



GŁÓWNY INSPEKTORAT OCHRONY ŚRODOWISKA

**WSKAŹNIKI ŚREDNIEGO NARAŻENIA NA PYŁ ZAWIESZONY PM_{2,5}
DLA MIAST POWYŻEJ 100 TYS. MIESZKAŃCÓW I AGLOMERACJI
ORAZ KRAJOWY WSKAŹNIK ŚREDNIEGO NARAŻENIA W 2023 ROKU
(aktualizacja wrzesień 2024 r.)**

Warszawa, wrzesień 2024 r.

Opracowano w Departamencie Monitoringu Środowiska Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska na podstawie wyników pomiarów i ocen jakości powietrza prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ).

Spis treści

1. Wprowadzenie.....	4
2. Sposób obliczenia wskaźnika średniego narażenia	5
3. Sposób prowadzenia pomiarów pyłu zawieszonego PM _{2,5} na potrzeby obliczania wskaźników średniego narażenia	7
4. Wyniki pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM _{2,5} – dane wejściowe do obliczenia wskaźników średniego narażenia	9
5. Analiza zmian wartości wskaźników średniego narażenia na pył zawieszony PM _{2,5} ..	12
6. Czynniki mające wpływ na stężenia pyłu zawieszonego PM _{2,5}	19
7. Wnioski końcowe.....	25
8. Akty prawne i dane źródłowe wykorzystane w opracowaniu	25

1. Wprowadzenie

Aktualizacja raportu dotyczy wyłącznie udziałów źródeł w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} w roku 2023 i jest spowodowana wykonaniem przez Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy (IOŚ-PIB) korekty obliczeń. Skorygowane informacje dotyczące udziałów źródeł w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} w roku 2023 zostały przekazane przez IOŚ-PIB do GIOŚ we wrześniu 2024 r. Zmiany w raporcie zostały wprowadzone w rozdziale 6 na str. 22-23.

Na poziomie UE, w dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy (Dz. Urz. UE L 152 z 11.06.2008, str.1), dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} oprócz poziomu dopuszczalnego zostały określone dodatkowe normy: pułap stężenia ekspozycji i krajowy cel redukcji narażenia (Tabela 1). Normy te odnoszą się do obszarów tła miejskiego, miast powyżej 100 tysięcy mieszkańców i aglomeracji.

Definicje ww. norm są zawarte w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (t.j. Dz. U. 2024 poz. 54) i tak:

- **pułap stężenia ekspozycji** - to stężenie substancji w powietrzu wyznaczone na podstawie wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia, w celu ograniczenia szkodliwego wpływu danej substancji na zdrowie ludzi, które ma być osiągnięte w określonym terminie; pułap stężenia ekspozycji jest standardem jakości powietrza i został określony jedynie dla pyłu zawieszonego PM_{2,5}. Pułap stężenia ekspozycji został transponowany do prawodawstwa krajowego rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2021 poz. 845);
- **krajowy cel redukcji narażenia** - to procentowe zmniejszenie krajowego wskaźnika średniego narażenia dla roku odniesienia, w celu ograniczenia szkodliwego wpływu danej substancji na zdrowie ludzi, które ma być osiągnięte w określonym terminie; cel ten został określony jedynie dla pyłu zawieszonego PM_{2,5}. Krajowy cel redukcji narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} został określony rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 14 sierpnia 2012 r. w sprawie krajowego celu redukcji narażenia (Dz. U. 2012 poz. 1030).

Tabela 1. Pułap stężenia ekspozycji i krajowy cel redukcji narażenia

Nazwa zanieczyszczenia	Okres uśredniania wyników pomiarów	Nazwa wartości normowanej	Wartość ³⁾ µg/m ³	Termin osiągnięcia
Pył zawieszony PM _{2,5}	trzy lata kalendarzowe ²⁾	pułap stężenia ekspozycji	20 ¹⁾	2015
	trzy lata kalendarzowe ²⁾	krajowy cel redukcji narażenia	18 ¹⁾	2020

¹⁾ Stężenie pyłu o średnicy aerodynamicznej ziaren do 2,5 µm (PM_{2,5}) mierzone metodą wagową z separacją frakcji.

²⁾ Trzyletnia średnia krocząca uśredniona ze wszystkich punktów pomiarowych prowadzących pomiary wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5}.

³⁾ Poziomy dla pyłu zawieszonego w powietrzu ustala się w warunkach rzeczywistych.

2. Sposób obliczenia wskaźnika średniego narażenia

Podstawę obliczeń wskaźnika średniego narażenia dla roku 2023 stanowiły stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} uzyskane z pomiarów jakości powietrza prowadzonych w latach 2021, 2022 i 2023, na stacjach funkcjonujących w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 14 listopada 2022 r. w sprawie sposobu obliczania wskaźników średniego narażenia oraz sposobu oceny dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji (Dz. U. z 2022 r. poz. 2430), wskaźnik średniego narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} oblicza się dla miast o liczbie mieszkańców większej niż 100 tysięcy i aglomeracji o liczbie mieszkańców większej niż 250 tysięcy¹.

Listę miast i aglomeracji, dla których obliczono dla roku 2023 wskaźnik średniego narażenia, wraz z kodami stacji pomiarowych, z których wyniki wykorzystano przy obliczaniu wskaźników, podano w tabeli 2.

Tabela 2. Stanowiska pomiarowe stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5}, z których dane wykorzystano do obliczenia wskaźników dla miast i aglomeracji oraz do obliczania krajowego wskaźnika średniego narażenia dla roku 2023 [źródło: GIOŚ]

Województwo	Strefa	Kod stacji
dolnośląskie	aglomeracja wrocławska	DsWrocNaGrob
	miasto Wałbrzych	DsWalbrzWyso
kujawsko-pomorskie	aglomeracja bydgoska	KpBydFieldor*
	miasto Toruń	KpToruDziewu
	miasto Włocławek	KpWloclGniaz
lubelskie	aglomeracja lubelska	LbLubSliwins
lubuskie	miasto Gorzów Wlkp.	LuGorzPilsud
	miasto Zielona Góra	LuZielKrotka
łódzkie	aglomeracja łódzka	LdLodzCzerni
małopolskie	aglomeracja krakowska	MpKrakOsPias MpKrakBujaka**
	miasto Tarnów	MpTarBitStud
mazowieckie	aglomeracja warszawska	MzWarTolstoj
	aglomeracja warszawska	MzWarWokalna
	miasto Płock	MzPlocKroJad
	miasto Radom	MzRadHallera
opolskie	miasto Opole	OpOpoleOsAKr***
podkarpackie	miasto Rzeszów	PkRzeszRejta
podlaskie	aglomeracja białostocka	PdBialWarsza
pomorskie	aglomeracja trójmiejska	PmGdaPowWiel
śląskie	aglomeracja górnośląska	SlGliwicMewy

¹ Zgodnie z art. 84 a. ustawy Poś, należy roznieć, że liczby te zostały ustalone zgodnie z danymi statystycznymi na koniec roku poprzedniego

	aglomeracja górnośląska	SlKatoKossut****
	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	SlZorySikor2
	miasto Bielsko-Biała	SlBielSterni
	miasto Częstochowa	SlCzestoZana
świętokrzyskie	miasto Kielce	SkKielWarsza
warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	WmOlsPuszkini
	miasto Elbląg	WmElbBazynsk
wielkopolskie	aglomeracja poznańska	WpPoznDabrow WpPoznSzwajc*****
zachodniopomorskie	aglomeracja szczecińska	ZpSzczAndrze
	miasto Koszalin	ZpKoszSpasow

* KpBydFieldor od 01.01.2022 r. nastąpiła zmiana kodu stacji

** W latach 2021 i 2022 pomiary były wykonywane na stacji o kodzie MpKrakOsPias, ze względu na modernizację trasy Łagiewnickiej, znajdującej się w rejonie stacji o kodzie MpKrakBujaka. W roku 2023 pomiary pyłu zawieszonego PM_{2,5} były ponownie wykonywane na stacji o kodzie MpKrakBujaka.

*** Ze względu na konieczność zmiany przyłącza na stacji w Opolu na os. Armii Krajowej (OpOpoleOsAKr) na okres od 04.08.2021 r. do 20.06.2022 r. stanowisko pomiarowe dla wskaźnika średniego narażenia zostało przeniesione do lokalizacji przy ul. Koszyka (OpOpoleKoszy - również strefa miasto Opole). Serie pomiarowe pyłu zawieszonego PM_{2,5} za rok 2021 i 2022 były łączone i zostały przypisane do stacji o kodzie OpOpoleOsAKr

**** Ze względu na niską kompletność serii pomiarów manualnych pyłu zawieszonego PM_{2,5} w roku 2022, do obliczeń wykorzystano wyniki prowadzonych równolegle automatycznych pomiarów pyłu zawieszonego PM_{2,5}.

***** W latach 2021 i 2022 pomiary były wykonywane na stacji o kodzie WpPoznDabrow. W roku 2023 pomiary pyłu zawieszonego PM_{2,5} były wykonywane na stacji o kodzie WpPoznSzwajc.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie sposobu obliczania wskaźników średniego narażenia oraz sposobu oceny dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji, wskaźnik średniego narażenia WM₂₀₂₃ dla miasta i aglomeracji obliczono zgodnie ze wzorem:

$$WM_{2023} = \frac{1}{3} \left(\frac{\sum_{i=1}^{n_{2021}} Sa_{i2021}}{n_{2021}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_{2022}} Sa_{i2022}}{n_{2022}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_{2023}} Sa_{i2023}}{n_{2023}} \right)$$

gdzie:

- | | | |
|--------------------------------------|---|---|
| WM_{2023} | – | wskaźnik średniego narażenia dla miasta o liczbie mieszkańców większej od 100 tysięcy i aglomeracji, dla roku 2023; |
| $Sa_{i2021}, Sa_{i2022}, Sa_{i2023}$ | – | średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego PM _{2,5} na i-tym stanowisku pomiarowym, odpowiednio w latach 2021, 2022 i 2023; |
| $n_{2021}, n_{2022}, n_{2023}$ | – | liczba stanowisk pomiarowych, z których wyniki pomiarów uwzględniono w obliczeniu wskaźnika średniego narażenia dla miasta o liczbie mieszkańców większej od 100 tysięcy lub aglomeracji, odpowiednio w latach 2021, 2022 i 2023. |

Krajowy wskaźnik średniego narażenia WK₂₀₂₃ dla roku 2023 obliczono zgodnie ze wzorem:

$$WK_{2023} = \frac{1}{3} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{p_{2021}} Sa_{i2021}}{p_{2021}} + \frac{\sum_{i=1}^{p_{2022}} Sa_{i2022}}{p_{2022}} + \frac{\sum_{i=1}^{p_{2023}} Sa_{i2023}}{p_{2023}} \right\}$$

gdzie:

- | | | |
|--------------------------------------|---|--|
| WK_{2023} | – | krajowy wskaźnik średniego narażenia dla roku 2023; |
| $Sa_{i2021}, Sa_{i2022}, Sa_{i2023}$ | – | średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego PM _{2,5} na <i>i</i> -tym stanowisku pomiarowym, odpowiednio w latach 2021, 2022 i 2023; |
| $p_{2021}, p_{2022}, p_{2023}$ | – | liczba stanowisk pomiarowych, z których wyniki pomiarów uwzględniono w obliczeniu krajowego wskaźnika średniego narażenia, odpowiednio w latach 2021, 2022 i 2023. |

3. Sposób prowadzenia pomiarów pyłu zawieszonego PM_{2,5} na potrzeby obliczania wskaźników średniego narażenia

Dyrektywa 2008/50/WE w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy wprowadzając pojęcie wskaźnika średniego narażenia, definiuje go, jako średni poziom substancji w powietrzu określony na podstawie pomiarów przeprowadzonych w obszarze tła miejskiego, odzwierciedlający narażenie ludności na działanie zanieczyszczeń.

Transponując przepisy ww. dyrektywy do prawodawstwa polskiego zdefiniowano zarówno krajowy wskaźnik średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5}, jak i wskaźnik średniego narażenia dla miasta o liczbie mieszkańców większej niż 100 tysięcy i aglomeracji.

Celem takiego podziału jest zwiększenie efektywności działań zmierzających do osiągnięcia krajowego celu redukcji narażenia oraz pułapu stężenia ekspozycji, nie tylko na poziomie kraju, ale również lokalnym (w aglomeracjach i miastach powyżej 100 tysięcy mieszkańców).

Monitoring pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla potrzeb obliczania wskaźników średniego narażenia jest prowadzony w Polsce od 2010 roku na obszarach tła miejskiego. W aglomeracji warszawskiej i aglomeracji górnośląskiej pomiary są prowadzone na dwóch stanowiskach pomiarowych, w pozostałych aglomeracjach i miastach powyżej 100 tysięcy mieszkańców pomiary są prowadzone na jednym stanowisku pomiarowym (Rysunek 1).

Do roku 2019 włącznie, w systemie pomiarowym funkcjonowały 32 stanowiska pomiarowe zlokalizowane w 30 miastach i aglomeracjach. W roku 2020 ze względu na fakt, iż Legnica² straciła status miasta o liczbie mieszkańców powyżej 100 tysięcy liczba stanowisk zlokalizowanych w miastach zmniejszona została z 32 na 31. Podobna sytuacja miała miejsce w roku 2021, gdy miasto Kalisz straciło status miasta o liczbie mieszkańców powyżej

² wg GUS na koniec 2019 r. liczba mieszkańców Legnicy wynosiła 99 350.

100 tysięcy mieszkańców³. Sytuacja taka utrzymała się również w latach 2022 i 2023, dlatego miast: Legnica i Kalisz nie uwzględniono w obliczeniach. Oznacza to, że dla potrzeb obliczania wskaźników średniego narażenia dla miast i aglomeracji oraz krajowego wskaźnika średniego narażenia dla roku 2023 wykorzystano 30 stanowisk.



Rysunek 1. Lokalizacja stanowisk pomiarowych, w których prowadzono pomiary stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} na potrzeby obliczenia krajowego wskaźnika średniego narażenia dla 2023 r. [źródło: GIOŚ]

Pomiary pyłu zawieszonego PM_{2,5} służące do obliczania wskaźników średniego narażenia - zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 1991 r. o Inspekcji Ochrony Środowiska (Dz. U. 2024 poz. 425) - wykonuje Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Pomiary prowadzone są metodą manualną, za pomocą poborników niskoprzepływowch (LVS). Metoda ta jest zgodna z normą PN-EN 12341:2024-01 „Powietrze atmosferyczne - Standardowa grawimetryczna metoda pomiarowa oznaczania stężeń masowych frakcji PM₁₀ lub PM_{2,5} pyłu zawieszonego” i jest metodą referencyjną. Wyjątkiem był pomiar pyłu zawieszonego PM_{2,5} prowadzony w roku 2022 na stacji w Katowicach (SIKatoKossut), gdzie ze względu na niską kompletność serii pomiarów manualnych pyłu zawieszonego PM_{2,5} do

³ wg GUS na koniec 2020 r. liczba mieszkańców Kalisza wynosiła 99 106.

obliczeń wykorzystano prowadzoną równolegle serię pomiarów automatycznych. Pomiary automatyczne wykorzystane do obliczeń posiadają wykazaną równoważność do pomiarów referencyjnych prowadzonych metodą manualną.

Stanowiska pomiarowe pyłu zawieszonego PM_{2,5} służące do obliczania wskaźników średniego narażenia są jednocześnie wykorzystywane w systemie rocznych ocen jakości powietrza.

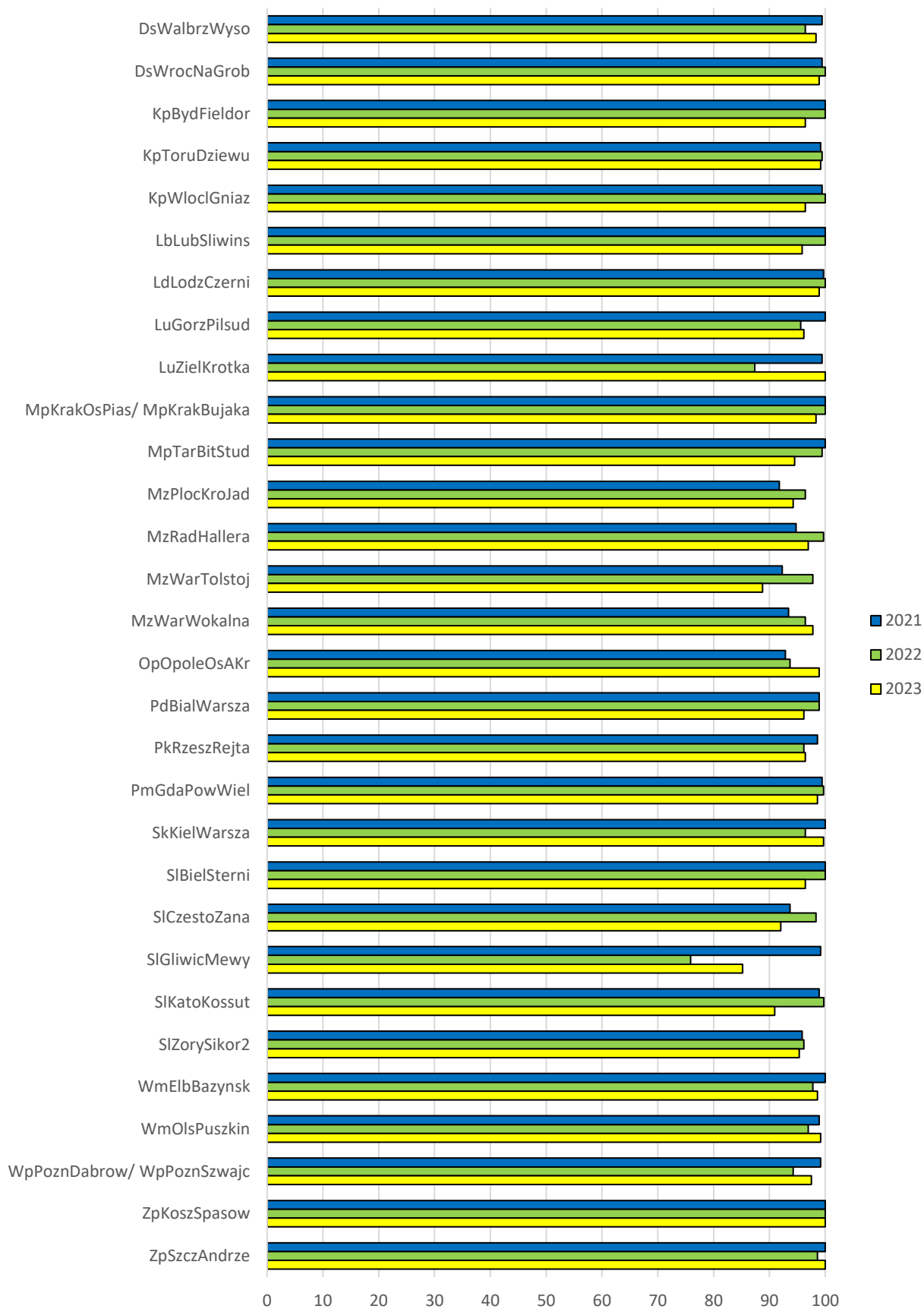
4. Wyniki pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} – dane wejściowe do obliczenia wskaźników średniego narażenia

Roczne serie pomiarowe stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} z 2023 roku, wykorzystane do obliczenia wskaźnika średniego narażenia, podlegały dwustopniowej kontroli. Pierwszym stopniem była weryfikacja danych na poziomie poszczególnych województw. Drugim etapem było przeprowadzenie przeglądu wyników na poziomie krajowym. Serie pomiarowe z lat 2021 i 2022 zostały poddane kontroli dwustopniowej i zatwierdzeniu w latach poprzednich.

W roku 2023 wszystkie 30 serii pomiarowych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5}, uwzględnionych przy obliczaniu wskaźnika średniego narażenia, spełniało wymagania dotyczące kompletności danych określone w Wytycznych Komisji Europejskiej do decyzji 2011/850/UE (kompletność serii $\geq 85\%$). W roku 2022 stanowisko pomiarowe pyłu zawieszonego PM_{2,5} w Gliwicach o kodzie SIGliwicMewy (aglomeracja górnośląska) miało kompletność 76%, jednak ze względu na równomierny stopień pokrycia pomiarami całego roku, wykorzystano dane z tego stanowiska w rocznej ocenie jakości powietrza i do wyliczenia wskaźnika średniego narażenia. Również w 2022 roku, ze względu na niską kompletność serii pomiarów manualnych pyłu zawieszonego PM_{2,5} (ok. 43%) na stanowisku w Katowicach o kodzie SIKatoKossut (aglomeracja górnośląska), do obliczeń wykorzystano prowadzoną równolegle serię pomiarów automatycznych.

W roku 2021 kompletność wszystkich serii pomiarowych pyłu zawieszonego PM_{2,5} uwzględnionych w obliczeniach wynosiła powyżej 90%. Zestawienie kompletności serii pomiarowych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} z lat 2021-2023, wykorzystanych do obliczania wskaźnika średniego narażenia, przedstawiono na Rysunku 2.

Na podstawie średnich rocznych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla poszczególnych stanowisk pomiarowych dla lat 2021, 2022, 2023 obliczono wartości wskaźnika średniego narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla poszczególnych miast i aglomeracji oraz krajowy wskaźnik średniego narażenia dla 2023 roku (Tabela 3).



Rysunek 2. Kompletność serii pomiarowych [%] stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} z lat 2021 - 2023, wykorzystanych do obliczania wskaźników średniego narażenia [źródło: GIOŚ]

Tabela 3. Wartości średnich rocznych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} na poszczególnych stanowiskach pomiarowych w latach 2021-2023 [µg/m³]; wartości wskaźnika średniego narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla poszczególnych miast i aglomeracji [µg/m³] oraz krajowy wskaźnik średniego narażenia dla 2023 roku [µg/m³] [źródło: GIOŚ]

Województwo	Strefa	Kod stacji	Stężenie średnie roczne w 2021	Stężenie średnie roczne w 2022	Stężenie średnie roczne w 2023	Stężenie średnie roczne uśrednione dla lat 2021-2023	Wartość wskaźnika średniego narażenia dla 2023 r.
dolnośląskie	aglomeracja wrocławska	DsWrocNaGrob	17,2	15,7	14,2	15,7	16
	miasto Wałbrzych	DsWalbrzWyso	16,6	17,4	13,9	16,0	16
kujawsko-pomorskie	aglomeracja bydgoska	KpBydFieldor	12,9	13,4	12,5	12,9	13
	miasto Toruń	KpToruDziewu	16,3	14,1	12,7	14,4	14
	miasto Włocławek	KpWlocGniaz	20,3	16,2	15,6	17,4	17
lubelskie	aglomeracja lubelska	LbLubSliwins	17,5	13,8	11,5	14,3	14
lubuskie	miasto Gorzów Wlkp.	LuGorzPilsud	15,3	13,8	12,8	14,0	14
	miasto Zielona Góra	LuZielKrotka	12,1	9,5	10,7	10,8	11
łódzkie	aglomeracja łódzka	LdLodzCzerni	18,8	15,9	13,1	15,9	16
małopolskie	aglomeracja krakowska	MpKrakOsPias/ MpKrakBujaka	24,1	19,5	15,3	19,6	20
	miasto Tarnów	MpTarBitStud	21,3	17,4	14,6	17,8	18
mazowieckie	aglomeracja warszawska	MzWarTolstoj	17,7	15,1	13,9	15,6	15
	aglomeracja warszawska	MzWarWokalna	16,3	13,3	12,4	14,0	
	miasto Płock	MzPlocKroJad	17,2	15,9	14,3	15,8	16
	miasto Radom	MzRadHallera	20,6	17,9	16,3	18,3	18
opolskie	miasto Opole	OpOpoleOsAKr	19,1	16,3	14,5	16,6	17
podkarpackie	miasto Rzeszów	PkRzeszRejta	18,0	15,2	12,2	15,1	15
podlaskie	aglomeracja białostocka	PdBialWarsza	16,9	13,7	11,2	13,9	14
pomorskie	aglomeracja trójmiejska	PmGdaPowWiel	12,5	11,9	10,1	11,5	12
śląskie	aglomeracja górnośląska	SlGliwicMewy	21,9	19,8	17,8	19,8	20
	aglomeracja górnośląska	SlKatoKossut	22,7	19,6	16,5	19,6	
	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	SlZorySikor2	24,3	21,8	19,1	21,7	22

	miasto Bielsko-Biała	SlBielSterni	20,8	17,9	15,5	18,1	18
	miasto Częstochowa	SlCzestoZana	21,1	21,9	19,2	20,7	21
świętokrzyskie	miasto Kielce	SkKielWarsza	18,6	16,1	14,7	16,5	17
warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	WmOlsPuszkina	15,0	12,8	12,1	13,3	13
	miasto Elbląg	WmElbBazynsk	16,5	13,1	11,4	13,7	14
wielkopolskie	aglomeracja poznańska	WpPoznDabrow / WpPoznSzwajc	18,5	17,7	14,9	17,0	17
zachodniopomorskie	aglomeracja szczecińska	ZpSzczAndrze	13,0	11,5	10,5	11,7	12
	miasto Koszalin	ZpKoszSpasow	11,2	10,5	11,2	11,0	11
Średnia dla kraju			17,8	15,6	13,8	15,7	16

*Kolorem czerwonym zaznaczono miasta i aglomeracje, w których, w 2023 r., wartość wskaźnika średniego narażenia przekracza pułap stężenia ekspozycji ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), kolorem pomarańczowym zaznaczono miasta i aglomeracje, w których, w 2023 r., wartość wskaźnika średniego narażenia przekracza krajowy cel redukcji narażenia ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla 2023 roku wynosi **16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

5. Analiza zmian wartości wskaźników średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5}

Wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla 2023 roku utrzymała się na poziomie wartości tego wskaźnika dla roku 2022 i wynosi **16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . W porównaniu z wartością wskaźnika w roku 2020 ($19 \mu\text{g}/\text{m}^3$), wartość ta jest mniejsza o **3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Rok 2023 jest trzecim, kolejnym rokiem, kiedy wskaźnik średniego narażenia nie przekroczył krajowego celu redukcji narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$), który należało osiągnąć do roku 2020. Ponadto, wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia dla 2023 roku jest o 20% mniejsza od pułapu stężenia ekspozycji ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), będącego w tym względzie standardem jakości powietrza, który należy dotrzymywać od roku 2015.

Wartości wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla poszczególnych aglomeracji i miast o liczbie mieszkańców większej niż 100 tysięcy dla roku 2023 zestawiono w Tabeli 4, w której również wskazano tendencje zmian wartości wskaźnika w porównaniu z rokiem 2022.

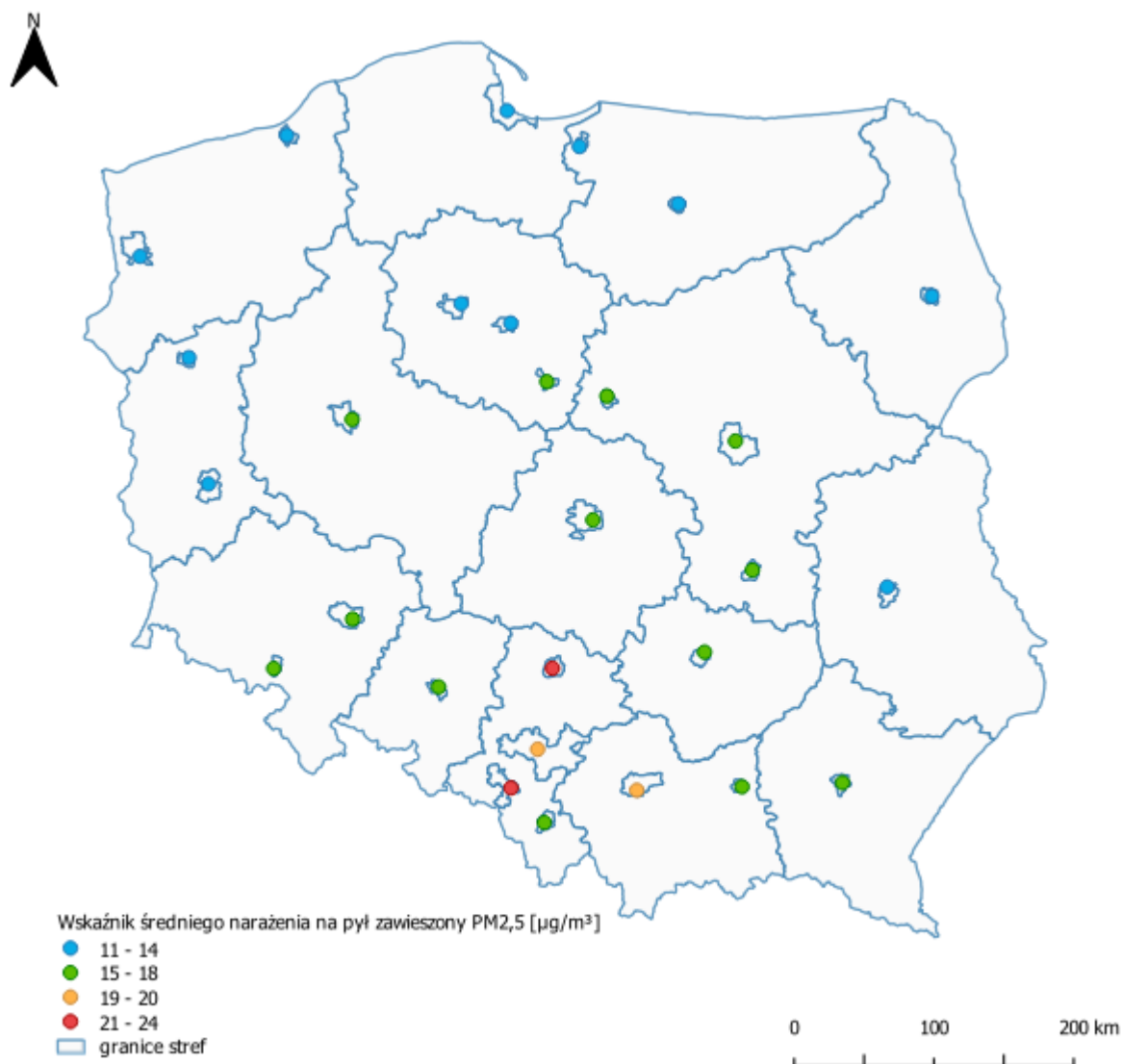
Tabela 4. Wartości wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla poszczególnych aglomeracji i miast o liczbie mieszkańców większej niż 100 tys. dla 2023 r. [źródło: GIOŚ]

Województwo	Strefa	Wartość wskaźnika średniego narażenia dla roku 2023 [µg/m ³]	Tendencja zmian wartości wskaźnika w porównaniu z rokiem 2022
dolnośląskie	aglomeracja wrocławska	16	brak zmian
	miasto Wałbrzych	16	brak zmian
kujawsko-pomorskie	aglomeracja bydgoska	13	brak zmian
	miasto Toruń	14	spadek o 1 µg/m ³
	miasto Włocławek	17	spadek o 1 µg/m ³
lubelskie	aglomeracja lubelska	14	spadek o 1 µg/m ³
lubuskie	miasto Gorzów Wlkp.	14	brak zmian
	miasto Zielona Góra	11	brak zmian
łódzkie	aglomeracja łódzka	16	spadek o 1 µg/m ³
małopolskie	aglomeracja krakowska	20	spadek o 1 µg/m ³
	miasto Tarnów	18	spadek o 1 µg/m ³
mazowieckie	aglomeracja warszawska	15	brak zmian
	miasto Płock	16	brak zmian
	miasto Radom	18	spadek o 1 µg/m ³
opolskie	miasto Opole	17	spadek o 1 µg/m ³
podkarpackie	miasto Rzeszów	15	spadek o 1 µg/m ³
podlaskie	aglomeracja białostocka	14	spadek o 1 µg/m ³
pomorskie	aglomeracja trójmiejska	12	brak zmian
śląskie	aglomeracja górnośląska	20	spadek o 1 µg/m ³
	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	22	spadek o 1 µg/m ³
	miasto Bielsko-Biała	18	spadek o 2 µg/m ³
	miasto Częstochowa	21	wzrost o 1 µg/m ³
świętokrzyskie	miasto Kielce	16	spadek o 1 µg/m ³
warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	13	spadek o 1 µg/m ³
	miasto Elbląg	14	brak zmian
wielkopolskie	aglomeracja poznańska	17	brak zmian
zachodniopomorskie	aglomeracja szczecińska	12	brak zmian
	miasto Koszalin	11	brak zmian

Najwyższe wartości wskaźników średniego narażenia w 2023 roku wystąpiły w południowej Polsce (Rysunek 3). W Częstochowie odnotowano wzrost wskaźnika średniego narażenia w roku 2023 względem roku 2022 i wskaźnik ten był wyższy od pułapu stężenia ekspozycji (20 µg/m³). W 15 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika w roku 2023 była

niższa od wartości z roku 2022 (spadek od 1 do 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). W 12 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika nie zmieniła się.

W 2023 roku, w 2 miastach i aglomeracjach wskaźnik średniego narażenia był wyższy od pułapu stężenia ekspozycji (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), w 2 równy tej wartości, natomiast w pozostałych 24 wartość wskaźnika była niższa od pułapu stężenia ekspozycji.

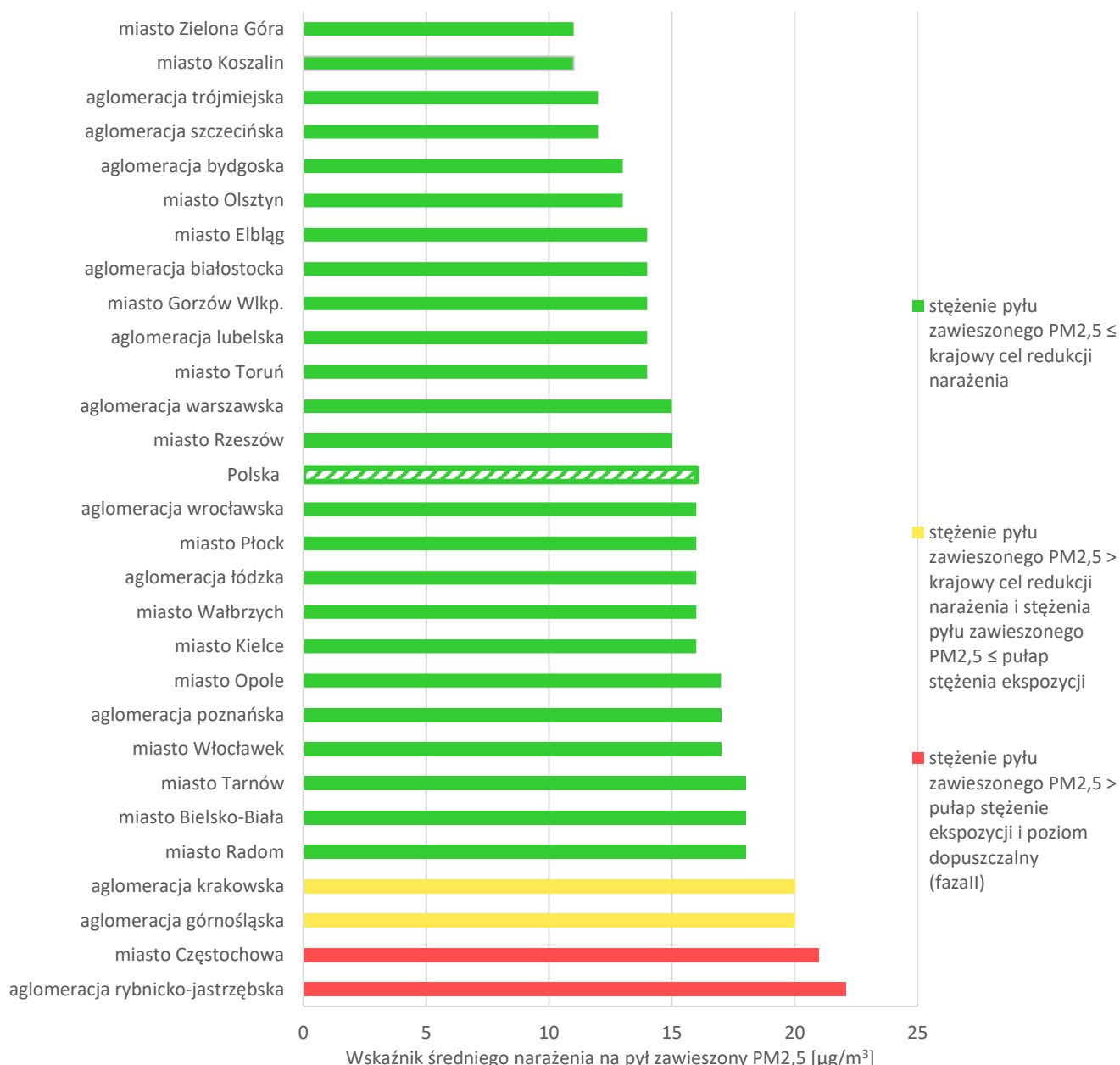


Rysunek 3. Wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla 2023 r. [źródło: GIOŚ]

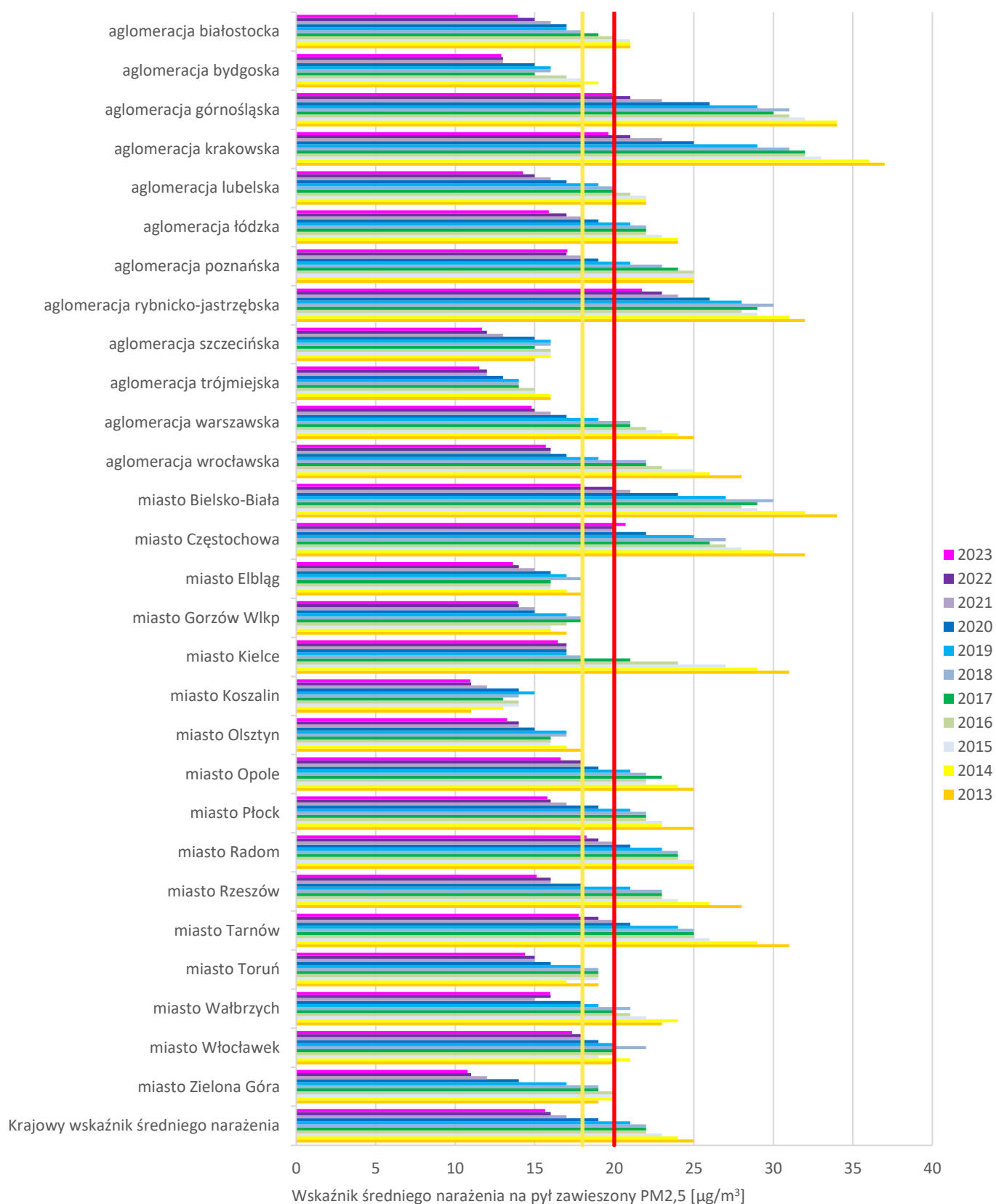
Najniższą wartość wskaźnika spośród obliczonych dla poszczególnych miast i aglomeracji uzyskano, podobnie jak w roku 2022, dla miast Zielona Góra i Koszalin - 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rysunek 4). Najwyższe wartości wskaźnika uzyskano dla aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej - 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i miasta Częstochowa 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na przestrzeni lat 2013-2023 (Rysunek 5) można zaobserwować, że w wielu miastach i aglomeracjach udało się uzyskać duże redukcje stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5}. Szczególnie widoczne jest to w Bielsku-Białej (redukcja wskaźnika średniego narażenia o 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, z 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2013 roku, do 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2023), w Tarnowie (redukcja wskaźnika średniego narażenia o 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, z 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2013 roku, do 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2023),

w Kielcach (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2013 roku, do $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2023), w aglomeracji wrocławskiej (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2013 roku, do $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2023), w Rzeszowie (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2013 roku, do $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2023), w aglomeracji warszawskiej (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2013 roku, do $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2023). W aglomeracji krakowskiej osiągnięto bardzo wysoki poziom redukcji wskaźnika średniego narażenia, z $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2013 roku, do $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2023, czyli o $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jednak krajowy cel redukcji narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nadal nie jest tam dotrzymany.



Rysunek 4. Wartości wskaźnika średniego narażenia dla poszczególnych miast i aglomeracji oraz krajowy wskaźnik średniego narażenia [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] dla 2023 r. (uszeregowane według wartości wskaźnika) [źródło: GIOŚ]



Rysunek 5. Wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla lat 2013-2023 w odniesieniu do: (a) krajowego celu redukcji narażenia – cel na 2020 r. dla obszarów tła miejskiego dużych miast i aglomeracji (linia żółta); (b) pułapu stężenia ekspozycji i poziomu dopuszczalnego od 2020 r. – cel na 2015 r. dla obszarów tła miejskiego dużych miast i aglomeracji oraz poziom dopuszczalny od 2020 r. – cel dla obszaru całego kraju (linia czerwona) [źródło: GIOŚ]

Pomimo podejmowanych działań naprawczych, sprzyjających rozpraszaniu zanieczyszczeń warunków meteorologicznych i wyraźnego spadku wartości wskaźników średniego narażenia, w aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} wciąż przekraczają pułap stężenia ekspozycji, redukcja wskaźnika średniego narażenia wyniosła 10 µg/m³, z 32 µg/m³ w 2013 roku, do 22 µg/m³ w 2023 roku. W mieście Częstochowa, mimo, że redukcja wskaźnika średniego narażenia wyniosła 11 µg/m³, z 32 µg/m³ w 2013 roku, do 21 µg/m³ w 2023 roku, stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} również przekraczają pułap stężenia ekspozycji. Jednocześnie w rocznej ocenie jakości powietrza za 2023 rok zarówno w aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej jak i w mieście Częstochowa nie został przekroczony poziom dopuszczalny⁴ pyłu zawieszonego PM_{2,5} (faza II - 20 µg/m³).

Istotne jest porównanie wskaźników średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} obliczonych dla stanowisk tła regionalnego, w których prowadzone są pomiary pyłu zawieszonego PM_{2,5}: Puszcza Borecka (województwo warmińsko-mazurskie); Osieczów (województwo dolnośląskie); Złoty Potok (województwo śląskie); Zielonka (województwo kujawsko-pomorskie) ze wskaźnikami średniego narażenia dla dużych miast i aglomeracji położonych w odległości do 150 km od ww. stacji tła regionalnego, z których dane wykorzystano do obliczeń (Rysunek 6). Z porównania wyłączono miasta, dla których wybrane stacje tła regionalnego nie były reprezentatywne np. stacje znajdujące się nad morzem (Koszalin, aglomeracja trójmiejska).

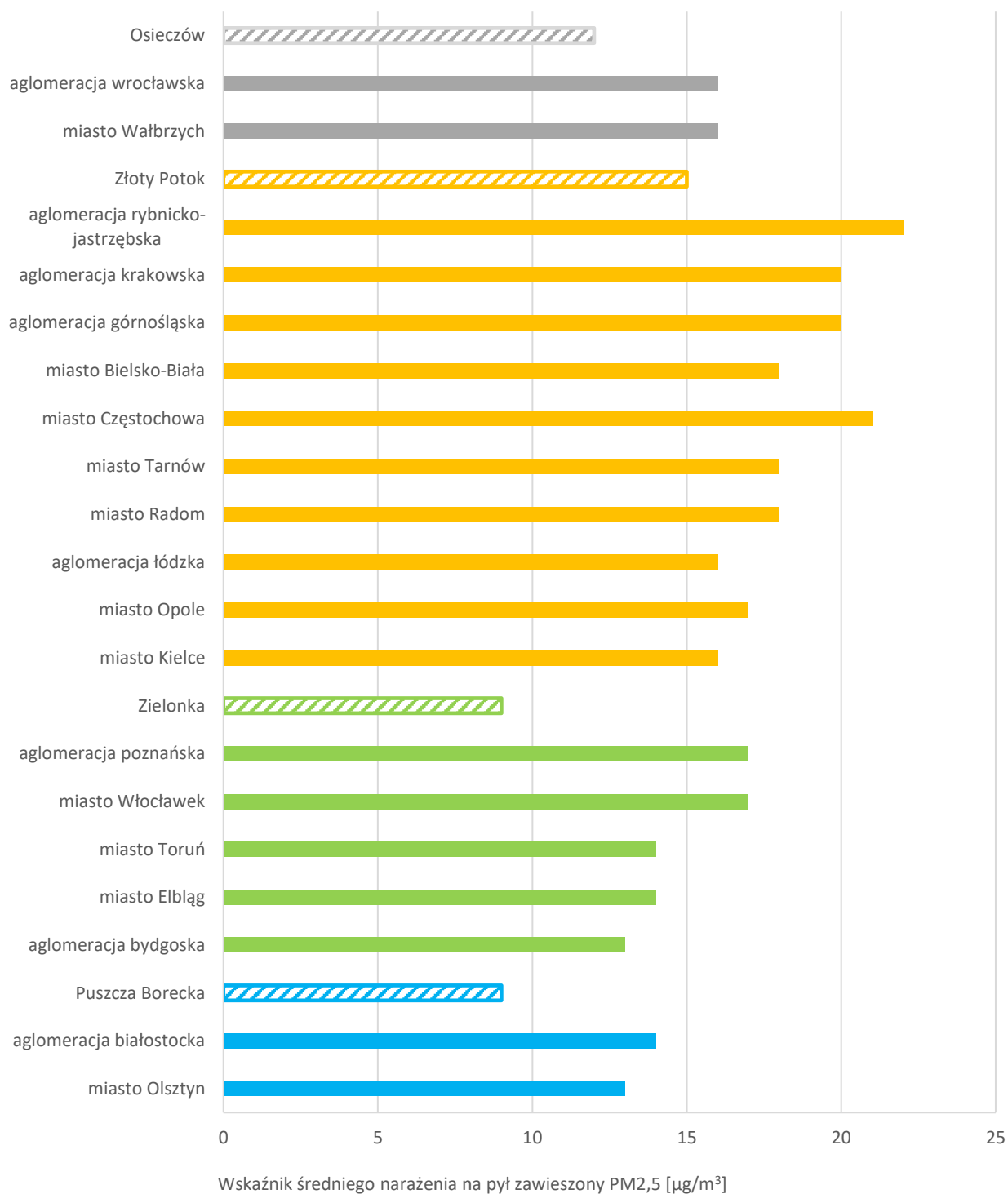
Wartości wskaźnika średniego narażenia obliczone dla roku 2023 dla stacji w: Osieczowie, Zielonce, Złotym Potoku, Diabłej Górze są niższe od pułapu stężenia ekspozycji i krajowego celu redukcji narażenia. Stacje w Osieczowie i w Złotym Potoku są reprezentatywne dla obszarów pozamiejskich południowej i południowo-zachodniej Polski. Wskaźnik średniego narażenia dla tych stacji wyniósł odpowiednio: w Osieczowie 12 µg/m³, w Złotym Potoku 15 µg/m³.

W Polsce północnej stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} są znacznie niższe. Wskaźnik dla roku 2023 zarówno dla stacji Zielonka jak i Puszcza Borecka wyniósł 9 µg/m³. Relatywnie niskie stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} na obszarach pozamiejskich północnej Polski ułatwiają dotrzymanie krajowego celu redukcji narażenia w miastach i aglomeracjach tam położonych.

Z porównania obliczonych wskaźników średniego narażenia wynika, iż miasta i aglomeracje z województw: śląskiego i małopolskiego mają jeszcze potencjał do redukcji stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} w powietrzu. Jednak bez szeroko zakrojonych działań na rzecz redukcji emisji, prowadzonych nie tylko w dużych miastach, ale i na obszarach podmiejskich, mniejszych miast i pozamiejskich, nakierowanych przede wszystkim na redukcję emisji ze źródeł komunalnych, nie uda się dotrzymać krajowego celu redukcji narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} - 18 µg/m³.

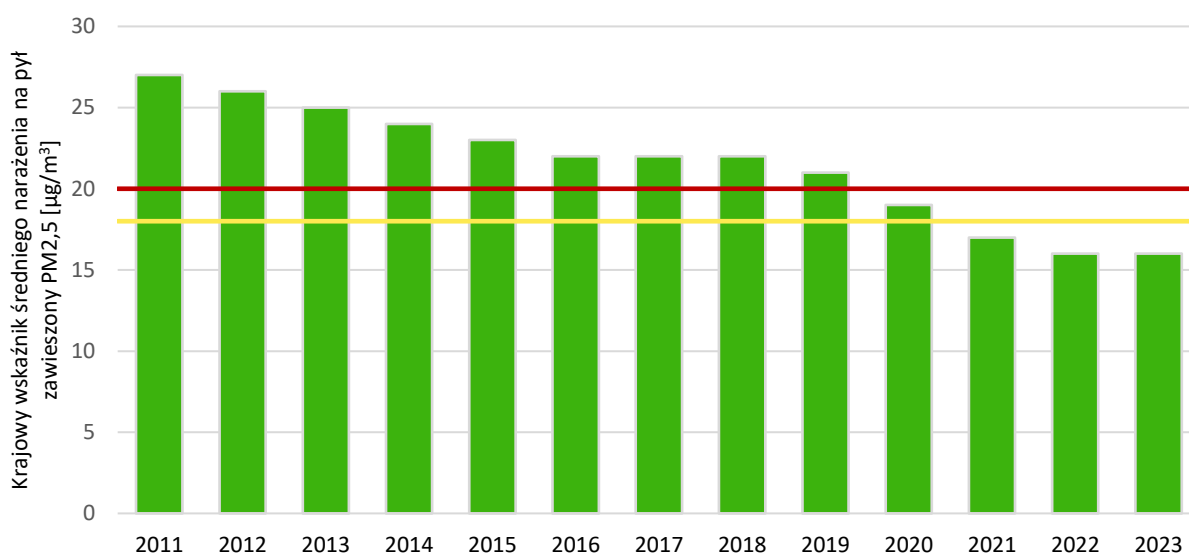
W roku 2023, w porównaniu z rokiem 2022, wskaźniki średniego narażenia obliczone dla stacji tła regionalnego Zielonka, Złoty Potok, Osieczów i Puszcza Borecka pozostały bez zmian.

⁴ Zgodnie z zapisami rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2012 poz.1031) od 2020 r. obowiązuje niższy poziom dopuszczalny dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} wynoszący 20 µg/m³ (II faza).



Rysunek 6. Porównanie wskaźników średniego narażenia dla wybranych dużych miast i aglomeracji ze wskaźnikami średniego narażenia obliczonymi dla wybranych obszarów pozamiejskich spełniających kryteria tła regionalnego dla roku 2023 [źródło: GIOŚ]

Wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia obliczone dla poszczególnych lat 2011-2023⁵ wykazywały do roku 2016 trwały trend spadkowy, jednak od roku 2016 wskaźnik ten ustabilizował się na poziomie 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i taka sytuacja utrzymywała się do roku 2018. Rok 2019 był pierwszym rokiem po trzyletniej stagnacji, w którym zanotowano spadek krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} do wartości 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rysunek 7). W latach 2020-2022 nastąpił bardzo wyraźny spadek wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} do wartości wynoszącej 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Rok 2022 to rok, w którym wartość wskaźnika średniego narażenia była najniższa od roku 2010, czyli od momentu rozpoczęcia badań tego wskaźnika, i jednocześnie był to drugi rok z rzędu, w którym na poziomie krajowym osiągnięty został zarówno pułap stężenia ekspozycji (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), jak i krajowy cel redukcji narażenia (18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). W roku 2023 wskaźnik utrzymał się na poziomie z roku 2022 - 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 7. Krajowe wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} w latach 2011-2023 w odniesieniu do: (a) krajowego celu redukcji narażenia (linia żółta); (b) pułapu stężenia ekspozycji (linia czerwona) [źródło: GIOŚ]

6. Czynniki mające wpływ na stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5}

Na stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} w powietrzu atmosferycznym mają wpływ zarówno emisje pyłu ze źródeł antropogenicznych i naturalnych (pył pierwotny), jak i procesy zachodzące w atmosferze pomiędzy zanieczyszczeniami gazowymi znajdującymi się w powietrzu, parą wodną i pyłem pierwotnym, prowadzące do powstawania pyłu wtórnego. Zanieczyszczeniami gazowymi przyczyniającymi się do tworzenia pyłu wtórnego są przede wszystkim: tlenki siarki, tlenki azotu, lotne związki organiczne i amoniak. Pył zawieszony PM_{2,5} i jego prekursorzy mogą być transportowane na dalekie odległości i tym samym emisje z odległych emitorów (oprócz emisji lokalnych) mogą mieć istotny wpływ

⁵ Zgodnie z wcześniejszym rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie sposobu obliczania wskaźników średniego narażenia oraz sposobu oceny dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji, wskaźniki dla 2011 r. obliczano na podstawie wyników pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} z dwóch lat (2010 i 2011), a wskaźniki dla 2010 r. obliczano na podstawie wyników pomiarów z jednego roku (2010 r.). Dla pozostałych lat wskaźniki obliczano na podstawie wyników pomiarów z trzech lat.

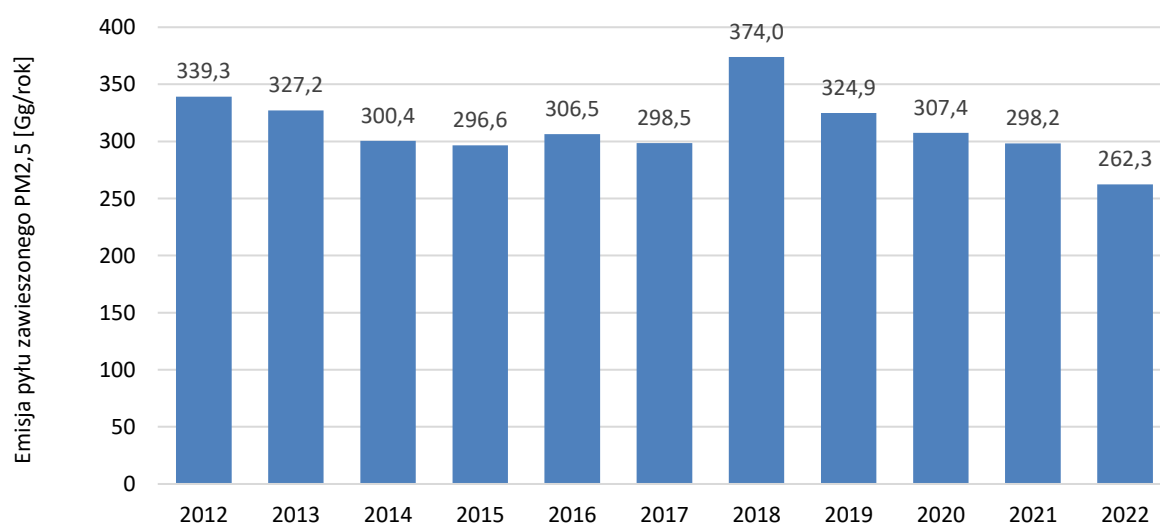
na poziom stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} w powietrzu w rejonach oddalonych od źródeł emisji.

Pył zawieszony PM_{2,5} znajdujący się w powietrzu w Polsce pochodzi przede wszystkim ze źródeł antropogenicznych. Udział pyłu ze źródeł naturalnych (wybuchy wulkanów, aerozol morski, pożary lasów i torfowisk niezwiązane z działalnością człowieka, unos pyłu z obszarów pustynnych i stepowych itp.) jest zwykle niewielki.

Stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} wykazują silną zmienność sezonową. Najwyższe stężenia notowane są w sezonie chłodnym, kiedy emisja pyłu PM_{2,5} z procesów spalania paliw poza przemysłem (głównie związana z ogrzewaniem budynków) jest znacząco wyższa niż w sezonie ciepłym. Dodatkowo, w sezonie chłodnym częściej niż latem występują warunki meteorologiczne niesprzyjające intensywnej dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu. W rezultacie stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} w sezonie chłodnym są znacząco wyższe niż latem. Jednocześnie emisja części prekursorów pyłu zawieszonego do powietrza jest większa w okresie zimowym, ponieważ pochodzi głównie z procesów spalania paliw (dotyczy to tlenków siarki i tlenków azotu). W mniejszym stopniu do emisji prekursorów pyłu przyczynia się transport drogowy (tlenki azotu), rolnictwo (amoniak) oraz sektory związane ze stosowaniem rozpuszczalników i innych produktów (lotne związki organiczne).

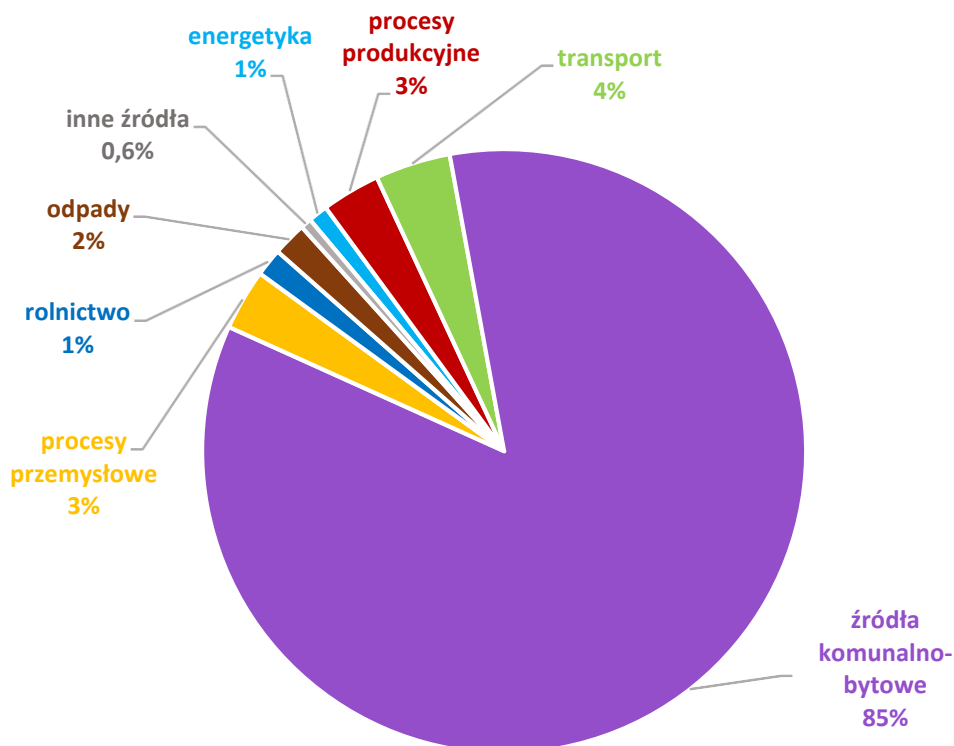
Podobnie jak w latach poprzednich, również w najnowszym opracowaniu pt.: „Krajowy bilans emisji zanieczyszczeń 2024 – Raport syntetyczny” wykonanym przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) w 2024 roku, zastosowano nowe wskaźniki emisji pyłów ze stacjonarnych źródeł spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym. Wskaźniki te uwzględniają zarówno frakcję filtrowaną, jak i kondensującą pyłów. Uwzględnianie frakcji kondensującej pyłów w rocznej inwentaryzacji emisji jest związane z rekomendacjami Unii Europejskiej.

Do głównych źródeł emisji pyłu PM_{2,5} zalicza się spalanie paliw, głównie węgla kamiennego i biomasy w gospodarstwach domowych. Emisja pyłu PM_{2,5} w latach 2012-2022 mieściła się w granicach od około 260 Gg do 370 Gg (Rysunek 8). Największa emisja pyłu PM_{2,5} w analizowanym okresie wystąpiła w 2018 roku, a jej wartość wyniosła 374,0 Gg. Od 2019 roku obserwowany jest sukcesywny spadek emisji pyłu PM_{2,5}. W 2022 roku emisja pyłu PM_{2,5} wyniosła 262,3 Gg i była o prawie 30% niższa w porównaniu do 2018 roku.



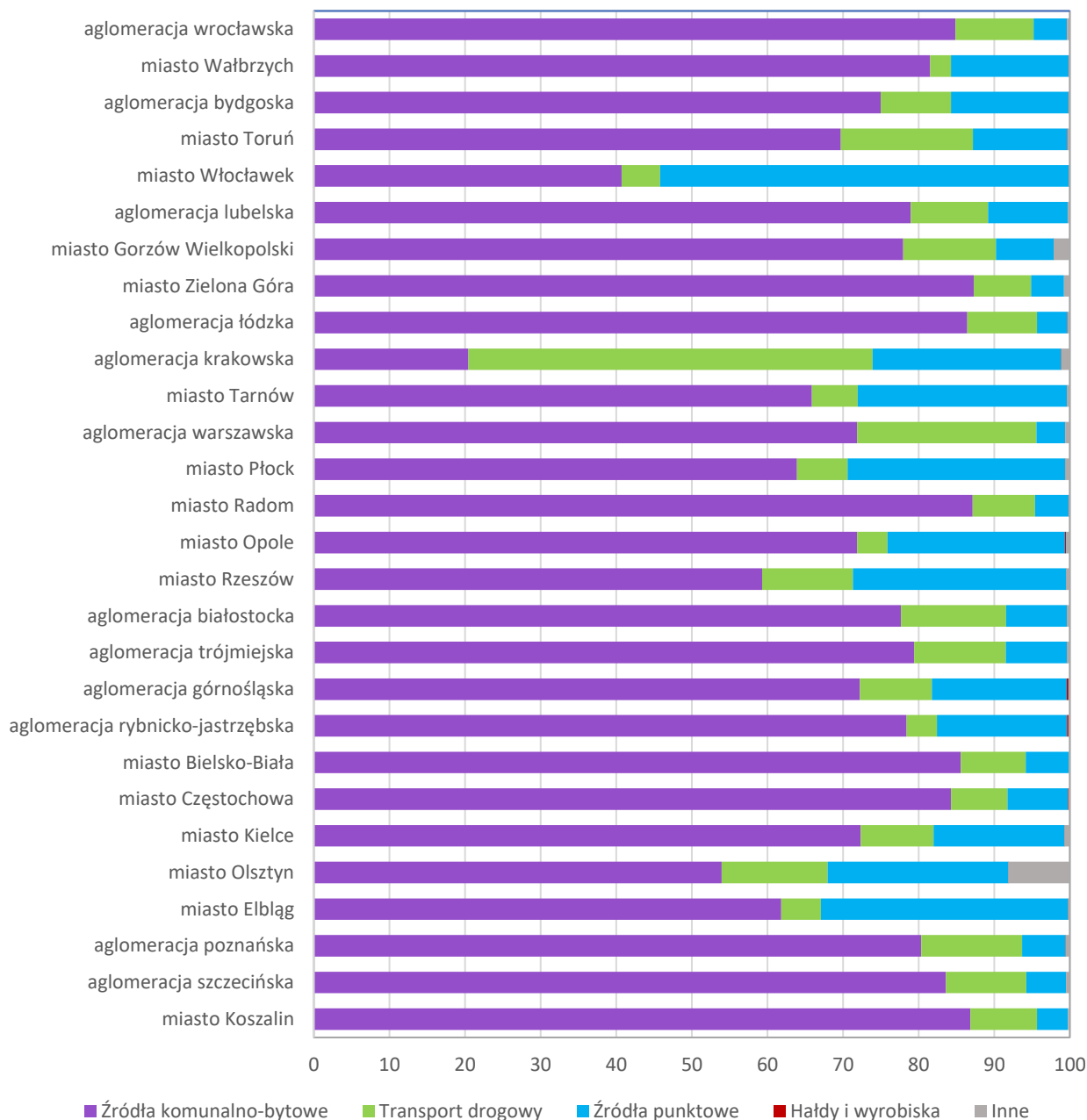
Rysunek 8. Emisja pyłu PM_{2,5} dla Polski w latach 2012-2022 [źródło: KOBiZE, 2024]

Jak wcześniej wspomniano, w emisji pyłu PM_{2,5} największy udział mają procesy spalania paliw stałych poza przemysłem, głównie w sektorze komunalno-bytowym. Sektor ten jest odpowiedzialny za 85% całkowitego udziału w emisji pyłu PM_{2,5} (Rysunek 9). Do innych istotnych źródeł emisji antropogenicznej pyłu PM_{2,5} należą również: transport (4%), procesy przemysłowe (3%) i procesy produkcyjne (3%). Emisja pochodząca z energetyki czy rolnictwa stanowi jedynie 1% udziału w całkowitej emisji pyłu PM_{2,5}.



Rysunek 9. Udział poszczególnych sektorów w emisji pyłu PM_{2,5} w Polsce w 2022 r. [źródło: KOBIZE, 2024]

Największy udział w emisji całkowitej pyłu PM_{2,5} w poszczególnych miastach i aglomeracjach mają źródła komunalno-bytowe (Rysunek 10). Wyjątek stanowi aglomeracja krakowska oraz miasto Włocławek. Na obszarze aglomeracji krakowskiej zrealizowane zostały działania naprawcze, które spowodowały istotne ograniczenia w emisji pyłu PM_{2,5} ze źródeł komunalno-bytowych. W 2022 roku emisja pyłu PM_{2,5} w aglomeracji krakowskiej z tego sektora stanowiła około 21% i był to najmniejszy udział źródeł komunalno-bytowych w skali całego kraju. Największy udział w całkowitej emisji pyłu PM_{2,5} w aglomeracji krakowskiej ma transport drogowy (ponad 53%). Z kolei w mieście Włocławek, na obszarze którego funkcjonują duże zakłady przemysłu chemicznego, dominuje emisja ze źródeł punktowych - jej udział w całkowitej emisji pyłu PM_{2,5} wynosi ponad 54%.



Rysunek 10. Udział poszczególnych sektorów [%] w emisji całkowitej pyłu PM_{2,5} w miastach i aglomeracjach w 2022 r., dla których obliczany był wskaźnik średniego narażenia dla 2023 r. [źródło: Centralna Baza Emisji, KOBIZE, 2024]

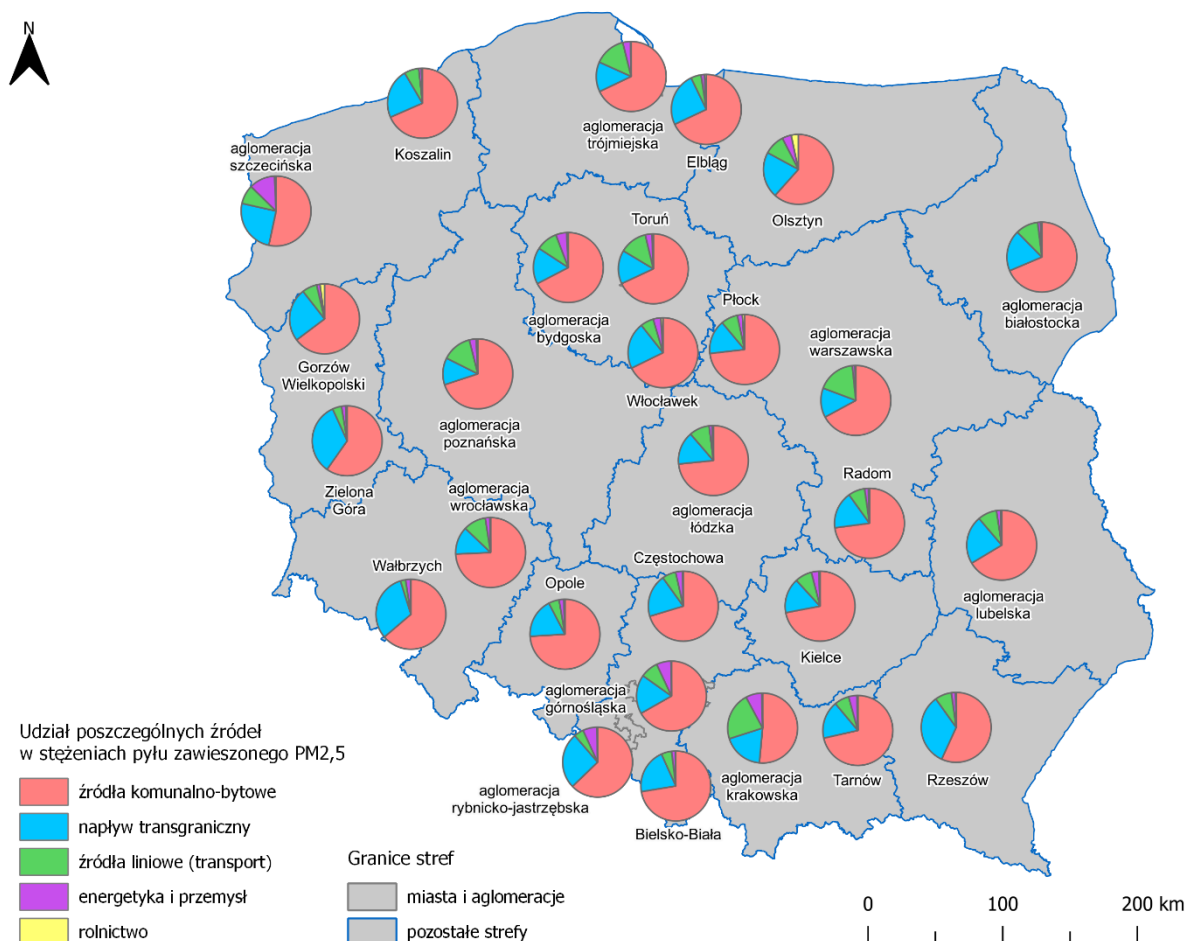
Największy udział w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} mają źródła emisji komunalno-bytowej (Rysunek 11). W 2023 roku udział źródeł z tego sektora mieścił się w zakresie od 52% do 74%, a największy wystąpił w aglomeracji wrocławskiej i w mieście Opole (74%) oraz w aglomeracji łódzkiej, w mieście Płock i w mieście Radom (73%).

Istotny udział w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} ma również napływ transgraniczny, który w 2023 roku zawierał się w granicach od 12% (aglomeracja poznańska) do 33% (miasto Zielona Góra i miasto Rzeszów).

Największy wpływ źródeł liniowych tj. transportu drogowego, na stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} zauważalny jest w miastach i aglomeracjach, w których występuje

wzmożony ruch pojazdów. W 2023 roku największy udział źródeł z tego sektora wystąpił w: aglomeracji krakowskiej (22%), w aglomeracji warszawskiej (18%), w aglomeracji trójmiejskiej i aglomeracji poznańskiej (14%).

W 2023 r. udział źródeł z pozostałych sektorów (energetyka i przemysł, rolnictwo) w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} w skali całego kraju był stosunkowo niewielki. W odniesieniu do energetyki i przemysłu udział ten zawierał się w zakresie od 1% do 12%, a największy wystąpił w aglomeracji szczecińskiej (12%) oraz w aglomeracji krakowskiej i w aglomeracji górnośląskiej (7%). W przypadku rolnictwa udział źródeł w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} w przeważającej części miast i aglomeracji był niższy lub równy 1%, wyższy udział źródeł z tego sektora wystąpił jedynie w mieście Olsztyn – 3% i w mieście Gorzów Wielkopolski – 2%.



Rysunek 11. Udział poszczególnych źródeł w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} w poszczególnych miastach i aglomeracjach w 2023 r. [źródło: IOŚ-PIB, 2024]

Jedną z grup czynników warunkujących stężenie zanieczyszczeń w powietrzu, obok wielkości emisji rozpatrywanych substancji lub ich prekursorów oraz warunków topograficznych wpływających na możliwości przewietrzania, są warunki meteorologiczne. Wpływają one na procesy fizykochemiczne zachodzące w atmosferze, a także oddziałują na wielkość emisji wybranych zanieczyszczeń.

Temperatura powietrza warunkuje aktywność źródeł grzewczych w okresie jesienno-zimowym, przez co wpływa też na ilość zanieczyszczeń emitowanych z sektora komunalno-bytowego.

W 2023 roku średnia obszarowa temperatura powietrza w Polsce wyniosła 10°C i była wyższa o 1,3°C od średniej rocznej wieloletniej. Według kwantylowej klasyfikacji warunków termicznych uznaje się 2023 rok za ekstremalnie ciepły termicznie w każdym regionie Polski, poza pasem pobrzeży, gdzie był to rok anomalnie ciepły. Najcieplejszym regionem było Podkarpacie, gdzie średnia obszarowa temperatura powietrza wyniosła 10,5°C i była wyższa od normy dla tego obszaru o 1,5°C. Najchłodniejszym regionem były Pobrzeża – tam średnia roczna temperatura wyniosła 9,8°C (0,8°C powyżej normy). Najniższe wartości średniej rocznej temperatury wystąpiły w Suwałkach – temperatura wynosiła tam 8,7°C i była 1,5°C powyżej normy wieloletniej. Średnia roczna temperatura na stacjach wysokogórskich – Kasprowy Wierch 1,0°C (0,9°C powyżej normy), na Śnieżce wynosiła 2,0°C (0,6°C powyżej normy). Najcieplej było w północno-zachodniej i południowo-zachodniej części kraju. Najwyższe wartości średniej rocznej temperatury powietrza odnotowano we Wrocławiu (11,3°C), w Legnicy i na stacji synoptycznej w województwie zachodniopomorskim - Resko-Smółsko (po 11,1°C).

Średnia suma opadu atmosferycznego w Polsce w 2023 roku wynosiła 656,2 mm, co stanowiło 107,3% normy określonej na podstawie pomiarów w latach 1991-2020. Rok 2023 należy zaliczyć do lat przeciętnych. Roczne sumy opadów w 2023 roku wahały się od nieco powyżej 330 mm do ponad 1900 mm. Najwyższe sumy opadów odnotowano w Tatrach i na Śnieżce, najniższe w centralnej Polsce i na Mazowszu. Opady atmosferyczne zawierały się w przedziale 80-130% normy wieloletniej (1991-2020). Zmienność skumulowanej sumy opadów atmosferycznych na obszarze kraju pokazuje, że do końca kwietnia notowany był jej systematyczny wzrost, z wyłączeniem suchego okresu w pierwszej połowie lutego. Utrzymywała się ona powyżej normy wieloletniej. Późną wiosną i latem sumy opadów utrzymywały się poniżej normy wieloletniej. Druga dekada sierpnia charakteryzowała się stosunkowo niewielkimi sumami opadu, jednakże znaczne dobowe sumy opadu w ostatnim tygodniu sierpnia spowodowały, że skumulowane sumy opadów na koniec miesiąca zrównały się ze średnią wieloletnią. Wrzesień był miesiącem ekstremalnie suchym, natomiast październik – skrajnie wilgotnym. W listopadzie po ponad pięciu miesiącach (od początku czerwca 2023 roku) skumulowana suma opadu przekroczyła wartości średnie wieloletnie – miesiąc ekstremalnie wilgotny. Grudzień pod względem warunków opadowych został zaklasyfikowany do miesięcy skrajnie wilgotnych.

Występujące warunki meteorologiczne przyczyniły się do obniżenia stężenia zanieczyszczeń powietrza, w tym stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5}.

Poprawę jakości powietrza w odniesieniu do pyłu zawieszonego PM_{2,5}, szczególnie w miastach i aglomeracjach, w których nie osiągnięto pułapu stężenia ekspozycji (20 µg/m³), tj. w aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej i mieście Częstochowa, można uzyskać poprzez znaczące ograniczenie emisji przede wszystkim ze źródeł komunalno-bytowych. Jednocześnie, nie pomijając redukcji emisji z innych kategorii źródeł, w tym ze źródeł punktowych (spalanie paliw stałych w przemyśle i procesach produkcyjnych), pozostających również znaczącymi emitentami prekursorów pyłu (tlenków azotu i tlenków siarki) i mających istotny wpływ na stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} na poziomie tła regionalnego, istotny wpływ na jakość powietrza w miastach i aglomeracjach może mieć ich położenie topograficzne oraz emisje z miejscowości ościennych, przykładem jest tu aglomeracja krakowska.

7. Wnioski końcowe

Wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla 2023 roku utrzymała się na poziomie wartości wskaźnika dla 2022 roku i wyniosła **16 µg/m³**. Rok 2023 jest trzecim rokiem z rzędu, w którym krajowy wskaźnik średniego narażenia nie przekroczył krajowego celu redukcji narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} (18 µg/m³) i czwartym kolejnym rokiem, w którym wskaźnik ten nie przekroczył pułapu stężenia ekspozycji (20 µg/m³), będącego w tym względzie standardem jakości powietrza, który należy dotrzymywać od roku 2015.

Najwyższe wartości wskaźników średniego narażenia w 2023 roku wystąpiły w południowej Polsce, a najniższe w zachodnich, wschodnich i północnych regionach Polski. W 2023 roku, w 15 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika była niższa od wartości z roku 2022 (spadek od 1 do 2 µg/m³). W 12 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika się nie zmieniła. W mieście Częstochowa odnotowano wzrost wskaźnika średniego narażenia w roku 2023 względem roku 2022, wskaźnik ten był jednocześnie wyższy od pułapu stężenia ekspozycji (20 µg/m³).

Najniższą wartość wskaźnika, spośród obliczonych dla poszczególnych miast i aglomeracji, uzyskano dla miast Zielona Góra i Koszalin – 11 µg/m³. Najwyższe wartości wskaźnika uzyskano dla aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej – 22 µg/m³ i miasta Częstochowa – 21 µg/m³.

W emisji pyłu PM_{2,5} największy udział mają procesy spalania paliw stałych poza przemysłem, głównie w sektorze komunalno-bytowym. Sektor ten jest odpowiedzialny za 85% emisji pyłu PM_{2,5} w Polsce. W większości miast i aglomeracji, dla których obliczany jest wskaźnik średniego narażenia, sektor ten ma jednocześnie największy udział w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5}. Do innych istotnych źródeł emisji antropogenicznej pyłu PM_{2,5} należą: transport (4%), procesy przemysłowe (3%) i procesy produkcyjne (3%).

W celu dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji i krajowego celu redukcji narażenia we wszystkich miastach i aglomeracjach w Polsce konieczne są dalsze redukcje emisji pyłu PM_{2,5}, głównie z sektora komunalno-bytowego, w województwach: śląskim i małopolskim.

Podsumowując informacje zawarte w opracowaniu, należy podkreślić, iż wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} ze względu na to, że są liczone jako średnie wieloletnie (trzyletnie), są parametrami statystycznymi mniej wrażliwymi na krótkotrwałe, bardzo wysokie lub bardzo niskie stężenia zanieczyszczeń pyłowych, a tym samym lepiej nadają się do oceny trendów i efektywności działań na rzecz poprawy jakości powietrza niż średnie roczne czy średnie dobowe stężenia pyłu.

8. Akty prawne i dane źródłowe wykorzystane w opracowaniu

1. Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 14 listopada 2022 r. w sprawie sposobu obliczania wskaźników średniego narażenia oraz sposobu oceny dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji (Dz. U. z 2022 r. poz. 2430).
2. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2021 poz. 845).

3. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 sierpnia 2012 r. w sprawie krajowego celu redukcji narażenia (Dz. U. 2012 poz. 1030).
4. Wytyczne Komisji Europejskiej do decyzji 2011/850/UE, European Commission, DG ENV, 2013.
5. KOBIZE-IOŚ-PIB, 2024. „Krajowy bilans emisji zanieczyszczeń 2023 – Raport syntetyczny”.
6. Baza danych GIOŚ (JPOAT2,0).
7. Raporty wojewódzkie z rocznej oceny jakości powietrza za rok 2023 (<https://powietrze.gios.gov.pl/pjp/content/show/1005004>).
8. <https://klimat.imgw.pl/>.