

Niewidzialne zagrożenie w powietrzu: Analiza smogu PM2.5 za pomocą GIS

Problem zanieczyszczenia powietrza to wyzwanie globalne, które bezpośrednio wpływa na zdrowie i jakość życia. W Polsce, zwłaszcza w regionach o historii przemysłowej, nierzadko zmagamy się z **pyłem zawieszonym PM2.5** – mikroskopijnymi cząstkami, które bez trudu przenikają do płuc. Właśnie dlatego tak ważne są badania, które pomagają zidentyfikować obszary najbardziej narażone na wysokie stężenia tych zanieczyszczeń.

Łódzka aglomeracja pod lupą: Gdzie jakość powietrza wymaga poprawy?

Analizowane badania skupiły się na obszarze Aglomeracji Łódzkiej, a konkretnie na czterech miastach: **Łodzi, Aleksandrowie Łódzkim, Konstantynowie Łódzkim i Zgierzu**. Jest to region o bogatej, przemysłowej przeszłości, której ślady wciąż są widoczne nie tylko w architekturze, ale i w systemach ogrzewania – często opartych na paliwach stałych, będących jednym z głównych źródeł emisji pyłów.

Głównym celem pracy badawczej było szczegółowe przedstawienie poziomów pyłu PM2.5 w wymienionych miastach, co pozwoliło na identyfikację miejsc, w których normy jakości powietrza są przekraczane. Dzięki temu możliwe jest wyciągnięcie konkretnych wniosków i **wskazanie obszarów** wymagających pilnych działań.

Normy i wskaźniki: Jak ocenia się

jakość powietrza?

Aby rzetelnie ocenić zagrożenie, stosuje się wytyczne trzech kluczowych instytucji: **Światowej Organizacji Zdrowia (WHO)**, **Unii Europejskiej (UE)** i **Polski**. Każda z nich ustaliła własne normy dopuszczalnych stężeń pyłu PM_{2.5}, które służą do analizy przestrzennej i lokalizowania miejsc, gdzie oddychanie jest ryzykowne (Tabela 1). Zalecenia WHO są znacznie bardziej rygorystyczne niż normy polskie czy unijne, co podkreśla globalną świadomość zagrożenia i dążenie do jak najczystszej powietrza.

Tabela 1. Dopuszczalne poziomy pyłu PM_{2.5} według zaleceń WHO z 2021 r., Unii Europejskiej i Polski

Okres uśredniania	Polska [µg/m ³]	WHO [µg/m ³]	Unia Europejska [µg/m ³]
Rok kalendarzowy	20	5	20

Opracowanie własne na podstawie World Health Organization (2021, s. 136), Minister Klimatu i Środowiska (2021, s. 10) oraz European Parliament & Council of the European Union (2008, Annex XIV, s. 35, Table E)

Dodatkowo, w analizie wykorzystano **Indeks Jakości Powietrza dla PM_{2.5}** udostępniany przez **Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ)**. Indeks ten, oparty na godzinnych pomiarach, klasyfikuje jakość powietrza na siedmiu poziomach:

- **Bardzo dobry** (0–13 µg/m³) – brak zagrożenia zdrowotnego.
- **Dobry** (13,1–35 µg/m³) – zadowalająca jakość powietrza.
- **Umiarkowany** (35,1–55 µg/m³) – osoby wrażliwe (dzieci, seniorzy, chorzy) powinny ograniczyć aktywność na zewnątrz.
- **Dostateczny** (55,1–75 µg/m³) – zwiększone ryzyko zdrowotne.
- **Zły** (75,1–110 µg/m³) – zalecane ograniczenie aktywności fizycznej dla wszystkich.

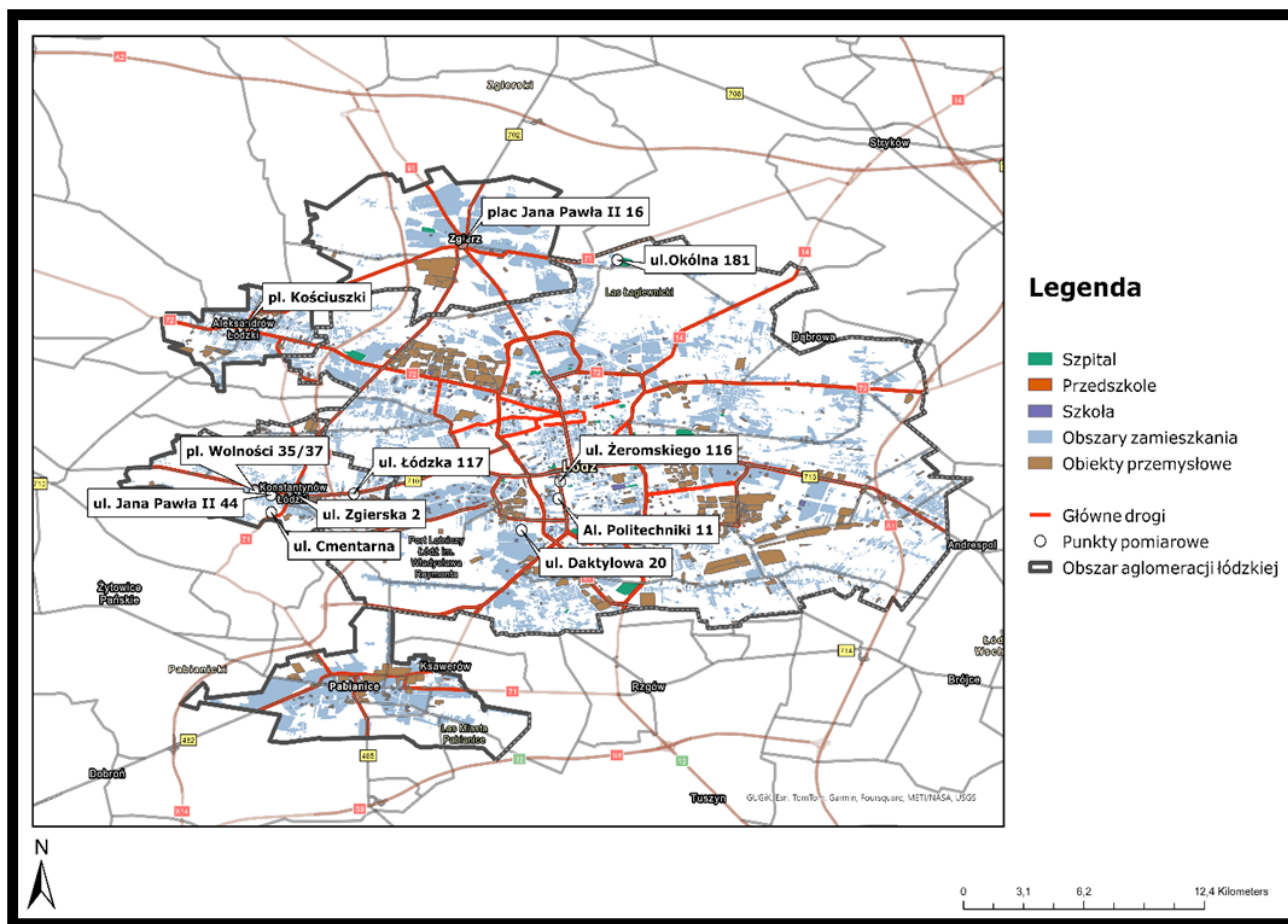
- **Bardzo zły** ($>110 \mu\text{g}/\text{m}^3$) – silnie negatywny wpływ na zdrowie, unikanie aktywności na zewnątrz.
- **Brak indeksu** – brak aktualnych pomiarów.

Choć indeks GIOŚ nie obejmuje danych rocznych, jego wiarygodność i szczegółowość godzinowych pomiarów sprawiły, że był cennym narzędziem do interpolacji danych.

Skąd pochodzą dane o zanieczyszczeniach i jak powstają mapy?

Aby rzetelnie ocenić stan powietrza, potrzebne są wiarygodne informacje. Dane o stężeniach **pyłu PM2.5** wykorzystane w analizie pochodzą z obszernego projektu naukowego realizowanego przez Politechnikę Łódzką – „Badanie zawartości metali ciężkich w atmosferycznym pyłe zawieszonym na terenie aglomeracji łódzkiej”, dofinansowany przez Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Łodzi (umowa dotacji nr 58/BN/D/2018 z dnia 26.06.2018 r., Łódź, 2022 r.). Badania te prowadzono pod kierunkiem prof. Wojciecha Wolfa w Instytucie Chemii Ogólnej i Ekologicznej Politechniki Łódzkiej. Kluczowym kryterium wyboru tych danych była ich **ciągłość** oraz **duża różnorodność stacji pomiarowych**, co pozwoliło na uzyskanie reprezentatywnego obrazu dla całego obszaru.

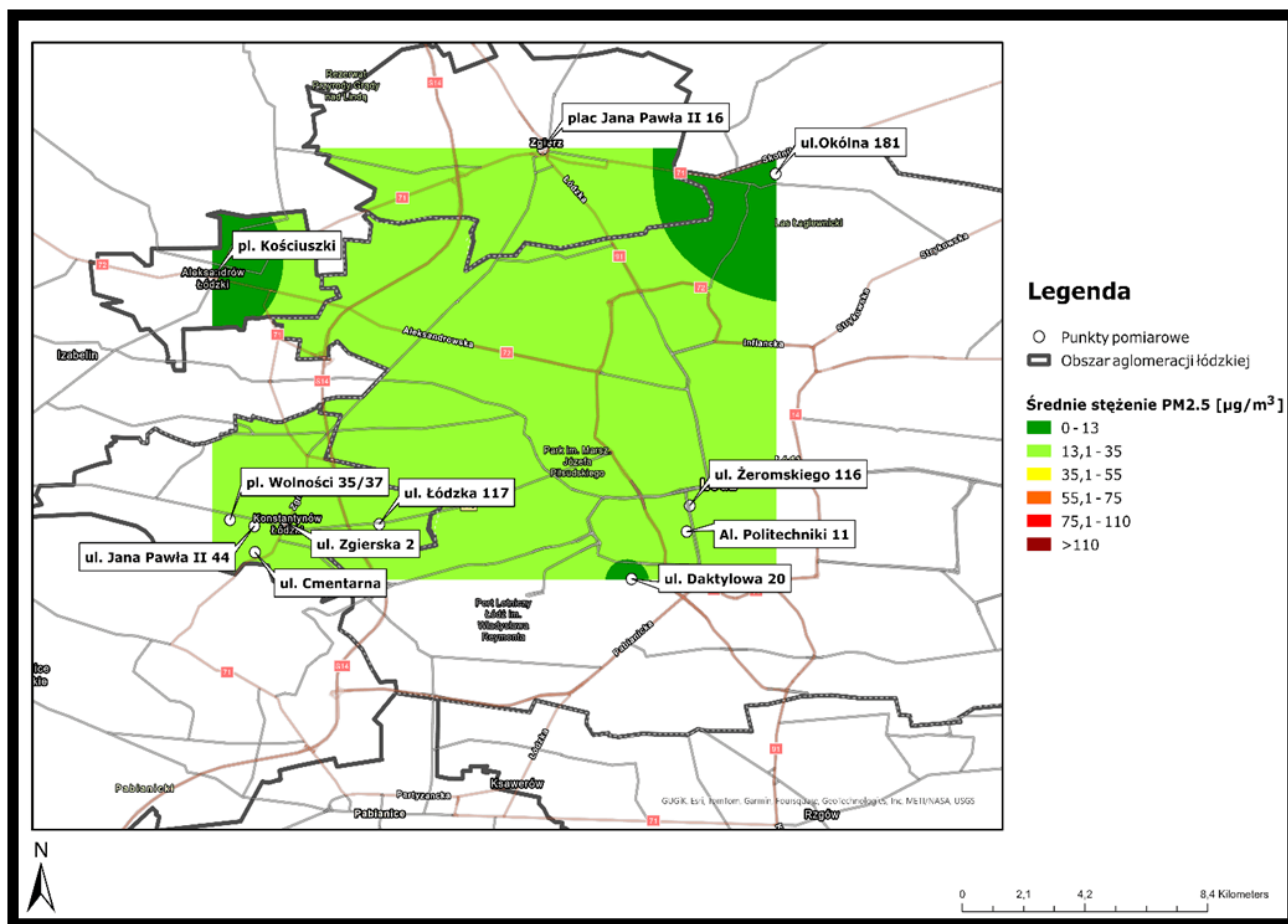
W ramach tego przedsięwzięcia, w 2020 roku wytypowano 11 **strategicznych punktów pomiarowych** na terenie Aglomeracji Łódzkiej. Ich lokalizacje nie były przypadkowe – wybrano miejsca, gdzie wpływ emisji z domowych pieców, ruchu drogowego czy przemysłu jest najbardziej odczuwalny. Dane dotyczące obszarów mieszkalnych, dróg i innych elementów infrastruktury pochodzą z zasobów **OpenStreetMap** i były aktualne na dzień 30.10.2023 roku.



Rys. 1 Rys. 1 Punkty pobrań na terenie Aglomeracji Łódzkiej

Rys. 1 Punkty pobrań na terenie Aglomeracji Łódzkiej

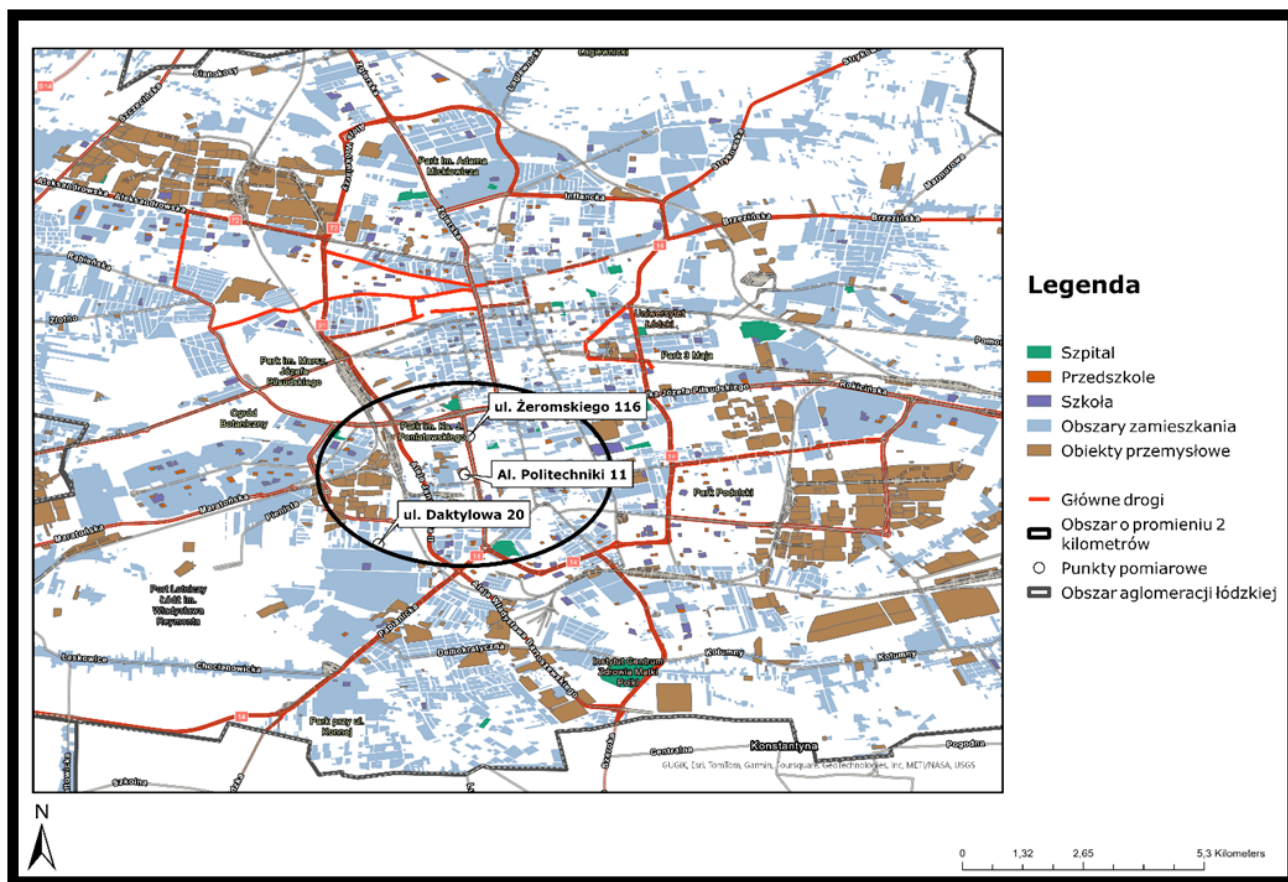
W analizach wykorzystano metodę **interpolacji** Inverse-Distance Weighting (IDW). Pozwala ona na przewidywanie wartości w miejscach, gdzie pomiary nie zostały wykonane, bazując na danych z pobliskich punktów. Dzięki temu można było stworzyć mapę średniego stężenia pyłu PM_{2.5} dla całej Aglomeracji Łódzkiej (Rys. 2), pokazując obszary o zróżnicowanej jakości powietrza.



Rys. 2 Mapa średniego stężenia pyłu zawieszonego za pomocą interpolacji IDW

Gdzie jakość powietrza wymaga poprawy?

Analiza wykazała, że średnie stężenie pyłu PM2.5 w większości badanych miejsc utrzymywało się powyżej $13,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Zgodnie z indeksem GIOŚ, wartości te świadczą o dobrej lub umiarkowanej jakości powietrza. Tylko w dwóch obszarach odnotowano bardzo dobrą jakość powietrza. W pozostałych rejonach wartość była zadowalająca, ale już nieidealna, co oznacza brak natychmiastowego, znaczącego ryzyka zdrowotnego, ale jednocześnie wskazuje na konieczność monitoringu i dalszych działań.



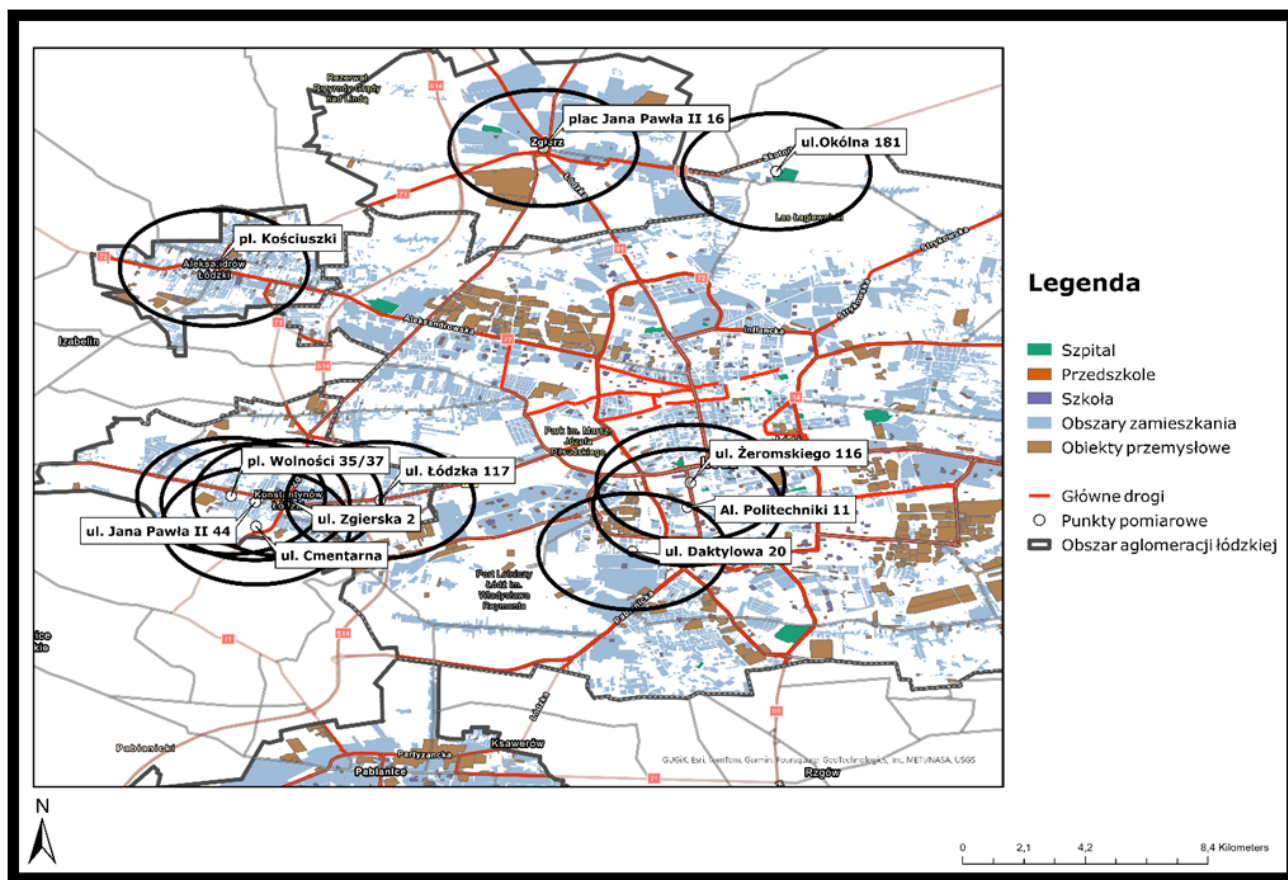
Rys. 3 Przekroczenie normy GIOŚ oraz UE na terenie Aglomeracji Łódzkiej

Jednakże, kiedy spojrzymy na bardziej restrykcyjne normy, obraz staje się inny. Na Rysunku 3 widoczny jest obszar wokół Alej Politechniki 11, gdzie odnotowano podwyższone stężenia pyłu PM_{2.5}, przekraczające normy polskie i UE. Co szczególnie alarmujące, w tym rejonie znajdują się liczne **szpitale, przedszkola i szkoły** – miejsca, gdzie przebywają osoby szczególnie wrażliwe na zanieczyszczenia: dzieci, osoby starsze i chorzy. Długotrwałe narażenie na PM_{2.5} w tych grupach może prowadzić do poważnych komplikacji zdrowotnych.

WHO ostrzega: Cała aglomeracja przekracza normy!

Najbardziej dramatyczny obraz wyłania się, gdy zastosuje się wytyczne WHO. Na Rysunku 4 widoczne jest, że każdy punkt pomiarowy w Aglomeracji Łódzkiej odnotował wyższe niż rekomendowane poziomy pyłu PM_{2.5}. Oznacza to, że z perspektywy

WHO, jakość powietrza w całej aglomeracji jest niezadowalająca.



Rys. 4 Przekroczenie normy WHO na terenie Aglomeracji Łódzkiej

Głównym winowajcą tego stanu rzeczy, niezależnie od pory roku, okazało się **ogrzewanie domostw za pomocą lokalnych kotłowni opalanych węglem lub innymi paliwami o wysokiej emisji**. Szczególnie narażona jest dzielnica Śródmieście, która ma najmniejszą liczbę budynków podłączonych do miejskiego systemu ciepłowniczego. Niskie temperatury i, niestety, konieczność dłuższego przebywania w domach w związku z pandemią COVID-19, dodatkowo spotęgowały emisje zanieczyszczeń, w tym pyłu zawieszonego ze spalania paliw.

Wnioski i perspektywy: Co dalej z łódzkim powietrzem?

Mimo upływu pięciu lat od zebrania danych w 2020 roku, problem zanieczyszczenia powietrza w Aglomeracji Łódzkiej nadal jest

aktualny. Użycie toksycznych źródeł ciepła w lokalnych kotłowniach, takich jak węgiel, ropa czy gaz, wciąż stanowi poważne zagrożenie dla środowiska i zdrowia publicznego.

Konieczne są zdecydowane działania na wielu poziomach. Oprócz dostosowania norm przez WHO, GIOŚ i Unię Europejską do coraz lepszej wiedzy o wpływie zanieczyszczeń, kluczowa jest **modernizacja lokalnych źródeł ciepła**, zastępując je odnawialnymi źródłami energii. Równie istotne jest **ograniczenie ruchu drogowego w miastach** poprzez konsekwentne inwestowanie w rozwój i popularyzację komunikacji publicznej. Poprawa jakości powietrza w Aglomeracji Łódzkiej to inwestycja w zdrowie i przyszłość mieszkańców. GIS, jako potężne narzędzie do analizy przestrzennej i wizualizacji danych, może odegrać kluczową rolę w planowaniu i monitorowaniu tych niezbędnych zmian.