



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 2021 ROKU

Warszawa, czerwiec 2022 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	5
2. Sposób obliczenia wskaźnika średniego narażenia	6
3. Sposób prowadzenia pomiarów pyłu zawieszonego PM2,5 na potrzeby obliczania wskaźników średniego narażenia	8
4. Wyniki pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM2,5 – dane wejściowe do obliczenia wskaźników średniego narażenia.....	10
5. Analiza zmian wartości wskaźników średniego narażenia na pył zawieszony PM2,5.....	12
6. Czynniki mające wpływ na stężenia pyłu zawieszonego PM2,5	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 czystszej powietrza 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 w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców i w aglomeracjach. 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. 845), 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 (Dz. U. 2021 poz. 1973) 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	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⁾ 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.

2. Sposób obliczenia wskaźnika średniego narażenia

Podstawę obliczeń wskaźnika średniego narażenia dla roku 2021 stanowiły stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} uzyskane z pomiarów prowadzonych w latach 2019, 2020 i 2021, w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie sposobu obliczania wskaźników średniego narażenia oraz sposobu oceny dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji (Dz. U. z 2012 r. poz. 1029), wskaźnik średniego narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} oblicza się dla miast o liczbie mieszkańców większej niż 100 tysięcy i aglomeracji, o których mowa w tabelach nr 1 i 2 załącznika do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 2 sierpnia 2012 r. w sprawie stref, w których dokonuje się oceny jakości powietrza (Dz. U. 2012 poz. 914). Listę miast i aglomeracji, dla których oblicza się wskaźnik średniego narażenia, uzupełnioną o kody stacji pomiarowych, z których wyniki wykorzystuje się 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 2021 [źródło: GIOŚ]

Województwo	Strefa	Kod stacji
dolnośląskie	aglomeracja wrocławska	DsWrocNaGrob
	miasto Wałbrzych	DsWalbrzWyso
kujawsko-pomorskie	aglomeracja bydgoska	KpBydBerling
	miasto Toruń	KpToruDziewu
	miasto Włocławek	KpWlocIGniaz
lubelskie	aglomeracja lubelska	LbLubSliwins
lubuskie	miasto Gorzów Wlkp.	LuGorzPilsud
	miasto Zielona Góra	LuZielKrotka
łódzkie	aglomeracja łódzka	LdLodzCzerni
małopolskie	aglomeracja krakowska	MpKrakBujaka MpKrakOsPias ¹⁾
	miasto Tarnów	MpTarBitStud
mazowieckie	aglomeracja warszawska	MzWarKondrat MzWarTolstoj ²⁾
	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	SIGliwicMewy
	aglomeracja górnośląska	SIKatoKossut

	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	SIzorySikor2
	miasto Bielsko-Biała	SIbielSterni
	miasto Częstochowa	SICzestoZana
świętokrzyskie	miasto Kielce	SkKielWarsza
warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	WmOlsPuszkIn
	miasto Elbląg	WmElbBazynsk
wielkopolskie	aglomeracja poznańska	WpPoznDabrow
zachodniopomorskie	aglomeracja szczecińska	ZpSzczAndr01
	miasto Koszalin	ZpKoszSpasow

¹⁾MpKrakBujaka w roku 2019. MpKrakOsPias dla roku 2020 i 2021. Zmiana spowodowana modernizacją trasy łagiewnickiej, w okolicy stacji MpKrakBujaka

²⁾MzWarKondrat w latach 2019 i 2020. MzWarTolstoj dla roku 2021. Zmiana spowodowana prowadzonymi pracami budowlanymi (rozbudowa szpitala) w okolicy stacji MzWarKondrat

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie sposobu obliczania wskaźników średniego narażenia oraz sposobu oceny dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji, wskaźnik średniego narażenia WM_{2021} dla miasta i aglomeracji oblicza się zgodnie ze wzorem:

$$WM_{2021} = \frac{1}{3} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{n_{2019}} Sa_{i2019}}{n_{2019}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_{2020}} Sa_{i2020}}{n_{2020}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_{2021}} Sa_{i2021}}{n_{2021}} \right\}$$

gdzie:

- WM_{2021} – wskaźnik średniego narażenia dla miasta o liczbie mieszkańców większej od 100 tysięcy i aglomeracji, dla roku 2021;
- $Sa_{i2019}, Sa_{i2020}, Sa_{i2021}$ – średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} na *i*-tym stanowisku pomiarowym, odpowiednio w latach 2019, 2020 i 2021;
- $n_{2019}, n_{2020}, n_{2021}$ – 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 2019, 2020 i 2021.

Krajowy wskaźnik średniego narażenia dla roku 2021 oblicza się zgodnie z wzorem:

$$WK_{2021} = \frac{1}{3} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{p_{2019}} Sa_{i2019}}{p_{2019}} + \frac{\sum_{i=1}^{p_{2020}} Sa_{i2020}}{p_{2020}} + \frac{\sum_{i=1}^{p_{2021}} Sa_{i2021}}{p_{2021}} \right\}$$

gdzie:

- WK_{2021} – krajowy wskaźnik średniego narażenia dla roku 2021;

- Sa_i 2019, Sa_i 2020, Sa_i 2021 – średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} na *i*-tym stanowisku pomiarowym, odpowiednio w latach 2019, 2020 i 2021;
- p 2019, p 2020, p 2021 – liczba stanowisk pomiarowych, z których wyniki pomiarów uwzględniono w obliczeniu krajowego wskaźnika średniego narażenia, odpowiednio w latach 2019, 2020 i 2021.

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

Dyrektywa 2008/50/WE w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy wprowadzając wskaźnik 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 to, iż Legnica¹ straciła status miasta o liczbie mieszkańców 100 tys. liczba stanowisk zlokalizowanych w miastach zmniejszona została z 32 na 31. W roku 2021 kolejne miasto straciło status 100 tys. mieszkańców - Kalisz². Oznacza to, że dla potrzeb obliczania wskaźników średniego narażenia dla miast i aglomeracji oraz krajowego wskaźnika średniego narażenia dla roku 2021 wykorzystano 30 stanowisk.

¹ wg GUS na koniec 2019 r. liczba mieszkańców Legnicy wynosiła 99 350, a strefa miasto Legnica stała się częścią strefy dolnośląskiej

² wg GUS na koniec 2020 r. liczba mieszkańców Kalisza wynosiła 99 106, a strefa miasto Kalisz stała się częścią strefy wielkopolskiej



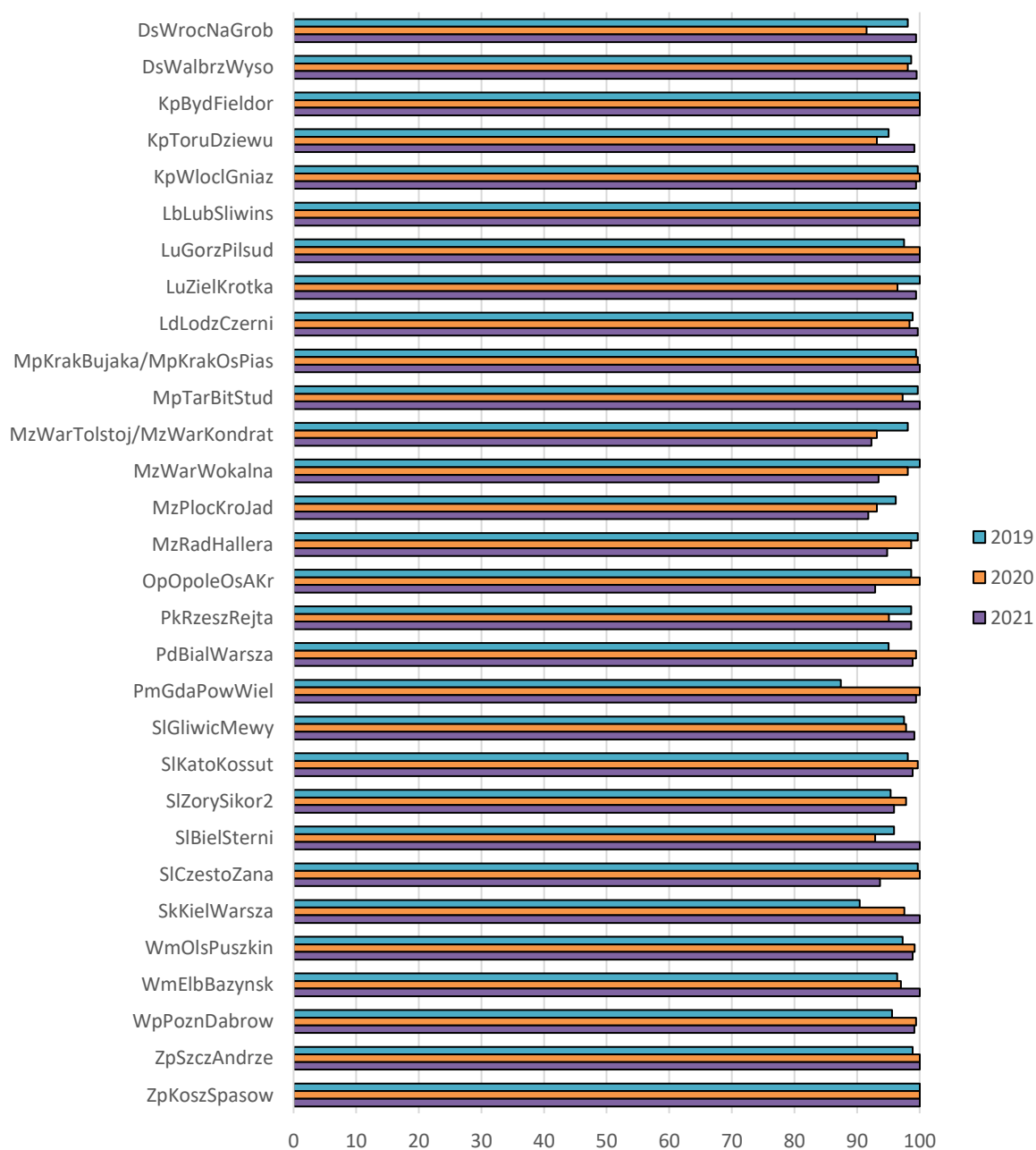
Rysunek 1. Lokalizacja stanowisk pomiarowych, w których prowadzono pomiary stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} na potrzeby obliczenia krajowego wskaźnika średniego narażenia dla roku 2021 [źródło: GIOŚ]

Pomiary pyłu zawieszonego PM_{2,5} służące do obliczania wskaźników średniego narażenia są prowadzone wyłącznie metodą manualną, za pomocą poborników niskoprzepływowych (LVS). Metoda ta, zgodna jest z normą EN 12341:2014 „Ambient air - Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM₁₀ or PM_{2,5} mass concentration of suspended particulate matter” i jest metodą referencyjną. Pomiary - 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.

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 2021 roku, wykorzystane do obliczenia wskaźnika średniego narażenia, podlegały dwustopniowej kontroli. Pierwszym stopniem była weryfikacja danych na poziomie poszczególnych województw, która przeprowadzana jest od roku 2019 przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Drugim etapem było przeprowadzenie przeglądu wyników na poziomie krajowym. Serie pomiarowe z lat 2019 i 2020 zostały poddane kontroli dwustopniowej i zatwierdzeniu w latach poprzednich.



Rysunek 2. Kompletność serii pomiarowych [%] stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} z 2019, 2020 i 2021 roku, wykorzystanych do obliczania wskaźnika średniego narażenia [źródło: GIOŚ]

Wymagania dotyczące kompletności danych określone w Wytycznych Komisji Europejskiej do decyzji 2011/850/UE (kompletność serii $\geq 85\%$) spełniały wszystkie serie wyników pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} uwzględnione przy obliczaniu wskaźnika średniego narażenia dla roku 2020 (wszystkie kompletności serii powyżej 90%) i 2021 (wszystkie kompletności serii powyżej 90%). 29 spośród 30 serii wyników pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} z roku 2019 również spełniała te wymagania (dla jednej serii kompletność wynosiła 87%). Zestawienie kompletności serii pomiarowych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} z 2019, 2020 i 2021 roku, 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 2019-2021 określono wartości wskaźnika średniego narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla poszczególnych miast i aglomeracji oraz krajowy wskaźnik średniego narażenia dla 2021 roku (Tabela 3).

Tabela 3. Wartości średnich rocznych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} na poszczególnych stanowiskach pomiarowych w latach 2019-2021 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; wartości wskaźnika średniego narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla poszczególnych miast i aglomeracji [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] oraz krajowy wskaźnik średniego narażenia dla 2021 roku [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] [źródło: GIOŚ]

Lp.	Województwo	Nazwa strefy	Kod stacji	Stężenie średnie roczne w 2019 r.	Stężenie średnie roczne w 2020 r.	Stężenie średnie roczne w 2021 r.	Stężenie średnie roczne uśrednione dla lat 2019-2021	Wartość wskaźnika średniego narażenia dla 2021 r.
1	dolnośląskie	aglomeracja wrocławska	DsWrocNaGrob	15,5	15,3	17,2	16,0	16
		miasto wałbrzych	DsWalbrzWyso	15,4	13,3	16,6	15,1	15
2	kujawsko-pomorskie	aglomeracja bydgoska	KpBydBerling	14,6	12,1	12,9	13,2	13
		miasto Toruń	KpToruDziewu	15,3	13,4	16,3	15,0	15
		miasto Włocławek	KpWloclGniaz	17,1	17,0	20,3	18,1	18
3	lubelskie	aglomeracja lubelska	LbLubSliwins	16,0	15,2	17,5	16,2	16
4	lubuskie	miasto Gorzów Wielkopolski	LuGorzPilsud	14,8	13,9	15,3	14,7	15
		miasto Zielona Góra	LuZielKrotka	13,9	10,7	12,1	12,2	12
5	łódzkie	aglomeracja łódzka	LdLodzCzerni	18,6	15,6	18,8	17,7	18
6	małopolskie	aglomeracja krakowska	MpKrakBujaka/ MpKrakOsPias	24,7	20,8	24,1	23,2	23
		miasto Tarnów	MpTarBitStud	20,1	17,5	21,3	19,6	20
7	mazowieckie	aglomeracja warszawska	MzWarKondrat	15,9	15,4	17,7	16,3	16
			MzWarTolstoj	15,7	14,0	16,3	15,3	
		miasto Płock	MzPlocKroJad	17,7	15,3	17,2	16,7	17
		miasto Radom	MzRadHallera	20,2	17,6	20,6	19,5	20
8	opolskie	miasto Opole	OpOpoleOsAKr	18,0	17,2	19,1	18,1	18

9	podkarpackie	miasto Rzeszów	PkRzeszRejta	16,9	13,7	18,0	16,2	16
10	podlaskie	aglomeracja białostocka	PdBiałWarsza	15,8	15,0	16,9	15,9	16
11	pomorskie	aglomeracja trójmiejska	PmGdaPowWiel	12,4	10,4	12,5	11,8	12
12	śląskie	aglomeracja górnośląska	SlGliwicMewy	26,4	22,1	21,9	23,5	23
			SlKatoKossut	24,1	20,2	22,7	22,3	
		aglomeracja rybnicko-jastrzębska	SlZorySikor2	24,9	22,1	24,3	23,7	24
		miasto Bielsko-Biała	SlBielSterni	21,6	20,7	20,8	21,0	21
		miasto Częstochowa	SlCzestoZana	20,3	17,7	21,1	19,7	20
13	świętokrzyskie	miasto Kielce	SkKielWarsza	15,5	16,9	18,6	17,0	17
14	warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	WmOlsPuszkin	15,0	13,2	15,0	14,4	14
		miasto Elbląg	WmElbBazynsk	15,1	13,3	16,5	14,9	15
15	wielkopolskie	aglomeracja poznańska	WpPoznDabrow	18,2	16,1	18,5	17,6	18
16	zachodniopomorskie	aglomeracja szczecińska	ZpSzczAndr01	13,7	11,4	13,0	12,7	13
		miasto Koszalin	ZpKoszSpasow	13,7	10,8	11,2	11,9	12
Średnia dla kraju				17,6	15,6	18,0	17,1	17

Wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla 2021 roku wynosi **17 µg/m³**.

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 2021 roku wynosi **17 µg/m³**. Wartość ta jest o **2 µg/m³** mniejsza od wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia dla roku 2020 oraz o **5 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 pierwszy 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 2021 r. jest o 15% mniejsza od pułapu stężenia ekspozycji (20 µg/m³) 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 tys. dla roku 2021 zestawiono w tabeli 4, w której również wskazano tendencje zmian wartości wskaźnika w porównaniu z rokiem 2020.

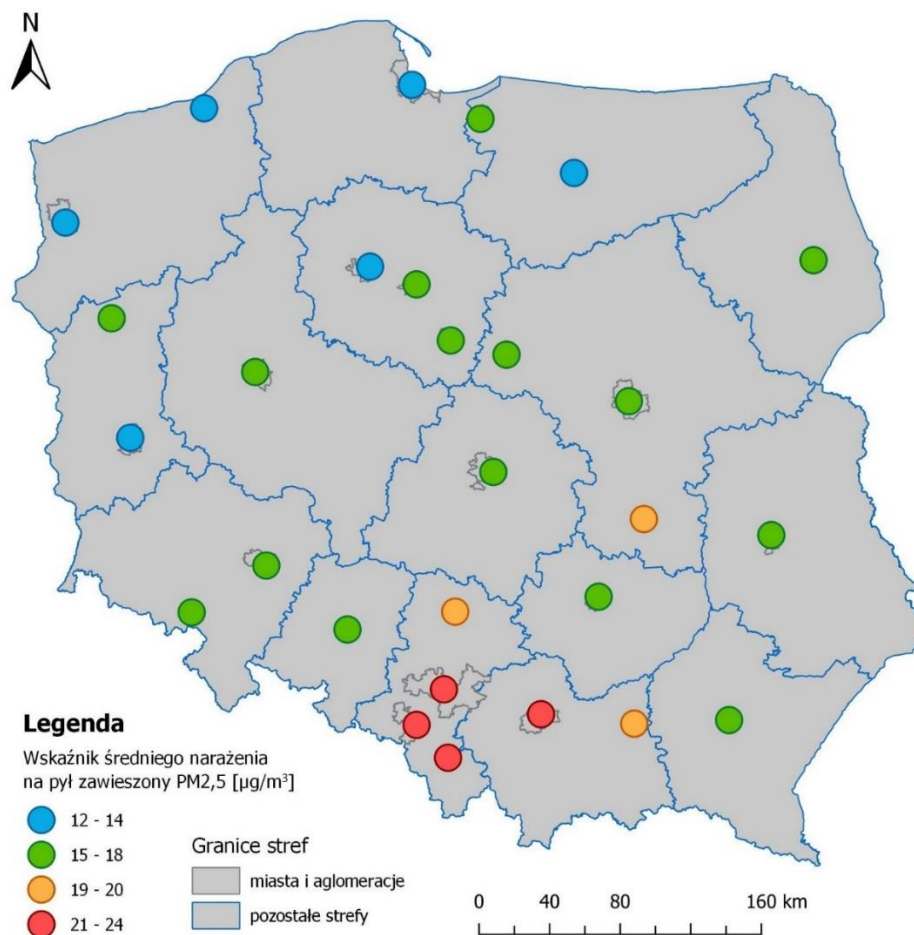
Tabela 4. Wartości wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla poszczególnych aglomeracji i miast o liczbie mieszkańców większej niż 100 tys. dla 2021 r. [źródło: GIOŚ]

Województwo	Strefa	Wartość wskaźnika średniego narażenia dla roku 2021 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Tendencja zmian wartości wskaźnika w porównaniu z rokiem 2020
dolnośląskie	aglomeracja wrocławska	16	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Wałbrzych	15	spadek o 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
kujawsko-pomorskie	aglomeracja bydgoska	13	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Toruń	15	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Włocławek	18	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
lubelskie	aglomeracja lubelska	16	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
lubuskie	miasto Gorzów Wlkp.	15	brak zmian
	miasto Zielona Góra	12	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
łódzkie	aglomeracja łódzka	18	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
małopolskie	aglomeracja krakowska	23	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Tarnów	20	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
mazowieckie	aglomeracja warszawska	16	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Płock	17	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Radom	20	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
opolskie	miasto Opole	18	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
podkarpackie	miasto Rzeszów	16	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
podlaskie	aglomeracja białostocka	16	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
pomorskie	aglomeracja trójmiejska	12	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
śląskie	aglomeracja górnośląska	23	spadek o 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	24	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Bielsko-Biała	21	spadek o 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Częstochowa	20	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
świętokrzyskie	miasto Kielce	17	brak zmian
warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	14	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Elbląg	15	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
wielkopolskie	aglomeracja poznańska	18	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
zachodniopomorskie	aglomeracja szczecińska	13	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Koszalin	12	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Najwyższe wartości wskaźników średniego narażenia w 2021 r. wystąpiły w południowej Polsce (Rysunek 3). W żadnym z miast i aglomeracji nie odnotowano wzrostu wskaźnika średniego narażenia w roku 2021 względem roku 2020. W 26 miastach

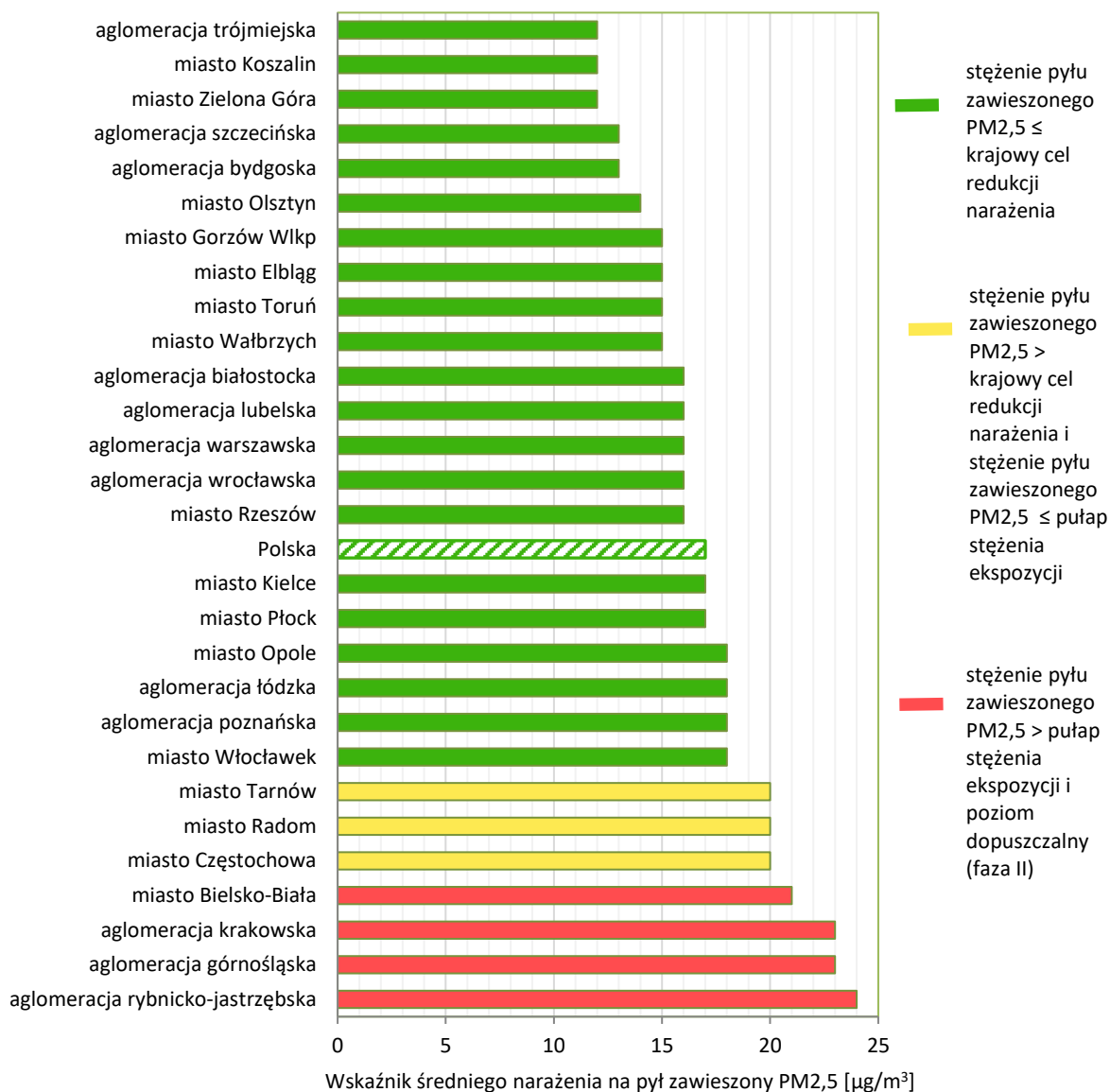
i aglomeracjach wartość wskaźnika w 2021 r. była niższa od wartości z roku 2020 (spadek od 1 do 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). W miastach Gorzów Wlkp. i Kielce wartość wskaźnika nie zmieniła się, przy czym należy nadmienić, iż w Kielcach wartość wskaźnika 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ utrzymuje się od roku 2019).

W 4 miastach i aglomeracjach wskaźnik średniego narażenia był w 2021 r. wyższy od pułapu stężenia ekspozycji (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), w 3 równy tej wartości, natomiast w pozostałych 21 - poniżej.



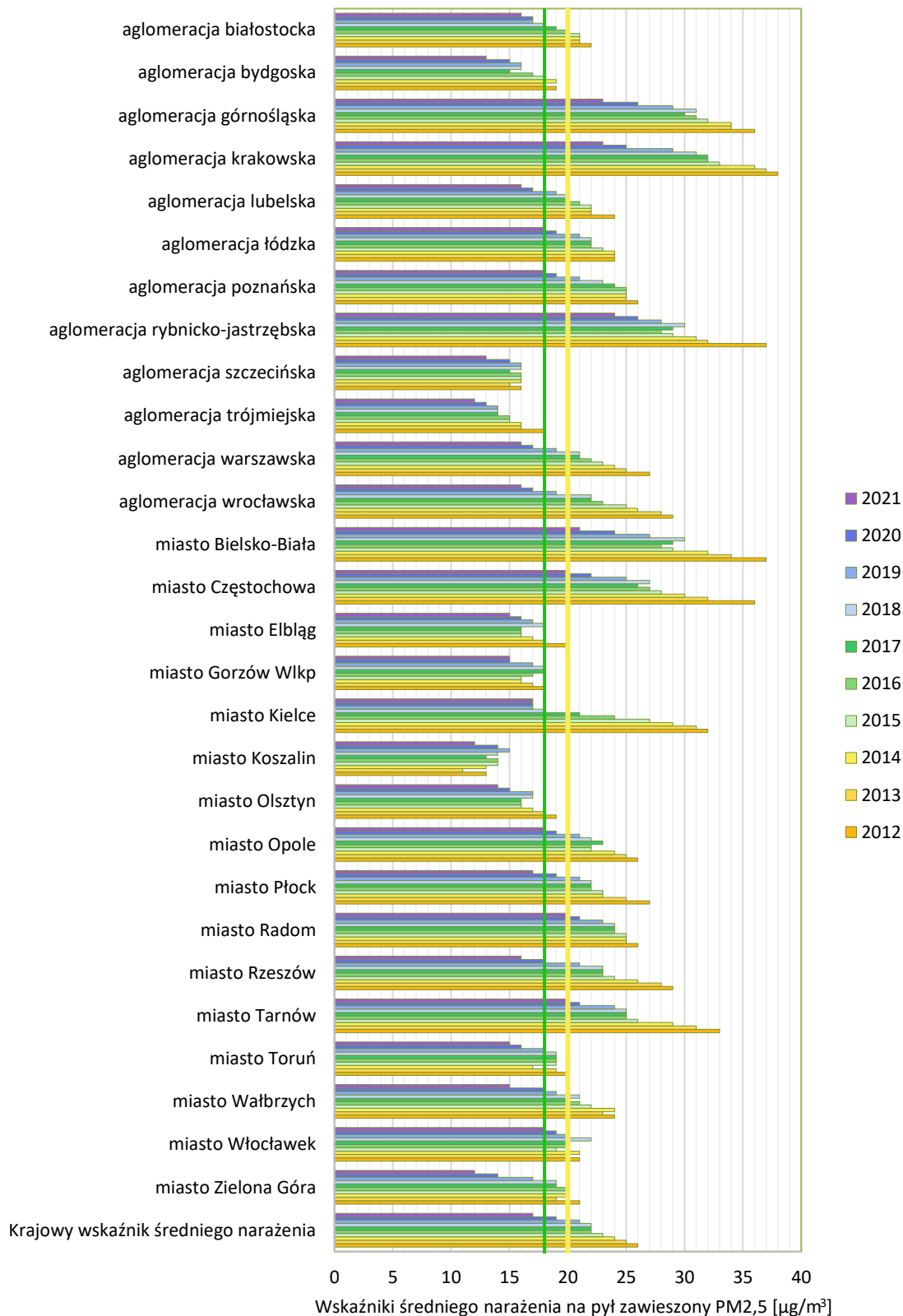
Rysunek 3. Wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla 2021 r. [źródło: GIOŚ]

Najniższą wartość wskaźnika, spośród obliczonych dla poszczególnych miast i aglomeracji, uzyskano dla aglomeracji trójmiejskiej - 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oraz miast Zielona Góra i Koszalin - 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rysunek 4). Najwyższe wartości wskaźnika uzyskano dla aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej - 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, aglomeracji górnośląskiej 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, aglomeracji krakowskiej 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i miasta Bielsko-Biała - 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4. Wartości wskaźnika średniego narażenia dla poszczególnych miast i aglomeracji oraz krajowy wskaźnik średniego narażenia [µg/m³] dla 2021 roku (uszeregowane według wartości wskaźnika) [źródło: GIOŚ]

Na przestrzeni wielolecia 2012-2020 (Rysunek 5) można zaobserwować, że w części miast i aglomeracji udało się uzyskać duże redukcje stężeń pyłu zawieszzonego PM2,5 w odniesieniu do krajowego celu redukcji narażenia (18 µg/m³). Szczególnie widoczne jest to w Kielcach (redukcja wskaźnika średniego narażenia o 15 µg/m³, z 32 µg/m³ w 2012 r., do 17 µg/m³ w roku 2020 i 2021), aglomeracji wrocławskiej (redukcja wskaźnika średniego narażenia o 13 µg/m³, z 29 µg/m³ w 2012 r., do 16 µg/m³ w roku 2021), Rzeszowie (redukcja wskaźnika średniego narażenia o 13 µg/m³, z 29 µg/m³ w 2012 r., do 16 µg/m³ w roku 2021), aglomeracji warszawskiej (redukcja wskaźnika średniego narażenia o 11 µg/m³, z 27 µg/m³ w 2012 r., do 16 µg/m³ w roku 2021).



Rysunek 5. Wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla lat 2012-2021 w odniesieniu do: (a) krajowego celu redukcji narażenia – cel na 2020 rok dla obszarów tła miejskiego dużych miast i aglomeracji (linia zielona); (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 żółta) [źródło: GIOŚ]

Jednakże, są również miasta i aglomeracje, w których mimo podejmowanych działań naprawczych i wyraźnego spadku wartości wskaźników średniego narażenia wciąż nie uzyskano stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} poniżej krajowego celu redukcji narażenia, np.: Bielsko-Biała (redukcja wskaźnika średniego narażenia o 16 µg/m³, z 37 µg/m³ w 2012 r., do 21 µg/m³ w roku 2021), aglomeracja rybnicko-jastrzębska (redukcja wskaźnika średniego narażenia o 13 µg/m³, z 37 µg/m³ w 2012 r., do 24 µg/m³ w roku 2021), aglomeracja krakowska (redukcja wskaźnika średniego narażenia o 15 µg/m³, z 38 µg/m³ w 2012 r., do 23 µg/m³ w roku 2021), aglomeracja górnośląska (redukcja wskaźnika średniego narażenia o 13 µg/m³, z 36 µg/m³ w 2012 r., do 23 µg/m³ w roku 2021).

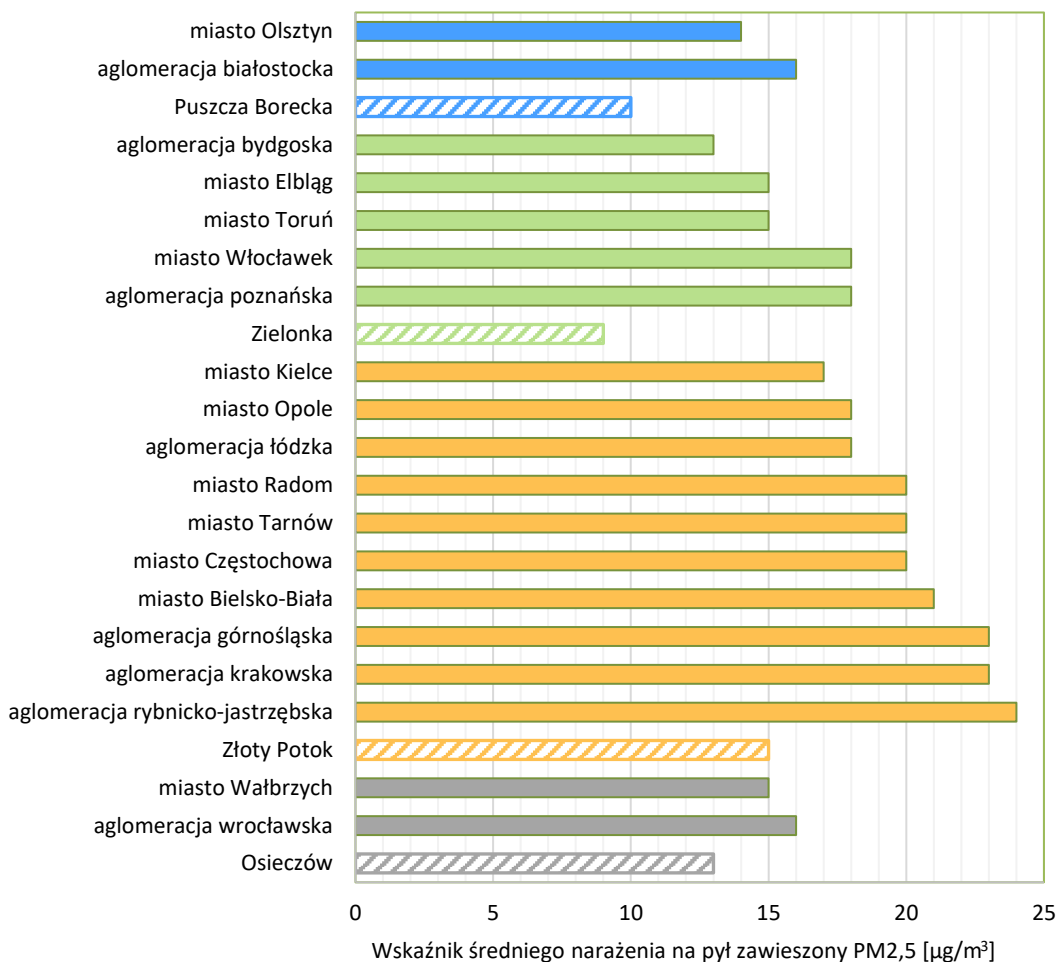
Na obszarach miast i aglomeracji południowej Polski wskaźnik średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} przekracza pułap stężenia ekspozycji (20 µg/m³). W aglomeracjach: górnośląskiej, rybnicko-jastrzębskiej, krakowskiej oraz w Bielsku-Białej na stanowiskach, na których prowadzone są pomiary pod kątem wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} przekroczony został poziom dopuszczalny³ (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, prowadzących pomiary pyłu zawieszonego PM_{2,5}: Puszcza Borecka (województwo warmińsko-mazurskie); Osieczów (województwo dolnośląskie); Żłoty 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 2021 dla stacji w: Osieczowie, Zielonce, Żłotym Potoku, Diablej Górze są niższe od pułapu stężenia ekspozycji i krajowego celu redukcji narażenia. Stacje w Osieczowie i w Żłotym Potoku są reprezentatywne dla obszarów pozamiejskich południowej i południowo-zachodniej Polski, a wskaźnik średniego narażenia wyniósł odpowiednio: w Osieczowie 13 µg/m³, w Żłotym Potoku 15 µg/m³.

W Polsce północnej stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} są znacznie niższe. Dla 2021 roku wskaźniki średniego narażenia wyniósł dla stacji Puszcza Borecka 10 µg/m³, a dla Zielonki 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.

³ Zgodnie z zapisami rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu od 2020 r. obowiązuje niższy poziom dopuszczalny dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} wynoszący 20 µg/m³ (II faza).

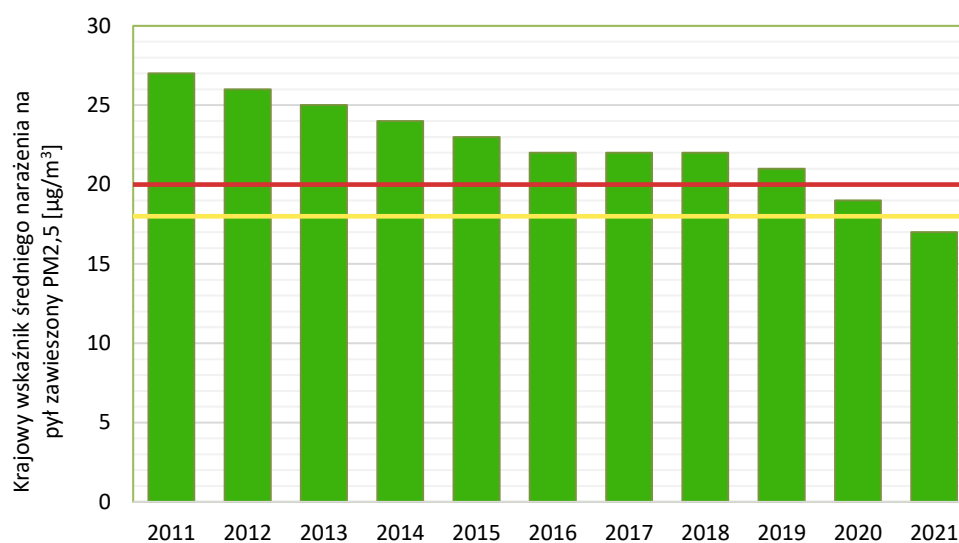


Rysunek 6. Porównanie wskaźników średniego narażenia dla wybranych dużych miast i aglomeracji ze wskaźnikami średniego narażenia obliczonymi dla wybranych obszarów pozamiejskich spełniających kryteria tła regionalnego dla roku 2021 [źródło: GIOŚ]

Z porównania obliczonych wskaźników średniego narażenia wynika, iż największy potencjał do redukcji stężenia pyłu zawieszzonego PM_{2,5} w powietrzu mają miasta i aglomeracje z województw: śląskiego i małopolskiego, jednak bez bardzo efektywnych działań naprawczych nakierowanych na źródła komunalne oraz przemysłowe, na obszarach tych nie uda się dotrzymać pułapu stężenia ekspozycji dla pyłu zawieszzonego PM_{2,5} - 20 µg/m³.

Na uwagę zasługuje również fakt, że na wszystkich analizowanych powyżej stacjach tła regionalnego, w roku 2021w porównaniu z rokiem 2020, nastąpił spadek wskaźnika średniego narażenia. Najbardziej znaczące obniżenie wartości wskaźnika średniego narażenia wystąpiło na stacji w Złotym Potoku i Zielonce - 2 µg/m³, na pozostałych dwóch stacjach tła regionalnego o 1 µg/m³.

Wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia obliczone dla lat 2010-2021⁴ 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). Rok 2020 był kolejnym rokiem ze spadkiem wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} do wartości wynoszącej 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Rok 2021, to również rok ze spadkiem wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia do wartości wynoszącej 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a tym samym jest to najniższa wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia otrzymana od roku 2010. Jest to kolejny rok, w którym osiągnięty został pułap stężenia ekspozycji (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i pierwszy rok, w którym został osiągnięty 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 2011-2021 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

⁴ Zgodnie z 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. obliczono na podstawie wyników pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} z dwóch lat (2010 i 2011), a wskaźniki dla 2010 r. obliczono na podstawie wyników pomiarów z jednego roku (2010 r.). Dla pozostałych lat wskaźniki obliczono na podstawie wyników pomiarów z trzech lat.

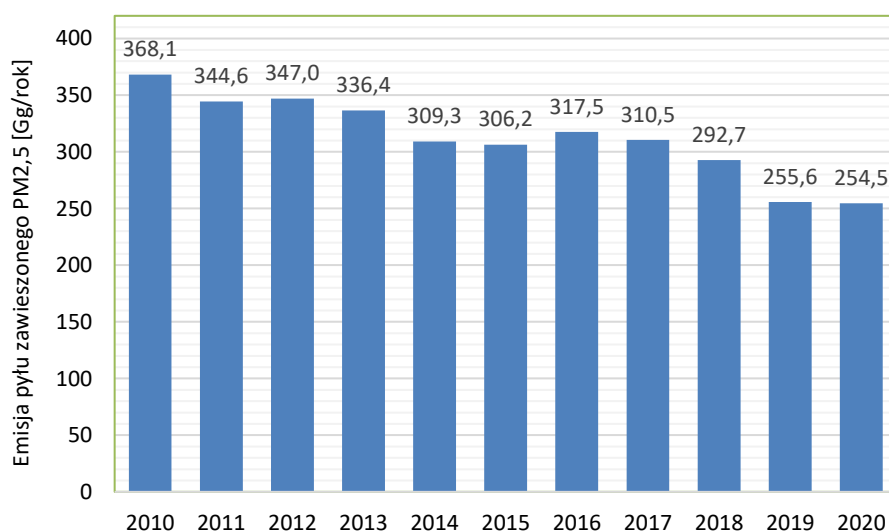
samym emisje z odległych emitorów (oprócz emisji lokalnych) mogą mieć istotny wpływ na poziom stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} w powietrzu w rejonach oddalonych od źródeł emisji.

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 zawieszonego 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).

W najnowszym opracowaniu wykonanym w 2022 roku przez KOBIZE po raz pierwszy zastosowane zostały nowe wskaźniki emisji pyłów ze stacjonarnych źródeł spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym, które uwzględniają zarówno frakcję filtrowaną, jak i kondensującą pyłów. Przyczyniło się to do wzrostu udziału sektora komunalno-bytowego w całkowitej emisji pyłu PM_{2,5} z 49% do 78% w porównaniu z rokiem 2019.

Zmiany emisji pyłu PM_{2,5} w latach 2010-2020 zostały przedstawione na rysunku 8.



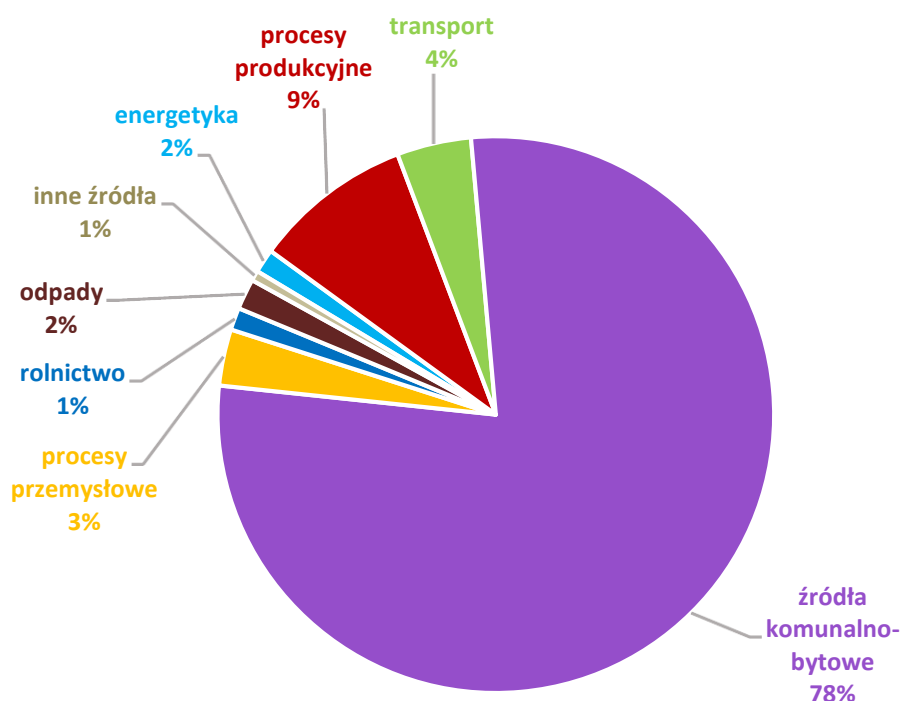
Rysunek 8. Emisja pyłu PM_{2,5} dla Polski w latach 2010-2020
[źródło: KOBIZE, 2022]

Największa emisja pyłu PM_{2,5} wystąpiła w 2010 roku, gdzie wyniosła ponad 360 Gg. W kolejnych latach, aż do roku 2015, obserwowano jej sukcesywny spadek. Emisja pyłu PM_{2,5}

w roku 2020 wyniosła 254,5 Gg i była o ok. 31% niższa niż emisja z roku 2010. W roku 2019 i 2020 emisja pyłu PM_{2,5} kształtowała się na porównywalnym poziomie. W roku 2020 zanotowano niewielki spadek emisji pyłu PM_{2,5} w porównaniu z rokiem poprzednim – o 0,4% (KOBIZE 2022). Największy wpływ na tę zmianę miał spadek zużycia węgla kamiennego i drewna w sektorze komunalno-bytowym.

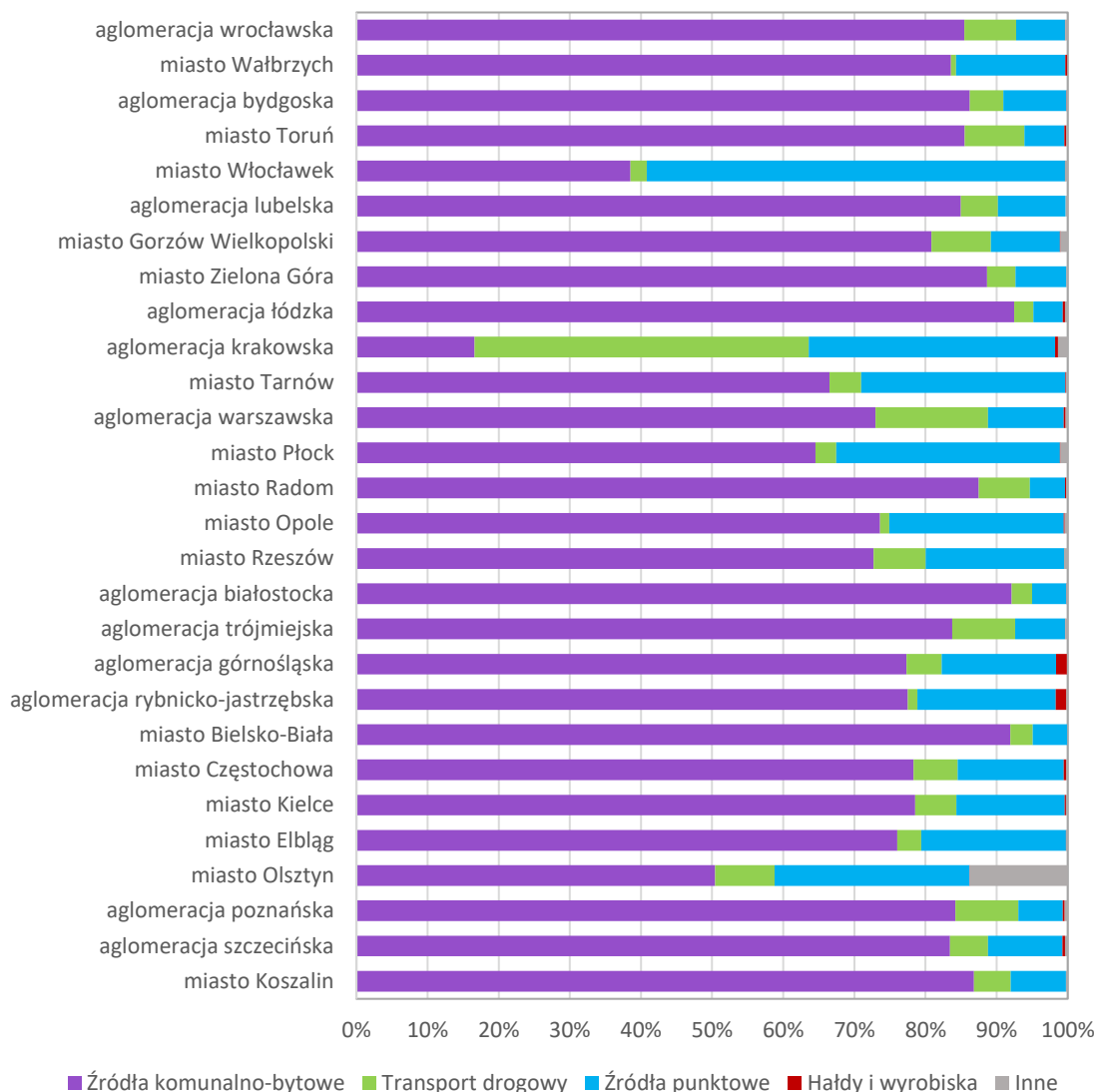
Największy udział w emisji pyłu PM_{2,5} mają procesy spalania paliw stałych poza przemysłem, głównie w sektorze komunalno-bytowym, które stanowią aż 78% całkowitego udziału w emisji pyłu PM_{2,5} (Rys. 9). Wielkość rocznej emisji zanieczyszczeń z tego sektora zależna jest między innymi od warunków pogodowych w danym roku – długości trwania sezonu grzewczego oraz temperatury powietrza w tym sezonie.

Innymi istotnymi źródłami emisji antropogenicznej pyłu PM_{2,5} są także procesy produkcyjne i transport, stanowiące odpowiednio 9% i 4% udziału w emisji.



Rysunek 9. Udział poszczególnych sektorów w emisji pyłu PM_{2,5} w Polsce w roku 2020.
[źródło: KOBIZE, 2022]

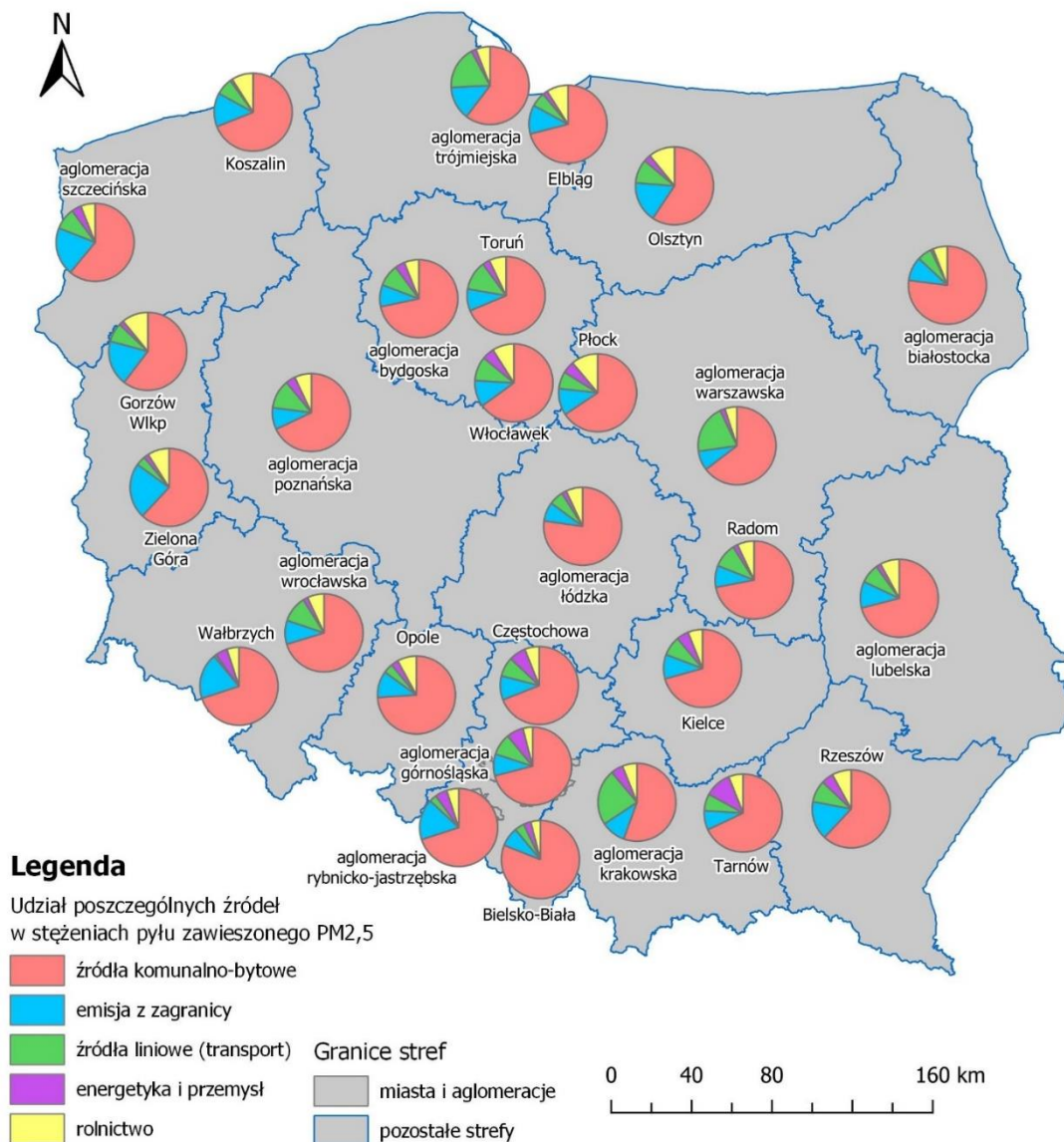
Największy udział w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} w poszczególnych miastach i aglomeracjach mają źródła komunalno-bytowe. Wyjątek stanowią miasta Włocławek i Płock, na obszarze których funkcjonują duże zakłady przemysłu chemicznego. Na uwagę zasługuje również aglomeracja krakowska, na obszarze której zrealizowane działania naprawcze spowodowały istotne ograniczenia w emisji pyłu PM_{2,5} ze źródeł komunalno-bytowych (Rys. 10). Jednak udział emisji z tego sektora w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} w mieście nadal pozostaje wysoki ze względu na duże emisje z obszarów gmin sąsiadujących z Krakowem, gdzie działania na rzecz redukcji emisji pyłu nie są tak intensywne jak w Krakowie.



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

Wielkość emisji pyłu PM_{2,5} przekłada się na stężenia tego zanieczyszczenia w powietrzu atmosferycznym. Na rysunku 11 przedstawiono udział poszczególnych sektorów w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla poszczególnych miast i aglomeracji na podstawie których, obliczono wskaźnik średniego narażenia dla roku 2020.

W aglomeracjach, w których występuje wzmożony ruch pojazdów, tj.: krakowskiej, warszawskiej oraz trójmiejskiej, wyraźnie zauważalny jest wpływ transportu na stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5}. Wzdłuż zachodniej granicy kraju, w pasie województw północnych oraz na Podkarpaciu duży udział procentowy w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} ma również napływ transgraniczny. Z kolei miasta: Olsztyn, Płock i Gorzów Wielkopolski wyróżniają się na tle kraju największym udziałem rolnictwa w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} (ok. 11%).



Rysunek 11. Udział poszczególnych źródeł w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} w poszczególnych miastach i aglomeracjach w roku 2021 [źródło: IOŚ-PIB, 2022]

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 panujące w danym okresie na określonym obszarze. Wpływają one na procesy fizykochemiczne zachodzące w atmosferze, a także oddziałują na wielkość emisji wybranych zanieczyszczeń.

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

Według danych IMGW-PIB, średnia roczna temperatura w 2021 roku na obszarze Polski wyniosła 8,7°C i była równa średniej rocznej wieloletniej dla okresu 1991-2020. Była to wartość niższa o 1,2°C od średniej rocznej dla roku 2020 (9,9°C) i niższa o 1,5°C od średniej rocznej dla ekstremalnie ciepłego roku 2019 (10,2°C). Średnia temperatura w styczniu 2021 roku mieściła się w normie, natomiast w lutym średnia temperatura była o 1,5°C niższa od klimatologicznej normy. Sezon zimowy trwający od grudnia 2020 roku do lutego 2021 roku charakteryzowały znacznie niższe zakresy temperatury niż odnotowywane w poprzednim sezonie zimowym z przełomu lat 2019/2020, który był najcieplejszym sezonem zimowym w historii pomiarów temperatury. Bardzo chłodna była również wiosna. W zróżnicowaniu przestrzennym na obszarach nadmorskich wiosna sklasyfikowana została jako lekko chłodna, a na południu kraju anomalnie i ekstremalnie chłodna. Rok 2021 charakteryzował się anomalnie ciepłym latem, w północnej części kraju ekstremalnie ciepłym. Okres od czerwca do sierpnia 2021 roku był czwartym najcieplejszym latem w Polsce od połowy XX wieku. Jesień pod względem termicznym sklasyfikowana została jako ciepła, na północy kraju bardzo i anomalnie ciepła, a na wschodzie w normie. Grudzień 2021 roku sklasyfikowany został jako lekko chłodny.

Konsekwencją chłodniejszej zimy i wiosny była zwiększona emisja z ogrzewania domów i mieszkań, co koresponduje z wyraźnie wyższymi stężeniami zanieczyszczeń emitowanych z sektora komunalno-bytowego w roku 2021. W takich warunkach zwiększone było w stosunku do roku 2020 zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynków, co w rezultacie spowodowało zwiększenie niskiej emisji komunalno-bytowej pyłu (mającej decydujący wpływ na poziom stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} w terenach zabudowanych), a także zwiększenie emisji pyłu i prekursorów pyłu z ciepłowni i elektrociepłowni. W rezultacie średnie roczne stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} były w 2021 r. zbliżone wartościami do stężeń uzyskanych w roku 2019. Średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla stacji uwzględnianych w obliczeniach wskaźników średniego narażenia w 2021 r. wynosiło 18 µg/m³ i było o ok. 13% wyższe w stosunku do roku 2020 i ok. 2% wyższe niż w roku 2019.

Czynnikiem, który w znacznej mierze warunkuje jakość powietrza jest również opad atmosferyczny, który poprzez wymywanie zanieczyszczeń wpływa na zmniejszenie się poziomu ich stężenia w atmosferze. Pod względem opadowym rok 2021 sklasyfikowany został jako normalny. Obszarowo uśredniona suma opadu atmosferycznego w roku wyniosła 627,3 mm, co stanowiło 103% normy z lat 1991-2020. W ujęciu sezonowym zimę (styczeń, luty) i wiosnę sklasyfikowano jako normalne, lato jako wilgotne, a jesień jako bardzo suchą. Średnia roczna suma opadów atmosferycznych, obliczona na podstawie pomiarów z 52 stacji synoptycznych, stanowiła 100,6% wartości normy z lat 1991-2020. Przebieg sumy opadów był zróżnicowany w poszczególnych miesiącach. Najwyższe miesięczne odchylenia sumy opadu odnotowano w sierpniu (204% normy), najniższe w październiku (44% normy) i w marcu (59% normy).

Pokrywa śnieżna w sezonie 2020/2021 zalegała średnio nieco krócej w porównaniu do normy wieloletniej, szczególnie w centrum kraju. Natomiast należy mieć na uwadze, że w porównaniu z poprzednim, łagodnym sezonem zimowym, w 2021 roku pokrywa śnieżna utrzymywała się znacznie dłużej.

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): Tarnów, Radom, Bielsko-Biała, Częstochowa, aglomeracja krakowska, aglomeracja górnośląska, aglomeracja rybnicko-jastrzębska - można uzyskać poprzez znaczące

ograniczenie emisji przede wszystkim ze źródeł komunalno-bytowych. Jednocześnie, nie pomijając ograniczenia 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.

Działania zmierzające do ograniczenia emisji pyłu zawieszonego PM_{2,5} przyjmowane są na poziomie województw w uchwałach antysmogowych i programach ochrony powietrza.

7. Wnioski końcowe

Wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla 2021 roku wynosi **17 µg/m³**. Wartość ta jest o **2 µg/m³** mniejsza od wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia dla roku 2020 oraz o **5 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 pierwszy 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 2021 r. jest o 15% mniejsza od pułapu stężenia ekspozycji (20 µg/m³) będącego w tym względzie standardem jakości powietrza, który należy dotrzymywać od roku 2015.

W żadnym z miast i aglomeracji nie odnotowano wzrostu wskaźnika średniego narażenia w roku 2021 względem roku 2020. W 26 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika w 2021 r. była niższa od wartości z roku 2020 (spadek od 1 do 3 µg/m³). W miastach Gorzów Wlkp. i Kielce wartość wskaźnika nie zmieniła się.

W 4 miastach i aglomeracjach wskaźnik średniego narażenia był w 2021 r. wyższy od pułapu stężenia ekspozycji (20 µg/m³), w 3 równy tej wartości, w pozostałych 21 – niższy od wartości pułapu stężenia ekspozycji.

Najniższą wartość wskaźnika, spośród obliczonych dla poszczególnych miast i aglomeracji, uzyskano dla aglomeracji trójmiejskiej - 12 µg/m³ oraz miast Zielona Góra i Koszalin - 12 µg/m³ (Rysunek 4). Najwyższe wartości wskaźnika uzyskano dla aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej - 24 µg/m³, aglomeracji górnośląskiej 23 µg/m³, aglomeracji krakowskiej 23 µg/m³ i miasta Bielsko-Biała - 21 µg/m³.

Na poziom notowanych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} wpływ ma przede wszystkim krajowa emisja pyłu pierwotnego PM_{2,5} oraz emisja prekursorów pyłu. Emisja pyłu PM_{2,5} w roku 2020 wyniosła 254,5 Gg i była o ok. 31% niższa od emisji z roku 2010. W roku 2019 i 2020 emisja pyłu PM_{2,5} kształtowała się na porównywalnym poziomie.

W miejscach z najwyższymi stężeniami, na poziom zanieczyszczenia powietrza największy wpływ ma z reguły emisja pyłu pierwotnego z niskich źródeł emisji związanych ze spalaniem paliw stałych na cele grzewcze i bytowe, które stanowią aż 78% całkowitego udziału w emisji pyłu PM_{2,5}. Kolejnymi kategoriami źródeł emisji mającymi znaczący wpływ na poziom stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} są procesy produkcyjne i transport, stanowiące odpowiednio 9% i 4% udziału w emisji.

Dlatego też, w celu uzyskania poprawy jakości powietrza w miastach i aglomeracjach, w których nie osiągnięto pułapu stężenia ekspozycji ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$): Tarnów, Radom, Bielsko-Biała, Częstochowa, aglomeracja krakowska, aglomeracja górnośląska, aglomeracja rybnicko-jastrzębska, należy dążyć do ograniczania emisji pyłu $\text{PM}_{2,5}$ ze źródeł punktowych i transportu drogowego.

Podsumowując, podkreślić należy, iż wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony $\text{PM}_{2,5}$ 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 Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie sposobu obliczania wskaźników średniego narażenia oraz sposobu oceny dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji (Dz. U. 2012 poz. 1029).
2. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2012 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, 2022. Krajowy bilans emisji SO_2 , NO_x , CO, NH_3 , NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990-2020. Raport syntetyczny.
6. Baza danych GIOŚ (JPOAT2,0).
7. Roczne oceny jakości powietrza za rok 2021.
8. <https://klimat.imgw.pl/>.