

Michał Gałkowski
Interdyscyplinarne Studia Doktoranckie, rok 4
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Promotor:
Prof. dr hab. inż. Kazimierz Różański

Temat rozprawy doktorskiej:

“Temporal and spatial variability of nitrous oxide in the atmosphere over Małopolska region: determination of loads and emissions.”

“Zmienność przestrzenna i czasowa stężenia podtlenku azotu w atmosferze nad Małopolską: oszacowanie stężeń i emisji.”

Streszczenie

Przedmiotem pracy doktorskiej była pierwsza w Polsce próba dogłębnego opisu obiegu podtlenku azotu w skali regionalnej (Południowa Polska), ze szczególnym uwzględnieniem województwa Małopolskiego. Podtlenek azotu jest w chwili obecnej czwartym co do ważności gazem cieplarnianym i jednocześnie najważniejszą substancją wpływającą na niszczenie ozonu stratosferycznego. Ścisłe związki emisji N_2O z działalnością człowieka, w szczególności z rolnictwem, energetyką i transportem, czynią badania nad obiegiem N_2O istotnymi z punktu widzenia nie tylko badań podstawowych, ale mają również wpływ na kształtowanie polityki klimatycznej w kontekście globalnym i regionalnym. Możliwość wprowadzenia w przyszłości bardziej restrykcyjnych norm emisji N_2O w ramach międzynarodowych porozumień klimatycznych nadają badaniom nad obiegiem podtlenku azotu również wymiar ekonomiczny.

Rozprawa doktorska została podzielona na sześć rozdziałów. W rozdziale 1 przedstawiono wprowadzenie do problemu i omówiono szczegółowo założone cele pracy. Wymieniono również źródła finansowania prowadzonych badań. W rozdziale 2 dokonano przeglądu aktualnej wiedzy na temat podtlenku azotu i jego obiegu w skali globalnej. Szczegółowo omówiono własności fizyczne i chemiczne podtlenku azotu oraz jego rolę w globalnym obiegu azotu. Omówiono główne procesy produkcji N_2O w środowisku (ze szczególnym uwzględnieniem źródeł antropogenicznych, tj. rolnictwa i przemysłu) oraz przedyskutowano procesy jego niszczenia w stratosferze. Rozdział zamyka opis zmian czasowo-przestrzennych stężenia N_2O w atmosferze w skali globalnej w różnych skalach czasu oraz dyskusja możliwych scenariuszy ewolucji tego stężenia w przyszłości.

W rozdziałach 3-5, stanowiących główną część rozprawy, opisano badania wykonane przez Autora. Rozdział 3, zatytułowany „Pomiary atmosferycznych stężeń N_2O ”, poświęcono dyskusji rezultatów uzyskanych w wyniku 2-letnich, regularnych pomiarów atmosferycznych stężeń N_2O na stacji pomiarowej w Krakowie oraz na stacji wysokogórskiej funkcjonującej na szczycie Kasprowego Wierchu w Tatrach. W ramach realizacji pracy dokonano istotnych usprawnień aparatury realizującej pomiary N_2O oraz wykorzystano najnowszą dostępną wiedzę z zakresu metodologii pomiarów chromatograficznych N_2O , zdobytą między innymi w trakcie międzynarodowej współpracy w ramach

projektu InGOS (*Integrated non-CO₂ Greenhouse Gas Observing System*). W rezultacie uzyskano wysokiej jakości zbiór danych, który został następnie wykorzystany do analizy obserwowanej zmienności czasowo-przestrzennej atmosferycznych stężeń N₂O mierzonych na obu stacjach. Uzyskane przebiegi czasowe stężenia N₂O zostały porównane z analogicznymi zapisami stężeń N₂O uzyskanymi na stacjach referencyjnych (m.in. stacja Mace Head na wybrzeżu Irlandii, oraz wysokogórska stacja Jungfraujoch w Alpach Szwajcarskich). Pozwoliło to na opis mechanizmów produkcji i transportu atmosferycznego N₂O w skali kontynentu europejskiego.

W rozdziale 4 („Emisje N₂O z gleb miejskich i rolniczych”) dokonano analizy emisji N₂O z najważniejszego w skali globalnej antropogenicznego źródła tego gazu, tj. z gleb wykorzystywanych do produkcji rolnej. Badania prowadzone na terenie Krakowa oraz Zakładu Doświadczalnego Hodowli i Aklimatyzacji Roślin (ZDHAR) w Grodkowicach miały na celu oszacowanie zmienności czasowej emisji N₂O z gleb w relacji do stosowanych metod uprawy i nawożenia, oraz w warunkach wzmożonej antropopresji. W części wstępnej rozdziału szczegółowo omówiono używane obecnie metody wyznaczania emisji glebowego N₂O. Następnie opisano stanowiska pomiarowe w Krakowie (Błonia oraz kampus AGH) i w Grodkowicach (łącznie 10 pól rolniczych, obejmujących różnorodne konfiguracje upraw i metod kultywacji). Zasadniczy trzon rozdziału stanowi szczegółowa analiza wyników pomiarów strumieni glebowego N₂O uzyskanych w ramach dwóch kampanii terenowych prowadzonych na terenie Krakowa w okresie jesiennym 2012 i letnim 2013, oraz dwóch intensywnych kampanii pomiarowych prowadzonych na terenach ZDHAR wiosną i jesienią 2014. Analiza ta wskazała m.in. na silną zależność mierzonych strumieni N₂O od wielkości nawożenia oraz warunków wilgotnościowych gleby (zależnych od wielkości i intensywności opadu).

Informacje dotyczące czasowo-przestrzennej zmienności atmosferycznych stężeń N₂O oraz wielkości powierzchniowych emisji tego gazu uzyskane metodami pomiarowymi i przedstawione w rozdziałach trzecim i czwartym rozprawy zostały następnie wykorzystane w rozdziale 5 („Numeryczne modelowanie transportu N₂O”). W rozdziale przedstawiono zaawansowane narzędzie numeryczne, jakim jest model STILT (*Stochastic Time-Inverted Lagrangian Transport Model*), który został wykorzystany do obliczeń rozkładów przestrzennych źródeł powierzchniowych tego gazu (lokalizacja i natężenie) mających wpływ na stężenia N₂O mierzone w wybranych punktach (stacje pomiarowe Kasprowy Wierch oraz Kraków). Ponadto, wykorzystując model STILT oraz dostępne bazy danych emisji N₂O i wysokiej rozdzielczości dane meteorologiczne z Europejskiego Centrum Prognoz Średnioterminowych (ECMWF), wykonano symulacje transportu N₂O w skali kontynentu europejskiego, co w rezultacie umożliwiło symulowanie stężeń tego gazu mierzonych na stacjach Kasprowy Wierch i Kraków. Porównanie mierzonych stężeń N₂O z rezultatami modelowania oraz modyfikacja dostępnych baz danych dotyczących źródeł powierzchniowych tego gazu pozwoliły na uzyskanie pogłębionej informacji nt. źródeł i transportu N₂O w skali regionu.

W rozdziale 6 dokonano podsumowania i syntezy uzyskanych rezultatów. Oceniono rolę poszczególnych źródeł N₂O w regionalnym budżecie tego gazu. Krytyczna ocena uzyskanych rezultatów pozwoliła także na wskazanie możliwych kierunków dalszych badań. Metodologia łączenia danych pomiarowych z zaawansowanym modelowaniem transportu atmosferycznego opracowana w ramach realizacji niniejszej rozprawy może zostać z powodzeniem wykorzystana do analiz zmienności czasowo-przestrzennej innych substancji śladowych w atmosferze.

Końcowa część rozprawy, oprócz spisu literatury zawiera również dwa aneksy, w których przedyskutowano szereg zagadnień technicznych związanych z realizacją pracy. W Aneksie A została szczegółowo omówiona metodologia pomiarów atmosferycznych stężeń N₂O oraz procedury

obliczeń diagnostycznych wielkości wykorzystywanych do ilościowego opisu niepewności prowadzonych pomiarów. Aneks B poświęcony został pomiarom strumieni glebowych N_2O z wykorzystaniem metody komorowej sprzężonej z analizami próbek techniką chromatografii gazowej. W szczególności, przedyskutowano dostępne metody obliczania strumienia glebowego N_2O na podstawie sekwencyjnych pomiarów stężenia tego gazu pod komorą. Przedstawiono również procedurę obliczania niepewności strumieni N_2O wyznaczanych przy pomocy metody komorowej. Mimo iż zagadnienia omawiane w Aneksach A i B zostały wyłączone z głównego tekstu rozprawy dla zachowania jej klarownej struktury, stanowią one integralną część pracy niezbędną dla pełnego zrozumienia omawianych zagadnień.

Kraków, 30.07.2015