



Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie
Instytut Rolnictwa

mgr inż. Katarzyna Beata Kozicka

**Modelowanie emisji metanu ze źródeł
rolniczych z wykorzystaniem zdjęć
satelitarnych o średniej rozdzielczości
w różnej skali przestrzennej**

Modeling methane emissions from agricultural sources using
medium resolution satellite imagery at various spatial scales

Rozprawa doktorska

Doctoral thesis

Rozprawa doktorska wykonana pod kierunkiem:

dr hab. Elżbiety Wójcik-Gront, prof. SGGW

Instytut Rolnictwa

Katedra Biometrii

Warszawa 2024

Abstract

Methane (CH₄) is one of the major greenhouse gases (GHG) contributing to global warming and climate change. Although it exists in the atmosphere in smaller quantities than carbon dioxide, its potential for creating a greenhouse effect is at least 27 times greater. Agriculture is responsible for a significant portion of CH₄ emissions from anthropogenic sources – up to 43% in some countries. The main sources of emissions are livestock farming (enteric fermentation, manure management) and rice paddy cultivation.

Due to the continuously observed increase in CH₄ emissions to the atmosphere, more detailed measurements and analyses of GHG emissions are extremely important. CH₄ emissions vary over time due to many variables such as the number of livestock, farming methods, the level of development of countries (e.g., GDP, population, land use), agricultural production efficiency, and consumption of animal products. Demonstrating the relationships and trends between these variables enables a better understanding of the issue of rising CH₄ emissions into the atmosphere. Analysis of satellite observations and the generation of emission maps allows for a more precise estimation of the sources and magnitudes of CH₄ emissions. Therefore, the undertaken studies aimed to:

- i. analyze the spatial, temporal, and seasonal changes in CH₄ content in the atmosphere for selected regions with high rice cultivation concentration, using data from the Sentinel-5P mission.
- ii. analyze the spatial distribution of CH₄ emissions from livestock farming worldwide and in Poland.

The first two studies (I, II) demonstrated the long-term increase and seasonal variability of CH₄ content in the atmosphere in regions with high rice cultivation, based on CH₄ emission modeling using satellite data from the TROPOMI sensor on board Sentinel-5P. Seasonally, lower CH₄ emissions were recorded at the beginning of the year, while higher emissions were noted in late summer, during the intensive growth of rice. Measuring CH₄ emissions from rice cultivation is more feasible compared to CH₄ emissions from enteric fermentation and manure management of livestock for several key reasons. Rice paddies are usually concentrated in specific areas, called rice fields. These fields are often relatively large and have uniform conditions, making CH₄ monitoring easier. In contrast, emissions from enteric fermentation are dispersed over large areas, as they originate from many animals distributed across various pastures and farms. CH₄

emissions from a single animal are relatively low compared to industrial sources, such as natural gas leaks. Therefore, studies III and IV focused on mathematical modeling and analysis of CH₄ emissions from livestock farming at the global level and locally for municipalities in Poland.

Keywords: methane, emission modeling, climate change, long-term changes, seasonal variability, Sentinel-5P

Streszczenie

Metan (CH_4) jest jednym z głównych gazów cieplarnianych (GHG) przyczyniających się do globalnego ocieplenia i zmian klimatu. Chociaż występuje w atmosferze w mniejszych ilościach niż dwutlenek węgla, jego potencjał tworzenia efektu cieplarnianego jest co najmniej 27 razy większy w perspektywie 100 lat. Rolnictwo jest odpowiedzialne za znaczną część emisji CH_4 ze źródeł antropogenicznych – w zależności od kraju nawet w 43%. Głównym źródłem emisji jest hodowla zwierząt (fermentacja jelitowa, gospodarowanie odchodami zwierząt) oraz uprawa pól ryżowych.

W związku ze stale obserwowanym wzrostem emisji CH_4 do atmosfery niezwykle istotne są bardziej szczegółowe pomiary i analizy emisji GHG. Emisje CH_4 zmieniają się w czasie pod wpływem wielu zmiennych, takich jak liczba zwierząt gospodarskich, sposoby chowu, poziom rozwoju krajów (np. wskaźnik PKB, liczba ludności, użytkowanie gruntów), wydajność produkcji rolniczej i spożycie produktów zwierzęcych. Udowodnienie zależności i trendów pomiędzy powyższymi zmiennymi umożliwi lepsze zrozumienie problemu wzrostu emisji CH_4 do atmosfery. Analiza obserwacji satelitarnych i generowanie map emisji pozwala na bardziej precyzyjne oszacowanie źródeł i poziomów stężenia CH_4 w atmosferze. Dlatego podjęte badania miały na celu:

- i. analizę przestrzennych, czasowych i sezonowych zmian zawartości CH_4 w atmosferze dla wybranych regionów o wysokiej koncentracji upraw ryżu, korzystając z danych z misji Sentinel-5P,
- ii. analizę przestrzennego rozkładu emisji CH_4 z hodowli zwierząt gospodarskich na świecie i w Polsce.

Pierwsze dwie prace (I, II) dowiodły długoterminowego wzrostu i sezonowej zmienności poziomów stężenia CH_4 w atmosferze w regionach o wysokiej uprawie ryżu, na podstawie istotnych danych z komputerowego modelowania emisji CH_4 oraz obserwacji satelitarnych z instrumentu TROPOMI na pokładzie Sentinel-5P. Sezonowo, niższe emisje CH_4 odnotowano na początku roku, natomiast wyższe późnym latem, a więc podczas intensywnego wzrostu ryżu. Pomiar emisji CH_4 z uprawy ryżu jest łatwiejszy do wykonania w porównaniu do pomiaru emisji CH_4 z fermentacji jelitowej i gospodarowania odchodami zwierząt z kilku kluczowych powodów. Pola upraw ryżu są często skoncentrowane na określonych, dużych obszarach o jednolitych warunkach, co

ułatwia monitorowanie emisji CH₄. Natomiast emisje pochodzące z fermentacji jelitowej i odchodów zwierzęcych są rozproszone na dużych obszarach, ponieważ pochodzą od wielu zwierząt rozmieszczonych na różnych pastwiskach i farmach. Emisje CH₄ od pojedynczego zwierzęcia są stosunkowo niskie w porównaniu do emisji z przemysłowych źródeł, takich jak wycieki gazu ziemnego. Dlatego w pracach III i IV skupiono się na modelowaniu matematycznym i analizie emisji CH₄ z hodowli zwierząt gospodarskich na poziomie globalnym oraz na poziomie lokalnym, dla gmin Polski.

Słowa kluczowe: metan, modelowanie emisji, zmiany klimatu, zmiany długoterminowe, zmienność sezonowa, Sentinel-5P