



GŁÓWNY INSPEKTORAT OCHRONY ŚRODOWISKA

Departament Monitoringu Środowiska

**Wpływ ograniczeń gospodarczych
związanych z pandemią Covid-19
na wysokość stężeń zanieczyszczeń powietrza
w 2020 roku**



Warszawa 2021

Pracę wykonano w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska.



Praca wykonana na podstawie umowy nr GIOŚ/ZP/32/2021/DMS/NFOŚ z dnia 15 lutego 2021 r. zawartej pomiędzy Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska a Instytutem Ochrony Środowiska – Państwowym Instytutem Badawczym oraz INFAIR Dominik Kobus, finansowanej ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Spis treści

1.	WSTĘP.....	4
2.	STAN WIEDZY.....	5
3.	ZMIANY ZWIĄZANE Z WPROWADZANIEM OBOSTRZEŃ EPIDEMII COVID-19 W POLSCE	7
3.1	OBOSTRZENIA I OGRANICZENIA ZWIĄZANE ZE STANEM EPIDEMII COVID-19 W 2020 ROKU	7
3.1.1	MARZEC 2020	7
3.1.2	KWIECIEŃ 2020.....	8
3.1.3	MAJ 2020.....	8
3.1.4	CZERWIEC 2020	9
3.1.5	PAŹDZIERNIK 2020.....	9
3.1.6	LISTOPAD 2020	10
3.1.7	GRUDZIEŃ 2020	11
3.2	ZMIANY W ZAPOTRZEBOWANIU NA ENERGIĘ I PRODUKCJI PRZEMYSŁOWEJ	11
4.	JAKOŚĆ POWIETRZA W ROKU 2020 NA TŁE LAT 2016 - 2020	14
4.1	TREND STĘŻEŃ ZANIECZYSZCZEŃ W LATACH 2016 - 2020	14
4.1.1	PYŁ PM ₁₀	14
4.1.2	PYŁ PM _{2.5}	19
4.1.3	DWUTLENEK AZOTU (NO ₂).....	24
4.1.4	BENZO(A)PIREN	29
4.2	ZMIANA STĘŻEŃ NA STACJACH KOMUNIKACYJNYCH, TŁA MIEJSKIEGO I TŁA POZAMIEJSKIEGO	33
4.2.1	PYŁ PM ₁₀	33
4.2.2	PYŁ PM _{2.5}	36
4.2.3	DWUTLENEK AZOTU	38
4.3	ROZKŁAD PRZESTRZENNY RÓŻNIC STĘŻEŃ W ROKU 2020 WZGLĘDEM 2019.....	40
5.	WARUNKI TERMICZNE W ROKU 2020 NA TŁE LAT 2016 - 2020	49
5.1	ZMIANA TEMPERATURY POWIETRZA W OKRESIE 2016 - 2020	49
5.2	ANALIZA ZMIENNOŚCI ŚREDNICH STĘŻEŃ ZANIECZYSZCZEŃ I TEMPERATURY POWIETRZA	50
6.	PODSUMOWANIE	58
7.	BIBLIOGRAFIA	60
	ZAŁĄCZNIKI	62

1. Wstęp

Celem raportu jest ocena, czy wprowadzane w Polsce w roku 2020 ograniczenia i obostrzenia związane z epidemią Covid-19 miały wpływ na poziom stężeń PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_2 , i benzo(a)pirenu w pyłe PM_{10} , obserwowanych na stacjach monitoringu jakości powietrza Państwowego Monitoringu Środowiska. W pracy wykorzystano dostępne informacje o ograniczeniach i obostrzeniach związanych z pandemią Covid-19. Podstawą analizy było porównanie poziomu zanieczyszczeń w roku 2020 z rokiem 2019, na tle danych z ostatnich pięciu lat (2016 - 2020). Wyniki analiz omówiono w odniesieniu do poszczególnych kwartałów 2020 r., a także w odniesieniu do całego roku 2020. Wykorzystano pomiary ze stacji Państwowego Monitoringu Środowiska, ze stanowisk manualnych i automatycznych (Tabela 1).

Tabela 1. Liczba stacji monitoringu jakości powietrza wykorzystanych w analizie, z uwzględnieniem podziału na metodę pomiarową i typ stacji (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Zanieczyszczenie	Ogółem	Rodzaj stanowiska		Typ stacji		
	Stanowiska	Automatyczne	Manualne	Miejskie (w tym komunikacyjne)	Podmiejskie	Pozamiejskie
PM_{10}	190	79	111	171 (13)	11	8
$PM_{2.5}$	72	22	50	65 (5)	3	4
NO_2	106	103	3	77 (12)	11	18
BaP	84	0	84	74 (0)	6	4

Pierwsze informacje medialne o przypadkach zachorowań na chorobę wywołaną przez nieznanego wcześniej typ koronawirusa, nazwanego SARS-CoV-2, pojawiły się w listopadzie 2019. Do stycznia 2020 zachorowania pojawiały się głównie w mieście Wuhan, w środkowych Chinach, stopniowo rozprzestrzeniając się w całych Chinach, a następnie w innych krajach. W dniu 30 stycznia 2020 roku Komitet WHO ds. Zagrożeń zarekomendował ogłoszenie stanu zagrożenia zdrowia publicznego o zasięgu międzynarodowym.

W drugiej połowie lutego 2020 roku ogniska zakażeń wystąpiły w Europie, głównie we Włoszech, ale już 13 marca 2020 r. WHO podała, że centrum pandemii wywołanej przez koronawirusa SARS-CoV-2 stała się Europa. Od 4 marca 2020 r. zakażenia były notowane w Polsce.

Wiosną 2020 r. w celu przeciwdziałania rozprzestrzenianiu się zakażeń w większości krajów wprowadzono ograniczenia dotyczące m.in. przemieszczania się, wprowadzono czasowo całkowitą lub częściową kwarantannę, odroczone lub odwołano szereg wydarzeń sportowych, religijnych i kulturalnych. Na poziomie krajowym lub lokalnym zostały zamknięte szkoły i uniwersytety. Część państw zamknęła granice lub wprowadziła ograniczenia ruchu

granicznego, w tym przylotów pasażerów, oraz restrykcje wobec osób przekraczających granice. Wprowadzone ograniczenia spowodowały redukcję emisji z niektórych sektorów aktywności gospodarczej (m.in. transportu i wybranych gałęzi przemysłu) oraz potencjalny wzrost emisji ze źródeł komunalno-bytowych ze względu na pozostawanie ludności w kwarantannie w gospodarstwach domowych.

2. Stan wiedzy

W ciągu pierwszych siedmiu miesięcy po wybuchu pandemii ukazało się ponad dwieście artykułów dotyczących wpływu ograniczeń związanych z epidemią Covid-19 na poziom stężeń zanieczyszczeń, z wykorzystaniem obserwacji ze stacji monitoringu jakości powietrza, pomiarów satelitarnych oraz modelowania. Tylko około jedna trzecia tej literatury obejmowała metody korekty wyników ze względu na sytuację meteorologiczną lub normalizacji w celu porównania danych z okresu blokady gospodarczej z wcześniejszymi obserwacjami referencyjnymi (Georgios i inni, 2021).

Większość opublikowanych badań w zakresie redukcji poziomu zanieczyszczeń obejmowała różne regiony Azji i Ameryki Łacińskiej (np. Broomandi i in., 2020; Dantas i in., 2020; Mahato i in., 2020; Siciliano i in., 2020; Velásquez i Lara, 2020; Zambrano-Monserrate i Ruano, 2020). Shi i Brasseur (2020) wykazali na podstawie pomiarów naziemnych, że łączny wpływ ograniczeń i czynnika meteorologicznego spowodował w styczniu 2020 r. w Chinach zmniejszenie stężeń pyłu zawieszonego $PM_{2.5}$ i NO_2 o odpowiednio o 35% i 60%. W przypadku ozonu stwierdzono wzrost o ok. 50%.

Na terenie Stanów Zjednoczonych analiza danych z 28 stacji monitoringu jakości powietrza wykazała obniżenie stężeń dwutlenku azotu (NO_2) i tlenku węgla (CO) podczas pierwszej fazy blokady (15 marca - 25 kwietnia 2020 r.). W porównaniu z wartościami stężeń obserwowanymi w latach 2017 – 2019 redukcje te wyniosły do 49% w przypadku NO_2 i do 37% w przypadku CO, z tendencją do większego spadku w obszarach o wyższej gęstości zaludnienia. Znaczące redukcje pyłu zawieszonego ($PM_{2.5}$ i PM_{10}) wystąpiły tylko w metropoliach północno-wschodniej Kalifornii i Nevady (Chen i inni, 2020).

W Europie analizy dotyczyły przeważnie krajów Europy Zachodniej. W oparciu o pomiary ze stacji monitoringowych w regionie Barcelony w Hiszpanii Tobias i in. (2020) odnotowali spadek od 45% do 51% stężeń sadzy (Black Carbon) i NO_2 oraz od 28% do 31% w przypadku stężeń PM_{10} . Odnotowano również wzrost dobowego maksymalnego stężenia ozonu od 33% do 57%. W Hiszpanii wprowadzane ograniczenia potraktowano jako podstawę do ilościowego określenia możliwego spadku zanieczyszczenia NO_2 na skutek ograniczenia ruchu samochodowego. W przypadku dwóch największych miast Hiszpanii (Madrytu i Barcelony) redukcje stężeń NO_2 wyniosły 62% i 50% (Baldasano, 2020). Wpływ ograniczeń gospodarczych oceniano również przy użyciu danych satelitarnych, całkowitej zawartości NO_2 w przekroju

atmosfery. W pracy Bauwens et al. (2020) z wykorzystaniem obserwacji TROPOMI i OMI wykazano znaczny spadek stężenia NO_2 w kolumnie troposferycznej nad obszarem Europy Zachodniej od 20% do 38%.

W celu ilościowej oceny wpływu ograniczeń gospodarczych na poziom stężeń zanieczyszczeń w ujęciu przestrzennym zastosowano modelowanie numeryczne. Wyniki uzyskane przez Menut i inni (2020) w rozdzielczości 20 km wykazały, że ograniczenia miały wpływ na redukcję stężeń NO_2 w zakresie od 30% do 50% we wszystkich krajach Europy Zachodniej. Wpływ na redukcję stężenia pyłów był mniej znaczący – w granicach 5 - 15%.

Wpływ ograniczeń gospodarczych na jakość powietrza w Polsce zbadano w pracy Filonchik i in. (2021). Badania przeprowadzono z wykorzystaniem obserwacji satelitarnych grubości optycznej aerozolu (AOD) z instrumentu MODIS oraz kolumny troposferycznej NO_2 obserwowanej przez instrument OMI. Do ilościowej oceny zmian zanieczyszczenia powietrza wykorzystano również stężenia $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 i SO_2 ze stacji monitoringu jakości powietrza zlokalizowanych w pięciu dużych miastach kraju. Dane naziemne i satelitarne wykazały redukcję zanieczyszczeń w okresie od marca do maja, w porównaniu z tymi samymi miesiącami w 2018 i 2019 roku. W szczególności dane AOD wykazały redukcję stężeń aerozoli w kolumnie powietrza w kwietniu i maju 2020 r. o około 23% i 18% w porównaniu do lat 2018 – 2019. Dla tych samych miesięcy odnotowano największy spadek stężeń na stacjach monitoringowych - w przypadku $\text{PM}_{2.5}$ w kwietniu 2020 r., od 11,1% do 26,4% i maju od 8,7 do 21,1% w stosunku do 2019 roku. Redukcje PM_{10} wyniosły odpowiednio od 8,6% do 33,9% w kwietniu 2020 i od 8,5% do 31,5% w maju w porównaniu z tymi samymi miesiącami w 2019 r. Autorzy publikacji nie odnieśli się do wpływu sytuacji meteorologicznej i napływu dalekozasięgowego, zwłaszcza w kontekście zmian AOD.

Raport Europejskiej Agencji Środowiska również odnosił się do wpływu ograniczeń gospodarczych na poziom zanieczyszczenia w Europie. Dane Europejskiej Agencji Środowiska (EEA) potwierdziły duże spadki stężeń zanieczyszczeń powietrza - w szczególności stężeń dwutlenku azotu (NO_2) - głównie z powodu ograniczonego ruchu i innych obostrzeń, zwłaszcza w dużych miastach (EEA, 2020). W większości krajów europejskich przygotowano także raporty krajowe. Wnioski z tych raportów potwierdzają wpływ ograniczeń gospodarczych, zwłaszcza ograniczenia przemieszczania się na stężenia NO_2 i relatywnie niewielki wpływ na stężenia pyłu PM_{10} , m.in. ze względu na specyficzne warunki meteorologiczne w marcu 2020 r., sprzyjające akumulacji zanieczyszczeń.

3. Zmiany związane z wprowadzaniem obostrzeń epidemii Covid-19 w Polsce

Doświadczenia europejskie dotyczące szybkiego szerzenia się epidemii Covid-19 spowodowały, że wkrótce po wykryciu pierwszych przypadków w Polsce zostały podjęte kroki, których celem było ograniczenie rozpowszechniania się tego wirusa. Podjęto nie tylko decyzje zalecające większą dbałość o higienę, dezynfekcję, zasłanianie ust i nosa, ale również wprowadzono m.in. ograniczenia w ruchu granicznym, ograniczono usługi i handel oraz zamknięto miejsca rozrywki i kultury. Ograniczenia te wprowadzano najczęściej Rozporządzeniami Rady Ministrów lub Ministra Zdrowia.

3.1 Obostrzenia i ograniczenia związane ze stanem epidemii COVID-19 w 2020 roku

Od samego początku pandemii Covid-19 w Polsce podejmowane były decyzje i wprowadzane działania mające na celu ochronę życia i zdrowia ludzi. Wiele dziedzin gospodarki zostało zmuszonych do modyfikacji sposobu funkcjonowania i świadczenia usług. Dużą zmianą było powszechne wprowadzenie zdalnej nauki i zdalnej pracy.

3.1.1 Marzec 2020

Na terenie kraju, w dniu 13 marca 2020 roku wprowadzono pierwsze rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie ogłoszenia stanu zagrożenia epidemicznego w Polsce¹, a 7 dni później wprowadzono stan epidemii. Od tego momentu zostały wprowadzone następujące zasady:

- należy zachować minimum 2 m odstępu od innych osób,
- nakaz zasłaniania ust i nosa w miejscach użytku publicznego,
- osoby powracające zza granicy muszą odbyć 14-dniową kwarantannę,
- **wyjść z domu można do sklepu po zakupy spożywcze lub do pracy,**
- **zalecenie pracy zdalnej,**
- **zamknięcie granic Polski,**
- **połączenia lotnicze pasażerskie zostały wstrzymane,**
- **ograniczona liczba pasażerów w komunikacji miejskiej,**
- **szkoły, przedszkola, uczelnie wyższe - nauczanie zdalne,**
- w imprezach masowych mogło uczestniczyć poniżej 50 osób,
- kina, teatry, siłownie, baseny i inne miejsca sportu zostały zamknięte,
- galerie handlowe, restauracje, hotele oraz salony kosmetyczne i fryzjerskie zostały zamknięte,

¹ Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 marca 2020 r. w sprawie ogłoszenia na obszarze Rzeczypospolitej Polskiej stanu zagrożenia epidemicznego (Dz.U. z 2020 r., poz. 433)

- w sklepach może przebywać ograniczona liczba osób; 3 osoby na jedną kasę; godziny otwarcia sklepu między 10:00 a 12:00 przeznaczone dla osób powyżej 65 roku życia,
- zakaz wstępu do lasów i parków, ograniczenia liczby osób w kościołach.

3.1.2 Kwiecień 2020

W dniu 15 kwietnia 2020 roku Rada Ministrów wydała Rozporządzenie, w którym przedstawiony był I etap zaostrzenia obostrzeń²:

- w sklepach o powierzchni do 100 m² mogły przebywać 4 osoby na jedną kasę, a w sklepach o powierzchni powyżej 100 m² - 1 osoba na 15 m²,
- można było korzystać z lasów i parków,
- zwiększono liczbę osób przebywających w kościołach.

Pozostałe ograniczenia dalej obowiązywały.

3.1.3 Maj 2020

W maju 2020 roku wprowadzono kolejne etapy precyzujące nakładane obostrzenia^{3,4}, gdzie obowiązywały następujące zasady:

- należało zachować minimum 2 m odstępu od innych osób,
- nakaz zasłaniania ust i nosa w miejscach użytku publicznego,
- osoby powracające zza granicy musiały odbyć 14-dniową kwarantannę,
- w imprezach masowych mogło uczestniczyć maksymalnie 50 osób,
- nauka stacjonarna w uczelniach muzycznych i artystycznych oraz w szkołach policealnych,
- możliwość korzystania z obiektów sportowych w ograniczonej liczbie osób,
- **otwarcie sklepów w galeriach handlowych, bibliotek, hoteli, restauracji, salonów kosmetycznych i fryzjerskich – w określonym reżimie sanitarnym,**
- **liczba pasażerów korzystająca z komunikacji miejskiej została zwiększona,**
- zwiększono limit osób przebywających w kościołach.

² Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 kwietnia 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ustanowienia określonych ograniczeń, nakazów i zakazów w związku z wystąpieniem stanu epidemii (Dz.U. z 2020 r., poz. 673)

³ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 maja 2020 r. w sprawie ustanowienia określonych ograniczeń, nakazów i zakazów w związku z wystąpieniem stanu epidemii (Dz.U. z 2020 r., poz. 792)

⁴ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 16 maja 2020 r. w sprawie ustanowienia określonych ograniczeń, nakazów i zakazów w związku z wystąpieniem stanu epidemii (Dz.U. z 2020 r., poz. 878)

3.1.4 Czerwiec 2020

Kolejnym miesiącem zmań regulacyjnych dotyczących ostrożeń związanych z COVID-19 był czerwiec, kiedy to wprowadzono następujące zasady^{5,6}:

- **granice kraju zostały otwarte, zniesienie 14-dniowej kwarantanny dla osób przyjeżdżających do Polski,**
- **wznowienie lotów międzynarodowych,**
- **liczba osób uczestniczących w imprezach na powietrzu zwiększona do 150,**
- **w weselach i uroczystościach rodzinnych mogło uczestniczyć do 150 osób,**
- otwarcie kin, teatrów, siłowni, basenów i parków rozrywki,
- zniesienie limitu osób w sklepach i kościołach,
- w przestrzeni otwartej zniesienie obowiązku zasłaniania ust i nosa.

W lipcu, sierpniu i wrześniu 2020 r. zostały utrzymane ograniczenia wprowadzone w czerwcu.

3.1.5 Październik 2020

W październiku 2020 r. wzrost liczby osób zakażonych Covid-19 spowodował ponowne wprowadzanie obostrzeń^{7,8,9}. Powiaty podzielono na strefy żółte i czerwone, w zależności od liczby osób zakażonych. Od 10 października cały kraj był strefą żółtą, a od 24 października - strefą czerwoną. Od tego momentu obowiązywały następujące zasady:

- należało zachować minimum 2 m odstępu od innych osób,
- nakaz zasłaniania ust i nosa w miejscach użytku publicznego,
- osoby do 16 roku życia w godzinach 8 – 16 nie mogły przemieszczać się bez opieki osoby dorosłej,
- w transporcie publicznym limit pasażerów- zajęte 30% wszystkich miejsc,
- w zgromadzeniach publicznych mogło uczestniczyć do 5 osób,
- zakaz organizacji wesel i imprez rodzinnych,
- **nauka zdalna w szkołach podstawowych w klasach 4 – 8, w szkołach średnich i wyższych,**

⁵ Obwieszczenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 maja 2020 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie wysokości i szczegółowych zasad przyznawania, odmowy przyznania, cofania i zwracania przez policjantów równoważnika pieniężnego za brak lokalu mieszkalnego (Dz.U. z 2020 r., poz. 946)

⁶ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 czerwca 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ustanowienia określonych ograniczeń, nakazów i zakazów w związku z wystąpieniem stanu epidemii (Dz.U. z 2020 r., poz. 1031)

⁷ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 października 2020 r. w sprawie ustanowienia określonych ograniczeń, nakazów i zakazów w związku z wystąpieniem stanu epidemii (Dz.U. z 2020 r., poz. 1758)

⁸ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 16 października 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ustanowienia określonych ograniczeń, nakazów i zakazów w związku z wystąpieniem stanu epidemii (Dz.U. z 2020 r., poz. 1829)

⁹ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 października 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ustanowienia określonych ograniczeń, nakazów i zakazów w związku z wystąpieniem stanu epidemii (Dz.U. z 2020 r., poz. 1871)

- **zalecenie pracy zdalnej w każdym możliwym przypadku,**
- wydarzenia sportowe odbywały się bez publiczności, siłownie i baseny zostały zamknięte,
- w wydarzeniach kulturalnych mogło uczestniczyć 25% publiczności,
- w placówkach handlowych poniżej 100 m² powierzchni mogło przebywać 5 osób na jedną kasę, a powyżej 100 m² powierzchni 1 osoba na 15 m²,
- lokale gastronomiczne mogły prowadzić sprzedaż produktów jedynie na wynos,
- salony kosmetyczne i fryzjerskie były otwarte w określonym reżimie sanitarnym.

3.1.6 Listopad 2020

Od 30 października do 2 listopada 2020 roku obowiązywał zakaz wstępu na cmentarze¹⁰. Kolejnym podjętym krokiem, poza utrzymaniem istniejących obostrzeń wprowadzonych w październiku były obostrzenia obejmujące działalność hotelarską, gastronomiczną oraz edukację¹¹:

- **wprowadzenie nauki zdalnej w klasach 1 – 3 szkół podstawowych,**
- zamknięcie kin, muzeów i teatrów,
- zamknięcie wszystkich sklepów w galeriach handlowych poza spożywczymi, drogerijnymi, budowlanymi i medycznymi,
- zamknięcie hoteli, za wyjątkiem wyjazdów służbowych.

¹⁰ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 października 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ustanowienia określonych ograniczeń, nakazów i zakazów w związku z wystąpieniem stanu epidemii (Dz.U. z 2020 r., poz. 1917)

¹¹ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 6 listopada 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ustanowienia określonych ograniczeń, nakazów i zakazów w związku z wystąpieniem stanu epidemii (Dz.U. z 2020 r., poz. 1972)

3.1.7 Grudzień 2020

Od 28 listopada do 28 grudnia 2020 r. nieznacznie złagodzone wcześniejsze restrykcje, gdy w określonym reżimie sanitarnym mogły być otwarte sklepy w galeriach handlowych. Jednakże po 28 grudnia, zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów wprowadzona została „**kwarantanna narodowa**”¹², która obowiązywała do 17 stycznia 2021 roku. W tym czasie poza istniejącymi obostrzeniami, dodatkowo:

- zamknięto stoki i wyciągi narciarskie,
- galerie handlowe oraz hotele (bez wyjątków).

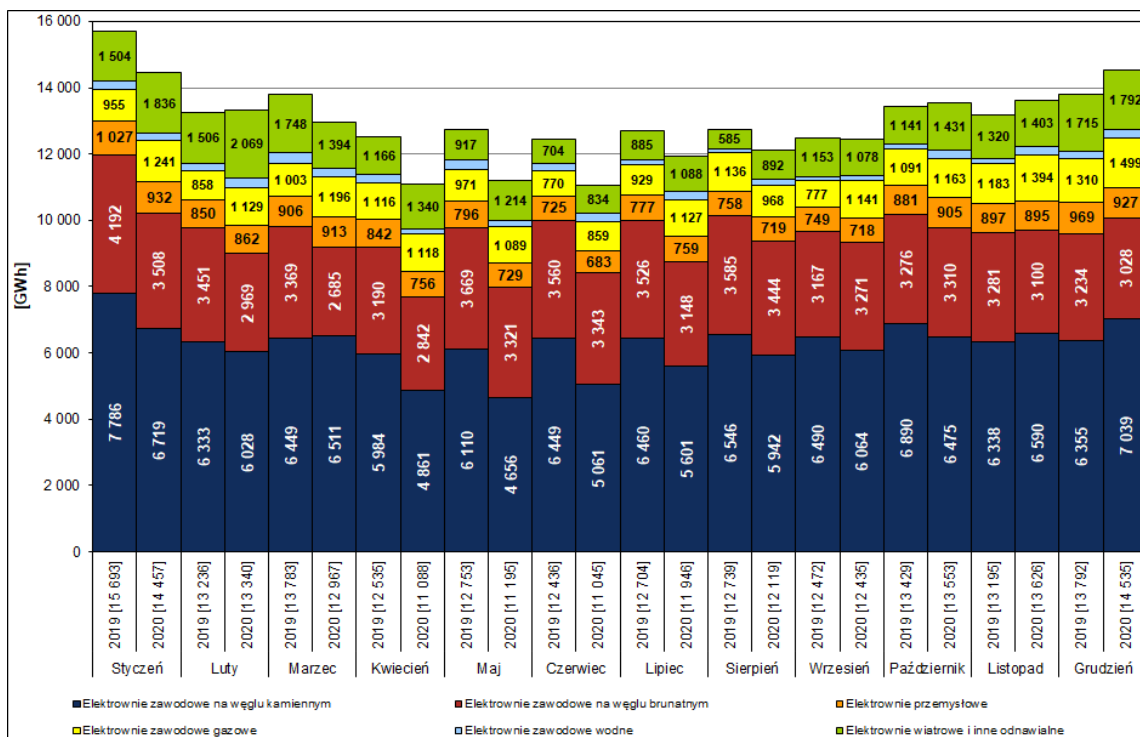
Analizując zmiany obostrzeń w 2020 roku, pierwszym okresem ścisłych ograniczeń był okres marzec-kwiecień. W kolejnych letnich miesiącach, spadek liczby zakażonych Covid-19 pozwolił na zmniejszenie obostrzeń, przywrócenie handlu, usług, gastronomii, hotelarstwa, transportu, itd. (w określonym reżimie sanitarnym). Drugim okresem spowolnienia gospodarczego był październik-listopad-grudzień. W pierwszym etapie ograniczenia wprowadzano lokalnie, w powiatach w najwyższym przyroście osób zakażonych, jednakże wzrost był na tyle szybki, że w przeciągu dwóch tygodni cała Polska została objęta ścisłymi obostrzeniami.

3.2 Zmiany w zapotrzebowaniu na energię i produkcji przemysłowej

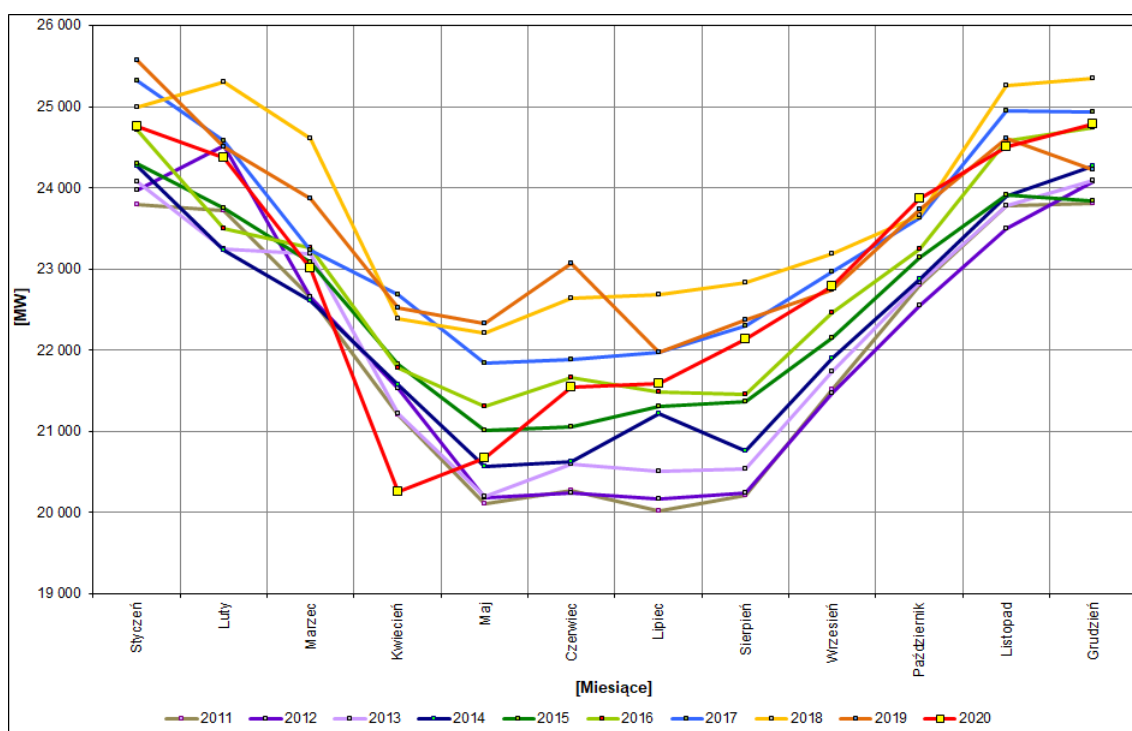
Ograniczenia w przemieszczaniu się, wprowadzenie w szkołach i uczelniach nauki zdalnej, duże ograniczenia w handlu i wprowadzenie zdalnej pracy spowodowało mniejsze zapotrzebowanie na energię elektryczną. Z danych opublikowanych przez Polskie Sieci Elektroenergetyczne wynika, że w 2020 roku w okresie kwiecień-maj-czerwiec w stosunku do roku 2019 produkcja energii elektrycznej spadła o około 11–12% (**Rysunek 1**). Różnica między marcem i kwietniem w 2020 roku jest znacznie wyższa niż w roku 2019. W 2020 roku wyniosła około 2 700 MW, natomiast w 2019 około 1 200 MW (**Rysunek 2**). W pozostałym okresie roku 2020 zapotrzebowanie na energię było na podobnym poziomie jak w roku poprzednim. Jednakże analizując Krajowy Bilans Emisji Zanieczyszczeń¹³, emisja z sektora przemysłu energetycznego odpowiada za około 5% całkowitej emisji pyłu PM₁₀, 6% całkowitej emisji pyłu PM_{2.5} i około 21% całkowitej emisji NO_x. Dlatego też, spadek zapotrzebowania na energię elektryczną o około 12% w okresie 3 miesięcy, mógł tylko nieznacznie wpłynąć na zmniejszenie się całkowitej emisji pyłu PM₁₀ i PM_{2.5} w 2020 roku, większy wpływ mógł mieć na redukcję emisji tlenków azotu.

¹² Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 21 grudnia 2020 r. w sprawie ustanowienia określonych ograniczeń, nakazów i zakazów w związku z wystąpieniem stanu epidemii (Dz.U. z 2020 r., poz. 2316)

¹³ Krajowy Ośrodek Inwentaryzacji i Raportowania Emisji- IOŚ-PIB; źródło: <https://www.kobize.pl/pl/fileCategory/id/16/krajowa-inwentaryzacja-emisji>

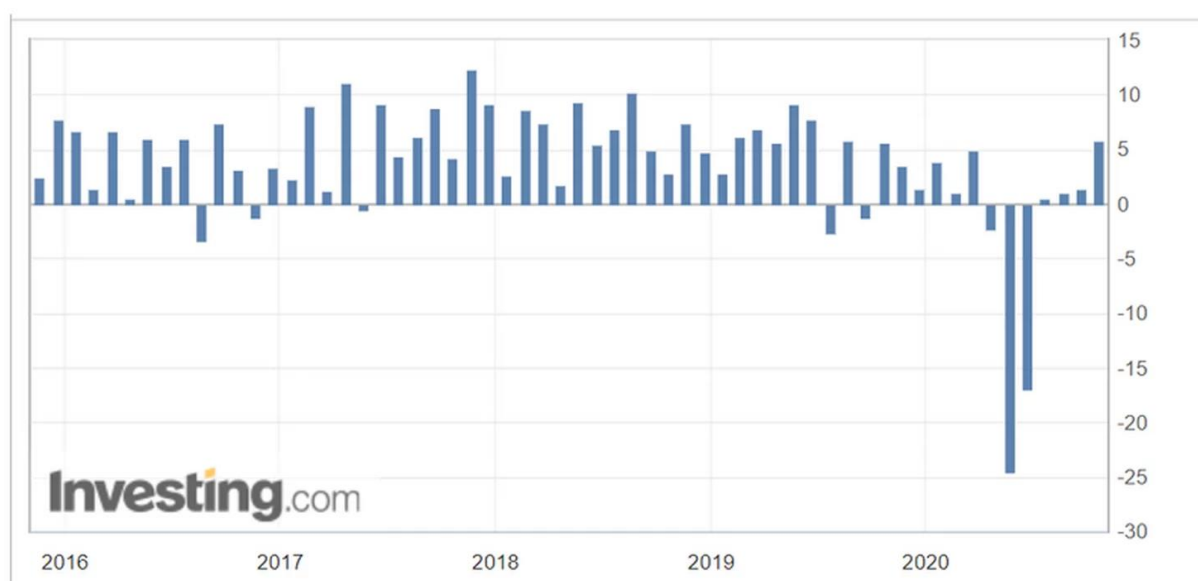


Rysunek 1. Produkcja energii elektrycznej w elektrowniach krajowych w poszczególnych miesiącach 2019 i 2020 roku (https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-rocne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2020#t5_1)



Rysunek 2. Średnie miesięczne krajowe zapotrzebowanie na moc w dobowych szczytach obciążenia dni roboczych w latach 2011 - 2020 (https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-rocne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2020#r6_2)

Znaczne ograniczenie handlu, zamknięcie hoteli, restauracji, salonów usługowych, jak również ograniczenia wprowadzane w innych krajach spowodowały spowolnienie produkcji przemysłowej. Najwyższy spadek produkcji w przemyśle w 2020 roku wystąpił w okresie kwiecień – maj – czerwiec, około 20% w porównaniu z rokiem 2019 (**Rysunek 3**). Natomiast od czerwca produkcja przemysłowa wzrosła w stosunku do roku 2019, najwyższy wzrost nastąpił w okresie zimowym – nawet do 10%. Emisja zanieczyszczeń z produkcji przemysłowej odpowiada za 8% całkowitej emisji pyłu $PM_{2.5}$, 14% całkowitej emisji pyłu PM_{10} oraz za około 1% całkowitej emisji NO_x . Podobnie jak w przypadku emisji z sektora przemysłu energetycznego, spadek produkcji przemysłowej o około 20% w okresie trzech miesięcy prawdopodobnie nie wpłynął znacząco na całkowitą emisję pyłu PM_{10} , $PM_{2.5}$ i NO_x .



Rysunek 3. Produkcja przemysłowa w Polsce (rok do roku); (źródło:

<https://www.bankier.pl/gospodarka/wskazniki-makroekonomiczne/produkcja-przemyslowa-rdr-pol>)

Należy podkreślić, że ze względu na brak oszacowań inwentaryzacji emisji EMEP dla lat 2019 i 2020 oraz brak danych emisyjnych krajowej inwentaryzacji dla lat 2016 i 2020 nie było możliwe przeprowadzenie analizy trendu zmian emisji, w tym uwzględnienia implementacji krajowych programów zmierzających do redukcji emisji z sektora komunalno-bytowego.

4. Jakość powietrza w roku 2020 na tle lat 2016 - 2020

Analizę zmian poziomu zanieczyszczenia powietrza przedstawiono dla czterech substancji: pyłu PM_{10} , pyłu $PM_{2.5}$, dwutlenku azotu oraz benzo(a)pirenu oznaczanego w pyłe PM_{10} . Analiza obejmuje okres od 2016 do 2020 roku, ze szczególnym uwzględnieniem różnic pomiędzy latami 2020 i 2019. Celem zachowania spójności w analizie zostały uwzględnione wyłącznie stacje funkcjonujące w całym okresie badanego pięciolecia 2016 - 2020, spełniające kryteria kompletności serii pomiarowej. Pełną listę stacji zamieszczono w Załączniku 1.

4.1 Trend stężeń zanieczyszczeń w latach 2016 - 2020

Trendy stężeń zanieczyszczeń poddano analizie pod kątem zmienności stężenia średniego rocznego, stężeń średnich kwartalnych oraz stężeń średnich miesięcznych. Ponadto, dla okresu od początku marca do końca czerwca analizie poddano zmienność stężeń uśrednionych dla interwałów 7-dniowych.

4.1.1 Pył PM_{10}

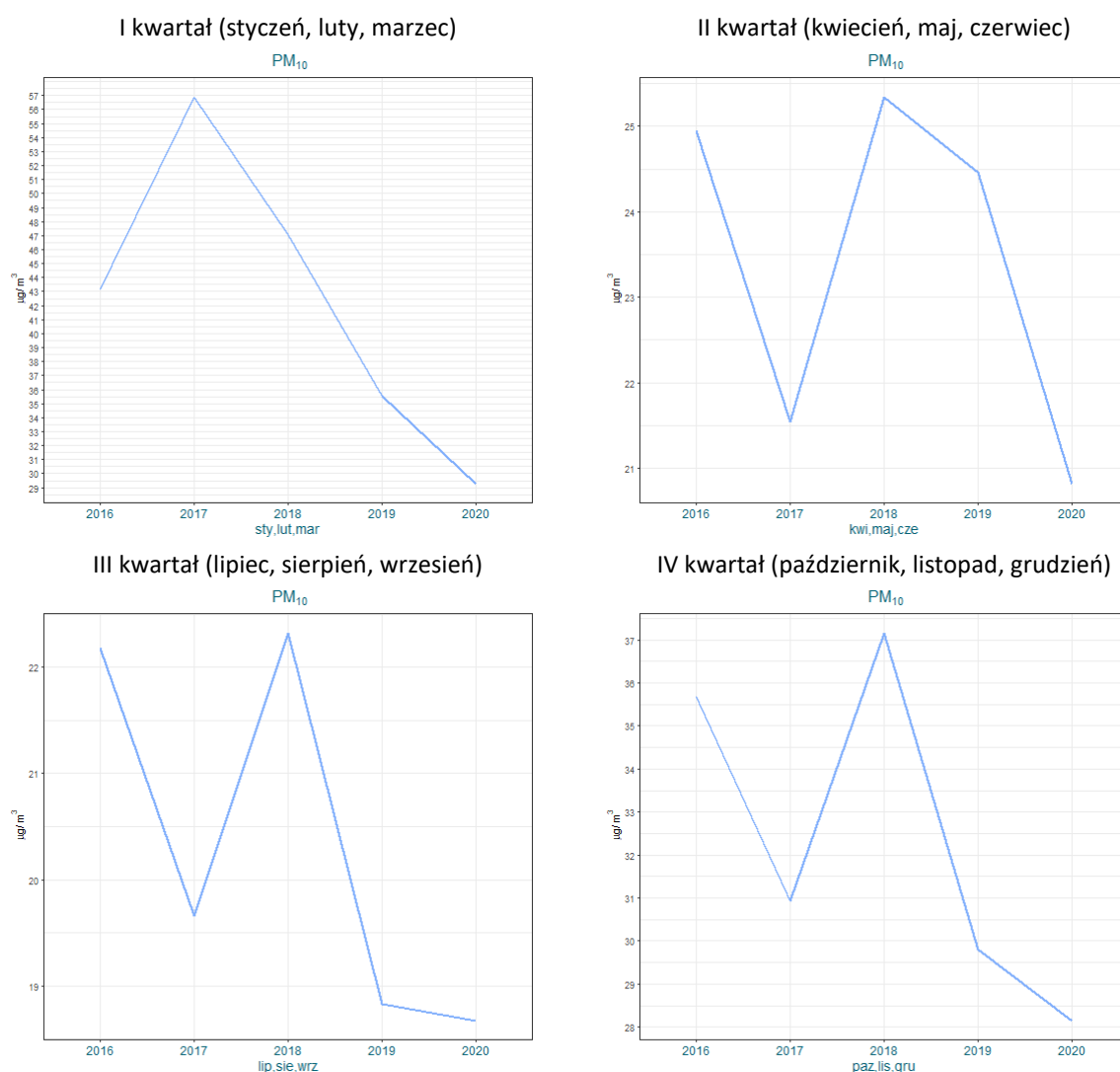
Średnie roczne stężenie pyłu PM_{10} , uśrednione dla wszystkich stacji, wykazuje spadek pomiędzy rokiem 2019 i 2020, i jest to tendencja utrzymująca się od roku 2018. Wartości pomierzone w 2020 są najniższe w analizowanym 5-leciu (**Rysunek 4**).



Rysunek 4. Średnie roczne stężenie pyłu PM_{10} na obszarze Polski w okresie 2016 - 2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

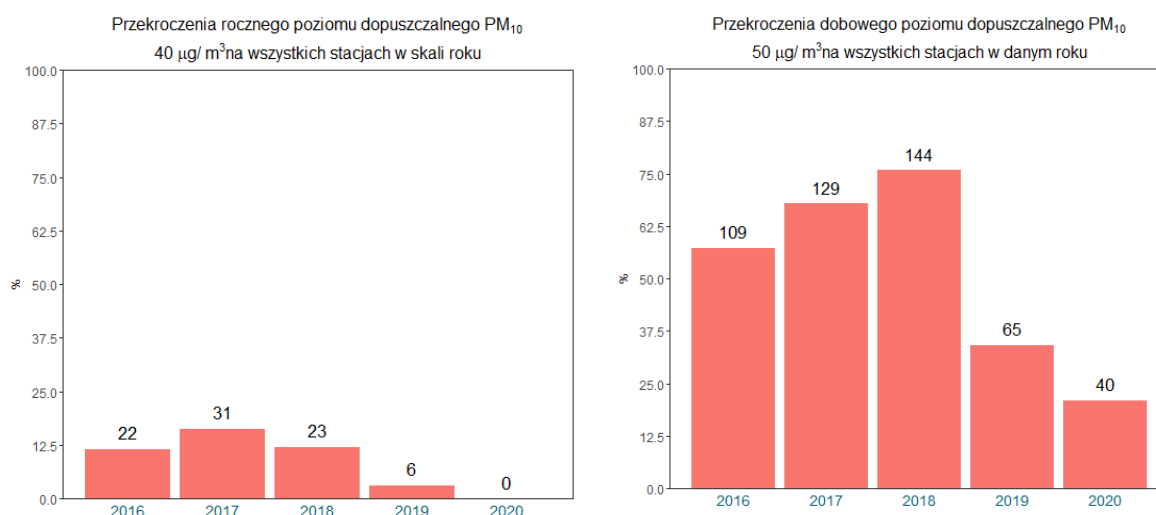
W ujęciu kwartalnym, we wszystkich kwartałach porównanie lat 2019 i 2020 wskazuje na znaczący spadek poziomów stężeń pyłu PM_{10} , w każdym kwartale jest to tendencja utrzymująca się od 2018 r., a w przypadku I kwartału zimowego spadek występuje od 2017 roku. Największa różnica między rokiem 2019 i 2020 wystąpiła w okresie styczeń – luty-marzec, natomiast najmniejsza w okresie lipiec-sierpień-wrzesień (**Rysunek 5**).

Zamieszczone w Załączniku 2 wykresy średnich miesięcznych stężeń pyłu PM_{10} w poszczególnych latach potwierdzają obniżenie stężeń w roku 2020 w stosunku do 2019 dla większości miesięcy w roku. Zauważyć należy, że tendencja spadkowa utrzymuje się od roku 2018 (a w niektórych przypadkach od 2017, głównie w chłodnej porze roku), zatem oprócz efektów związanych z ograniczeniami gospodarczymi należy uwzględnić czynniki meteorologiczne oraz wpływ implementacji krajowych programów ograniczania emisji ze źródeł komunalno-bytowych.



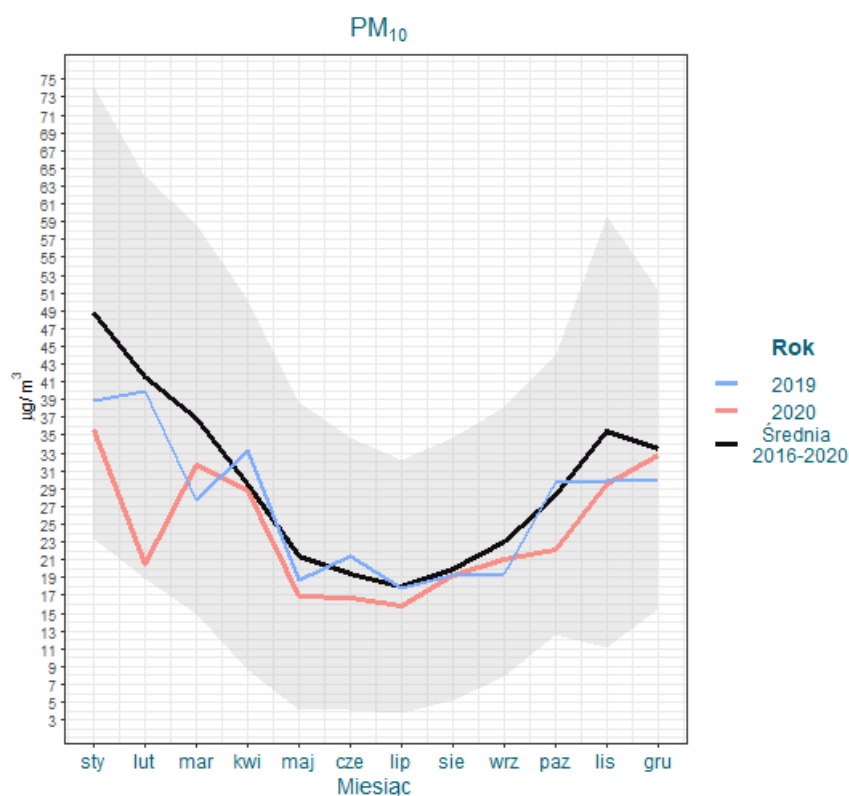
Rysunek 5. Średnie kwortalne stężenie pyłu PM_{10} na obszarze Polski w okresie 2016 - 2020; I kwartał (styczeń, luty, marzec) – lewa górna plansza; II kwartał (kwiecień, maj, czerwiec) – prawa górna plansza; III kwartał (lipiec, sierpień, wrzesień) – lewa dolna plansza; IV kwartał (październik, listopad, grudzień) – prawa dolna plansza (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

W odniesieniu do przekroczeń poziomu dopuszczalnego pyłu PM_{10} ($40 \mu g/m^3$), dla średniej rocznej utrzymywał się trend spadkowy od 2017 roku, kiedy sytuacja taka wystąpiła na 31% stacji. W roku 2020 ze względu na wyjątkowo ciepły okres zimowy przekroczeń na analizowanych stacjach nie zanotowano. W przypadku liczby dni z przekroczeniami dobowego poziomu dopuszczalnego $50 \mu g/m^3$ trend spadkowy utrzymuje się od 2018 roku. W roku 2020 przekroczenia dobowego poziomu dopuszczalnego wystąpiły na 40% stacji w porównaniu do 65% w roku 2019 (**Rysunek 6**).



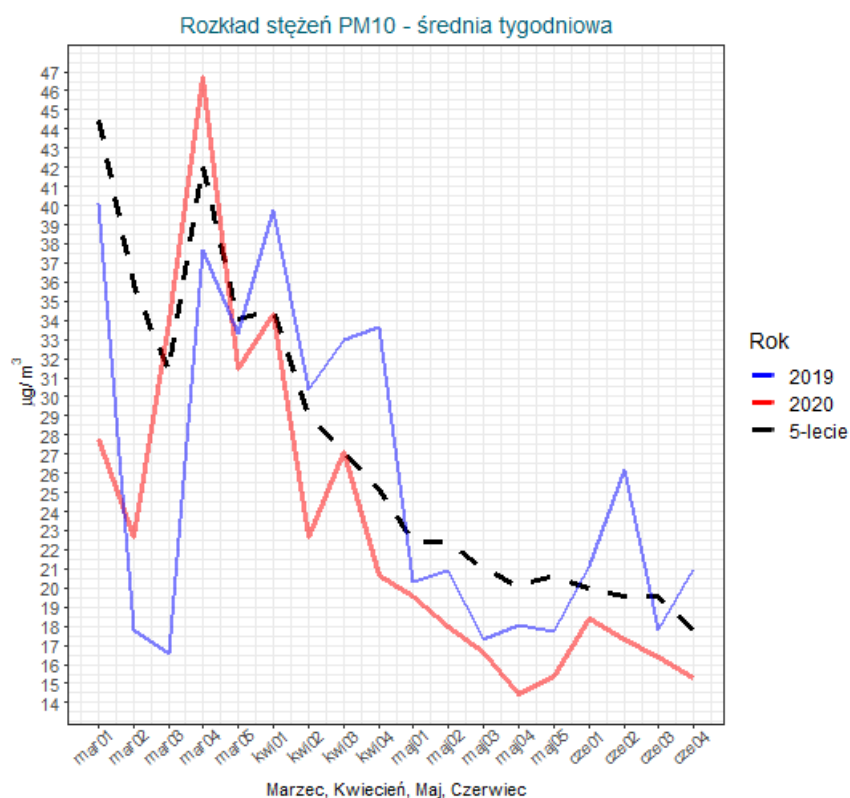
Rysunek 6. Procentowy udział stacji, na których wykazano przekroczenia poziomów normowanych pyłu PM_{10} ; lewy panel – przekroczenia średniorocznego poziomu dopuszczalnego ($40 \mu g/m^3$), prawy panel – przekroczenia dobowego poziomu dopuszczalnego ($50 \mu g/m^3$) powyżej 35 dni, (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Przebieg średnich miesięcznych stężeń pyłu PM_{10} w roku 2019 i 2020 na tle średniej z okresu 2016 - 2020 wskazuje, że w roku 2020 stężenia pyłu PM_{10} były systematycznie niższe niż średnia z badanego okresu, przy czym największe anomalie wystąpiły w miesiącach lutym i październiku, w których to miesiącach zanotowano także największe różnice pomiędzy rokiem 2019 i 2020 (**Rysunek 7**). W marcu poziom stężeń pyłu PM_{10} w roku 2020 był wyższy od notowanego w roku 2019. W okresie od kwietnia do sierpnia wartości stężeń pyłu PM_{10} w 2020 roku były niższe niż w 2019 roku, jednakże w miesiącu kwietniu i maju spadek był bardzo niewielki.



Rysunek 7. Średnie miesięczne stężenie pyłu PM_{10} na obszarze Polski; rok 2020 – linia czerwona; rok 2019 – linia niebieska; średnia z okresu 2016 – 2020 – linia czarna (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Analiza okresu od marca do czerwca 2020 roku, obejmującego początek wprowadzenia ograniczeń, została przeprowadzona w oparciu o średnie 7-dniowe, odzwierciedlające kolejne tygodnie. Do drugiego tygodnia marca stężenia pyłu PM_{10} w roku 2020 są niższe niż w 2019. W drugiej połowie marca stężenia pyłu PM_{10} w 2020 są wyższe od stężeń w 2019 roku i średniej z okresu 2016 - 2020 oraz mają tendencję wzrostową. Od 4 tygodnia marca do połowy maja zaznacza się tendencja spadkowa, jednakże występują dwa okresy ze wzrostem stężeń. Trend zmian w 2020 roku jest bardzo zbliżony do 2019, ale wartości stężeń pyłu PM_{10} w 2020 roku są niższe niż w 2019 roku i niż średnia z 5-lecia. W drugiej połowie maja zaznacza się niewielki wzrost stężeń pyłu PM_{10} , po czym znów stężenia maleją (**Rysunek 8**).



Rysunek 8. Średnie 7-dniowe stężenie pyłu PM₁₀ na obszarze Polski w okresie od marca do czerwca; linia czerwona – rok 2020, linia niebieska – rok 2019, linia przerywana czarna – średnia z okresu 2016 - 2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

4.1.2 Pył PM_{2.5}

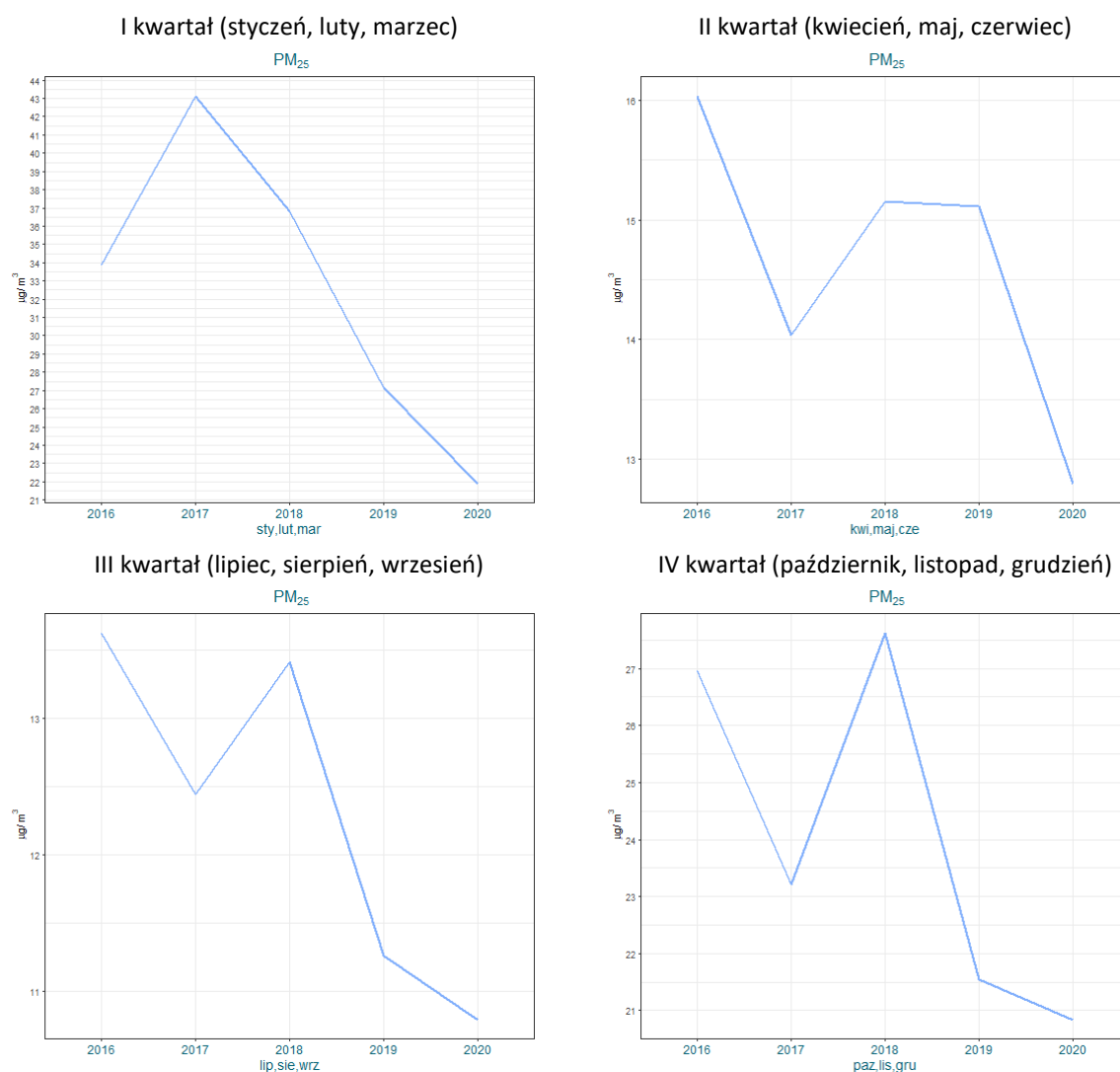
Średnie roczne stężenie pyłu PM_{2.5} uśrednione dla wszystkich stacji wykazuje spadek pomiędzy rokiem 2019 i 2020 i jest to tendencja utrzymująca się od roku 2018. Wartości pomierzone w 2020 są najniższe w analizowanym 5-leciu (**Rysunek 9**).



Rysunek 9. Średnie roczne stężenie pyłu PM_{2.5} na obszarze Polski w okresie 2016 – 2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

W ujęciu kwartalnym – we wszystkich kwartałach porównanie lat 2019 i 2020 wskazuje na znaczący spadek poziomów stężeń pyłu PM_{2.5}, w okresie styczeń – luty - marzec jest to tendencja utrzymująca się od 2017 roku, natomiast w pozostałej części roku tendencja spadkowa utrzymuje się od 2018 roku. Podobnie jak w przypadku pyłu PM₁₀, najwyższa różnica stężeń pyłu PM_{2.5} między rokiem 2019 i 2020 wystąpiła w okresie styczeń – luty - marzec, natomiast najniższa w okresie lipiec – sierpień - wrzesień (**Rysunek 10**).

Zamieszczone w Załączniku 3 wykresy średnich miesięcznych stężeń pyłu PM_{2.5} w poszczególnych latach potwierdzają obniżenie stężeń w roku 2020 w stosunku do 2019 przez większość miesięcy w roku. Tendencja spadkowa utrzymuje się od roku 2018 (a w niektórych przypadkach od 2017, głównie w chłodnej porze roku), zatem oprócz efektów związanych z ograniczeniami gospodarczymi należy uwzględnić czynniki meteorologiczne oraz wpływ implementacji krajowych programów ograniczania emisji ze źródeł komunalno-bytowych.



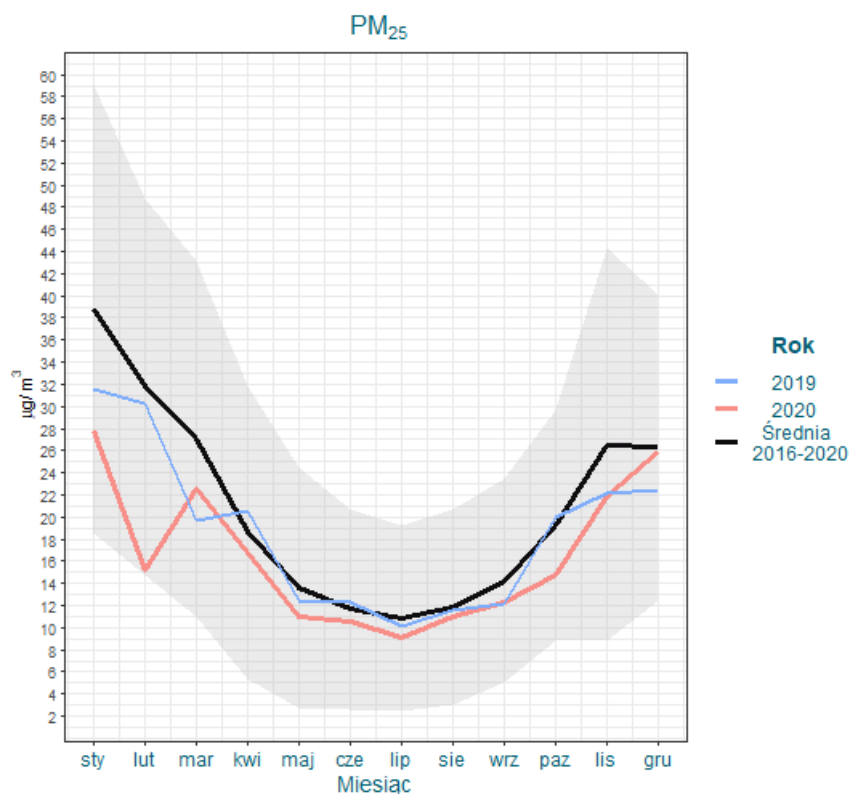
Rysunek 10. Średnie kwartalne stężenie pyłu PM_{2.5} na obszarze Polski w okresie 2016 - 2020; I kwartał (styczeń, luty, marzec) – lewa górna plansza; II kwartał (kwiecień, maj, czerwiec) – prawa górna plansza; III kwartał (lipiec, sierpień, wrzesień) – lewa dolna plansza; IV kwartał (październik, listopad, grudzień) – prawa dolna plansza (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

W odniesieniu do przekroczeń wartości normowanych pyłu PM_{2.5} dla spójności przyjęto średnioroczny poziom dopuszczalny obowiązujący od 2020 r. (tzw. II faza) - 20 μg/m³ (przed 2020 r. na terenie Polski obowiązywał średnioroczny poziom dopuszczalny 25 μg/m³, tzw. I faza). W odniesieniu do przekroczeń średniego rocznego poziomu dopuszczalnego utrzymywał się trend spadkowy od 2017 roku, kiedy sytuacja taka wystąpiła na 49% stacji. W roku 2020 ze względu na wyjątkowo ciepły okres zimowy przekroczeń odnotowano na 11% stacji (**Rysunek 11**).



Rysunek 11. Procentowy udział stacji, na których wykazano przekroczenia poziomu dopuszczalnego pyłu PM_{2.5} 20 µg/m³ (tzw. II faza obowiązująca od 2020 roku), (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

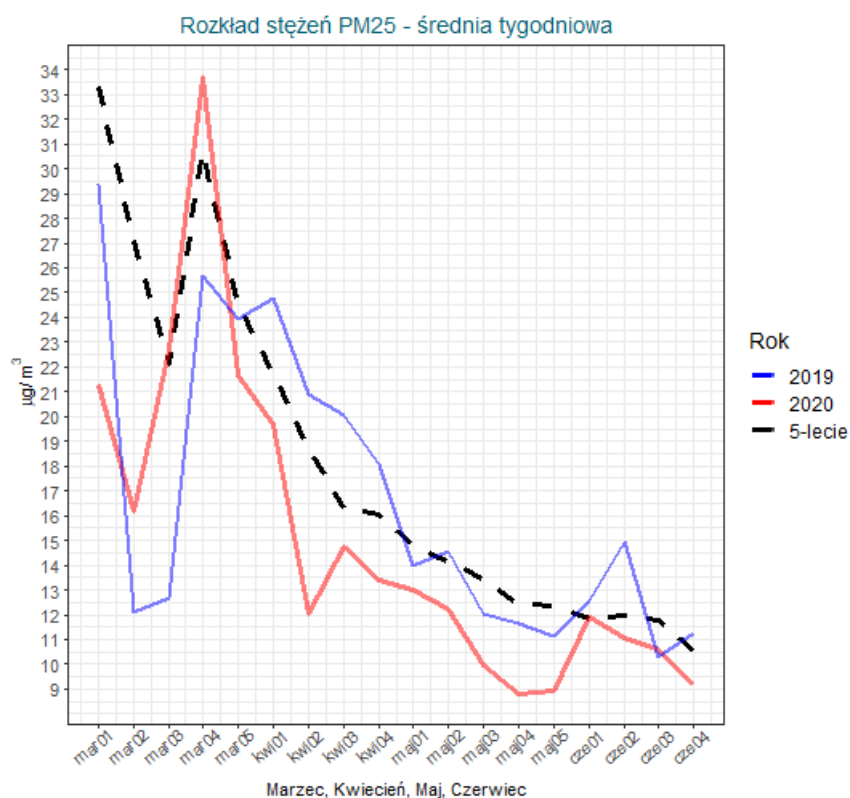
Przebieg średnich miesięcznych stężeń pyłu PM_{2.5} w roku 2019 i 2020 na tle średniej z okresu 2016 - 2020 wskazuje, że w roku 2020 stężenia pyłu PM_{2.5} były systematycznie niższe niż średnia z badanego okresu, przy czym największe anomalie wystąpiły w miesiącach styczniu, lutym i październiku, w których to miesiącach zanotowano także największe różnice pomiędzy rokiem 2019 i 2020 (**Rysunek 12**). W marcu 2020 roku poziom stężeń pyłu PM_{2.5} był wyższy niż w roku 2019. Od kwietnia do sierpnia stężenia pyłu PM_{2.5} były niższe w 2020 roku, jednakże różnica jest niewielka.



Rysunek 12. Średnie miesięczne stężenie pyłu PM_{2.5} na obszarze Polski; rok 2020 – linia czerwona; rok 2019 – linia niebieska; średnia z okresu 2016 - 2020 – linia czarna (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Analiza okresu od marca do czerwca, obejmującego początek wprowadzenia ograniczeń została przeprowadzona w oparciu o średnie 7-dniowe, odzwierciedlające kolejne tygodnie. Do drugiego do czwartego tygodnia marca stężenia pyłu PM_{2.5} w roku 2020 są wyższe niż w 2019. Od początku kwietnia stężenia pyłu PM_{2.5} w 2020 roku są niższe niż w roku 2019 i niż średnia z okresu 2016 - 2020. Zaznacza się tendencja spadkowa do 1 tygodnia kwietnia. Wprawdzie tendencja taka jest obecna również w roku 2019, ale spadek w 2020 jest znacznie większy, a wartości znacząco odbiegają od średniej 5-letniej. Tendencja spadkowa w 2020 roku utrzymuje się do połowy maja, podobnie jak w roku 2019. Następnie stężenia pyłu PM_{2.5} w 2020 roku przez okres około tygodnia rosną. W czerwcu 2020 r. stężenia pyłu PM_{2.5} mają tendencję spadkową, ich poziom był niższy niż notowany w poprzednim roku i niż średnia z okresu 2016 - 2020 (**Rysunek 13**).

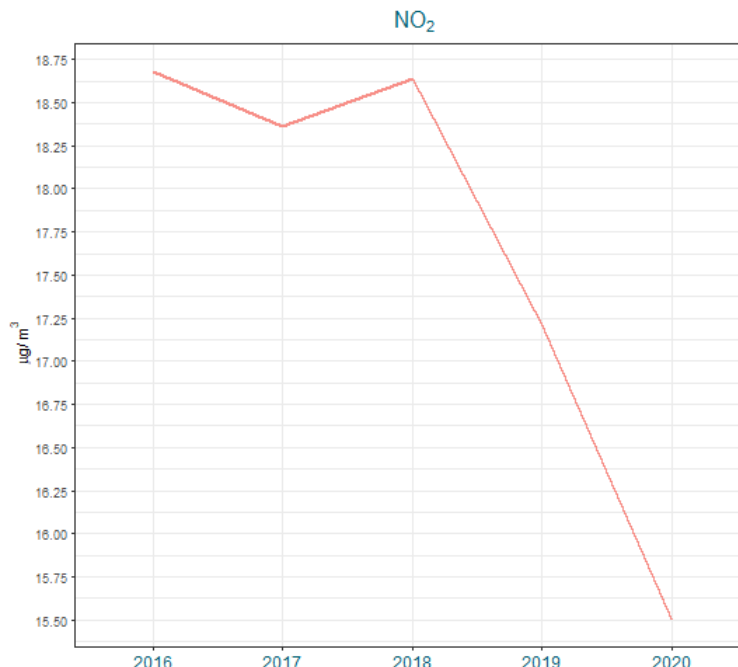
Spadek stężeń pyłu PM_{2.5} od kwietnia do maja 2020 roku był większy niż w roku 2019 co może mieć związek z wprowadzeniem obostrzeń pandemicznych, natomiast wyższe stężenia w marcu 2020 r. niż w 2019 r. mogą mieć większy związek z niższą temperaturą powietrza i zwiększoną emisją komunalno-bytową, ponieważ analizowany okres w 2020 roku był chłodniejszy niż w roku poprzednim.



Rysunek 13. Średnie 7-dniowe stężenie pyłu PM_{2.5} na obszarze Polski w okresie od marca do czerwca; linia czerwona – rok 2020, linia niebieska – rok 2019, linia przerywana czarna – średnia z okresu 2016 - 2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

4.1.3 Dwutlenek azotu (NO₂)

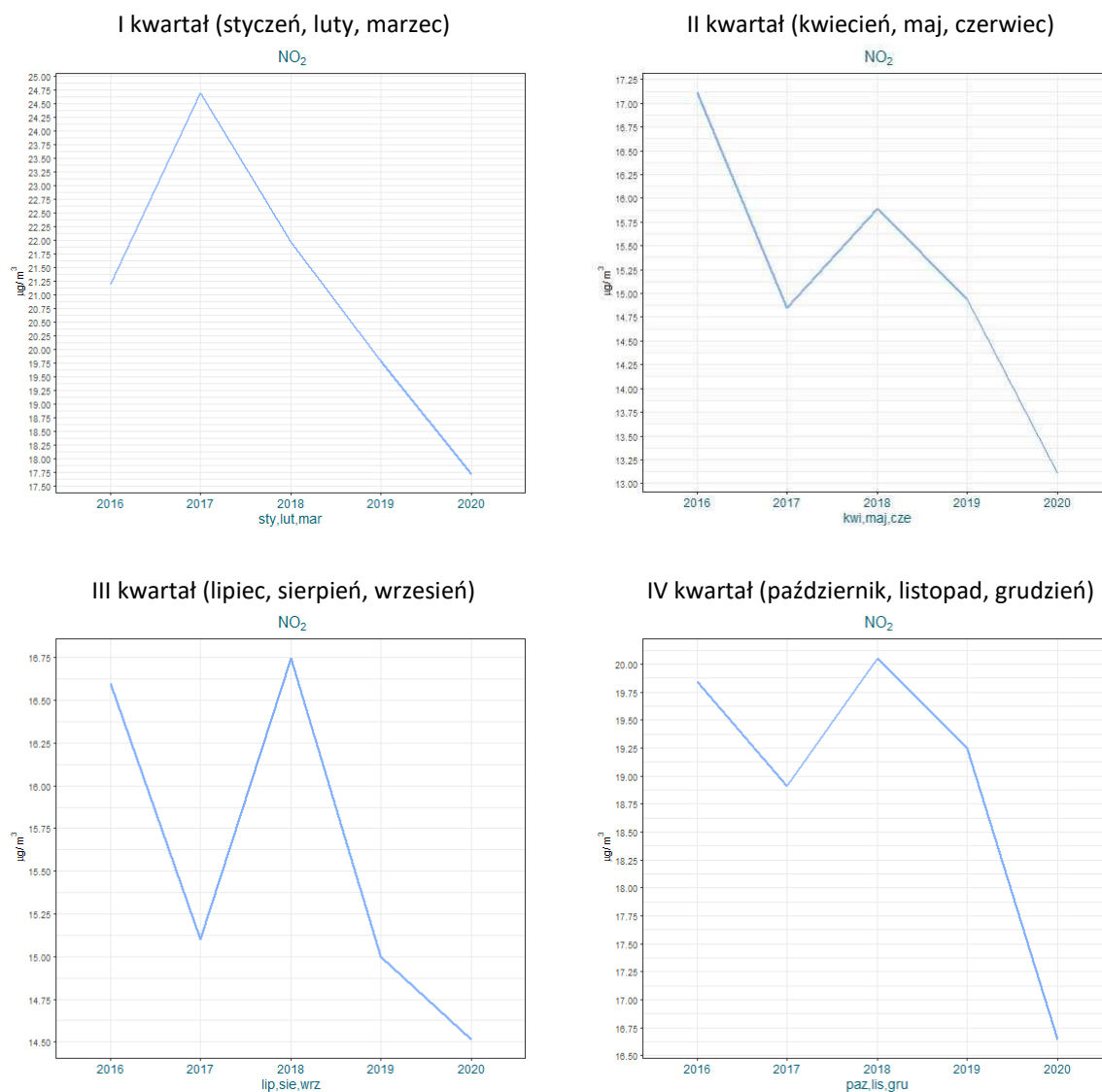
Średnie roczne stężenie NO₂ uśrednione dla wszystkich stacji wykazuje spadek pomiędzy rokiem 2019 i 2020 i jest to tendencja utrzymująca się od roku 2018. Wartości pomierzone w 2020 są najniższe w analizowanym 5-leciu (**Rysunek 14**).



Rysunek 14. Średnie roczne stężenie dwutlenku azotu na obszarze Polski w okresie 2016 - 2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOS-PIB)

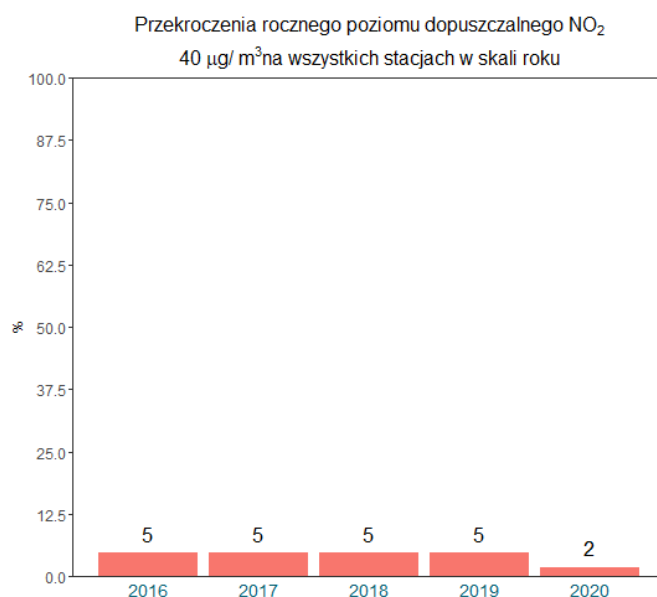
W ujęciu kwartalnym – we wszystkich kwartałach porównanie lat 2019 i 2020 wskazuje na znaczący spadek poziomów stężeń NO₂, przy czym za wyjątkiem okresu grudzień – styczeń –luty jest to tendencja utrzymująca się od 2018 r. W miesiącach zimowych, w okresie ostatniego 5-lecia notowany jest spadek od roku 2017, przy czym pomiędzy rokiem 2018 i 2019 stężenia NO₂ nie zmieniły się znacząco (**Rysunek 15**).

Zamieszczone w Załączniku 4 wykresy średnich miesięcznych stężeń NO₂ w poszczególnych latach potwierdzają obniżenie stężeń w roku 2020 w stosunku do 2019 przez większość miesięcy w roku, zauważyć jednak należy tendencja spadkowa utrzymuje się od roku 2018 (a w niektórych przypadkach od 2017 r.), zatem oprócz efektów związanych z ograniczeniami gospodarczymi należy uwzględnić czynniki meteorologiczne oraz efekty związane z wprowadzaniem norm dla silników samochodowych, a także zmian infrastruktury drogowej (m.in. budowa obwodnic na obrzeżach miast).



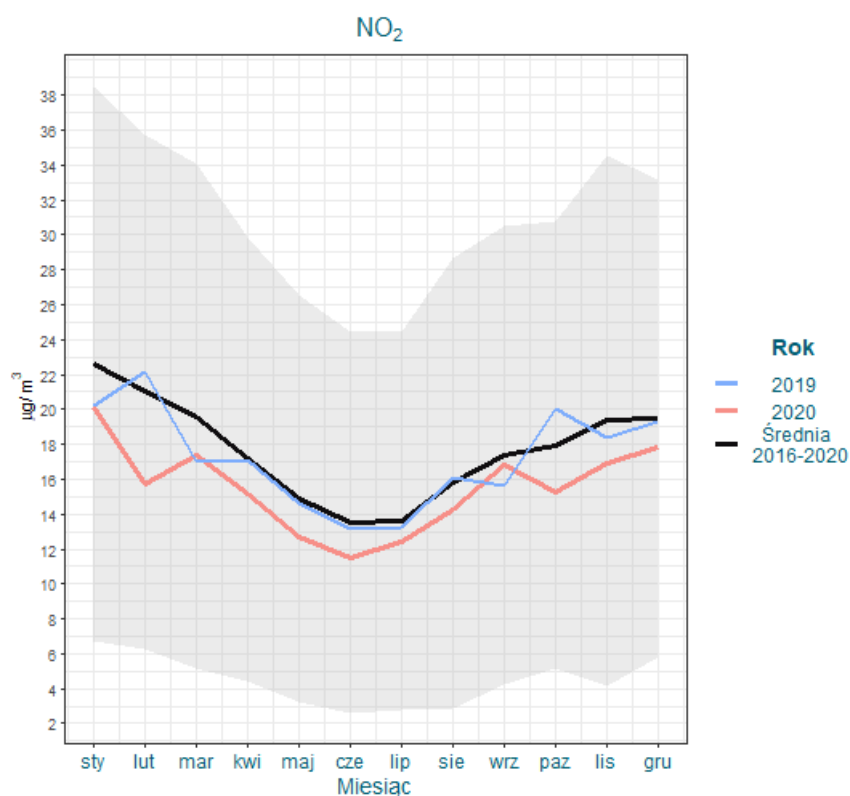
Rysunek 15. Średnie kwartalne stężenie dwutlenku azotu na obszarze Polski w okresie 2016 - 2020; I kwartał (styczeń, luty, marzec) – lewa górna plansza; II kwartał (kwiecień, maj, czerwiec) – prawa górna plansza; III kwartał (lipiec, sierpień, wrzesień) – lewa dolna plansza; IV kwartał (październik, listopad, grudzień) – prawa dolna plansza (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

W odniesieniu do przekroczeń rocznego poziomu dopuszczalnego NO₂ (40 µg/m³) sytuacja taka występowała w latach 2016 - 2019 na 5% stacji. W roku 2020 nastąpiła redukcja i przekroczenia wystąpiły na 2% stacji (**Rysunek 16**). Jednogodzinny poziom dopuszczalny NO₂ nie był w Polsce przekraczany.



Rysunek 16. Procentowy udział stacji, na których wykazano przekroczenia rocznego poziomu dopuszczalnego NO₂ – 40 µg/m³, (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

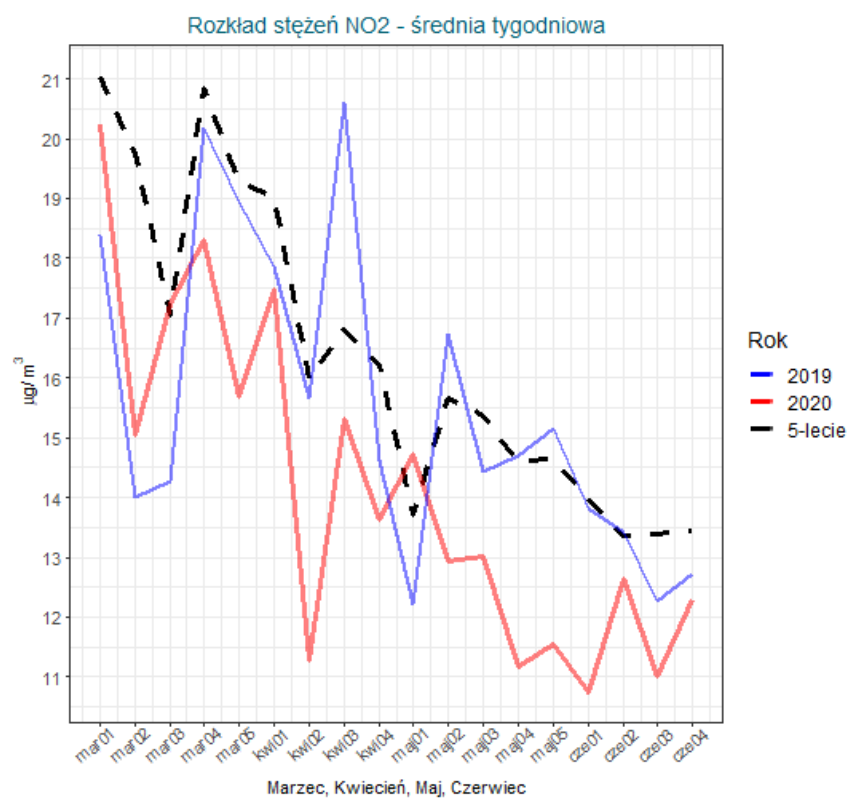
Przebieg średnich miesięcznych stężeń NO₂ w roku 2019 i 2020 na tle średniej z okresu 2016 - 2020 wskazuje, że w roku 2020 stężenia NO₂ były systematycznie niższe niż średnia z badanego okresu, przy czym największe anomalie wystąpiły w miesiącach lutym i październiku, w których to miesiącach zanotowano także największe różnice pomiędzy rokiem 2019 i 2020. W marcu poziom stężeń NO₂ w roku 2019 i 2020 był bardzo zbliżony. Od kwietnia do sierpnia wystąpiła systematyczna różnica poziomu stężeń, malejąca od lipca (**Rysunek 17**). Spadek stężeń od kwietnia 2020 roku może mieć związek z ograniczeniami gospodarczymi i ograniczonym ruchem samochodowym.



Rysunek 17. Średnie miesięczne stężenie dwutlenku azotu na obszarze Polski; rok 2020 – linia czerwona; rok 2019 – linia niebieska; średnia z okresu 2016 - 2020 – linia czarna (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Analiza okresu od marca do czerwca, obejmującego początek wprowadzenia ograniczeń została przeprowadzona w oparciu o średnie 7-dniowe, odzwierciedlające kolejne tygodnie (**Rysunek 18**). Do trzeciego tygodnia marca stężenia NO₂ w roku 2020 utrzymywały się na podobnym (nieznacznie wyższym) poziomie jak notowany w 2019. W pierwszej połowie kwietnia stężenia NO₂ w 2020 r. są niższe niż w roku 2019 i niż średnia z okresu 2016 - 2020. Zaznacza się tendencja spadkowa do 3 tygodnia kwietnia. Wprawdzie tendencja taka jest obecna również w roku 2019, ale spadek w 2020 jest znacznie większy, a wartości znacząco odbiegają od średniej 5-letniej. W kolejnych tygodniach zaznacza się tendencja wzrostowa. Stężenia NO₂ w pierwszej połowie maja odbiegają nieznacznie od wartości obserwowanych w poprzednich latach. W drugiej połowie maja wystąpił spadek i niemal do końca czerwca poziom stężeń NO₂ był niższy niż notowany w 2019 roku, i niż średnia z okresu 2016 - 2020.

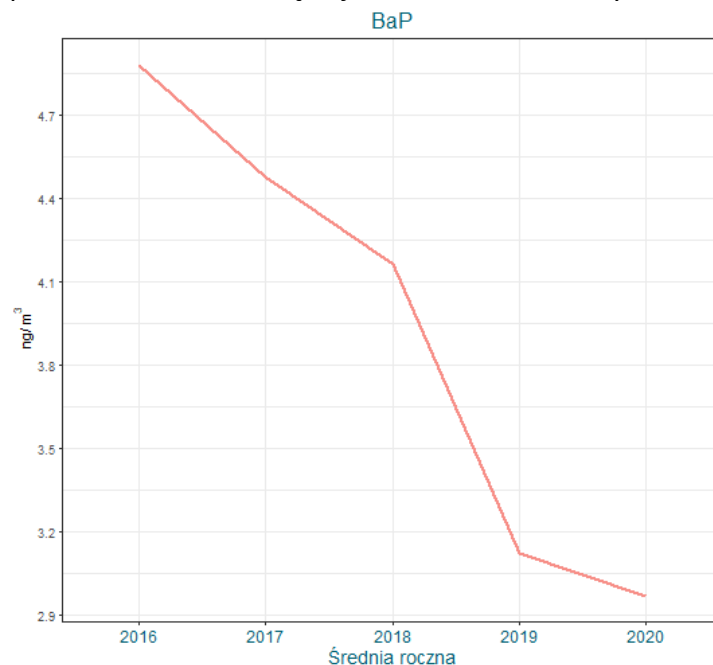
Ze względu na kalendarium obostrzeń można uznać, że spadek stężeń NO₂ w pierwszej połowie kwietnia był związany z wprowadzeniem ograniczeń przemieszczania się i znaczącą redukcją ruchu samochodowego.



Rysunek 18. Średnie 7-dniowe stężenie dwutlenku azotu na obszarze Polski; w okresie od marca do czerwca; linia czerwona – rok 2020, linia niebieska – rok 2019, linia przerywana czarna – średnia z okresu 2016 - 2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

4.1.4 Benzo(a)piren

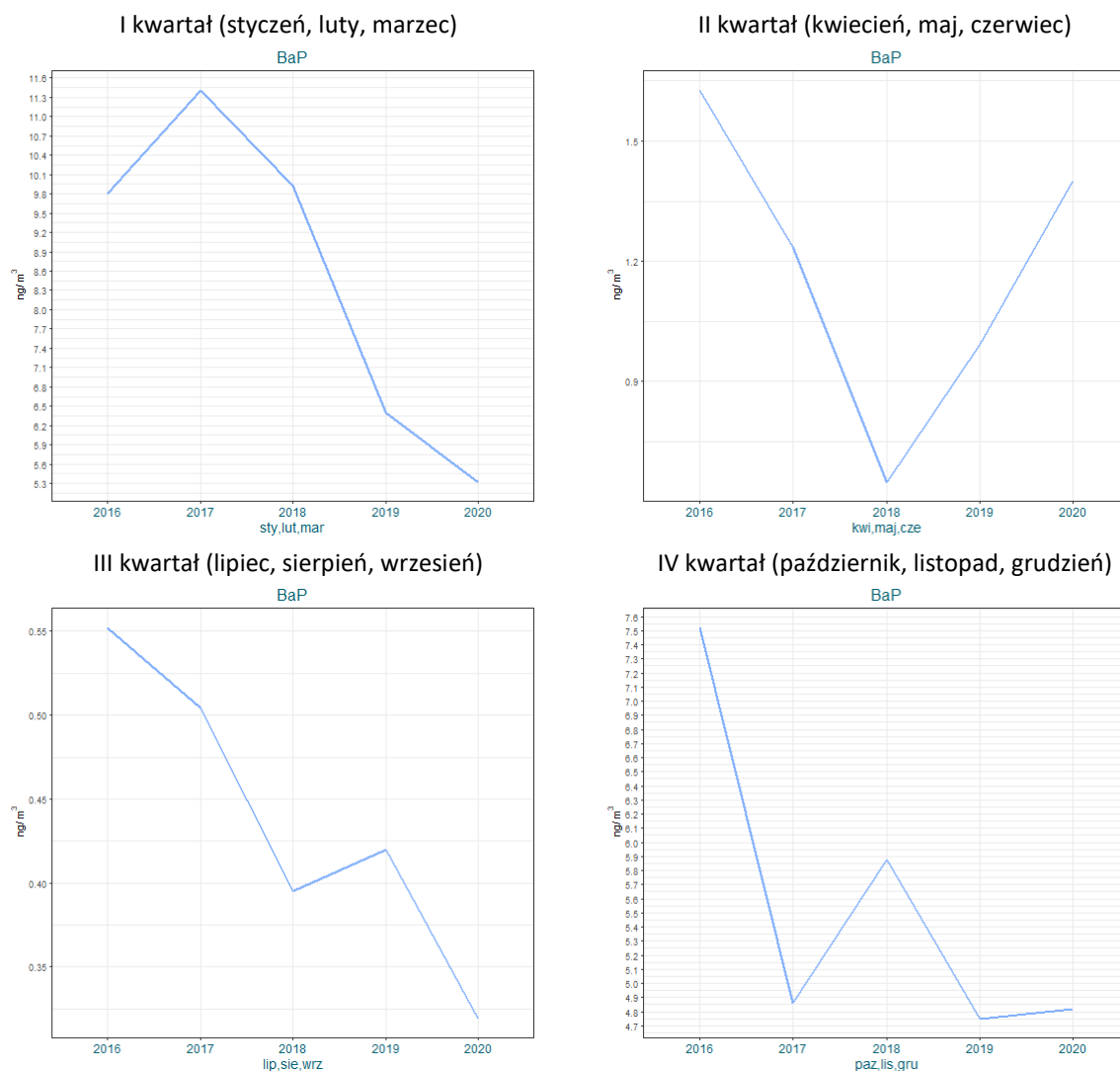
Średnie roczne stężenie benzo(a)pirenu uśrednione dla wszystkich stacji wykazuje spadek w całym analizowanym 5-leciu. Różnica między rokiem 2019 i 2020 wykazuje najniższy gradient. Wartości pomierzone w 2020 są najniższe w analizowanym 5-leciu (**Rysunek 19**).



Rysunek 19. Średnie roczne stężenie benzo(a)pirenu na obszarze Polski w okresie 2016 - 2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

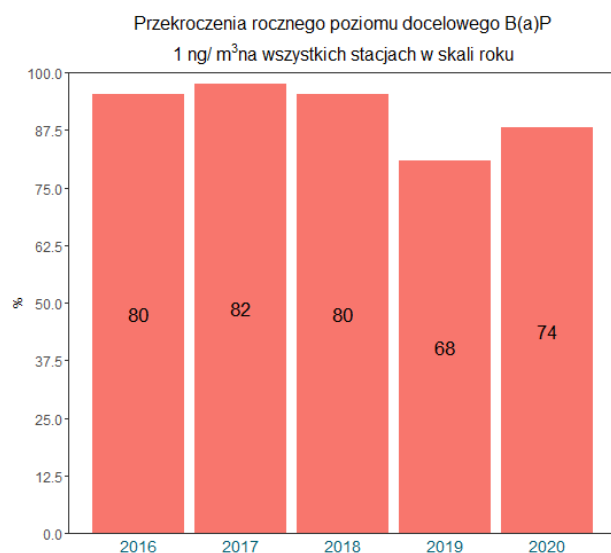
W ujęciu kwartalnym – porównanie lat 2019 i 2020 wskazuje na spadek poziomów stężeń benzo(a)pirenu w I i III kwartale roku, utrzymujący się od 2017 roku w przypadku I kwartału, a w III kwartale od roku 2016 (z niewielkim wzrostem między 2018 i 2019 r.). W okresie kwiecień-maj-czerwiec i październik-listopad-grudzień stężenia benzo(a)pirenu w roku 2020 nieznacznie wzrosły w stosunku do roku 2019 (**Rysunek 20**).

Zamieszczone w Załączniku 5 wykresy średnich miesięcznych stężeń benzo(a)pirenu w poszczególnych latach potwierdzają obniżenie stężeń w roku 2020 w stosunku do 2019 w okresie zimowym i jesiennym. Zauważyć jednak należy, że tendencja spadkowa utrzymuje się od roku 2018 (a w niektórych przypadkach od 2017). Zatem oprócz efektów związanych z ograniczeniami gospodarczymi należy uwzględnić czynniki meteorologiczne.



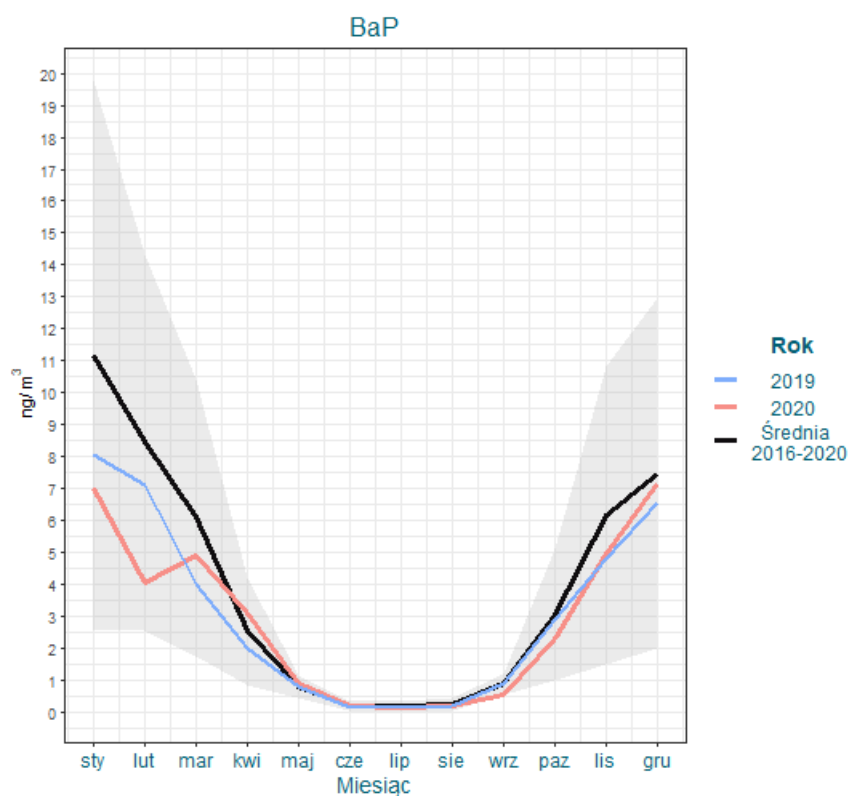
Rysunek 20. Średnie kwartalne stężenie benzo(a)pirenu na obszarze Polski w okresie 2016 - 2020; I kwartał (styczeń, luty, marzec) – lewa górna plansza; II kwartał (kwiecień, maj, czerwiec) – prawa górna plansza; III kwartał (lipiec, sierpień, wrzesień) – lewa dolna plansza; IV kwartał (październik, listopad, grudzień) – prawa dolna plansza (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

W przypadku B(a)P w 2020 r. procent stacji z przekroczeniami średniorocznego poziomu docelowego B(a)P (1 ng/m^3) wzrósł od 68% w roku 2019 do 74% w roku 2020. Może mieć to związek ze zwiększoną emisją komunalno-bytową w okresie wiosennym w czasie kwarantanny i ograniczonego przemieszczania się ludności (**Rysunek 21**).



Rysunek 21. Procentowy udział stacji, na których wykazano przekroczenia poziomu docelowego benzo(a)pirenu-1 ng/m³ (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

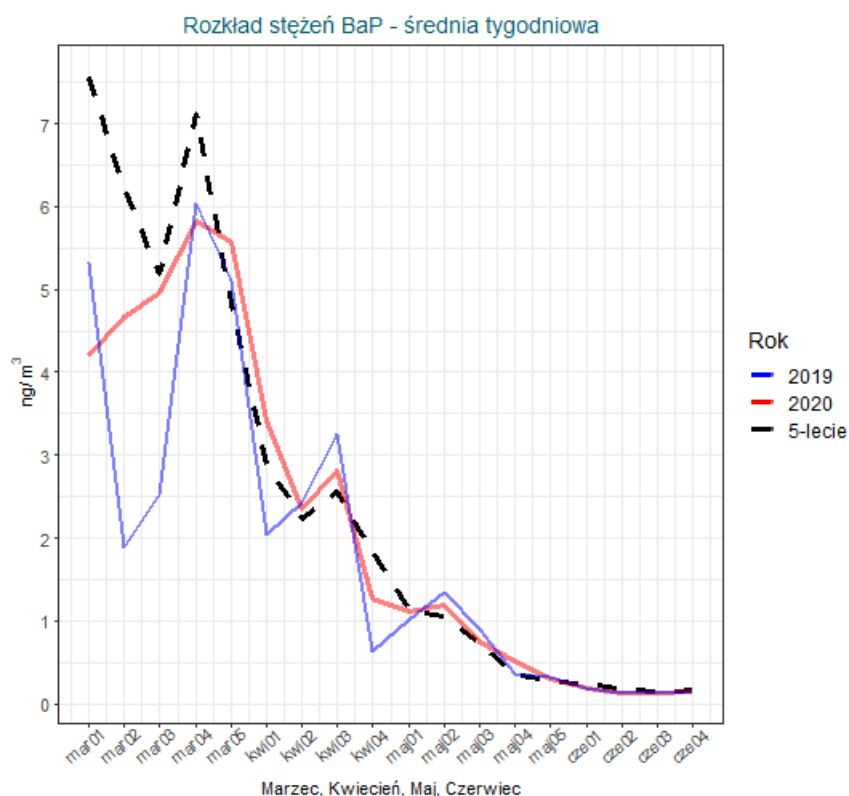
Przebieg średnich miesięcznych stężeń benzo(a)pirenu w roku 2019 i 2020 na tle średniej z okresu 2016 - 2020 wskazuje, że w roku 2020 stężenia benzo(a)pirenu były systematycznie niższe niż średnia z badanego okresu, za wyjątkiem okresu od kwietnia do sierpnia, kiedy wartości stężeń są zbliżone do średniej z ostatniego 5-lecia. Największe anomalie wystąpiły w miesiącach styczeń i luty, w których to miesiącach zanotowano także największe różnice pomiędzy rokiem 2019 i 2020. W okresie od marca do maja stężenia benzo(a)pirenu w roku 2020 były wyższe niż w roku 2019 (**Rysunek 22**).



Rysunek 22. Średnie miesięczne stężenie benzo(a)pirenu na obszarze Polski; rok 2020 – linia czerwona; rok 2019 – linia niebieska; średnia z okresu 2016 - 2020 – linia czarna (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Analiza dla okresu od marca do czerwca, obejmującego początek wprowadzenia ograniczeń została przeprowadzona w oparciu o średnie 7-dniowe, odzwierciedlające kolejne tygodnie. Do czwartego tygodnia marca stężenia benzo(a)pirenu w roku 2020 były wyższe niż w 2019 i niższe od średniej z okresu 2016 - 2020. Od kwietnia do połowy maja stężenia benzo(a)pirenu w 2020 roku są zbliżone do średniej z 5-lecia, natomiast wyższe od stężeń w roku 2019. Wyjątkiem jest okres między drugim a trzecim tygodniem kwietnia, gdzie stężenia w 2019 roku były wyższe. Od drugiej połowy maja stężenia benzo(a)pirenu w 2020 roku są zbliżone dla przebiegu w 2019 i w wieloleciu (**Rysunek 23**).

Tendencja zmian stężeń benzo(a)pirenu w analizowanym okresie (marzec-czerwiec) roku 2020 są bardzo podobne do roku 2019 i do średniej z okresu 2016 - 2020, szczególnie od kwietnia do czerwca. Wartości stężeń często są wyższe w 2020 roku niż w pozostałych okresach analizy. Ma to najprawdopodobniej związek ze warunkami termicznymi, gdyż rok 2020 był chłodniejszy w okresie wiosennym niż rok 2019, a spadek temperatury powoduje większe zapotrzebowanie na ciepło i zwiększa emisję z sektora komunalno-bytowego.



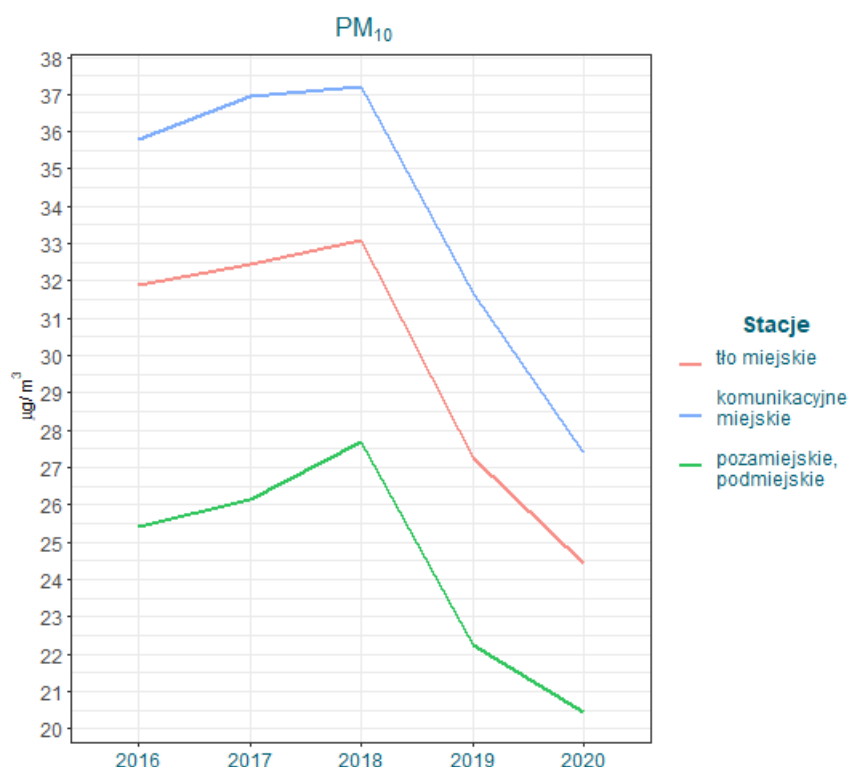
Rysunek 23. Średnie 7-dniowe stężenie benzo(a)pirenu na obszarze Polski w okresie od marca do czerwca; linia czerwona – rok 2020, linia niebieska – rok 2019, linia przerywana czarna – średnia z okresu 2016 - 2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

4.2 Zmiana stężeń na stacjach komunikacyjnych, tła miejskiego i tła pozamiejskiego

Ze względu na fakt, iż większość stacji mierzących B(a)P należy do jednego typu, poniższą analizę przeprowadzono dla PM_{10} , $PM_{2.5}$ i NO_2 . W przypadku odniesień do „stacji miejskich”, są to wyłącznie stacje tła miejskiego z wyłączeniem stacji komunikacyjnych, które stanowią odrębną kategorię w analizie.

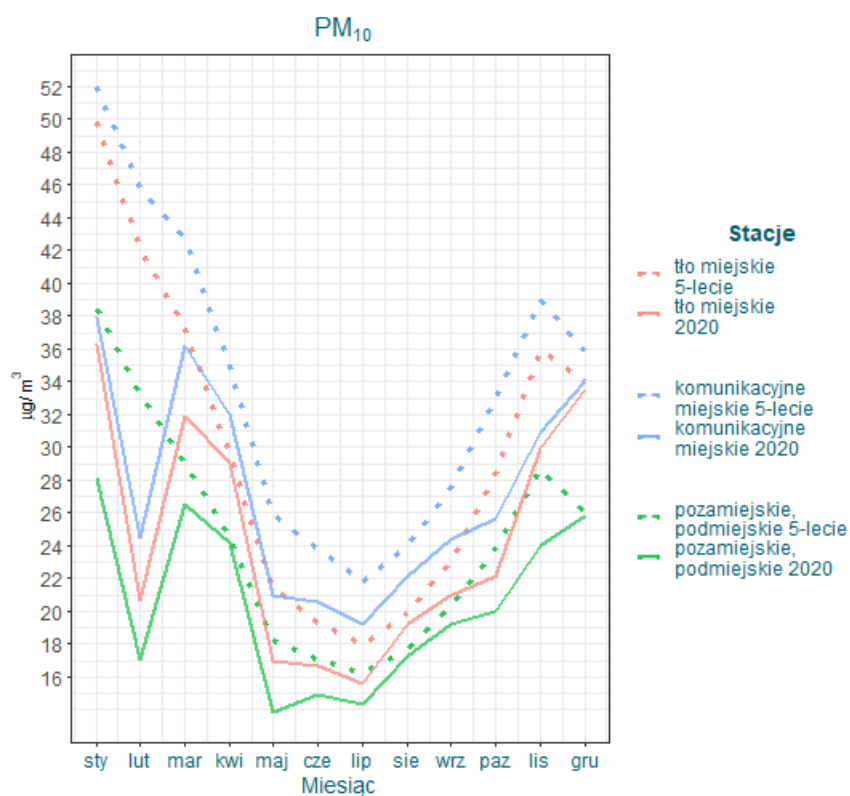
4.2.1 Pył PM_{10}

O roku 2018 zaznaczał się spadek stężeń średniorocznych PM_{10} na wszystkich typach stacji. Dla stacji komunikacyjnych trend ten utrzymywał się pomiędzy rokiem 2019 i 2020, zaś dla pozostałych typów stacji był nieco słabszy. Może to wspierać tezę o wpływie ograniczenia w przemieszczaniu się w obszarach miejskich na poziom stężeń PM_{10} mierzony w zasięgu oddziaływania ciągów komunikacyjnych. Jednocześnie może być to wynik zmniejszonego unosu wtórnego ze względu na bardzo ciepłą zimę, w trakcie której nie dokonywano piaskowania i solenia ulic. Trend spadkowy na stacjach pozamiejskich jest relatywnie najslabszy (**Rysunek 24**).



Rysunek 24. Średnie roczne stężenie pyłu PM₁₀ na obszarze Polski w okresie 2016 - 2020, na stacjach tła miejskiego – linia czerwona, na stacjach pozamiejskich – linia zielona, na komunikacyjnych (miejskich)– linia niebieska (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Analiza zmienności stężeń miesięcznych pyłu PM₁₀ w roku 2020, z uwzględnieniem typów stacji, wskazuje na istnienie różnic o charakterze systematycznym, choć spadek stężeń od marca do maja na stacjach typu tła miejskiego i komunikacyjnych (miejskich) wykazuje nieznacznie większy gradient niż w przypadku stacji pozamiejskich (**Rysunek 25**). Porównując rok 2020 i średnią z ostatniego 5-lecia, największa różnica stężeń pyłu PM₁₀ wystąpiła na stacjach komunikacyjnych, co może być związane z okresem kwarantanny i ograniczonym ruchem samochodowym w obszarach miejskich.



Rysunek 25. Średnie miesięczne stężenie pyłu PM_{10} na obszarze Polski w 2020 roku (linia ciągła) oraz uśredniona dla okresu 2016 - 2020 (linia przerywana), na stacjach tła miejskiego – linia czerwona, na stacjach pozamiejskich – linia zielona, na stacjach komunikacyjnych (miejskich) – linia niebieska (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

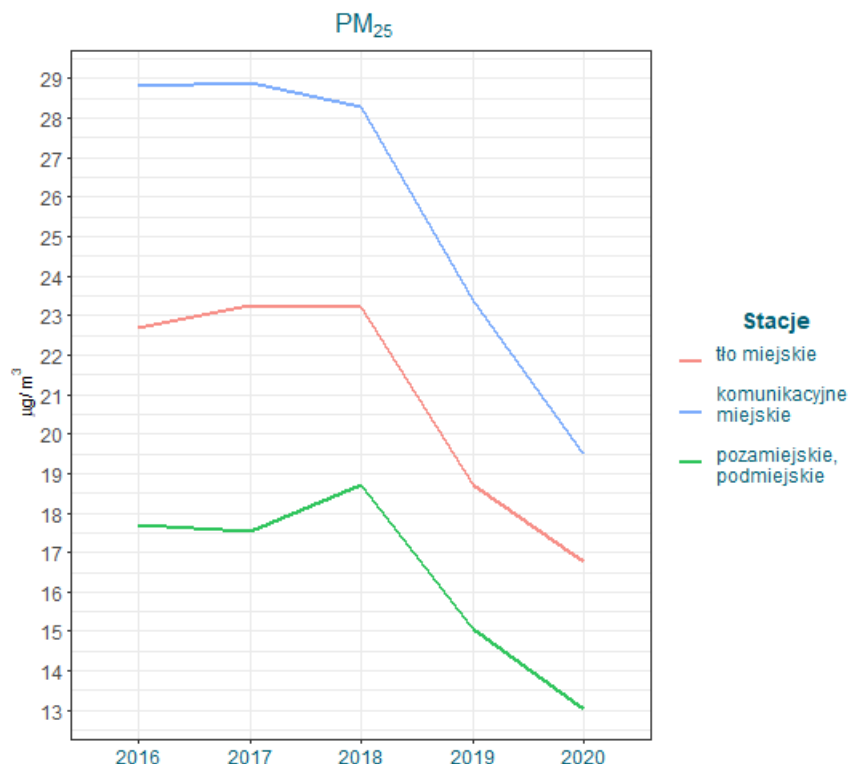
Różnice pomiędzy stężeniami pyłu PM_{10} w drugim i czwartym kwartale roku 2020 w stosunku do odpowiedniego kwartału roku 2019 przedstawia **Tabela 2**. Różnice podano dla stacji różnego typu – pozamiejskiego, podmiejskiego i miejskiego (z uwzględnieniem komunikacyjnych). Zamieszczono także różnice dla miesiąca marca, w połowie którego wprowadzono ograniczenia, a w którym to miesiącu nastąpił wzrost stężeń w roku 2020 w stosunku do roku poprzedzającego. Spadek stężeń jest bardziej znaczący w drugim kwartale 2020 roku, słabszy natomiast w czwartym kwartale, ze względu na wzrost stężeń, notowany w grudniu. W marcu 2020 r. zaznaczały się wyraźne wzrosty wartości stężeń PM_{10} w stosunku do roku 2019.

Tabela 2. Różnica stężeń pyłu PM_{10} (w $\mu g/m^3$) w roku 2020 w stosunku do odpowiedniego okresu w 2019 obliczona dla całego roku, miesiąca marca oraz dla II i IV kwartału; dla stacji pozamiejskich, miejskich (z uwzględnieniem komunikacyjnych) oraz podmiejskich (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Typ obszaru	Rok	III	IV - VI	X - XII
miejski	- 3,59	3,35	- 3,95	- 1,58
podmiejski	- 1,93	8,02	- 3,64	0,06
pozamiejski	- 2,37	4,06	- 4,46	- 0,39

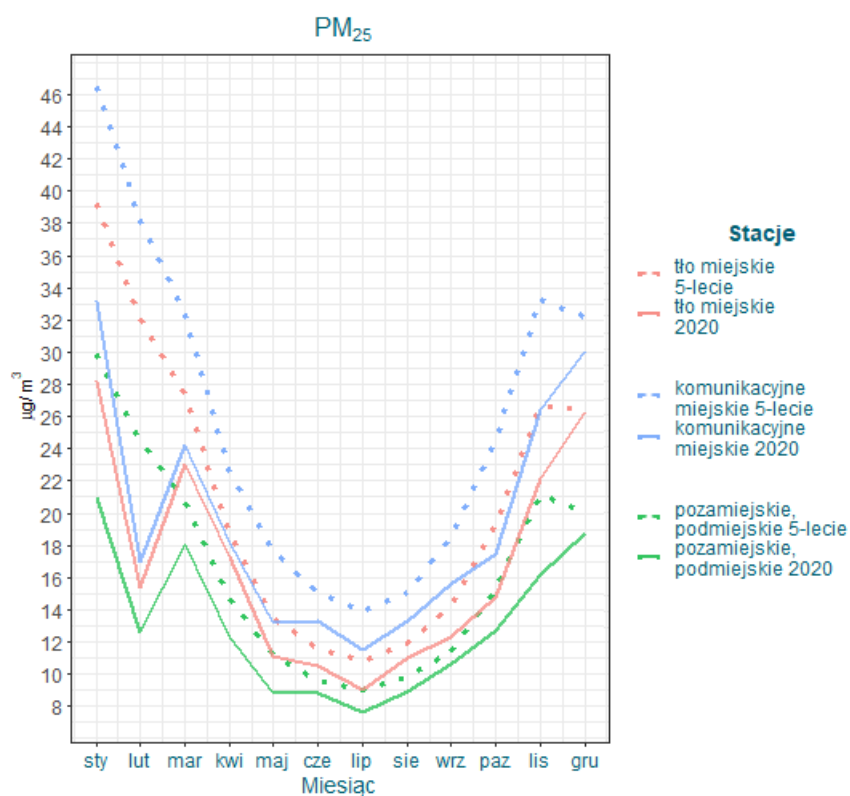
4.2.2 Pył $PM_{2.5}$

Znaczący spadek stężeń średniorocznych pyłu $PM_{2.5}$ na wszystkich typach stacji zaznacza się od 2018 roku, choć tendencja utrzymuje się od 2017 r. Charakter zmienności jest bardzo zbliżony do pyłu PM_{10} (**Rysunek 26**).



Rysunek 26. Średnie roczne stężenie pyłu $PM_{2.5}$ na obszarze Polski w okresie 2016 - 2020, na stacjach tła miejskiego – linia czerwona, na stacjach pozamiejskich – linia zielona, na komunikacyjnych (miejskich) – linia niebieska (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Analiza zmienności stężeń średniomiesięcznych pyłu $PM_{2.5}$ w roku 2020, z uwzględnieniem typów stacji, wskazuje na istnienie różnic o charakterze systematycznym, choć spadek stężeń od marca do maja na stacjach typu tła miejskiego i komunikacyjnych (miejskich) wykazuje nieco większy gradient niż w przypadku stacji pozamiejskich (**Rysunek 27**). Najwyższa różnica stężeń pyłu $PM_{2.5}$ w 2020 roku na tle średniej z ostatniego 5-lecia wystąpiła na stacjach komunikacyjnych, co może być związane z okresem kwarantanny i ograniczonym ruchem na obszarach miejskich.



Rysunek 27. Średnie miesięczne stężenie pyłu $PM_{2.5}$ na obszarze Polski w 2020 roku (linia ciągła) oraz uśredniona dla okresu 2016 – 2020 (linia przerywana), na stacjach tła miejskiego – linia czerwona, na stacjach pozamiejskich – linia zielona, na stacjach komunikacyjnych (miejskich) – linia niebieska (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

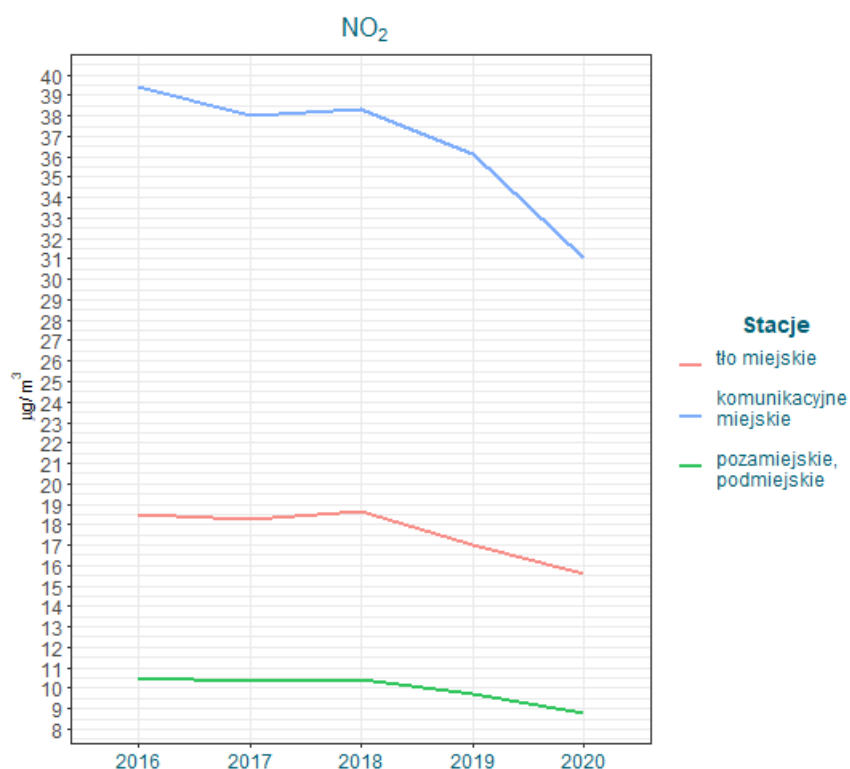
Różnice pomiędzy stężeniami $PM_{2.5}$ w drugim i czwartym kwartale roku 2020 w stosunku do odpowiedniego kwartału roku 2019 przedstawia **Tabela 3**. Zamieszczono także różnice dla miesiąca marca, w połowie którego wprowadzono ograniczenia, w którym to miesiącu nastąpił wzrost stężeń w roku 2020 w stosunku do roku poprzedzającego. W czwartym kwartale tylko w przypadku stacji podmiejskich spadki stężeń były ujemne przez wszystkie trzy miesiące. Na stacjach tła miejskiego stężenia w listopadzie i grudniu roku 2020 były wyższe niż w roku poprzedzającym.

Tabela 3. Różnica stężeń pyłu $PM_{2.5}$ (w $\mu g/m^3$) w roku 2020 w stosunku do odpowiedniego okresu w 2019 obliczona dla całego roku, miesiąca marca oraz dla II i IV kwartału; dla stacji pozamiejskich, miejskich (z uwzględnieniem komunikacyjnych) oraz podmiejskich (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Typ obszaru	Rok	III	IV - VI	X - XII
miejski	- 2,57	2,55	- 2,21	- 0,66
podmiejski	- 3,15	5,12	- 2,74	- 3,43
pozamiejski	- 1,57	2,16	- 2,29	- 0,40

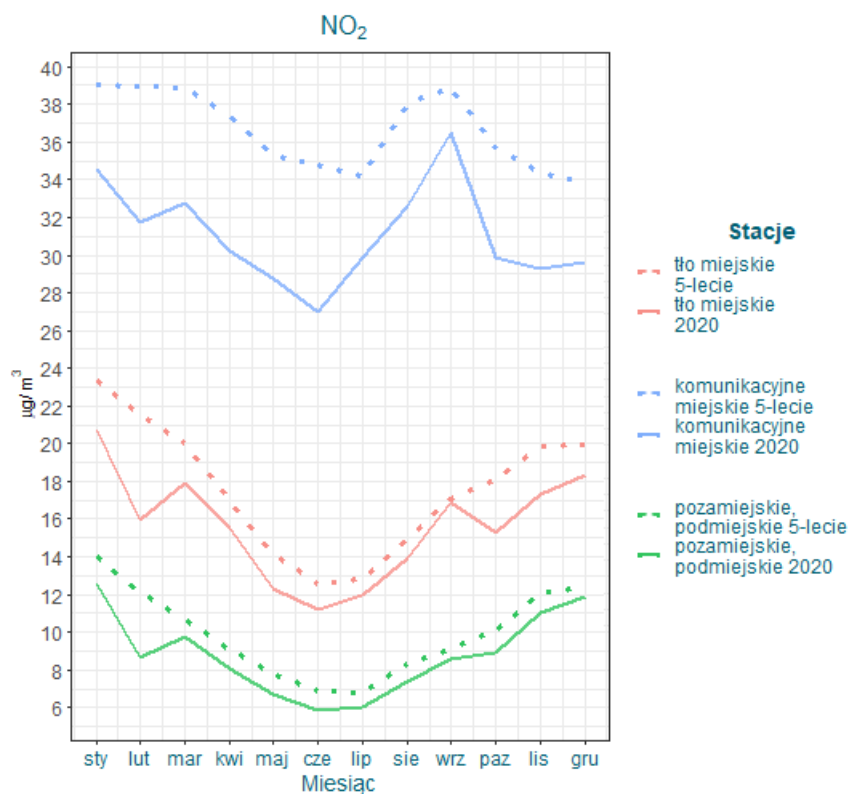
4.2.3 Dwutlenek azotu

W przypadku stężeń NO_2 trend spadkowy utrzymuje się od początku analizowanego okresu od roku 2016. O ile dla stacji pozamiejskich różnice nie są znaczące, a dla stacji tła miejskiego nieznaczny spadek notowany jest od roku 2018, zmienność na stacjach komunikacyjnych wykazuje wyraźne obniżenie wartości w 2020 r. (**Rysunek 28**).



Rysunek 28. Średnie roczne stężenie NO_2 na obszarze Polski w okresie 2016 - 2020, na stacjach tła miejskiego – linia czerwona, na stacjach pozamiejskich – linia zielona, na stacjach komunikacyjnych (miejskich) – linia niebieska (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Analiza zmienności stężeń dwutlenku azotu w roku 2020, z uwzględnieniem typów stacji, wskazuje na istnienie różnic o charakterze systematycznym, choć spadek stężeń od marca do maja na stacjach typu tła miejskiego i komunikacyjnych (miejskich) wykazuje większy gradient niż w przypadku stacji pozamiejskich (**Rysunek 29**). Najwyższe różnica stężeń NO_2 w 2020 roku na tle średniej z ostatniego 5-lecia wystąpiła na stacjach komunikacyjnych, co może być związane z okresem kwarantanny i ograniczonym ruchem w obszarach miejskich.



Rysunek 29. Średnie miesięczne stężenie dwutlenku azotu na obszarze Polski w 2020 roku (linia ciągła) oraz uśredniona dla okresu 2016 - 2020 (linia przerywana), na stacjach tła miejskiego – linia czerwona, na stacjach pozamiejskich – linia zielona, na stacjach komunikacyjnych (miejskich) – linia niebieska (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Różnice pomiędzy stężeniami NO₂ w drugim i czwartym kwartale roku 2020 w stosunku do odpowiedniego kwartału roku 2019 przedstawia **Tabela 4**. Zamieszczono tam także różnice dla miesiąca marca, w połowie którego wprowadzono ograniczenia, w którym to miesiącu nastąpił wzrost stężeń w roku 2020 w stosunku do roku poprzedzającego. Relatywnie duży spadek stężeń na stacjach miejskich i podmiejskich w czwartym kwartale wynika z obniżenia stężeń w miesiącu październiku.

Tabela 4. Różnica stężeń NO₂ (w µg/m³) w roku 2020 w stosunku do odpowiedniego okresu w 2019 obliczona dla całego roku, miesiąca marca oraz dla II i IV kwartału; dla stacji pozamiejskich, miejskich (z uwzględnieniem komunikacyjnych) oraz podmiejskich (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Typ obszaru	Rok	III	IV - VI	X - XII
miejski	-2,06	0,13	-1,96	-3,14
podmiejski	-1,34	0,94	-0,85	-1,49
pozamiejski	-0,67	0,68	-1,09	-0,11

4.3 Rozkład przestrzenny różnic stężeń w roku 2020 względem 2019

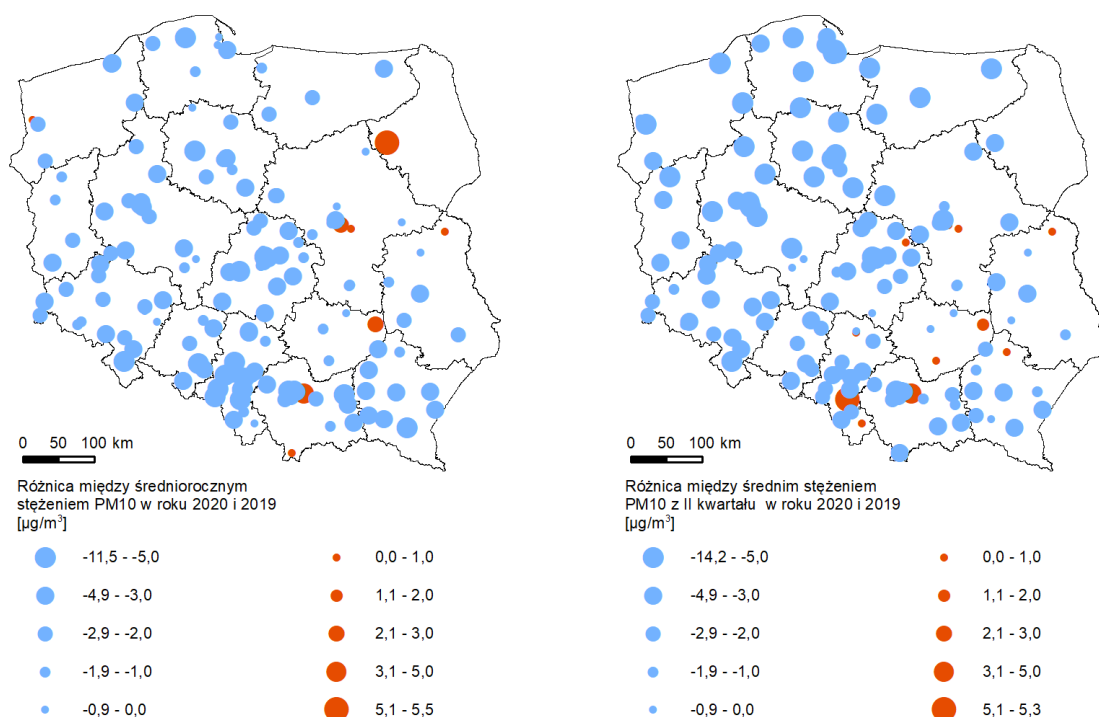
Celem zaadresowania przestrzennej zmienności stężeń obliczono różnice pomiędzy stężeniami w roku 2020 i 2019 dla poszczególnych województw. Różnice średnie dla całego roku i dla kwartałów przedstawia **Tabela 5**, **Tabela 6**, **Tabela 7** i **Tabela 8**. Różnice dla poszczególnych miesięcy zamieszczono w załącznikach nr 6, 7, 8 i 9.

W przypadku stężeń pyłu PM_{10} w 2020 r. w stosunku do roku 2019 średnio na terenie kraju wystąpiła redukcja – najmniejsza w województwie świętokrzyskim ($- 0,06 \mu g/m^3$), największa w woj. podkarpackim ($- 3,52 \mu g/m^3$). Wzrost stężeń wykazano wyłącznie w przypadku województwa podlaskiego ($5,45 \mu g/m^3$). Spadki w pierwszym kwartale wynikają głównie ze znaczących różnic w miesiącu lutym, który był anomalnie ciepły, a w którym nie były jeszcze w Polsce wprowadzone obostrzenia. Najbardziej znaczący spadek stężeń w pierwszym kwartale wystąpił w woj. śląskim ($- 13,52 \mu g/m^3$), a także w woj. opolskim i podkarpackim (odpowiednio $- 9,4 \mu g/m^3$ i $- 9,86 \mu g/m^3$). W drugim kwartale wartości spadków są mniejsze i dotyczą innych województw – największa redukcja wystąpiła w woj. pomorskim ($- 7,11 \mu g/m^3$), warmińsko-mazurskim ($- 7,6 \mu g/m^3$) oraz zachodniopomorskim ($- 6,47 \mu g/m^3$). Trzeci kwartał charakteryzował się relatywnie niewielkimi wartościami różnic (za wyjątkiem woj. małopolskiego, gdzie stężenia zmalały o $- 2,53 \mu g/m^3$). W czwartym kwartale przeważała tendencja obniżenia stężeń PM_{10} w roku 2020, wynikająca głównie z dużych spadków stężeń w październiku.

Tabela 5. Różnice stężeń pyłu PM₁₀ (w µg/m³) pomiędzy stężeniami w roku 2020 i 2019 (2020 - 2019) w województwach, dla okresów: całego roku, I kwartału (styczeń, luty, marzec), II kwartału (kwiecień, maj, czerwiec), III kwartału (lipiec, sierpień, wrzesień) i IV kwartału (październik, listopad, grudzień), (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Województwo	Rok	I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII
Dolnośląskie	- 2,80	- 6,15	- 3,67	- 0,45	- 0,94
Kujawsko-pomorskie	- 2,59	- 3,77	- 5,94	0,70	- 1,35
Lubelskie	- 1,62	- 1,83	- 1,53	- 0,62	- 2,49
Łódzkie	- 3,27	- 5,97	- 2,77	- 0,70	- 3,63
Lubuskie	- 2,29	- 6,51	- 4,60	1,13	0,81
Małopolskie	- 3,44	- 6,05	- 3,19	- 2,53	- 1,97
Mazowieckie	- 1,28	- 3,61	- 2,70	1,25	- 0,06
Opolskie	- 3,44	- 9,40	- 3,49	0,43	- 1,32
Podlaskie	5,46	9,48	- 3,02	2,51	12,87
Podkarpackie	- 3,52	- 9,86	- 2,26	- 0,77	- 1,20
Pomorskie	- 2,01	- 2,66	- 7,11	1,29	0,44
Świętokrzyskie	- 0,06	- 0,27	0,39	0,33	- 0,71
Śląskie	- 4,85	- 13,52	- 1,71	0,04	- 4,22
Warmińsko-mazurskie	- 2,54	- 4,43	- 7,60	0,68	1,20
Wielkopolskie	- 3,46	- 6,18	- 5,14	- 0,01	- 2,53
Zachodniopomorskie	- 2,75	- 4,86	- 6,47	0,74	- 0,42

Rozkład przestrzenny różnic pomiędzy średnim rocznym stężeniem PM₁₀ w roku 2020 roku i 2019 dla indywidualnych stacji pokazuje, że na przeważającym obszarze kraju wystąpiła redukcja średnio w przedziale 2 - 3 µg/m³ (**Rysunek 30**). Wzrost stężeń w stosunku do roku poprzedzającego wystąpił na kilku stacjach w województwach: podlaskim, lubelskim, mazowieckim, świętokrzyskim i małopolskim. Zauważyć należy, że w woj. podlaskim podstawą analiz są pomiary z tylko jednej stacji, co tłumaczy opisany wcześniej odmienny charakter zmienności międzyrocznej stężeń w woj. podlaskim. Różnice stężeń w II kwartale roku 2020 względem roku 2019 są nieco większe co do wartości bezwzględnej niż zmiana średnioroczna.



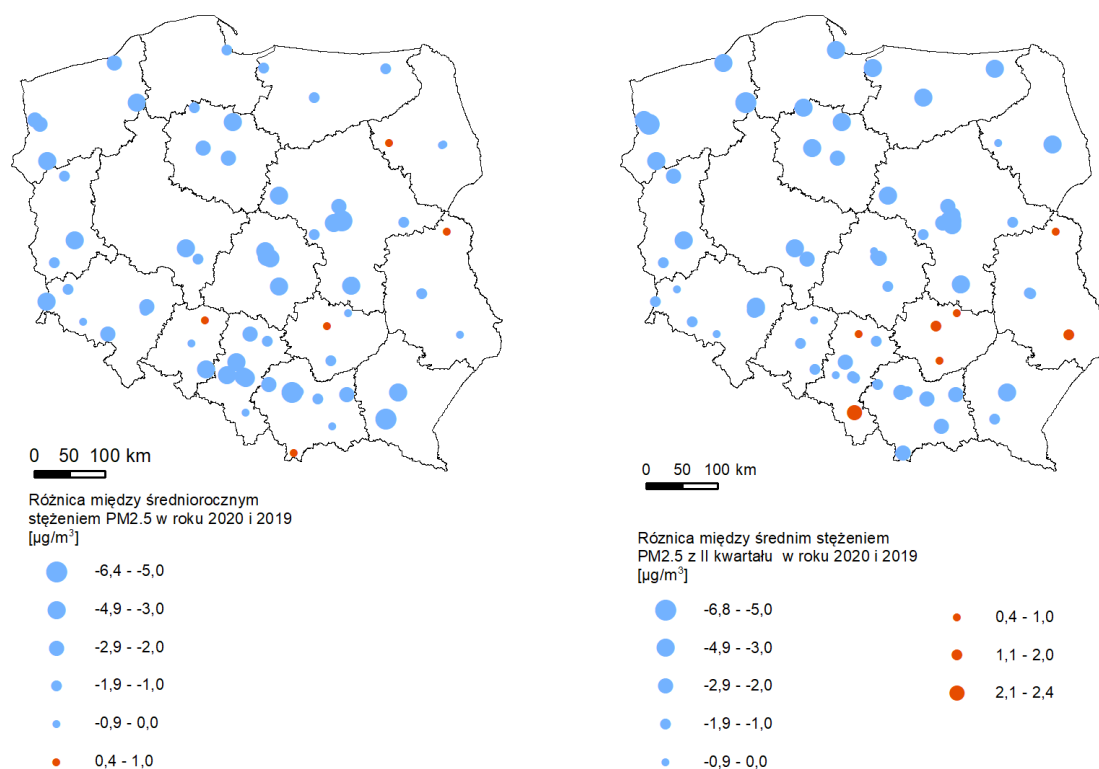
Rysunek 30. Rozkład przestrzenny różnic stężeń pyłu PM_{10} między rokiem 2020 i 2019; lewy panel – różnica stężeń średnich rocznych, prawy panel – różnica stężeń w II kwartale (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Porównując rok 2020 i 2019 pod względem stężenia pyłu $\text{PM}_{2.5}$ średnio na terenie całego kraju uległo ono zmniejszeniu – najmniejsza różnica wystąpiła w województwie podlaskim ($-0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$), największa w woj. podkarpackim ($-4,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Spadki w pierwszym kwartale wynikają głównie ze znaczących różnic w miesiącu lutym, który był znacznie cieplejszy niż w roku poprzednim, a w którym nie były jeszcze w Polsce wprowadzone obostrzenia. Najbardziej znaczący spadek stężeń w pierwszym kwartale wystąpił w woj. podkarpackim ($-13,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a także w woj. śląskim i opolskim (odpowiednio $-10,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i $-8,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W drugim kwartale wartości spadków są mniejsze i dotyczą innych województw – największa redukcja wystąpiła w woj. zachodniopomorskim ($-4,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pomorskim ($-4,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz warmińsko-mazurskim ($-4,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Trzeci kwartał charakteryzował się relatywnie niewielkimi wartościami różnic (za wyjątkiem woj. łódzkiego: $-2,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i pomorskiego: $-3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W czwartym kwartale przeważała tendencja obniżenia stężeń pyłu $\text{PM}_{2.5}$ w roku 2020, wynikająca głównie z dużych spadków stężeń w październiku, jednakże w miesiącu grudniu przeważały wzrosty.

Tabela 6. Różnice stężeń pyłu PM_{2.5} (w µg/m³) pomiędzy stężeniami w roku 2020 i 2019 (2020 - 2019) w województwach, dla okresów: całego roku, I kwartału (styczeń, luty, marzec), II kwartału (kwiecień, maj, czerwiec), III kwartału (lipiec, sierpień, wrzesień) i IV kwartału (październik, listopad, grudzień), (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Województwo	Rok	I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII
Dolnośląskie	- 1,72	- 4,41	- 1,91	- 0,06	- 0,48
Kujawsko-pomorskie	- 2,16	- 4,00	- 3,48	0,84	- 1,99
Lubelskie	- 0,66	- 1,35	0,01	- 0,42	- 0,87
Łódzkie	- 3,30	- 6,25	- 1,67	- 2,33	- 2,97
Lubuskie	- 2,03	- 4,47	- 3,01	- 0,77	0,11
Małopolskie	- 1,94	- 4,58	- 2,28	- 2,04	1,15
Mazowieckie	- 2,64	- 5,39	- 3,08	- 0,53	- 1,54
Opolskie	- 1,27	- 8,01	- 0,82	1,50	2,25
Podlaskie	- 0,07	0,27	- 2,03	0,49	1,00
Podkarpackie	- 4,67	- 13,35	- 2,08	- 0,69	- 2,56
Pomorskie	- 1,95	- 3,47	- 4,70	3,6	2,20
Świętokrzyskie	- 0,51	- 1,94	0,93	- 0,66	- 0,37
Śląskie	- 3,07	- 10,25	- 0,91	- 0,26	- 0,87
Warmińsko-mazurskie	- 1,63	- 3,38	- 4,00	- 0,04	0,91
Wielkopolskie	- 2,42	- 5,64	- 2,72	- 1,74	0,40
Zachodniopomorskie	- 2,84	- 5,10	- 4,72	0,08	- 1,63

Rozkład przestrzenny różnic pomiędzy średnim rocznym stężeniem PM_{2.5} w roku 2020 roku i w roku 2019 dla indywidualnych stacji pokazuje, że na przeważającym obszarze kraju wystąpiła redukcja średnio w przedziale 3 - 5 µg/m³ (**Rysunek 31**). Najwyższe redukcje, do - 6,5 µg/m³ wystąpiły na stacjach znajdujących się głównie w południowej i centralnej części kraju. Wzrost stężeń w stosunku do roku poprzedzającego wystąpił na kilku stacjach w województwach: podlaskim, lubelskim, świętokrzyskim, opolskim i małopolskim. Różnice stężeń w II kwartale roku są co do wartości bezwzględnej większe. Co istotne, w południowej części kraju redukcja jest niższa niż średnioroczna, również na większej ilości stacji wystąpił wzrost stężeń drugim kwartale 2020 roku. Wskazuje to, że okres kwarantanny nie wpłynął znacząco na redukcję stężeń pyłu PM_{2.5} między rokiem 2020 i 2019.



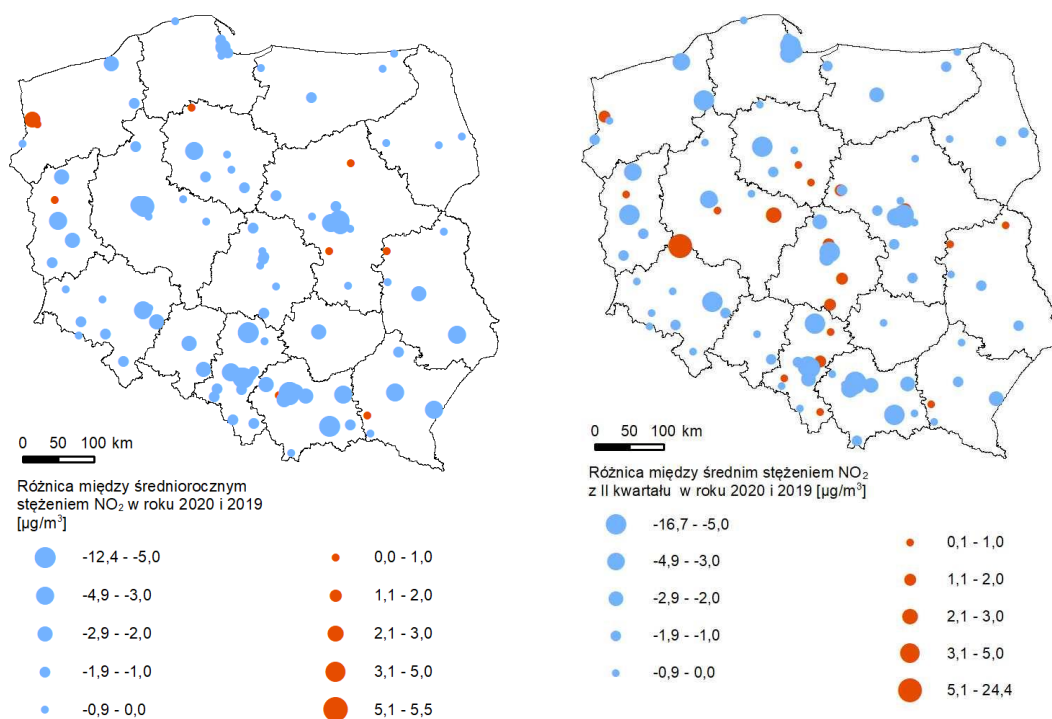
Rysunek 31. Rozkład przestrzenny różnic stężeń pyłu PM_{2.5} między rokiem 2020 i 2019; lewy panel – różnica stężeń średnich rocznych, prawy panel – różnica stężeń w II kwartale (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

W przypadku stężeń dwutlenku azotu średnio na terenie kraju wystąpiła redukcja – najmniejsza w województwie podlaskim ($-0,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$), największa w woj. małopolskim ($-3,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Wzrost stężeń wykazano wyłącznie w przypadku województwa lubuskiego ($1,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W pierwszym kwartale spadki wynikają przede wszystkim ze znaczących różnic w miesiącu lutym, który był znacznie cieplejszy w 2020 roku niż w 2019, a w którym nie były jeszcze w Polsce wprowadzone obostrzenia. Najbardziej znaczący spadek stężeń w pierwszym kwartale wystąpił w woj. śląskim ($-4,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a także w woj. wielkopolskim, świętokrzyskim i opolskim (odpowiednio $-3,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $-3,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i $-3,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W drugim kwartale wartości spadków są mniejsze i dotyczą innych województw – największa redukcja wystąpiła w woj. małopolskim ($-4,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i pomorskim ($-3,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Trzeci kwartał charakteryzował się relatywnie niewielkimi wartościami różnic (za wyjątkiem woj. lubuskiego $-2,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i woj. małopolskiego: $-2,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W czwartym kwartale przeważała tendencja do występowania niższych stężeń dwutlenku azotu w roku 2020, wynikająca głównie z dużych spadków stężeń w październiku, jedynie w woj. lubuskim wystąpił wzrost o $2,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabela 7. Różnice stężeń dwutlenku azotu (w $\mu\text{g}/\text{m}^3$) pomiędzy stężeniami w roku 2020 i 2019 (2020 - 2019) w województwach, dla okresów: całego roku, I kwartału (styczeń, luty, marzec), II kwartału (kwiecień, maj, czerwiec), III kwartału (lipiec, sierpień, wrzesień) i IV kwartału (październik, listopad, grudzień), (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Województwo	Rok	I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII
Dolnośląskie	- 1,35	- 2,43	- 1,17	0,10	- 1,91
Kujawsko-pomorskie	- 1,29	- 0,18	- 2,02	- 0,74	- 2,23
Lubelskie	- 1,39	- 0,86	- 0,69	- 1,59	- 2,41
Łódzkie	- 0,87	- 1,29	- 1,07	0,86	- 1,99
Lubuskie	1,06	- 2,06	2,04	2,23	2,02
Małopolskie	- 3,44	- 2,71	- 4,12	- 2,17	- 4,79
Mazowieckie	- 2,06	- 1,92	- 2,18	- 1,47	- 2,67
Opolskie	- 2,38	- 3,40	- 1,39	- 1,51	- 3,22
Podlaskie	- 0,33	1,57	- 1,22	- 0,20	- 1,48
Podkarpackie	- 1,61	- 1,27	- 0,80	- 1,44	- 2,92
Pomorskie	- 1,23	0,29	- 3,20	0,61	- 2,64
Świętokrzyskie	- 2,28	- 3,47	- 0,14	- 1,13	- 4,36
Śląskie	- 2,64	- 4,95	- 1,88	- 0,61	- 3,12
Warmińsko-mazurskie	- 0,95	- 1,57	- 1,18	- 0,32	- 0,72
Wielkopolskie	- 2,21	- 3,67	- 0,82	- 0,88	- 3,45
Zachodniopomorskie	- 0,56	- 1,36	- 1,67	1,96	- 1,15

Rozkład przestrzenny różnic pomiędzy średnim rocznym stężeniem NO_2 w roku 2020 roku i 2019 dla indywidualnych stacji pokazuje, że na przeważającym obszarze kraju wystąpiła redukcja średnio w przedziale 2 - 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Rysunek 32**). Wzrost stężeń w stosunku do roku poprzedzającego wystąpił na kilku stacjach w województwach: lubelskim, mazowieckim, podkarpackim, małopolskim, kujawsko-pomorskim, lubuskim i zachodniopomorskim. Różnice stężeń w II kwartale roku są zróżnicowane przestrzennie. Nieco więcej lokalizacji wykazuje różnicę dodatnią, oznaczającą wyższe stężenia w roku 2020, jednocześnie w innych lokalizacjach redukcja stężeń w 2020 w stosunku do 2019 jest wyższa niż średnioroczna.



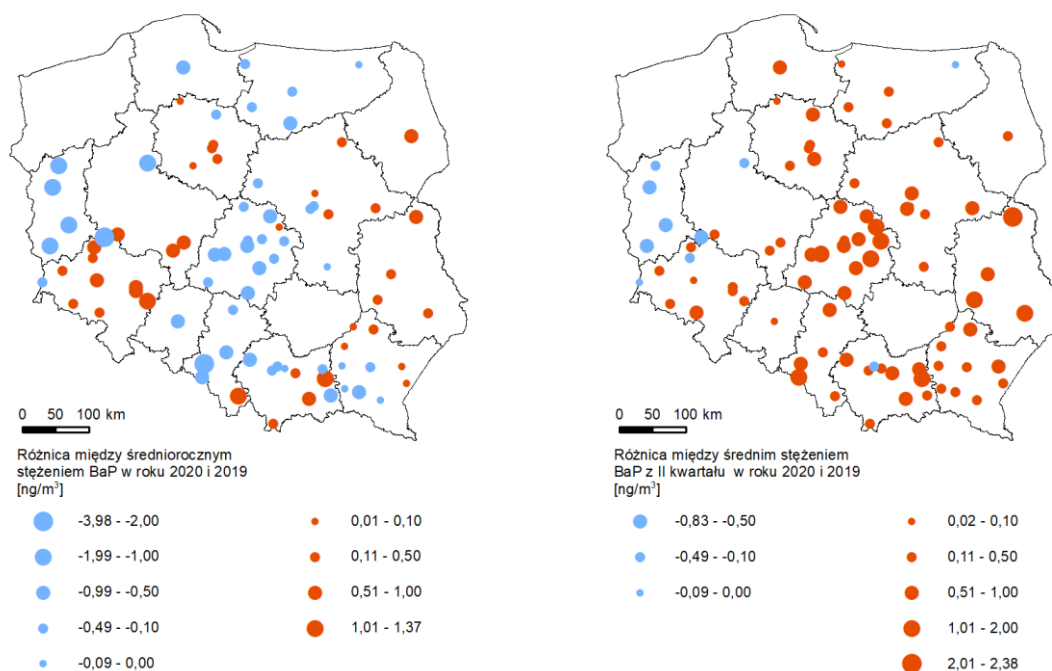
Rysunek 32. Rozkład przestrzenny różnic stężeń dwutlenku azotu między rokiem 2020 i 2019; lewy panel – różnica stężeń średnich rocznych, prawy panel – różnica stężeń w II kwartale (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Analiza stężeń benzo(a)pirenu pokazuje, że średnio na terenie kraju, między rokiem 2020 i 2019 wystąpiły zarówno wzrosty jak i spadki stężeń. Najmniejszy wzrost stężeń miał miejsce w województwie małopolskim i mazowieckim (0,02 ng/m³), największy w woj. podlaskim (0,62 ng/m³). W przypadku spadków największy spadek stężeń benzo(a)pirenu wystąpił w woj. lubuskim (- 1,57 ng/m³). W pierwszym kwartale spadki wynikają przede wszystkim ze znaczących różnic w miesiącu lutym, który był znacznie cieplejszy w 2020 roku niż w 2019, a w którym nie były jeszcze w Polsce wprowadzone obostrzenia. Najbardziej znaczący spadek stężeń w pierwszym kwartale wystąpił w woj. śląskim (- 4,05 ng/m³) a także w woj. lubuskim i pomorskim (odpowiednio: - 3,09 ng/m³ i - 2,94 ng/m³). W drugim kwartale wartości stężeń benzo(a)pirenu wzrosły, najwyższy wzrost wystąpił w woj. lubelski (1,37 ng/m³), łódzkim (0,84 ng/m³) i pomorskim (0,83 ng/m³). Spadek wystąpił jedynie w woj. lubuskim (- 0,52 ng/m³). Trzeci kwartał charakteryzował się relatywnie niewielkimi wartościami różnic – stężenia w 2020 roku były przeważnie niższe, za wyjątkiem woj. warmińsko-mazurskiego, gdzie stężenia wzrosły o 0,31 ng/m³. W czwartym kwartale w większości województw wystąpiła tendencja spadkowa stężeń benzo(a)pirenu w roku 2020, największy spadek dotyczy woj. lubuskiego (- 2,69 ng/m³), natomiast najwyższy wzrost wystąpił w woj. dolnośląskim (2,65 ng/m³).

Tabela 8. Różnice stężeń benzo(a)pirenu (w ng/m³) pomiędzy stężeniami w roku 2020 i 2019 (2020 - 2019) w województwach, dla okresów: całego roku, I kwartału (styczeń, luty, marzec), II kwartału (kwiecień, maj, czerwiec), III kwartału (lipiec, sierpień, wrzesień) i IV kwartału (październik, listopad, grudzień), (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Województwo	Rok	I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII
Dolnośląskie	0,53	- 0,71	0,18	0,02	2,65
Kujawsko-pomorskie	0,08	0,53	0,45	0,01	- 0,65
Lubelskie	0,38	1,61	1,37	- 0,39	- 1,08
Łódzkie	- 0,46	- 0,50	0,84	- 0,21	- 1,99
Lubuskie	- 1,57	- 3,09	- 0,52	0,02	- 2,69
Małopolskie	0,02	- 1,28	0,48	- 0,21	1,11
Mazowieckie	0,02	0,00	0,45	- 0,20	- 0,17
Opolskie	- 0,57	- 2,38	0,02	- 0,23	0,30
Podlaskie	0,62	1,37	0,24	- 0,11	0,97
Podkarpackie	- 0,08	- 2,08	0,32	- 0,08	1,53
Pomorskie	- 0,72	- 2,94	0,83	- 0,32	- 0,47
Śląskie	- 0,88	- 4,05	0,74	- 0,08	- 0,14
Warmińsko-mazurskie	- 0,31	- 1,09	0,14	- 0,08	- 0,19
Wielkopolskie	0,13	- 1,42	0,09	0,31	1,54

Rozkład przestrzenny różnic pomiędzy średnim rocznym stężeniem benzo(a)pirenu w roku 2020 roku i 2019 dla indywidualnych stacji pokazuje, że na przeważającym obszarze województw: podkarpackiego, śląskiego, opolskiego, łódzkiego, lubuskiego, pomorskiego i warmińsko-mazurskiego wystąpiła redukcja średnio w przedziale 0,5 - 1,0 ng/m³ (**Rysunek 33**). Wzrost stężeń w stosunku do roku poprzedzającego wystąpił na stacjach w województwach: podlaskim, mazowieckim, lubelskim, małopolskim, dolnośląskim, kujawsko-pomorskim i wielkopolskim. Różnice stężeń między rokiem 2020 i 2019 w II kwartale roku, pokazują wzrost na większości stacji.



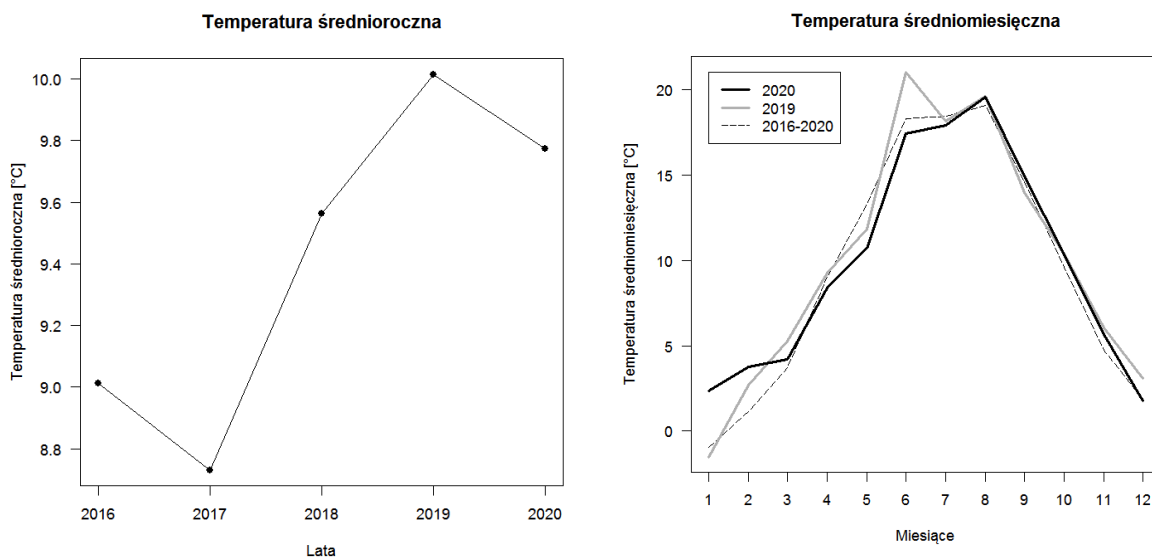
Rysunek 33. Rozkład przestrzenny różnic stężeń benzo(a)pirenu między rokiem 2020 i 2019; lewy panel – różnica stężeń średnich rocznych, prawy panel – różnica stężeń w II kwartale (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

5. Warunki termiczne w roku 2020 na tle lat 2016 - 2020

Stężenia zanieczyszczeń, zwłaszcza pyłu zawieszonego, są silnie uwarunkowane sytuacją meteorologiczną. Szczególnie średnie warunki termiczne okresu zimowego oraz gwałtowne spadki temperatur sprzyjają utrzymywaniu się podwyższanych stężeń, ze względu na powstawanie inwersji i akumulację zanieczyszczeń. Również sezonowa zmiana temperatury w okresie wiosennym i jesiennym wiąże się z zakończeniem lub rozpoczęciem okresu grzewczego i wyraźną zmianą stężeń zanieczyszczeń pierwotnych.

5.1 Zmiana temperatury powietrza w okresie 2016 - 2020

Przebieg średnich rocznych temperatur powietrza pokazuje, że od 2017 roku występuje trend wzrostowy (**Rysunek 34**, lewa plansza). Analiza średnich miesięcznych temperatur powietrza (prawa plansza) wykazuje, że początek roku 2020 (styczeń i luty), był wyraźnie cieplejszy niż w roku poprzednim i średnia z ostatniego 5-lecia. Kolejne miesiące: marzec i kwiecień wykazywały podobną temperaturę w roku 2020 i 2019, zbliżoną do średniej z okresu 2016 - 2020. Maj i czerwiec w 2020 roku były chłodniejsze od roku poprzedniego (szczególnie czerwiec) oraz niższe od średniej 5-letniej. Od lipca średnie warunki termiczne są zbliżone w roku 2020, 2019 oraz ostatniego 5-lecia (**Rysunek 34**).



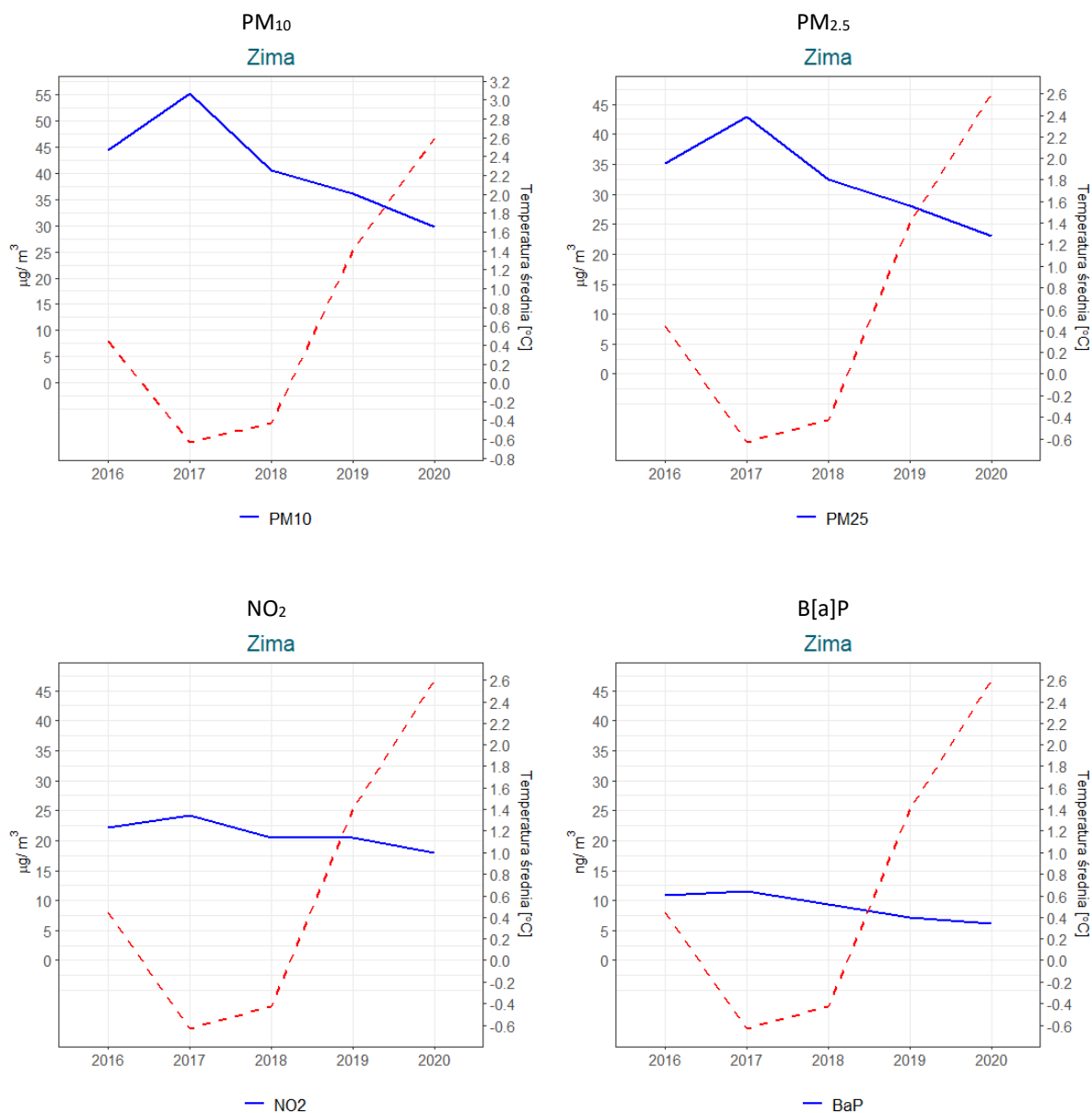
Rysunek 34. Średnia roczna temperatura powietrza w okresie 2016 - 2020 (lewa plansza) i średnia miesięczna temperatura powietrza w roku 2020, 2019 i uśredniona dla okresu 2016 – 2020 (prawa plansza) (Źródło danych: IMiGW-PIB. Opracowanie: IOŚ-PIB)

5.2 Analiza zmienności średnich stężeń zanieczyszczeń i temperatury powietrza

Na potrzeby analizy zależności zmienności stężeń od temperatury powietrza rok podzielono na sezony meteorologiczne:

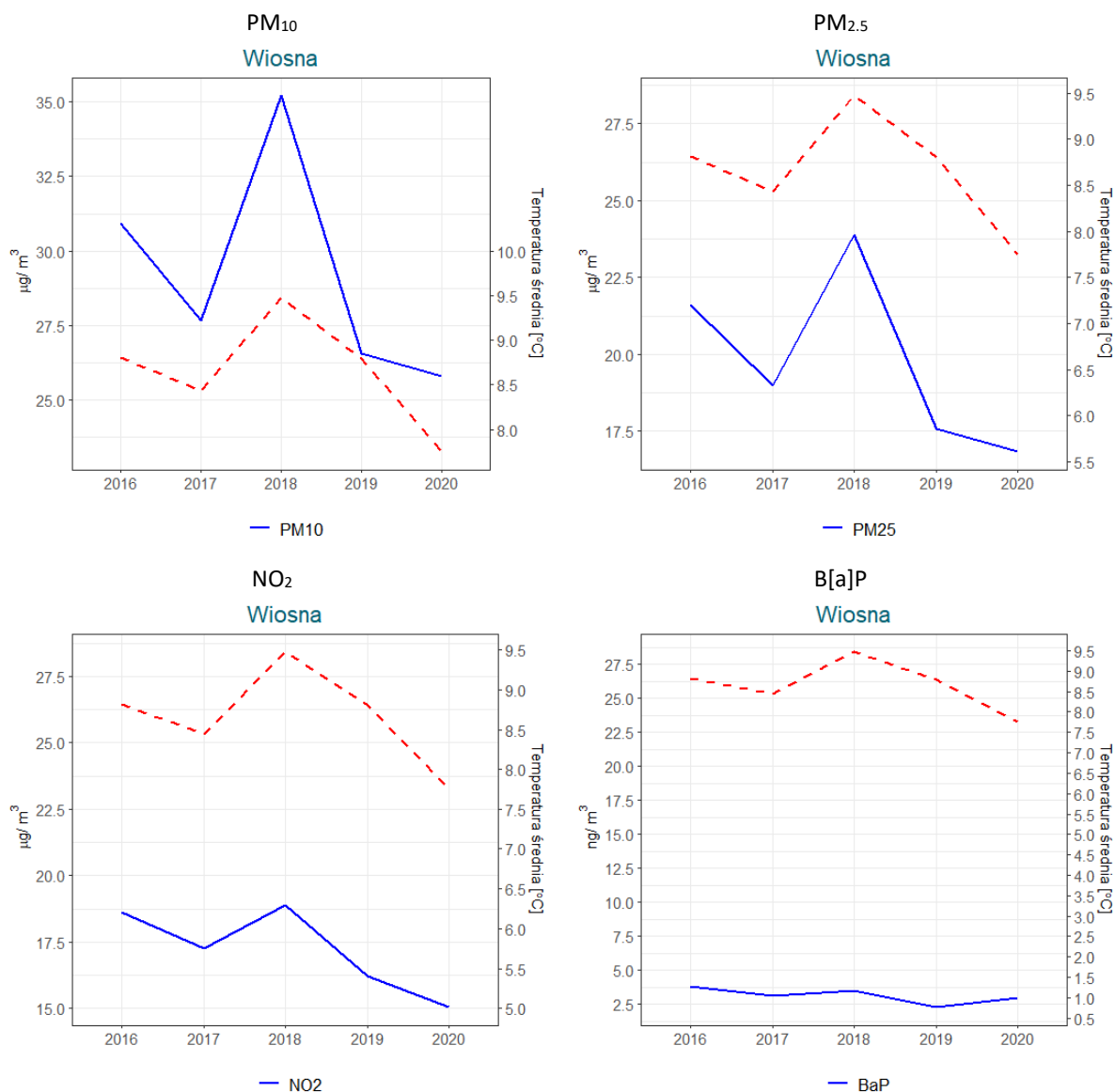
- Zima – grudzień, styczeń, luty
- Wiosna – marzec, kwiecień, maj
- Lato – czerwiec, lipiec, sierpień
- Jesień – wrzesień, październik, listopad

Średnie stężenia pyłu PM_{10} , $PM_{2.5}$, dwutlenku azotu i benzo(a)pirenu w okresie zimowym od 2017 roku mają tendencję spadkową, natomiast średnia temperatura powietrza w tym okresie systematycznie rośnie (**Rysunek 35**). Można wnioskować o zależności spadku stężeń zanieczyszczeń wraz ze wzrostem temperatury dla pyłu PM_{10} , pyłu $PM_{2.5}$ i benzo(a)pirenu. W okresie zimowym zmienność temperatury duży związek z długością sezonu grzewczego i poziomem zapotrzebowaniem na ciepło. W przypadku zmian dwutlenku azotu i średniej temperatury zależność jest bardzo niewielka.



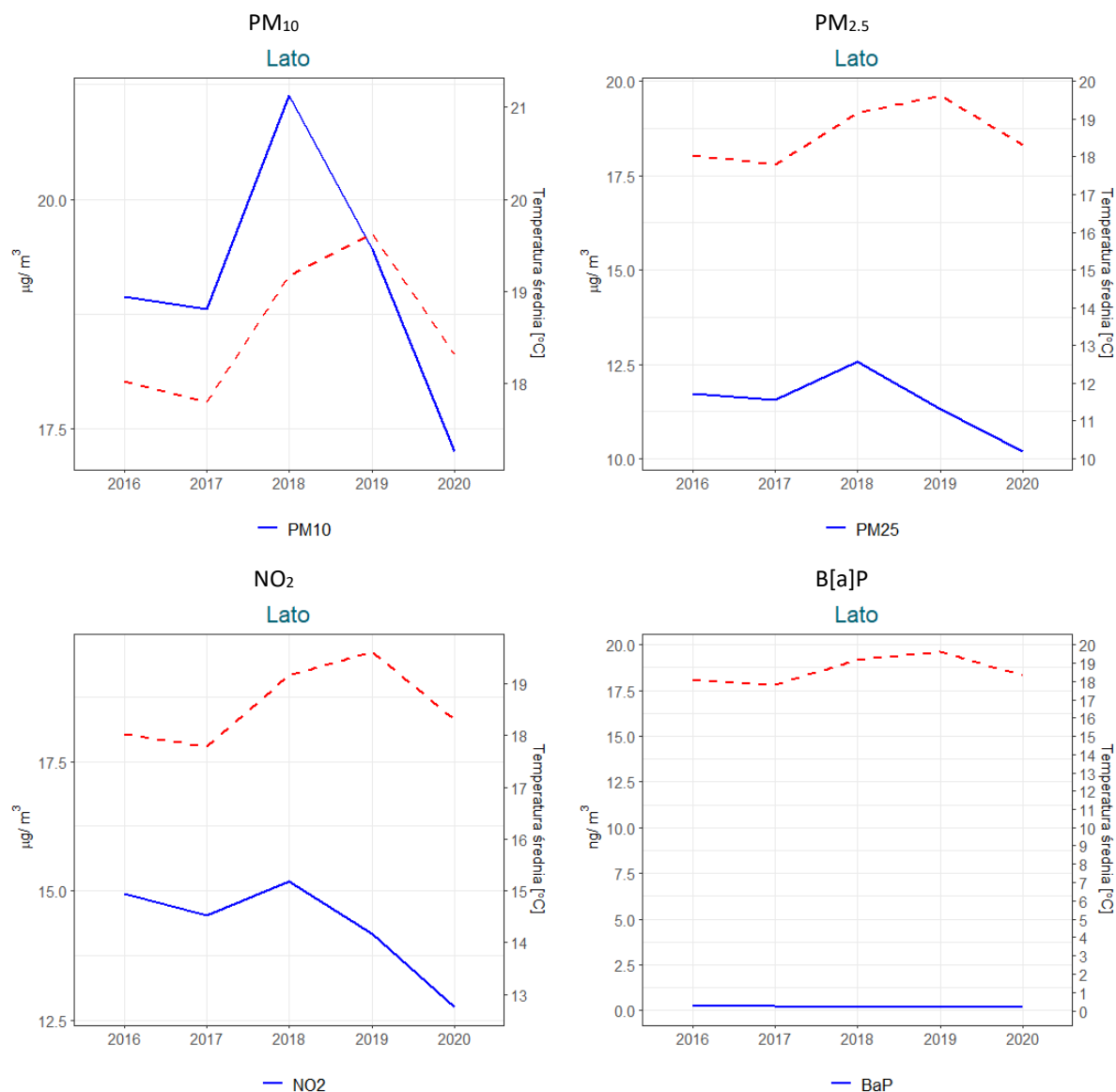
Rysunek 35. Zmiana średniej kwartalnej temperatury powietrza oraz średniego stężenia pyłu PM₁₀ (lewa górna plansza), pyłu PM_{2.5} (prawa górna plansza), dwutlenku azotu (lewa dolna plansza), benzo(a)pirenu (prawa dolna plansza), w okresie: grudzień, styczeń, luty; w latach 2016 - 2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, IMiGW-PIB. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Zmiana średniej kwartalnej temperatury powietrza w okresie wiosennym i zmiana średnich stężeń zanieczyszczeń powietrza wykazuje odwrotną zależność niż w okresie zimowym. W przypadku pyłu PM₁₀, pyłu PM_{2.5} i NO₂ stężenia rosną wraz ze wzrostem średniej temperatury powietrza w miesiącach: marzec, kwiecień, maj. Jednakże porównanie roku 2019 i 2020 wskazuje na bardzo niewielki spadek stężeń pyłu PM₁₀ i PM_{2.5} w porównaniu do wyraźnego spadku między rokiem 2018 i 2019 oraz wyraźnym spadkiem temperatury powietrza. Stężenie benzo(a)pirenu wzrosło w 2020 roku w porównaniu do roku 2019 (**Rysunek 36**).



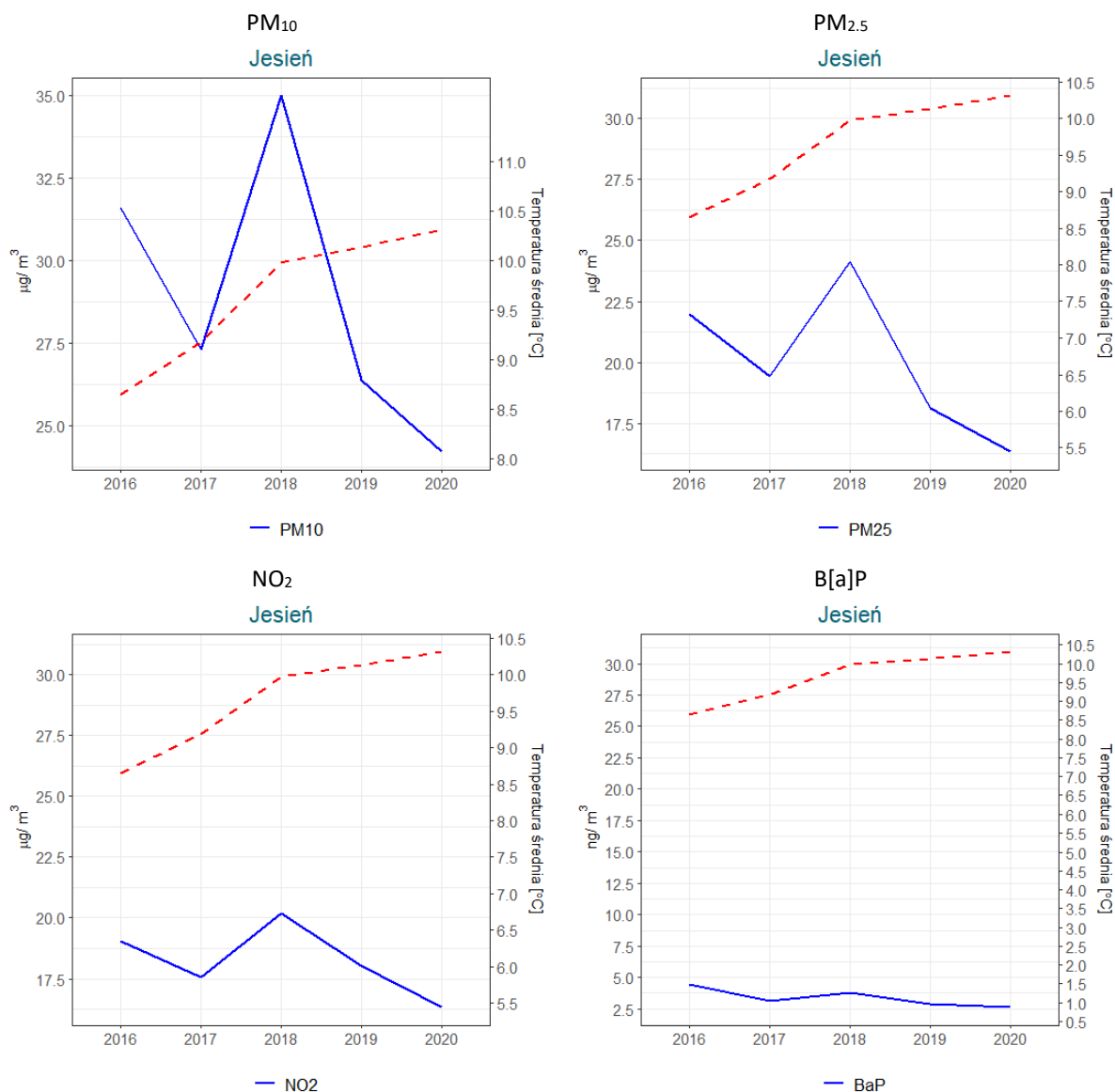
Rysunek 36. Zmiana średniej kwartalnej temperatury powietrza oraz średniego stężenia pyłu PM₁₀ (lewa górna plansza), pyłu PM_{2.5} (prawa górna plansza), dwutlenku azotu (lewa dolna plansza), benzo(a)pirenu (prawa dolna plansza), w okresie marzec, kwiecień, maj; w latach 2016 - 2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, IMiGW-PIB. Opracowanie: IOŚ-PIB).

W okresie letnim temperatura powietrza wykazuje niewielki trend wzrostowy w okresie ostatniego 5-lecia natomiast w roku 2020 lato było wyraźnie chłodniejsze niż w roku poprzednim (**Rysunek 37**). W przypadku stężeń pyłu PM₁₀, pyłu PM_{2.5} i NO₂ widać trend spadkowy od 2018 roku, jednakże nie odpowiada on trendom zmian temperatury. Stężenia benzo(a)pirenu w analizowanym 5-leciu nieznacznie zmalały przy spadku temperatury powietrza.



Rysunek 37. Zmiana średniej kwartalnej temperatury powietrza oraz średniego stężenia pyłu PM₁₀ (lewa górna plansza), pyłu PM_{2.5} (prawa górna plansza), dwutlenku azotu (lewa dolna plansza), benzo(a)pirenu (prawa dolna plansza), w okresie czerwiec, lipiec, sierpień; w latach 2016 - 2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, IMiGW-PIB. Opracowanie: IOŚ-PIB)

W okresie jesiennym od 2016 roku występuje systematyczny wzrost temperatury powietrza, jednakże stężenia zanieczyszczeń powietrza nie wykazują jednolitego trendu w okresie ostatniego 5-lecia (**Rysunek 38**). Wyraźny trend spadkowy dla pyłu PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂ i benzo(a)pirenu jest widoczny od 2018 roku. Temperatura powietrza między rokiem 2018 i 2019 wzrosła o podobną wartość jak między rokiem 2019 i 2020, natomiast spadek stężeń zanieczyszczeń, szczególnie w przypadku pyłów PM₁₀ i PM_{2.5} między rokiem 2019 i 2020 był znacznie niższy niż między 2018 i 2019.



Rysunek 38. Zmiana średniej kwartalnej temperatury powietrza oraz średniego stężenia pyłu PM₁₀ (lewa górna plansza), pyłu PM_{2.5} (prawa górna plansza), dwutlenku azotu (lewa dolna plansza), benzo(a)pirenu (prawa dolna plansza), w okresie wrzesień–październik–listopad; w latach 2016 - 2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, IMiGW-PIB. Opracowanie: IOŚ-PIB)

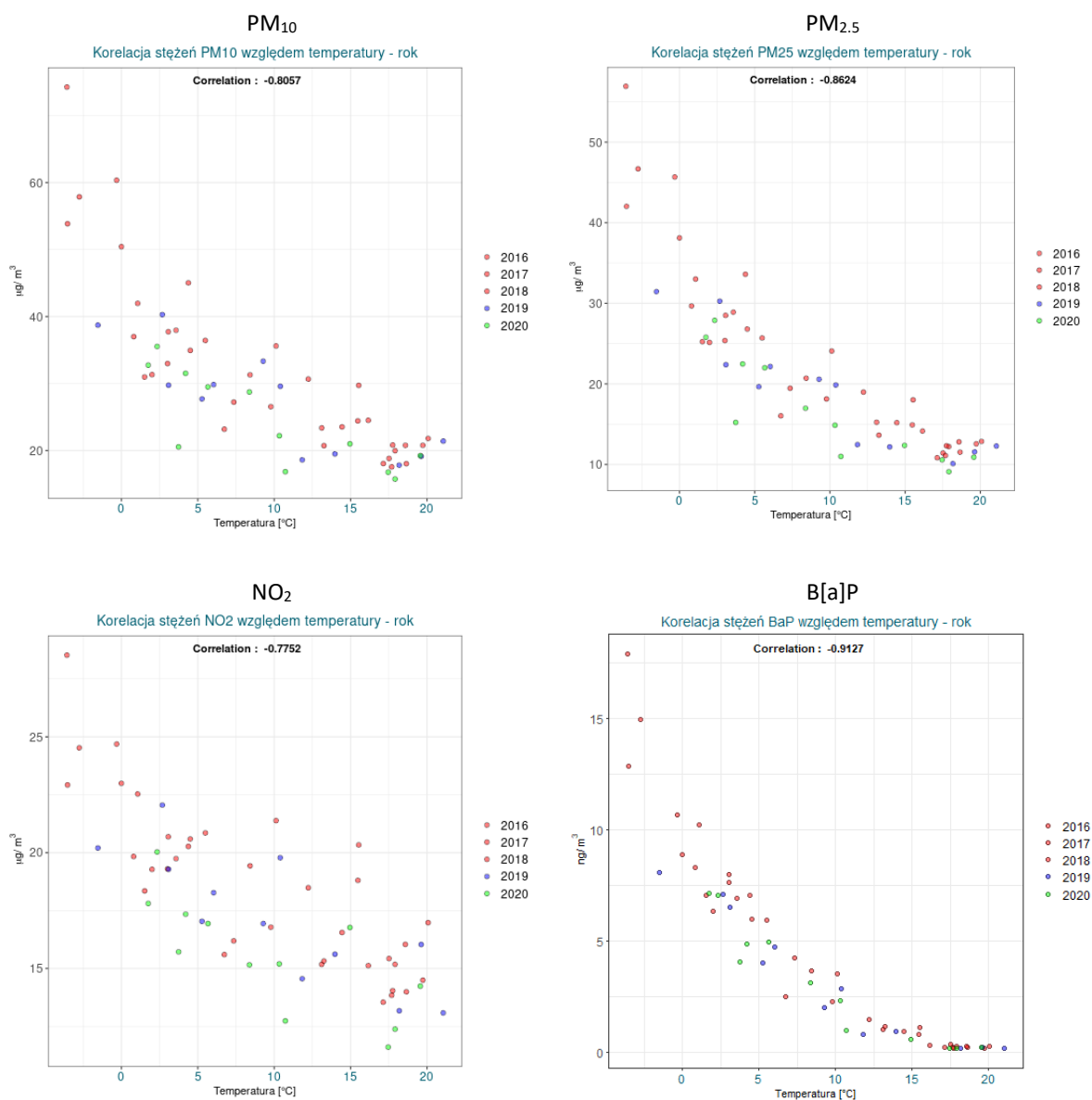
Przeprowadzono dodatkowe analizy zmierzające do ustalenia zależności stężeń zanieczyszczeń od temperatury powietrza w roku 2020 na tle wcześniejszych lat. Analizę oparto o wartości średnie miesięczne, uśrednione na obszarze kraju oraz dla obszaru województw (**Rysunek 39**).

Współczynniki korelacji obliczone względem stężeń średniomiesięcznych PM₁₀ i PM_{2.5} wynoszą odpowiednio - 0,8 i - 0,86. Punkty na wykresie są skupione i dla przedziału temperatur dodatnich można przyjąć zależność liniową (dla całego przedziału temperatur jest to zależność

o charakterze wykładniczym). Pojedyncze punkty w kolorze zielonym obrazujące stężenia średnie miesięczne w 2020 r. są nieco przesunięte w kierunku wartości niższych, nie można jednak stwierdzić, żeby przesunięcie to miało to charakter systematyczny.

W przypadku NO_2 współczynnik korelacji wynosi - 0,77, natomiast rozrzut punktów na wykresie wskazuje, że pomimo wysokiej wartości współczynnika korelacji zależność ta nie jest bardzo silna. Punkty w kolorze zielonym obrazujące stężenia średnie miesięczne w 2020 r. są nieco przesunięte w kierunku wartości niższych stężeń, wyłącznie dla temperatur dodatnich ze względu na anomalnie ciepły okres zimowy.

Stężenia średnie miesięczne B(a)P wykazują silną zależność stężeń od temperatury, o charakterze zbliżonym do liniowego dla przedziału temperatur od 0°C do 10°C . Współczynnik korelacji wynosi - 0,91. Punkty w kolorze zielonym obrazujące stężenia średnie miesięczne w 2020 r. wykazują zależność identyczną jak w latach 2016-2019.



Rysunek 39. Wykres rozproszenia temperatur średniomiesięcznych mierzonych na stacjach IMGW i stężeń średniomiesięcznych mierzonych na stacjach PMŚ, uśrednionych dla obszaru Polski. Zielonym kolorem oznaczono rok 2020, niebieskim kolorem oznaczono rok 2019, kolorem czerwonym oznaczono lata 2016-2018 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, IMiGW-PIB. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Na podstawie ciągów średnich tygodniowych stężeń zanieczyszczeń i średniej tygodniowej temperatury w okresie marzec – czerwiec obliczono współczynnik korelacji pomiędzy tymi parametrami. Współczynnik korelacji jest w przypadku każdego zanieczyszczenia i dla wszystkich lat ujemny co świadczy o tym, że w okresie analizowanych czterech miesięcy poziom stężeń zanieczyszczeń był niższy w warunkach wystąpienia wyższej temperatury, zaś wyższy w przypadku obniżenia temperatury. Wskazuje to na istotną zależność emisji w okresie chłodnym w wyniku spalania paliw stałych do celów grzewczych a także roli czynników meteorologicznych w procesach akumulacji zanieczyszczeń w warunkach występowania inwersji przyziemnych. Analiza współczynnika korelacji średnich tygodniowych stężeń

zanieczyszczeń względem średnich tygodniowych temperatur wskazuje, że w roku 2020 zależność stężeń od temperatury mieściła się w zakresie zmienności w pięcioleciu 2016–2020. Zmiany stężeń zanieczyszczeń wywołane ograniczeniami gospodarczymi były relatywnie niewielkie i nie wpłynęły na charakter zależności od temperatury. W badanym pięcioleciu zaburzenia zależności wskazać można dla lat 2017 i 2019 (**Tabela 9**).

Tabela 9. Korelacja stężeń średniotygodniowych obliczonych na podstawie pomiarów ze stacji PMŚ z temperaturą średniotygodniową obliczoną na podstawie pomiarów ze stacji IMGW dla okresu marzec – czerwiec w latach 2016-2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, IMiGW-PIB. Opracowanie: IOŚ-PIB).

Zanieczyszczenie	5-lecie	2020	2019	2018	2017	2016
PM ₁₀	- 0,64	- 0,66	- 0,42	- 0,83	- 0,57	- 0,77
PM _{2.5}	- 0,72	- 0,69	- 0,62	- 0,87	- 0,68	- 0,81
BaP	- 0,85	- 0,89	- 0,78	- 0,92	- 0,83	- 0,94
NO ₂	- 0,56	- 0,66	- 0,59	- 0,73	- 0,48	- 0,70

6. Podsumowanie

Średnie roczne stężenia pyłu PM_{10} i pyłu $PM_{2.5}$ uśrednione dla wszystkich stacji wykazują spadek pomiędzy rokiem 2019 i 2020 i jest to tendencja utrzymująca się od roku 2018. Spadek stężeń między rokiem 2018 i 2019 jest większy niż między rokiem 2019 i 2020. Analiza kwartalnych zmian wartości stężeń pokazuje, że spadek wartości stężeń występuje od 2018 roku w każdym kwartale, a w okresie zimowym od roku 2017. Przebieg średnich miesięcznych stężeń pyłu PM_{10} i $PM_{2.5}$ na tle średniej z okresu 2016 - 2020 wskazuje, że w roku 2020 stężenia były systematycznie niższe niż w roku 2019 (poza 3 wyjątkami: marzec, wrzesień, grudzień) oraz niż średnia z ostatniego 5-lecia. Znacznie niższe stężenia w 2020 roku wystąpiły w miesiącach zimowych- styczeń i luty, co wiąże się ze znacznie cieplejszą zimą w roku 2020 niż 2019. Zmienność stężeń miesięcznych pyłu PM_{10} i pyłu $PM_{2.5}$ z uwzględnieniem typów stacji pokazuje większy gradient spadku na stacjach tła miejskiego i komunikacyjnych niż podmiejskich, co może być związane z okresem kwarantanny i ograniczonym ruchem samochodowym w miastach.

Średnie roczne stężenie NO_2 uśrednione dla wszystkich stacji wskazuje spadek między rokiem 2019 i 2020. Jest to tendencja utrzymująca się od roku 2018. W ujęciu kwartalnym – we wszystkich kwartałach porównanie lat 2019 i 2020 wskazuje na znaczący spadek poziomów stężeń NO_2 i jest to tendencja utrzymująca się od 2018 roku, a w przypadku okresu zimowego od 2017 roku. Przebieg średnich miesięcznych stężeń NO_2 pokazuje, że w roku 2020 stężenia były niższe (poza marcem i wrześniem) od stężeń w roku 2019 i średniej w ostatniego 5-lecia. Zmienność stężeń miesięcznych dwutlenku azotu z uwzględnieniem typów stacji, podobnie jak w przypadku pyłów, pokazuje większy gradient spadku na stacjach komunikacyjnych, co może być związane z okresem wprowadzonej kwarantanny oraz ograniczeniami w poruszaniu się, nauką zdalną czy znacznymi ograniczeniami funkcjonowania branż gastronomii, turystyki i handlu skutkujące ograniczeniem ruchu samochodowców w miastach.

Średnie roczne stężenie benzo(a)pirenu uśrednione dla wszystkich stacji wykazuje spadek w całym analizowanym okresie od 2016 do 2020 roku, jednakże różnica między rokiem 2019 i 2020 jest mniejsza niż między rokiem 2018 i 2019. Zmiany kwartalne pokazują, że w roku 2020 w I i III kwartale stężenia zmniejszyły się względem roku 2019, natomiast w II i IV kwartale nieznacznie wzrosły. Przebieg średnich miesięcznych stężeń benzo(a)pirenu w roku 2019 i 2020 na tle średniej z okresu 2016 - 2020 wskazuje, że w roku 2020 stężenia benzo(a)pirenu były niższe niż średnia z badanego okresu, za wyjątkiem okresu od kwietnia do sierpnia, gdzie wartości stężeń są zbliżone do średniej z ostatniego 5-lecia. Podobnie jak w przypadku pyłów PM_{10} i $PM_{2.5}$, gradient spadku stężeń benzo(a)pirenu między rokiem 2019 i 2020 był niższy niż między rokiem 2018 i 2019. W okresie od marca do maja 2020 roku stężenia benzo(a)pirenu wzrosły względem roku 2019.

Głównym źródłem emisji pyłu PM_{10} i $PM_{2.5}$ i benzo(a)pirenu jest sektor komunalno-bytowy, najwyższe wartości stężeń przypadają na okres zimowy. Średnia temperatura powietrza w okresie zimowym ma podobny gradient między rokiem 2018 i 2019 oraz między rokiem 2019 i 2020. Cieplesza zima w 2020 niż w roku 2019 roku powinna znacznie obniżyć średnie roczne stężenia pyłów PM_{10} i $PM_{2.5}$ i benzo(a)pirenu, jednakże różnica stężeń między rokiem 2019 i 2020 jest niższa niż między rokiem 2018 i 2019. Świadczy to o tym, że ograniczenia związane z pandemią COVID-19 nie wpłynęły znacząco na zmniejszenie stężeń pyłów PM_{10} i $PM_{2.5}$ i benzo(a)pirenu. Jednoznaczną ocenę wpływu ograniczeń gospodarczych w związku z wystąpieniem stanu epidemii na wielkość emisji zanieczyszczeń do atmosfery utrudnia fakt, iż w kraju prowadzonych jest szereg programów mających na celu redukcję emisji zanieczyszczeń pyłu np. programy ochrony powietrza, programy „Czyste powietrze” i „Mój prąd” czy zwiększanie źródeł OZE w produkcji energii.

Przeprowadzona analiza zależności średnich wartości stężeń i temperatury powietrza wskazała na wysoką odwrotnie proporcjonalną istotną zależność w przypadku pyłu PM_{10} (- 0,81), pyłu $PM_{2.5}$ (- 0,86) i benzo(a)pirenu (- 0,91). W ujęciu kwartalnym jest to zwłaszcza widoczne w okresie zimowym i jesiennym. Analiza współczynnika korelacji średnich tygodniowych stężeń zanieczyszczeń względem średnich tygodniowych temperatur w okresie od marca do czerwca wskazała, że w roku 2020 zależność stężeń od temperatury nie odbiegała od zmienności w pięcioleciu 2016 – 2020, co świadczyć może o nieznacznym wpływie obostrzeń związanych z pandemią SARS-CoV-2 na stężenia obu frakcji pyłu i B(a)P.

Najwyższa redukcja średnich rocznych stężeń zanieczyszczeń pomiędzy rokiem 2020 i 2019 wystąpiła w województwach zlokalizowanych na południu Polski: podkarpackim, opolskim, śląskim, świętokrzyskim i łódzkim. Najwyższe redukcje analizowanych zanieczyszczeń wystąpiły w I i IV kwartale roku, wynika to głównie ze znaczących różnic w miesiącu lutym i październiku, były one znacznie cieplejsze w roku 2020 niż w 2019. W przypadku różnic stężeń dwutlenku azotu, najwyższe wystąpiły w II i IV kwartale roku, co może być związane z okresem kwarantanny i ograniczonym ruchem samochodowym.

7. Bibliografia

Baldasano, JM. 2020: COVID-19 lockdown effects on air quality by NO₂ in the cities of Barcelona and Madrid (Spain). *Science of the Total Environment* **741**. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140353>

Bauwens, M., Compernelle, S., Stavrakou, T., Müller, J.-F., van Gent, J., Eskes, H., et al. 2020: Impact of coronavirus outbreak on NO₂ pollution assessed using TROPOMI and OMI observations. *Geophysical Research Letters*, **47**, e2020GL087978. <https://doi.org/10.1029/2020GL087978>

Broomandi, P., Karaca, F., Nikfal, A., Jahanbakhshi, A., Tamjidi, M. and Kim, J.R., 2020: Impact of COVID-19 Event on the Air Quality in Iran. *Aerosol Air Qual. Res.* **20**: 1793–1804. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2020.05.0205>

Chen L.-W. Antony, Lung-Chang Chien, Yi Li, Ge Lin, Nonuniform impacts of COVID-19 lockdown on air quality over the United States, 2020: *Science of The Total Environment*, Volume **745**, 141105, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141105>

Dantas, G, Siciliano, B, França, BB, da Silva, CM, Arbilla, G. , 2020: The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil. *Science of the Total Environment* **729**, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139085>

EEA, Report No 09/2020, 2020: Air quality in Europe — 2020 report <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>

Filonchuk M, Hurynovich V, Yan H., 2020: Impact of Covid-19 lockdown on air quality in the Poland, Eastern Europe, *Environ Res*, 110454. doi:10.1016/j.envres.2020.110454

Georgios I. Gkatzelis, Jessica B. Gilman, Steven S. Brown, Henk Eskes, A. Rita Gomes, Anne C. Lange, Brian C. McDonald, Jeff Peischl, Andreas Petzold, Chelsea R. Thompson, Astrid Kiendler-Scharr, 2021: The global impacts of COVID-19 lockdowns on urban air pollution: A critical review and recommendations. *Elementa: Science of the Anthropocene* **21**, 9 (1): 00176. doi: <https://doi.org/10.1525/elementa.2021.00176>

Mahato, S, Pal, S, Ghosh, KG. 2020: Effect of lockdown amid COVID-19 pandemic on air quality of the megacity Delhi, India. *Science of the Total Environment* **730**. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139086>

Menut, L, Bessagnet, B, Siour, G, Mailler, S, Pennel, R, Cholakian, A. 2020: Impact of lockdown measures to combat Covid-19 on air quality over Western Europe. *Science of the Total Environment* **741**. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140426>

Shi, X., & Brasseur, G. P., 2020: The response in air quality to the reduction of Chinese economic activities during the COVID-19 outbreak. *Geophysical Research Letters*, **47**, e2020GL088070. <https://doi.org/10.1029/2020GL088070>

Siciliano, B, Carvalho, G, da Silva, CM, Arbilla, G. 2020: The impact of COVID-19 partial lockdown on primary pollutant concentrations in the atmosphere of Rio de Janeiro and São Paulo Megacities (Brazil). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* **105**(1): 2–8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00128-020-02907-9>

Tobías, A, Carnerero, C, Reche, C, Massagué, J, Via, M, Minguillón, MC, Alastuey, A, Querol, X. 2020: Changes in air quality during the lockdown in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic. *Science of the Total Environment* **726**. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138540>

Velásquez R.M.A, Lara J.V.M, 2020: Gaussian approach for probability and correlation between the number of COVID-19 cases and the air pollution in Lima, Urban Climate, Volume **33**, 100664, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100664>

Zambrano-Monserrate, M.A., Ruano, M.A., 2020: Has air quality improved in Ecuador during the COVID-19 pandemic? A parametric analysis. *Air Qual Atmos Health* **13**, 929–938 <https://doi.org/10.1007/s11869-020-00866-y>

Załączniki

Załącznik 1

Tabela Z1.1. Lista stacji manualnych i automatycznych wykorzystana do analizy **pyłu PM₁₀**

Kod stacji	Dł. geogr.	Szer. geogr.	manualna /automatyczna	Typ obszaru	Typ stanowiska
DsDziałoszyn	14.941319	50.972167	aut	pozamiejski	przemysłowe
DsDziePilsud	16.648050	50.732817	aut	miejski	tło
DsGlogWiStwo	16.097822	51.657022	man	miejski	tło
DsJelGorOgin	15.765608	50.913433	aut	miejski	tło
DsJelGorSoko	15.700947	50.871214	man	miejski	tło
DsKlodzSzkoł	16.653660	50.433493	aut	miejski	tło
DsLegAlRzecz	16.180513	51.204503	aut	miejski	tło
DsLegAlRzecz	16.180513	51.204503	man	miejski	tło
DsOlawZolnAK	17.291333	50.942073	man	miejski	tło
DsOlesBrzozo	17.389997	51.217483	man	miejski	tło
DsOsieczow21	15.431719	51.317630	man	pozamiejski	tło
DsPolKasztan	16.075051	51.502370	man	miejski	tło
DsWalbrzWyso	16.269677	50.768729	aut	miejski	tło
DsWalbrzWyso	16.269677	50.768729	man	miejski	tło
DsWrocOrzech	17.042817	51.077525	man	miejski	tło
DsWrocWybCon	17.029250	51.129378	aut	miejski	tło
DsWrocWybCon	17.029250	51.129378	man	miejski	tło
DsZabkPowWar	16.819786	50.592325	aut	miejski	tło
DsZgorBohGet	15.008175	51.150391	man	miejski	tło
KpBydPIPozna	17.987883	53.121774	aut	miejski	komunikacyjne
KpCiechTezni	18.780908	52.888422	man	podmiejski	tło
KpGrudSienki	18.752589	53.491831	man	miejski	tło
KpInowSolank	18.241044	52.793122	aut	podmiejski	tło
KpInowSolank	18.241044	52.793122	man	podmiejski	tło
KpKoniczynka	18.684258	53.080647	man	pozamiejski	tło
KpToruDziewu	18.666103	53.028647	man	miejski	tło
KpToruKaszow	18.612808	53.017628	aut	miejski	komunikacyjne
KpToruWSikor	18.605681	53.012475	aut	miejski	tło
KpWlocIOkrze	19.059314	52.658467	man	miejski	komunikacyjne
KpZielBoryTu	17.933986	53.662136	man	pozamiejski	tło
LbBiaPodOrze	23.149389	52.029194	man	miejski	tło
LbKrasKoszar	22.228308	50.928239	man	podmiejski	tło
LbLubObywate	22.569133	51.259431	aut	miejski	tło
LbLubSliwins	22.551675	51.273078	man	miejski	tło
LbPulaKarpin	21.961089	51.419047	man	miejski	tło
LbRadzPodSit	22.625944	51.78	man	podmiejski	tło
LbZamoHrubie	23.290247	50.716628	man	miejski	tło
LdBrzeReform	19.755769	51.797814	man	miejski	tło
LdGajewUjWod	19.233225	52.143250	aut	pozamiejski	tło

Kod stacji	Dł. geogr.	Szer. geogr.	manualna /automatyczna	Typ obszaru	Typ stanowiska
LdKutnKosciu	19.368186	52.234481	man	miejski	tło
LdLodzCzerni	19.529786	51.758050	aut	miejski	tło
LdLodzGdansk	19.450900	51.775411	aut	miejski	tło
LdLodzJanPaw	19.434925	51.754613	aut	miejski	komunikacyjne
LdLodzLegion	19.452936	51.776417	man	miejski	tło
LdLodzRudzka	19.434842	51.705581	man	miejski	tło
LdLowiczSien	19.939553	52.105853	man	miejski	tło
LdPabiKonsta	19.368683	51.667981	aut	miejski	przemysłowe
LdPioTrKraPr	19.696956	51.404406	aut	miejski	tło
LdPioTrKraPr	19.696956	51.404406	man	miejski	tło
LdRadomsRoln	19.448694	51.067439	aut	miejski	tło
LdRadomsRoln	19.448694	51.067439	man	miejski	tło
LdRawaNiepod	20.250569	51.760875	man	miejski	tło
LdSieraPolna	18.734898	51.592111	man	miejski	tło
LdSkierKonop	20.149378	51.954314	man	miejski	tło
LdToMaSwAnto	20.016786	51.526258	man	miejski	tło
LdWieluPOW12	18.581828	51.217828	man	miejski	tło
LdZduWoKrole	18.940122	51.601439	man	miejski	tło
LdZgieMielcz	19.421231	51.856692	aut	miejski	tło
LuGorzKosGdy	15.228667	52.738214	aut	miejski	tło
LuGorzKosGdy	15.228667	52.738214	man	miejski	tło
LuGorzPilsud	15.246294	52.747044	man	miejski	tło
LuSulecDudka	15.122444	52.437722	aut	miejski	tło
LuSulecDudka	15.122444	52.437722	man	miejski	tło
LuWsKaziWiel	16.317500	51.799722	man	miejski	tło
LuZarySzyman	15.127808	51.642656	aut	miejski	tło
LuZarySzyman	15.127808	51.642656	man	miejski	tło
LuZielKrotka	15.518861	51.939783	aut	miejski	tło
LuZielKrotka	15.518861	51.939783	man	miejski	tło
MpBochKonfed	20.439511	49.969017	man	miejski	tło
MpGorlKrasin	21.163336	49.658889	man	miejski	tło
MpKrakAlKras	19.926189	50.057678	aut	miejski	komunikacyjne
MpKrakBujaka	19.949189	50.010575	aut	miejski	tło
MpKrakBujaka	19.949189	50.010575	man	miejski	tło
MpKrakBulwar	20.053492	50.069308	aut	miejski	przemysłowe
MpKrakBulwar	20.053492	50.069308	man	miejski	przemysłowe
MpKrakDietla	19.946008	50.057447	aut	miejski	komunikacyjne
MpKrakOsPias	20.018269	50.098508	aut	miejski	tło
MpKrakZloRog	19.895358	50.081197	aut	miejski	tło
MpKrakZloRog	19.895358	50.081197	man	miejski	tło
MpNiepo3Maja	20.212689	50.035117	man	miejski	tło
MpNoSaczNadb	20.714403	49.619281	aut	miejski	tło
MpNoSaczNadb	20.714403	49.619281	man	miejski	tło
MpSkawOsOgro	19.830422	49.971047	aut	miejski	tło

Kod stacji	Dł. geogr.	Szer. geogr.	manualna /automatyczna	Typ obszaru	Typ stanowiska
MpTarBitStud	21.004167	50.020169	aut	miejski	tło
MpTarBitStud	21.004167	50.020169	man	miejski	tło
MpTarRoSitko	20.992578	50.018253	aut	miejski	komunikacyjne
MpTrzebOsZWM	19.477464	50.159406	aut	miejski	tło
MpTrzebOsZWM	19.477464	50.159406	man	miejski	tło
MpTuchChopin	21.051061	49.894169	man	miejski	tło
MpZakopaSien	19.960083	49.293564	aut	miejski	tło
MpZakopaSien	19.960083	49.293564	man	miejski	tło
MzLegZegrzyn	20.955928	52.407578	man	podmiejski	tło
MzOstroHalle	21.579322	53.083736	man	miejski	tło
MzOtwoBrzoza	21.237297	52.115725	man	podmiejski	tło
MzPiasPulask	20.837489	52.191728	man	podmiejski	tło
MzPlocKroJad	19.687672	52.556279	man	miejski	tło
MzPlocMiReja	19.709791	52.550938	aut	miejski	tło
MzRad25Czerw	21.166819	51.406080	man	miejski	tło
MzRadTochter	21.147474	51.399084	aut	miejski	tło
MzSiedKonars	22.282001	52.172145	aut	miejski	tło
MzSiedKonars	22.282001	52.172145	man	miejski	tło
MzWarAKrzywo	20.917513	52.228649	man	miejski	tło
MzWarAlNiepo	21.004724	52.219298	aut	miejski	komunikacyjne
MzWarWokalna	21.033819	52.160772	aut	miejski	tło
MzZyraRoosev	20.429892	52.053811	aut	miejski	tło
OpGlubRatusz	17.83051	50.200778	man	miejski	tło
OpKKozBSmial	18.236575	50.349608	aut	miejski	tło
OpKluczMicki	18.207575	50.972181	man	miejski	tło
OpOlesSlowac	18.416878	50.876983	aut	miejski	tło
OpOpoleOsAKr	17.950278	50.676856	man	miejski	tło
OpZdziePiast	18.120739	50.423533	aut	miejski	tło
PdLomSikorsk	22.054381	53.181394	aut	miejski	tło
PkDebiGrottg	21.416256	50.054786	man	miejski	tło
PkJarosPruch	22.674772	50.012083	man	miejski	tło
PkJasloSikor	21.454617	49.744886	aut	miejski	tło
PkJasloSikor	21.454617	49.744886	man	miejski	tło
PkKrosKletow	21.749700	49.690169	man	miejski	tło
PkMielPogodn	21.486372	50.318036	man	miejski	przemysłowe
PkNiskoSzkl	22.112467	50.529892	aut	miejski	tło
PkNiskoSzkl	22.112467	50.529892	man	miejski	tło
PkPrzemGrunw	22.756239	49.784339	man	miejski	tło
PkRzeszRejta	22.010575	50.024242	aut	miejski	tło
PkRzeszRejta	22.010575	50.024242	man	miejski	tło
PkSanoSadowa	22.195892	49.571731	man	miejski	tło
PkTarnDabrow	21.688367	50.575742	man	miejski	tło
PmGdaKacze02	18.701111	54.367778	aut	miejski	tło
PmGdaLeczk08	18.620274	54.380279	aut	miejski	tło

Kod stacji	Dł. geogr.	Szer. geogr.	manualna /automatyczna	Typ obszaru	Typ stanowiska
PmGdaPoWie01	18.635283	54.353336	aut	miejski	tło
PmGdaWyzwo03	18.657497	54.400833	aut	miejski	tło
PmGdyPoreb04	18.493331	54.560836	aut	miejski	tło
PmGdySzaf09N	18.464911	54.465758	aut	miejski	tło
PmKosTargo12	17.975861	54.120694	man	miejski	tło
PmLebMalcz16	17.746194	54.546167	man	miejski	tło
PmSlupKniaz	17.046722	54.463611	man	miejski	tło
SkBuskRokosz	20.715640	50.453621	man	miejski	tło
SkKielKusoci	20.602583	50.854218	man	podmiejski	tło
SkOzarOsWzgo	21.660726	50.887132	man	miejski	tło
SkStaraZlota	21.084175	51.050611	man	miejski	tło
SlBielKossak	19.027318	49.813464	aut	miejski	tło
SlCzestoArmK	19.118997	50.817217	aut	miejski	komunikacyjne
SlCzestoBacz	19.130111	50.836389	aut	miejski	tło
SlCzestoBacz	19.130111	50.836389	man	miejski	tło
SlDabro1000L	19.231222	50.329111	aut	miejski	tło
SlDabro1000L	19.231222	50.329111	man	miejski	tło
SlGliwicMewy	18.655736	50.279481	aut	miejski	tło
SlKatoKossut	18.975028	50.264611	aut	miejski	tło
SlKatoKossut	18.975028	50.264611	man	miejski	tło
SlKatoPlebA4	19.019469	50.246795	man	miejski	komunikacyjne
SlPszczBoged	18.947218	49.972177	man	miejski	tło
SlRybniBorki	18.516139	50.111181	aut	miejski	tło
SlRybniBorki	18.516139	50.111181	man	miejski	tło
SlSosnoLubel	19.184399	50.285956	aut	miejski	tło
SlTarnoLitew	18.829639	50.444736	man	miejski	tło
SlTychyTolst	18.990236	50.099903	aut	miejski	tło
SlUstronSana	18.826722	49.719731	aut	podmiejski	tło
SlWodzGalczy	18.455548	50.007629	aut	miejski	tło
SlZabSkloCur	18.772375	50.3165	aut	miejski	tło
SlZlotPotLes	19.458797	50.710889	aut	pozamiejski	tło
SlZywieKoper	19.234446	49.671602	aut	miejski	tło
SlZywieKoper	19.234446	49.671602	man	miejski	tło
WmElbBazynsk	19.410942	54.167847	aut	miejski	tło
WmElbBazynsk	19.410942	54.167847	man	miejski	tło
WmIlawAnders	19.564703	53.587950	man	miejski	tło
WmOlsPuszk	20.486075	53.789233	aut	miejski	tło
WmOlsPuszk	20.486075	53.789233	man	miejski	tło
WmPuszczaBor	22.038056	54.124819	man	pozamiejski	tło
WpBoroDrapal	17.074114	52.276794	aut	pozamiejski	tło
WpKaliSawick	18.049310	51.748103	aut	miejski	tło
WpKaliSawick	18.049310	51.748103	man	miejski	tło
WpLeszKiepur	16.605044	51.840461	man	miejski	tło
WpNoTomSzpit	16.141903	52.316728	man	miejski	tło

Kod stacji	Dł. geogr.	Szer. geogr.	manualna /automatyczna	Typ obszaru	Typ stanowiska
WpOstWieWyso	17.823156	51.637575	man	miejski	tło
WpPilaKusoci	16.759572	53.154408	aut	miejski	tło
WpPilaKusoci	16.759572	53.154408	man	miejski	tło
WpPleszAlMic	17.791106	51.884922	man	miejski	tło
WpPoznChwial	16.928428	52.392967	man	miejski	tło
WpPoznDabrow	16.877289	52.420319	aut	miejski	tło
WpPoznSzyman	16.906200	52.459192	man	miejski	tło
WpTarPodZach	16.645903	52.467407	man	podmiejski	tło
WpWagrowLipo	17.208061	52.815539	man	miejski	tło
ZpKoszArKraj	16.172544	54.193986	aut	miejski	komunikacyjne
ZpKoszArKraj	16.172544	54.193986	man	miejski	komunikacyjne
ZpKoszSpasow	16.193236	54.207151	man	miejski	tło
ZpMyslZaBram	14.862809	52.926283	man	miejski	tło
ZpSzczAndr01	14.663347	53.380975	aut	miejski	tło
ZpSzczAndr01	14.663347	53.380975	man	miejski	tło
ZpSzczec1Maj	16.692517	53.712114	man	miejski	tło
ZpSzczecPrze	16.704556	53.698902	aut	miejski	przemysłowe
ZpSzczecPrze	16.704556	53.698902	man	miejski	przemysłowe
ZpSzczPils02	14.553900	53.432169	man	miejski	komunikacyjne

Tabela Z1.2. Lista stacji manualnych i automatycznych wykorzystana do analizy **pyłu PM_{2.5}**

Kod stacji	Dł. geogr.	Szer. geogr.	manualna/ automatyczna	Typ obszaru	Typ stanowiska
DsJelGorOgin	15.765608	50.913433	aut	miejski	tłó
DsOsieczow21	15.431719	51.317630	man	pozamiejski	tłó
DsWalbrzWyso	16.269677	50.768729	man	miejski	tłó
DsWrocAlWisn	17.012689	51.086225	aut	miejski	komunikacyjne
DsWrocNaGrob	17.059225	51.103456	man	miejski	tłó
DsWrocWybCon	17.029250	51.129378	aut	miejski	tłó
DsZgorBohGet	15.008175	51.150391	man	miejski	tłó
KpBydBerling	18.132062	53.151452	man	podmiejski	tłó
KpGrudSienki	18.752589	53.491831	man	miejski	tłó
KpToruDziewu	18.666103	53.028647	man	miejski	tłó
KpZielBoryTu	17.933986	53.662136	man	pozamiejski	tłó
LbBiaPodOrze	23.149389	52.029194	man	miejski	tłó
LbLubObywate	22.569133	51.259431	aut	miejski	tłó
LbLubSliwins	22.551675	51.273078	man	miejski	tłó
LbZamoHrubie	23.290247	50.716628	man	miejski	tłó
LdLodzCzerni	19.529786	51.758050	man	miejski	tłó
LdLodzLegion	19.452936	51.776417	man	miejski	tłó
LdPioTrKraPr	19.696956	51.404406	man	miejski	tłó
LdZgieMielcz	19.421231	51.856692	aut	miejski	tłó
LuGorzPilsud	15.246294	52.747044	man	miejski	tłó
LuZarySzyman	15.127808	51.642656	man	miejski	tłó
LuZielKrotka	15.518861	51.939783	man	miejski	tłó
MpBochKonfed	20.439511	49.969017	man	miejski	tłó
MpKrakAlKras	19.926189	50.057678	aut	miejski	komunikacyjne
MpKrakBulwar	20.053492	50.069308	aut	miejski	przemysłowe
MpNoSaczNadb	20.714403	49.619281	man	miejski	tłó
MpTarBitStud	21.004167	50.020169	man	miejski	tłó
MpTrzebOsZWM	19.477464	50.159406	man	miejski	tłó
MpZakopaSien	19.960083	49.293564	man	miejski	tłó
MzLegZegrzyn	20.955928	52.407578	aut	podmiejski	tłó
MzPiasPulask	20.837489	52.191728	aut	podmiejski	tłó
MzPlocKroJad	19.687672	52.556279	man	miejski	tłó
MzPlocMiReja	19.709791	52.550938	aut	miejski	tłó
MzRadHallera	21.171285	51.415324	man	miejski	tłó
MzRadTochter	21.147474	51.399084	aut	miejski	tłó
MzSiedKonars	22.282001	52.172145	aut	miejski	tłó
MzWarAlNiepo	21.004724	52.219298	aut	miejski	komunikacyjne
MzWarKondrat	21.042458	52.290864	man	miejski	tłó
MzWarWokalna	21.033819	52.160772	aut	miejski	tłó
MzWarWokalna	21.033819	52.160772	man	miejski	tłó
MzZyraRoosev	20.429892	52.053811	aut	miejski	tłó
OpKkozBSmial	18.236575	50.349608	aut	miejski	tłó
OpKluczMicki	18.207575	50.972181	man	miejski	tłó
OpOpoleOsAKr	17.950278	50.676856	man	miejski	tłó

Kod stacji	Dł. geogr.	Szer. geogr.	manualna/ automatyczna	Typ obszaru	Typ stanowiska
PdBiałWarsza	23.181744	53.129306	man	miejski	tłó
PdBiałWaszyn	23.155869	53.126689	aut	miejski	tłó
PdŁomSikorsk	22.054381	53.181394	man	miejski	tłó
PkKrosKletow	21.749700	49.690169	man	miejski	tłó
PkRzeszRejta	22.010575	50.024242	man	miejski	tłó
PmGdaPowWiel	18.614333	54.398639	man	miejski	tłó
SkBuskRokosz	20.715640	50.453621	man	miejski	tłó
SkKielWarsza	20.657988	50.894374	man	miejski	tłó
SkStaraZłota	21.084175	51.050611	man	miejski	tłó
SIŁielSterni	19.023194	49.806389	man	miejski	tłó
SICzęstoŻana	19.106961	50.801918	man	miejski	tłó
SIGliwiczMewy	18.655736	50.279481	man	miejski	tłó
SIŁatoKossut	18.975028	50.264611	aut	miejski	tłó
SIŁatoKossut	18.975028	50.264611	man	miejski	tłó
SIŁatoPlebA4	19.019469	50.246795	man	miejski	komunikacyjne
SITarnoLitew	18.829639	50.444736	man	miejski	tłó
SIZłotPotLes	19.458797	50.710889	aut	pozamiejski	tłó
WmŁlbBazynsk	19.410942	54.167847	man	miejski	tłó
WmŁlsPuszkina	20.486075	53.789233	aut	miejski	tłó
WmŁlsPuszkina	20.486075	53.789233	man	miejski	tłó
WmPuszczBor	22.038056	54.124819	man	pozamiejski	tłó
WpKaliSawick	18.049310	51.748103	aut	miejski	tłó
WpPleszAlMic	17.791106	51.884922	man	miejski	tłó
ZpKoszSpasow	16.193236	54.207151	man	miejski	tłó
ZpMysłZaBram	14.862809	52.926283	man	miejski	tłó
ZpSzczAndr01	14.663347	53.380975	man	miejski	tłó
ZpSzczec1Maj	16.692517	53.712114	man	miejski	tłó
ZpSzczPils02	14.553900	53.432169	aut	miejski	komunikacyjne

Tabela Z1.3. Lista stacji manualnych i automatycznych wykorzystana do analizy **NO₂**

Kod stacji	Dł. geogr.	Szer. geogr.	manualna /automatyczna	Typ obszaru	Typ stanowiska
DsJelGorOgin	15.765608	50.913433	aut	miejski	tłó
DsKlodzSzkol	16.653660	50.433493	aut	miejski	tłó
DsLegAlRzecz	16.180513	51.204503	aut	miejski	tłó
DsOlawZolnAK	17.291333	50.942073	aut	miejski	tłó
DsOsieczow21	15.431719	51.317630	aut	pozamiejski	tłó
DsSniezkaObs	15.739722	50.736389	man	pozamiejski	tłó
DsWalbrzWyso	16.269677	50.768729	aut	miejski	tłó
DsWrocAlWisn	17.012689	51.086225	aut	miejski	komunikacyjne
DsWrocBartni	17.141125	51.115933	aut	podmiejski	tłó
DsWrocWybCon	17.029250	51.129378	aut	miejski	tłó
KpBydPIPozna	17.987883	53.121774	aut	miejski	komunikacyjne
KpBydWarszaw	17.995712	53.134088	aut	miejski	tłó
KpCiechTezni	18.780908	52.888422	aut	podmiejski	tłó
KpInowSolank	18.241044	52.793122	aut	podmiejski	tłó
KpKoniczynka	18.684258	53.080647	aut	pozamiejski	tłó
KpWlocOkrze	19.059314	52.658467	aut	miejski	komunikacyjne
KpZielBoryTu	17.933986	53.662136	aut	pozamiejski	tłó
LbBiaPodOrze	23.149389	52.029194	aut	miejski	tłó
LbJarczWolaM	21.972375	51.814367	man	pozamiejski	tłó
LbLubObywate	22.569133	51.259431	aut	miejski	tłó
LbPulaKarpin	21.961089	51.419047	aut	miejski	tłó
LbZamoHrubie	23.290247	50.716628	aut	miejski	tłó
LdGajewUjWod	19.233225	52.143250	aut	pozamiejski	tłó
LdLodzGdansk	19.450900	51.775411	aut	miejski	tłó
LdLodzJanPaw	19.434925	51.754613	aut	miejski	komunikacyjne
LdPabiKonsta	19.368683	51.667981	aut	miejski	przemysłowe
LdPioTrKraPr	19.696956	51.404406	aut	miejski	tłó
LdRadoMSoln	19.448694	51.067439	aut	miejski	tłó
LdZgieMielcz	19.421231	51.856692	aut	miejski	tłó
LuGorzKosGdy	15.228667	52.738214	aut	miejski	tłó
LuSmolBytnic	15.206667	52.172222	aut	pozamiejski	tłó
LuSulecDudka	15.122444	52.437722	aut	miejski	tłó
LuWsKaziWiel	16.317500	51.799722	aut	miejski	tłó
LuZarySzyman	15.127808	51.642656	aut	miejski	tłó
LuZielKrotka	15.518861	51.939783	aut	miejski	tłó
MpKaszowLisz	19.726833	50.025028	aut	podmiejski	tłó
MpKrakAlKras	19.926189	50.057678	aut	miejski	komunikacyjne
MpKrakBujaka	19.949189	50.010575	aut	miejski	tłó
MpKrakBulwar	20.053492	50.069308	aut	miejski	przemysłowe
MpKrakDietla	19.946008	50.057447	aut	miejski	komunikacyjne
MpNoSacznadb	20.714403	49.619281	aut	miejski	tłó
MpSkawOsOgro	19.830422	49.971047	aut	miejski	tłó
MpSzarowSpok	20.259167	50.007500	aut	podmiejski	tłó
MpSzymbaGorl	21.116833	49.633714	aut	pozamiejski	tłó

Kod stacji	Dł. geogr.	Szer. geogr.	manualna /automatyczna	Typ obszaru	Typ stanowiska
MpTarBitStud	21.004167	50.020169	aut	miejski	tłó
MpTarRoSitko	20.992578	50.018253	aut	miejski	komunikacyjne
MpTrzebOsZWM	19.477464	50.159406	aut	miejski	tłó
MpZakopaSien	19.960083	49.293564	aut	miejski	tłó
MzBelsIGFPAN	20.791912	51.835242	aut	pozamiejski	tłó
MzGranicaKPN	20.454653	52.285858	aut	pozamiejski	tłó
MzGutyDuCzer	21.288167	52.943172	aut	pozamiejski	tłó
MzLegZegrzyn	20.955928	52.407578	aut	podmiejski	tłó
MzOtwoBrzozo	21.237297	52.115725	aut	podmiejski	tłó
MzPiasPulask	20.837489	52.191728	aut	podmiejski	tłó
MzPlocKroJad	19.687672	52.556279	aut	miejski	tłó
MzPlocMiReja	19.709791	52.550938	aut	miejski	tłó
MzRadTochter	21.147474	51.399084	aut	miejski	tłó
MzWarAlNiepo	21.004724	52.219298	aut	miejski	komunikacyjne
MzWarKondrat	21.042458	52.290864	aut	miejski	tłó
MzWarWokalna	21.033819	52.160772	aut	miejski	tłó
OpKKozBSmial	18.236575	50.349608	aut	miejski	tłó
OpOpoleOsAKr	17.950278	50.676856	aut	miejski	tłó
PdBialWaszyn	23.155869	53.126689	aut	miejski	tłó
PdBorsukowiz	23.642153	53.215492	aut	pozamiejski	tłó
PdLomSikorsk	22.054381	53.181394	aut	miejski	tłó
PkJasloSikor	21.454617	49.744886	aut	miejski	tłó
PkKrempnaMPN	21.498606	49.511297	aut	pozamiejski	tłó
PkNiskoSzkl	22.112467	50.529892	aut	miejski	tłó
PkPrzemGrunw	22.756239	49.784339	aut	miejski	tłó
PkRzeszRejta	22.010575	50.024242	aut	miejski	tłó
PmGdaKacze02	18.701111	54.367778	aut	miejski	tłó
PmGdaLeczk08	18.620274	54.380279	aut	miejski	tłó
PmGdaOstrz05	18.557781	54.328336	aut	miejski	tłó
PmGdaPoWie01	18.635283	54.353336	aut	miejski	tłó
PmGdyWendy10	18.536382	54.525274	aut	miejski	tłó
PmLebaRabkaE	17.534528	54.754139	man	podmiejski	tłó
PmSopBitPI06	18.579722	54.431667	aut	miejski	tłó
SkNowiParkow	20.533506	50.823108	aut	podmiejski	tłó
SICzestoArmK	19.118997	50.817217	aut	miejski	komunikacyjne
SICzestoBacz	19.130111	50.836389	aut	miejski	tłó
SIDabro1000L	19.231222	50.329111	aut	miejski	tłó
SIKatoKossut	18.975028	50.264611	aut	miejski	tłó
SIKatoPlebA4	19.019469	50.246795	aut	miejski	komunikacyjne
SIRybniBorki	18.516139	50.111181	aut	miejski	tłó
SISosnoLubel	19.184399	50.285956	aut	miejski	tłó
SITychyTolst	18.990236	50.099903	aut	miejski	tłó
SIUstronSana	18.826722	49.719731	aut	podmiejski	tłó
SIWodzGalczy	18.455548	50.007629	aut	miejski	tłó
SIZabSkloCur	18.772375	50.3165	aut	miejski	tłó

Kod stacji	Dł. geogr.	Szer. geogr.	manualna /automatyczna	Typ obszaru	Typ stanowiska
SlZlotPotLes	19.458797	50.710889	aut	pozamiejski	tło
SlZywieKoper	19.234446	49.671602	aut	miejski	tło
WmElbBazynsk	19.410942	54.167847	aut	miejski	tło
WmGoldJacwie	22.307681	54.305908	aut	miejski	tło
WmOlsPuszk	20.486075	53.789233	aut	miejski	tło
WmPuszczaBor	22.038056	54.124819	aut	pozamiejski	tło
WpBoroDrapal	17.074114	52.276794	aut	pozamiejski	tło
WpKoniWyszyn	18.269036	52.225633	aut	miejski	tło
WpPiaskiKrzy	17.773464	52.501389	aut	pozamiejski	tło
WpPilaKusoci	16.759572	53.154408	aut	miejski	tło
WpPoznDabrow	16.877289	52.420319	aut	miejski	tło
WpPoznPolank	16.959519	52.398175	aut	miejski	tło
ZpKoszArKraj	16.172544	54.193986	aut	miejski	komunikacyjne
ZpSzczAndr01	14.663347	53.380975	aut	miejski	tło
ZpSzczecPrze	16.704556	53.698902	aut	miejski	przemysłowe
ZpSzczPils02	14.553900	53.432169	aut	miejski	komunikacyjne
ZpWiduBulRyb	14.382245	53.122325	aut	pozamiejski	tło

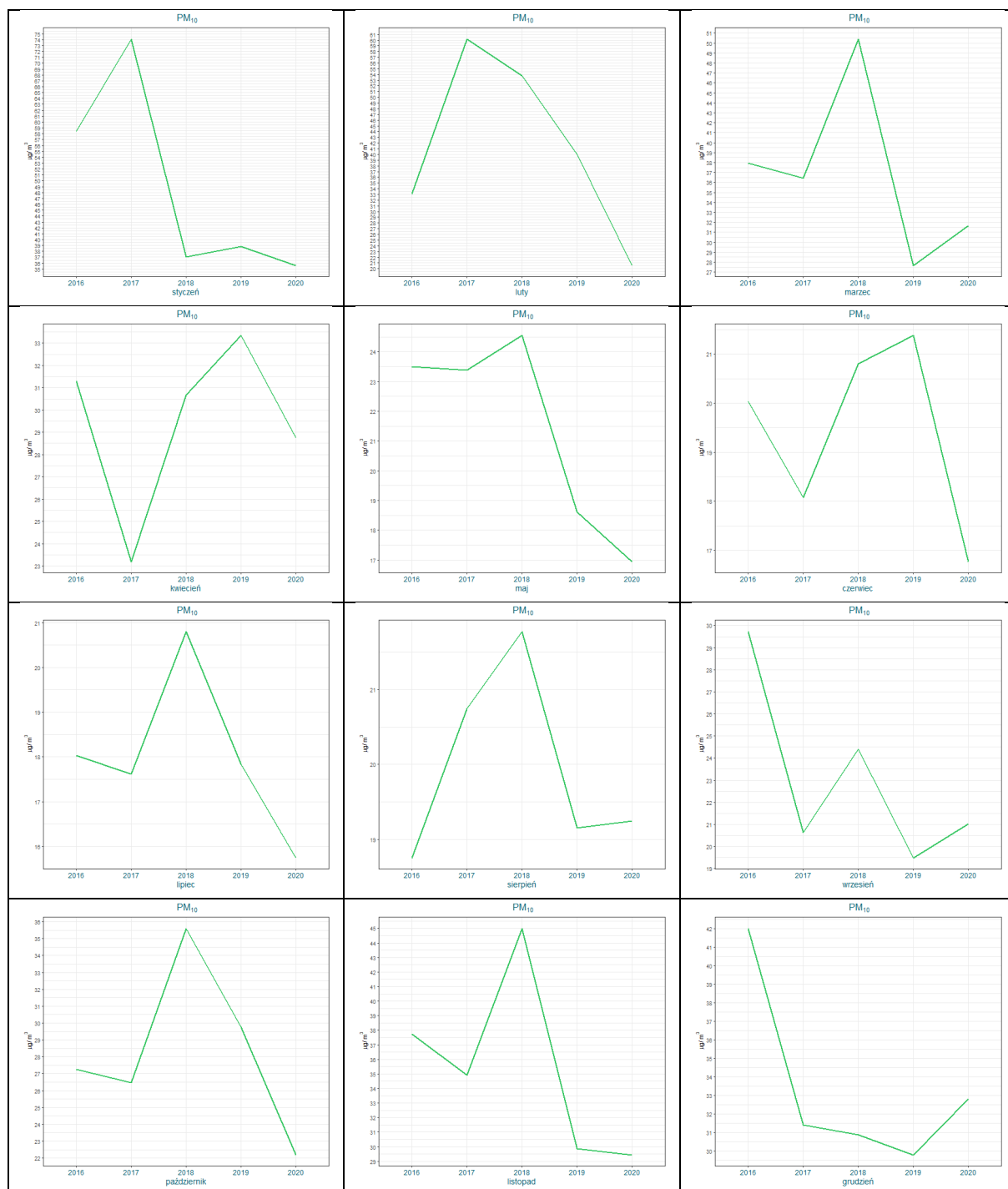
Tabela Z1.4. Lista stacji manualnych i automatycznych wykorzystana do analizy **benzo(a)pirenu**

Kod stacji	Dł. geogr.	Szer. geogr.	manualna/ automatyczna	Typ obszaru	Typ stanowiska
DsGlogWiStwo	16.097822	51.657022	man	miejski	tło
DsJelGorSoko	15.700947	50.871214	man	miejski	tło
DsLegAlRzecz	16.180513	51.204503	man	miejski	tło
DsOlawZolnAK	17.291333	50.942073	man	miejski	tło
DsOsieczow21	15.431719	51.31763	man	pozamiejski	tło
DsPolKasztan	16.075051	51.502370	man	miejski	tło
DsWalbrzWyso	16.269677	50.768729	man	miejski	tło
DsWrocOrzech	17.042817	51.077525	man	miejski	tło
DsWrocWybCon	17.029250	51.129378	man	miejski	tło
DsZgorBohGet	15.008175	51.150391	man	miejski	tło
KpCiechTezni	18.780908	52.888422	man	podmiejski	tło
KpGrudSienki	18.752589	53.491831	man	miejski	tło
KpInowSolank	18.241044	52.793122	man	podmiejski	tło
KpKoniczynka	18.684258	53.080647	man	pozamiejski	tło
KpToruDziewu	18.666103	53.028647	man	miejski	tło
KpZielBoryTu	17.933986	53.662136	man	pozamiejski	tło
LbBiaPodOrze	23.149389	52.029194	man	miejski	tło
LbKrasKoszar	22.228308	50.928239	man	podmiejski	tło
LbLubSliwins	22.551675	51.273078	man	miejski	tło
LbZamoHrubie	23.290247	50.716628	man	miejski	tło
LdBrzeReform	19.755769	51.797814	man	miejski	tło
LdKutnKosciu	19.368186	52.234481	man	miejski	tło
LdLodzLegion	19.452936	51.776417	man	miejski	tło
LdLodzRudzka	19.434842	51.705581	man	miejski	tło
LdLowiczSien	19.939553	52.105853	man	miejski	tło
LdPioTrKraPr	19.696956	51.404406	man	miejski	tło
LdRadomsRoln	19.448694	51.067439	man	miejski	tło
LdRawaNiepod	20.250569	51.760875	man	miejski	tło
LdSieraPolna	18.734898	51.592111	man	miejski	tło
LdSkierKonop	20.149378	51.954314	man	miejski	tło
LdToMaSwAnto	20.016786	51.526258	man	miejski	tło
LdWieluPOW12	18.581828	51.217828	man	miejski	tło
LdZduWoKrole	18.940122	51.601439	man	miejski	tło
LuGorzKosGdy	15.228667	52.738214	man	miejski	tło
LuGorzPilsud	15.246294	52.747044	man	miejski	tło
LuSulecDudka	15.122444	52.437722	man	miejski	tło
LuWsKaziWiel	16.317500	51.799722	man	miejski	tło
LuZarySzyman	15.127808	51.642656	man	miejski	tło
LuZielKrotka	15.518861	51.939783	man	miejski	tło
MpBochKonfed	20.439511	49.969017	man	miejski	tło
MpGorlKrasin	21.163336	49.658889	man	miejski	tło
MpKrakBujaka	19.949189	50.010575	man	miejski	tło
MpKrakBulwar	20.053492	50.069308	man	miejski	przemysłowe
MpNiepo3Maja	20.212689	50.035117	man	miejski	tło

Kod stacji	Dł. geogr.	Szer. geogr.	manualna/ automatyczna	Typ obszaru	Typ stanowiska
MpNoSacZNadb	20.714403	49.619281	man	miejski	tło
MpTarBitStud	21.004167	50.020169	man	miejski	tło
MpTrzebOsZWM	19.477464	50.159406	man	miejski	tło
MpTuchChopin	21.051061	49.894169	man	miejski	tło
MpZakopaSien	19.960083	49.293564	man	miejski	tło
MzLegZegrzyn	20.955928	52.407578	man	podmiejski	tło
MzOstroHalle	21.579322	53.083736	man	miejski	tło
MzOtwoBrzozo	21.237297	52.115725	man	podmiejski	tło
MzPiasPulask	20.837489	52.191728	man	podmiejski	tło
MzPlocKroJad	19.687672	52.556279	man	miejski	tło
MzRad25Czerw	21.166819	51.406080	man	miejski	tło
MzSiedKonars	22.282001	52.172145	man	miejski	tło
MzWarAKrzywo	20.917513	52.228649	man	miejski	tło
OpOpoleOsAKr	17.950278	50.676856	man	miejski	tło
PdBialWaszyn	23.155869	53.126689	man	miejski	tło
PkDebiGrottg	21.416256	50.054786	man	miejski	tło
PkJarosPruch	22.674772	50.012083	man	miejski	tło
PkJasloSikor	21.454617	49.744886	man	miejski	tło
PkKrosKletow	21.749700	49.690169	man	miejski	tło
PkMielPogodn	21.486372	50.318036	man	miejski	przemysłowe
PkNiskoSzkl	22.112467	50.529892	man	miejski	tło
PkPrzemGrunw	22.756239	49.784339	man	miejski	tło
PkRzeszRejta	22.010575	50.024242	man	miejski	tło
PkSanoSadowa	22.195892	49.571731	man	miejski	tło
PkTarnDabrow	21.688367	50.575742	man	miejski	tło
PmKosTargo12	17.975861	54.120694	man	miejski	tło
SlCzestoBacz	19.130111	50.836389	man	miejski	tło
SlGodGliniki	18.471278	49.921875	man	miejski	tło
SlKatoKossut	18.975028	50.264611	man	miejski	tło
SlRybniBorki	18.516139	50.111181	man	miejski	tło
SlZywieKoper	19.234446	49.671602	man	miejski	tło
WmElbBazynsk	19.410942	54.167847	man	miejski	tło
WmIlawAnders	19.564703	53.587950	man	miejski	tło
WmNiTraugutt	20.422036	53.361144	man	miejski	tło
WmOlsPuszk	20.486075	53.789233	man	miejski	tło
WmPuszczaBor	22.038056	54.124819	man	pozamiejski	tło
WpKaliSawick	18.049310	51.748103	man	miejski	tło
WpLeszKiepur	16.605044	51.840461	man	miejski	tło
WpOstWieWyso	17.823156	51.637575	man	miejski	tło
WpWagrowLipo	17.208061	52.815539	man	miejski	tło

Załącznik 2

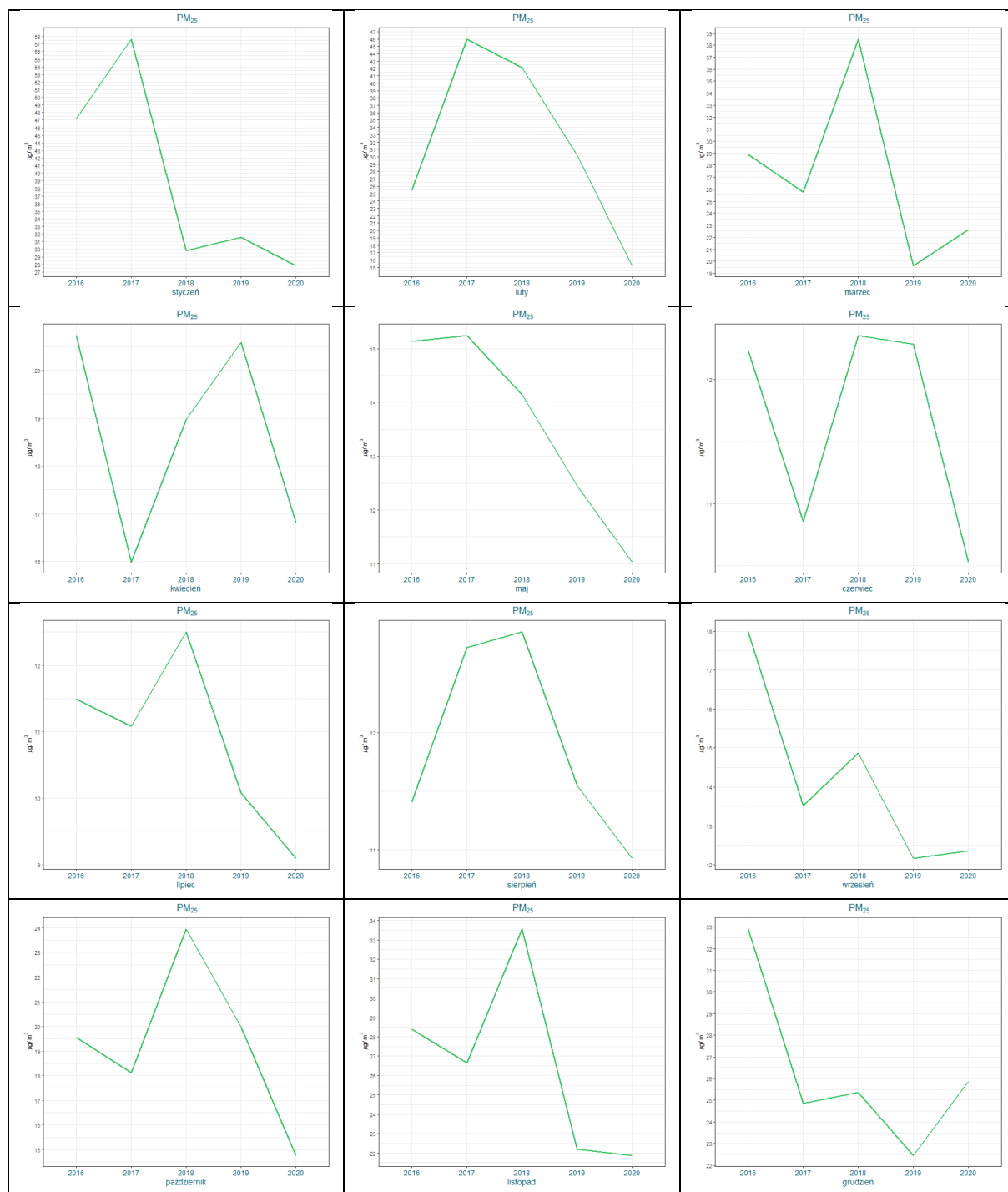
PM₁₀



Rysunek Z2.1. Średnie miesięczne stężenie pyłu PM₁₀ na obszarze Polski w okresie 2016 - 2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOS-PIB)

Załącznik 3

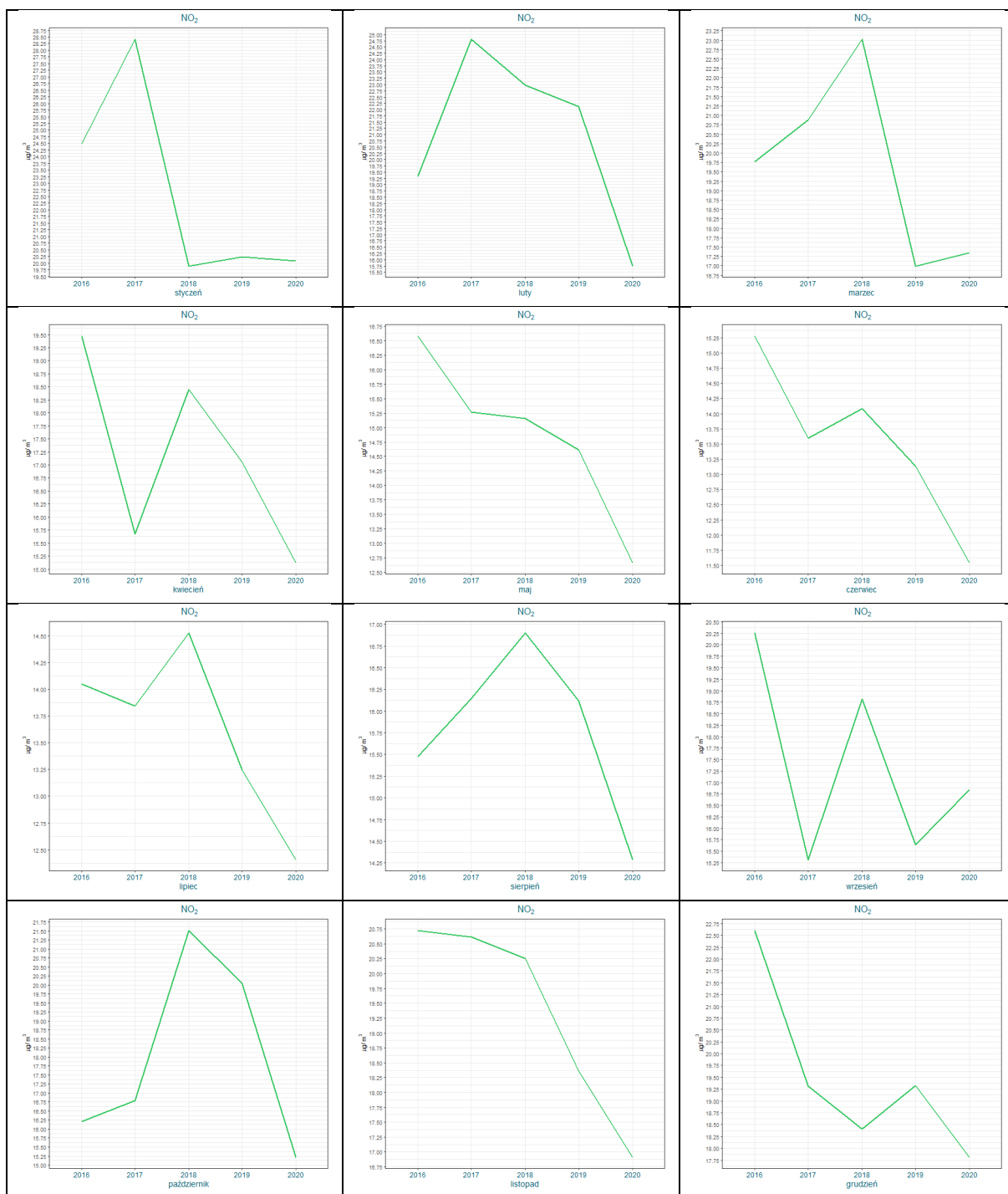
PM_{2.5}



Rysunek Z3.1. Średnie miesięczne stężenie pyłu PM_{2.5} na obszarze Polski w okresie 2016 - 2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Załącznik 4

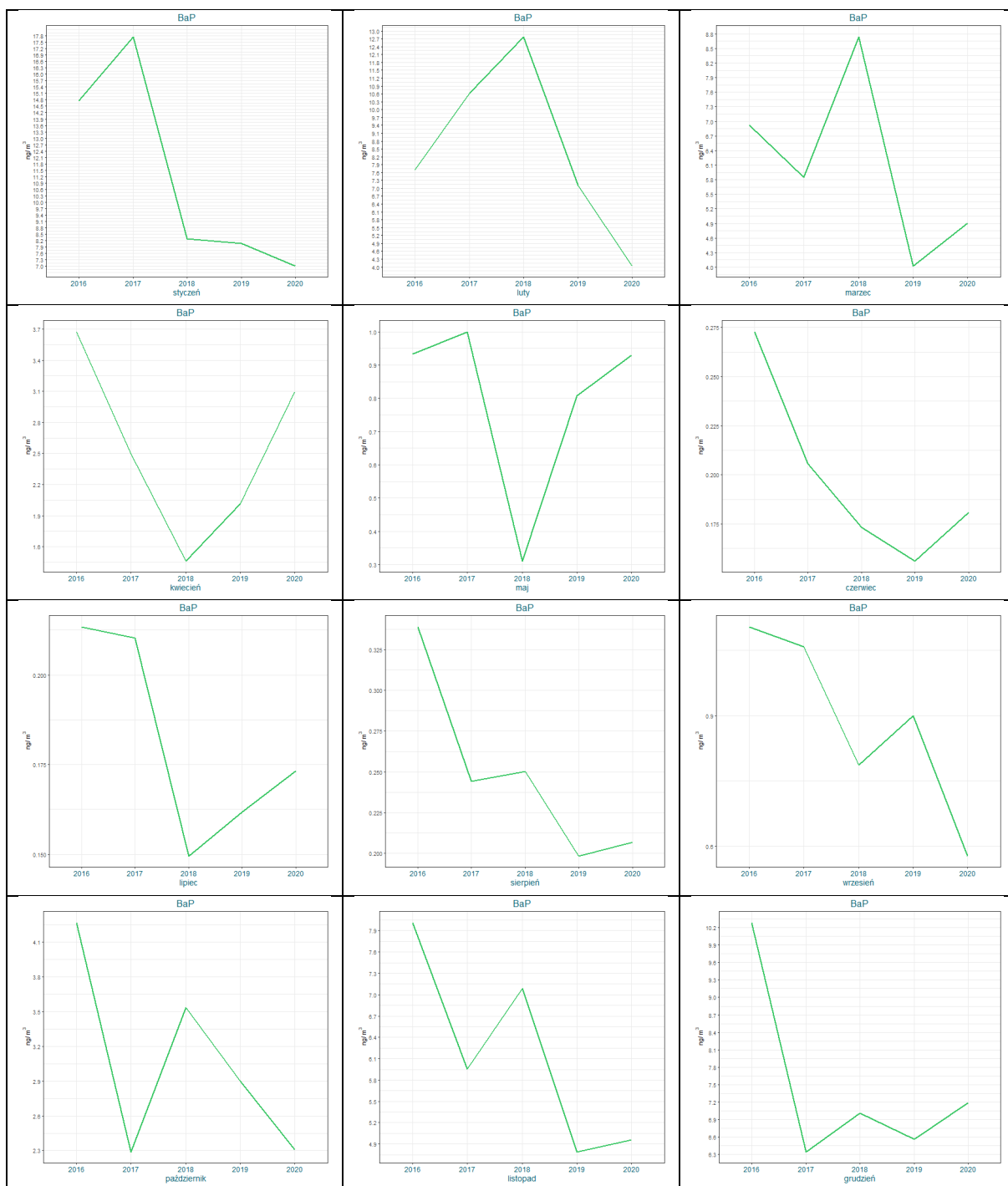
NO₂



Rysunek Z4.1. Średnie miesięczne stężenie dwutlenku azotu na obszarze Polski w okresie 2016 - 2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Załącznik 5

Benzo(a)piren



Rysunek Z5.1. Średnie miesięczne stężenie benzo(a)pirenu na obszarze Polski w okresie 2016 - 2020 (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Załącznik 6

Tabela Z6.1. Różnice stężeń średnich miesięcznych pyłu PM₁₀ pomiędzy stężeniami w roku 2020 i 2019 (2020 - 2019) w województwach (w µg/m³), (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Województwo	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Dolnośląskie	0,78	-23,30	4,08	-4,23	-1,77	-5,00	-3,74	0,66	1,73	-7,25	-0,60	5,04
Kujawsko-pomorskie	-4,85	-14,55	8,09	-10,15	-4,00	-3,66	0,98	-0,47	1,59	-5,02	-4,00	4,98
Lubelskie	0,75	-13,40	7,17	0,65	-1,49	-3,76	-1,57	-0,46	0,18	-7,84	2,66	-2,29
Łódzkie	-3,25	-20,49	5,82	-0,85	-1,53	-5,93	-4,10	-0,15	2,14	-9,16	-1,39	-0,34
Lubuskie	-4,26	-19,72	4,45	-7,29	-1,83	-4,67	-1,72	1,75	3,35	-4,22	-1,89	8,54
Małopolskie	5,79	-24,05	0,10	-2,21	-1,01	-6,36	-4,07	-1,67	-1,86	-10,15	3,27	0,97
Mazowieckie	-3,63	-14,28	7,07	-3,07	-2,14	-2,89	0,22	0,22	3,31	-3,67	3,09	0,38
Opolskie	-6,56	-24,50	2,87	-5,61	0,29	-5,14	-2,24	2,18	1,35	-9,09	-0,65	5,78
Podlaskie	13,00	1,65	13,77	-5,12	-1,24	-2,71	2,01	-1,08	6,60	5,85	19,83	12,92
Podkarpackie	-10,24	-19,06	-0,28	-1,22	-0,57	-4,99	-1,06	-0,74	-0,51	-11,32	4,60	3,13
Pomorskie	-6,42	-7,81	6,25	-11,61	-5,45	-4,26	-0,70	-0,59	5,16	0,26	-4,46	5,52
Świętokrzyskie	9,91	-15,34	4,62	2,25	0,80	-1,89	-0,26	-0,80	2,07	-7,53	7,13	-1,72
Śląskie	-11,05	-29,31	-0,19	-0,87	0,31	-4,55	-2,63	0,61	2,13	-11,58	-2,09	1,02
Warmińsko-mazurskie	-6,04	-10,77	3,53	-14,75	-4,82	-3,23	-0,78	-0,29	3,12	-0,94	-0,12	4,66
Wielkopolskie	-3,54	-21,14	6,13	-8,04	-2,30	-5,08	-1,78	0,94	0,81	-7,87	-4,61	4,91
Zachodniopomorskie	-3,91	-14,32	3,66	-13,11	-3,60	-2,70	-0,91	1,77	1,36	-3,94	-5,14	7,82

Załącznik 7

Tabela Z7.1. Różnice stężeń średnich miesięcznych pyłu PM_{2.5} pomiędzy stężeniami w roku 2020 i 2019 (2020 - 2019) w województwach (w µg/m³), (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Województwo	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Dolnośląskie	0,74	-17,60	3,64	-3,20	-0,66	-1,88	-1,06	0,06	0,82	-5,73	-2,47	6,77
Kujawsko-pomorskie	-5,69	-12,07	5,77	-5,55	-3,01	-1,87	1,20	0,16	1,15	-1,40	-5,65	1,07
Lubelskie	-0,15	-10,17	6,28	1,55	-0,57	-0,95	-0,49	-0,47	-0,30	-6,82	3,71	0,49
Łódzkie	-3,76	-18,08	3,09	0,54	-1,93	-3,62	-2,97	-1,53	-2,48	-8,20	-0,97	0,27
Lubuskie	-4,18	-12,89	3,67	-5,12	-1,12	-2,77	-1,90	-0,48	0,06	-4,37	-3,10	7,81
Małopolskie	3,89	-18,00	0,38	-2,72	-1,04	-3,10	-2,60	-2,12	-1,39	-6,39	5,48	4,34
Mazowieckie	-6,16	-13,55	3,54	-5,47	-2,65	-1,10	-0,52	-1,19	0,14	-4,04	0,02	-0,62
Opolskie	-6,01	-19,37	1,35	-2,59	1,02	-0,90	0,48	2,02	2,01	-4,08	3,03	7,80
Podlaskie	0,11	-6,15	6,84	-4,49	-1,65	0,05	0,81	-0,84	1,49	-3,69	4,59	2,08
Podkarpackie	-15,90	-15,88	-8,27	-1,57	-1,49	-3,19	0,22	-1,08	-1,21	-9,88	0,52	1,69
Pomorskie	-5,07	-10,68	5,35	-7,67	-5,32	-1,10	-	-1,58	2,3	1,06	-2,85	8,39
Świętokrzyskie	1,73	-9,55	2,00	0,56	1,77	0,46	-0,13	-1,45	-0,40	-6,42	6,35	-1,04
Śląskie	-8,46	-21,83	-0,47	-1,00	0,00	-1,73	-1,49	-0,08	0,79	-5,55	-1,83	4,76
Warmińsko-mazurskie	-5,67	-8,15	3,68	-8,90	-2,36	-0,73	-0,87	-0,82	1,58	-1,13	-0,40	4,26
Wielkopolskie	-3,36	-19,69	6,13	-3,05	-2,32	-2,78	-2,86	-1,61	-0,76	-7,13	1,59	6,75
Zachodniopomorskie	-3,49	-15,43	3,62	-8,47	-3,58	-2,11	-0,51	0,35	0,42	-4,53	-7,68	7,32

Załącznik 8

Tabela Z8.1. Różnice stężeń średnich miesięcznych dwutlenku azotu pomiędzy stężeniami w roku 2020 i 2019 (2020 - 2019) w województwach (w $\mu\text{g}/\text{m}^3$), (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Województwo	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Dolnośląskie	0,73	-8,93	0,91	-1,76	-1,30	-0,44	-0,35	-1,19	1,84	-3,64	-1,45	-0,65
Kujawsko-pomorskie	0,83	-4,23	2,87	-1,49	-2,41	-2,16	0,72	-3,62	0,69	-3,85	-1,63	-1,20
Lubelskie	1,13	-3,70	-0,01	-1,15	0,25	-1,17	-0,70	-2,74	-1,33	-5,00	0,38	-2,61
Łódzkie	-0,52	-5,80	2,45	-1,36	-1,05	-0,80	0,12	-0,42	2,89	-3,83	-0,27	-1,88
Lubuskie	1,43	-8,99	1,39	1,71	2,01	2,40	1,81	1,27	3,61	0,27	1,58	4,20
Małopolskie	1,90	-6,50	-3,52	-5,04	-3,70	-3,61	-3,47	-2,85	-0,18	-7,99	-2,02	-4,35
Mazowieckie	-1,83	-3,69	-0,25	-2,21	-3,76	-0,57	-1,37	-2,68	-0,36	-5,35	-0,07	-2,60
Opolskie	0,01	-9,60	-0,63	-1,73	-1,29	-1,16	-2,07	-2,17	-0,28	-4,20	-5,19	-0,26
Podlaskie	2,06	0,26	2,40	-1,00	-1,27	-1,39	0,01	-1,23	0,61	-3,18	1,59	-2,84
Podkarpackie	-1,27	-2,43	-0,10	0,22	-1,59	-1,02	-1,11	-2,32	-0,89	-4,39	-2,35	-2,02
Pomorskie	0,24	-2,96	3,58	-4,52	-2,89	-2,18	0,16	-1,33	3,01	-3,38	-3,61	-0,93
Świętokrzyskie	1,53	-8,77	-3,17	1,51	-2,01	0,08	-1,36	-1,56	-0,46	-8,32	1,24	-6,01
Śląskie	-3,04	-10,69	-1,11	-1,07	-1,91	-2,66	-2,13	-1,44	1,75	-5,56	-3,48	-0,32
Warmińsko-mazurskie	-1,85	-4,09	1,24	-1,00	-1,35	-1,18	0,53	-1,49	-0,01	-2,46	0,65	-0,34
Wielkopolskie	-0,29	-10,11	-0,63	0,29	-1,17	-1,58	-0,11	-3,48	0,96	-6,49	-1,66	-2,19
Zachodniopomorskie	0,26	-6,94	2,60	-2,44	-0,46	-2,11	0,77	0,19	4,90	-2,30	-0,69	-0,48

Załącznik 9

Tabela Z9.1. Różnice stężeń średnich miesięcznych benzo(a)pirenu pomiędzy stężeniami w roku 2020 i 2019 (2020 - 2019) w województwach (w ng/m³), (Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Opracowanie: IOŚ-PIB)

Województwo	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Dolnośląskie	-0,52	-3,16	1,56	0,41	0,01	0,11	-0,04	-0,03	0,11	-0,24	2,54	5,66
Kujawsko-pomorskie	-0,29	-0,36	2,24	1,04	0,30	0,02	0,02	0,00	0,00	-1,19	-0,59	-0,17
Lubelskie	2,69	0,73	1,42	3,19	0,85	0,07	-0,01	0,04	-1,20	-0,50	-1,58	-1,17
Łódzkie	-0,62	-2,63	1,76	2,06	0,40	0,07	0,00	0,03	-0,65	-2,08	-1,55	-2,33
Lubuskie	-2,59	-6,65	-0,04	-1,02	-0,43	-0,09	0,03	-0,06	0,09	0,18	-2,68	-5,57
Małopolskie	1,44	-6,07	0,80	1,58	-0,08	-0,06	-0,07	-0,15	-0,41	-0,24	0,63	2,94
Mazowieckie	-1,29	-0,58	1,87	1,34	0,00	-0,01	-0,03	-0,01	-0,57	-0,52	0,63	-0,62
Opolskie	-1,27	-5,90	0,02	0,24	-0,10	-0,07	-0,03	-0,20	-0,47	-0,58	-1,33	2,80
Podlaskie	1,16	0,95	2,00	0,66	0,11	-0,03	-0,01	-0,17	-0,15	0,89	1,89	0,12
Podkarpackie	-2,89	-2,99	-0,34	0,72	0,23	0,01	-0,01	-0,04	-0,20	-0,18	1,41	3,34
Pomorskie	-4,49	-3,50	-0,83	2,48	-0,18	0,19	-0,11	-0,06	-0,79	0,68	-0,64	-1,45
Śląskie	-4,40	-6,05	-1,68	1,44	0,58	0,20	0,09	-0,01	-0,31	-0,70	0,71	-0,42
Warmińsko-mazurskie	-2,24	-1,42	0,39	0,41	0,01	-0,01	0,00	-0,07	-0,17	-0,31	0,17	-0,43
Wielkopolskie	-1,21	-2,79	-0,25	0,23	0,08	-0,04	0,50	0,81	-0,40	0,82	1,72	2,08