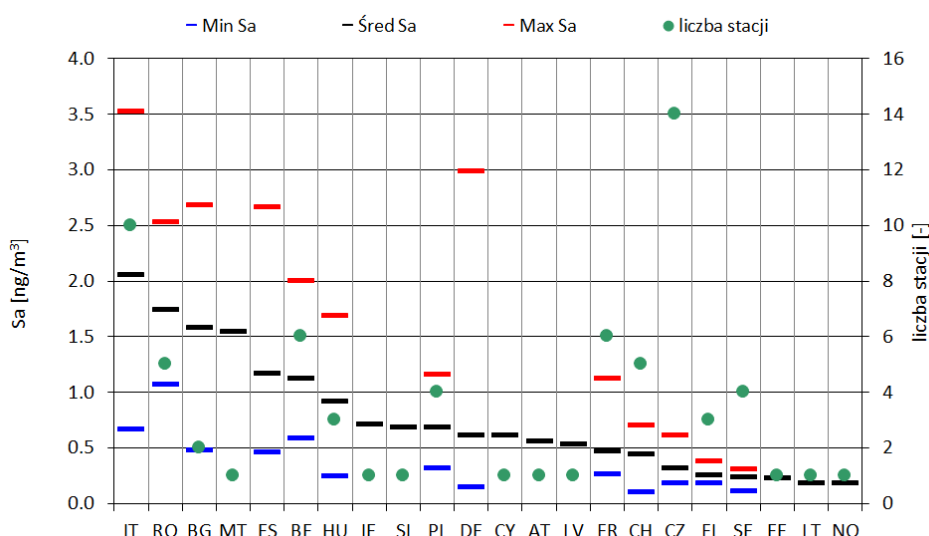
Wartości parametrów statystycznych analizowanych metali ciężkich zawartych w pyłe PM10 obliczonych dla poszczególnych krajów przedstawiono w tabelach 7.1.2 - 7.1.5 oraz na

rysunkach 7.1.4 - 7.1.11. W 2021 roku nie zanotowano przekroczeń poziomu docelowego dla żadnego z analizowanych w pyłe metali ciężkich.

Tab. 7.1.2. Stężenia średnie roczne dla Ni oznaczanego w pyłe PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,557	0,557	0,557
BE	6	0,577	1,116	1,999
BG	2	0,475	1,577	2,679
CH	5	0,100	0,440	0,700
CY	1	0,606	0,606	0,606
CZ	14	0,174	0,313	0,608
DE	17	0,140	0,611	2,980
EE	1	0,225	0,225	0,225
ES	17	0,453	1,165	2,655
FI	3	0,175	0,250	0,372
FR	6	0,261	0,467	1,118
HU	3	0,244	0,912	1,683
IE	1	0,710	0,710	0,710
IT	10	0,664	2,051	3,521
LT	1	0,178	0,178	0,178
LV	1	0,524	0,524	0,524
MT	1	1,537	1,537	1,537
NO	1	0,175	0,175	0,175
PL ^{*)}	4	0,313	0,675	1,154
RO	5	1,063	1,737	2,529
SE	4	0,102	0,234	0,305
SI	1	0,678	0,678	0,678
Europa	105	0,100	0,761	3,521

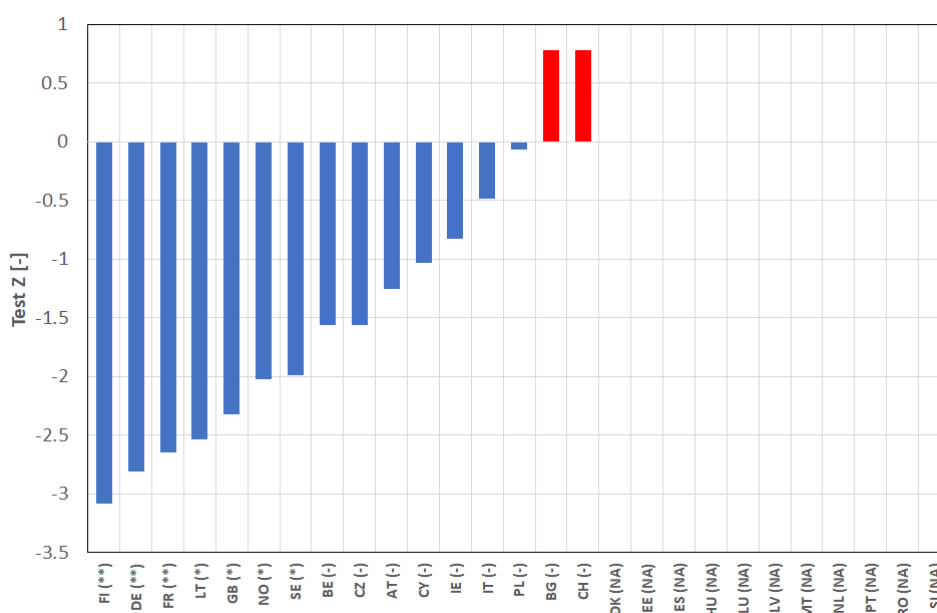
^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMS Puszca Borecka, Osieczów



Rys. 7.1.4. Wartości stężeń średnich rocznych dla Ni w pyłe PM₁₀ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Uzyskane w 2021 roku wyniki stężeń średnich rocznych niklu zawartego w pyłe PM10 w poszczególnych krajach Europy pokazują, że spośród 22 państw, gdzie wykonywano oznaczenia tego metalu, średnie stężenie w Polsce znajduje się poniżej wartości średniego stężenia w Europie. Najwyższe stężenia zaobserwowano dla Włoch (maksymalne w Europie), Rumunii, Bułgarii i Malty. Warto zauważyć bardzo dużą rozpiętość stężeń na stacjach włoskich. Podobnie jak w latach wcześniejszych, najniższe średnie stężenie Ni w roku 2021 odnotowano dla Norwegii (Tab. 7.1.2, Rys. 7.1.4).

Analiza statystyczna trendów stężeń średnich rocznych Ni oznaczanego w pyłe PM10 w krajach europejskich w okresie 2010-2021, przeprowadzona dla 16 krajów dla których można było przeprowadzić testy pokazuje generalne spadki dla 14 krajów. Wyjątek stanowi Bułgaria i Szwajcaria, dla których obserwuje się nieistotne statystycznie wzrosty. Dla 7 krajów (Finlandia, Niemcy, Francja, Litwa, Wielka Brytania, Norwegia i Szwecja) obserwuje się istotne statystycznie trendy malejące w okresie 2010-2021. W przypadku Polski obserwuje się nieistotną statystycznie niewielką tendencję spadkową (Rys. 7.1.4).



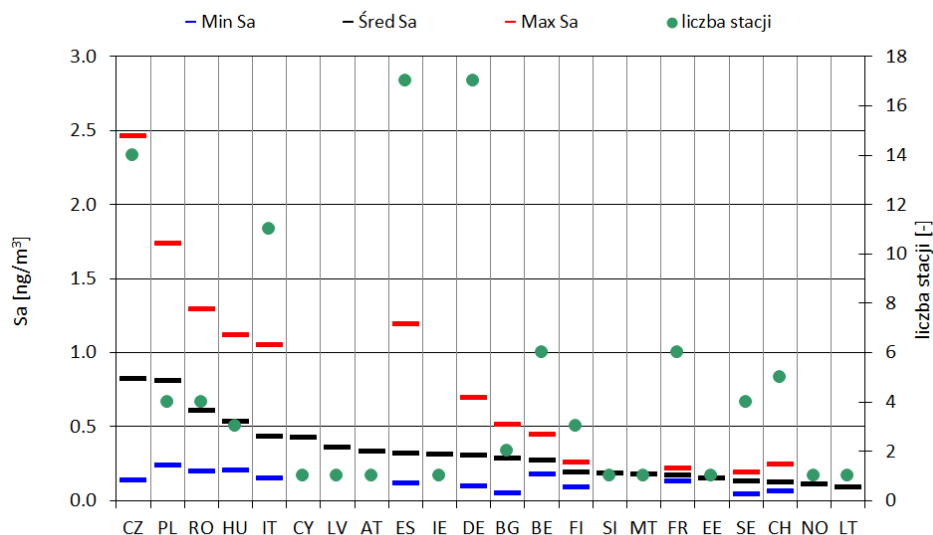
Rys. 7.1.5. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych Ni w pyłe PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

W przypadku Polski obserwuje się wysokie uśrednione stężenie arsenu oznaczanego w pyłe PM10 na obszarach tła pozamiejskiego w 2021 roku w porównaniu do 22 analizowanych krajów Europy. Wyższą niż w Polsce wartość uzyskano tylko dla Czech. Najniższe stężenia średnie roczne As oznaczanego w pyłe PM10 zaobserwowano dla Litwy (Tab. 7.1.3, Rys. 7.1.6)

Tab. 7.1.3. Stężenia średnie roczne dla As oznaczanego w pyłe PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,327	0,327	0,327
BE	6	0,174	0,265	0,442
BG	2	0,048	0,278	0,507
CH	5	0,060	0,122	0,240
CY	1	0,419	0,419	0,419
CZ	14	0,130	0,820	2,459
DE	17	0,094	0,300	0,694
EE	1	0,146	0,146	0,146
ES	17	0,110	0,313	1,190
FI	3	0,089	0,185	0,251
FR	6	0,126	0,165	0,215
HU	3	0,203	0,530	1,116
IE	1	0,310	0,310	0,310
IT	11	0,148	0,430	1,050
LT	1	0,085	0,085	0,085
LV	1	0,356	0,356	0,356
MT	1	0,174	0,174	0,174
NO	1	0,106	0,106	0,106
PL ^{*)}	4	0,231	0,802	1,731
RO	4	0,193	0,603	1,289
SE	4	0,037	0,129	0,186
SI	1	0,179	0,179	0,179
Europa	105	0,037	0,320	2,459

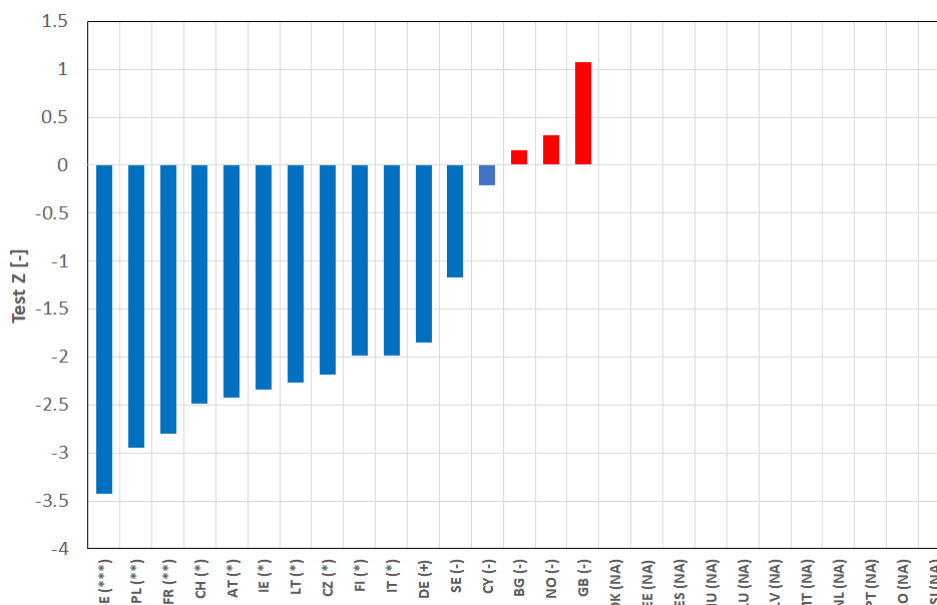
^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.1.6. Wartości stężeń średnich rocznych As w pyłe PM₁₀ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmian stężeń średnich rocznych As oznaczanego w pyłe PM₁₀ w poszczególnych krajach w okresie 2010-2021 (przeprowadzenie testów statystycznych możliwe było dla 16 krajów) wskazuje na generalne spadki, potwierdzone wynikami dla 13 krajów. Wyjątek

stanowią 3 kraje: Bułgaria, Norwegia i Wielka Brytania (przy braku danych z okresu 2020-2021), dla których zaobserwowano nieistotnie statystycznie tendencje rosnące. Istotne statystycznie trendy malejące zaobserwowano dla 11 krajów, najbardziej zaznaczone dla Belgii, Polski i Francji (Rys. 7.1.7).



Rys. 7.1.7. . Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych As w pyłe PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

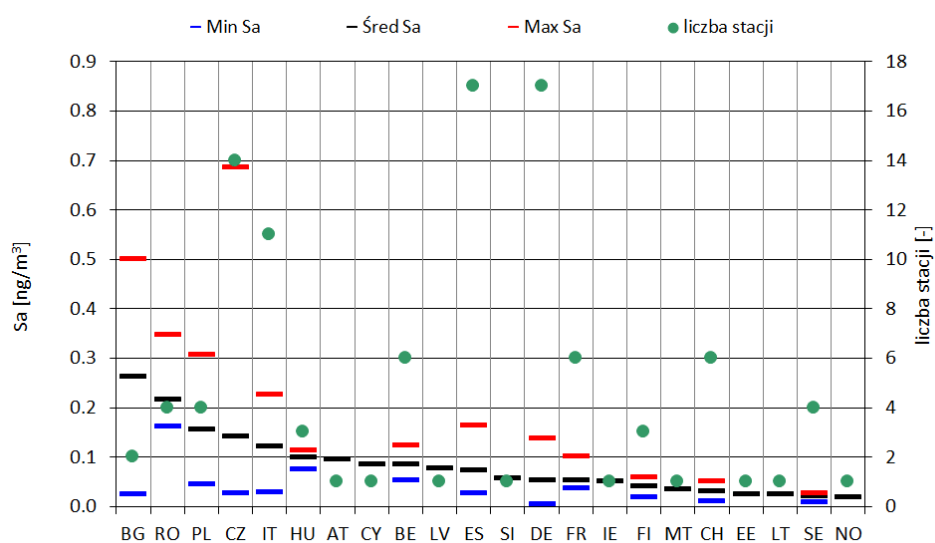
Podobnie jak dla arsenu, w 2021 roku sytuacja wyglądała w przypadku kadmu oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10. Na tle 22 rozważanych krajów europejskich, stężenie średnie roczne kadmu dla obszarów tła pozamiejskiego w Polsce było jednym z najwyższych. Wyższe niż dla Polski stężenia uzyskano tylko dla Bułgarii (maksymalne w Europie) i Rumunii. Najniższe stężenia Cd oznaczanego w PM10 obserwowano dla Szwecji i Norwegii (Tab. 7.1.4, Rys. 7.1.8).

Tab. 7.1.4. Stężenia średnie roczne dla Cd oznaczanego w pyłe PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

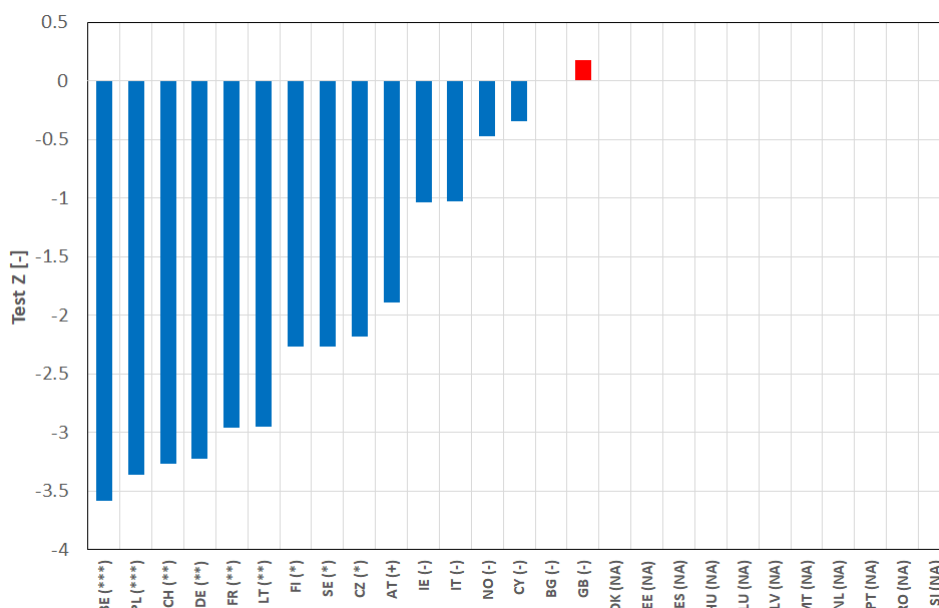
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,094	0,094	0,094
BE	6	0,051	0,084	0,122
BG	2	0,023	0,262	0,500
CH	6	0,010	0,030	0,050
CY	1	0,085	0,085	0,085
CZ	14	0,025	0,140	0,686
DE	17	0,003	0,053	0,136
EE	1	0,023	0,023	0,023
ES	17	0,025	0,072	0,162
FI	3	0,017	0,039	0,058
FR	6	0,035	0,052	0,101
HU	3	0,074	0,098	0,113
IE	1	0,050	0,050	0,050

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
IT	11	0,027	0,120	0,226
LT	1	0,023	0,023	0,023
LV	1	0,076	0,076	0,076
MT	1	0,034	0,034	0,034
NO	1	0,018	0,018	0,018
PL ^{*)}	4	0,043	0,155	0,306
RO	4	0,160	0,215	0,346
SE	4	0,007	0,020	0,026
SI	1	0,055	0,055	0,055
Europa	106	0,003	0,082	0,686

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.1.8. Wartości stężeń średnich rocznych dla Cd w pyle PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAS)



Rys. 7.1.9. . Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych Cd w pyłe PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmienności stężeń średnich rocznych Cd obliczonych dla poszczególnych krajów europejskich w okresie 2010-2021 (analizie poddano 16 krajów, dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych), wskazuje na spadki, z wyjątkiem Wielkiej Brytanii, dla której obserwuje się nieistotny statystycznie wzrost (przy braku danych za okres 2020-2021). W przypadku Bułgarii można mówić o braku zmian w analizowanym wieloleciu. Dla 10 krajów odnotowano istotne statystycznie trendy malejące, najbardziej wyraźnie zarysowane dla Belgii i Polski. Dla 4 krajów zaobserwowano nieistotne statystycznie tendencje spadkowe w okresie 2010-2021 (Rys. 7.1.9).

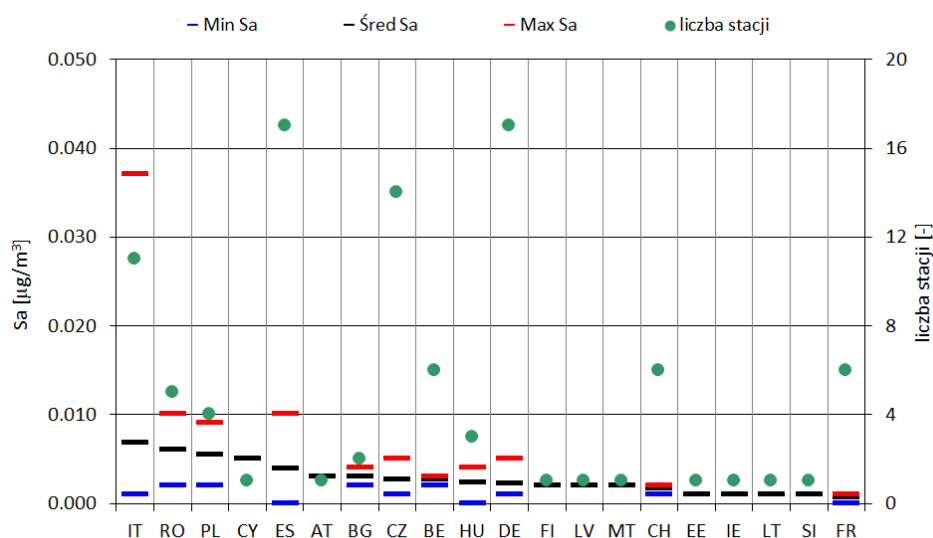
Podobnie jak dla arsenu i kadmu, w 2021 roku sytuacja wyglądała w przypadku ołowiu oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10. Na tle 22 rozważanych krajów europejskich, stężenie średnie roczne ołowiu dla obszarów tła pozamiejskiego w Polsce było obok Włoch (maksymalne w Europie) i Rumunii najwyższe w Europie. Najniższe wartości w Europie w roku 2021 uzyskano dla Norwegii (Tab. 7.1.5, Rys. 7.1.10).

Tab. 7.1.5. Stężenia średnie roczne dla Pb oznaczanego w pyłe PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
AT	1	0,003	0,003	0,003
BE	6	0,002	0,003	0,003
BG	2	0,002	0,003	0,004
CH	6	0,001	0,002	0,002
CY	1	0,005	0,005	0,005
CZ	14	0,001	0,003	0,005
DE	17	0,001	0,002	0,005
EE	1	0,001	0,001	0,001
ES	17	0,000	0,004	0,010
FI	1	0,002	0,002	0,002

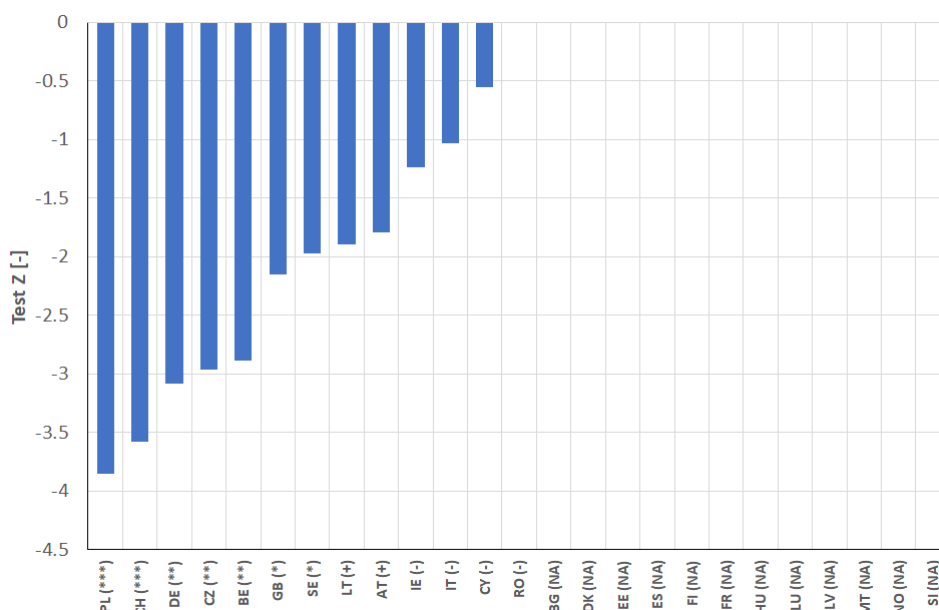
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
FR	6	0,000	0,001	0,001
HU	3	0,000	0,002	0,004
IE	1	0,001	0,001	0,001
IT	11	0,001	0,007	0,037
LT	1	0,001	0,001	0,001
LV	1	0,002	0,002	0,002
MT	1	0,002	0,002	0,002
NO	1	0,000	0,000	0,000
PL ^{*)}	4	0,002	0,006	0,009
RO	5	0,002	0,006	0,010
SE	3	0,000	0,001	0,001
SI	1	0,001	0,001	0,001
Europa	104	0,000	0,003	0,037

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.1.10. Wartości stężeń średnich rocznych dla Pb w pyłach PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Analiza statystyczna zmian stężeń średnich rocznych Pb oznaczanego w pyłach PM10 na obszarach tła pozamiejskiego w poszczególnych krajach europejskich wykazuje znaczące spadki w okresie 2010-2021. Spośród 13 dla krajów, dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych, dla 9 obserwuje się istotne statystycznie trendy malejące, najbardziej wyraźnie zarysowane w przypadku Polski i Szwajcarii (kierunek zmian i najwyższa istotność statystyczna). Dla 3 krajów obserwuje się nieistotne statystycznie tendencje malejące, a dla Rumunii widoczny jest brak zmian (Rys. 7.1.9).



Rys. 7.1.11. . Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych Pb w pyłe PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

Wartości średnie roczne metali ciężkich oznaczanych w pyłe PM10 na pojedynczych stacjach pozamiejskich tła w Europie w 2021 roku mieściły się w granicach: 0,100-3,521 ng/m³ dla Ni; 0,037-2,459 ng/m³ dla As; 0,003-0,686 ng/m³ dla Cd oraz 0,000-0,037 µg/m³ dla Pb.

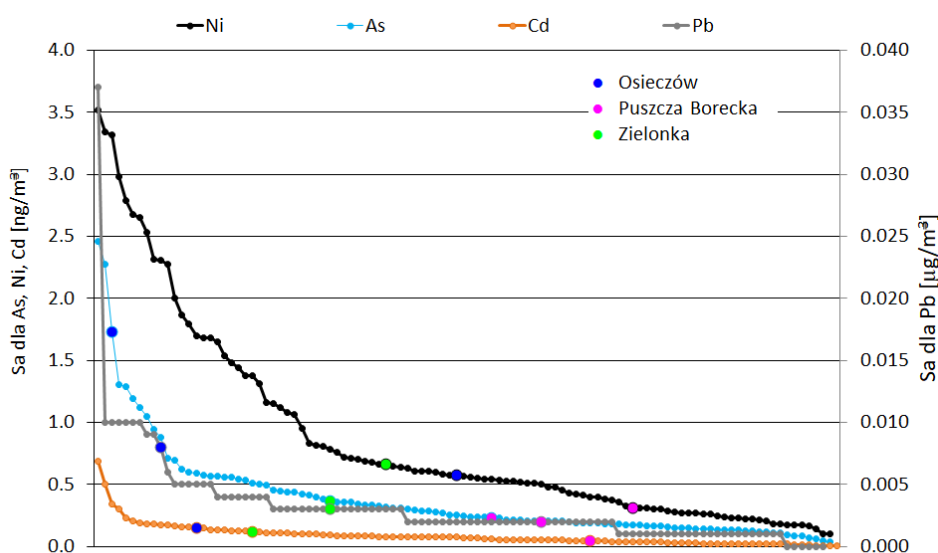
W przypadku Ni, wśród 10% stacji z najwyższymi stężeniami średnimi rocznymi (spośród 105 poddanych analizie), znajdowały się 4 stacje z Włoch (w tym pierwsze 3 maksimum europejskie), 3 stacje z Hiszpanii oraz pojedyncze stacje z Niemiec, Bułgarii i Rumunii. Najwyższe stężenie wśród polskich stacji zaobserwowano w Godowie (26 maksimum europejskie). Średnie roczne stężenia Ni oznaczane w pyłe PM10 na 3 rozważanych w opracowaniu polskich stacjach tła regionalnego Zielonka, Osieczów i Puszcza Borecka, usytuowały je odpowiednio na pozycjach 42, 52 i 77 maksimum licząc od najwyższego stężenia w Europie wśród 105 stacji (Rys. 7.1.12). Najniższe wartości uzyskano na jednej ze stacji szwedzkich.

Inaczej sytuacja wyglądała w przypadku stężeń średnich rocznych na stacjach tła pozamiejskiego dla arsenu oznaczanego w pyłe PM10, gdzie wartości uzyskane na polskich stacjach tła regionalnego wartości znacznie się różniły. Najwyższe stężenie spośród 105 rozważanych w 2021 roku stacji pozamiejskich tła w Europie, wystąpiło na dwóch stacjach czeskich (w tym 1 i 2 maksimum europejskie) i polskiej stacji Osieczów (3 maksimum). Wśród 10% stacji z najwyższymi wartościami As oznaczanego w pyłe PM10 znalazły się łącznie 4 stacje czeskich, 2 stacje polskie (poza Osieczowem również Godów) i po jednej stacji rumuńskiej, hiszpańskiej, węgierskiej i włoskiej. Stężenie średnie roczne na pozostałych stacjach tła regionalnego w Polsce ulokowały Zielonkę i Puszcę Borecką odpowiednio na pozycji 34 i 57 maksimum europejskiego (Rys. 7.1.12). Najniższe wartości As oznaczanego w PM10 zanotowano na stacji szwedzkiej.

Analiza przeprowadzona dla kadmu oznaczanego w pyłe PM10 w roku 2021 wskazuje, że wśród 10% stacji tła pozamiejskiego w Europie (spośród 106 analizowanych) znajdowały się

4 stacje z Włoch, 3 z Rumunii (w tym jedna jako 3 maksimum), oraz po jednej z Czech (z maksimum europejskim), Bułgarii (2 maksimum) i Polski (Godów jako 4 maksimum europejskie). Z polskich stacji tła regionalnego Osieczów i Zielonka zlokalizowane zostały w strefie stężeń wyższych na odpowiednio na pozycjach 15 i 23 maksimum europejskiego. Stacja Puszcza Borecka znajdowała się w strefie stężeń niskich na pozycji 71 licząc od najwyższych stężeń (Rys. 7.1.12).

Podobnie do kadmu sytuacja wyglądała w 2021 roku w przypadku stężeń średnich rocznych ołowiu oznaczanego w pyłe PM₁₀. Wśród 10% poddanych analizie stacji (oceniano wyniki ze 104 stacji) z najwyższymi wartościami w Europie 4 zlokalizowane były Hiszpanii (w tym jedna jako 2 maksimum), 2 we Włoszech (w tym 1 i 3 maksimum europejskie) oraz po 2 w Rumunii i w Polsce (Godów na pozycji 9 maksimum i Osieczów jako 10 maksimum europejskie). Wartości stężenia średniego rocznego na pozostałych dwóch stacjach tła regionalnego znacznie się różniły od siebie i lokowały te stacje odpowiednio: Zielonkę w strefie stężeń średnich na pozycji 34 maksimum w Europie i Puszcę Borecką w strefie wartości niskich na pozycji 64 maksimum w Europie (Rys. 7.1.12).



Rys. 7.1.12. Wartości stężeń średnich rocznych metali ciężkich oznaczanych w pyłe PM₁₀ na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

7.1.3. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyłe PM10

Ocenę zanieczyszczenia powietrza wielopierścieniowymi węglowodarami aromatycznymi zawartymi w pyłe zwieszonym PM10 w Europie przeprowadzono z uwzględnieniem 103 stacji pozamiejskich tła prowadzących pomiary w 20 krajach w 2021 roku, 112 stacji (19 krajów) w 2021 roku, 249 stacji (31 krajów) w 2019 roku, 111 stacji (17 krajów) w 2018 roku, 112 (19 krajów) w roku 2017, 104 stacji (18 krajów) w 2016 roku, 94 stacji (16 krajów) w roku 2015, 73 stacji (18 krajów) w 2014 roku, 30 stacji (13 krajów) w roku 2013, 75 stacji (w 21 krajach) w roku 2012, 68 stacji (w 19 krajach) w 2011 i 61 stacji (w 20 krajach) w 2010 roku. Najwięcej stacji prowadzących pomiary WWA w pyłe PM10 spełniających przyjęte w opracowaniu kryteria selekcji danych (por. rozdział 2) w 2021 roku (powyżej 10 w każdym z nich), zlokalizowanych było we Włoszech, Hiszpanii, Czechach i w Niemczech. W 7 krajach w ocenie wykorzystano wyniki pomiarów pochodzące z pojedynczych stacji.

Uzyskane wyniki w roku 2021 dla wszystkich poddanych analizie wielopierścieniowych węglowodórów aromatycznych oznaczanych w pyłe zawieszonym PM10, tj. dla B(a)P, B(a)A, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P oraz D(a,h)A na stacjach tła pozamiejskiego w Europie wskazują na najwyższe poziomy w Polsce. (Tab. 7.1.6 - 7.1.12, Rys. 7.1.13 - 7.1.24).

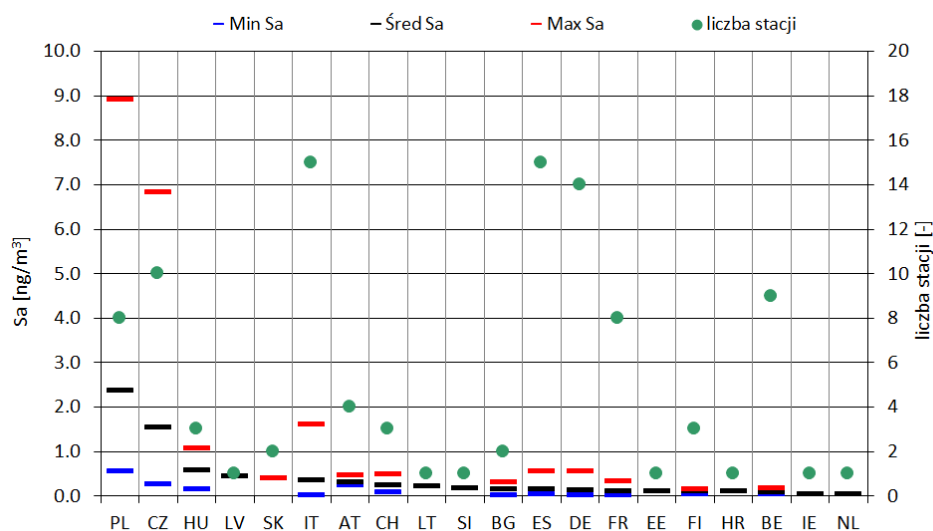
Obserwowane średnie stężenia oznaczanego B(a)P w pyłe PM10 w 2021 roku w poszczególnych krajach europejskich wskazują na najwyższe poziomy w Polsce, które były na zbliżonym poziomie jak obserwowane w Czechach. Najniższe wartości przeciętne tego zanieczyszczenia spośród 20 rozważanych krajów uzyskano dla Holandii (Tab. 7.1.6, Rys. 7.1.13). Przekroczenia rocznej wartości dopuszczalnej w 2021 roku wystąpiły na 10 stacjach, w tym na 5 polskich (Godów, Latoszyn-Zdrój-mobilna, Koniczynka, Osieczów i Parzniewice), 3 czeskich oraz po jednej ze stacji węgierskich i włoskich.

Tab. 7.1.6. Stężenia średnie roczne dla B(a)P oznaczanego w pyłe PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

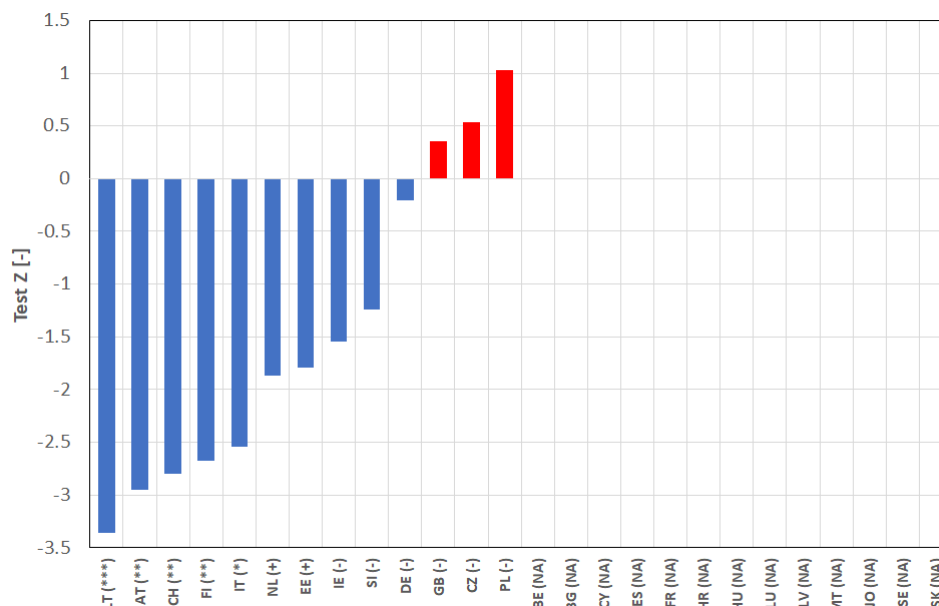
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła		Stężenie średnie roczne		
	Uwzględnionych	Przekroczenie Da	Min	Średnia	Max
	[-]	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	4	0	0,224	0,301	0,448
BE	9	0	0,035	0,079	0,167
BG	2	0	0,002	0,147	0,292
CH	3	0	0,083	0,229	0,480
CZ	10	3	0,251	1,530	6,831
DE	14	0	0,016	0,129	0,540
EE	1	0	0,097	0,097	0,097
ES	15	0	0,032	0,141	0,542
FI	3	0	0,031	0,092	0,138
FR	8	0	0,010	0,102	0,332
HR	1	0	0,086	0,086	0,086
HU	3	1	0,144	0,575	1,050
IE	1	0	0,040	0,040	0,040
IT	15	1	0,014	0,338	1,592
LT	1	0	0,200	0,200	0,200
LV	1	0	0,431	0,431	0,431
NL	1	0	0,025	0,025	0,025
PL ^{*)}	8	5	0,555	2,360	8,906
SI	1	0	0,160	0,160	0,160

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła		Stężenie średnie roczne		
	Uwzględnionych	Przekroczenie Da	Min	Średnia	Max
	[-]	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
SK	2	0	0,385	0,388	0,391
Europa	103	10	0,002	0,372	8,906

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Koniczynka, Latoszyn-Zdrój-mobilna, Osieczów, Parzniewice, Smolary Bytnickie



Rys. 7.1.13. Wartości stężeń średnich rocznych dla B(a)P w pyłach PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)



Rys. 7.1.14. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych B(a)P w pyłach PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmian stężeń średnich rocznych B(a)P zawartego w pyłach PM10 w poszczególnych krajach w latach 2010-2021 (statystyczna analiza możliwa była dla 13 krajów) wskazuje generalnie tendencje spadkowe, z wyjątkiem Polski, Wielkiej Brytanii i Czech, dla których zaobserwowano nieistotne statystycznie tendencje rosnące (dane dla Wielkiej Brytanii nie

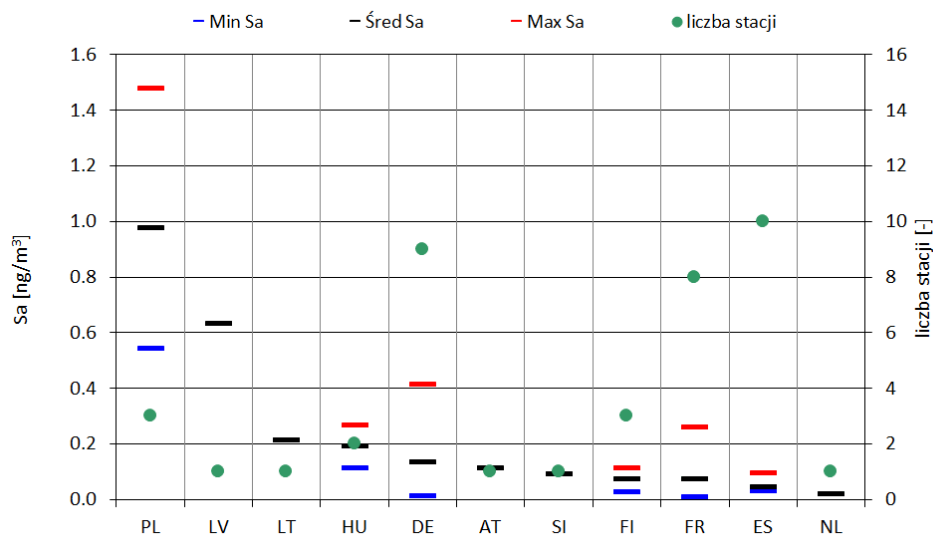
były dostępne z okresu 2020-2021). Dla 7 krajów zanotowano istotne statystycznie trendy malejące, najwyraźniej zaznaczone w przypadku Litwy (Rys. 7.1.14).

Analizy przeprowadzone dla 11 krajów prowadzących pomiary zawartego w pyłe PM₁₀ B(a)A w 2021 roku wskazują, że średnia dla Polski była najwyższa wśród krajów Europy. Stężenie średnie roczne tego WWA było nieco niższe dla Łotwy (druga najwyższa wartość w Europie). Najniższą wartość wśród krajów europejskich uzyskano dla Holandii (Tab. 7.1.7, Rys. 7.1.15).

Tab. 7.1.7. Stężenia średnie roczne dla B(a)A oznaczanego w pyłe PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

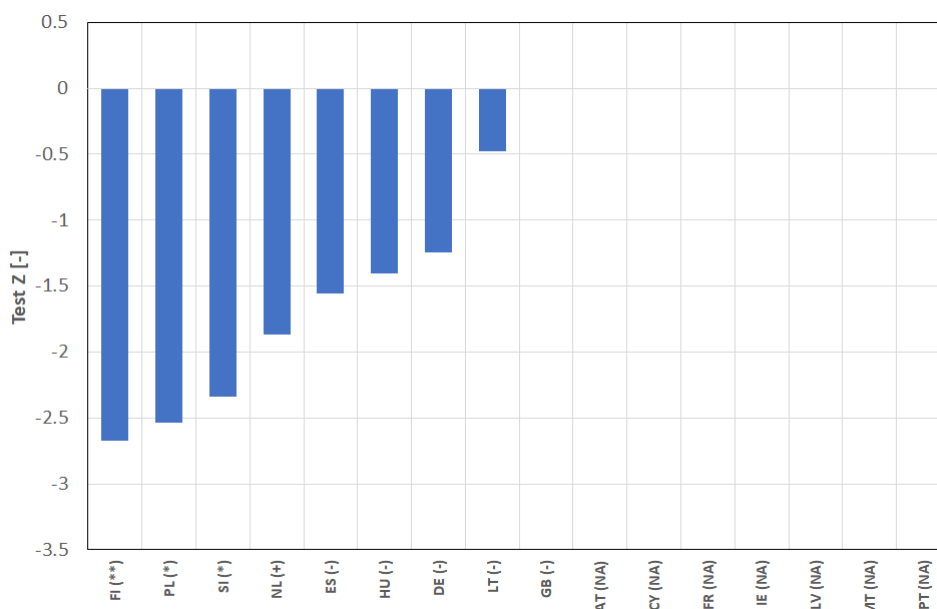
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,111	0,111	0,111
DE	9	0,011	0,130	0,410
ES	10	0,028	0,042	0,091
FI	3	0,024	0,070	0,111
FR	8	0,005	0,070	0,256
HU	2	0,111	0,188	0,264
LT	1	0,209	0,209	0,209
LV	1	0,631	0,631	0,631
NL	1	0,016	0,016	0,016
PL ^{*)}	3	0,541	0,974	1,476
SI	1	0,090	0,090	0,090
Europa	40	0,005	0,230	1,476

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.1.15. Wartości stężeń średnich rocznych dla B(a)A w pyłe PM₁₀ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Zmiany uśrednionych wartości w okresie 2010-2021 dla wszystkich 9 krajów dla których możliwe było przeprowadzenie testów, wykazują spadki stężeń B(a)A. Istotne statystycznie trendy malejące zaobserwowano dla Finlandii, Polski, Słowenii i Holandii. W przypadku Wielkiej Brytanii tendencja spadkowa nie występuje, ale może to być spowodowane faktem braku danych z okresu 2020-2021 (Rys. 7.1.16).



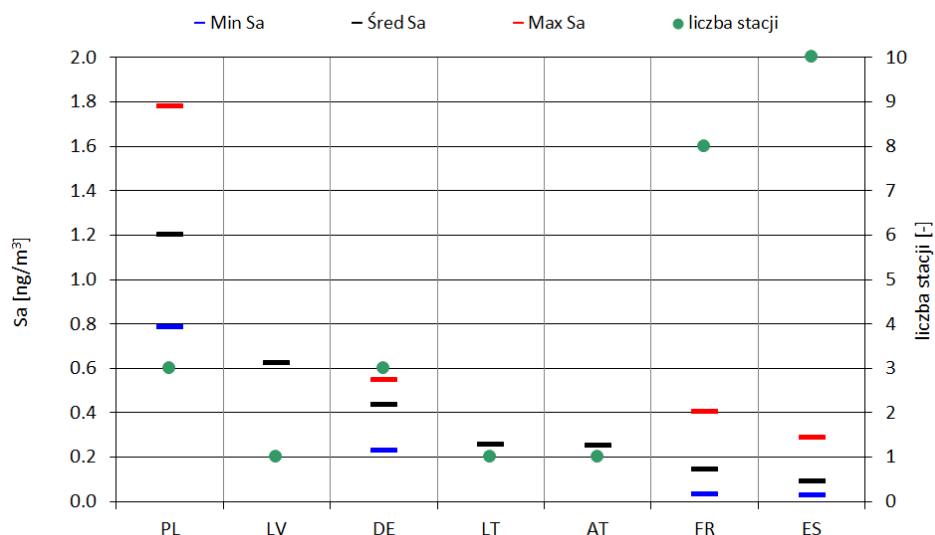
Rys. 7.1.16. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych B(a)A w pyłe PM₁₀ w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

Pomiary B(b)F, B(j)F i B(k)F oznaczanych w pyłe PM₁₀ były wykonywane znacznie rzadziej niż w przypadku pozostałych WWA. Ocena uśrednionych wartości dla poszczególnych krajów w Europie dla tych trzech WWA wskazuje na najwyższe stężenia w Polsce, tuż przed Łotwą w przypadku B(b)F i B(k)F i Niemcami w przypadku B(k)F. Najniższe stężenia średnie roczne dla B(b)F i B(k)F oznaczanych w pyłe PM₁₀ uzyskano dla Hiszpanii, zaś w przypadku B(j)F - dla Francji (Tab. 7.1.8-10, Rys. 7.1.17-19).

Tab. 7.1.8. Stężenia średnie roczne dla B(b)F oznaczanego w pyłe PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,252	0,252	0,252
DE	3	0,228	0,432	0,544
ES	10	0,028	0,087	0,286
FR	8	0,029	0,142	0,403
LT	1	0,253	0,253	0,253
LV	1	0,623	0,623	0,623
PL ^{*)}	3	0,781	1,200	1,777
Europa	27	0,028	0,427	1,777

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów

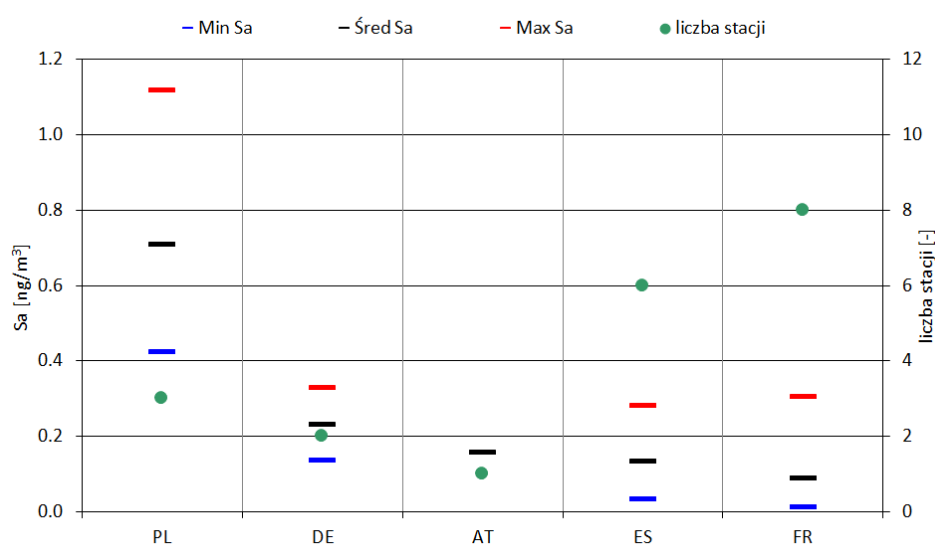


Rys. 7.1.17. Wartości stężeń średnich rocznych dla B(b)F w pyłe PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Tab. 7.1.9. Stężenia średnie roczne dla B(j)F oznaczanego w pyłe PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]
AT	1	0,155	0,155	0,155
DE	2	0,133	0,230	0,326
ES	6	0,030	0,133	0,280
FR	8	0,009	0,087	0,303
PL ^{*)}	3	0,421	0,707	1,117
Europa	20	0,009	0,262	1,117

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów

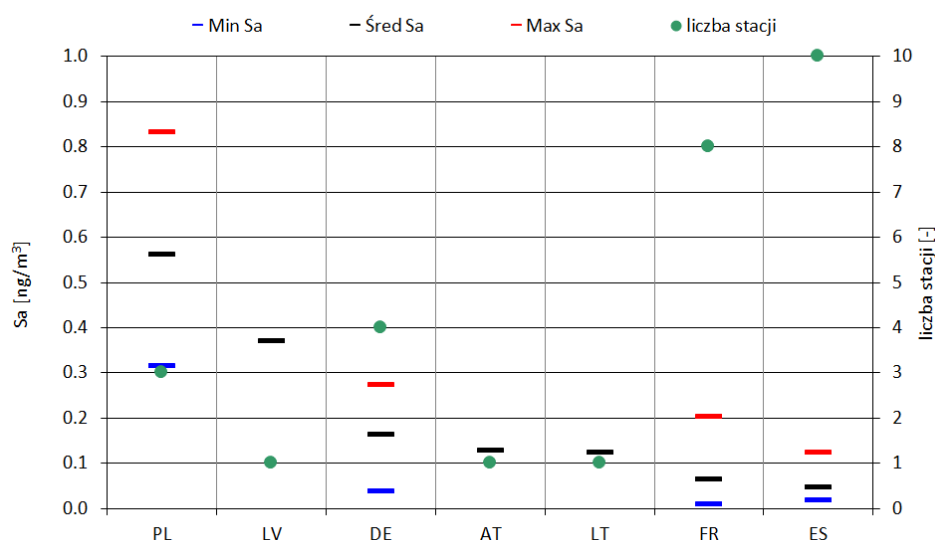


Rys. 7.1.18. Wartości stężeń średnich rocznych dla B(j)F w pyłe PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Tab. 7.1.10. Stężenia średnie roczne B(k)F oznaczanego w pyłe PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

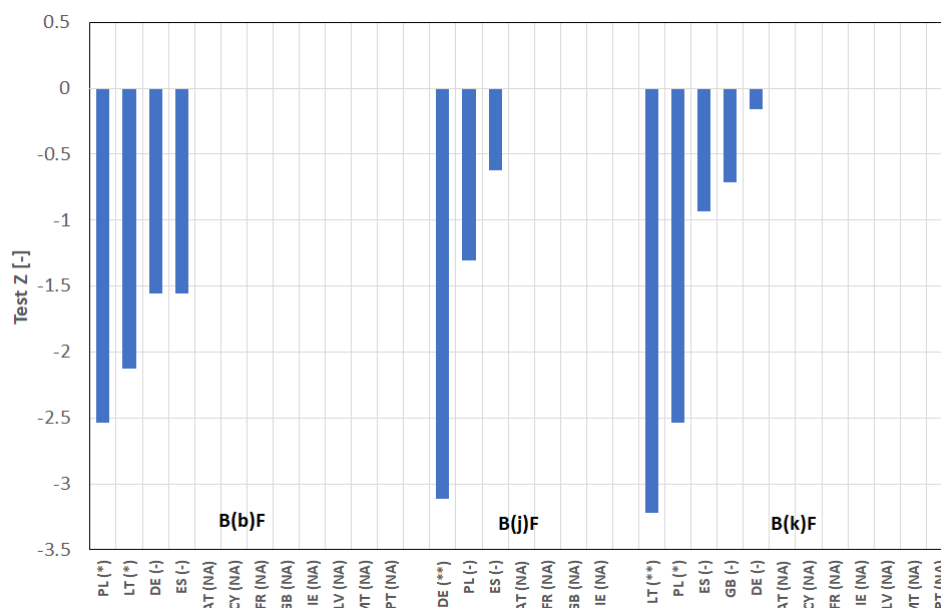
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,128	0,128	0,128
DE	4	0,036	0,163	0,273
ES	10	0,018	0,045	0,122
FR	8	0,009	0,064	0,202
LT	1	0,122	0,122	0,122
LV	1	0,370	0,370	0,370
PL*)	3	0,314	0,560	0,831
Europa	28	0,009	0,207	0,831

*) Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.1.19. Wartości stężeń średnich rocznych dla B(k)F w pyłe PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmian stężeń średnich rocznych B(b)F, B(j)F i B(k)F oznaczanych w pyłe PM10 obliczonych dla poszczególnych krajów europejskich w okresie 2010-2021 wskazuje na znaczące spadki. W przypadku Polski obserwuje się wyraźnie zaznaczone istotne statystycznie trendy malejące dla B(b)F i B(k)F, zaś w przypadku B(j)F nieistotną statystycznie tendencję malejącą. Istotne statystyczne trendy malejące dotyczą jeszcze Litwy w przypadku B(b)F i B(k)F (Rys. 7.1.20)



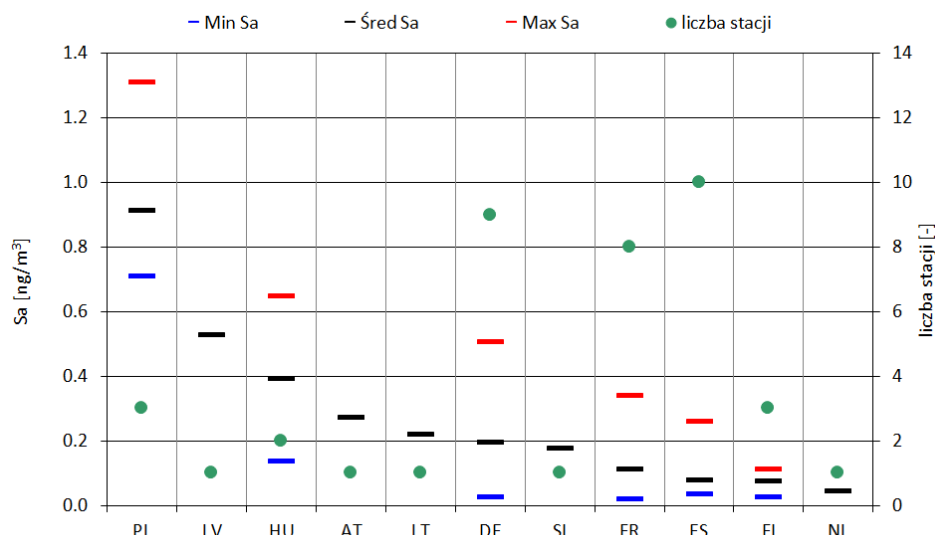
Rys. 7.1.20. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych B(b)F, B(j)F i B(k)F w pyłe PM₁₀ w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

Podobnie jak w przypadku wcześniej omawianych WWA, również dla stężeń średnich rocznych I(1,2,3-cd)P oznaczanego w pyłe PM₁₀ na obszarach tła pozamiejskiego, spośród 11 krajów Europy prowadzących pomiary tego WWA, stężenie uzyskane dla Polski jest najwyższe. Jest ono blisko 2 krotnie wyższe niż dla drugiej uzyskanej wartości w Europie tj. dla Łotwy. Najniższe wartości I(1,2,3-cd)P oznaczanego w pyłe PM₁₀ na obszarach pozamiejskich tła uzyskano w 2021 roku dla Holandii (Tab. 7.1.11, Rys. 7.1.21).

Tab. 7.1.11. Stężenia średnie roczne I(1,2,3-cd)P oznaczanego w pyłe PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,270	0,270	0,270
DE	9	0,023	0,195	0,505
ES	10	0,033	0,076	0,257
FI	3	0,025	0,072	0,110
FR	8	0,018	0,112	0,337
HU	2	0,136	0,392	0,647
LT	1	0,218	0,218	0,218
LV	1	0,527	0,527	0,527
NL	1	0,042	0,042	0,042
PL*)	3	0,707	0,912	1,309
SI	1	0,176	0,176	0,176
Europa	40	0,018	0,272	1,309

*) Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



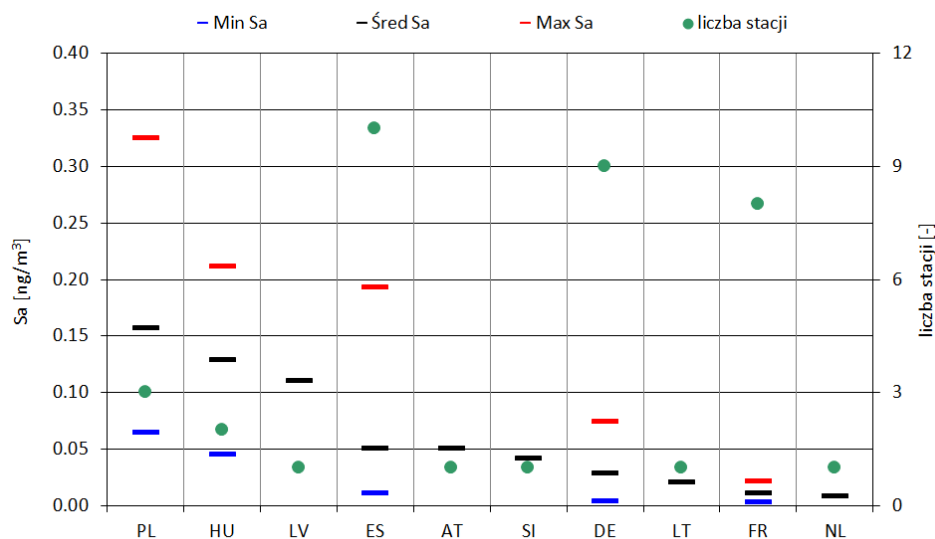
Rys. 7.1.21. Wartości stężeń średnich rocznych dla I(1,2,3-cd)P w pyłach PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Ocena różnic pomiędzy uśrednionymi stężeniami rocznymi dla poszczególnych krajów D(a,h)A oznaczanego w pyłach PM10 na obszarach tła pozamiejskiego w roku 2021 pokazuje, że nieznacznie niższe stężenie niż w Polsce (maksymalne w Europie) zaobserwowano dla Węgier i Łotwy. Podobnie, jak w przypadku innych WWA, najniższe stężenie uzyskano dla Holandii (Tab. 7.1,12 Rys. 7.1.22).

Tab. 7.1.12. Stężenia średnie roczne dla D(a,h)A oznaczanego w pyłach PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

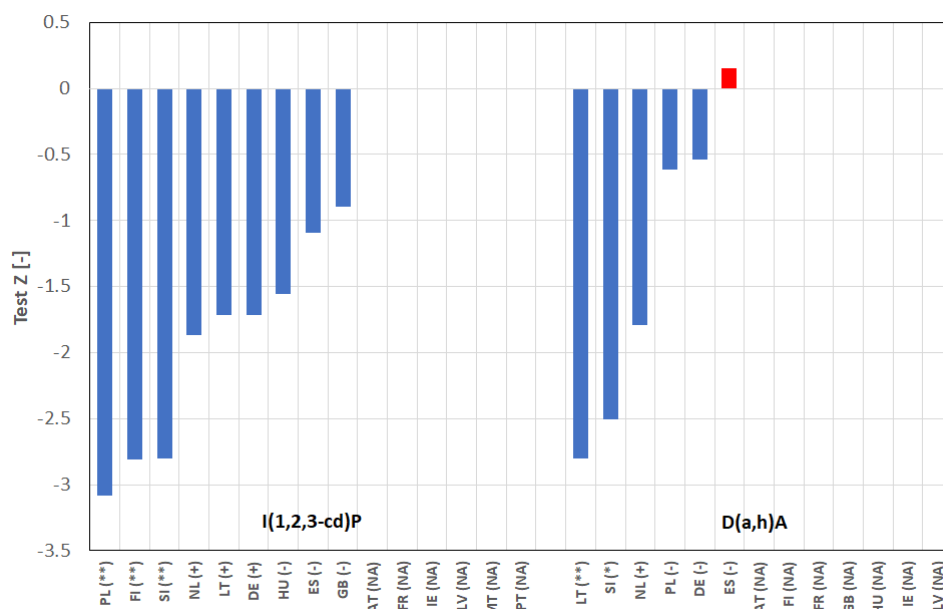
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]
AT	1	0,050	0,050	0,050
DE	9	0,003	0,028	0,074
ES	10	0,010	0,050	0,193
FR	8	0,002	0,011	0,021
HU	2	0,045	0,128	0,211
LT	1	0,020	0,020	0,020
LV	1	0,110	0,110	0,110
NL	1	0,008	0,008	0,008
PL ^{*)}	3	0,064	0,156	0,325
SI	1	0,041	0,041	0,041
Europa	37	0,002	0,060	0,325

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.1.22. Wartości stężeń średnich rocznych dla D(a,h)A w pyłach PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmian stężeń średnich rocznych w poszczególnych krajach europejskich I(1,2,3-cd)P (analizą statystyczną objęto 9 krajów) i D(a,h)A (analizą statystyczną objęto 6 krajów) oznaczanych w pyłach PM10 w okresie 2010-2021 wykazuje spadki, z wyjątkiem Hiszpanii, dla której zaobserwowano nieistotną statystycznie niewielką tendencję rosnącą. Polska, Finlandia i Słowenia są krajami dla których obserwuje się najwyraźniej zaznaczone istotne statystycznie trendy malejące stężeń I(1,2,3-cd)P w Europie. W przypadku zmian stężeń D(a,h)A istotne statystycznie trendy malejące dotyczą Litwy, Słowenii i Holandii a w przypadku Polski i Niemiec zaobserwuje się nieistotną statystycznie tendencję malejącą (Rys. 7.1.23).



Rys. 7.1.23. Wartości stężeń średnich rocznych dla I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A w pyłach PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

Wartości stężeń średnich rocznych WWA oznaczanych w pyłe PM₁₀ na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie przedstawiono na rysunku 7.1.24 (wartości stężeń średnich rocznych uszeregowano malejąco). Przeprowadzone analizy pokazują, że w 2021 roku w Europie stężenia średnie roczne dla poszczególnych WWA zawierały się odpowiednio w granicach: 0,002-8,906 ng/m³ dla B(a)P; 0,005-1,476 ng/m³ dla B(a)A; 0,028-1,777 ng/m³ dla B(b)F; 0,009-1,117 ng/m³ dla B(j)F; 0,009-0,831 ng/m³ dla B(k)F; 0,018-1,309 ng/m³ dla I(1,2,3-cd)P oraz 0,002-0,325 ng/m³ dla D(a,h)A.

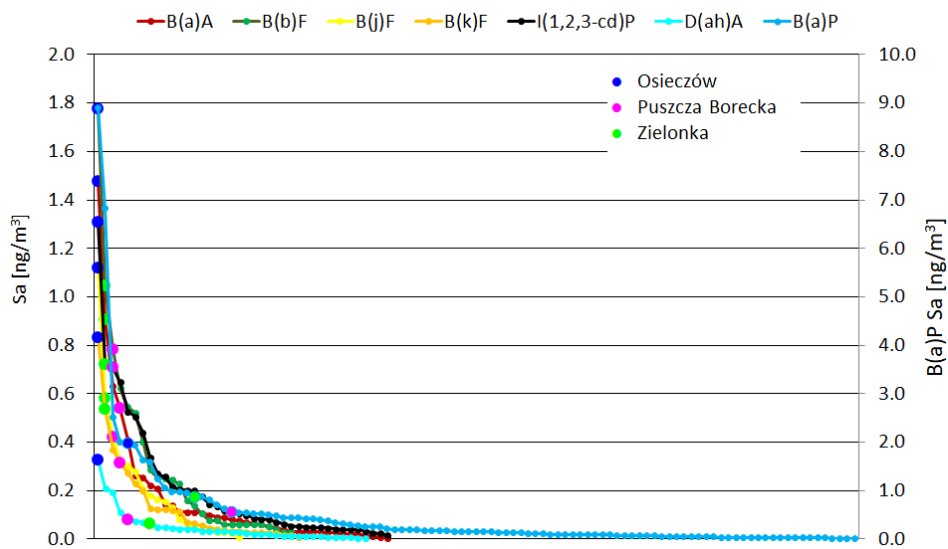
Ocena poziomów B(a)P oznaczanego w pyłe PM₁₀ na stacjach europejskich tła pozamiejskiego pokazuje, że spośród 10% stacji z najwyższymi wartościami stężeń średnich rocznych (na 103 poddane analizie), w roku 2021 roku znajdowało się 5 stacji polskich (w tym z 1 - Godów, 3, 4 oraz 5 maksimum europejskim na stacja tła regionalnego w Osieczowie), 3 stacje czeskie (w tym 2 maksimum europejskim), oraz po jednej ze stacji francuskiej i włoskiej. Wartości stężenia średniego rocznego B(a)P na pozostałych dwóch polskich stacjach tła regionalnego uplasowały je w strefie poziomów wysokich, odpowiednio: Zielonkę jako 14 maksimum europejskie, Smolary Bytnickie – 16 i Puszcę Borecką na pozycji 19 (Rys. 7.1.24). Najniższe stężenia średnie roczne tego WWA zaobserwowano na stacji w Bułgarii.

W przypadku stężeń średnich rocznych B(a)A, sytuacja w 2021 roku wyglądała nieco mniej korzystnie dla polskich stacji tła regionalnego niż w przypadku B(a)P. Wśród 10% stacji (na 40 analizowanych) maksymalne wartości w Europie zaobserwowano na dwóch stacjach polskich tła regionalnego (1 maksimum europejskie dla Osieczowa, 2 – dla Zielonki). Trzecie maksimum europejskie zostało osiągnięte przez jedną z łódzskich stacji, zaś Puszcza Borecka uplasowała się na pozycji 4 maksimum. Najniższe wartości w Europie na obszarach tła pozamiejskiego zaobserwowano na 2 stacjach francuskich.

W przypadku B(b)F, B(j)F, B(k)F, obserwowane stężenia na polskich stacjach tła regionalnego znajdowały się w strefie wartości najwyższych. W przypadku wymienionych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych najwyższe stężenia w Europie obserwowano na polskich stacjach tła regionalnego: Osieczów, Zielonka i Puszcza Borecka odpowiednio jako 1, 2 i 3 maksimum europejskie w przypadku B(b)F i B(j)F oraz odpowiednio – 1, 2 i 4 maksimum europejskie w przypadku B(k)F. Najniższe stężenie średnie roczne zanotowano ponownie na stacjach hiszpańskich w przypadku B(b)F i B(k)F oraz na francuskiej w przypadku B(j)F.

Podobną sytuację w 2021 roku jak dla B(b)F i B(j)F zaobserwowano w przypadku rozkładu stężeń średnich rocznych na stacjach wykonujących oznaczenia (1,2,3-cd)P oznaczanego w pyłe PM₁₀, gdzie najwyższe stężenia w Europie obserwowano na polskich stacjach tła regionalnego: Osieczów, Zielonka i Puszcza Borecka odpowiednio jako 1, 2 i 3 maksimum europejskie. Najniższe stężenie średnie roczne (1,2,3-cd)P zanotowano ponownie na jednej ze stacji francuskich.

W przypadku rozkładu stężeń D(a,h)A w pyłe PM₁₀ w 2021 roku maksimum europejskie zaobserwowano na polskiej stacji w Osieczowie. Drugie i trzecie maksimum należało do stacji węgierskiej i hiszpańskiej. Na 37 rozważanych stacjach dla tego WWA, pozostałe dwie polskie stacje tła regionalnego ulokowały się na pozycjach 5-tego (Puszcza Borecka) i 8-mego maksimum (Zielonka). Najniższe stężenie średnie roczne D(a,h)A zanotowano na stacji francuskiej.



Rys. 7.1.24. Wartości stężeń średnich rocznych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oznaczanych w pyłe PM10 na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2021 (źródło danych: EAS)

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

W niniejszym rozdziale przedstawiono analizę w zakresie zanieczyszczenia powietrza pyłem PM_{2,5} oraz oznaczanymi w nim anionami i kationami oraz węglem (elementarnym i organicznym) na europejskich stacjach pozamiejskich tła w latach 2010-2021. Analogicznie jak do poprzednich podrozdziałów, w tej części opracowania przedstawiono uśrednione wyniki stężeń uzyskane dla poszczególnych krajów oraz odrębnie wartość średnie roczne dla pojedynczych stanowisk pomiarowych, ze wskazaniem wyników pomiarów obserwowanych na stacjach tła regionalnego w Polsce.

7.2.1. Pył PM_{2,5}

Ocenę zanieczyszczenia powietrza pyłem PM_{2,5} dla 2021 roku przeprowadzono z uwzględnieniem pomiarów prowadzonych na 268 stacjach pozamiejskich tła funkcjonujących w 30 krajach europejskich. W stosunku do roku ubiegłego liczba stacji nieznacznie się zwiększyła, przy niedostępnych danych z Wielkiej Brytanii. Najwięcej stacji uwzględnionych w analizie (powyżej 30 stacji w każdym kraju) zlokalizowanych było w Niemczech, Hiszpanii i we Włoszech. W 9 krajach (Bośnia i Hercegowina, Cypr, Dania, Grecja, Luksemburg, Łotwa, Malta, Rumunia i Słowenia) o wynikach oceny zdecydowały pomiary z pojedynczych stacji. Uśrednione wyniki dla poszczególnych krajów przedstawiono w Tab. 7.2.1 i na Rys. 7.2.1.

Stężenie średnie roczne pyłu PM_{2,5} obliczone dla Polski na obszarach tła pozamiejskiego w 2021 roku, znajdowało się w strefie stężeń wyższych niż średnia w Europie wynosząca 9,6 µg/m³. Wyższe wartości uśrednione dla kraju niż w Polsce, uzyskano dla Bośni i Hercegowiny (ponad 2 krotnie wyższe niż w Polsce), Grecji, Turcji, Rumunii i Czech. Najniższe wartości zaobserwowano dla Norwegii (poniżej 4 µg/m³).

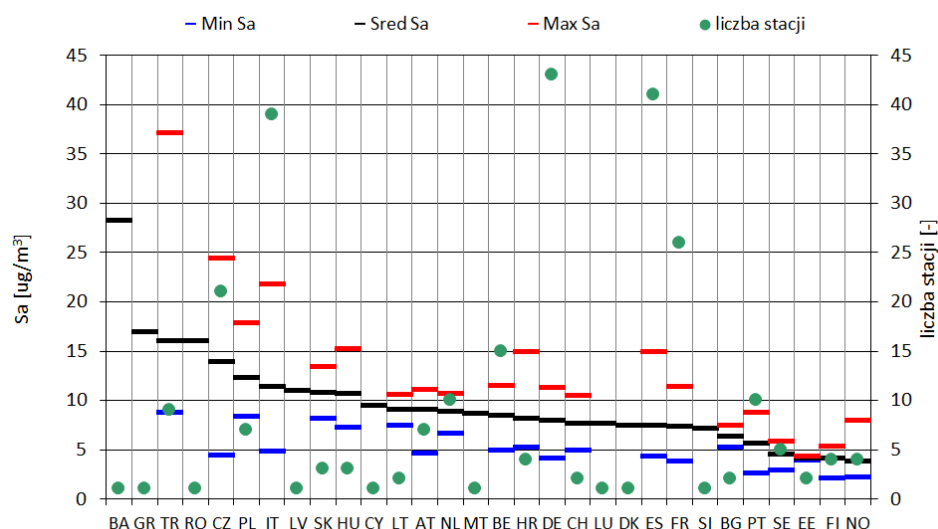
Przekroczenie rocznej wartości poziomu dopuszczalnego wynoszącego 20 µg/m³ wystąpiło na 5 z 268 analizowanych stacji – 2 tureckich i po jednej we Włoszech, w Czechach i Bośni i Hercegowinie (Tab. 7.2.1).

Tab. 7.2.1. Stężenia średnie roczne pyłu PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła		Stężenie średnie roczne		
	Uwzględnione	Przekroczenie Da	Min	Średnia	Max
	[-]	[-]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
AT	7	0	4,6	9,0	11,0
BA	1	1	28,1	28,1	28,1
BE	15	0	4,9	8,4	11,4
BG	2	0	5,2	6,3	7,4
CH	2	0	4,8	7,6	10,4
CY	1	0	9,4	9,4	9,4
CZ	21	1	4,4	13,9	24,3
DE	43	0	4,1	7,9	11,2
DK	1	0	7,4	7,4	7,4
EE	2	0	3,9	4,1	4,3
ES	41	0	4,3	7,4	14,8
FI	4	0	2,1	4,1	5,3
FR	26	0	3,8	7,3	11,3

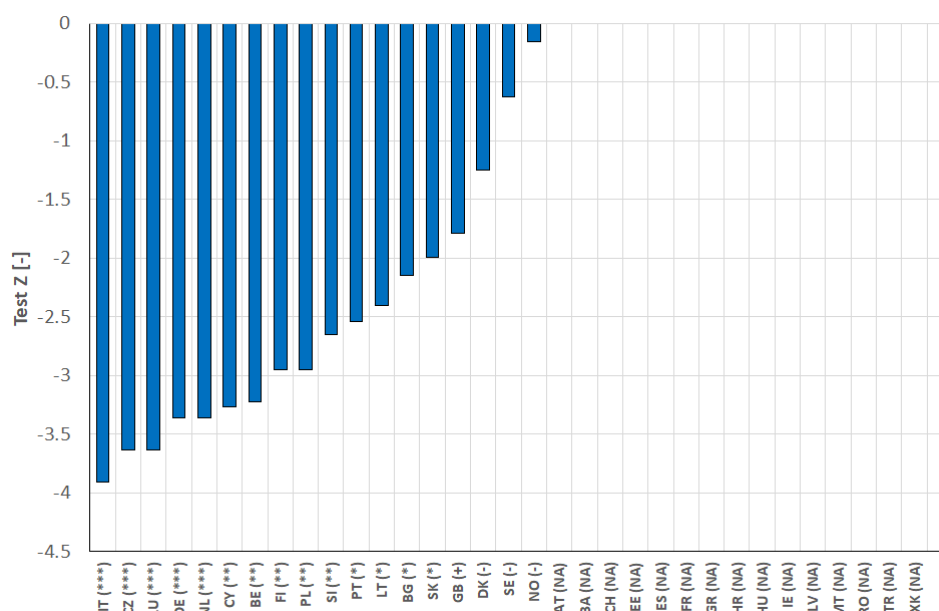
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejscowych tła		Stężenie średnie roczne		
	Uwzględnione	Przekroczenie Da	Min	Średnia	Max
	[-]	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
GR	1	0	16,9	16,9	16,9
HR	4	0	5,2	8,1	14,9
HU	3	0	7,2	10,6	15,2
IT	39	1	4,8	11,3	21,7
LT	2	0	7,4	9,0	10,6
LU	1	0	7,6	7,6	7,6
LV	1	0	10,9	10,9	10,9
MT	1	0	8,6	8,6	8,6
NL	10	0	6,5	8,8	10,6
NO	4	0	2,1	3,8	7,9
PL*)	7	0	8,3	12,2	17,8
PT	10	0	2,6	5,5	8,7
RO	1	0	15,9	15,9	15,9
SE	5	0	2,9	4,5	5,7
SI	1	0	7,0	7,0	7,0
SK	3	0	8,1	10,7	13,3
TR	9	2	8,7	15,9	37,0
Europa	268	5	2,1	9,6	37,0

*) Stacje: Borsukowizna-Wiejska, Bory Tucholskie, Guty Duże, KMS Puszca Borecka, Latoszyn-Zdrój-mobilna, Osieczów, Złoty Potok Leśniczówka

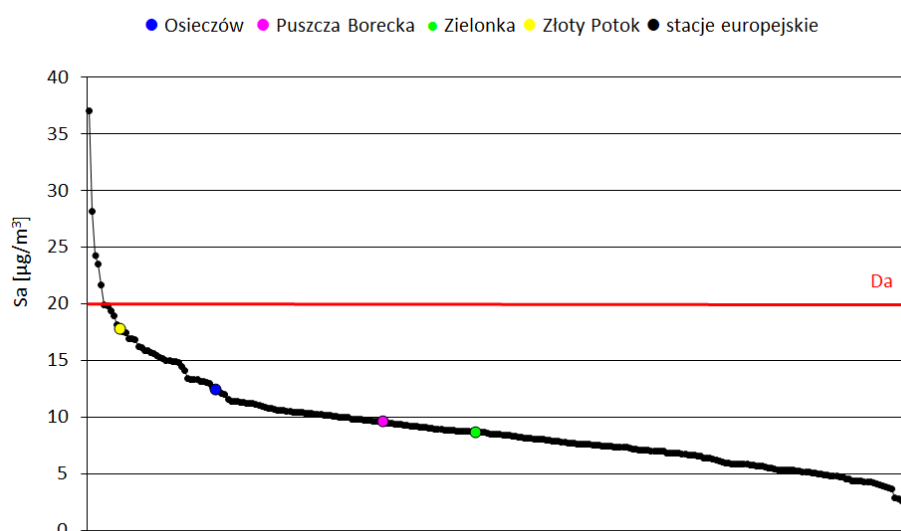


Rys. 7.2.1. Wartości stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejscowych tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Analiza trendów zmian stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} w poszczególnych krajach w okresie 2010-2021 wskazuje na generalne tendencje spadkowe. Dla żadnego z analizowanych krajów dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych (18 krajów na 33 analizowane), nie zaobserwowano wzrostu stężeń. W przypadku 15 krajów zaobserwowano istotne statystycznie trendy malejące, w tym dla Polski, a w przypadku 3 krajów (Dania, Szwecja i Norwegia) zaobserwowano nieistotne statystycznie tendencje spadkowe. Najbardziej wyraźnie zarysowany trend spadkowy obserwuje się dla Włoch, Czech i Luksemburga (Rys. 7.2.2).



Rys. 7.2.2. Trendy i tendencje zmian średnich rocznych stężeń pyłu PM_{2,5} w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)



Rys. 7.2.3. Wartości stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Wartości stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} na poszczególnych stacjach w Europie w 2021 roku zawierały się w granicach od 2,1 µg/m³ do 37,0 µg/m³. Wśród 5% stacji z najwyższymi stężeniami znalazło się 5 zlokalizowanych w Czechach (w tym jedna jako trzecie maksimum europejskie), 4 we Włoszech, 2 stacje w Turcji (w tym jedna z maksimum europejskim) i po jednej stacji z Polski (Złoty Potok jako 11 maksimum) oraz z Bośni i Hercegowiny (drugie maksimum europejskie). Stężenia średnie roczne wśród pozostałych polskich stacji tła regionalnego w roku 2021 zlokalizowały się na pozycjach 43 maksimum europejskiego (Osieczów), 96 maksimum Puszcza Borecka i 126 maksimum - Zielonka (Rys. 7.2.3). Najniższe wartości na poziomie 2 µg/m³ obserwowano na pojedynczych stacjach Finlandii i Norwegii.

7.2.2. Jony zawarte w pyłe PM_{2,5}

Ocenę zanieczyszczenia powietrza dla oznaczanych składników zawartych w pyłe PM_{2,5} w latach 2010-2021 (dla 8 analizowanych jonów oraz 2 rodzajów węgla) przeprowadzono z uwzględnieniem kolejno: 33 stacji w roku 2021 funkcjonujących w 17 krajach, 32 stacji w roku 2020 (16 krajów), 33 stacji w roku 2019 w 15 krajach, 34 stacji pozamiejskich tła w latach 2017 i 2018 roku funkcjonujących odpowiednio w 15 i 16 krajach, 32 stacji w 2016 roku (13 krajów), 28 stacji w 2015 roku (12 krajów), 29 stacji w 2014 roku (13 krajów), 14 stacji w roku 2013 (8 krajów), 30 w 2012 i 33 z roku 2011 (funkcjonujących w 10 krajach w obu latach) oraz 13 w roku 2010 (6 krajów).

Najwięcej stacji uwzględnionych w analizie w 2021 roku zlokalizowanych było w Niemczech (6 stacji), Hiszpanii oraz w Polsce (po 5 stacji). Ponadto jeszcze tylko w Finlandii (3 stacje) i Francji (2 stacje) funkcjonowało więcej niż 1 stacja w kraju. W pozostałych 12 krajach pomiary stężeń jonów w PM_{2,5} prowadzono na pojedynczych stacjach. Warto zaznaczyć, że od 2020 roku nie są dostępne dane z Wielkiej Brytanii.

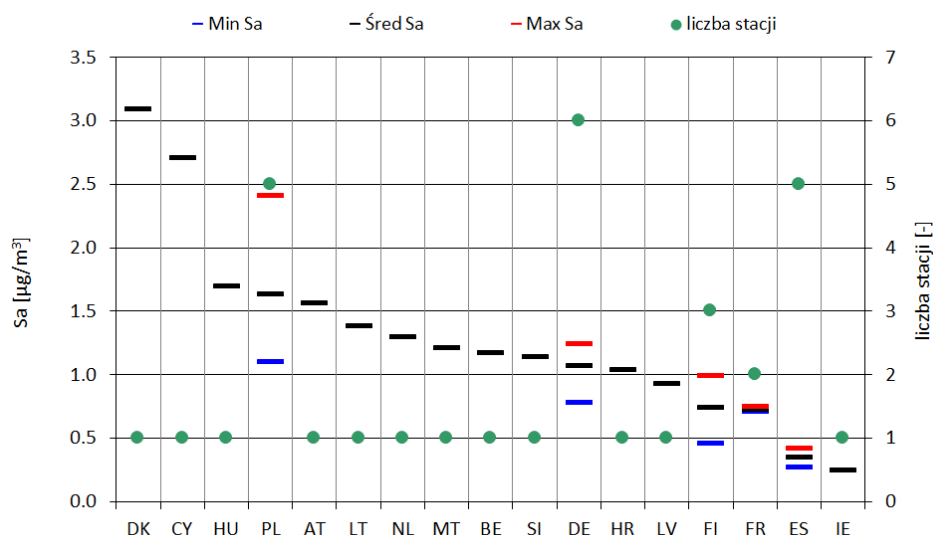
Wartości obliczonych parametrów statystycznych dla oznaczanych w pyłe PM_{2,5} anionów i kationów oraz węgla elementarnego i organicznego w poszczególnych krajach, przedstawiono w tabelach 7.2.3 - 7.2.11 oraz na rysunkach 7.2.4 - 7.2.16.

Analiza stężeń średnich różnych z 33 stacji europejskich dla jonu siarczanowego oznaczanego w pyłe PM_{2,5} w roku 2021 pokazują, że spośród 17 analizowanych państw europejskich, przeciętne stężenie w Polsce znajdowało się w strefie poziomów wyższych. Wyższe stężenia niż w Polsce zanotowano dla Danii, Cypru i Węgier. Najniższe wartości wśród krajów europejskich uzyskano dla Hiszpanii i Irlandii (Tab. 7.2.2, Rys. 7.2.4).

Tab. 7.2.2. Stężenia średnie roczne SO₄²⁻ oznaczanego w pyłe PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]
AT	1	1,562	1,562	1,562
BE	1	1,168	1,168	1,168
CY	1	2,703	2,703	2,703
DE	6	0,778	1,061	1,239
DK	1	3,089	3,089	3,089
ES	5	0,265	0,341	0,416
FI	3	0,452	0,739	0,985
FR	2	0,703	0,723	0,742
HR	1	1,036	1,036	1,036
HU	1	1,694	1,694	1,694
IE	1	0,240	0,240	0,240
LT	1	1,380	1,380	1,380
LV	1	0,922	0,922	0,922
MT	1	1,206	1,206	1,206
NL	1	1,294	1,294	1,294
PL ^{*)}	5	1,094	1,630	2,405
SI	1	1,139	1,139	1,139
Europa	33	0,240	1,290	3,089

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



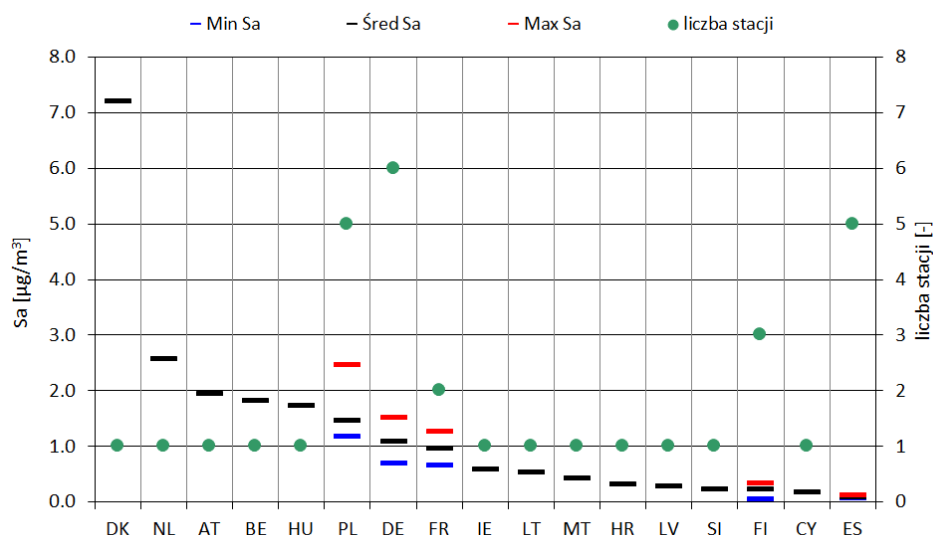
Rys. 7.2.4. Wartości stężeń średnich rocznych SO_4^{2-} oznaczanego w pyle $PM_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Podobnie dla 2021 roku sytuacja wyglądała w przypadku stężeń jonu azotanowego oznaczanego w pyle $PM_{2,5}$ (analizę przeprowadzono z uwzględnieniem wyników pomiarów z 33 stacji wykonujących pomiary w 17 krajach Europy), gdzie uzyskane stężenia średnie na tle krajów europejskich potwierdziły wyższe wartości dla Polski niż średnia europejska. Podobnie jak rok wcześniej wyższe stężenia niż w Polsce zaobserwowano dla 5 krajów: Danii (najwyższe w Europie), Holandii, Austrii, Belgii i dla Węgier. Najniższe stężenia średnie roczne jonu NO_3^- uzyskano dla Hiszpanii (Tab. 7.2.3, Rys. 7.2.5).

Tab. 7.2.3. Stężenia średnie roczne NO_3^- oznaczanego w pyle $PM_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

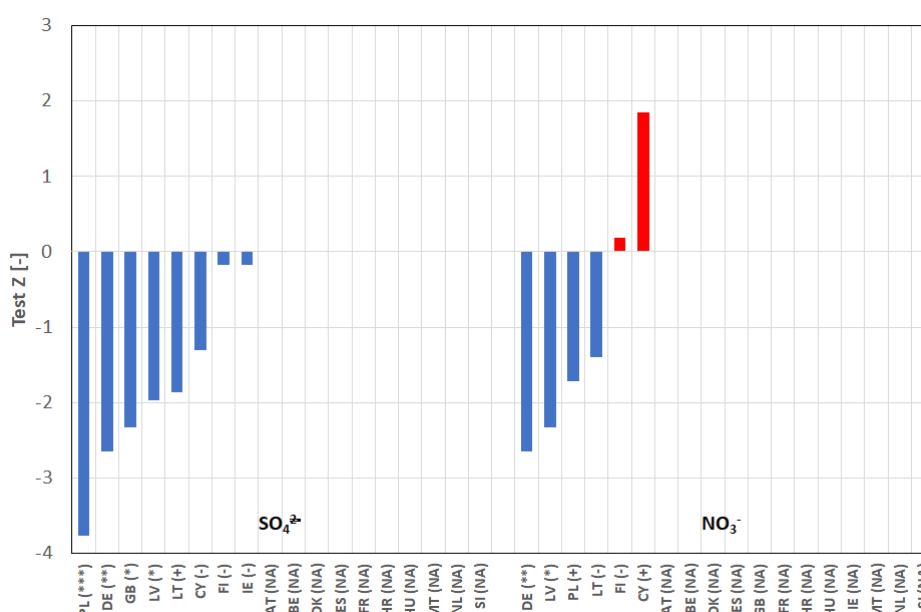
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu g/m^3$]	[$\mu g/m^3$]	[$\mu g/m^3$]
AT	1	1,937	1,937	1,937
BE	1	1,816	1,816	1,816
CY	1	0,162	0,162	0,162
DE	6	0,681	1,072	1,511
DK	1	7,189	7,189	7,189
ES	5	0,051	0,072	0,101
FI	3	0,029	0,211	0,316
FR	2	0,647	0,946	1,245
HR	1	0,306	0,306	0,306
HU	1	1,711	1,711	1,711
IE	1	0,570	0,570	0,570
LT	1	0,523	0,523	0,523
LV	1	0,261	0,261	0,261
MT	1	0,412	0,412	0,412
NL	1	2,566	2,566	2,566
PL ^{*)}	5	1,171	1,460	2,458
SI	1	0,223	0,223	0,223
Europa	33	0,029	1,261	7,189

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



Rys. 7.2.5. Wartości stężeń średnich rocznych NO_3^- oznaczanego w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Analiza trendów stężeń średnich rocznych jonów siarczanowego i azotanowego oznaczanych w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ w okresie 2010-2021 przeprowadzona dla 8 z 18 krajów (dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych) wskazuje na generalne tendencje spadkowe. W przypadku Polski, dla obu jonów obserwuje się istotne statystycznie trendy malejące, przy czym w przypadku jonu SO_4^{2-} , obserwowany trend malejący, wśród krajów europejskich, najwyraźniej jest zarysowany w przypadku Polski (najwyższa istotność statystyczna). Trendy malejące dla tego jonu dotyczą też Niemiec, Wielkiej Brytanii, Litwy i Łotwy. Dla Cypru, Finlandii i Irlandii obserwuje się tendencję spadkową dla SO_4^{2-} . W przypadku NO_3^- najwyraźniej zarysowany trend malejący dotyczy Niemiec i Łotwy oraz Polski, zaś w przypadku Cypru obserwuje się istotny statystycznie trend rosnący, zaś Finlandii niewielką rosnącą tendencję (Rys. 7.2.6).



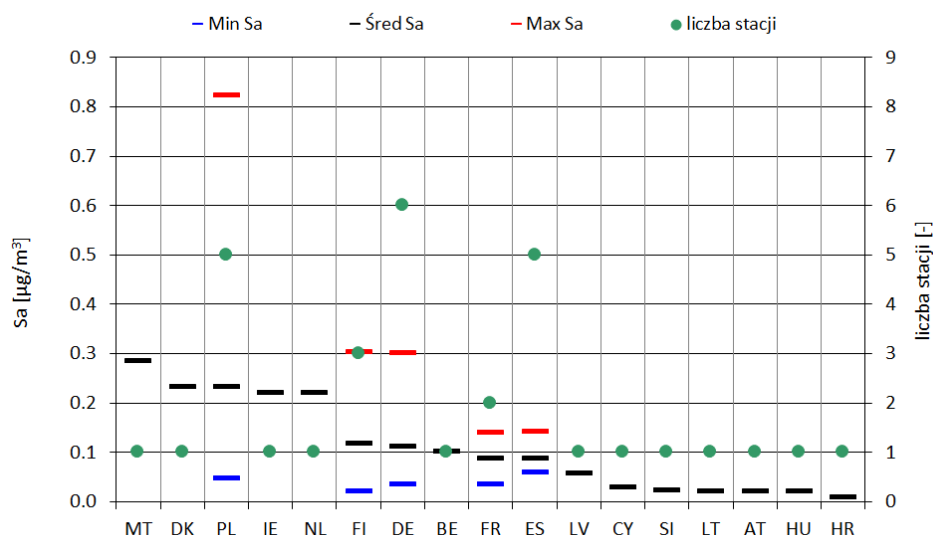
Rys. 7.2.6. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych SO_4^{2-} i NO_3^- oznaczanych w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

Bardzo podobnie jak w przypadku omawianych wcześniej jonów, było w przypadku analiz jonu chlorkowego zawartego w pyłe PM_{2,5}, gdzie średnie roczne stężenie obliczone dla Polski w 2021 roku (spośród 17 analizowanych krajów europejskich) usytuowało nasz kraj w strefie stężeń najwyższych. Wyższe wartości niż dla Polski zaobserwowano dla Malty (najwyższe w Europie) i Danii. Najniższe stężenia jonu Cl⁻ obserwowano dla Chorwacji i Litwy (Tab. 7.2.4, Rys. 7.2.7).

Tab. 7.2.4. Stężenia średnie roczne Cl⁻ oznaczanego w pyłe PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]
AT	1	0,019	0,019	0,019
BE	1	0,101	0,101	0,101
CY	1	0,028	0,028	0,028
DE	6	0,033	0,111	0,300
DK	1	0,231	0,231	0,231
ES	5	0,059	0,085	0,140
FI	3	0,020	0,117	0,301
FR	2	0,033	0,086	0,139
HR	1	0,008	0,008	0,008
HU	1	0,019	0,019	0,019
IE	1	0,220	0,220	0,220
LT	1	0,020	0,020	0,020
LV	1	0,056	0,056	0,056
MT	1	0,283	0,283	0,283
NL	1	0,219	0,219	0,219
PL ^{*)}	5	0,046	0,230	0,823
SI	1	0,021	0,021	0,021
Europa	33	0,008	0,109	0,823

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



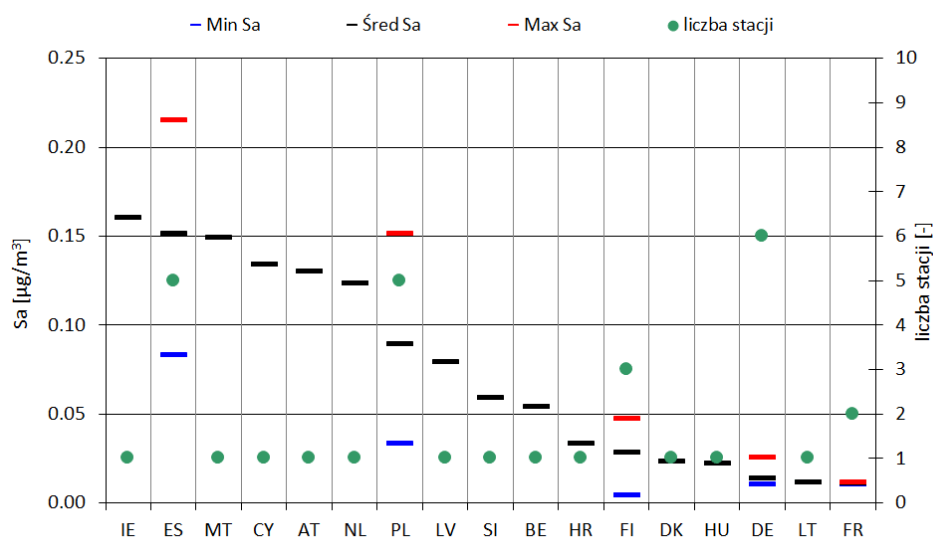
Rys. 7.2.7. Wartości stężeń średnich rocznych Cl⁻ oznaczanego w pyłe PM_{2,5} (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Bardziej korzystanie dla Polski w 2021 roku sytuacja wyglądała w przypadku jonu wapniowego, gdzie uśrednione dla kraju stężenie roczne lokuje nasz nieco ponad średnia europejską. Wyższe wartości niż w Polsce zaobserwowano dla 6 krajów, w tym najwyższe Irlandii i Hiszpanii (blisko 2 krotnie). Najniższe w Europie stężenia średnie roczne uzyskano dla Francji i Litwy (Tab. 7.2.5, Rys. 7.2.8).

Tab. 7.2.5. Stężenia średnie roczne Ca^{2+} oznaczanego w pyłe $\text{PM}_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

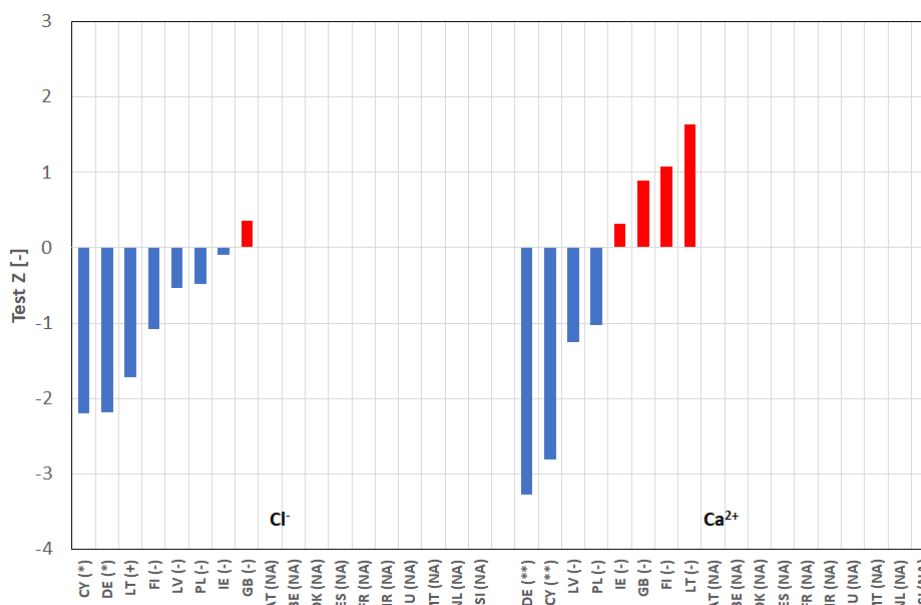
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
AT	1	0,130	0,130	0,130
BE	1	0,054	0,054	0,054
CY	1	0,134	0,134	0,134
DE	6	0,010	0,014	0,025
DK	1	0,023	0,023	0,023
ES	5	0,083	0,151	0,215
FI	3	0,004	0,028	0,047
FR	2	0,010	0,011	0,011
HR	1	0,033	0,033	0,033
HU	1	0,022	0,022	0,022
IE	1	0,160	0,160	0,160
LT	1	0,011	0,011	0,011
LV	1	0,079	0,079	0,079
MT	1	0,149	0,149	0,149
NL	1	0,123	0,123	0,123
PL ^{*)}	5	0,033	0,089	0,151
SI	1	0,059	0,059	0,059
Europa	33	0,004	0,075	0,215

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



Rys. 7.2.8. Wartości stężeń średnich rocznych Ca^{2+} oznaczanego w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmian wartości średnich rocznych jonu chlorkowego oraz wapniowego oznaczanych w pyłe PM_{2,5} w poszczególnych krajach Europy w okresie 2010-2021 pokazuje spadki. Wyjątek stanowią stężenia Ca²⁺ dla Wielkiej Brytanii oraz stężenia Cl⁻ dla Wielkiej Brytanii, Irlandii Finlandii i Litwy, gdzie obserwuje się istotny statystycznie wzrosty. Najwyraźniej zarysowane istotne statystycznie trendy spadkowe obu jonów dotyczą Niemiec i Cypru. W przypadku Polski i pozostałych krajów dla jonów Cl⁻ i Ca²⁺ zauważalne są nieistotne statystycznie tendencje spadkowe. Niestety, dla większości krajów, gdzie prowadzone są oznaczenia tych jonów w pyłe PM_{2,5} ze względu na niekompletne wyniki analizy trendów nie mogły być przeprowadzone (Rys. 7.2.9).



Rys. 7.2.9. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych Cl⁻ i Ca²⁺ oznaczanych w pyłe PM_{2,5} w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

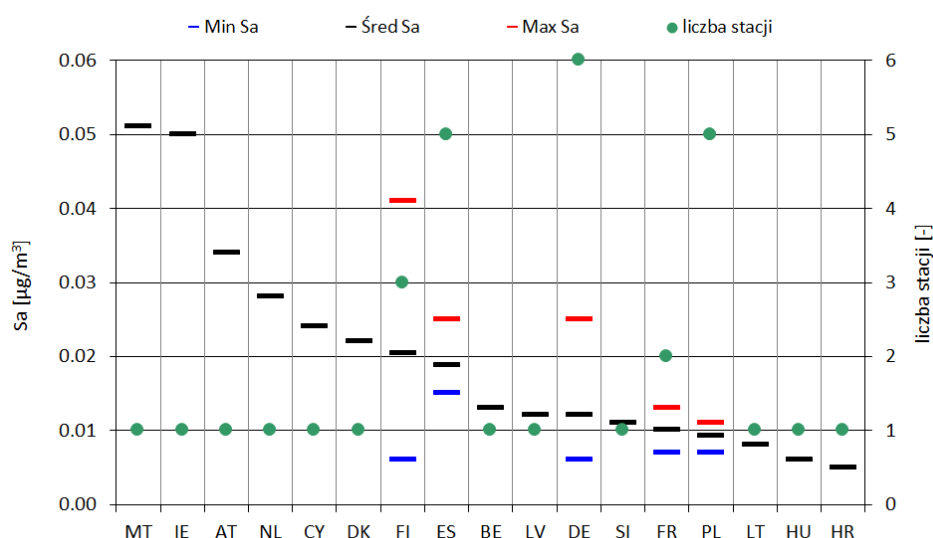
Odmienne od omówionych powyżej jonów sytuacja wygląda dla jonu magnezowego. Uzyskane wyniki na obszarach pozamiejskich tła w Europie pokazały, że w Polsce stężenie tego zanieczyszczenia znajdowało się znacznie poniżej średniej europejskiej, na jednym z najniższych poziomów wśród 17 analizowanych krajów (Tab. 7.2.6, Rys. 7.2.10). Niższe niż w Polsce wartości uzyskano dla 3 krajów: Litwy, Węgier i Chorwacji (najniższa wartość w Europie)- Tab. 7.2.6, Rys. 7.2.10.

Tab. 7.2.6. Stężenia średnie roczne Mg²⁺ oznaczanego w pyłe PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]
AT	1	0,034	0,034	0,034
BE	1	0,013	0,013	0,013
CY	1	0,024	0,024	0,024
DE	6	0,006	0,012	0,025
DK	1	0,022	0,022	0,022
ES	5	0,015	0,019	0,025
FI	3	0,006	0,020	0,041
FR	2	0,007	0,010	0,013

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
HR	1	0,005	0,005	0,005
HU	1	0,006	0,006	0,006
IE	1	0,050	0,050	0,050
LT	1	0,008	0,008	0,008
LV	1	0,012	0,012	0,012
MT	1	0,051	0,051	0,051
NL	1	0,028	0,028	0,028
PL ^{*)}	5	0,007	0,009	0,011
SI	1	0,011	0,011	0,011
Europa	33	0,005	0,020	0,051

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMS Puszca Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



Rys. 7.2.10. Wartości stężeń średnich rocznych Mg^{2+} oznaczanego w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

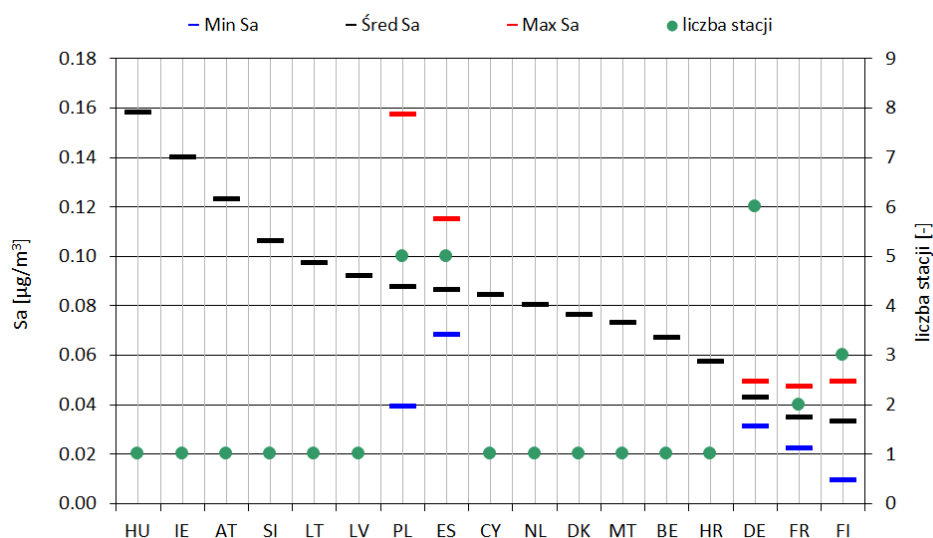
W przypadku stężeń jonu potasowego oznaczanego w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ przeprowadzone porównanie wśród 17 krajów europejskich wskazuje, że stężenie uzyskane dla Polski było na poziomie średnim w Europie. Wyższe niż w Polsce wartości uzyskano dla 6 krajów, najwyższe dotyczyło Węgier i Irlandii. Najniższe stężenia tego jonu na obszarach pozamiejskich tła jak w latach wcześniejszych dotyczy Finlandii (Tab. 7.2.7, Rys. 7.2.11).

Tab. 7.2.7. Stężenia średnie roczne K^+ oznaczanego w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
AT	1	0,123	0,123	0,123
BE	1	0,067	0,067	0,067
CY	1	0,084	0,084	0,084
DE	6	0,031	0,043	0,049
DK	1	0,076	0,076	0,076
ES	5	0,068	0,086	0,115

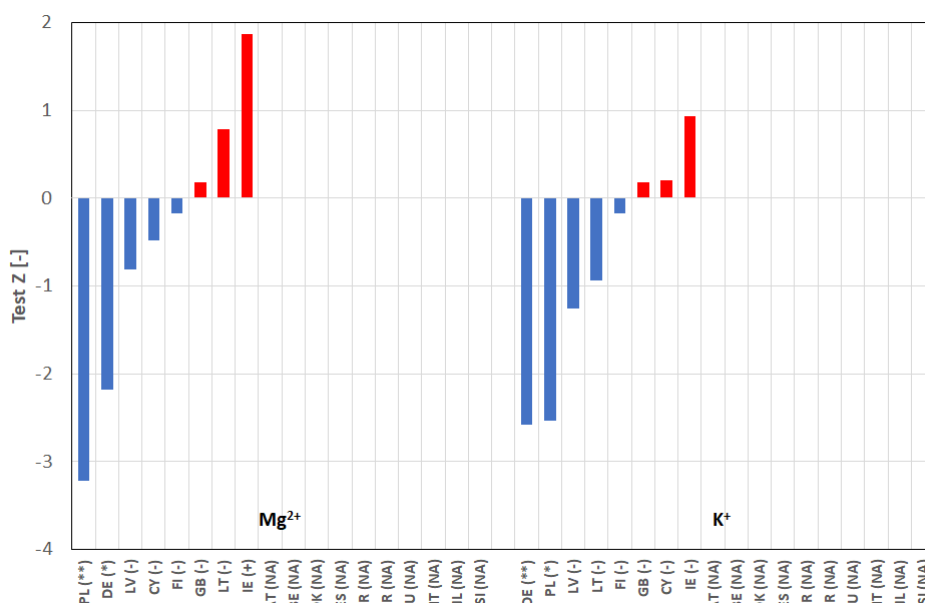
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
FI	3	0,009	0,033	0,049
FR	2	0,022	0,035	0,047
HR	1	0,057	0,057	0,057
HU	1	0,158	0,158	0,158
IE	1	0,140	0,140	0,140
LT	1	0,097	0,097	0,097
LV	1	0,092	0,092	0,092
MT	1	0,073	0,073	0,073
NL	1	0,080	0,080	0,080
PL ^{*)}	5	0,039	0,088	0,157
SI	1	0,106	0,106	0,106
Europa	33	0,009	0,085	0,158

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



Rys. 7.2.11. Wartości stężeń średnich rocznych K^+ oznaczanego w pyłach $PM_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Wśród 8 z 18 krajów, dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych zmian stężeń średnich rocznych jonu Mg^{2+} i K^+ w okresie 2010-2021, tylko w Polsce i w Niemczech obserwuje się istotne statystycznie trendy malejące. W przypadku Irlandii można mówić o istotnym statystycznie trendzie rosnącym jonu magnezowego i tendencji rosnącej jonu potasowego. Tendencje rosnące dla obu jonów obserwowane są dla Wielkiej Brytanii, zaś dla Cypru w przypadku jonu K^+ a Litwy jonu Mg^{2+} . W przypadku pozostałych krajów oba jony wykazują nieistotne statystycznie zarysowane trendy malejące (Rys. 7.2.12).



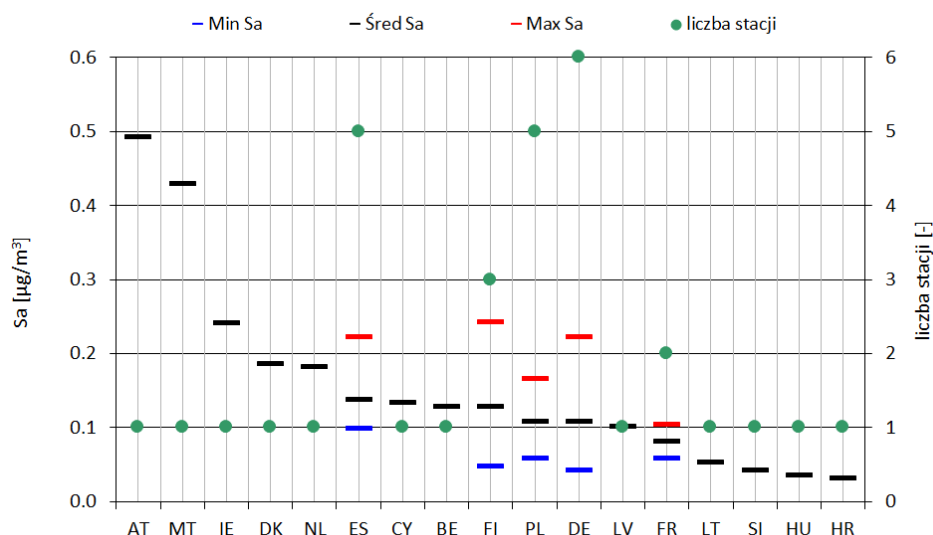
Rys. 7.2.12. Wartości stężeń średnich rocznych Mg^{2+} i K^+ oznaczanych w pyłe $PM_{2,5}$ w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

Ocena stężeń średnich rocznych dla kraju jonu sodowego oznaczanego w pyłe $PM_{2,5}$ pokazuje, że w 2021 roku wśród 17 rozważanych krajów Polska znajdowała się w strefie stężeń poniżej średniej europejskiej. Wyższe stężenia niż w Polsce uzyskano dla 9 krajów, najwyższe dla Austrii i Malty. Najniższe stężenia średnie roczne uzyskano dla Węgier i Chorwacji (Tab. 7.2.8, Rys. 7.2.13).

Tab. 7.2.8. Stężenia średnie roczne Na^+ oznaczanego w pyłe $PM_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji poza-miejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu g/m^3$]	[$\mu g/m^3$]	[$\mu g/m^3$]
AT	1	0,492	0,492	0,492
BE	1	0,128	0,128	0,128
CY	1	0,133	0,133	0,133
DE	6	0,042	0,107	0,221
DK	1	0,185	0,185	0,185
ES	5	0,098	0,137	0,222
FI	3	0,047	0,128	0,241
FR	2	0,058	0,081	0,103
HR	1	0,031	0,031	0,031
HU	1	0,035	0,035	0,035
IE	1	0,240	0,240	0,240
LT	1	0,052	0,052	0,052
LV	1	0,100	0,100	0,100
MT	1	0,428	0,428	0,428
NL	1	0,181	0,181	0,181
PL ^{*)}	5	0,057	0,108	0,165
SI	1	0,042	0,042	0,042
Europa	33	0,031	0,153	0,492

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



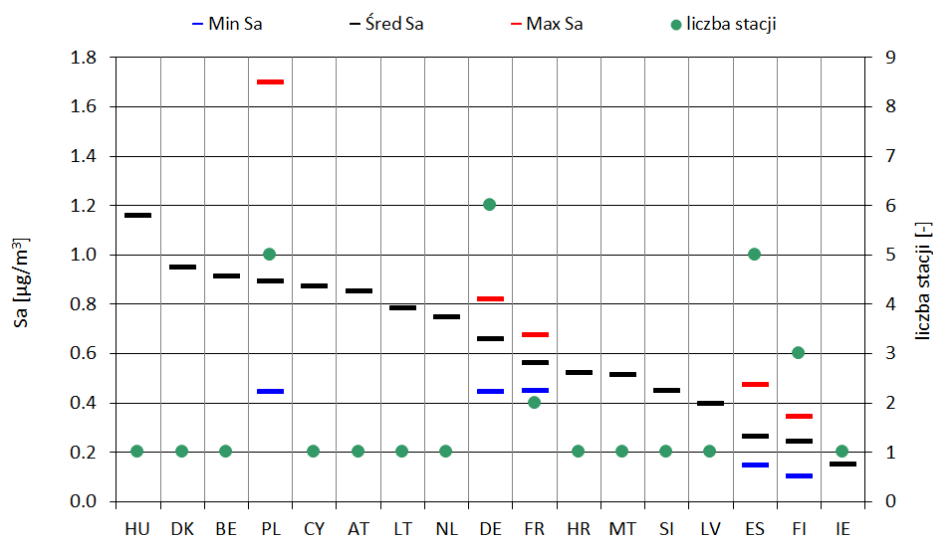
Rys. 7.2.13. Wartości stężeń średnich rocznych Na^+ oznaczanego w pylenie $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Podobnie do jonu sodowego sytuacja wyglądała w przypadku stężenia średniego rocznego jonu amonowego. Uśrednione stężenia dla obszarów pozamiejskich tła z uwzględnieniem pomiarów pochodzących z 17 krajów wskazują, że w poziomie w Polsce w roku 2021 znajdowały się powyżej średniej europejskiej. Wyższe stężenia niż w Polsce uzyskano dla 3 krajów: Węgier (najwyższe w Europie), Danii i Belgii. Najniższe stężenia średnie roczne jonu NH_4^+ uzyskano dla Irlandii i Finlandii (Tab. 7.2.9, Rys. 7.2.14).

Tab. 7.2.9. Stężenia średnie roczne NH_4^+ oznaczanego w pylenie $\text{PM}_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

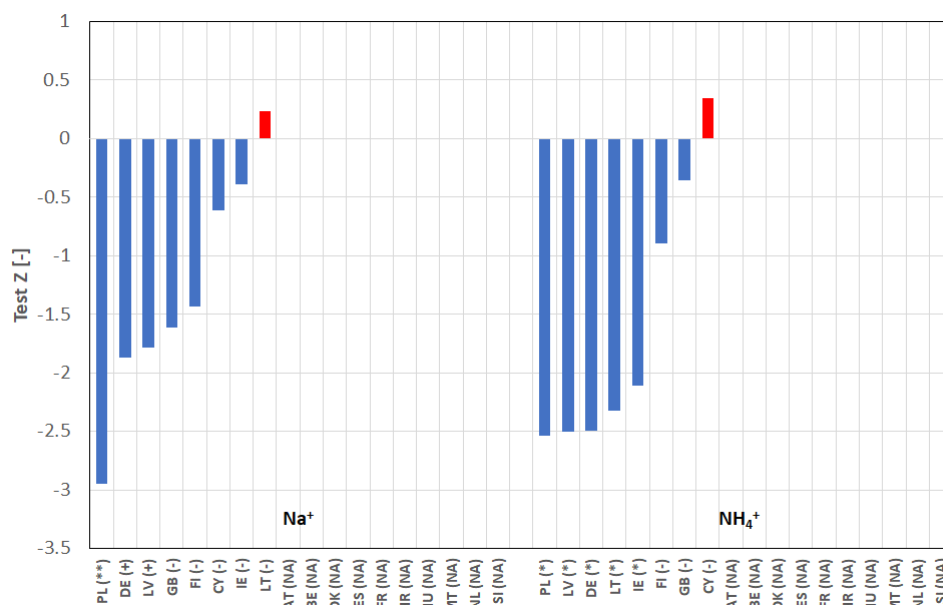
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
AT	1	0,848	0,848	0,848
BE	1	0,910	0,910	0,910
CY	1	0,872	0,872	0,872
DE	6	0,441	0,655	0,819
DK	1	0,945	0,945	0,945
ES	5	0,144	0,262	0,472
FI	3	0,100	0,242	0,341
FR	2	0,447	0,559	0,671
HR	1	0,519	0,519	0,519
HU	1	1,158	1,158	1,158
IE	1	0,150	0,150	0,150
LT	1	0,781	0,781	0,781
LV	1	0,394	0,394	0,394
MT	1	0,511	0,511	0,511
NL	1	0,747	0,747	0,747
PL ^{*)}	5	0,444	0,891	1,695
SI	1	0,448	0,448	0,448
Europa	33	0,100	0,641	1,695

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



Rys. 7.2.14. Wartości stężeń średnich rocznych NH_4^+ oznaczanego w pylenie $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Ocena zmian średnich rocznych stężeń jonów Na^+ i NH_4^+ w latach 2010-2021 przeprowadzona dla 8 z 16 krajów, dla których dostępne były wyniki w analizowanym okresie pokazuje istotne statystycznie trendy malejące tylko w przypadku Polski, Niemiec i Łotwy. W Przypadku Litwy istotny statystycznie trend malejący dotyczy też jonu NH_4^+ . Nieistotną statystycznie tendencję rosnącą obserwuje się dla Litwy w przypadku jonu Na^+ oraz Cypru dla jonu NH_4^+ . Podobnie jak w przypadku innych jonów, dla wielu krajów brak wyników w poszczególnych latach uniemożliwił przeprowadzenie testów (Rys. 7.2.15).



Rys. 7.2.15. Wartości stężeń średnich rocznych Na^+ i NH_4^+ oznaczanych w pylenie $\text{PM}_{2,5}$ w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

Dla omówionych powyżej jonów oznaczanych w pylenie zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$, wartości średnie roczne uzyskane dla pojedynczych stacji pozamiejskich tła działających na obszarze

Europy w 2020 roku zawierały się w granicach odpowiednio: 0,240-3,089 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla SO_4^{2-} ; 0,029-7,189 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla NO_3^- ; 0,008-0,823 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla Cl^- ; 0,005-0,051 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla Mg^{2+} ; 0,004-0,215 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla Ca^{2+} ; 0,031-0,492 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla Na^+ ; 0,009-0,158 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla K^+ oraz 0,100-1,695 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla NH_4^+ .

Przeprowadzona analiza obliczonych wartości średnich rocznych dla pojedynczych stacji pokazuje, że w przypadku SO_4^{2-} , spośród 33 średnich rocznych poddanych analizie, maksymalne stężenie w Europie zanotowano na stacji duńskiej (maksimum europejskie) oraz cypryjskiej (2 maksimum) oraz na polskich stacjach w Godowie i Żłoty Potoku (3 i 4 maksimum). Pozostałe stacje tła regionalnego z Polski uplasowały się odpowiednio na pozycjach: Osieczów – 7 maksimum, Zielonka – 13 i Puszcza Borecka – 17 (Rys. 7.2.16). Najniższe wartości stężeń średnich rocznych zaobserwowano na stacji irlandzkiej i 2 stacjach hiszpańskich.

Podobnie wyglądała sytuacja w przypadku jonu NO_3^- zawartego w pyłe $\text{PM}_{2,5}$, gdzie spośród 3 stacji pozamiejskich tła w Europie z najwyższymi stężeniami wśród 33 analizowanych, znalazła się stacja duńska (maksimum europejskie), stacja holenderska (2 maksimum) i polska stacja w Godowie (3 maksimum). Podobnie jak w latach ubiegłych, polskie stacje tła regionalnego ze swoimi stężeniami rocznymi uplasowały się bardzo blisko siebie, w strefie wartości nieco wyższych od średniej dla Europy: Żłoty Potok (8 pozycja licząc od wartości najwyższych), Osieczów, Zielonka i Puszcza Borecka (10, 11 i 12 maksimum) - Rys. 7.2.16. W przypadku tego jonu najniższe wartości średnie roczne wystąpiły na jednej ze stacji fińskich.

W przypadku jonu Cl^- , najwyższe stężenie średnie roczne spośród 33 analizowanych stacji europejskich wykonujących te oznaczenia zaobserwowano na polskiej stacji w Godowie (maksimum europejskie), stacji fińskiej i niemieckiej. W tym przypadku polskie stacje tła regionalnego uplasowały się w strefie wartości wyższych odpowiednio na pozycjach: Zielonka - 10 maksimum, Osieczów – 14 maksimum, Żłoty Potok – 18 i Puszcza Borecka na pozycji 23 licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.2.17). Dla tego jonu, najniższe wartości w Europie uzyskano na stacji chorwackiej.

W przypadku jonu Mg^{2+} , stężenia średnie roczne na polskich stacjach tła regionalnego lokowały je w strefie wartości poniżej średniej w Europie, odpowiednio: Żłoty Potok jako 20 maksimum europejskie spośród 33 rozważanych stacji, Puszcza Borecka i Zielonka na pozycjach 22 i 23 maksimum oraz Osieczów na pozycji 29 maksimum licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.2.17). Najwyższe wartości zaobserwowano na stacjach na Malcie, zaś najniższe stężenie średnie roczne w Europie uzyskano na stacji chorwackiej.

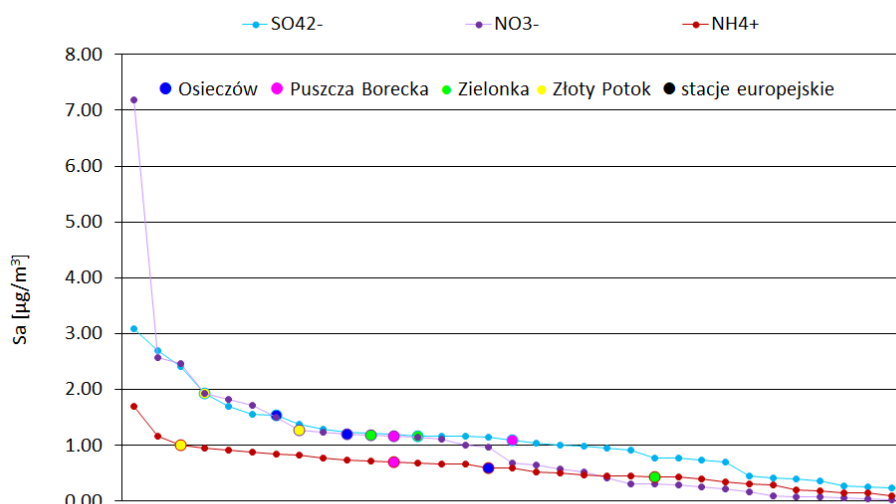
Podobnie sytuacja wyglądała w 2021 roku w przypadku jonu Ca^{2+} oznaczanego w pyłe $\text{PM}_{2,5}$, gdzie polskie stacje tła regionalnego charakteryzowały się znaczną zmiennością na tle 33 analizowanych stacji europejskich. Najwyższe stężenie w Europie dla obszarów pozamiejskich tła zaobserwowano na stacjach hiszpańskich. Stężenie średnie roczne na stacji Zielonka uplasowało ją na pozycji 4 maksimum europejskiego, Żłoty Potok na 11, Osieczów na pozycji 13, zaś Puszcę Borecką na pozycji 20 licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.2.17). Podobnie jak w latach poprzednich, najniższe stężenia zaobserwowano na jednej ze stacji fińskich i niemieckich.

Nieco inaczej w stosunku do opisanych zależności powyżej sytuacja wyglądała w przypadku rozkładu jonu Na^+ . Wartości stężeń na polskich stacjach tła regionalnego były dość mocno oddalone od siebie. Stacje Żłoty Potok i Zielonka znajdowały się w strefie wyższych stężeń (9 i 10 maksimum europejskie), zaś Osieczów i Puszcza Borecka w strefie stężeń niższych (22 i

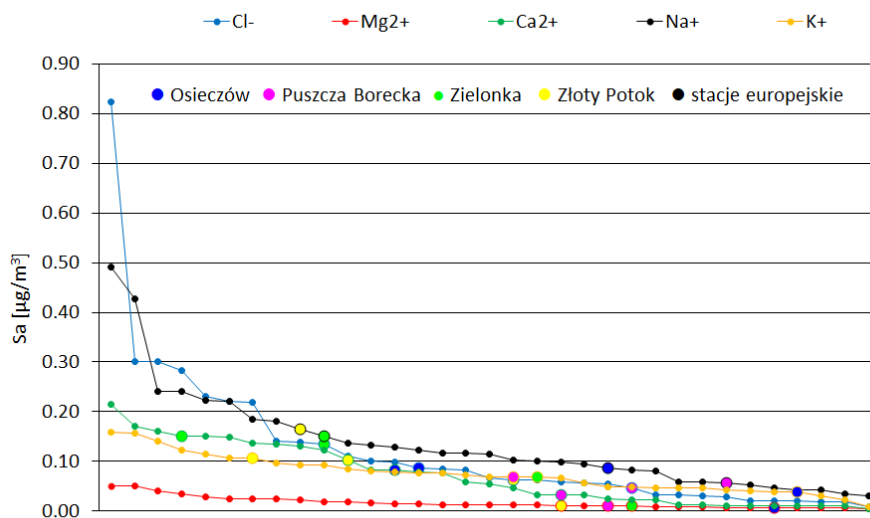
27 maksimum) - Rys. 7.2.17. Wśród 33 rozważanych stacji europejskich, najwyższe stężenia tego jonu wystąpiły ponownie na stacji chorwackiej.

Podobnie było w przypadku jonu potasowego oznaczanego w pyłe PM_{2.5}. Najwyższe stężenia zanotowano na stacji węgierskiej i polskiej (Godów). Polskie stacje tła regionalnego uplasowały się odpowiednio : Złoty Potok na pozycji 7 maksimum europejskiego na 33 rozważane stacje, Puszcza Borecka i Zielonka blisko siebie w strefie wartości średnich w Europie (18 i 19 maksimum) oraz Osieczowie w strefie stężeń niskich (30 maksimum)- Rys. 7.2.17. Najniższe stężenie tego jonu zanotowano na jednej ze stacji fińskich.

W przypadku oznaczanego w pyłe PM_{2,5} jonu NH₄⁺ najwyższe stężenie średnie roczne w Europie wystąpiło na stacji w Godowie, stacji węgierskiej (2 maksimum) i na stacji Złoty Potok (3 maksimum). Stężenie średnie roczne uzyskane na pozostałych polskich stacjach tła regionalnego uplasowały je odpowiednio: Puszcza Boreckiej jako 12 maksimum, Osieczów – 16 i Zielonka na pozycji 23 maksimum europejskiego (Rys. 7.2.16). Podobnie jak rok wcześniej, najniższe stężenie średnie roczne tego jonu zanotowano na jednej ze stacji fińskich.



Rys. 7.2.16. Wartości stężeń średnich rocznych SO_4^{2-} , NO_3^- i NH_4^+ w pyłe PM_{2,5} na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)



Rys. 7.2.17. Wartości stężeń średnich rocznych Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ i K^+ oznaczanych w pyłe PM_{2,5} na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Pomiary węgla organicznego (OC) i elementarnego (EC) oznaczanego w pyłe PM_{2,5} na stacjach pozamiejskich tła w Europie prowadzone są od 2011 roku. Dla roku 2021 analizy zawartego w pyłe PM_{2,5} węgla przeprowadzono na podstawie pomiarów pochodzących z 31 stacji pozamiejskich tła funkcjonujących w 16 krajach (wszystkie oznaczenia wykonywane były metodą termo-optyczną). Dla obu rodzajów węgla średnie roczne stężenie w Polsce było najwyższe w Europie, tuż przed Węgrami, zaś najniższe zaobserwowano dla Irlandii (Tab. 7.2.10-11, Rys. 7.2.18).

Tab. 7.2.10. Stężenia średnie roczne EC oznaczanego w pyłe PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

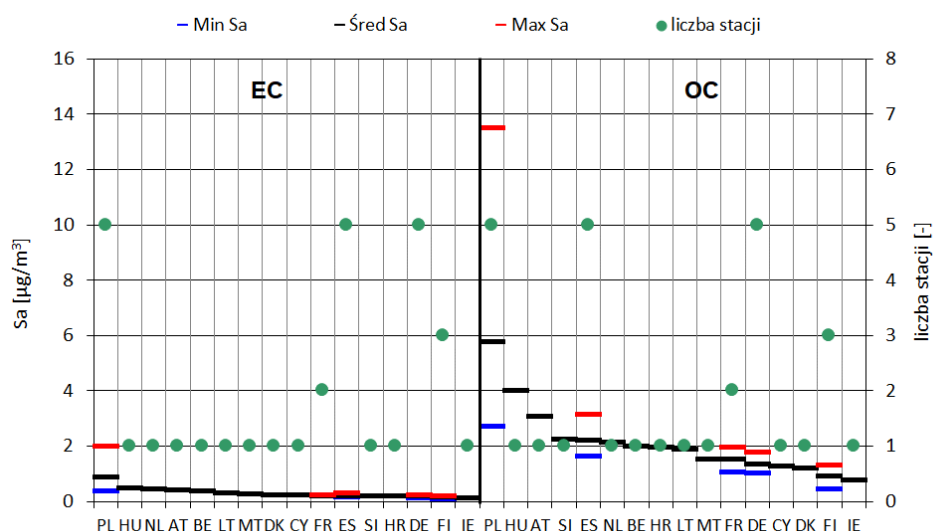
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]
AT	1	0,395	0,395	0,395
BE	1	0,340	0,340	0,340
CY	1	0,192	0,192	0,192
DE	5	0,097	0,155	0,212
DK	1	0,216	0,216	0,216
ES	5	0,144	0,182	0,281
FI	3	0,053	0,123	0,185
FR	2	0,174	0,184	0,194
HR	1	0,160	0,160	0,160
HU	1	0,450	0,450	0,450
IE	1	0,080	0,080	0,080
LT	1	0,284	0,284	0,284
MT	1	0,247	0,247	0,247
NL	1	0,410	0,410	0,410
PL*)	5	0,351	0,859	1,970
SI	1	0,161	0,161	0,161
Europa	31	0,053	0,277	1,970

*) Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka

Tab. 7.2.11. Stężenia średnie roczne OC oznaczanego w pyłe PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

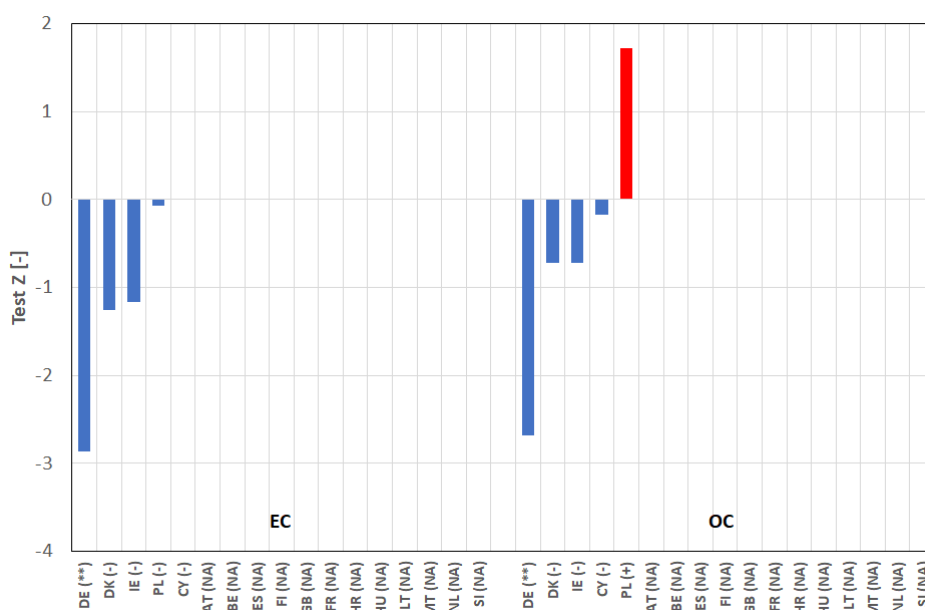
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]
AT	1	3,028	3,028	3,028
BE	1	1,984	1,984	1,984
CY	1	1,260	1,260	1,260
DE	5	1,012	1,307	1,766
DK	1	1,170	1,170	1,170
ES	5	1,606	2,184	3,123
FI	3	0,418	0,887	1,300
FR	2	1,032	1,488	1,944
HR	1	1,915	1,915	1,915
HU	1	3,970	3,970	3,970
IE	1	0,730	0,730	0,730
LT	1	1,860	1,860	1,860
MT	1	1,508	1,508	1,508
NL	1	2,125	2,125	2,125
PL*)	5	2,695	5,752	13,465
SI	1	2,210	2,210	2,210
Europa	31	0,418	2,086	13,465

*) Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



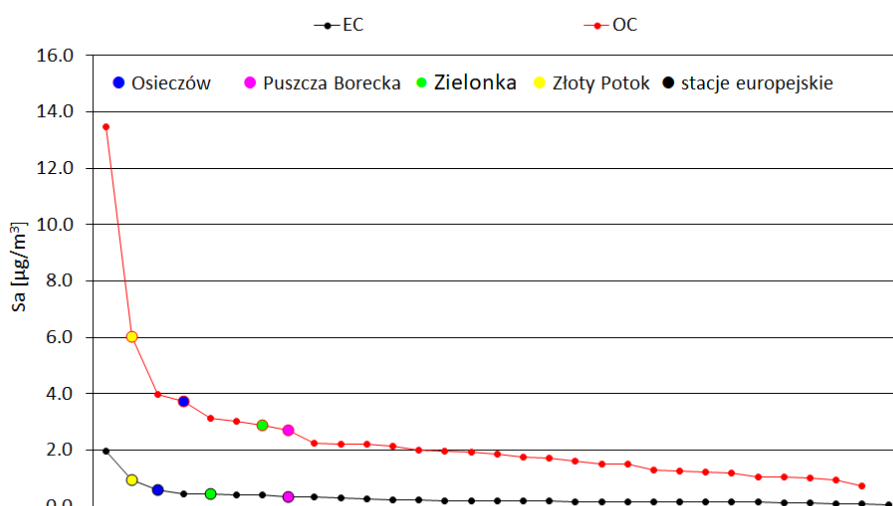
Rys. 7.2.18. Wartości stężeń średnich rocznych EC i OC oznaczanego w pyłach PM_{2,5} (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Dostępne wyniki z okresu 2011-2021 pozwoliły na przeprowadzenie testów statystycznych analizy trendów dla 5 krajów: Niemiec, Danii, Irlandii, Polski oraz Cypru. Uzyskane wyniki dla obu rodzajów węgla wykazują na istotny statystycznie trend malejący tylko dla Niemiec. W przypadku Polski wzrost stężeń dla obu rodzajów węgla w 2021 roku spowodował zachwianie obserwowanego wcześniej trendu spadkowego. W przypadku OC zaobserwowano nawet nieistotnie statystyczną tendencję rosnącą (Rys. 7.2.19).



Rys. 7.2.19. Wartości stężeń średnich rocznych EC i OC oznaczanych w pyłach PM_{2,5} w poszczególnych krajach Europy w latach 2011-2021 (źródło danych: EAŚ)

Wartości średnie roczne na pojedynczych stacjach pozamiejskich tła Europy w 2021 roku mieściły się w granicach odpowiednio: 0,053-1,970 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla EC oraz 0,418-13,465 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla OC (Rys. 7.2.20). W przypadku EC i OC, najwyższe stężenie średnie roczne w Europie zaobserwowano na polskich stacjach w Godowie i Złotym Potoku. W przypadku pozostałych polskich stacji tła regionalnego stężenia średnie roczne plasowały je w gronie najwyższych wyników. Dla stężeń EC w 2021 roku, stacja w Osieczowie znalazła się na pozycjach 2 maksimum, a Zielonka na pozycji 5 maksimum europejskiego, zaś Puszcza Borecka jako 8 maksimum. 4 maksimum europejskie w 2021 roku obserwowane było na stacji węgierskiej K-puszcza. W przypadku OC sytuacja wyglądała podobnie, przy czym stacja Osieczów uplasowała się na pozycji 4 maksimum zaś Zielonka i Puszcza Borecka blisko siebie na pozycjach 7 i 8. Na pozycji 3 maksimum w Europie ponownie znalazła się stacja węgierska K-puszcza. Dla obu związków węgla oznaczanego w pyłe $\text{PM}_{2,5}$, najniższe wartości w Europie w 2021 roku zanotowano na jednej ze stacji fińskich.



Rys. 7.2.20. Wartości stężeń średnich rocznych węgla oznaczanych w pyłe $\text{PM}_{2,5}$ na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

7.3. Udział pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀

Analizę udziału pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ wykonano na podstawie stężeń średnich rocznych uzyskanych dla roku 2021 na 240 stacjach pozamiejskich tła w Europie prowadzących równoległe pomiary obu frakcji pyłu, funkcjonujących w 28 krajach. W analizach odniesiono się do różnic w udziale w ostatnich dwóch latach tj. 2020-2021.

Najwięcej stacji prowadzących równoległe pomiary obu frakcji pyłu w krajach europejskich (powyżej 30) zlokalizowanych było w Niemczech i Hiszpanii (po 38 stacji), Włoszech (35), Francji (21) i w Czechach (20) - Tab. 7.3.1. W 9 krajach pomiary równoległe pyłu zawieszonego obu frakcji prowadzone były tylko na jednej stacji. Przeprowadzone analizy pokazują, że uśredniony udział pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ w poszczególnych krajach na obszarach tła pozamiejskiego w Europie w roku 2021 zawierał się w granicach od 40,4% (Malta) do 83,9% (Bośnia i Hercegowina).

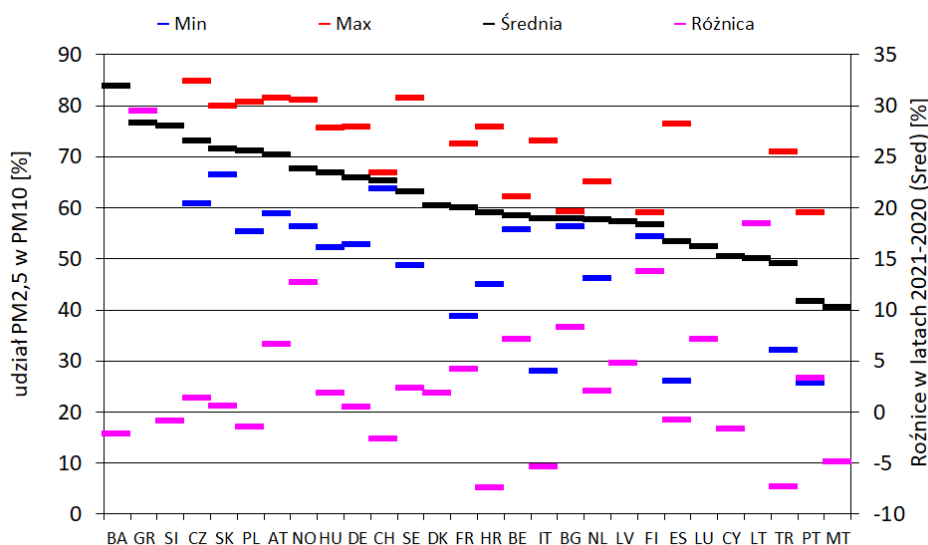
Tab. 7.3.1. Udział pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ w poszczególnych krajach Europy w roku 2021 na stacjach pozamiejskich tła (źródło danych: EAŚ)

Kraj	Liczba stacji pozamiejskich tła	Udział pyłu PM _{2,5} w PM ₁₀			
		Minimum	Średnia	Maksimum	Różnica 2021-2020
	[-]	[%]	[%]	[%]	[%]
AT	6	58,8	70,3	81,5	6,7
BA	1	83,9	83,9	83,9	-2,2
BE	14	55,8	58,5	62,2	7,1
BG	2	56,3	57,8	59,3	8,3
CH	2	63,6	65,3	66,9	-2,7
CY	1	50,5	50,5	50,5	-1,7
CZ	20	60,7	73,0	84,7	1,4
DE	38	52,9	65,8	75,9	0,5
DK	1	60,3	60,3	60,3	1,9
ES	38	26,0	53,3	76,4	-0,7
FI	2	54,4	56,7	59,0	13,8
FR	21	38,8	60,0	72,6	4,2
GR	1	76,7	76,7	76,7	29,5
HR	4	45,0	59,1	75,7	-7,5
HU	3	52,3	66,9	75,6	1,8
IT	35	28,1	57,8	73,0	-5,4
LT	1	50,1	50,1	50,1	18,5
LU	1	52,5	52,5	52,5	7,1
LV	1	57,3	57,3	57,3	4,8
MT	1	40,4	40,4	40,4	-4,9
NL	10	46,1	57,7	65,1	2,0
NO	4	56,2	67,6	81,1	12,7
PL ^{*)}	7	55,3	71,2	80,6	-1,5
PT	10	25,6	41,7	58,9	3,3
SE	5	48,7	63,0	81,4	2,4
SI	1	76,0	76,0	76,0	-0,9
SK	3	66,5	71,6	79,8	0,6
TR	7	32,1	49,1	71,0	-7,3
Europa	240	25,6	61,2	84,7	3,3

^{*)} Stacje: Borsukowizna-Wiejska, Bory Tucholskie, Guty Duże, KMŚ Puszcza Borecka, Latoszyn-Zdrój mobilna, Osieczów, Złoty Potok Leśniczówka

Największy średni udział obliczony dla kraju na obszarach pozamiejskich tła, wyższy od 75%, zaobserwowano dla Bośni i Hercegowiny, Grecji i Słowenii, zaś najmniejszy, nie przekraczający 50% dla Malty, Portugalii i Turcji (Tab. 7.3.1).

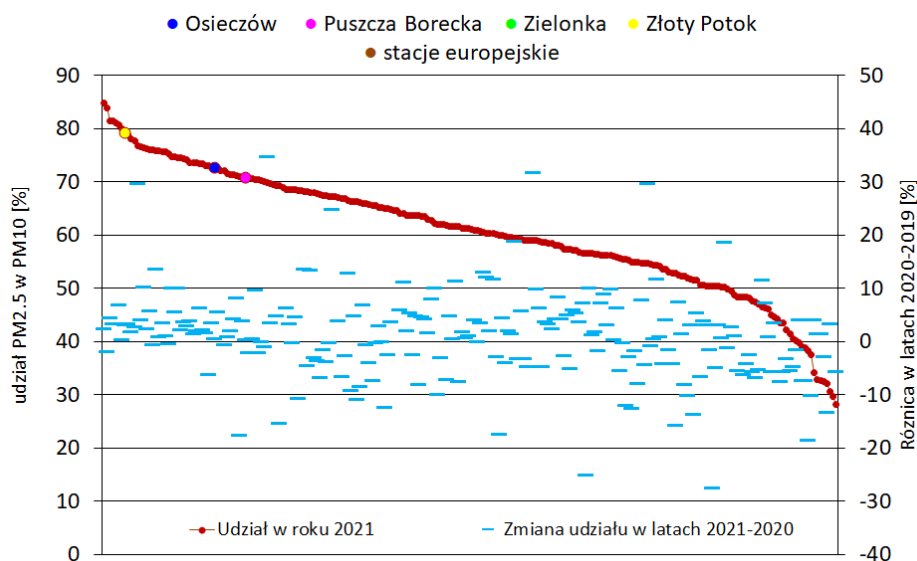
Zdecydowanie najwyższy wzrost udziału pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ z roku na rok (w okresie 2020-2021) zaobserwowano dla Grecji (blisko 30%) oraz Litwy (ponad 18%). Niewielkie wzrosty zanotowano jeszcze ponadto dla 14 krajów. Wyniki analizy pokazują, że dla pozostałych 10 krajów udział pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ spadł z roku na rok, najbardziej widoczny dotyczył Chorwacji i Turcji (ponad 7%). W przypadku Polski zanotowano spadek udziału pyłu zawieszonego PM_{2,5} 2 PM₁₀ o 1,5% – Tab. 7.3.1, Rys. 7.3.1.



Rys. 7.3.1. Udział pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ w poszczególnych krajach Europy w roku 2021 ze wskazaniem różnic w udziale średnim w stosunku do roku 2020 (udział obliczony podstawie stężeń średnich rocznych na stacjach pozamiejskich tła) (źródło danych: EAŚ)

Ocena wartości obliczonego udziału pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie pokazuje bardzo duże różnice w granicach od 25,6% do 84,7%. Analizowane stacje tła regionalnego z Polski znajdowały się w strefie stacji z najwyższymi wartościami omawianego wskaźnika. Trzy z nich – Złoty Potok, Osieczów i Puszcza Borecka znalazły się wśród 52 stacji z wartościami udziału przekraczającymi 70%. Stacja Zielonka, z wartością 55,3% uplasowała się nieco poniżej połowy stawki (171 pozycja licząc od najwyższego udziału wśród 240 analizowanych stacji). Wśród 6 stacji z najwyższym współczynnikiem udziału pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ przekraczającym 80%, znajdowały się pojedyncze stacje z Austrii, Bośni i Hercegowiny, Czech, Norwegii, Polski (Borsukowizna-Wiejska) i Szwecji.

Zmianę udziału pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ z roku na rok (2020-2021) obliczono dla 226 stacji, z których wyniki dostępne były dla obu lat. W przypadku 115 stacjach zaobserwowano wzrost współczynnika udziału z roku na rok, największe ponad 25% dla jednej ze stacji austriackich, dwóch stacji portugalskich i jednej ze stacji greckich. W przypadku 28 stacji w Europie (w tym dla Osieczowa i Puszczy Boreckiej) nie zanotowano zmian przekraczających 1%. Na pozostałych stacjach zanotowano spadki (w tym niewielki dla Zielonki wynoszący 3,1%), największe dla jednej ze stacji hiszpańskich, włoskich i portugalskich (Rys. 7.3.2).



Rys. 7.3.2. Udział pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w 2021 roku oraz różnica w udziale w okresie 2019-2020 (źródło danych: EAŚ)

7.4. Depozycja zanieczyszczeń do podłoża

W tym rozdziale przedstawiono wyniki przeprowadzonej oceny w zakresie depozycji metali ciężkich oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w Europie na obszarach tła pozamiejskiego. Ocenę przedstawiono z wykorzystaniem wartości dobowego wskaźnika depozycji.

Ocenę depozycji przeprowadzono dla wyników pomiarów prowadzonych na 48 stacjach w roku 2010 i 2011, na 52 w 2012, 50 w 2013, 39 w 2014, 43 w 2015, 57 w roku 2016, 52 w 2017 oraz 56 w 2018 roku, 55 w 2019 roku, 52 w roku 2020 i 54 w roku 2021, gdzie prowadzono pomiary pod kątem oznaczenia przynajmniej jednego z metali ciężkich i/lub WWA. W 2021 roku pomiary depozycji na stacjach pozamiejskich tła w Europie prowadzono w 15 krajach: w Niemczech, we Francji, w Hiszpanii, Finlandii, Polsce, Danii, Szwecji, Austrii, Belgii, Słowenii, Litwie, Łotwie, Portugalii, na Węgrzech i na Malcie. Najwięcej stacji zlokalizowanych było w Niemczech (25), we Francji i Hiszpanii (po 5). W Finlandii, Polsce i Szwecji funkcjonowały po 3 stacje, w Danii – 2, a w pozostałych krajach pojedyncze stacje. W ocenie uwzględniono 3 stacje tła regionalnego z Polski: Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka.

O liczbie stacji uwzględnionych w analizach w 2021 roku decydowały przede wszystkim pomiary metali ciężkich (50 stacji). Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne oznaczane były znacznie rzadziej – na 26 stacjach.

7.4.1. Metale ciężkie

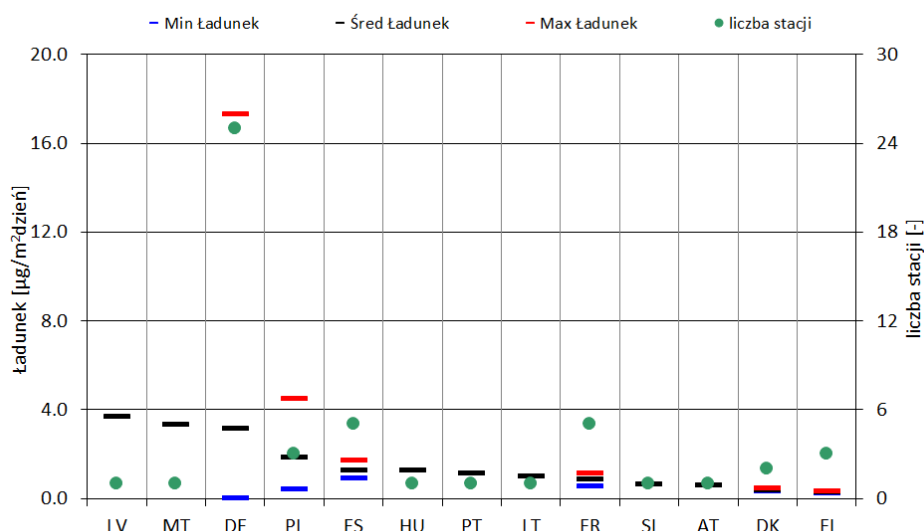
W 2021 roku pomiary zawartości metali ciężkich (arsenu, niklu i kadmu) w opadzie prowadzono na 50 stacjach pozamiejskich tła w Europie. Wartości parametrów statystycznych jako uśrednione wartości dla poszczególnych krajów dla depozycji analizowanych metali ciężkich przedstawiono w tabelach 7.4.1 - 7.4.3 oraz na rysunkach 7.4.1 - 7.4.7.

Uśredniony dobowy wskaźnik depozycji Ni na obszarach tła pozamiejskiego dla poszczególnych krajów europejskich pokazuje, że w Polsce depozycja tego metalu była na nieco wyższym poziomie niż obliczona średnia dla Europy. Wyższe niż w Polsce wartości wskaźnika depozycji uzyskano dla 3 krajów: Łotwy (2-krotnie wyższe niż dla Polski) i Malty oraz Niemiec. Najniższe wartości uśrednionego wskaźnika zanotowano dla Finlandii (Tab. 7.4.1 i Rys. 7.4.1).

Tab. 7.4.1. Dobowy wskaźnik depozycji Ni (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAS)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,559	0,559	0,559
DE	25	0,000	3,144	17,267
DK	2	0,303	0,367	0,430
ES	5	0,898	1,244	1,683
FI	3	0,206	0,262	0,301
FR	5	0,510	0,819	1,102
HU	1	1,236	1,236	1,236
LT	1	0,996	0,996	0,996
LV	1	3,665	3,665	3,665
MT	1	3,284	3,284	3,284
PL ^{*)}	3	0,374	1,821	4,462
PT	1	1,130	1,130	1,130
SI	1	0,637	0,637	0,637
Europa	50	0,000	1,474	17,267

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



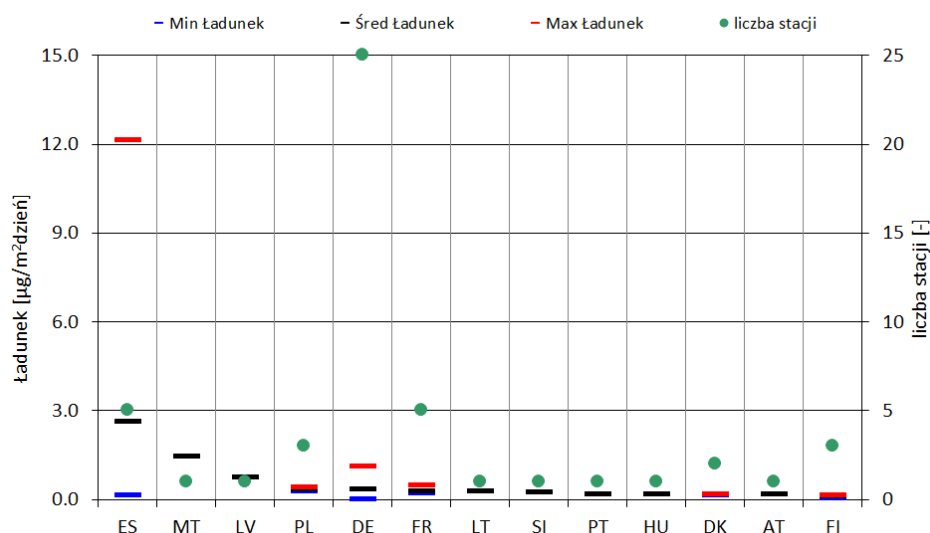
Rys. 7.4.1. Średni dobowy wskaźnik depozycji Ni (wartości minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

W przypadku depozycji arsenu, wartość średniego dobowego wskaźnika depozycji dla Polski była na niższym poziomie niż obliczona średnia dla Europy. Dwukrotnie wyższy wskaźnik niż obliczony dla Polski odnotowano na Łotwie i prawie 4-krotnie wyższy na Malcie (Tab. 7.4.2 i Rys. 7.4.3). Najwyższa wartość wskaźnika depozycji As wystąpiła w Hiszpanii – stanowiła ona 5-krotność średniej dla Europy i ponad 7-krotność wskaźnika dla Polski. Najniższą wartość wskaźnika depozycji As zaobserwowano dla Finlandii.

Tab. 7.4.2. Dobowy wskaźnik depozycji As (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min [µg/m²·dzień]	Średnia [µg/m²·dzień]	Max [µg/m²·dzień]
AT	1	0,152	0,152	0,152
DE	25	0,000	0,318	1,090
DK	2	0,131	0,154	0,176
ES	5	0,121	2,604	12,137
FI	3	0,040	0,085	0,118
FR	5	0,193	0,272	0,477
HU	1	0,154	0,154	0,154
LT	1	0,254	0,254	0,254
LV	1	0,722	0,722	0,722
MT	1	1,428	1,428	1,428
PL ^{*)}	3	0,259	0,344	0,407
PT	1	0,173	0,173	0,173
SI	1	0,220	0,220	0,220
Europa	50	0,000	0,529	12,137

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



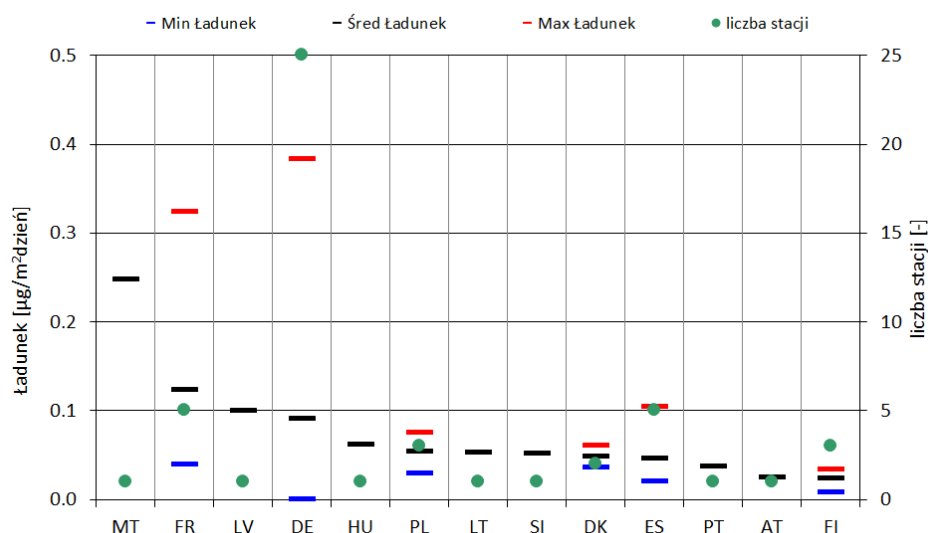
Rys. 7.4.2. Średni dobowy wskaźnik depozycji As (wartości minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Analiza uśrednionego wskaźnika depozycji kadmu w 2021 roku na obszarach tła pozamiejskiego w Europie wskazuje na wartości w Polsce poniżej średniej europejskiej. Wyższą wartość dobowego wskaźnika depozycji niż obliczoną dla Polski zaobserwowano dla blisko połowy analizowanych krajów, tj. Malty, Francji, Łotwy, Niemiec i Węgier. Najniższą wartość wskaźnika depozycji Cd uzyskano dla Finlandii (Tab. 7.4.3, Rys. 7.4.5).

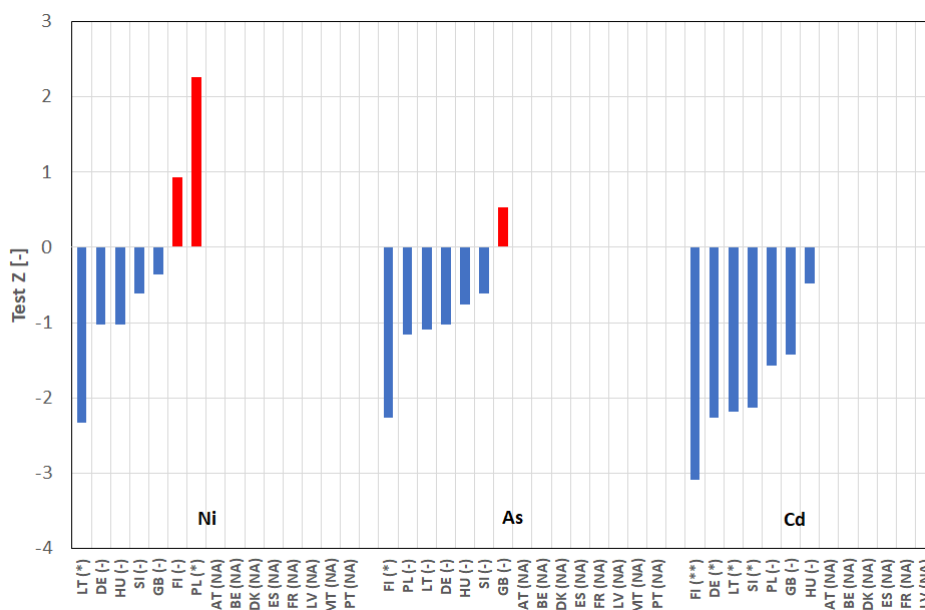
Tab. 7.4.3. Dobowy wskaźnik depozycji Cd (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min [µg/m²/dzień]	Średnia [µg/m²/dzień]	Max [µg/m²/dzień]
AT	1	0,024	0,024	0,024
DE	25	0,000	0,090	0,383
DK	2	0,036	0,048	0,060
ES	5	0,020	0,045	0,104
FI	3	0,008	0,023	0,033
FR	5	0,039	0,123	0,324
HU	1	0,061	0,061	0,061
LT	1	0,052	0,052	0,052
LV	1	0,099	0,099	0,099
MT	1	0,247	0,247	0,247
PL ^{*)}	3	0,029	0,053	0,075
PT	1	0,037	0,037	0,037
SI	1	0,051	0,051	0,051
Europa	50	0,000	0,073	0,383

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.4.3. Średni dobowy wskaźnik depozycji Cd (wartości minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)



Rys. 7.4.4. Średni dobowy wskaźnik depozycji Ni, As i Cd w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

Wartości wskaźników depozycji metali ciężkich na pojedynczych stacjach pozamiejskich tła Europy w 2021 roku mieściły się w granicach: 0,000-17,267 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla Ni; 0,000-12,137 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla As oraz 0,000-0,383 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla Cd.

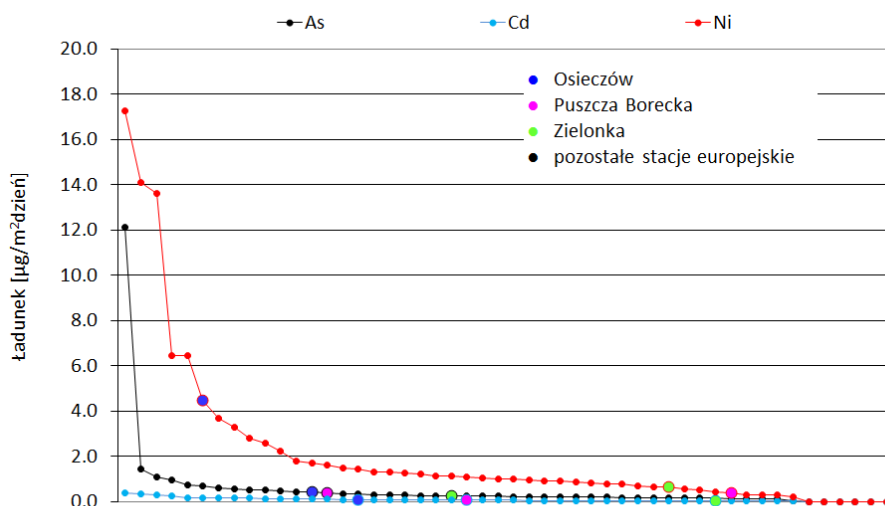
Analiza depozycji metali ciężkich na poszczególnych europejskich stacjach pozamiejskich tła spełniających przyjęte w opracowaniu kryteria kompletności serii (por. rozdział 2) pokazuje,

że z wyjątkiem Osieczowa stacje tła regionalnego z Polski znajdowały się wśród stacji ze średnimi wartościami.

W przypadku depozycji Ni, wśród 10 stacji z najwyższymi ładunkami rocznymi (na 48 analizowanych stacji), 7 stacji zlokalizowanych było w Niemczech (od 1 do 5 oraz 9 i 10 maksimum europejskiego) oraz po jednej na Malcie, Łotwie i w Polsce (Osieczów z 6 maksimum). Wskaźniki depozycji tego metalu na pozostałych polskich stacjach tła regionalnego uplasowały je odpowiednio na pozycjach: 36 dla Zielonki i 40 w przypadku Puszczy Boreckiej licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.4.5). Najniższe wartości w Europie obserwowano na 6 stacjach niemieckich, co potwierdza obserwowane największe różnice pomiędzy stacjami w tym kraju.

Uzyskane wartości średnich wskaźników depozycji arsenu na stacjach europejskich tła pokazują, że wśród 10 stacji z najwyższymi wartościami wskaźnika depozycji (spośród 50 stacji wykonujących to oznaczenie), znajdowała się jedna stacja z Hiszpanii (maksimum Europejskie), jedna stacja z Malty (2 maksimum), 7 stacji z Niemiec (3, 4 i od 6 do 10 maksimum) oraz jedna stacja z Łotwy. Polskie stacje tła regionalnego uplasowały się blisko siebie: Osieczów na pozycji 13, Puszcza Borecka na pozycji 14 oraz Zielonka na 22, licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.4.5). Ponownie, najniższe wartości depozycji w Europie dla tego metalu obserwowano na 6 stacjach niemieckich.

Wśród 10 stacji z najwyższymi wartościami wskaźnika depozycji Cd na 50 analizowanych, znajdowało się aż 8 stacji z Niemiec (1 i 3 maksimum europejskie) oraz po jednej stacji z Francji (2 maksimum) i Malty. W przypadku polskich stacji tła regionalnego, średni dobowy wskaźnik depozycji w Osieczowie uplasował tę stację jako 16 maksimum europejskie, zaś Puszcę Borecką i Zielonkę odpowiednio na 23 i 39 maksimum europejskim (Rys. 7.4.5).



Rys. 7.4.5. Średni dobowy wskaźnik depozycji metali ciężkich na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

7.4.2. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

Ocenę depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w Europie na obszarach pozamiejskich tła dla roku 2021 przeprowadzono z uwzględnieniem odpowiednio: 25 stacji w przypadku benzo(a)pirenu, 24 dla benzo(a)antracenu

i indeno(1,2,3-cd)piranu, 23 dla dibenzo(a,h)antracenu, 15 w przypadku benzo(b)fluorantenu i benzo(k)fluorantenu oraz 11 w przypadku benzo(j)fluorantenu. Wartości parametrów statystycznych dla depozycji analizowanych WWA uśrednionych dla poszczególnych krajów przedstawiono w tabelach 7.4.4 – 7.4.10 oraz na rysunkach 7.4.6 - 7.4.12.

Wartości przeciętne dobowych wskaźników depozycji w krajach europejskich dla obszarów tła pozamiejskiego w 2021 roku dla benzo(a)pirenu pokazują, że spośród 12 analizowanych krajów, gdzie wykonywano pomiary tego zanieczyszczenia, Polska znajdowała się w strefie wartości najbliższej średniej obliczonej dla Europy. Wyższy niż w Polsce wskaźnik depozycji zanotowano dla Łotwy (2-krotnie wyższy niż w Polsce) i Malty (ponad 6-krotnie wyższy niż w Polsce). Najniższe wartości wskaźnika depozycji B(a)P uzyskano dla Portugalii (Tab. 7.4.4 i Rys. 7.4.6).

Tab. 7.4.4. Dobowy wskaźnik depozycji B(a)P (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,002	0,002	0,002
BE	1	0,013	0,013	0,013
DE	6	0,002	0,010	0,019
DK	1	0,007	0,007	0,007
FR	5	0,001	0,006	0,014
HU	1	0,012	0,012	0,012
LT	1	0,005	0,005	0,005
LV	1	0,038	0,038	0,038
MT	1	0,124	0,124	0,124
PL ^{*)}	3	0,006	0,019	0,027
PT	1	0,000	0,000	0,000
SE	3	0,002	0,004	0,006
Europa	25	0,000	0,020	0,124

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów

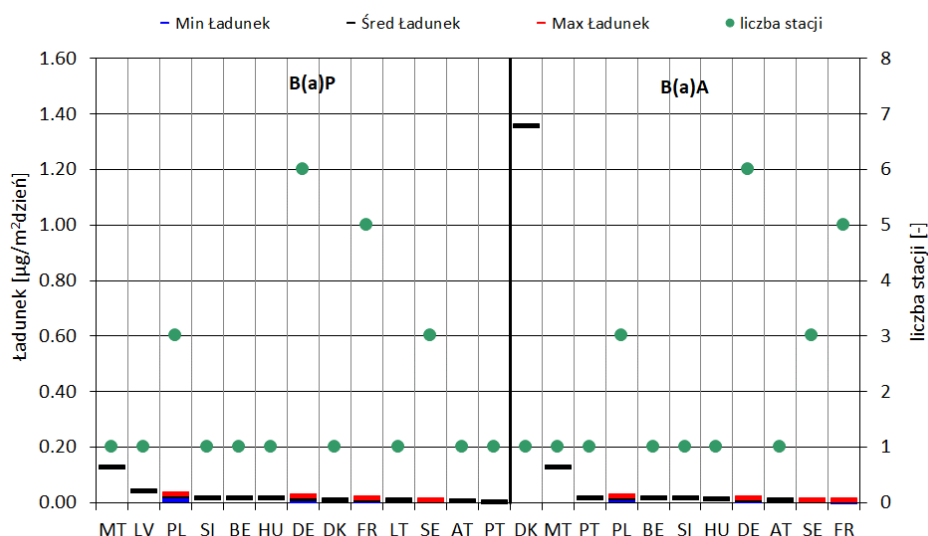
W przypadku uśrednionego wskaźnika depozycji benzo(a)antracenu, wyższe wartości wskaźnika depozycji niż w Polsce wśród 11 analizowanych krajów uzyskano tylko dla Portugalii, Malty i Danii. Warto zaznaczyć, że wysokość uśrednionego wskaźnika depozycji benzo(a)antracenu w Europie zawiąza Dania – wartość tego wskaźnika dla Danii była prawie 11-krotnie wyższa niż wartość wskaźnika obliczona dla Malty, która znajduje się na drugiej pozycji. Najniższe wartości wskaźnika depozycji B(a)A uzyskano dla Francji (Tab. 7.4.5, Rys. 7.4.6).

Tab. 7.4.5. Dobowy wskaźnik depozycji B(a)A (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,006	0,006	0,006
BE	1	0,014	0,014	0,014
DE	6	0,003	0,008	0,013
DK	1	1,355	1,355	1,355
FR	5	0,000	0,003	0,007
HU	1	0,010	0,010	0,010

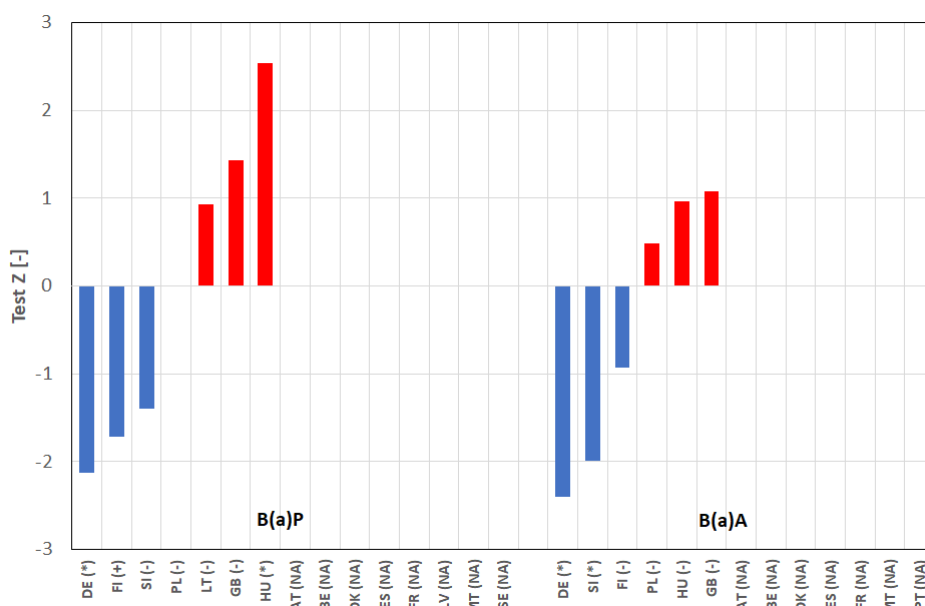
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
MT	1	0,125	0,125	0,125
PL ^{*)}	3	0,006	0,014	0,021
PT	1	0,015	0,015	0,015
SE	3	0,002	0,004	0,005
SI	1	0,012	0,012	0,012
Europa	24	0,000	0,142	1,355

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.4.6. Średni dobowy wskaźnik depozycji B(a)P i B(a)A (wartości minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmian wartości obydwu omawianych powyżej wskaźników depozycji WWA w okresie 2010-2021 pokazuje bardzo zróżnicowany obraz w Europie. W przypadku depozycji B(a)P wśród 7 krajów dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych, zaobserwowano istotny statystycznie trend rosnący w przypadku Węgier oraz malejący dla Niemiec i Finlandii. W przypadku Polski można mówić o braku zmian, a Wielkiej Brytanii i Litwy o nieistotnej statystycznie tendencji rosnącej. Wśród 6 krajów dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych zmian w okresie 2010-2021 dla depozycji B(a)A, istotny statystycznie trend malejący dotyczył Niemiec i Słowenii. Dla pozostałych krajów zaobserwowano nieistotne statystycznie tendencje, przy czym dla Finlandii malejące, zaś dla Polski, Wielkiej Brytanii i Węgier - rosnącą (Rys. 7.4.7).



Rys. 7.4.7. Trendy i tendencje zmian dobowego wskaźnika depozycji B(a)P i B(a)A w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

Poziom depozycji benzo(b)fluorantenu i benzo(j)fluorantenu oraz benzo(k)fluorantenu na obszarach pozamiejskich tła w 2021 roku, podobnie jak w poprzednich latach, był monitorowany na najmniejszej liczbie stacji i w nielicznych krajach.

W przypadku B(b)F spośród 7 krajów, gdzie wykonywano oznaczenia tego WWA, w 6 krajach wartości wskaźnika były niższe niż wartość uśrednionego wskaźnika dla Europy. Wynika to z faktu, że najwyższą wartość wskaźnika depozycji B(b)F zanotowano dla Malty, która była ponad 4-krotnie przewyższała ona wartość uśrednionego wskaźnika dla wszystkich krajów (Tab. 7.4.6, Rys. 7.4.8). Podobnie było w przypadku wskaźnika depozycji B(j)F, gdzie wśród 7 krajów prowadzących oznaczenia tego zanieczyszczenia, wartość wskaźnika na Malcie znacznie przewyższała wartość średnią dla Europy. Druga wartość wskaźnika depozycji B(j)F w Europie dotyczyła Polski i była 3-krotnie wyższa niż we Francji, gdzie uzyskano najniższe wartości (Tab. 7.4.7, Rys. 7.4.8). W przypadku depozycji B(k)F w 2021 roku, najwyższą wartość uśrednionego wskaźnika spośród 5 analizowanych krajów uzyskano dla Malty, zaś niższą dla Austrii (Tab. 7.4.7, Rys. 7.4.8).

Tab. 7.4.6. Dobowy wskaźnik depozycji B(b)F (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{dzień}$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{dzień}$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{dzień}$]
AT	1	0,003	0,003	0,003
DE	1	0,024	0,024	0,024
FR	5	0,007	0,015	0,027
MT	1	0,124	0,124	0,124
PL ^{*)}	3	0,009	0,026	0,036
PT	1	0,014	0,014	0,014
SE	3	0,004	0,005	0,006
Europa	15	0,003	0,030	0,124

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów

Tab. 7.4.7. Dobowy wskaźnik depozycji B(j)F (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

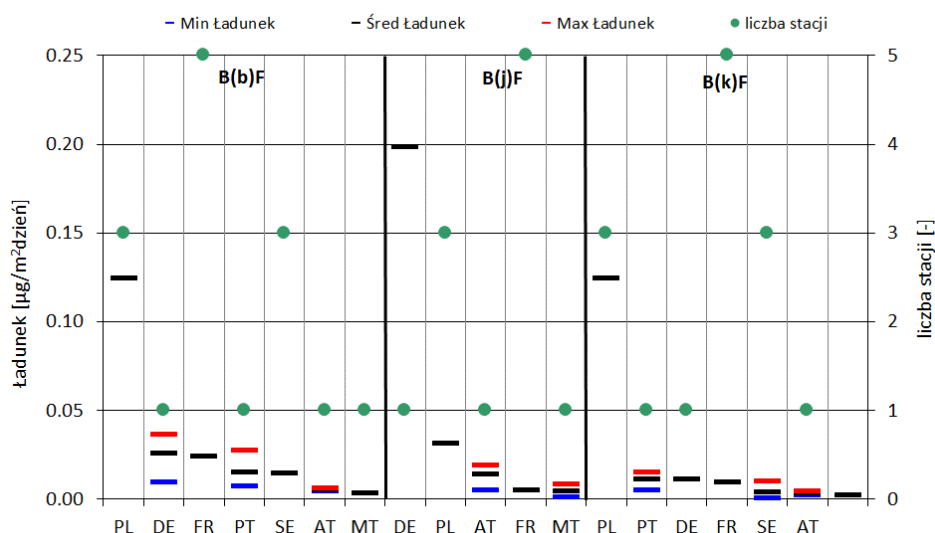
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,005	0,005	0,005
DE	1	0,031	0,031	0,031
FR	5	0,001	0,004	0,008
MT	1	0,198	0,198	0,198
PL ^{*)}	3	0,005	0,014	0,019
Europa	11	0,001	0,050	0,198

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów

Tab. 7.4.8. Dobowy wskaźnik depozycji B(k)F (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,002	0,002	0,002
DE	1	0,009	0,009	0,009
FR	5	0,000	0,004	0,010
MT	1	0,124	0,124	0,124
PL ^{*)}	3	0,005	0,011	0,015
PT	1	0,011	0,011	0,011
SE	3	0,002	0,003	0,004
Europa	15	0,000	0,023	0,124

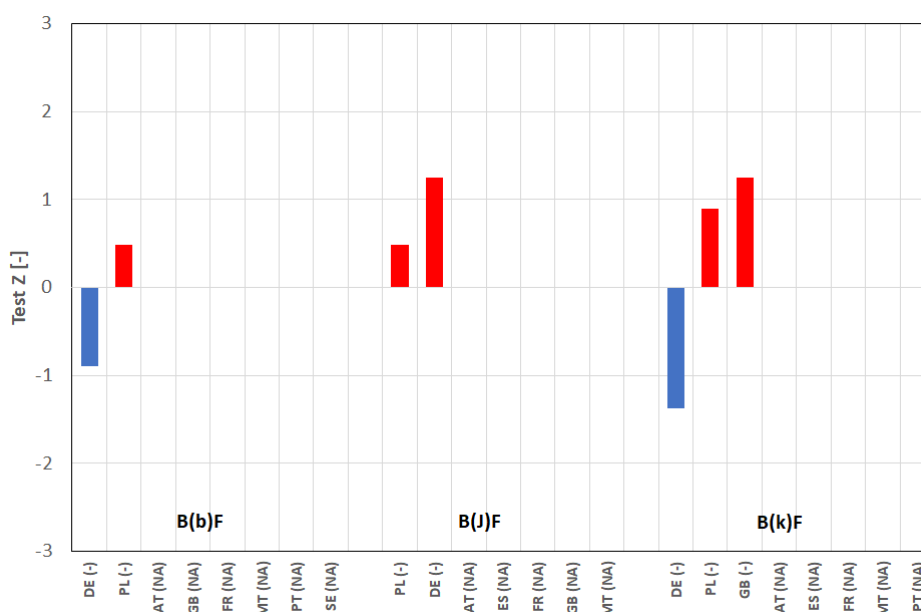
^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.4.8. Średni dobowy wskaźnik depozycji B(b)F, B(j)F i B(k)F (wartości minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Ze względu na niewielką liczbę stacji i krajów w Europie, analizę zmian omówionych powyżej wskaźników depozycji WWA w latach 2010-2021, przeprowadzono jedynie dla 3 krajów: Niemiec, Polski i Wielkiej Brytanii (przy czym dla tego kraju nie były dostępne dane z lat 2020-2021). Dla wskaźników depozycji B(b)F, B(j)F i B(k)F zaobserwowano nieistotne

statystycznie zmiany. W przypadku Polski można mówić o tendencjach rosnących, zaś w przypadku Niemiec – malejących w przypadku B(b)F i B(k)F oraz rosnącej dla B(j)F (Rys. 7.4.9).



Rys. 7.4.9. Trendy i tendencje zmian dobowego wskaźnika depozycji B(b)F, B(j)F i B(k)F w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

Analiza wartości wskaźników depozycji przeprowadzona dla indeno(1,2,3-cd)pirenu i dibenzo(a,h)antarcenu wskazuje, że w 2021 roku depozycja na obszarach tła pozamiejskiego w Polsce znajdowała się na poziomie średniej dla Europy. W przypadku depozycji I(1,2,3-cd)P, najwyższą wartość wskaźnika depozycji zaobserwowano dla Malty (prawie 6-krotnie wyższą niż dla Polski), zaś najniższą wśród 10 analizowanych krajów dla Austrii (Tab. 7.4.9, Rys. 7.4.10).

Podobnie było w przypadku dibenzo(a,h)antarcenu, gdzie najwyższe wartości uśrednionego dla kraju wskaźnika depozycji w 2021 roku zaobserwowano dla Malty. Wyższe wartości wskaźnika niż w Polsce zanotowano ponadto dla Portugalii, Belgii i Słowenii. Najniższą wartość w 2021 roku spośród 11 analizowanych krajów uzyskano dla Francji (Tab. 7.4.10, Rys. 7.4.10).

Tab. 7.4.9. Dobowy wskaźnik depozycji I(1,2,3-cd)P (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[µg/m ² dzień]	[µg/m ² dzień]	[µg/m ² dzień]
AT	1	0,001	0,001	0,001
BE	1	0,009	0,009	0,009
DE	6	0,004	0,014	0,029
DK	1	0,005	0,005	0,005
FR	5	0,005	0,011	0,021
HU	1	0,020	0,020	0,020
MT	1	0,124	0,124	0,124
PL ^{*)}	3	0,006	0,022	0,034
SE	3	0,004	0,006	0,008
SI	1	0,022	0,022	0,022

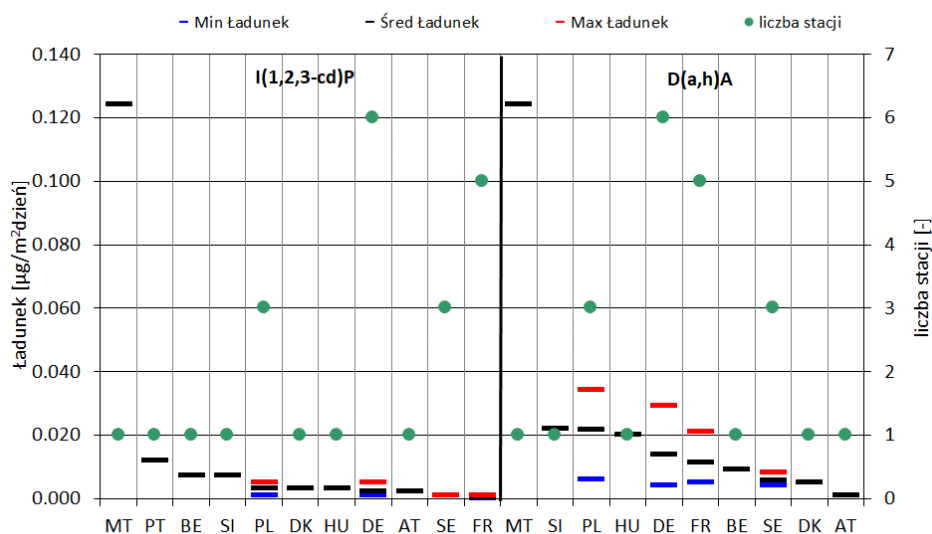
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[µg/m ² dzień]	[µg/m ² dzień]	[µg/m ² dzień]
Europa	23	0,001	0,023	0,124

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów

Tab. 7.4.10. Dobowy wskaźnik depozycji $D(a,h)A$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2021 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[µg/m ² dzień]	[µg/m ² dzień]	[µg/m ² dzień]
AT	1	0,002	0,002	0,002
BE	1	0,007	0,007	0,007
DE	6	0,001	0,002	0,005
DK	1	0,003	0,003	0,003
FR	5	0,000	0,000	0,001
HU	1	0,003	0,003	0,003
MT	1	0,124	0,124	0,124
PL ^{*)}	3	0,001	0,003	0,005
PT	1	0,012	0,012	0,012
SE	3	0,001	0,001	0,001
SI	1	0,007	0,007	0,007
Europa	24	0,000	0,015	0,124

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów

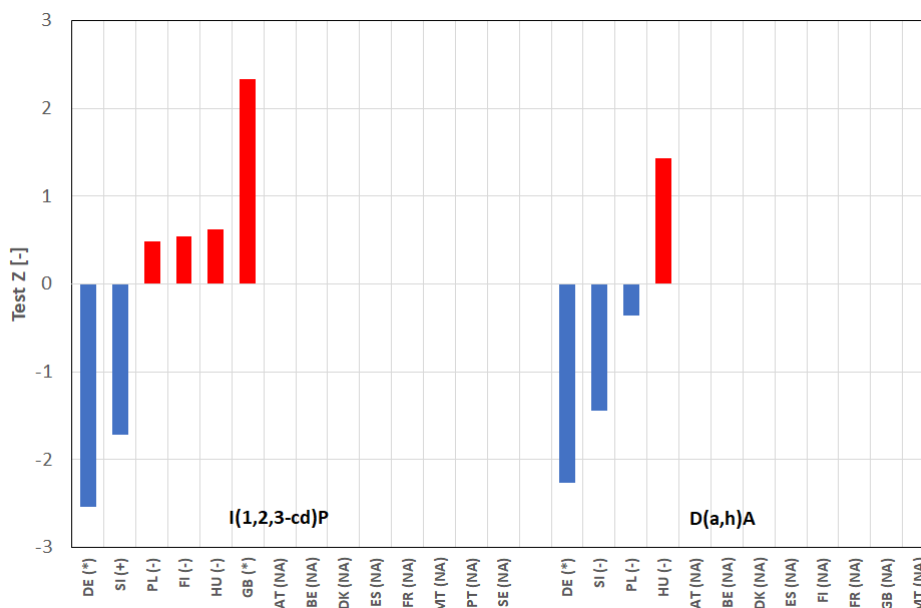


Rys. 7.4.10. Średni dobowy wskaźnik depozycji $I(1,2,3-cd)P$ i $D(a,h)A$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

Podobnie jak dla wcześniej omówionych WWA, ocena zmian wartości średnich rocznych depozycji $I(1,2,3-cd)P$ i $D(a,h)A$ w Europie w latach 2010-2021 była zróżnicowana.

Spośród 6 krajów dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych zmian wskaźników depozycji $I(1,2,3-cd)P$, istotne statystycznie trendy dotyczyły Niemiec i Słowenii (malejący) i Wielkiej Brytanii (rosnący). W przypadku pozostałych 3 krajów, w tym Polski zaobserwowano nieistotne statystycznie tendencje rosnące.

W przypadku analiz zmian wskaźników depozycja D(a,h)A, tylko dla Niemiec zauważalny jest istotny statystycznie trend malejący, zaś nieistotne statystycznie tendencje malejące w okresie 2010-2021 dotyczą Słowenii i Polski, a tendencja rosnąca – Węgier (Rys. 7.4.11).



Rys. 7.4.11. Trendy i tendencje zmian dobowego wskaźnika depozycji I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2021 (źródło danych: EAŚ)

Wartości wskaźników rocznych depozycji WWA na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie przedstawiono na rysunku 7.4.12 (wartości stężeń średnich rocznych uszeregowano malejąco). Przeprowadzone analizy pokazują, że w 2021 roku w Europie roczne wskaźniki depozycji WWA zawierały się odpowiednio w granicach: 0,003-0,124 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla B(a)P; 0,000-1,355 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla B(a)A; 0,003-0,124 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla B(b)F; 0,001-0,198 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla B(j)F; 0,000-0,124 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla B(k)F; 0,001-0,124 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla I(1,2,3-cd)P oraz 0,000-0,124 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla D(a,h)A.

Zestawienie wyników wskaźników depozycji WWA na polskich stacjach na tle pozostałych stacji europejskich tła pozamiejskiego w Europie w 2021 roku pokazuje, że w przypadku B(a)P wśród 5 najwyższych wartości znalazły się: stacja z Malty (maksimum europejskie), Łotwy (2 maksimum), dwie z Polski (Puszcza Borecka i Osieczów) oraz jedna z Niemiec. Polska stacja tła regionalnego w Zielonce znalazła się na pozycji 16 maksimum licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.4.12). Najniższe wskaźniki depozycji wśród 26 analizowanych stacji uzyskano dla stacji portugalskiej.

W przypadku depozycji B(a)A, wartości wskaźników na polskich stacjach tła regionalnego wykazywały poziomy lokujące je wśród stacji europejskich z wartościami wyższymi. Najwyższe wartości wskaźnika depozycji wśród 24 analizowanych stacji zanotowano dla stacji duńskiej, maltańskiej oraz 2 stacji polskich: Puszcza Borecka i Osieczów z 3 i 4 maksimum europejskim. Wartość wskaźnika depozycji na stacji tła regionalnego w Zielonce uplasowała ją na pozycji 13 maksimum licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.4.12). Najniższe wartości wskaźników depozycji B(a)A obserwowano na 3 stacjach francuskich.

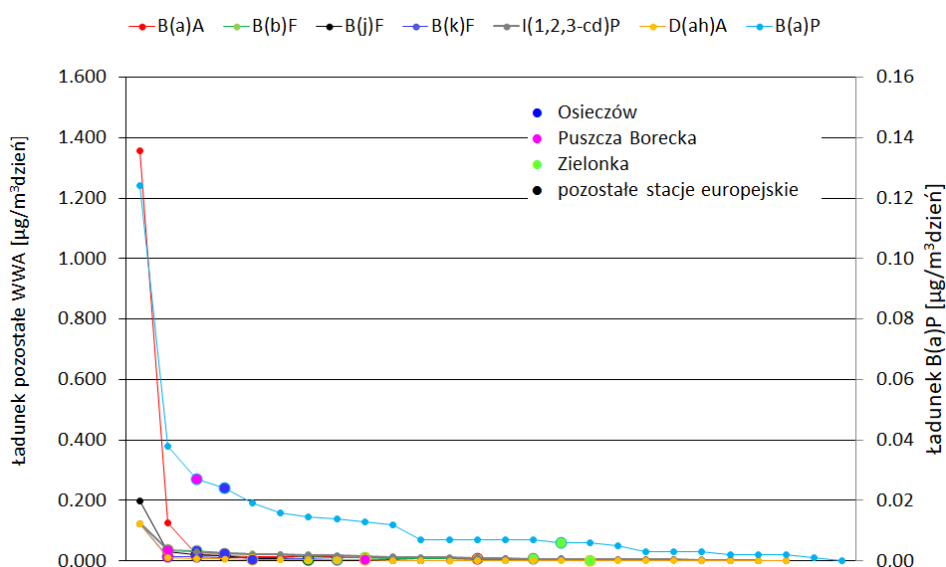
Spośród analizowanych 15 stacji wykonujących oznaczenia depozycji B(b)F w Europie, najwyższe wskaźniki zaobserwowano na jednej ze stacji na Malcie oraz na dwóch polskich stacjach tła regionalnego: w Puszczy Boreckiej (2 maksimum) i Osieczów (3 maksimum). Trzecia stacja tła regionalnego z Polski - Zielonka znalazła się na 9 pozycji maksimum (Rys. 7.4.12). Najniższą wartość wskaźnika depozycji B(b)F uzyskano na stacji austriackiej.

Analizę wskaźników depozycji B(j)F przeprowadzono dla 11 stacji. Uzyskane wartości dla polskich stacji tła regionalnego ułożyły je na pozycjach: Osieczów - 3 maksimum, Puszcza Borecka jako 4 maksimum w Europie, i Zielonka - 7 (Rys. 7.4.12). Najwyższą wartość wskaźnika depozycji B(j)F w 2021 roku zanotowano dla jednej ze stacji maltańskiej, zaś najniższą dla jednej ze stacji francuskich.

Podobnie jak w przypadku rozkładu obserwowanego dla depozycji B(b)F, sytuacja wyglądała dla B(k)F. Na tle 15 rozważanych stacji europejskich, wartości wskaźników depozycji dla polskich stacji tła regionalnego w Puszczy Boreckiej i Osieczowie były bardzo zbliżone i lokowały je odpowiednio na pozycjach 2 i 3 maksimum w Europie. Stacja w Zielonce znajdowała się w połowie stawki licząc od wartości najwyższych na pozycji 8 maksimum (Rys. 7.4.12). Najwyższą wartość wskaźnika depozycji B(k)F w 2021 roku zanotowano dla jednej ze stacji maltańskiej, zaś najniższą dla jednej ze stacji francuskich.

W przypadku pomiarów depozycji I(1,2,3-cd)P, najwyższe wartości wskaźnika depozycji tego WWA obserwowano na stacji na Malcie oraz w Puszczy Boreckiej (2 maksimum) i jednej ze stacji niemieckich. Wartości wskaźnika uzyskane na pozostałych polskich stacjach tła regionalnego sklasyfikowały je wśród 23 analizowanych stacji kolejno na pozycjach: 4 maksimum w Osieczowie i 15 w Zielonce (Rys. 7.4.12). Najniższy wskaźnik depozycji zanotowano na stacji austriackiej.

Analiza zmienności wskaźników depozycji D(a,h) wśród 24 analizowanych stacji tła pozamiejskiego w Europie wykazała najwyższe wartości na stacjach na Malcie, w Portugalii, Belgii i Słowenii. Polskie stacje tła regionalnego Osieczów i Puszcza Borecka znajdowały się w strefie wartości średnich na pozycjach 5 i 9 maksimum, zaś Zielonka w strefie wartości niskich na pozycji 17 maksimum (Rys. 7.4.12). Ponownie, najniższe wartości wskaźnika depozycji D(a,h)A odnotowano na stacjach francuskich.



Rys. 7.4.12. Średni dobowy wskaźnik depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych do podłoża na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2021 (źródło danych: EAŚ)

8. Podsumowanie

Emisja

Wyniki inwentaryzacji krajowej emisji pierwotnej pyłu PM₁₀ i PM_{2,5} w roku 2021 pokazują podobne wielkości w stosunku do wartości szacowanych dla roku poprzedniego (przeliczonych z uwzględnieniem frakcji kondensującej). Dominującym sektorem w emisji pierwotnej pyłu było spalanie paliw, głównie spalanie węgla kamiennego i drewna w gospodarstwach domowych (1.A.4 – Inne sektory wg klasyfikacji NFR). Na kolejnych miejscach - ze znacznie mniejszym udziałem – dla grubszej frakcji znalazły się procesy przemysłowe i rolnictwo, a dla drobniejszej frakcji: transport oraz procesy przemysłowe.

Główne źródła prekursorów pyłu są różne dla poszczególnych związków: dla tlenków siarki jest to energetyczne spalanie paliw w źródłach stacjonarnych, dla tlenków azotu - spalanie paliw w sektorach: transport, inne sektory (szczególnie gospodarstwa domowe) i przemysły energetyczne, dla amoniaku – rolnictwo, a dla niemetanowych lotnych związków organicznych najistotniejsze spośród antropogenicznych źródeł to procesy przemysłowe, w których główną rolę odgrywa stosowanie rozpuszczalników i innych produktów (do emisji krajowej nie wchodzi źródła przyrodnicze).

Największy udział w emisji metali ciężkich w Polsce mają procesy przemysłowe (Pb, Cd, As) oraz przemysły energetyczne (Ni). W strukturze emisji WWA w Polsce dominują procesy spalania, przy czym główną część tej emisji stanowi emisja z gospodarstw domowych (B(a)P).

Warunki meteorologiczne

Cechą charakterystyczną warunków termicznych obserwowanych w roku 2022, o względnie wysokiej średniej temperaturze na większości stacji, była rekordowo ciepła zima (I-II) i względnie ciepłe lato. Był to okres znacznie cieplejszy od roku poprzedniego, który charakteryzował się zimą mroźniejszą od przeciętnej. Pomimo znacznych wahań temperatur średniorocznych od wielu lat obserwuje się wyraźną tendencję wzrostową temperatury na wszystkich analizowanych stacjach.

Rok 2022 charakteryzował się niższymi opadami na wszystkich stacjach osłonowych względem analizowanego wielolecia. Na większości stacji opady były także niższe w stosunku do poprzedniego roku. Był to okres o przeciętnej skali zmienności opadów od najniższych w marcu do najwyższych w lipcu, co zanotowano na wielu stacjach.

Warunki meteorologiczne kształtowane były przez masy powietrza napływające nad Polskę najczęściej z kierunków sektora zachodniego, a najrzadziej - z sektora wschodniego.

W 2022 roku warunki wiatrowe były najmniej korzystne w wieloleciu z punktu widzenia rozpraszania zanieczyszczeń. Rozpatrując poszczególne stacje można stwierdzić, że najbardziej korzystne warunki wietrzne w tym roku wystąpiły w rejonie stacji Godów i Zielonka.

Pył zawieszony PM₁₀ oraz oznaczane w nim metale ciężkie i WWA

Przebieg dobowych wartości stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w roku 2022 był typowy. Na wszystkich stacjach zaznaczyły się wyższe stężenia w chłodnej połowie roku. W stosunku do roku poprzedniego wartości średnich rocznych stężeń pyłu zawieszonego PM₁₀ były niższe na wszystkich stacjach poza Osieczowem, mniejsza była też liczba dni z przekroczeniami poziomu dopuszczalnego dla pyłu zawieszonego PM₁₀. Po raz piąty na żadnej stacji tła

regionalnego, ani na stacji w Godowie nie odnotowano przekroczenia poziomu dopuszczalnego dla średniego rocznego stężenia pyłu PM10 (brak przekroczeń stwierdzono także w latach 2017, 2019, 2020 i 2021; we wcześniejszych latach miało ono miejsce na stacji w Godowie).

Porównanie stężeń średnich rocznych pyłu PM10 na obszarach tła pozamiejskiego w 2021 roku w poszczególnych krajach Europy pokazuje, że stężenie obliczone dla Polski znajdowało się wśród poziomów powyżej obliczonej średniej dla Europy. Wśród 33 analizowanych krajów, wyższe niż dla Polski wartości uzyskano dla Bośni i Hercegowiny (najwyższe w Europie), Turcji, Grecji i Malty. W 2021 roku, na stacjach pozamiejskich tła w Europie przekroczenie rocznej wartości dopuszczalnej określonej w celu ochrony zdrowia zanotowano na 1 stacji w Turcji. Na 17 stacjach funkcjonujących w 6 krajach w tym w Polsce na 1 stacji w Godowie, w 2021 roku wystąpiło przekroczenie dobowej wartości dopuszczalnej. Przeprowadzona analiza statystyczna trendów zmian stężeń pyłu PM10 w okresie 2010-2021 w poszczególnych krajach Europy w praktyce wskazuje na zauważalne statystycznie istotne trendy malejące, w tym w Polsce.

W latach 2010-2022 na żadnej stacji w Polsce nie zanotowano przekroczeń wartości normowanych dla metali ciężkich (poziomu dopuszczalnego ustanowionego dla Pb i poziomów docelowych dla As, Cd i Ni). Stężenia średnie roczne wyniosły kilka procent poziomu docelowego/dopuszczalnego z wyjątkiem arsenu w Osieczowie (52% procent poziomu docelowego) i w Godowie (19% poziomu docelowego). W niemal wszystkich przypadkach (poza stężeniem niklu w Osieczowie, Puszczy Boreckiej i Godowie i arsenu w Osieczowie) odnotowano spadki stężeń metali ciężkich (odnosząc wartość z roku 2022 do średniej z wielolecia). W stosunku do wartości z roku 2021 notowano przeważnie wzrosty (poza As i Pb w Puszczy Boreckiej i wszystkimi metalami w Zielonce).

Porównanie dla 2021 roku wyników stężeń średnich rocznych metali ciężkich oznaczanych w pyłe PM10 w Europie na obszarach tła pozamiejskiego pokazuje, że stężenie w Polsce znajdowało się wśród wartości średnich i wyższych. W przypadku Ni, wyższe niż w Polsce stężenia zaobserwowano dla 9 krajów, najwyższe dla Włoch i Rumuni, dla As – wyższe niż w Polsce wystąpiło tylko dla Czech, w przypadku Cd – wyższe obserwowano tylko dla Bułgarii i Rumunii, zaś w przypadku Pb - wyższe obserwowano tylko dla Włoch i Rumunii. Analiza trendów stężeń średnich rocznych metali ciężkich w poszczególnych krajach Europy w okresie 2010-2021 pokazuje generalne tendencje spadkowe. W przypadku Ni dla 7 krajów obserwuje się istotne statystycznie trendy malejące, zaś dla Polski - nieistotną statystycznie niewielką tendencję spadkową. W przypadku As istotne statystycznie trendy malejące obserwuje się dla 11 krajów, najbardziej zaznaczone dla Belgii i Polski. Podobnie jest w przypadku Cd i Pb, gdzie odpowiednio dla 10 i 9 krajów odnotowano istotne statystycznie trendy malejące, w tym wyraźnie zarysowane dla obu metali w przypadku Polski.

Przeprowadzona analiza WWA zawartych w pyłe PM10 pokazuje, że w roku 2018 i w latach poprzednich stężenia średnie roczne benzo(a)pirenu były wyższe niż poziom docelowy na dwóch stacjach: w Godowie i w Osieczowie. W latach 2019 i 2020 przekroczenie stwierdzono tylko dla stacji w Godowie, w 2021 znowu w Godowie i Osieczowie, a w 2022 tylko w Godowie. W okresie 2010-2022 średnie roczne stężenia WWA na poszczególnych stacjach wykazują istotne statystycznie trendy i tendencje spadkowe.

Podobnie jak w latach poprzednich, również w 2021 roku analiza uśrednionych w poszczególnych krajach europejskich rocznych stężeń WWA (B(a)P, B(a)A, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P oraz D(a,h)A) oznaczanych w pyłe PM10 na obszarach pozamiejskich tła, wskazuje na wysokie poziomy w Polsce. Analiza zmian stężeń średnich rocznych WWA zawartych w pyłe PM10 w poszczególnych krajach europejskich w okresie 2010-2021 wskazuje generalnie tendencje spadkowe. Wyjątek stanowi Polska, Czechy i Wielkiej Brytanii dla B(a)P, dla których zaobserwowano nieistotne statystycznie tendencje rosnące. Istotne statystycznie trendy malejące dla Polski zaobserwowano w przypadku B(a)A, B(b)F i B(k)F oraz I(1,2,3-cd)P. Dla pozostałych WWA, tj., B(j)F i D(a,h)A dla Polski obserwowane są nieistotne statystycznie tendencje malejące.

Pył PM2,5 i oznaczane w nim jony oraz węgiel

W roku 2022 na żadnej stacji nie zanotowano przekroczenia stężenia średniego rocznego pyłu PM2,5 w stosunku do poziomu docelowego z roku 2010 i dopuszczalnego w roku 2015 i 2020. We wcześniejszych latach notowano przekroczenia wartości normatywnych na stacji w Godowie. Na wszystkich stacjach, poza Osieczowem, odnotowano spadki stężenia średniego rocznego pyłu zawieszonego PM2,5 w stosunku do poprzedniego roku i na wszystkich spadki w stosunku do wartości średnich z lat 2010-2021. Dla wszystkich stacji stwierdzono istotny statystycznie trend malejący stężenia pyłu zawieszonego PM2,5.

Podobnie jak w przypadku pyłu zawieszonego PM10, stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM2,5 na obszarach pozamiejskich tła w 2021 roku dla Polski, było jednym z wyższych w Europie. Wśród 30 analizowanych krajów, wyższe wartości niż w Polsce, uzyskano dla Bośni i Hercegowiny (ponad 2 krotnie wyższe niż w Polsce), Grecji, Turcji, Rumunii i Czech. Znacznie rzadziej niż w roku poprzednim wystąpiło przekroczenie rocznej wartości poziomu dopuszczalnego wynoszącego 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dotyczyło ono 5 z 268 analizowanych stacji – 2 tureckich i po jednej we Włoszech, w Czechach i Bośni i Hercegowinie. Analiza trendów zmian stężeń średnich rocznych pyłu PM2,5 w poszczególnych krajach w okresie 2010-2021 wskazuje na spadki. W przypadku 15 krajów, zaobserwowano istotne statystycznie trendy malejące, w tym dla Polski.

Głównym składnikiem kształtującym stężenie pyłu PM2,5 na wszystkich stacjach tła w Polsce jest węgiel organiczny. Wśród anionów oznaczanych w pyłe PM2,5 na trzech stacjach na południu kraju (Osieczów, Żłoty Potok i Godów) dominował w 2022 roku jon siarczanowy, na północy - w Zielonce - jon azotanowy a w Puszczy Boreckiej wystąpiła równowaga. Wśród oznaczanych kationów dominował jon amonowy, a najmniej było magnezowego. Zmiany stężeń większości składników oznaczanych w pyłe PM2,5 w roku 2022 w stosunku do 2021 wskazywały na wzrosty dla metali, poza wapniem na trzech stacjach (Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka) i potasem na jednej (Żłoty Potok), a spadki dla siarczanów, azotanów, jonu amonowego (poza Osieczowem) oraz węgla elementarnego. Dla chlorków odnotowano spadki w Osieczowie i Zielonce, a wzrosty w Puszczy Boreckiej i Żłotym Potoku, natomiast dla węgla organicznego spadki w Osieczowie i Żłotym Potoku, wzrost w Zielonce i brak zmian w Puszczy Boreckiej.

Uzyskane wyniki w krajach europejskich na obszarach pozamiejskich tła dla składników oznaczanych w pyłe PM2,5 wskazują Polskę jako kraj z wysokimi oraz średnimi stężeniami. W przypadku SO_4^{2-} , Cl^- i NH_4^+ wyższe stężenia niż w Polsce zanotowano dla 3 krajów, NO_3^- dla 5, Ca^{2+} o K^+ - 6, Na^+ dla 8 zaś dla Mg^{2+} - 13. W przypadku EC i OC stężenia dla Polski były najwyższe wśród krajów europejskich wykonujących te oznaczenia w pyłe PM2,5.

Analiza trendów stężeń średnich rocznych składników pyłu PM_{2,5} w okresie 2010-2021 pokazuje, że w przypadku Polski obserwuje się istotne statystycznie trendy malejące, często najwyraźniej zarysowane wśród krajów europejskich (dotyczy to jonów SO₄²⁻, NO₃⁻, Mg²⁺ i K⁺, Na⁺ oraz NH₄⁺). W przypadku jonów Cl⁻ i Ca²⁺ oraz EC zauważalne są nieistotne statystycznie tendencje spadkowe, zaś dla OC – istotny statystycznie trend rosnący.

Udział pyłu PM_{2,5} w PM₁₀

W Polsce na stacjach tła regionalnego udział zawartości pyłu zawieszonego PM_{2,5} w PM₁₀ w okresie 2010-2022 był wysoki i w ostatnim roku zawierał się w granicach od 61,1% w Zielonce do 74,6% w Osieczowie, a na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie wyniósł 78,5%; we wcześniejszych latach to na tej stacji był największy udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w PM₁₀. Z biegiem czasu na wszystkich stacjach udział drobnej frakcji w stężeniu pyłu zawieszonego malał.

Wśród krajów europejskich, największy średni udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w PM₁₀ obliczony na obszarach pozamiejskich tła w 2021 roku, zaobserwowano dla Bośni i Hercegowiny, Grecji i Słowenii (powyżej 75%), zaś najmniejszy dla Malty, Portugalii i Turcji (poniżej 50%). Wzrost udziału pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ z roku na rok zaobserwowano dla 14 krajów, największy dla Grecji (blisko 30%). W przypadku Polski udziału pyłu zawieszonego PM_{2,5} 2 PM₁₀ spadł o 1,5% z roku na rok.

Depozycja

Wskaźniki depozycji arsenu w roku 2022 w stosunku do średniej z lat 2010-2021 zmalały na wszystkich trzech stacjach, na których badana jest depozycja całkowita – Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka, dla kadmu zmalały tylko na dwóch stacjach – Osieczów i Puszcza Borecka, a dla niklu spadek wskaźnika stwierdzono tylko w Puszczy Boreckiej.

Analiza wartości obliczonych wskaźników depozycji metali ciężkich w 2021 roku wskazuje na zróżnicowane poziomy na obszarach tła pozamiejskiego w Europie. Uśredniony dobowy wskaźnik depozycji dla Ni, As i Cd na obszarach tła pozamiejskiego dla poszczególnych krajów europejskich w 2021 roku pokazuje, że w Polsce depozycja tych metali była na poziomie bliskim średniej dla Europy. Wyższe niż w Polsce wartości wskaźników depozycji tych metali uzyskano dla 3 krajów w przypadku Ni i As oraz 5 krajów dla Cd.

Analiza trendów wskaźnika depozycji Ni w krajach europejskich w latach 2010-2021 pokazuje generalne tendencje spadkowe z wyjątkiem Polski z istotnym statystycznie trendem rosnącym. Istotny statystycznie trend malejący dotyczy tylko Litwy. Wśród metali najwyraźniej zaznaczone są pozytywne trendy malejące krajowych wskaźników depozycji w przypadku Cd. Dla tego metalu istotne statystycznie trendy malejące występują dla 4 krajów, zaś dla 3 w tym dla Polski, obserwuje się nieistotne statystycznie tendencje spadkowe.

W 2022 roku odnotowano największe wskaźniki depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych na stacji Puszcza Borecka, mniejsze na stacji Osieczów, a znacząco niższe na stacji Zielonka. W okresie 2010-2022 odnotowano tendencję wzrostową zarówno w Osieczowie, jak i w Zielonce, a spadkową w Puszczy Boreckiej.

Wartości wskaźników depozycji w 2021 roku dla obszarów tła pozamiejskiego wśród krajów europejskich pokazują, że w przypadku Polski depozycja WWA charakteryzuje się wysokimi i średnimi poziomami w Europie. W przypadku depozycji WWA, wyższe niż dla Polski

wskaźniki depozycji zanotowano odpowiednio: jednego kraju w przypadku B(b)F i B(k)F, 2 krajów dla B(a)P, B(j)F i (1,2,3-cd)P, 3 dla B(a)A oraz 4 w przypadku D(a,h)A.

Analiza zmian wartości obydwu omawianych powyżej wskaźników depozycji WWA w okresie 2010-2021 pokazuje bardzo zróżnicowany obraz w Europie. W przypadku depozycji B(a)P zaobserwowano istotny statystycznie trend rosnący tylko w przypadku Węgier oraz malejący dla 2 krajów. W przypadku Polski można mówić o braku zmian. Zmiany depozycji B(a)A wskazują na istotny statystycznie trend malejący również 2 krajów i nieistotne statystycznie tendencje. W przypadku Polski tendencja ta jest rosnąca. Dla wskaźników depozycji B(b)F, B(j)F i B(k)F oraz I(1,2,3-cd)P w przypadku Polski można mówić o nieistotnych statystycznie tendencjach rosnących w okresie 2010-2021, zaś dla D(a,h)A – o tendencji malejącej.

9. Bibliografia

Prace wykonane na zlecenie GIOŚ w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska

1. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2021 w zakresie składu pyłu PM₁₀ i PM_{2,5} oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2022.
2. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2020 w zakresie składu pyłu PM₁₀ i PM_{2,5} oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2021.
3. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2019 w zakresie składu pyłu PM₁₀ i PM_{2,5} oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2020.
4. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2018 w zakresie składu pyłu PM₁₀ i PM_{2,5} oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2019.
5. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2017 w zakresie składu pyłu PM₁₀ i PM_{2,5} oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2018.
6. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2016 w zakresie składu pyłu PM₁₀ i PM_{2,5} oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2017.
7. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2015 w zakresie składu pyłu PM₁₀ i PM_{2,5} oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2016.
8. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2014 w zakresie składu pyłu PM₁₀ i PM_{2,5} oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2015.
9. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2013 w zakresie składu pyłu PM₁₀ i PM_{2,5} oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2014.
10. Skotak K., Degórska A., Prządka Z., Śnieżek T.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2012 w zakresie składu pyłu PM₁₀ i PM_{2,5} oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2013.
11. Degórska A., Prządka Z., Skotak K., Śnieżek T.: Ocena zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi i WWA oraz ocena składu pyłu PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego w Polsce w latach 2010-2011. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2012.
12. Degórska A., Skotak K., Syrzycki M., Bogucka M.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2021. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2022.
13. Bogucka M., Degórska A., Prządka Z., Skotak K.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2020. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2021.
14. Degórska A., Prządka Z., Skotak K., Bogucka M.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2019. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2020.

15. Bogucka M., Degórska A., Prządka Z., Skotak K.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2018. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2019
16. Degórska A., Prządka Z., Skotak K., Bogucka M.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2017. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2018
17. Bogucka M., Degórska A., Prządka Z., Skotak K.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2016. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2017
18. Degórska A., Prządka Z., Skotak K., Bogucka M.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2015. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2016
19. Bogucka M., Degórska A., Prządka Z., Skotak K.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2014. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2015
20. Degórska A., Prządka Z., Skotak K., Bogucka M.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2013. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2014.
21. Bogucka M., Degórska A., Prządka Z., Skotak K., Śnieżek T.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2012. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2013.
22. Śnieżek T., Degórska A., Prządka Z., Skotak K., Bogucka M.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2011. Inspekcja Ochrony Środowiska, 2012.

Publikacje dostępne na stronach www

23. Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990-2021. Raport syntetyczny. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy; Warszawa, 2023
24. Ochrona środowiska 2022. Informacje i opracowania statystyczne. GUS 2022.

Przepisy prawne i wytyczne

25. 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.
26. 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 oraz Dz. Urz. UE L 226 z 29.08.2015, str. 4).
27. 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, Dz. Urz. UE L 87 z 31.03.2009, str. 109 oraz Dz. Urz. UE L 226 z 29.08.2015, str. 4).
28. Dyrektywa Komisji (UE) 2015/1480 z dnia 28 sierpnia 2015 r. zmieniającą niektóre załączniki do dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE i 2008/50/WE ustanawiających przepisy dotyczące metod referencyjnych, zatwierdzania danych i lokalizacji punktów pomiarowych do oceny jakości powietrza (Dz. Urz. UE L 226 z 29.08.2015, str. 4)

29. Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2010-2012. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, 2009. Warszawa.
30. Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2013-2015. Główny Inspektor Ochrony Środowiska, 2012, Warszawa.
31. Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2016-2020. Główny Inspektor Ochrony Środowiska, 2015, Warszawa.
32. Wykonawczy program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2020. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2020
33. Wykonawczy program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2021. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2020
34. Wykonawczy program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2022. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2021
35. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu. Dz. U. z 2012, poz. 2031)
36. Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2021 r. poz. 845)
37. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012, poz. 1032)
38. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2018, poz. 1119)
39. Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2020 r. poz. 2279)
40. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. - Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2020 poz. 1219, z późn. zm.)

Bazy danych

41. Bank danych pomiarowych GIOŚ.
42. Dane publiczne IMGW-PIB.
43. AirBase - The European air quality database.
44. Air Quality e-Reporting (AQ e-Reporting).
45. CAMS <https://atmosphere.copernicus.eu/>

Publikacje metodyczne

46. Gibbons R.D, Coleman D.E. 2001. "Statistical Methods for Detection and Quantification of Environmental Contamination"
47. Gilbert R.O. 1987 "Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring"