



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 2022 ROKU

Krzysztof Gołębiewski

Główny Inspektor
Ochrony Środowiska
/ – podpisany cyfrowo/

Warszawa, czerwiec 2023 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 pracy	26

1. Wprowadzenie

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} zostały określone dodatkowe normy (Tabela 1): pułap stężenia ekspozycji i krajowy cel redukcji narażenia. Normy te odnoszą się do obszarów tła miejskiego, czyli miast powyżej 100 tys. mieszkańców i w aglomeracji. 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. 2012 poz. 845¹), a 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).

Definicje ww. norm są zawarte w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (t.j. Dz. U. z 2022 r. poz. 2556, z późn. zm.) 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};
- **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}.

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	20¹⁾	2015
	trzy lata kalendarzowe ²⁾	krajowy cel redukcji narażenia	18¹⁾	2020

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

²⁾ Od 2012 r. 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.

¹ Dz. U. 2021 r. poz.845 Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu.

2. Sposób obliczenia wskaźnika średniego narażenia

Podstawę obliczeń wskaźnika średniego narażenia dla roku 2022 stanowiły stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} uzyskane z pomiarów prowadzonych w latach 2020, 2021 i 2022, w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Zgodnie z nowym 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 tysięcy².

Listę miast i aglomeracji, dla których obliczono dla roku 2022 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 2022 [źródło: GIOŚ]

Województwo	Strefa	Kod stacji
dolnośląskie	aglomeracja wrocławska	DsWrocNaGrob
	miasto Wałbrzych	DsWalbrzWyso
kujawsko-pomorskie	aglomeracja bydgoska	KpBydFieldor ¹⁾
	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
	miasto Tarnów	MpTarBitStud
mazowieckie	aglomeracja warszawska	MzWarKondrat MzWarTolstoj ²⁾
	aglomeracja warszawska	MzWarWokalna
	miasto Płock	MzPlocKroJad
	miasto Radom	MzRadHallera
opolskie	miasto Opole	OpOpoleOsAKr ³⁾
podkarpackie	miasto Rzeszów	PkRzeszRejta
podlaskie	aglomeracja białostocka	PdBialWarsza
pomorskie	aglomeracja trójmiejska	PmGdaPowWiel
śląskie	aglomeracja górnośląska	SlGliwicMewy

² 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 ⁴⁾
	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	SlZorySikor2
	miasto Bielsko-Biała	SlBielSterni
	miasto Częstochowa	SlCzestoZana
świętokrzyskie	miasto Kielce	SkKielWarsza
warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	WmOlsPuszkIn
	miasto Elbląg	WmElbBazynsk
wielkopolskie	aglomeracja poznańska	WpPoznDabrow
zachodniopomorskie	aglomeracja szczecińska	ZpSzczAndrze
	miasto Koszalin	ZpKoszSpasow

¹⁾ KpBydFieldor od 01.01.2022 nastąpiła zmiana kodu stacji

²⁾ W roku 2020 pomiary były wykonywane na stacji o kodzie MzWarKondrat, w latach 2021 i 2022 pomiary były wykonywane na stacji o kodzie MzWarTolstoj. Zmiana spowodowana pracami budowlanymi (rozbudowa szpitala) prowadzonymi w okolicy stacji o kodzie MzWarKondrat.

³⁾ W związku z koniecznością 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 m. Opole). Serie pomiarowe pyłu zawieszonego PM_{2,5} za rok 2021 i 2022 były łączone i zostały przypisane do stacji o kodzie OpOpoleOsAKr.

⁴⁾ Ze względu na niską kompletność serii pomiarów manualnych pyłu zawieszonego PM_{2,5} na tej stacji w roku 2022, do obliczeń wykorzystano prowadzoną równolegle serię pomiarów automatycznych dla pyłu zawieszonego PM_{2,5}.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie sposobu obliczania wskaźników średniego narażenia oraz sposobu oceny dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji, wskaźnik średniego narażenia WM_{2022} dla miasta i aglomeracji obliczono zgodnie ze wzorem:

$$WM_{2022} = \frac{1}{3} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{n_{2020}} Sa_{i2020}}{n_{2020}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_{2021}} Sa_{i2021}}{n_{2021}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_{2022}} Sa_{i2022}}{n_{2022}} \right\}$$

gdzie:

- WM_{2022} – wskaźnik średniego narażenia dla miasta o liczbie mieszkańców większej od 100 tysięcy i aglomeracji, dla roku 2022;
- $Sa_{i2020}, Sa_{i2021}, Sa_{i2022}$ – średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} na i-tym stanowisku pomiarowym, odpowiednio w latach 2020, 2021 i 2022;
- $n_{2020}, n_{2021}, n_{2022}$ – 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 2020, 2021 i 2022.

Krajowy wskaźnik średniego narażenia WK_{2022} dla roku 2022 obliczono zgodnie ze wzorem:

$$WK_{2022} = \frac{1}{3} \left(\frac{\sum_{i=1}^{p_{2020}} Sa_{i2020}}{p_{2020}} + \frac{\sum_{i=1}^{p_{2021}} Sa_{i2021}}{p_{2021}} + \frac{\sum_{i=1}^{p_{2022}} Sa_{i2022}}{p_{2022}} \right)$$

gdzie:

- WK_{2022} – krajowy wskaźnik średniego narażenia dla roku 2022;
- $Sa_{i2020}, Sa_{i2021}, Sa_{i2022}$ – średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} na *i*-tym stanowisku pomiarowym, odpowiednio w latach 2020, 2021 i 2022;
- $p_{2020}, p_{2021}, p_{2022}$ – liczba stanowisk pomiarowych, z których wyniki pomiarów uwzględniono w obliczeniu krajowego wskaźnika średniego narażenia, odpowiednio w latach 2020, 2021 i 2022.

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 tys. 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 tys. 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 Legnica³ straciła status miasta o liczbie mieszkańców powyżej 100 tys. 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 100 tys. mieszkańców⁴. Sytuacja taka utrzymała się również w roku 2022, 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 2022 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 roku 2022 [źródło: GIOŚ]

Pomiary pyłu zawieszonego PM_{2,5} służące do obliczania wskaźników średniego narażenia - zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. o zmianie ustawy o Inspekcji Ochrony Środowiska oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. 2018 poz. 1479) - wykonuje Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Pomiary prowadzone są metodą manualną, za pomocą poborników niskoprzepływowch (LVS). Metoda ta jest zgodna z normą PN-EN 12341:2014-07 „Powietrze atmosferyczne - Standardowa grawimetryczna metoda pomiarowa do określania

³ wg GUS na koniec 2019 r. liczba mieszkańców Legnicy wynosiła 99 350.

⁴ wg GUS na koniec 2020 r. liczba mieszkańców Kalisza wynosiła 99 106.

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 obliczeń wykorzystano prowadzoną równoległe 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.

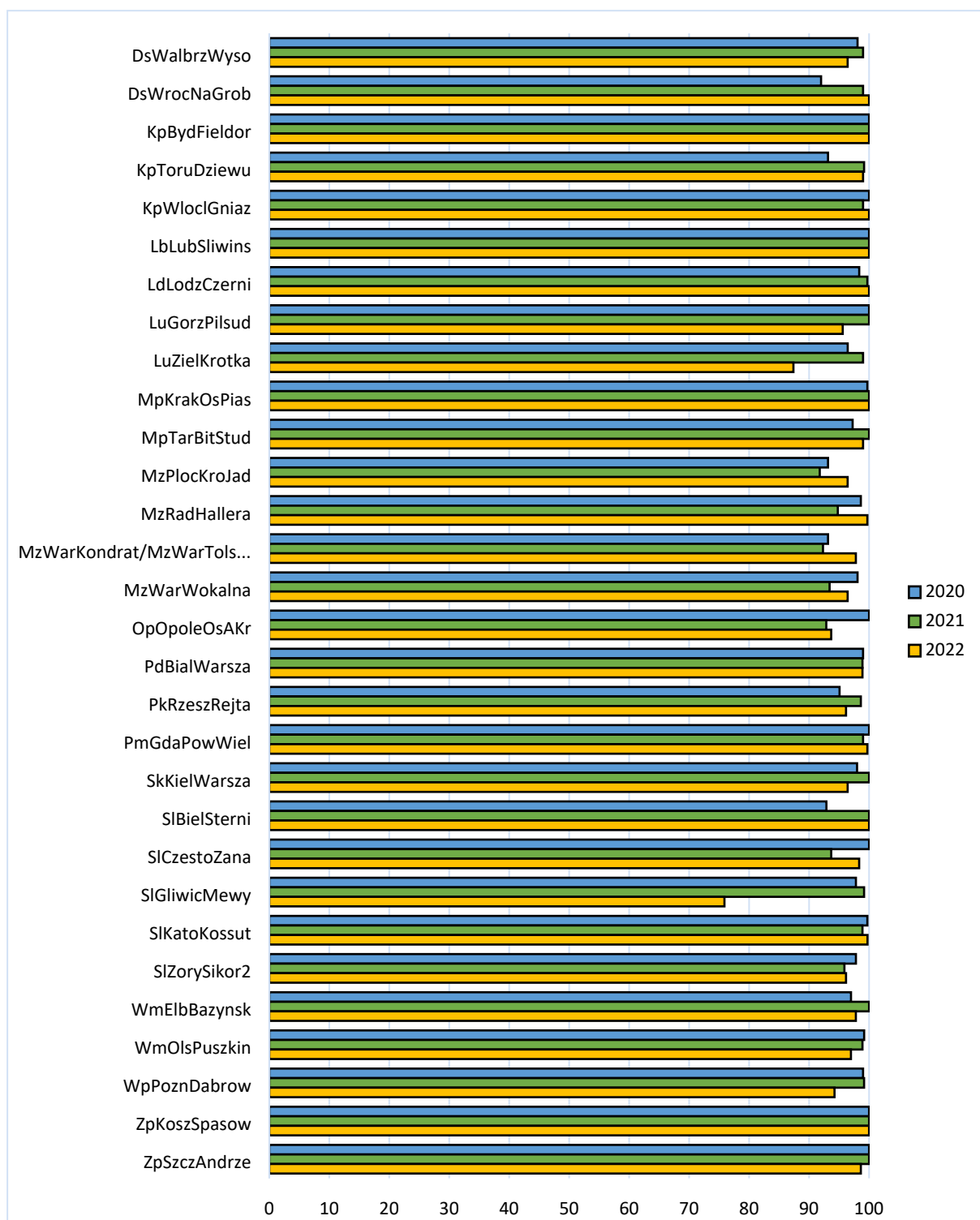
4. Wyniki pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} – dane wejściowe do obliczenia wskaźników średniego narażenia

Roczne serie pomiarowe stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} z 2022 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 2020 i 2021 zostały poddane kontroli dwustopniowej i zatwierdzeniu w latach poprzednich.

Wymagania dotyczące kompletności danych określone w Wytycznych Komisji Europejskiej do decyzji 2011/850/UE (kompletność serii $\geq 85\%$) dla roku 2022 spełniało 29 serii spośród 30 serii pomiarowych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} uwzględnionych przy obliczaniu wskaźnika średniego narażenia. Stanowisko pomiarów pyłu zawieszonego PM_{2,5} w Gliwicach o kodzie SIGliwicMewy (aglomeracja górnośląska) miało kompletność 76%, jednak stopień pokrycia pomiarami całego roku był równomierny, dlatego dane z tego stanowiska wykorzystano w rocznej ocenie jakości powietrza i do wyliczenia wskaźnika średniego narażenia. Jednocześnie w roku 2022, 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 równoległe serię pomiarów automatycznych.

Dla roku 2020 i 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 2020-2022, 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 2020, 2021, 2022 obliczono wartości wskaźnika średniego narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla poszczególnych miast i aglomeracji oraz krajowy wskaźnik średniego narażenia dla 2022 roku (Tabela 3).



Rysunek 2. Kompletność serii pomiarowych [%] stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} z lat 2020 - 2022, 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 2020-2022 [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 2022 roku [µg/m³] [źródło: GIOŚ]

Województwo	Strefa	Kod stacji	Stężenie średnie roczne w 2020	Stężenie średnie roczne w 2021	Stężenie średnie roczne w 2022	Stężenie średnie roczne uśrednione dla lat 2020-2022	Wartość wskaźnika średniego narażenia dla 2022 r.
dolnośląskie	aglomeracja wrocławska	DsWrocNaGrob	15,3	17,2	15,7	16,1	16
	miasto Wałbrzych	DsWalbrzWyso	13,3	16,6	17,4	15,8	16
kujawsko-pomorskie	aglomeracja bydgoska	KpBydFieldor	12,1	12,9	13,4	12,8	13
	miasto Toruń	KpToruDziewu	13,4	16,3	14,1	14,6	15
	miasto Włocławek	KpWlocGniaz	17,0	20,3	16,2	17,8	18
lubelskie	aglomeracja lubelska	LbLubSliwins	15,2	17,5	13,8	15,4	15
lubuskie	miasto Gorzów Wlkp.	LuGorzPilsud	13,9	15,3	13,8	14,3	14
	miasto Zielona Góra	LuZielKrotka	10,7	12,1	9,5	10,8	11
łódzkie	aglomeracja łódzka	LdLodzCzerni	15,6	18,8	15,9	16,8	17
małopolskie	aglomeracja krakowska	MpKrakOsPias	20,8	24,1	19,5	21,4	21
	miasto Tarnów	MpTarBitStud	17,5	21,3	17,4	18,7	19
mazowieckie	aglomeracja warszawska	MzWarKondrat/ MzWarTolstoj	15,4	17,7	15,1	16,1	15
	aglomeracja warszawska	MzWarWokalna	14,0	16,3	13,3	14,6	
	miasto Płock	MzPlocKroJad	15,3	17,2	15,9	16,1	16
	miasto Radom	MzRadHallera	17,6	20,6	17,9	18,7	19
opolskie	miasto Opole	OpOpoleOsAKr	17,2	19,1	16,3	17,5	18
podkarpackie	miasto Rzeszów	PkRzeszRejta	13,7	18,0	15,2	15,6	16
podlaskie	aglomeracja białostocka	PdBialWarsza	15,0	16,9	13,7	15,2	15
pomorskie	aglomeracja trójmiejska	PmGdaPowWiel	10,4	12,5	11,9	11,6	12
śląskie	aglomeracja górnośląska	SIGliwicMewy	22,1	21,9	19,8	21,3	21
	aglomeracja Górnośląska	SIKatoKossut	20,2	22,7	19,6	20,8	

	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	SIzorySikor2	22,1	24,3	21,8	22,7	23
	miasto Bielsko-Biała	SI BielSterni	20,7	20,8	17,9	19,8	20
	miasto Częstochowa	SI CzestoZana	17,7	21,1	21,9	20,2	20
świętokrzyskie	miasto Kielce	SkKielWarsza	16,9	18,6	16,1	17,2	17
warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	WmOlsPuszkini	13,2	15,0	12,8	13,6	14
	miasto Elbląg	WmElbBazynski	13,3	16,5	13,1	14,3	14
wielkopolskie	aglomeracja poznańska	WpPoznDabrow	16,1	18,5	17,7	17,4	17
zachodniopomorskie	aglomeracja szczecińska	ZpSzczAndrze	11,4	13,0	11,5	12,0	12
	miasto Koszalin	ZpKoszSpasow	10,8	11,2	10,5	10,8	11
Średnia dla kraju			15,6	17,8	15,6	16,4	16

*Kolorem czerwonym zaznaczono miasta i aglomeracje, w których, w roku 2022, wartość wskaźnika średniego narażenia przekracza pułap stężenia ekspozycji ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), kolorem pomarańczowym zaznaczono miasta i aglomeracje, w których, w roku 2022, wartość wskaźnika średniego narażenia przekracza krajowy cel redukcji narażenia ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony $\text{PM}_{2,5}$ dla 2022 roku wynosi **$16 \mu\text{g}/\text{m}^3$** .

5. Analiza zmian wartości wskaźników średniego narażenia na pył zawieszony $\text{PM}_{2,5}$

Wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony $\text{PM}_{2,5}$ dla 2022 roku wynosi **$16 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . Wartość ta jest o **$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$** mniejsza od wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia dla roku 2021 oraz o **$6 \mu\text{g}/\text{m}^3$** mniejsza od wskaźnika w latach 2016-2018 ($22 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Jest to kolejny rok, w którym odnotowano spadek wartości krajowego wskaźnika narażenia na pył zawieszony $\text{PM}_{2,5}$ i drugi rok, kiedy wskaźnik średniego narażenia nie przekroczył krajowego celu redukcji narażenia na pył zawieszony $\text{PM}_{2,5}$ ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$), który należało osiągnąć do roku 2020. Ponadto, wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia dla 2022 r. 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 $\text{PM}_{2,5}$ dla poszczególnych aglomeracji i miast o liczbie mieszkańców większej niż 100 tys. dla roku 2022 zestawiono w tabeli 4, w której również wskazano tendencje zmian wartości wskaźnika w porównaniu z rokiem 2021.

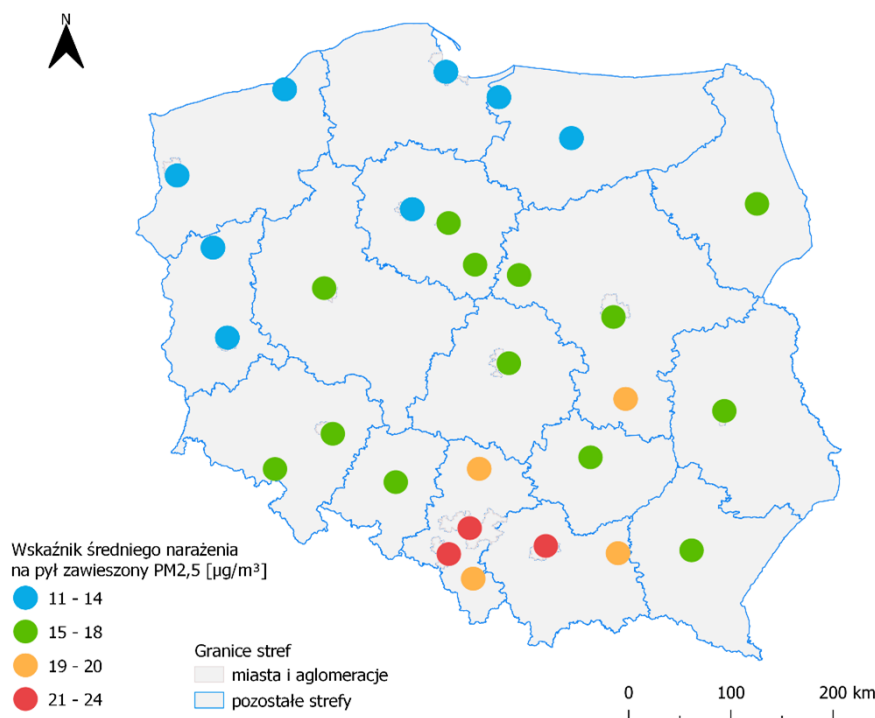
Tabela 4. Wartości wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla poszczególnych aglomeracji i miast o liczbie mieszkańców większej niż 100 tys. dla 2022 r. [źródło: GIOŚ]

Województwo	Strefa	Wartość wskaźnika średniego narażenia dla roku 2022 [µg/m ³]	Tendencja zmian wartości wskaźnika w porównaniu z rokiem 2021
dolnośląskie	aglomeracja wrocławska	16	brak zmian
	miasto Wałbrzych	16	wzrost o 1 µg/m ³
kujawsko-pomorskie	aglomeracja bydgoska	13	brak zmian
	miasto Toruń	15	brak zmian
	miasto Włocławek	18	brak zmian
lubelskie	aglomeracja lubelska	15	spadek o 1 µg/m ³
lubuskie	miasto Gorzów Wlkp.	14	spadek o 1 µg/m ³
	miasto Zielona Góra	11	spadek o 1 µg/m ³
łódzkie	aglomeracja łódzka	17	spadek o 1 µg/m ³
małopolskie	aglomeracja krakowska	21	spadek o 2 µg/m ³
	miasto Tarnów	19	spadek o 1 µg/m ³
mazowieckie	aglomeracja warszawska	15	spadek o 1 µg/m ³
	miasto Płock	16	spadek o 1 µg/m ³
	miasto Radom	19	spadek o 1 µg/m ³
opolskie	miasto Opole	18	brak zmian
podkarpackie	miasto Rzeszów	16	brak zmian
podlaskie	aglomeracja białostocka	15	spadek o 1 µg/m ³
pomorskie	aglomeracja trójmiejska	12	brak zmian
śląskie	aglomeracja górnośląska	21	spadek o 2 µg/m ³
	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	23	spadek o 1 µg/m ³
	miasto Bielsko-Biała	20	spadek o 1 µg/m ³
	miasto Częstochowa	20	brak zmian
świętokrzyskie	miasto Kielce	17	brak zmian
warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	14	brak zmian
	miasto Elbląg	14	spadek o 1 µg/m ³
wielkopolskie	aglomeracja poznańska	17	spadek o 1 µg/m ³
zachodniopomorskie	aglomeracja szczecińska	12	spadek o 1 µg/m ³
	miasto Koszalin	11	spadek o 1 µg/m ³

Najwyższe wartości wskaźników średniego narażenia w 2022 r. wystąpiły w południowej Polsce (Rysunek 3). W Wałbrzychu odnotowano wzrost wskaźnika średniego narażenia w roku 2022 względem roku 2021. Mimo to, wskaźnik średniego narażenia dla

Wałbrzych nie przekroczył krajowego celu redukcji narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} (18 µg/m³). W 17 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika w roku 2022 była niższa od wartości z roku 2021 (spadek od 1 do 2 µg/m³). W 10 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika nie zmieniła się, przy czym należy nadmienić, iż w Kielcach wartość wskaźnika na poziomie 17 µg/m³ utrzymuje się od roku 2019.

W 3 miastach i aglomeracjach wskaźnik średniego narażenia był w 2022 r. wyższy od pułapu stężenia ekspozycji (20 µg/m³), w 2 równy tej wartości, natomiast w pozostałych 23 - poniżej.



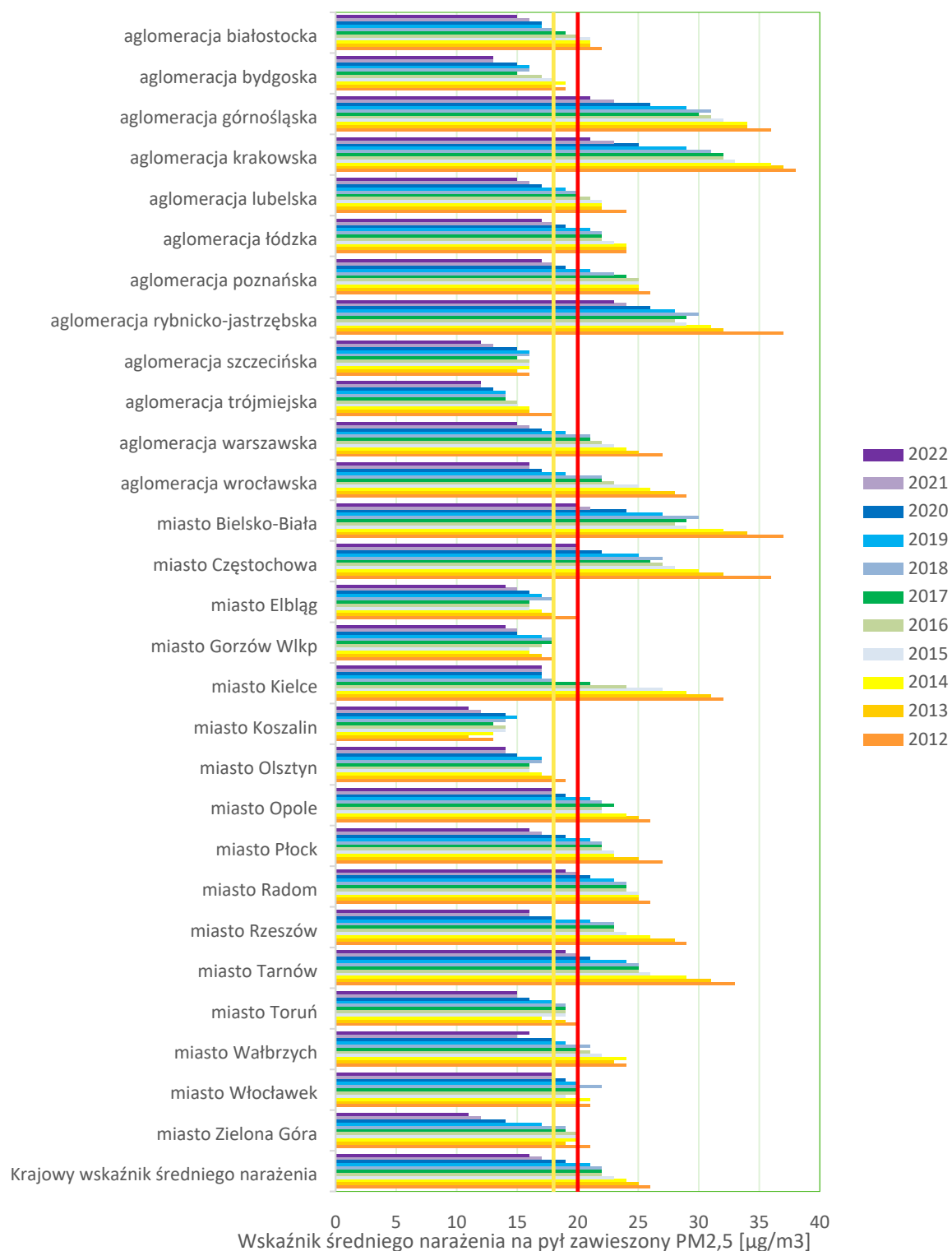
Rysunek 3. Wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla 2022 r. [źródło: GIOŚ]

Najniższą wartość wskaźnika, spośród obliczonych dla poszczególnych miast i aglomeracji, uzyskano dla miast Zielona Góra i Koszalin - 11 µg/m³ (Rysunek 4). Najwyższe wartości wskaźnika uzyskano dla aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej - 23 µg/m³, aglomeracji górnośląskiej 21 µg/m³ i aglomeracji krakowskiej 21 µg/m³.

Na przestrzeni lat 2012-2022 (Rysunek 5) można zaobserwować, że w części miast i aglomeracji udało się uzyskać duże redukcje stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} w odniesieniu do krajowego celu redukcji narażenia (18 µg/m³). Szczególnie widoczne jest to na przykład w aglomeracji wrocławskiej (redukcja wskaźnika średniego narażenia o 13 µg/m³, z 29 µg/m³ w 2012 r., do 16 µg/m³ w roku 2022), Rzeszowie (redukcja wskaźnika średniego narażenia o 13 µg/m³, z 29 µg/m³ w 2012 r., do 16 µg/m³ w roku 2022), aglomeracji warszawskiej (redukcja wskaźnika średniego narażenia o 12 µg/m³, z 27 µg/m³ w 2012 r., do 15 µg/m³ w roku 2022).



Rysunek 4. Wartości wskaźnika średniego narażenia dla poszczególnych miast i aglomeracji oraz krajowy wskaźnik średniego narażenia [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] dla 2022 roku (uszeregowane według wartości wskaźnika) [źródło: GIOŚ]



Rysunek 5. Wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla lat 2012-2022 w odniesieniu do: (a) krajowego celu redukcji narażenia – cel na 2020 rok dla obszarów tła miejskiego dużych miast i aglomeracji (linia żółta); (b) pułapu stężenia ekspozycji i poziomu dopuszczalnego od roku 2020 – cel na 2015 rok dla obszarów tła miejskiego dużych miast i aglomeracji oraz poziom dopuszczalny od roku 2020 – cel dla obszaru całego kraju (linia czerwona) [źródło: GIOŚ]

Jednakże, mimo podejmowanych działań naprawczych i wyraźnego spadku wartości wskaźników średniego narażenia, w trzech aglomeracjach wciąż stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} przekraczają pułapu stężenia ekspozycji: aglomeracja rybnicko-jastrzębska (redukcja wskaźnika średniego narażenia o 14 µg/m³, z 37 µg/m³ w 2012 r., do 23 µg/m³ w roku 2022), aglomeracja krakowska (redukcja wskaźnika średniego narażenia o 17 µg/m³, z 38 µg/m³ w 2012 r., do 21 µg/m³ w roku 2022), aglomeracja górnośląska (redukcja wskaźnika średniego narażenia o 15 µg/m³, z 36 µg/m³ w 2012 r., do 21 µg/m³ w roku 2022). W aglomeracjach tych przekroczony został w 2022 r. również poziom dopuszczalny⁵ pyłu zawieszonego PM_{2,5} (faza II - 20 µg/m³). Jedną z przyczyn przekroczeń tego kryterium w miastach są stosunkowo wysokie stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} na poziomie tła regionalnego, na obszarach pozamiejskich, oddalonych od źródeł emisji.

Problem ten pokazuje 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).

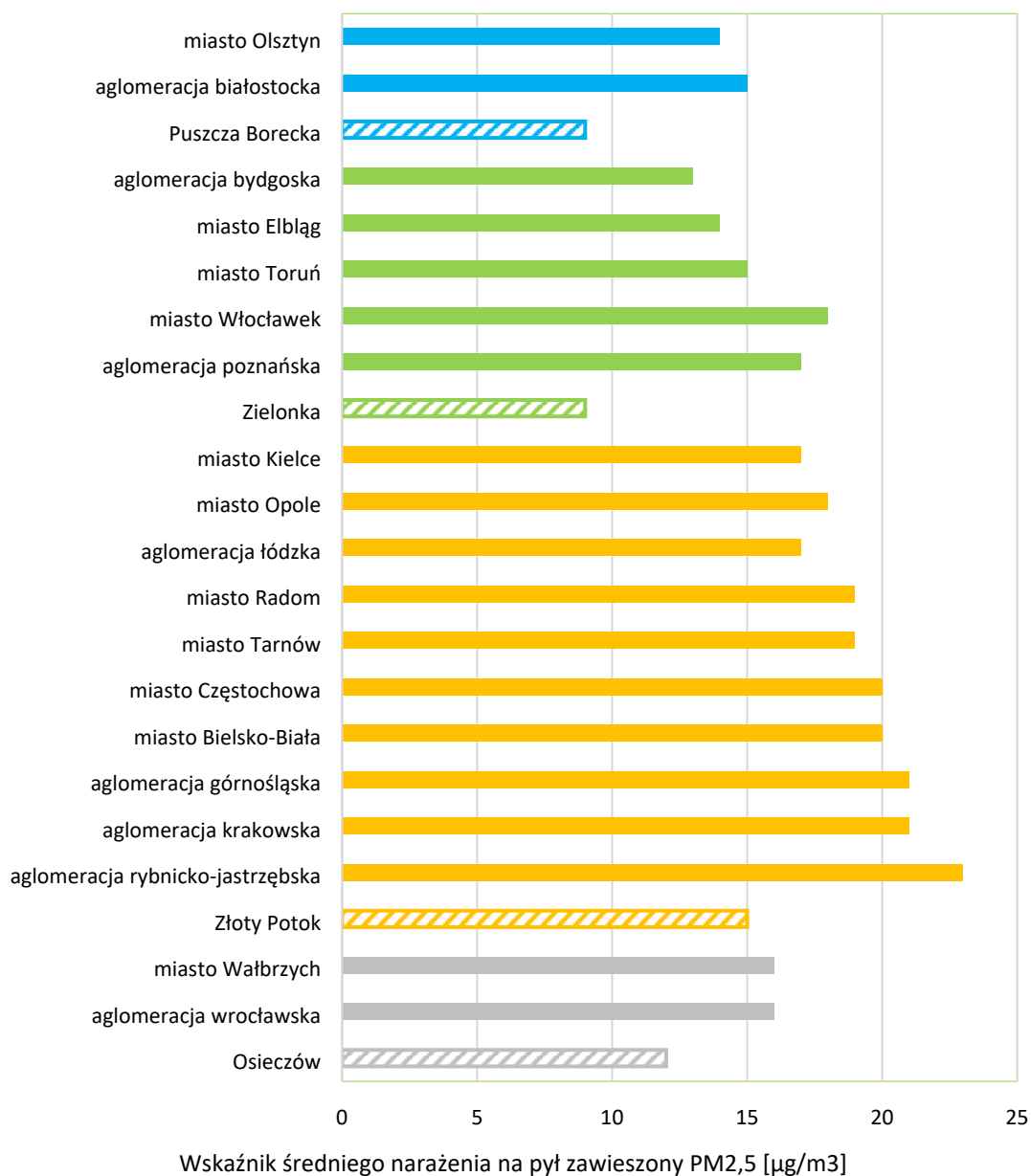
Wartości wskaźnika średniego narażenia obliczone dla roku 2022 dla stacji w: Osieczowie, Zielonce, Złotym Potoku, Diabłej Górze są niższe od pułapu stężenia ekspozycji i krajowego celu redukcji narażenia. Stacje w Osieczowie i w Złotym Potoku są reprezentatywne dla obszarów pozamiejskich południowej 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. Dla 2022 roku wskaźnik średniego narażenia obliczony dla stacji Puszcza Borecka wyniósł 9 µg/m³ i był on równy wskaźnikowi obliczonemu dla stacji Zielonka. 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 duży potencjał do redukcji stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} w powietrzu. Jednak bez działań naprawczych, skierowanych przede wszystkim na źródła komunalne, na obszarach tych nie uda się dotrzymać krajowego celu redukcji narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} - 18 µg/m³.

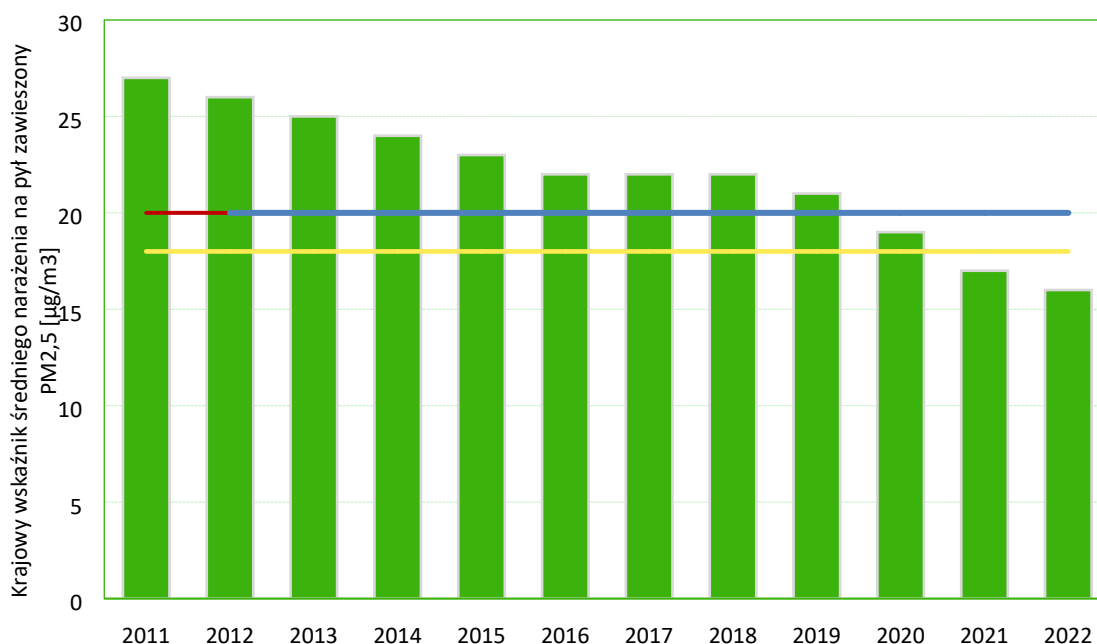
Na uwagę zasługuje również fakt, że na dwóch analizowanych powyżej stacjach tła regionalnego (Puszcza Borecka i Osieczów) w roku 2022 w porównaniu z rokiem 2021, nastąpił spadek wskaźnika średniego narażenia o 1 µg/m³. Na pozostałych dwóch stacjach wskaźnik średniego narażenia pozostał bez zmian (Zielonka, Złoty Potok).

⁵ 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 2022 [źródło: GIOŚ]

Wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia obliczone dla lat 2010-2022⁶ 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 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Rysunek 7. Krajowe wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} w latach 2011-2022 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

⁶ 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.

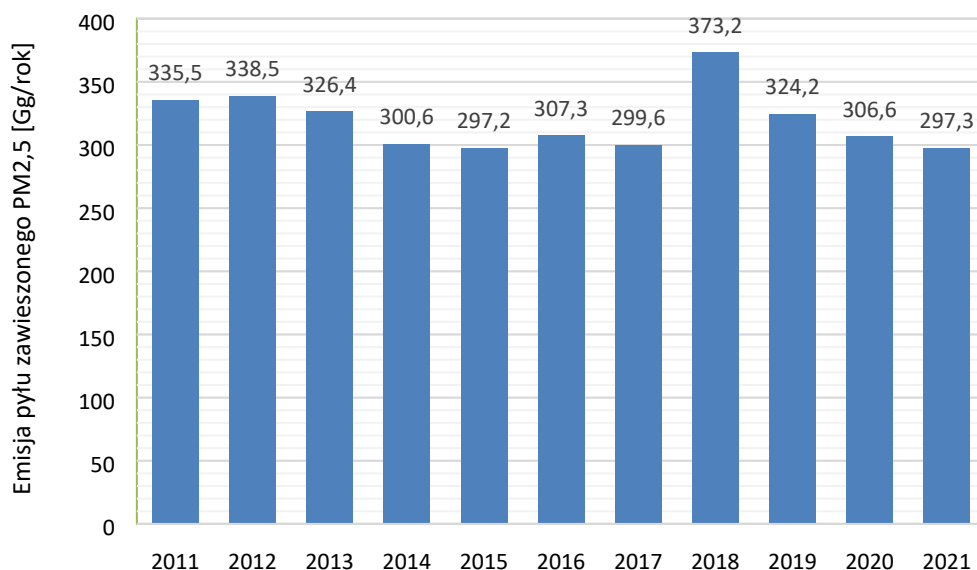
są przede wszystkim: tlenki siarki, tlenki azotu, lotne związki organiczne i amoniak. Pył zawieszony PM_{2,5} i jego prekursory mogą być transportowane na dalekie odległości i tym samym emisje z odległych emitorów (oprócz emisji lokalnych) mogą mieć istotny wpływ na poziom stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} 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).

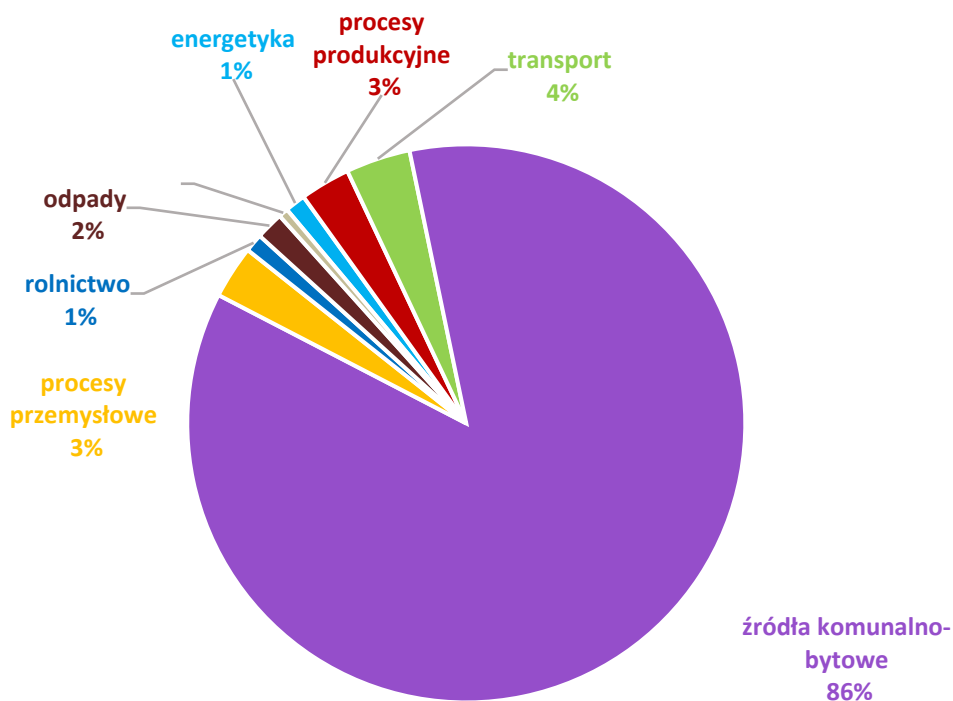
Podobnie jak w roku ubiegłym, również w najnowszym opracowaniu pt.: „Krajowy bilans emisji zanieczyszczeń 2023 – Raport syntetyczny” wykonanym przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) w 2023 roku, zastosowano nowe wskaźniki emisji pyłów ze stacjonarnych źródeł spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym, do którego należą m.in.: budynki użyteczności publicznej, handel, gospodarstwa domowe, rolnictwo oraz leśnictwo. Wskaźniki te uwzględniają zarówno frakcję filtrowaną, jak i kondensującą pyłów. Uwzględnianie frakcji kondensującej pyłów w rocznej inwentaryzacji emisji związane jest z rekomendacjami Unii Europejskiej.

Do głównych źródeł emisji pyłu PM_{2,5} zalicza się spalanie paliw, głównie węgla kamiennego i drewna w gospodarstwach domowych. Emisja pyłu PM_{2,5} w latach 2011-2021 oscylowała w granicach od około 300 Gg do 340 Gg (Rysunek 8). Największa emisja pyłu PM_{2,5} wystąpiła w 2018 roku, w którym jej wartość wyniosła 373,2 Gg. Od 2019 roku obserwowany jest niewielki trend spadkowy emisji. Emisja pyłu PM_{2,5} w 2021 roku wyniosła 297,3 Gg i była o około 20% niższa w stosunku do 2018 roku.



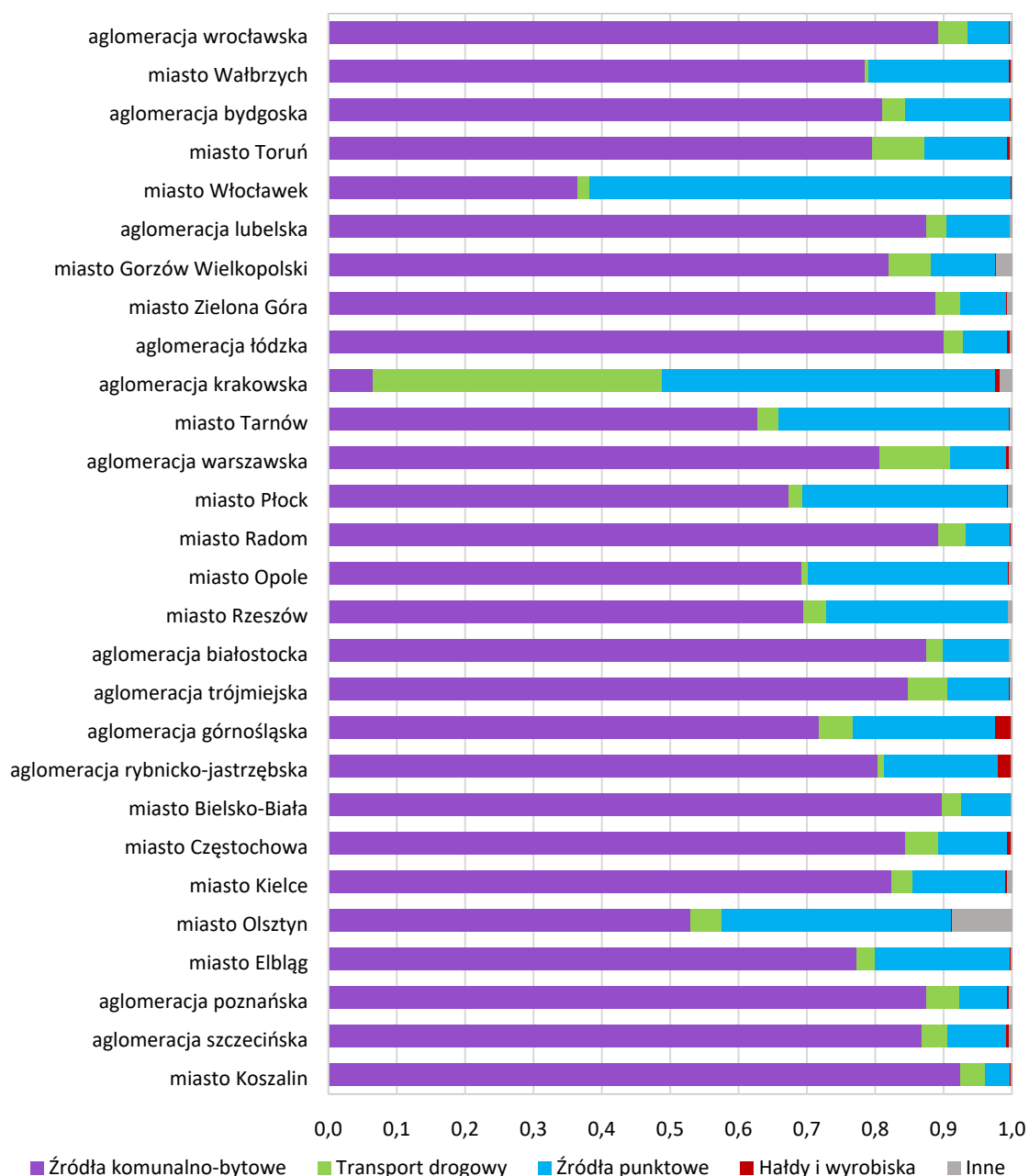
Rysunek 8. Emisja pyłu PM_{2,5} dla Polski w latach 2011-2021 [źródło: KOBIZE, 2023]

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 86% 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%).



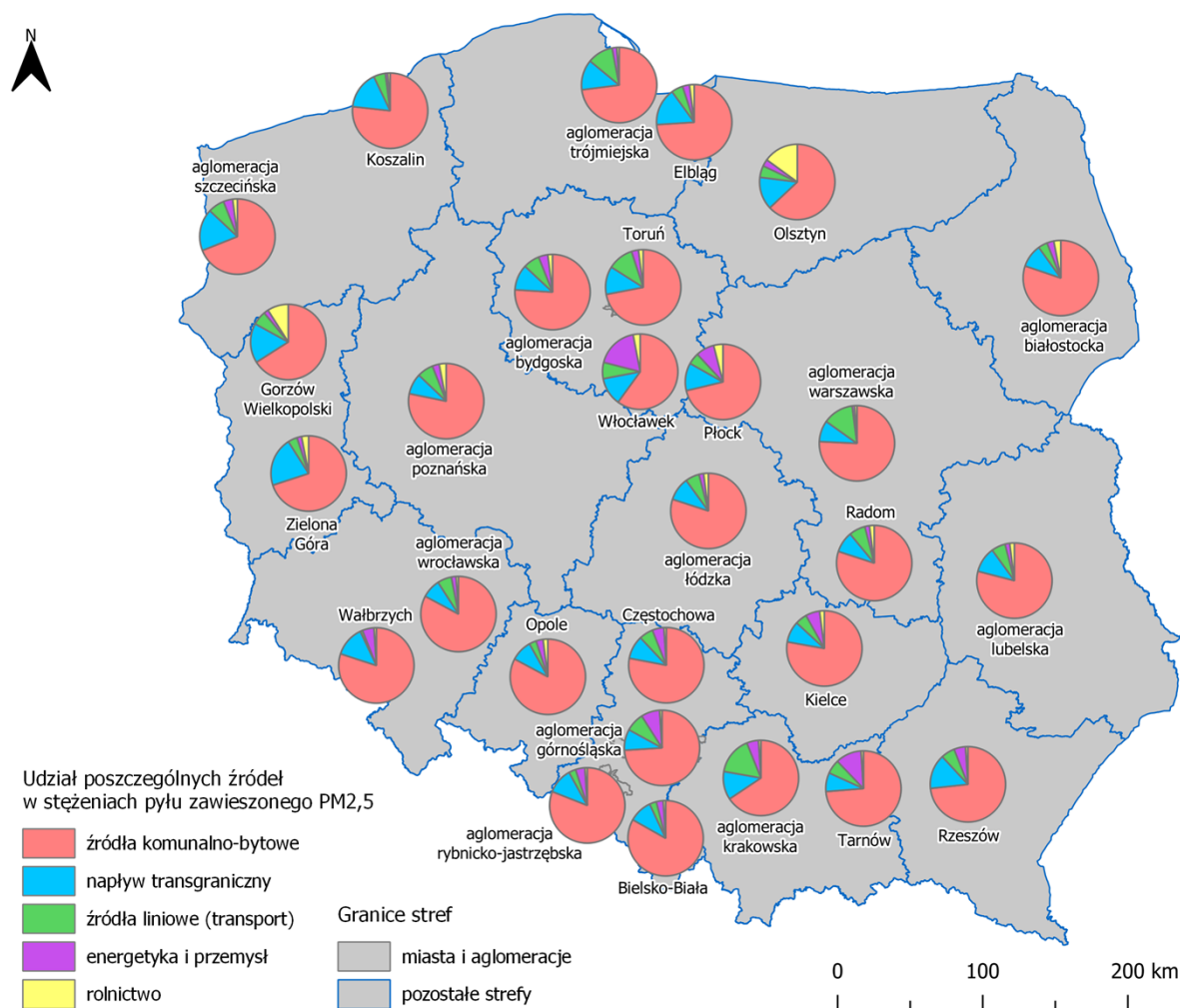
Rysunek 9. Udział poszczególnych sektorów w emisji pyłu PM_{2,5} w Polsce w roku 2021 [źródło: KOBIZE, 2023]

Największy udział w emisji całkowitej pyłu PM_{2,5} w poszczególnych miastach i aglomeracjach mają źródła komunalno-bytowe (Rysunek 10). Wyjątek stanowi aglomeracja krakowska, na obszarze której zrealizowane działania naprawcze spowodowały istotne ograniczenia w emisji pyłu PM_{2,5} ze źródeł komunalno-bytowych. Emisja pyłu PM_{2,5} w aglomeracji krakowskiej z tego sektora w 2022 roku stanowiła zaledwie 6,5% i był to najmniejszy udział źródeł komunalno-bytowych w skali całego kraju. W odniesieniu do emisji ze źródeł punktowych dominuje miasto Włocławek, na obszarze którego funkcjonują duże zakłady przemysłu chemicznego, a udział emisji pyłu PM_{2,5} z tego sektora wynosi 62%.



Rysunek 10. Udział poszczególnych sektorów w emisji całkowitej pyłu PM_{2,5} w miastach i aglomeracjach w 2021 r., dla których obliczany był wskaźnik średniego narażenia dla roku 2022 [źródło: Centralna Baza Emisji, KOBIZE, 2023]

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 (Rysunek 11). W 2022 roku największy udział źródeł z tego sektora wystąpił w: aglomeracji krakowskiej (16%), aglomeracji warszawskiej (13%) oraz mieście Toruń (11%). Na zachodzie kraju duży udział procentowy w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} miał również napływ transgraniczny: w Zielonej Górze było to 21%, w aglomeracji szczecińskiej 18%, a w Gorzowie Wielkopolskim 17%. Warto zaznaczyć, że miasta Olsztyn i Gorzów Wielkopolski wyróżniają się na tle kraju znacznym udziałem rolnictwa w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5}, osiągając odpowiednio 15% i 9%.



Rysunek 11. Udział poszczególnych źródeł w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} w poszczególnych miastach i aglomeracjach w roku 2022 [źródło: IOŚ-PIB, 2023]

W roku 2022 średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla stacji uwzględnionych w obliczeniach wskaźników średniego narażenia było zbliżone wartości do stężenia uzyskanego dla roku 2020 - w obu latach wyniosło ono 16 µg/m³. Średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} w 2022 r. było o ok. 13% niższe w stosunku do roku 2021 (18 µg/m³).

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 2022 roku średnia obszarowa temperatura powietrza w Polsce wyniosła 9,5°C, co stanowi wartość wyższą o 0,8°C od normy wieloletniej. Według kwantylowej klasyfikacji warunków termicznych rok 2022 uznaje się za „bardzo ciepły”. W podziale na meteorologiczne pory roku, zimą (XII 2021 — II 2022) na obszarze niemal całego kraju sklasyfikowano jako „bardzo ciepła” lub „ciepła”. Wiosna na przeważającym terenie kraju sklasyfikowana została jako „chłodna” i „lekko chłodna”, na północnym-wschodzie i lokalnie w centrum „bardzo chłodna”. Jedynie miejscami na obszarach nadmorskich, zachodzie oraz lokalnie na południu „w normie”. Lato było „ekstremalnie” i „anomalnie ciepłe”, lokalnie w centralnej i południowo-wschodniej części kraju „bardzo ciepłe”. Jesień sklasyfikowana została jako „ciepła”, na zachodzie „bardzo ciepła”, w centrum kraju „ciepła” i „lekko ciepła”, na wschodzie „normalna”. Najniższe wartości średniej rocznej temperatury wystąpiły w Suwałkach - temperatura wynosiła tam 7,2°C i była równa z normą wieloletnią. Średnia roczna temperatura w stacji wysokogórskiej - Kasprowy Wierch spadła do -0,1°C (0,2°C poniżej normy), na Śnieżce wynosiła ona 0,9°C (0,5°C poniżej normy). Najcieplej było w zachodniej części kraju. Najwyższe wartości średniej rocznej temperatury powietrza odnotowano we Wrocławiu i Słubicach: 9,8°C. Najzimniejszym miesiącem był luty - średnia temperatura powietrza wyniosła -1,6°C i była o 1,5°C niższa od średniej wieloletniej wartości temperatury dla tego miesiąca. Uznać go można za lekko chłodny biorąc pod uwagę średnią roczną temperaturę z całego kraju. Najcieplejszym miesiącem był lipiec - średnia obszarowa temperatura w tym miesiącu wynosiła 20,9°C i była o 2,1°C wyższa od średniej wieloletniej wartości temperatury dla tego miesiąca. Lipiec 2022 r. według klasyfikacji warunków termicznych należy zaliczyć do ekstremalnie ciepłych, uwzględniając średnią dla Polski.

Średnia suma opadu atmosferycznego w Polsce w 2022 roku wynosiła 627,4 mm, co stanowiło 103% normy określonej na podstawie pomiarów w latach 1991-2020. Sumy opadów w 2022 r. wahały się od nieco ponad 450 mm do blisko 1050 mm. Najwyższe sumy odnotowano w Tatrach. Opady atmosferyczne zawierały się w przedziale 80-190% normy wieloletniej (1991-2020). Najbardziej zasobny w opady atmosferyczne był sierpień, suma wyniosła 140,1 mm, co stanowiło 212% normy dla tego miesiąca i należy zaliczyć go do miesięcy skrajnie wilgotnych. Według średniej obszarowej obejmującej okres od 1966 r. sierpień z 2022 r. plasuje się na 2. pozycji. Najmniej zasobnym miesiącem w opady atmosferyczne był październik. Uśredniona suma opadu w Polsce wyniosła 19,2 mm, co stanowiło 41% normy. Miesiąc ten zalicza się do okresów bardzo suchych.

Indeks adwekcji w północnej i środkowej części kraju wskazuje na przewagę mas powietrza napływających z zachodu (sektory od WNW do WSW). Wśród kierunków adwekcji w 2022 roku dominowały masy powietrza napływające z północy (sektory od NW do NE) – 36%, jednak ich udział był znacznie niższy niż w roku 2021 (46%). Udział napływu mas powietrza z zachodu wyniósł ok. 31,5%. Statystycznie większe prędkości wiatru notowane były

w chłodnym półroczu, niższe w półroczu ciepłym. Najwyższe wartości średniej miesięcznej prędkości wiatru wyniosły 4,9 m/s w lutym i 4,6 m/s w styczniu. Najniższe wartości odnotowano w sierpniu (2,4 m/s), we wrześniu i w czerwcu (2,7 m/s). Najwyższa średnia prędkość wiatru liczona ze wszystkich stacji synoptycznych w kraju odnotowana została 19 lutego i wyniosła 9,0 m/s.

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 górnośląskiej i aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej, 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 2022 roku wynosi **16 µg/m³**. Wartość ta jest o **1 µg/m³** mniejsza od wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia dla roku 2021 oraz o **6 µg/m³** mniejsza od wskaźnika w latach 2016-2018 (22 µg/m³). Jest to kolejny rok, w którym odnotowano spadek wartości krajowego wskaźnika narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} i drugi rok, kiedy wskaźnik średniego narażenia nie przekroczył krajowego celu redukcji narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} (18 µg/m³), który należało osiągnąć do roku 2020. Ponadto, wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia dla 2022 r. jest o 20% mniejsza od 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 2022 r. wystąpiły w południowej Polsce, a najniższe w zachodniej i północnej części Polski. W 17 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika w 2022 r. była niższa od wartości z roku 2021 (spadek od 1 do 2 µg/m³). W 10 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika nie zmieniła się. W mieście Wałbrzych odnotowano wzrost wskaźnika średniego narażenia w roku 2022 względem roku 2021. Mimo to, wskaźnik średniego narażenia dla Wałbrzycha nie przekroczył krajowego celu redukcji narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} (18 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 - 23 µg/m³, aglomeracji górnośląskiej - 21 µg/m³ i aglomeracji krakowskiej - 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 86% całkowitego udziału w emisji pyłu PM_{2,5}. Do innych istotnych źródeł emisji antropogenicznej

pyłu PM_{2,5} należą również: transport (4%), procesy przemysłowe (3%) i procesy produkcyjne (3%).

Podsumowując, podkreślić należy, 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 pracy

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, 2023. „Krajowy bilans emisji zanieczyszczeń 2023 – Raport syntetyczny”.
6. Baza danych GIOŚ (JPOAT2,0).
7. Roczne oceny jakości powietrza za rok 2022.
8. <https://klimat.imgw.pl/>.