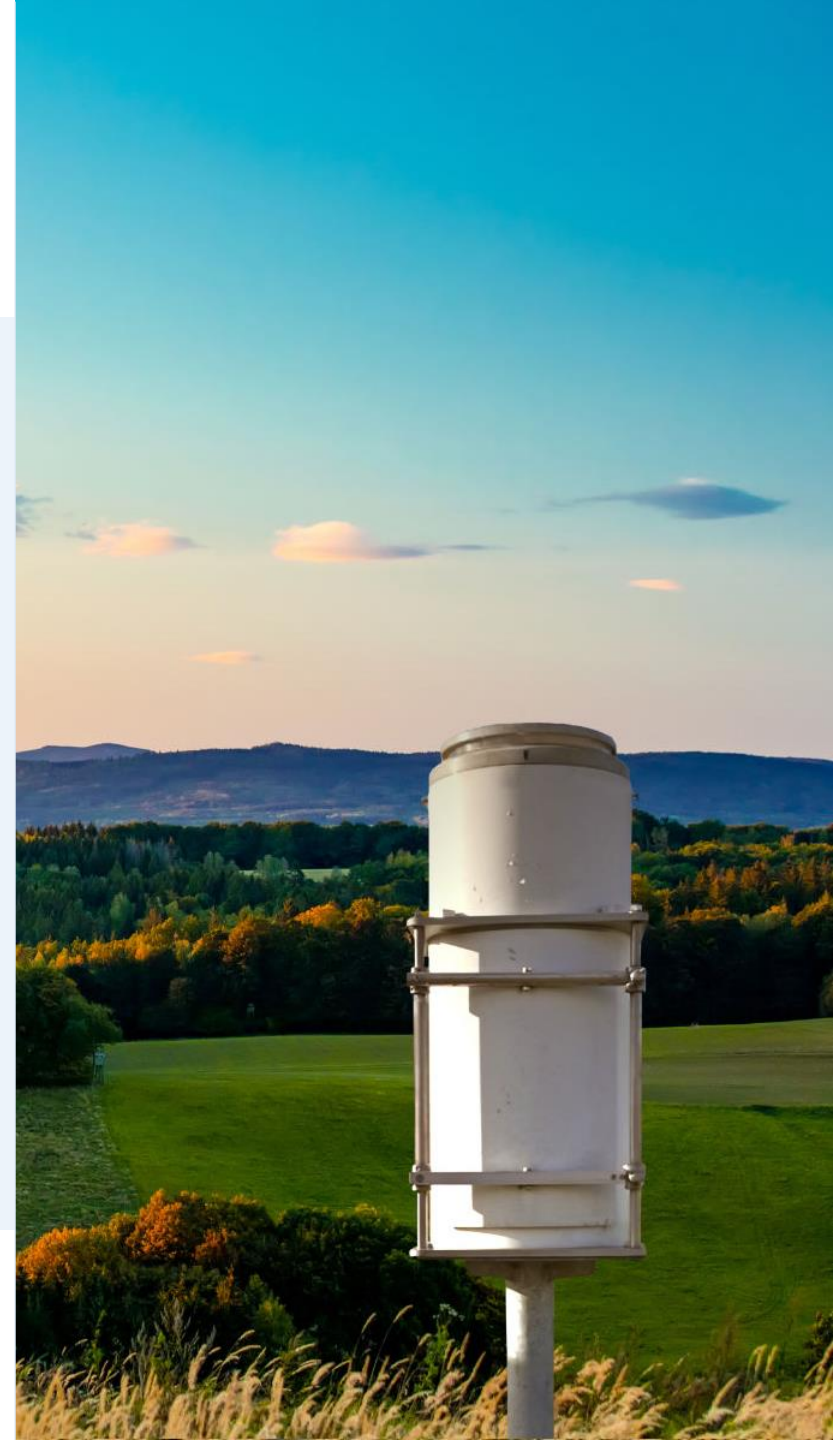


# Opracowanie wytycznych do wykonywania oceny depozycji atmosferycznej, w tym propozycja właściwej techniki modelowania depozycji Działanie 3

Ewa Palma

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska



## Działanie 3

Celem Działania 3 było opracowanie wytycznych do wykonywania oceny depozycji atmosferycznej, w tym wybór właściwej techniki modelowania depozycji, która umożliwi uzyskanie rozkładu przestrzennego wybranych wskaźników podlegających depozycji na obszarze Polski, zwłaszcza w regionach (obszarach), na których brakuje pomiarów.

**WYTYCZNE DO WYKONYWANIA OCENY DEPOZYCJI ATMOSFERYCZNEJ,  
W TYM PROPOZYCJA WŁAŚCIWEJ TECHNIKI MODELOWANIA  
DEPOZYCJI WRAZ Z PRZESZKOLENIEM PRACOWNIKÓW GIOŚ**

**Działanie 3 – kwota 950 347 PLN**

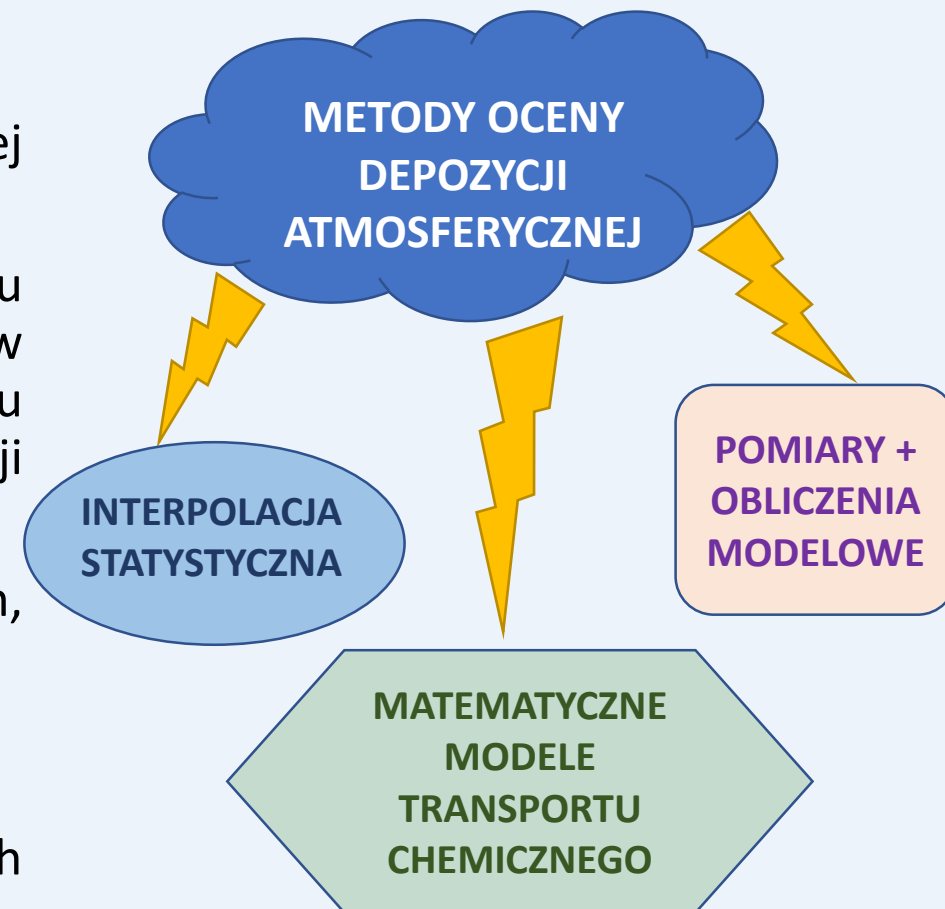
# Metody przestrzennej oceny depozycji atmosferycznej

## 1. Metody interpolacji

- dokonano przeglądu literatury metod interpolacji statystycznej na potrzeby oceny depozycji atmosferycznej,
- wykonano obliczenia umożliwiające uzyskanie rozkładu przestrzennego wybranych czterech wskaźników: siarczanów  $\text{SO}_4^{2-}$ , azotu azotanowego  $\text{NO}_3^-$ , azotu amonowego  $\text{NH}_4^+$ , kadmu Cd dla roku bazowego, z wykorzystaniem 3 metod interpolacji i obecnej stosowanej metody,
- obliczenia wykonano dla 3 różnych rozmiarów siatki: 4 x 4 km, 10 x 10 km i 50 x 50 km

## 2. Modele matematyczne transportu chemicznego

- dokonano przeglądu literatury modeli matematycznych na potrzeby oceny depozycji atmosferycznej



## Rok bazowy

Na potrzeby oceny wyboru roku bazowego przeanalizowano:

- warunki opadowe wg danych IMGW-PIB,
- warunki termiczne wg danych IMGW-PIB,
- wielkość mokrej depozycji atmosferycznej wg GIOŚ,
- stężenia zanieczyszczeń w opadzie wg GIOŚ,

Analizie poddano lata **2017-2022**, z wyłączeniem roku **2020**, ze względu na okres pandemii SARS-COV2, który wpłynął na aktywność gospodarki narodowej i ograniczenie działalności gospodarczej w Polsce

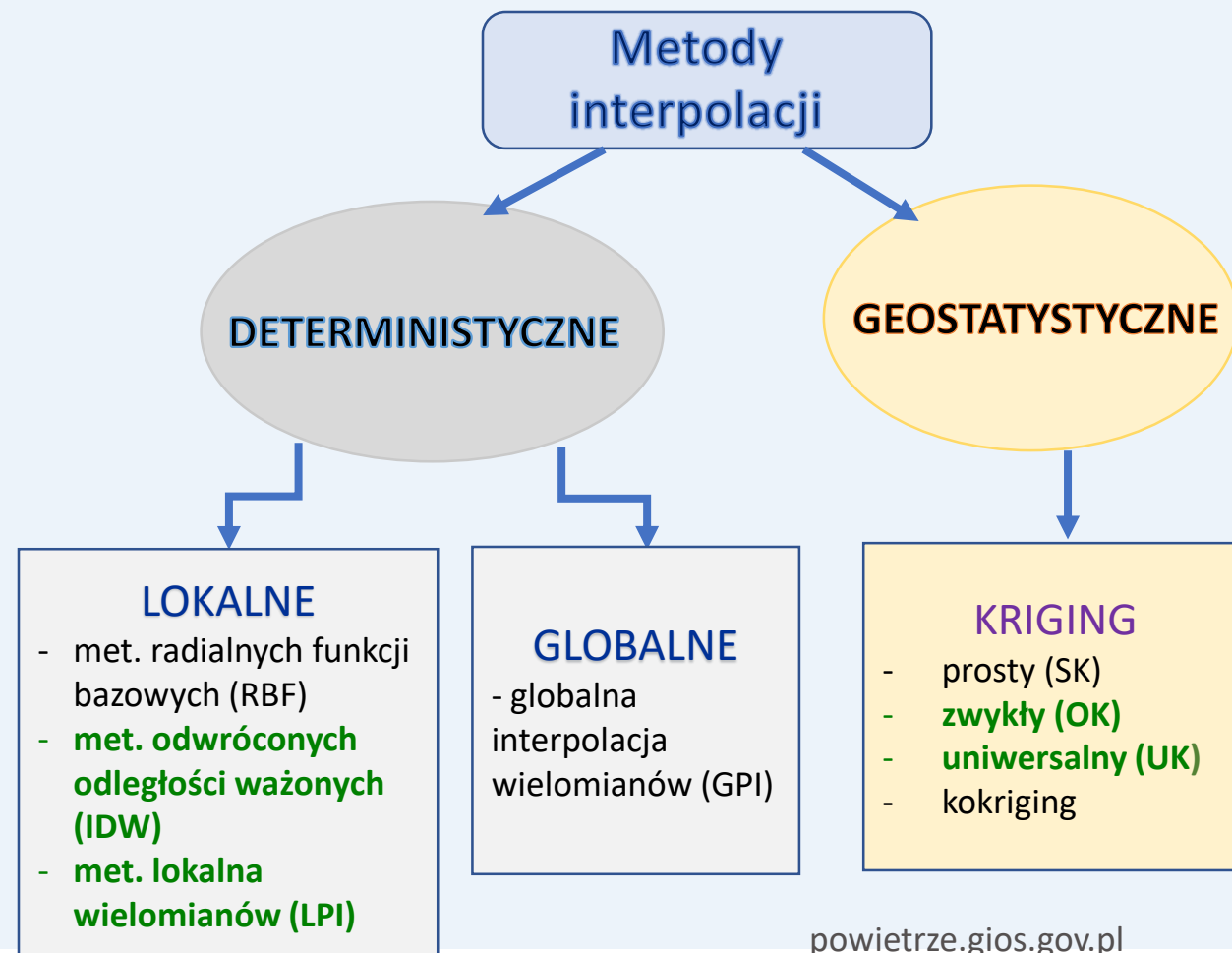
Jako rok bazowy zastosowany do przeprowadzenia testów rozkładów przestrzennych przyjęto rok **2021**

## Metody interpolacji statystycznej

Do analizy przestrzennej wykorzystano pakiet oprogramowania GIS

**Wskaźniki statystyczne służące do oceny błędu wykonanych interpolacji:**

- ✓ średni błąd (mean error, ME),
- ✓ średni standaryzowany błąd (mean standardized error, MSE),
- ✓ pierwiastek średniego błędu kwadratowego (root mean square error, RMSE),
- ✓ średni błąd standardowy (average standard error, ASE),
- ✓ pierwiastek kwadratowy ze średniego błędu standaryzowanego (root mean square standardized prediction error, RMSSE)



## Testowanie metod interpolacji statystycznej

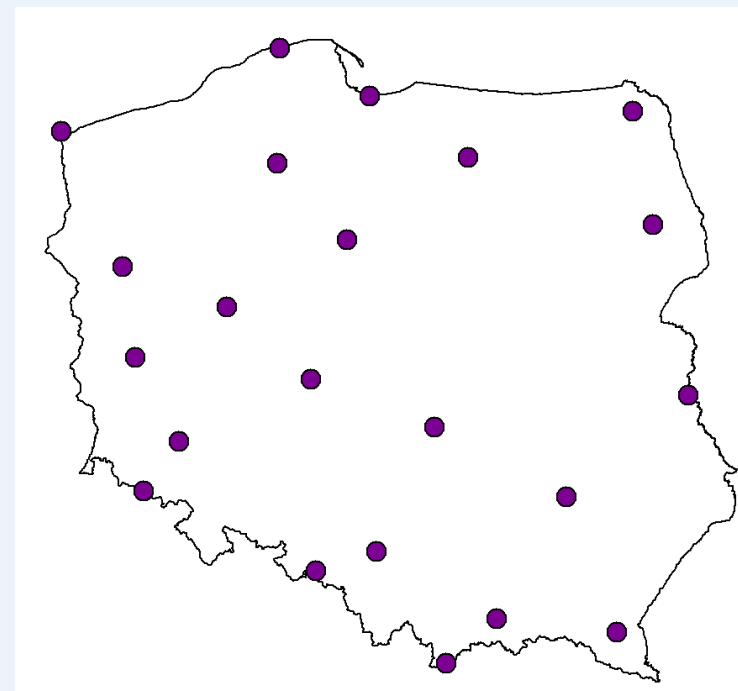
### Obliczenia wykonano dla 4 wskaźników mokrej depozycji:

- siarczanów  $\text{SO}_4^{2-}$
- azotu azotanowego  $\text{NO}_3^-$
- azotu amonowego  $\text{NH}_4^+$
- kadmu Cd

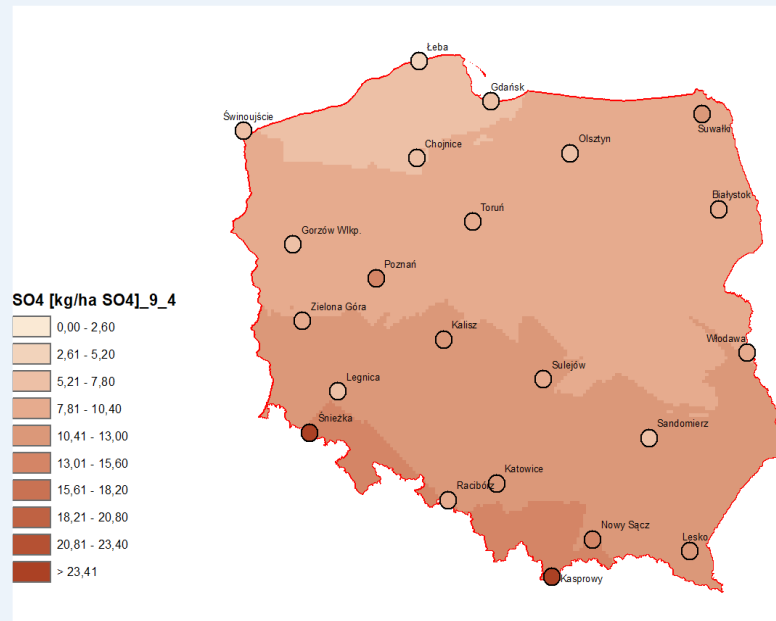
### Wykorzystywane dane:

- ✓ zbiór danych stężeń średniomiesięcznych oraz średniorocznych z 22 stacji chemizmu opadów atmosferycznych z 2021 roku dla mokrej depozycji 4 wskaźników,
- ✓ zbiór danych wysokości opadów ze 162 posterunków opadowych IMGW-PIB z 2021 roku,
- ✓ współrzędne geograficzne punktów pomiarowych

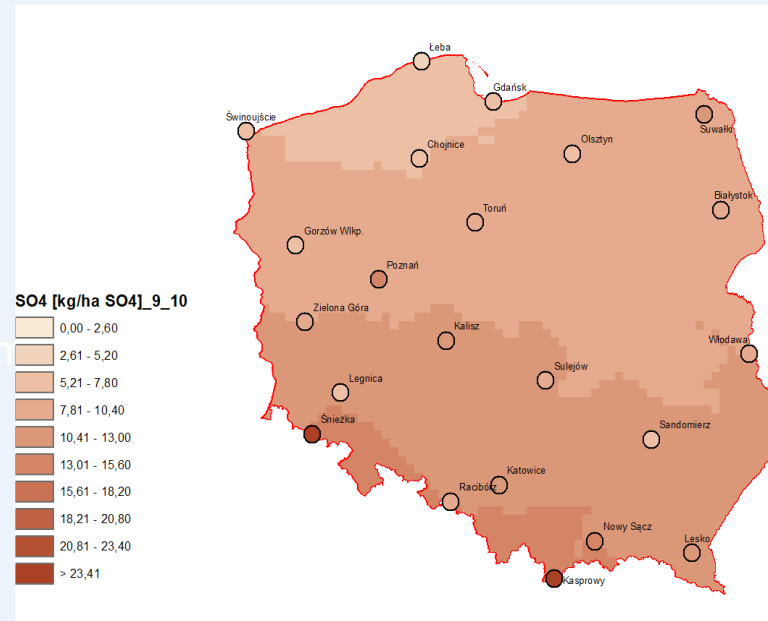
Poszczególne rozkłady wyznaczono w 3 skalach rozdzielczości przestrzennej: 4 x 4 km, 10 x 10 km, 50 x 50 km



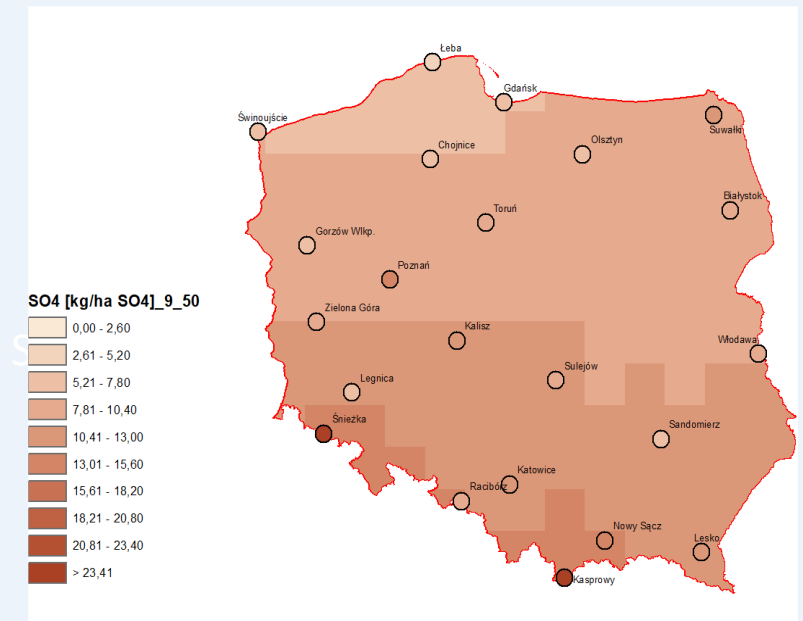
# Rozkład przestrzenny depozycji atmosferycznej ładunków siarczanów – metoda krążingu zwykłego bez zastosowania transformacji



**Rozkład przestrzenny depozycji atmosferycznej ładunków siarczanów [kg/ha SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>], rozmiar siatki 4 x 4 km**



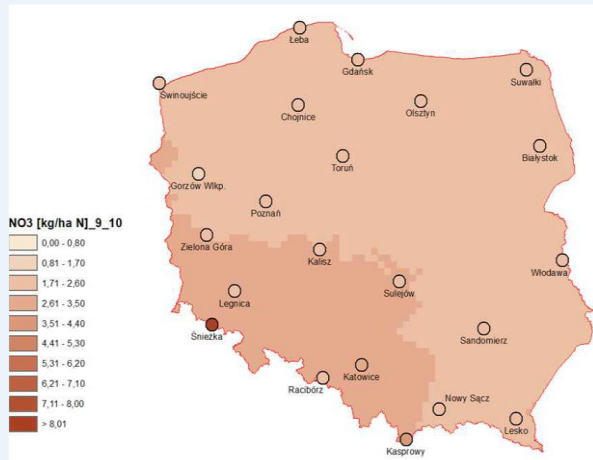
**Rozkład przestrzenny depozycji atmosferycznej ładunków siarczanów [kg/ha SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>], rozmiar siatki 10 x 10 km**



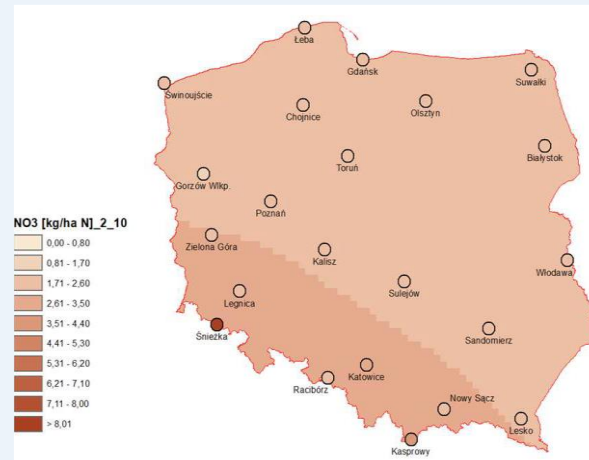
**Rozkład przestrzenny depozycji atmosferycznej ładunków siarczanów [kg/ha SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>], rozmiar siatki 50 x 50 km**



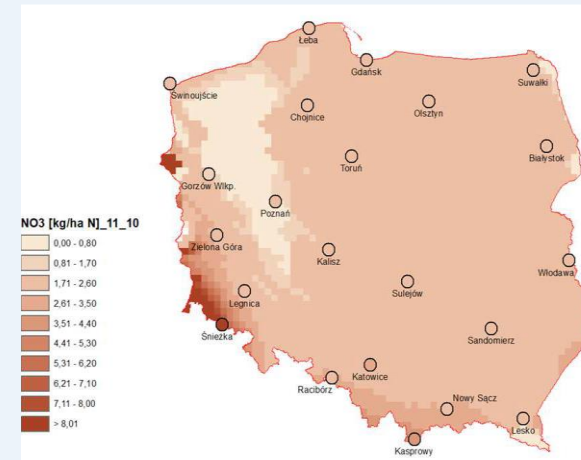
# Rozkłady przestrzenne mokrej depozycji azotu azotanowego - różne metody, skala 10 x 10 km



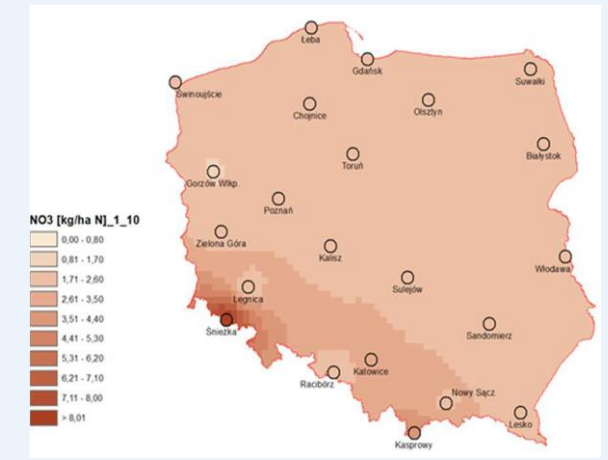
**Metoda OK, bez transformacji, sferyczna funkcja wariogramu**



**Metoda LPI, stopień wielomianu 0**



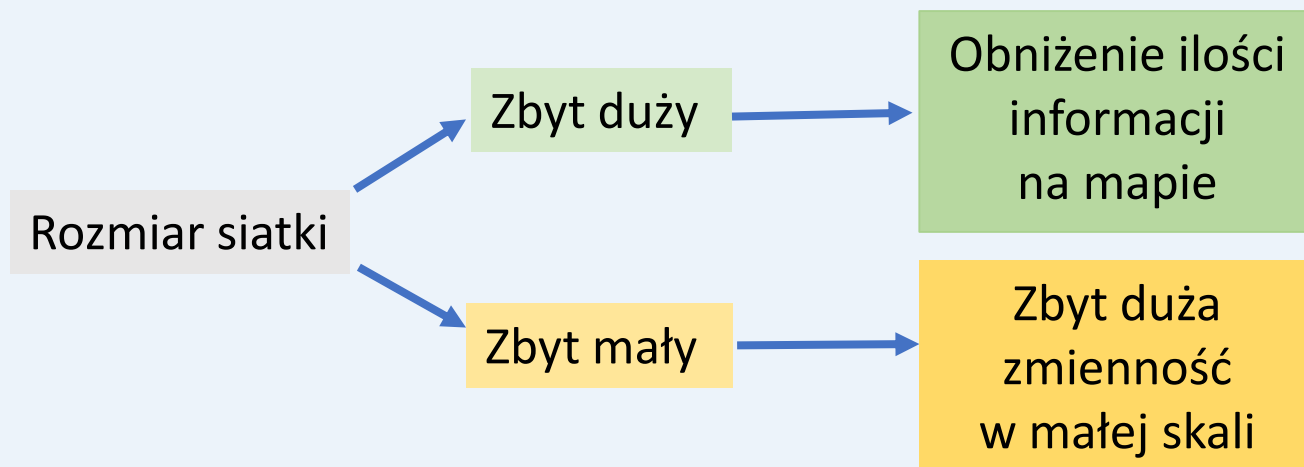
**Metoda UK, transformacja logarytmiczna, wykładnicza funkcja wariogramu**



**Metoda IDW**



## Wybór rozmiaru siatki



**Poszczególne rozkłady wyznaczono w 3 skalach rozdzielczości przestrzennej: 4 x 4 km, 10 x 10 km, 50 x 50 km**

**Przy wyborze odpowiedniej wielkości siatki uwzględniono:**

- liczbę punktów pomiarowych,
- odległość między punktami pomiarowymi,
- powierzchnię interpolowanego obszaru.

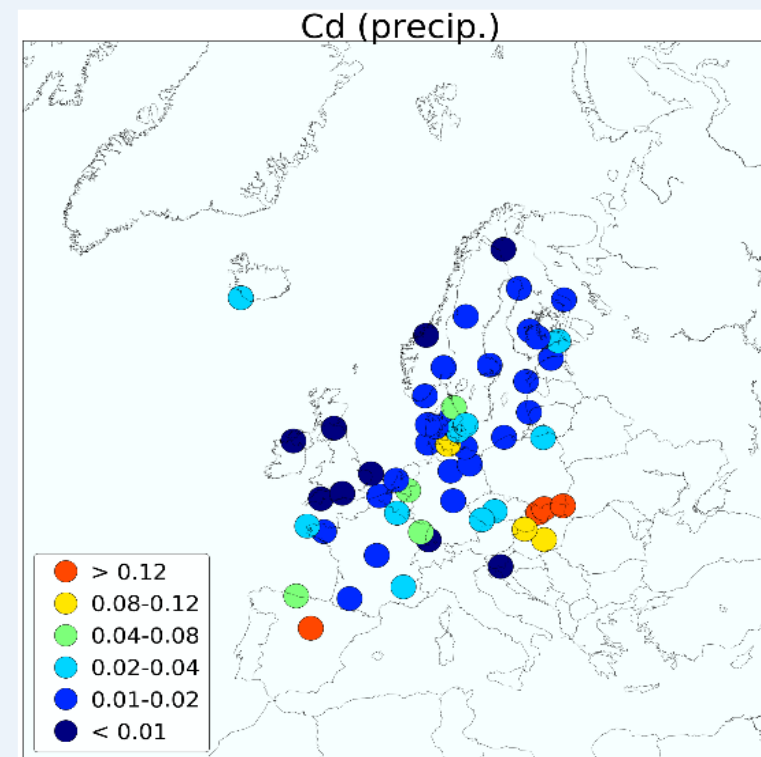
**Na podstawie przeprowadzonych analiz wskazano, że optymalny rozmiar siatki wynosi 10 x 10 km**

## Wybór metody interpolacji statystycznej

- jako właściwą metodę statystyczną do oceny depozycji atmosferycznej wybrano metodę krigingu zwykłego,
- dla danych jednorodnych, zaproponowano stosowanie krigingu zwykłego bez transformacji i ze sferyczną funkcją wariogramu,
- w przypadku danych, w których występują wartości odstające, rekomendowane jest wykorzystanie metody krigingu zwykłego z zastosowaniem transformacji logarytmicznej i sferycznej funkcji wariogramu,
- zarekomendowano opracowywanie map rozkładów przestrzennych depozycji atmosferycznej dla siatki o rozmiarze 10 x 10 km

## Przegląd modeli matematycznych transportu chemicznego

- dokonano przeglądu literaturowego możliwych do wykorzystania dla obszaru Polski modeli matematycznych transportu chemicznego do oceny depozycji atmosferycznej;
- rekomendowano model EMEP ze względu na:
  - coroczną aktualizację danych emisyjnych, przygotowywanych według jednolitej metodyki,
  - model zasilany jest danymi meteorologicznymi z modelu Zintegrowanego Systemu Prognoz (IFS) Europejskiego Centrum Średnioterminowych Prognoz Pogody (ECMWF) o rozdzielczości  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ ,
  - wersja open-source,
  - stale rozwijany



Rozkład przestrzenny stężenia kadmu [ $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ ] w opadach atmosferycznych w 2021 roku [EMEP/CCC-Report 3/2023]

WYTYCZNE DO WYKONYWANIA OCENY  
DEPOZYCJI ATMOSFERYCZNEJ, W TYM  
PROPOZYCJA WŁAŚCIWEJ TECHNIKI  
MODELOWANIA DEPOZYCJI WRAZ  
Z PRZESZKOLENIEM PRACOWNIKÓW  
GIOŚ

Zadanie 4.

Wytyczne do wykonywania oceny depozycji atmosferycznej,  
w tym propozycja właściwej techniki modelowania depozycji

Raport wykonany na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w ramach umowy GIOŚ/ZP/129/2023/DMS/MFEOG z dnia 24.05.2023 r. na potrzeby realizacji projektu "Wzmocnienie oceny depozycji atmosferycznej w Polsce w oparciu o doświadczenia norweskie" w ramach programu „Środowisko, Energia i Zmiany Klimatu”, obszaru „Łagodzenie zmian klimatu i adaptacja do ich skutków”, finansowanego ze środków Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego na lata 2014-2021



Kierownik  
Wydziału Monitorowania Jakości Powietrza

mgr Julita Biszczyk-Jakubowska

Opracowanie wykonano w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowym Instytucie Badawczym przez zespół w składzie: Julita Biszczyk-Jakubowska, Magdalena Bogucka, Agnieszka Kolanek, Mikołaj Kowal, Ewa Krajny, Ewa Liana, Katarzyna Lewandowska, Andrzej Mazur, Leszek Osródk, Michał Pobudejski

WARSZAWA 01.12.2023

## Szkolenie dla pracowników GIOŚ

W ramach realizacji działania 3 zorganizowano szkolenie dla pracowników GIOŚ, z udziałem partnera norweskiego NILU, w formule on-line.

Szkolenie odbyło się w dniach 28 - 29.11.2023 r.



Iceland  
Liechtenstein  
Norway grants

nilu



Główny Inspektorat  
Ochrony Środowiska

Dziękuję za uwagę!

Wspólnie działamy na rzecz Europy **zielonej**, **konkurencyjnej** i sprzyjającej integracji społecznej