

Załącznik #1

Analiza wyników modelowania na potrzeby oceny udziału źródeł transgranicznych w Polsce w roku 2024

Opis modelu GEM-AQ



Analiza wykonana przez Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy
w ramach zadań ustawowych
Prawo ochrony środowiska (Dz. U. 2024 poz. 54 ze zm.)



Projekt jest finansowany ze środków
Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Warszawa 2025

Autorzy:

mgr inż. Paweł Durka

dr hab. inż. Joanna Strużewska

prof. dr hab. inż. Jacek W. Kamiński

mgr inż. Grzegorz Jeleniewicz

mgr inż. Paulina Jagiełło

inż. Aleksander Norowski

mgr inż. Aleksandra Starzomska



IOŚ-PIB

Instytut Ochrony Środowiska
Państwowy Instytut Badawczy

Data publikacji: Czerwiec 2025

Model GEM-AQ został opracowany na bazie numerycznego modelu prognoz pogody GEM (*Global Environmental Multiscale*), rozwijanego i eksploatowanego operacyjnie przez Kanadyjskie Centrum Meteorologiczne (Côté i inni, 1998a, 1998b). W ramach projektu MAQNet model meteorologiczny został rozbudowany przez wprowadzenie kompleksowego modułu chemii troposfery (Kamiński i inni, 2008). Model GEM-AQ może być stosowany w szerokim zakresie skal przestrzennych: od globalnej przez skalę meso- γ do skali aglomeracji.

Moduły jakości powietrza wprowadzane są *on-line* do modelu meteorologicznego. W odniesieniu do chemii fazy gazowej model uwzględnia 35 związków gazowych transportowanych w drodze adwekcji, głębokiej konwekcji i dyfuzji turbulencyjnej i 15 związków które ze względu na krótki czas życia nie podlegają transportowi. Mechanizm opisujący właściwości chemiczne fazy gazowej w modelu GEM-AQ oparty jest na modyfikacji modelu ADOM [*Acid Deposition and Oxidants Model* (Lurmann i inni, 1986)]. Model ten został rozszerzony o 4 dodatkowe związki (CH_3COOH , CH_3OH , CH_3O_2 , $\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$) i 22 reakcje chemiczne. Zmodyfikowany mechanizm zawiera 50 związków, 116 chemicznych i 19 fotochemicznych reakcji.

Trójwymiarowe pola stężeń są obliczane poprzez rozwiązywanie układu równań zachowania masy dla każdej z modelowanych substancji chemicznych. Procesy adwekcji i dyfuzji pionowej dla substancji chemicznych są parametryzowane zgodnie z algorytmem używanym do adwekcji i dyfuzji dla pary wodnej – wykorzystany został schemat semi-lagranżowski. Do modelowania przemian dla niektórych substancji chemicznych wymagane są obliczenia dodatkowych wielkości zależnych od aktualnych wartości parametrów meteorologicznych, tj. prędkości depozycji suchej, współczynników fotolizy.

Integralną częścią modelu GEM-AQ jest moduł aerozolowy, który pozwala na symulację przemian fizyko-chemicznych aerozolu atmosferycznego oraz jego interakcje ze związkami chemicznymi fazy gazowej. W szczególności uwzględnia reakcję heterogeniczną hydrolizy N_2O_5 prowadzącej do powstawania HNO_3 . Reakcja ta zachodzi na powierzchni aerozolu atmosferycznego i ma duży wpływ na koncentrację ozonu troposferycznego (Jacob, 2000; Thornton i inni, 2003). Intensywność reakcji zależy zarówno od stężenia, jak i powierzchni aerozolu.

Procesy aerozolowe reprezentowane są poprzez parametryzacje nukleacji, koagulacji, procesów wewnętrznych, z uwzględnieniem chemii fazy ciekłej dla związków siarki i wymywania wewnątrz chmury, jak również sedymentacji oraz suchej i mokrej depozycji. Procesy transportu uwzględniają adwekcję, dyfuzję turbulencyjną oraz głęboką konwekcję.

Rozkład masy reprezentowany jest w 12 przedziałach wielkości cząstek aerozolu opisujących logarytmiczny wzrost promienia cząstek (Tabela 1). Modelowane wartości stężeń pyłów PM_{10} i $\text{PM}_{2.5}$ są obliczane jako suma odpowiednich frakcji poszczególnych komponentów chemicznych.

Tabela 1. Rozkład wielkości aerozolu w module aerozolowym GEM-AQ

Numer przedziału	Zakres zmienności promienia aerodynamicznego [μm]	Średni promień aerodynamiczny [μm]	Frakcja pyłu
1	0,005 - 0,01	0,0075	Suma (1-8) = PM2,5
2	0,01 – 0,02	0,015	
3	0,02 – 0,04	0,03	
4	0,04 – 0,08	0,06	
5	0,08 – 0,16	0,12	
6	0,16 – 0,32	0,24	
7	0,32 – 0,64	0,48	
8	0,64 – 1,28	0,96	
9	1,28 – 2,56	1,92	Suma (1-11) = PM10
10	2,56 – 5,12	3,84	
11	5,12 - 10,24	7,68	
12	10,24 - 20,48	15,36	