



Stowarzyszenie Krakowski Alarm Smogowy

RAPORT

z pomiarów jakości powietrza
w mieście Skała w 2020 roku –
PM₁₀ oraz benzo(α)piren

opracowanie przygotował
inż. Mikita Maslouski

Kraków, marzec 2021

Działanie realizowane w ramach projektu „Wdrażanie Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze” LIFE14 IPE PL 021/LIFE IP MALOPOLSKA. Raport przedstawia wyłącznie poglądy autora, a Komisja Europejska nie ponosi odpowiedzialności za żadne ewentualne wykorzystanie zawartych w nim informacji.

Spis treści

Wstęp	3
Główne wyniki	4
1 Wyniki pomiarów	5
1.1 Stężenia średniodobowe PM_{10}	5
1.2 Stężenia średniomiesięczne PM_{10}	11
1.3 Stężenie średniotygodniowe benzo(α)pirenu w PM_{10}	12
1.4 Stężenie średniomiesięczne benzo(α)pirenu w PM_{10}	12
2 Metodyka badań	14
2.1 Położenie stacji pomiarowej	14
2.2 Wyposażenie stacji pomiarowej	15
2.3 Pobornik grawimetryczny PNS-15	16
2.4 Monitor cząstek stałych BAM-1020	17
2.5 Opracowanie wyników	18
Literatura	19
Spis tablic	19
Spis rysunków	19

Wstęp

Badania zaprezentowane w niniejszym raporcie zostały wykonane przez Stowarzyszenie Krakowski Alarm Smogowy (dalej KAS) we współpracy z władzami gminy Skała. Badania miały na celu pomiar stężeń zanieczyszczeń powietrza: pyłu zawieszonego PM_{10} oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, wskaźnikiem których jest benzo(α)piren (dalej B(α)P). Pomiary przeprowadzono za pomocą pobornika grawimetrycznego PNS-15 oraz automatycznego analizatora cząstek stałych BAM-1020. Stację pomiarową zainstalowało na Rynku Głównym w Skale. Raport przedstawia wyniki pomiarowe dla roku 2020 oraz ich porównanie do uśrednionych stężeń ze stacji pomiarowych WIOŚ w Krakowie. Przedstawiono także wyniki pomiarowe dla Skały i Krakowa z okresu 23.01.2019 - 31.01.2020 [1].

Kampania pomiarowa została zrealizowana w ramach programu LIFE Małopolska w Zdrowej Atmosferze. Stężenie B(α)P oraz masy filtrów zostały oznaczone przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie. System do archiwizacji i przetwarzania danych dla stacji w Skale był dostarczony pro bono przez firmę DAC System Tomasz Kosiak. Stowarzyszenie Krakowski Alarm Smogowy chciałoby wyrazić podziękowanie powyższym instytucjom za współpracę i wsparcie.

Główne wyniki

Poniżej przedstawiono podsumowanie przeprowadzonych pomiarów PM_{10} oraz $B(\alpha)P$ w roku 2020 w miejscowości Skała oraz ich porównanie do uśrednionych stężeń ze stacji pomiarowych WIOŚ w Krakowie. Przedstawiono także wyniki pomiarowe dla Skały i Krakowa z okresu 23.01.2019 - 31.01.2020 [1]. Wyższe stężenia $B(\alpha)P$ i PM_{10} w okresie jesienno-zimowym wskazują, że to niska emisja jest główną przyczyną zanieczyszczenia powietrza. W okresie poza sezonem grzewczym stężenia pyłu oraz $B(\alpha)P$ są znacząco niższe. Stężenie pyłu PM_{10} są istotnie większe dla Skały w stosunku do średnich stężeń w Krakowie, a w przypadku $B(\alpha)P$ ta różnica jest ponad trzykrotna – około 4 ng/m^3 w Krakowie i niemal 13 ng/m^3 w Skale.

Dla stacji w Skale obliczono liczbę dni z przekroczeniem normy dobowej, poziomu informowania oraz poziomu alarmowego za okres całego roku 2020. Wyniki porównano ze średnią wartością z 8 stacji GIOŚ znajdujących się w Krakowie [3] oraz z pomiarami w Skale i Krakowie w okresie 23.01.2019 - 31.01.2020. [1]. Liczba dni z przekroczeniem dobowej normy dla PM_{10} była niemal dwukrotnie wyższa w Skale (78 dni) niż w Krakowie (44 dni). W obu miejscowościach liczba dni z przekroczeniami była wyższa niż prawnie dozwolony limit 35 dni. Również poziom informowania był przekroczony częściej w Skale (11 razy) niż w Krakowie (1 raz).

Choć jakość powietrza w Skale była lepsza w 2020 roku niż w 2019 (niższe stężenia pyłu PM_{10} oraz $B(\alpha)P$), to normy prawne zostały przekroczone dla dziennych stężeń PM_{10} oraz rocznego stężenia $B(\alpha)P$. W przypadku tego ostatniego roczne stężenie odnotowane w Skale stanowi niemal 1300% normy.

Tablica 1: Wyniki pomiarów PM_{10} oraz $B(\alpha)P$ dla pyłu PM_{10} w roku 2020 w miejscowości Skała wraz z pomiarami w Skale i Krakowie w roku 2019* [1] oraz średnią wartością dla stacji GIOŚ znajdujących się w Krakowie [3].

	Skała 2020	Kraków 2020	Skała 2019*	Kraków 2019*	Norma [2]
Liczba dni powyżej normy dla pyłu PM_{10} ($>50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$)	78	44	119	72	35
L. dni z przekroczeniem progu informowania dla pyłu PM_{10} ($>100 \text{ } \mu\text{g/m}^3$)	11	0	72	4	-
L. dni z przekroczeniem progu alarmowania dla pyłu PM_{10} ($>150 \text{ } \mu\text{g/m}^3$)	1	0	4	0	-
Stężenie średnioroczne dla pyłu PM_{10} [$\mu\text{g/m}^3$]	36,8	29,3	44,2	35,3	40
Minimalne stężenie średniodobowe dla pyłu PM_{10} [$\mu\text{g/m}^3$]	7,9	7,1	8,3	9,1	-
Maksymalne stężenie średniodobowe dla pyłu PM_{10} [$\mu\text{g/m}^3$]	174,1	97,3	313,7	122,1	-
Stężenie średnioroczne $B(\alpha)P$ [ng/m^3]	12,8	3,9	14,7	4,2	1
Min. stężenie średnio-tygodniowe $B(\alpha)P$ [ng/m^3]	0,22	0,13	0,16	0,17	-
Maks. stężenie średnio-tygodniowe $B(\alpha)P$ [ng/m^3]	51,0	20,0	66,6	14,6	-

* dane z raportu z 2019 roku nie obejmują całego roku kalendarzowego, lecz okres 23.01.2019 - 31.01.2020

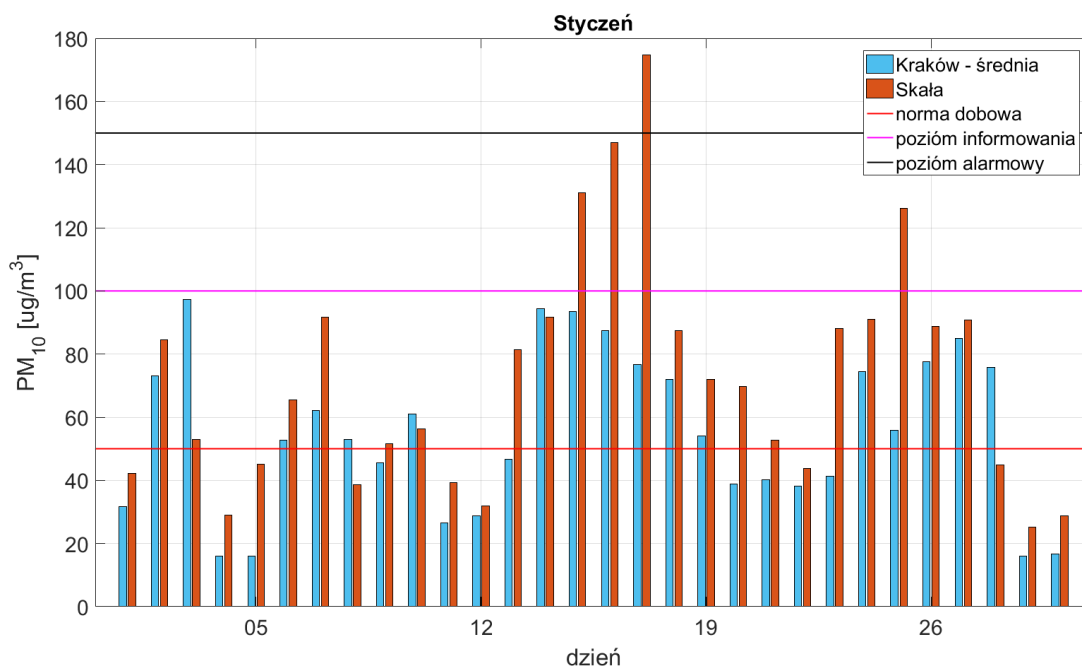
1 Wyniki pomiarów

W niniejszym rozdziale zostały zebrane wyniki pomiarowe dla stacji w Skale dla roku 2020 wraz z wartością średnią dla 8 stacji WIOŚ w Krakowie.

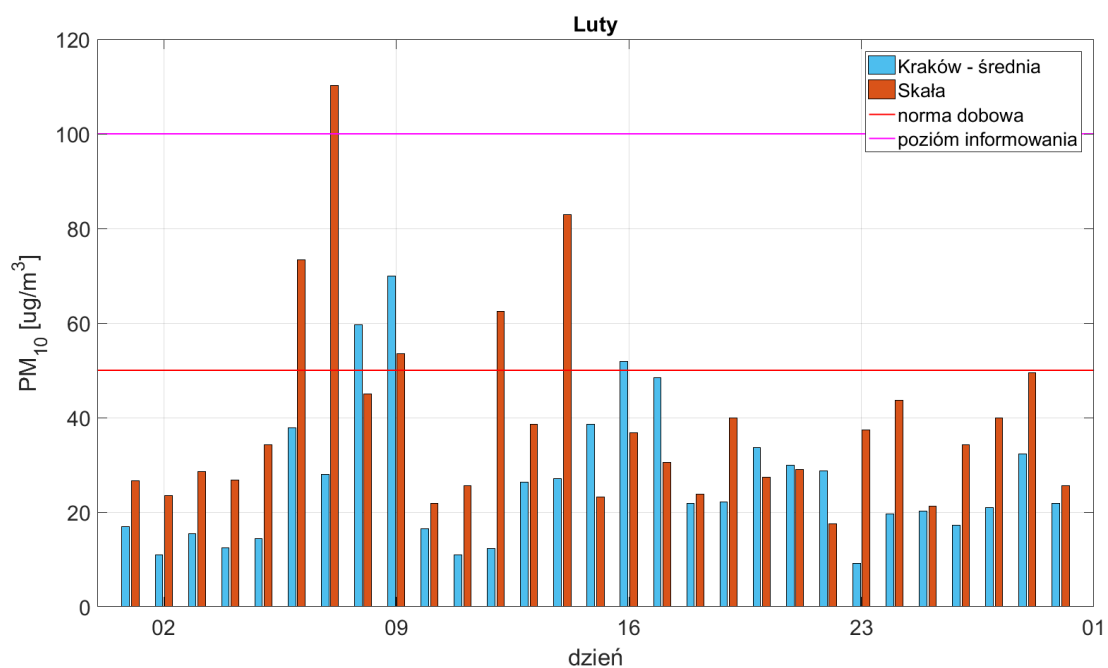
Wyniki pomiarów PM_{10} zostały podzielone na poszczególne miesiące oraz wykonano wykres średniomiesięcznego stężenia pyłów dla badanych punktów. Na rysunkach zaznaczono dodatkowo wartości stężeń dla normy dobowej dla pyłu zawieszonego PM_{10} wynoszącej w Polsce $50 \mu g/m^3$ oraz poziomy informowania $100 \mu g/m^3$ i alarmowy $150 \mu g/m^3$.

Wyniki pomiarów $B(\alpha)P$ w PM_{10} zostały przedstawione w postaci wykresów reprezentujących stężenia średniotygodniowe oraz średniomiesięczne dla badanych punktów pomiarowych.

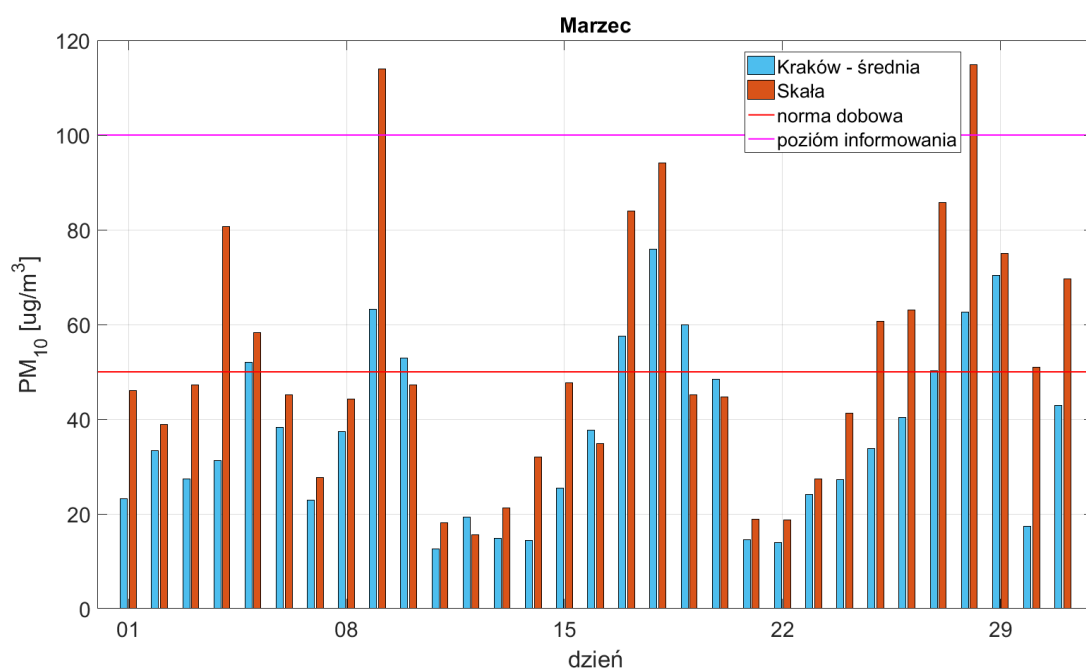
1.1 Stężenia średniodobowe PM_{10}



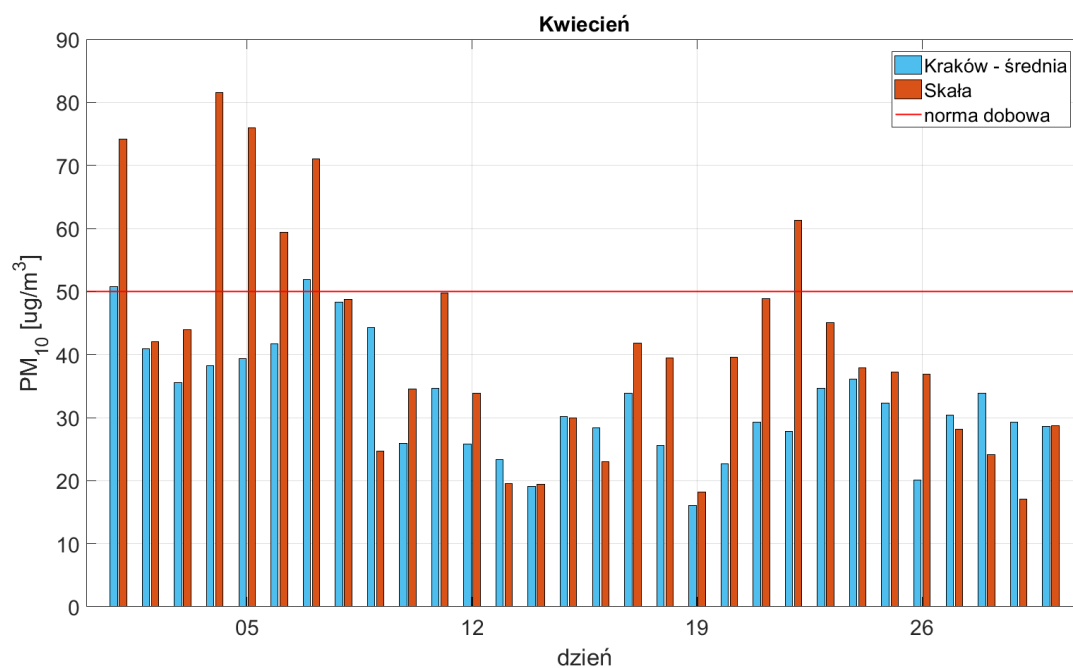
Rysunek 1.1: Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM_{10} w styczniu 2020



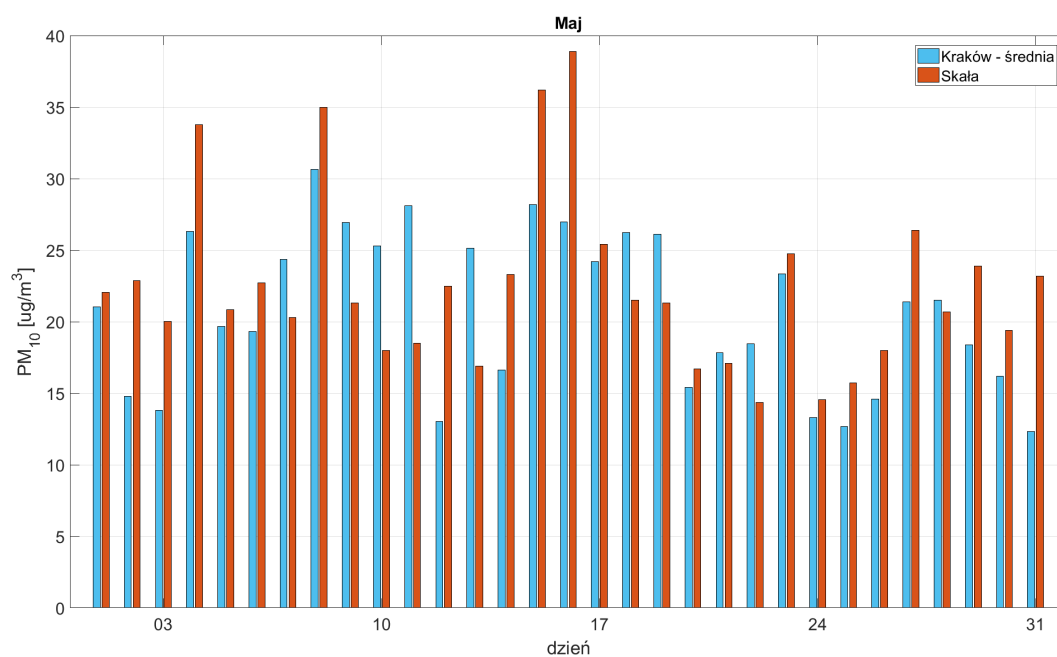
Rysunek 1.2: Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w lutym 2020



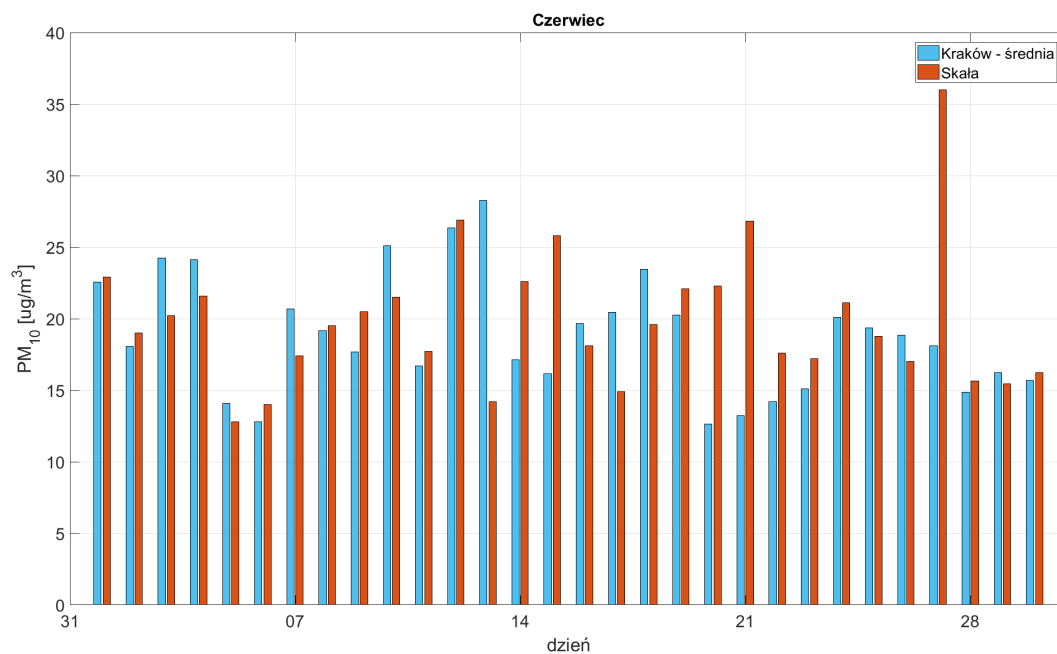
Rysunek 1.3: Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w marcu 2020



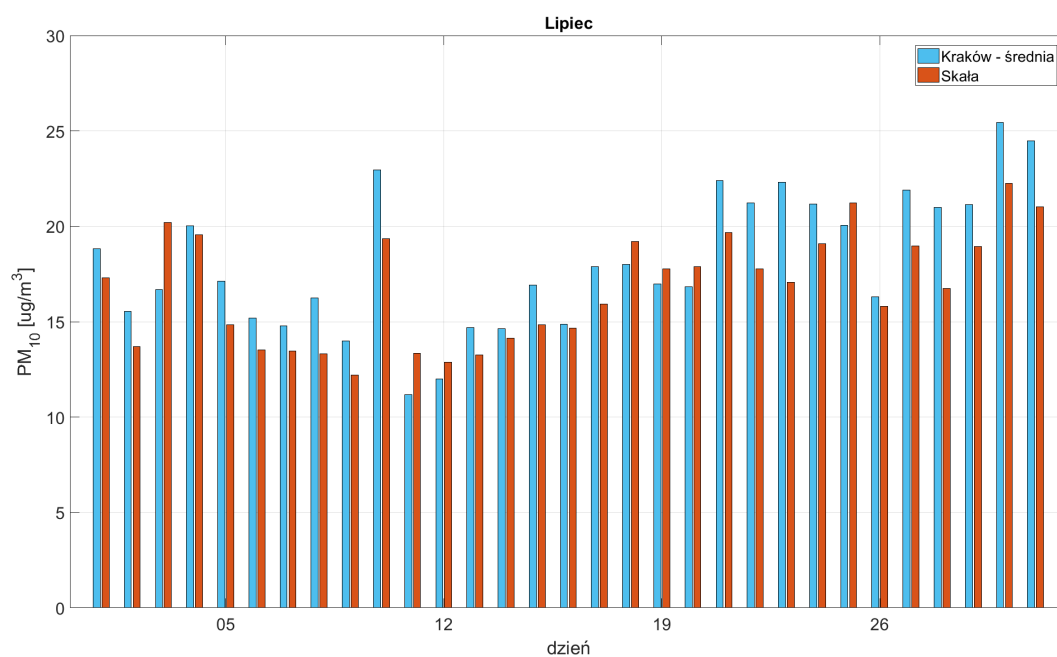
Rysunek 1.4: Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w kwietniu 2020



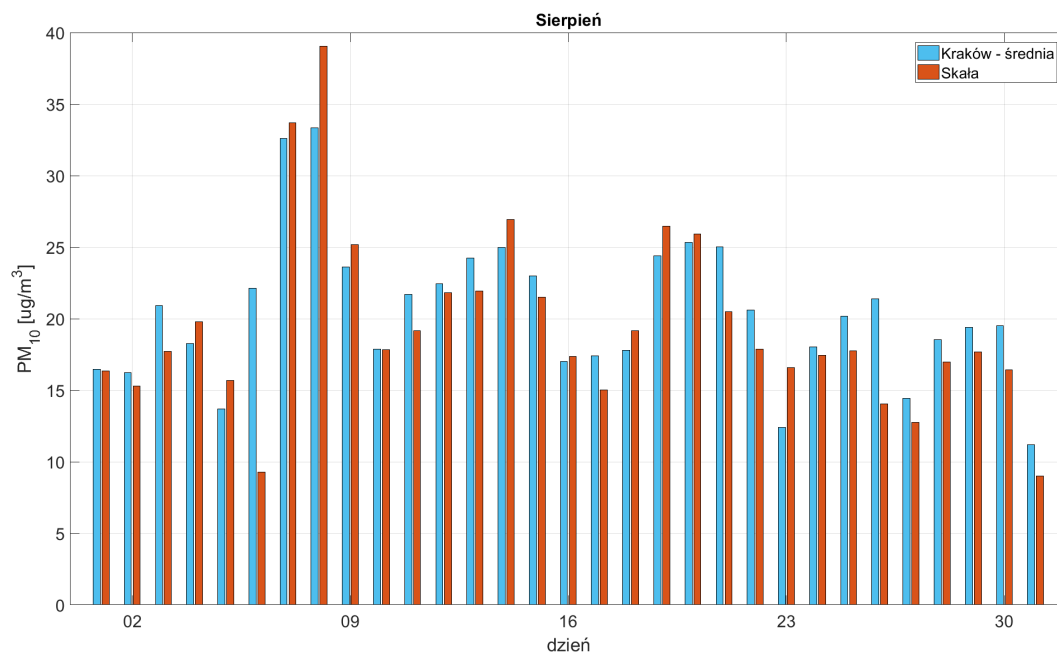
Rysunek 1.5: Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w maju 2020



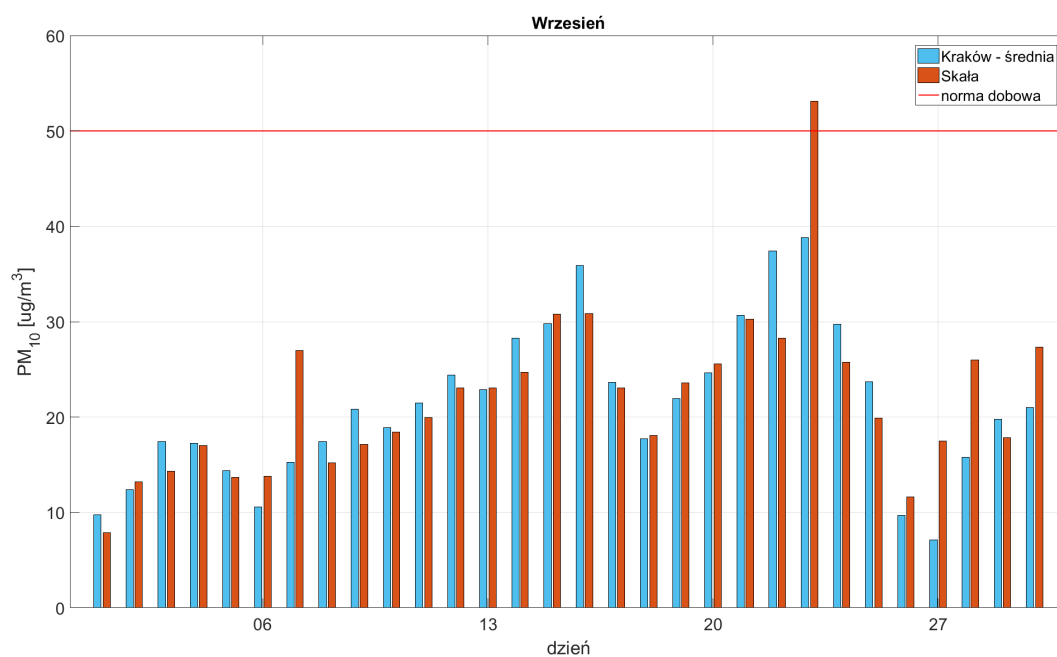
Rysunek 1.6: Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w czerwcu 2020



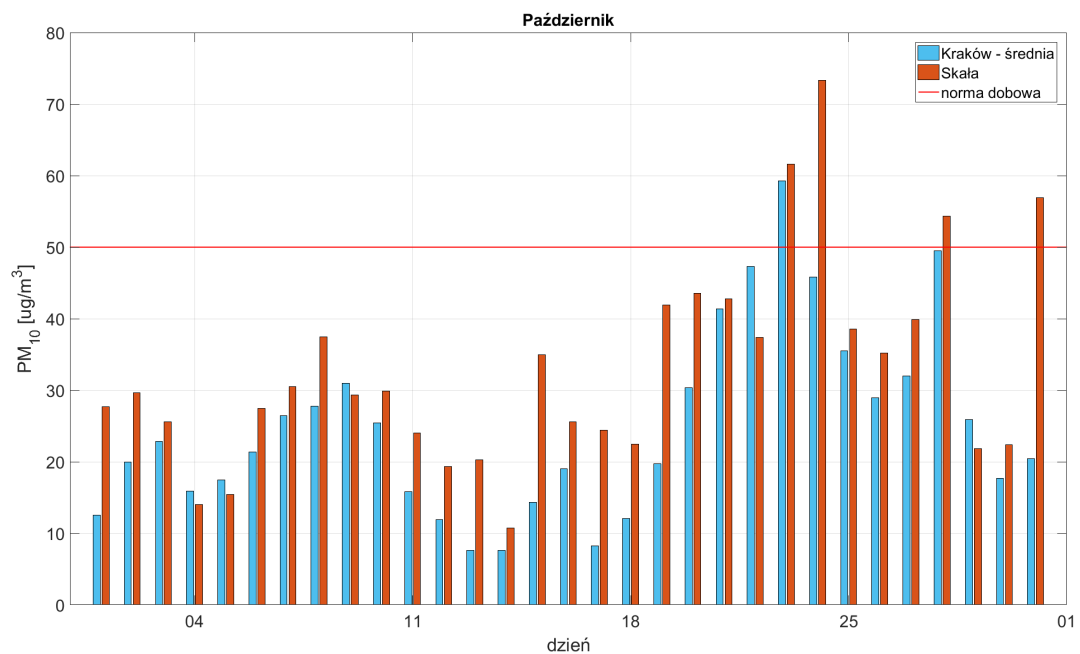
Rysunek 1.7: Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w lipcu 2020



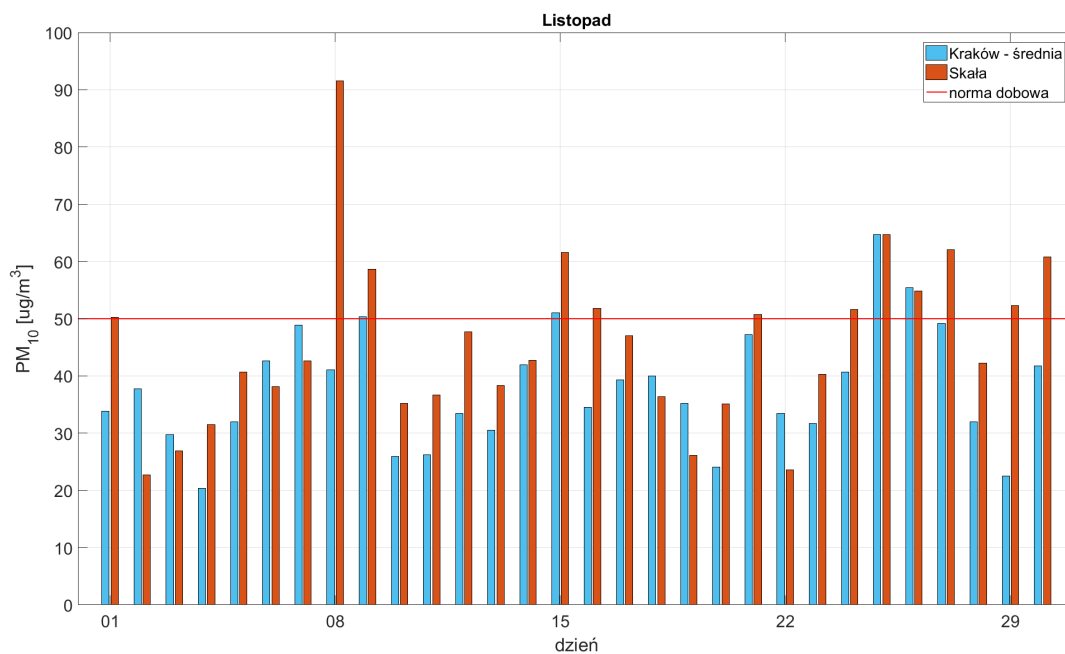
Rysunek 1.8: Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w sierpniu 2020



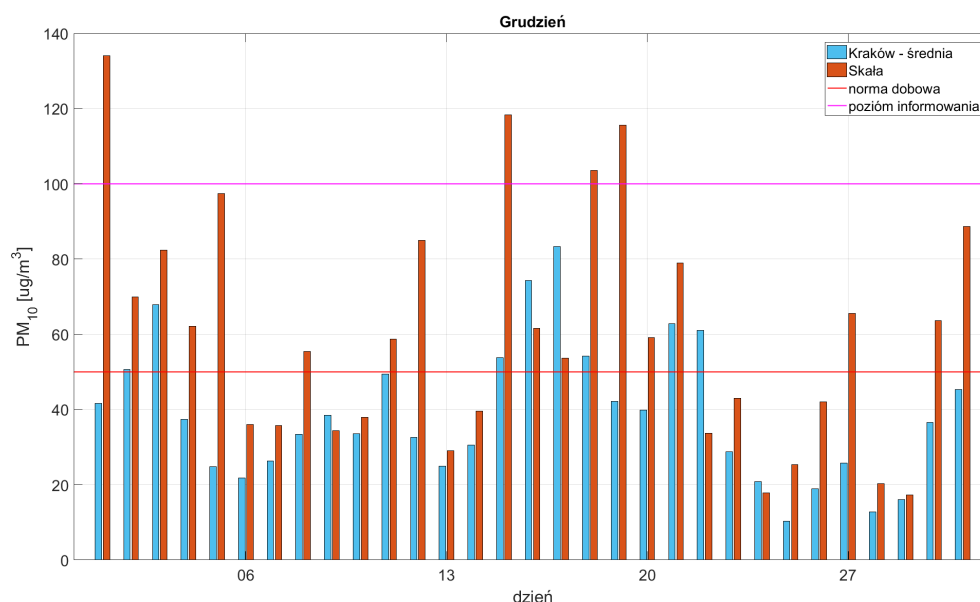
Rysunek 1.9: Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ we wrześniu 2020



Rysunek 1.10: Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w październiku 2020



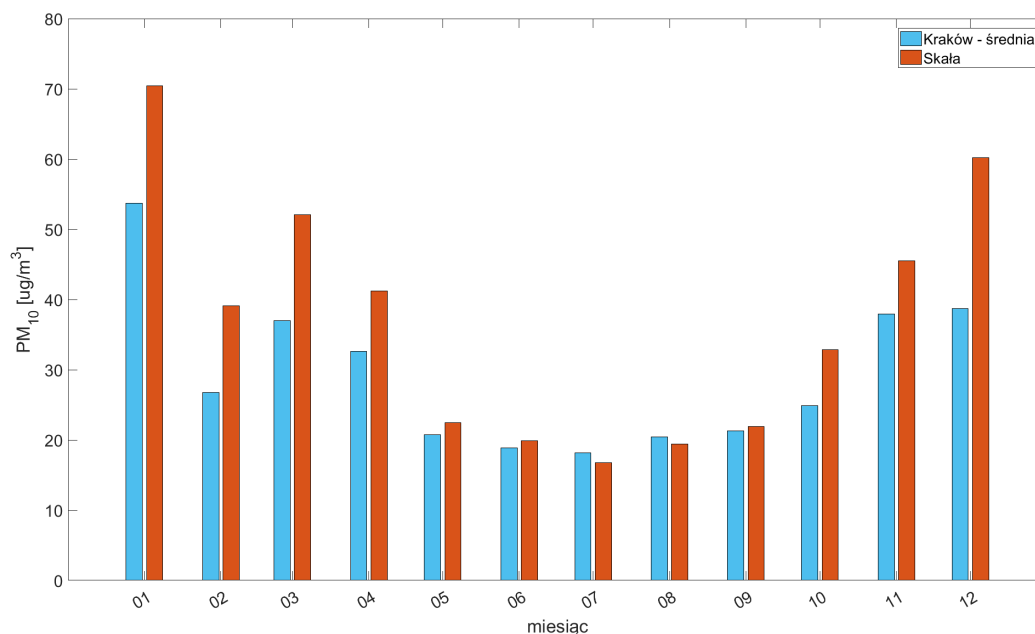
Rysunek 1.11: Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w listopadzie 2020



Rysunek 1.12: Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w grudniu 2020

1.2 Stężenia średniomiesięczne PM₁₀

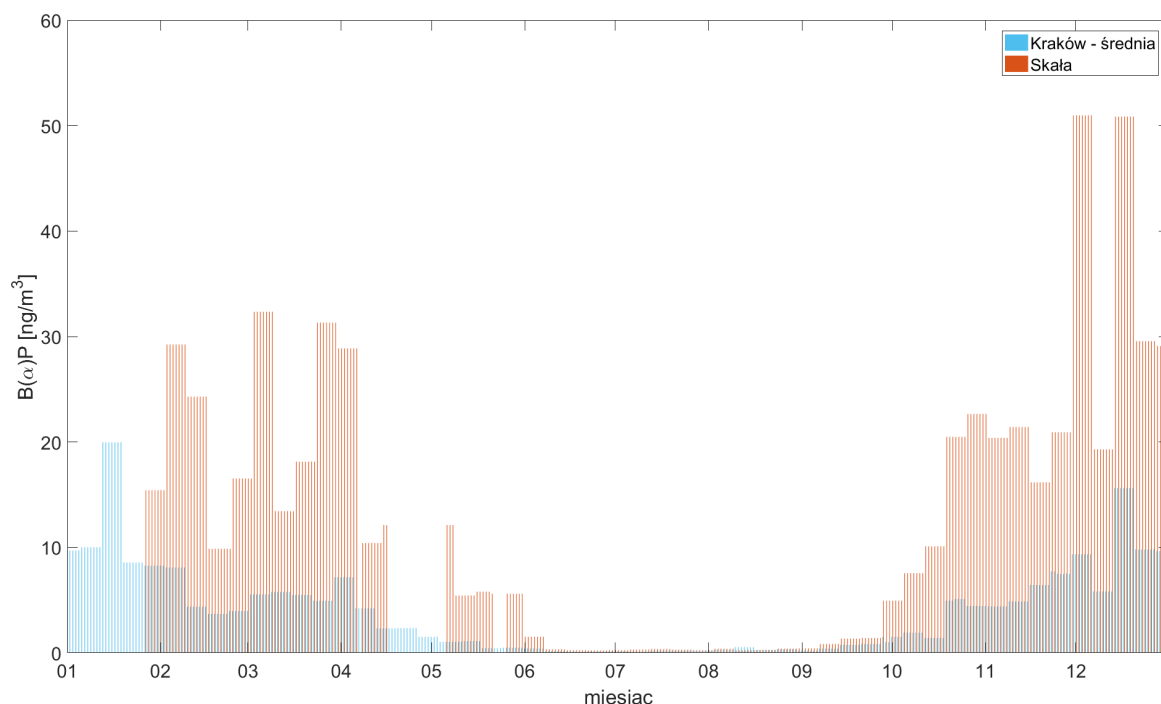
Na rysunku 1.13 przedstawiono porównanie stężenia średniego dla poszczególnych miesięcy. W okresie grzewczym widoczne są podwyższone wartości dla Skały w stosunku do Krakowa. Oznacza to, że w Skale wpływ niskiej emisji na stężenie pyłu jest istotnie większy w stosunku do Krakowa. W okresie letnim obserwujemy podwyższone wartości dla Krakowa względem Skały. Podwyższone wartości dla Krakowa można wytłumaczyć większym w stosunku do Skały ruchem kołowym.



Rysunek 1.13: Wykres stężenia średniomiesięcznego pyłu zawieszonego PM₁₀ w 2020

1.3 Stężenie średniotygodniowe benzo(α)pirenu w PM₁₀

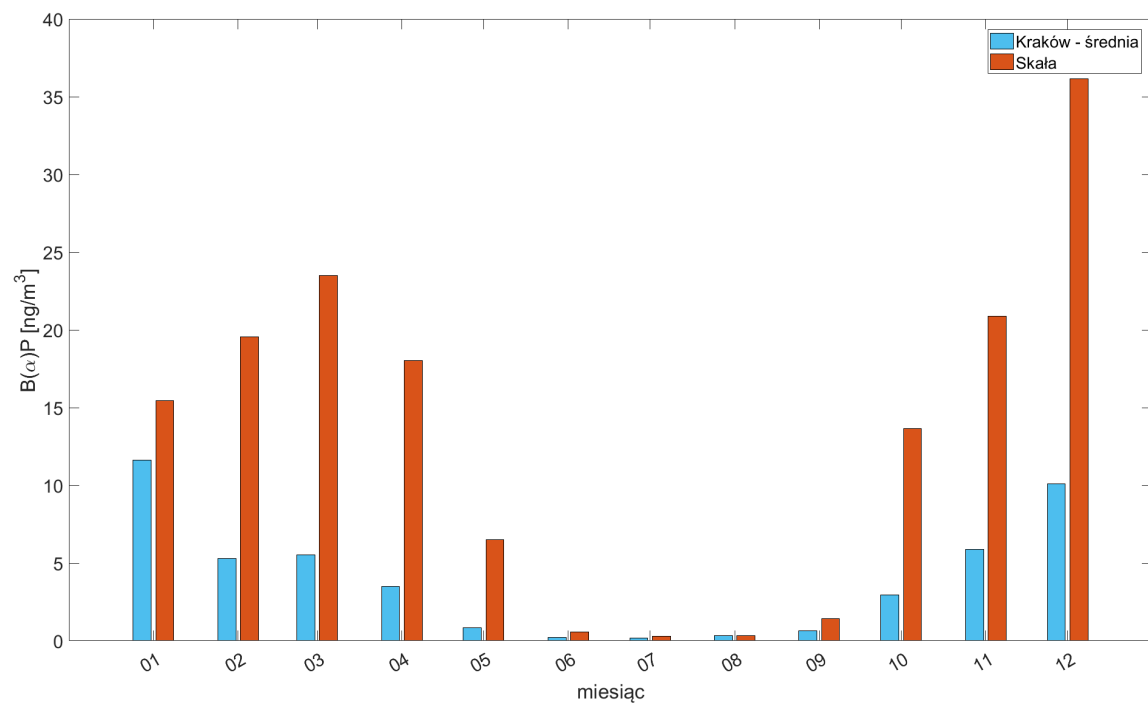
Na rysunku 1.14 przedstawiono porównanie stężenia dla poszczególnych tygodni. Dla stycznia 2020 średnia dla Skały była wyznaczona dla okresu 27.01 - 31.01. W kwietniu-maju z przyczyn technicznych nie uzyskano danych dla 7 kwietnia oraz dla okresu 17.04 - 05.05. Na rysunku 1.14 wspomniane przedziały mają na wykresie wartość równą zero.



Rysunek 1.14: Wykres stężenia średniotygodniowego B(α)P dla pyłu zawieszonego PM₁₀ w 2020r

1.4 Stężenie średniomiesięczne benzo(α)pirenu w PM₁₀

Na rysunku poniżej zaprezentowano średniomiesięczne stężenia B(α)P w Skale oraz na stacjach krakowskich. Stężenie tego zanieczyszczenia jest dużo wyższe w Skale niż w Krakowie. Wynika to faktu, że głównym źródłem B(α)P jest spalanie paliw stałych (węgla i drewna). W skali kraju odpowiada ono za około 90% emisji tego zanieczyszczenia [4]. Szczególnie duże różnice (kilkukrotne) widać podczas sezonu grzewczego. Średnioroczne stężenie B(α)P w Skale wyniosło 12,8 ng/m³ i jest to jedno z wyższych stężeń w skali kraju. Norma dla rocznego stężenia B(α)P wynosi 1 ng/m³ - oznacza to, że stężenie w Skale przekracza ją niemalże 13-krotnie.

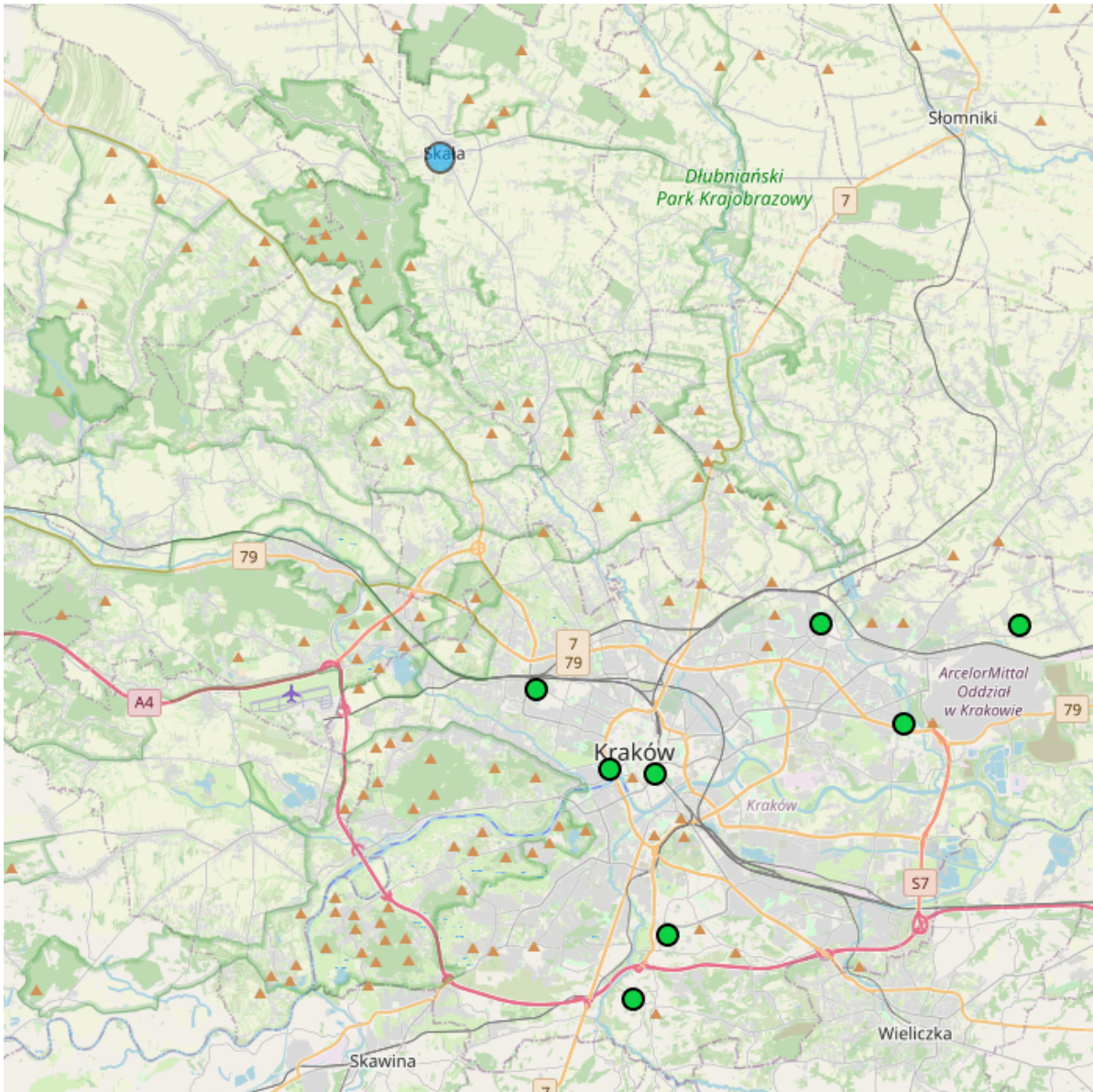


Rysunek 1.15: Wykres stężenia średniomiesięcznego $B(\alpha)P$ dla pyłu zawieszonego PM_{10} w 2020r

2 Metodyka badań

2.1 Położenie stacji pomiarowej

Na rysunku 2.1 zostało pokazane położenie miasta Skała w skali regionalnej wraz z najbliższymi punktami pomiarowym WIOŚ w Krakowie, z których wyniki pomiarów zostały wykorzystane dla porównania.



Rysunek 2.1: Położenie miasta Skała (niebieska kropka) w skali regionalnej, wraz z najbliższymi punktami pomiarowym WIOŚ w Krakowie (zielone kropki)

Źródło: opracowanie własne mapy OpenStreetMap

Dokładne położenia punktów podane niżej:

- **Skała** – Rynek, miejsce gdzie potencjalnie przebywa w skali roku najwięcej ludzi na wolnym powietrzu.

- **Kraków** – dane uśrednione dla stacji:
 - os. Wadów, kod stacji MpKrakWadow
 - ul. Dietla, kod stacji MpKrakDietla
 - ul. Żłoty Róg, kod stacji MpKrakZloRog
 - ul. Bulwarowa, kod stacji MpKrakBulwar
 - os. Piastów, kod stacji MpKrakOsPias
 - al. Krasińskiego, kod stacji MpKrakAlKras
 - ul. Bujaka, kod stacji MpKrakBujaka
 - os. Swoszowice, kod stacji MpKrakSwoszo

2.2 Wyposażenie stacji pomiarowej

Konstrukcja stacji pomiarowej opiera się na stacjach wykorzystywanych w sieci monitoringu jakości powietrza stosowanych przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Stację pomiarową stanowi mobilny kontener wyposażony w monitor cząstek stałych BAM-1020, pobornik grawimetryczny model PNS-15, stację meteo Davis model 6250 oraz moduł do zapisu i archiwizowania danych w ramach infrastruktury udostępnionej pro bono przez firmę DAC System Tomasz Kosiak. Zdjęcie stacji przedstawione w badanej miejscowości przedstawiono na rysunku 2.2 [1].



Rysunek 2.2: Zdjęcie stacji pomiarowej KAS w Skale [1]

2.3 Pobornik grawimetryczny PNS-15

Nisko-objętościowy pobornik grawimetryczny PNS-15 pozwala na wyznaczenie stężenia pyłu zawieszonego za pomocą metody wagowej uznanej za referencyjną. Metoda referencyjna jest opisana w normie PN-EN12341 [1].

Pomiar stężenia pyłu zawieszonego w przypadku tego urządzenia można podzielić na trzy etapy. W pierwszym etapie określa się masę filtrów przed ekspozycją (czystego filtra). W następnym kroku umieszcza się kasetę z filtrami w poborniku. Każdy z filtrów jest poddawany ekspozycji trwającej 24 h (przez każdy filtr jest wymuszany przepływ powietrza atmosferycznego znajdującego się w miejscu instalacji pobornika). W czasie ekspozycji filtra jest prowadzony pomiar przepływu w celu określenia łącznej objętości powietrza, jaka została przepompowana przez powierzchnię filtra. W kolejnym etapie filtry po ekspozycji są ponownie ważone. Stężenie pyłu określa się jako iloraz różnicy między masą końcową filtra oraz masą początkową filtra i łącznej objętości powietrza przepompowanej przez filtr. Ważenie filtrów czystych jak również po ekspozycji jest wykonywane w ściśle określonych warunkach (tzw. kondycjonowanie filtra w ściśle określonej temperaturze oraz wilgotności). Kondycjonowanie uniezależnia próbkę od wpływu wilgotności na masę filtra. Pomiar zmiany masy filtrów przed i po ekspozycji nosi nazwę metody grawimetrycznej. Zdjęcie pobornika jest przedstawione na rysunku 2.3 [1].



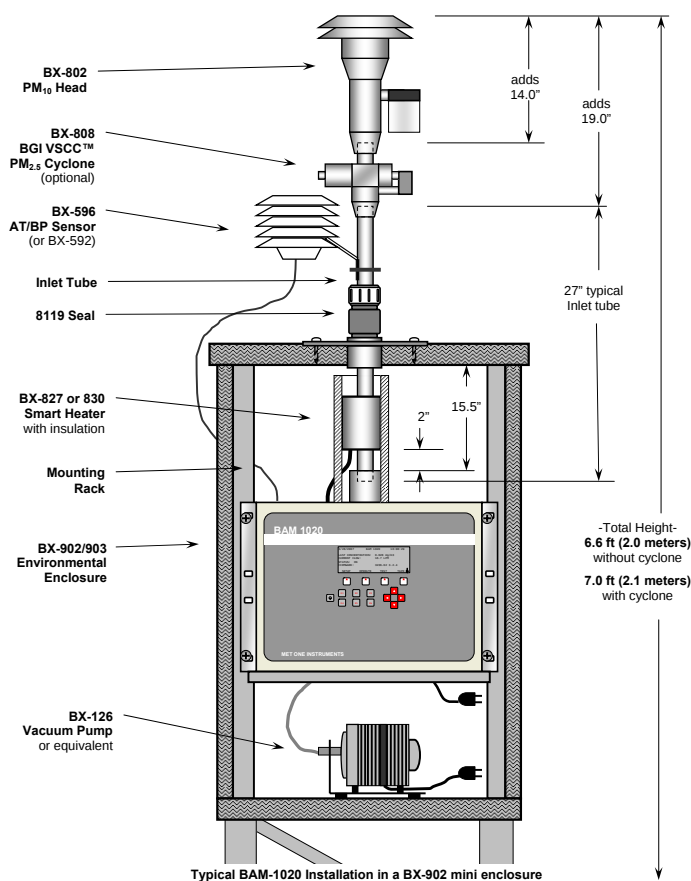
Rysunek 2.3: Zdjęcie pobornika grawimetrycznego PNS-15 [1].

Urządzenie pozwala na określanie stężenia pyłu PM_{10} oraz $PM_{2.5}$. Zmiany pomiaru dokonuje się poprzez zmianę głowicy filtracyjnej znajdującej się na początku otworu służącego do poboru powietrza do analizy. W urządzeniu można zdefiniować rozdzielczość czasową, z jaką mają być ekspozowane poszczególne filtry. Ze względu na zastosowane normy jakości powietrza oraz zwiększenie precyzji pomiaru stosuje się w większości wypadków 24 h okres ekspozycji filtrów [1].

Metoda grawimetryczna daje możliwość analizowania filtrów pod kątem stężenia związków zaadsorbowanych na powierzchni pyłu. W ramach przeprowadzonych badań były oznaczane stężenia benzo(α)pirenu w pyłe zawieszonym PM_{10} . Analizy stężenia benzo(α)pirenu oraz pomiar masy zostały przeprowadzone w laboratorium Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie [1].

2.4 Monitor cząstek stałych BAM-1020

BAM-1020 produkowany przez firmę MetOne jest urządzeniem pozwalającym na wyznaczenie stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ lub PM_{2.5} w zależności od zastosowanej głowicy filtracyjnej. Rozdzielczość czasowa pomiaru wynosi 1 h. Pomiar w dużej mierze pokrywa się z metodą grawimetryczną. Pomiar stężenia odbywa się poprzez poddanie materiału filtracyjnego ekspozycji trwającej 50 minut (42 min dla frakcji PM_{2.5}). Objętość przepompowaną przez filtr określa się poprzez pomiar przepływu. Masa jest określana metodą radio-izotopową. Pomiar masy odbywa się poprzez pomiar stopnia osłabienia wiązki promieniowania β (pochodzącej ze źródła ¹⁴C). Pomiaru dokonuje się dla filtra przed i po ekspozycji. Różnicę z tych dwóch pomiarów przelicza się na masę pyłu. W urządzeniu wprowadzono dodatkową kontrolę poprzez zamontowanie membrany o nieziennej grubości, która jest okresowo poddawana pomiarowi. Jeśli urządzenie podczas pomiaru membrany uzyska wynik poza wyznaczonym zakresem przerywa dalszy pomiar wysyłając jednocześnie kod błędu. Zdjęcie poglądowe urządzenia zostało przedstawione na rysunku 2.4 [1].



Rysunek 2.4: Schematyczne przedstawienie układu pomiarowego BAM-1020 [5].

Urządzenie BAM-1020 ma niewątpliwą przewagę nad PNS-15, ponieważ pozwala otrzymywać wynik pomiaru PM₁₀ tylko z jednogodzinnym opóźnieniem. Uzyskało ono status metody

równoważnej metodzie referencyjnej. Zakres pomiarowy dla konfiguracji stosowanej aktualnie w Skale to 0-1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Rozdzielczość pomiaru wynosi 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, niepewność pomiaru średniej godzinnej dla poziomu ufności 95% 4,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Niepewność pomiaru średniej dobowej dla poziomu ufności 95% jest mniejsza niż 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [1].¹

2.5 Opracowanie wyników

Wyniki pomiarów PM_{10} oraz $\text{B}(\alpha)\text{P}$ w PM_{10} z pobornika grawimetrycznego zostały dostarczone przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska. Dane zawierały informację o dacie wykonanego pomiaru oraz wartości stężenia pyłu PM_{10} wraz z zawartością $\text{B}(\alpha)\text{P}$ w nim. Pomiar PM_{10} zostały wykonane z rozdzielczością 24 godzin (raz na jeden dzień), $\text{B}(\alpha)\text{P}$ - raz na tydzień.

W przypadku dni, dla których nie została określona wartość stężenia dobowego pyłu PM_{10} z pobornika grawimetrycznego PNS-15 z powodów technicznych, za wartość stężenia dobowego pyłu PM_{10} przyjęto wartość z pobornika automatycznego BAM-1020. Przetransponowanie odbyło się na podstawie wyznaczonych współczynników prostej regresji liniowej dla dni, dla których zostały obliczone stężenia dobowe dla pobornika BAM-1020 oraz PNS-15 jednocześnie.

Za wartość dobowego stężenia pyłu PM_{10} dla stacji w Krakowie, przyjęto wartość średnią z pomiarów manualnych 7 stacji w Krakowie, natomiast dla stacji MpKrakDietla wykorzystano wyniki pomiarów automatycznych, ponieważ tylko takie na moment napisania raportu były dostępne [3].

Za wartość tygodniowego stężenia $\text{B}(\alpha)\text{P}$ w PM_{10} przyjęto uśrednioną wartość z sześciu wyżej wymienionych stacji: dla stacji MpKrakDietla oraz MpKrakOsPias pomiar $\text{B}(\alpha)\text{P}$ nie jest wykonywany [3].

¹Informacje na podstawie specyfikacji producenta.

Literatura

- [1] D. Zięba, *Wyniki pomiarów jakości powietrza dla miasta Skała w okresie 23.01.2019-31.01.2020*, Stowarzyszenie Krakowski Alarm Smogowy, Kraków, 2020
- [2] GIOŚ, *Poziomy dopuszczalne zanieczyszczeń w powietrzu*, https://powietrze.gios.gov.pl/pjp/content/annual_assessment_air_acceptable_level
(data dostępu 4 marca 2021)
- [3] GIOŚ, *Bieżące dane pomiarowe*, <https://powietrze.gios.gov.pl/pjp/current>
(data dostępu 4 marca 2021)
- [4] Anna Olecka oraz zespół autorski KOBiZE IOŚ-PIB, *Krajowy raport inwentaryzacyjny 2020*, Ministerstwo Klimatu, Warszawa, 2020
- [5] Met One Instruments, Inc. , *BAM 1020 particulate monitor operation manual*, Washington, 2008

Spis tablic

- | | | |
|---|--|---|
| 1 | Wyniki pomiarów PM_{10} oraz $B(\alpha)P$ dla pyłu PM_{10} w roku 2020 w miejscowości Skała wraz z pomiarami w Skale i Krakowie w roku 2019* [1] oraz średnią wartością dla stacji GIOŚ znajdujących się w Krakowie [3]. | 4 |
|---|--|---|

Spis rysunków

- | | | |
|------|---|----|
| 1.1 | Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM_{10} w styczniu 2020 | 5 |
| 1.2 | Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM_{10} w lutym 2020 | 6 |
| 1.3 | Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM_{10} w marcu 2020 | 6 |
| 1.4 | Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM_{10} w kwietniu 2020 | 7 |
| 1.5 | Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM_{10} w maju 2020 | 7 |
| 1.6 | Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM_{10} w czerwcu 2020 | 8 |
| 1.7 | Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM_{10} w lipcu 2020 | 8 |
| 1.8 | Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM_{10} w sierpniu 2020 | 9 |
| 1.9 | Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM_{10} we wrześniu 2020 | 9 |
| 1.10 | Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM_{10} w październiku 2020 | 10 |
| 1.11 | Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM_{10} w listopadzie 2020 | 10 |
| 1.12 | Wykres średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM_{10} w grudniu 2020 | 11 |
| 1.13 | Wykres stężenia średniomiesięcznego pyłu zawieszonego PM_{10} w 2020 | 11 |
| 1.14 | Wykres stężenia średniotygodniowego $B(\alpha)P$ dla pyłu zawieszonego PM_{10} w 2020r | 12 |
| 1.15 | Wykres stężenia średniomiesięcznego $B(\alpha)P$ dla pyłu zawieszonego PM_{10} w 2020r | 13 |
| 2.1 | Położenie miasta Skała (niebieska kropka) w skali regionalnej, wraz z najbliższymi punktami pomiarowym WIOŚ w Krakowie (zielone kropki) | 14 |
| 2.2 | Zdjęcie stacji pomiarowej KAS w Skale [1] | 15 |
| 2.3 | Zdjęcie pobornika grawimetrycznego PNS-15 [1]. | 16 |
| 2.4 | Układu pomiarowego BAM-1020 | 17 |