

Łódź, dn. 24 marca 2017 r.

prof. dr hab. Krzysztof Fortuniak
Katedra Meteorologii i Klimatologii
Wydział Nauk Geograficznych
Uniwersytet Łódzki

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Aliny Jasek-Kamińskiej
pt. „Badanie zmienności strumienia i składu izotopowego biogenicznych emisji
dwutlenku węgla do atmosfery na terenie aglomeracji krakowskiej”**

Rozprawa doktorska Pani mgr Aliny Jasek-Kamińskiej zatytułowana „Badanie zmienności strumienia i składu izotopowego biogenicznych emisji dwutlenku węgla do atmosfery na terenie aglomeracji krakowskiej”, napisana została pod opieką prof. dr. hab. Kazimierza Różańskiego (promotor) i dr. inż. Mirosława Zimnocha (promotor pomocniczy) z Zespołu Fizyki Środowiska Katedry Zastosowań Fizyki Jądrowej Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Zgodnie z tytułem (moim zdaniem niezbyt szczęśliwie sformułowanym) celem pracy były badania zmienności strumienia dwutlenku węgla i jego składu izotopowego na terenie aglomeracji krakowskiej. Szeroko zakrojone prace badawcze przeprowadzono w ciągu ostatnich lat z zastosowaniem różnorodnych, niejednokrotnie nowatorskich, technik pomiarowych. W analizie wyników wykorzystano unikalny zestaw danych zebranych przez Doktorantkę podczas pracy w zespole kierowanym przez promotora pracy.

Zagadnienie wymiany dwutlenku węgla pomiędzy powierzchnią a atmosferą na terenach zurbanizowanych mieści się w głównym nurcie współczesnych badań środowiskowych mających na celu określenie antropogenicznej presji na klimat, zarówno w skali lokalnej, jak i globalnej. To właśnie miasta są głównymi obszarami emisji CO₂ do atmosfery, tworząc „gorące punkty” na globalnej mapie emisyjnej. Na strumień netto CO₂ z obszarów zurbanizowanych wpływa wiele czynników, często trudnych do oszacowania metodami pośrednimi. Bezpośrednie pomiary strumienia powierzchniowego są natomiast wysoce niekompletne, ze względu na skomplikowaną metodykę, trudne do zapewnienia wymogi lokalizacji czujników i wysokie koszty. Dłuższe (co najmniej roczne) serie pomiarowe tego typu istnieją jedynie dla kilkunastu miast na świecie. Rozprawa mgr Aliny

Jasek-Kamińskiej stanowi ważny przyczynek do badań tego typu, a wyniki prezentowane przez Doktorantkę mają szansę być zauważone w międzynarodowym środowisku naukowym.

Opis rozprawy

Rozprawa składa się ze 134 stron maszynopisu, zawiera 22 tabele (w tym 4 w aneksie A1) i 108 rysunków (z czego 11 rysunków zawierają aneksy). Treść pracy została podzielona na osiem głównych rozdziałów, materiały uzupełniające zawierające dwa aneksy oraz spis literatury obejmujący ponad 160 pozycji związanych z tematyką pracy, głównie artykułów w czasopismach naukowych o zasięgu światowym. Badania, których wyniki wykorzystano w realizacji rozprawy doktorskiej finansowane były z różnych środków, w tym w ramach projektów międzynarodowych.

Układ pracy jest logiczny i spełnia warunki stawiane tekstom naukowym. Bibliografia dobrana jest właściwie i umiejętnie wykorzystana we wszystkich rozdziałach rozprawy. Praca została napisana poprawną polszczyzną.

Główny cel pracy, w zasadzie tożsamy z tytułem, zdefiniowany został w rozdziale wstępnym (Rozdział 1). Drogę do jego osiągnięcia wytyczają cele cząstkowe, wśród których można wydzielić zadania empiryczne związane z wyznaczeniem emisji CO₂ z gleby na obszarach miejskich, określeniem wpływu urbanizacji na emisję CO₂ z wód powierzchniowych oraz pomiarami strumienia netto CO₂, jak również zadania analityczne obejmujące próbę wydzielenia wielkości strumienia CO₂ związanego z asymilacją fotosyntetyczną i ocenę bilansu węglowego Krakowa poprzez oszacowanie poszczególnych składowych całkowitej emisji CO₂ z obszaru miasta.

Kolejne dwa rozdziały zawierają podstawowe wiadomości dotyczące obiegu węgla w środowisku (Rozdział 2) i zastosowania stabilnych izotopów CO₂ w badaniach ekosystemów (Rozdział 3). Są one w moim przekonaniu dobrze wyważone, napisane z dużą dojrzałością, dowodzącą dogłębnej znajomości tematyki badań, a pewne drobne nieścisłości czy uogólnienia wynikają z konieczności selekcji materiału. Następnie szczegółowo omówiono metody pomiarowe wykorzystywane w pracy (Rozdział 4). Również ten rozdział dowodzi, że Doktorantka w pełni opanowała metodykę stosowanych badań empirycznych obejmujących metody komorowe, metody mikrometeorologiczne (w szczególności technikę relaksacyjnej akumulacji wirów – REA) oraz pomiary składu izotopowego CO₂. Dodatkowe informacje na temat metod pomiarowych zawarto w znajdujących się na końcu opracowania materiałach uzupełniających. Z dużą starannością opisano również obszar badań (Rozdział 5) uwzględniając fizycznogeograficzną charakterystykę Krakowa oraz przedstawiając

szczegółowe charakterystyki punktów pomiarowych. W sumie pierwszych 5 rozdziałów pracy stanowiących około połowy całości tekstu należy uznać za rozdziały wstępne.

Właściwy cel pracy zrealizowany został w rozdziałach 6 i 7. Na szczególną uwagę zasługuje najobszerniejszy (50 stron) rozdział 6, w którym zaprezentowano i przedyskutowano wyniki badań. Trzy pierwsze podrozdziały poświęcone są strumieniowi glebowemu CO₂. W dwóch pierwszych przedstawiono wyniki pomiarów strumienia i składu izotopowego CO₂ wybranych typów gleb w Krakowie oraz rozkładu przestrzennego strumienia na wybranych poletkach doświadczalnych (Rozdz. 6.2), poprzedzone analizą fizyczno-chemicznych cech gleb na analizowanych stanowiskach (Rozdz. 6.1), ze szczególnym uwzględnieniem składu izotopowego węgla. Rozdział 6.3 to próba modelowania strumienia CO₂ z gleby. Rozdział 6.4 poświęcono analizie pomiarów prowadzonych na punktach pomiarowych umieszczonych na tafli wody Wisły, pozwalających na określenie krótko- i długoterminowej zmienności strumienia CO₂ z powierzchni wody oraz prędkości transferu. Ostatni podrozdział (6.5) zawiera analizę wyników pomiarów strumienia netto CO₂ z obszaru miejskiego w otoczeniu systemu pomiarowego REA zamontowanego na maszcie na budynku WFiIS AGH przy ul. Reymonta 17 w Krakowie i stanowi w moim przekonaniu najcenniejszą część pracy. Na podstawie uzyskanych analiz w rozdziale 7 podjęto próbę oceny wymiany powierzchniowej dwutlenku węgla w Krakowie poprzez oszacowanie emisji antropogenicznych i biogenicznych pozwalające na wyznaczenie bilansu CO₂ dla obszaru miasta.

Ostatni, 8 rozdział pracy zawiera podsumowanie, w którym Autorka przywołuje najważniejsze ustalenia dysertacji.

Ocena merytoryczna rozprawy

Dokonując merytorycznej oceny rozprawy należy przede wszystkim zwrócić uwagę czy prezentuje ona wyniki oryginalnych badań naukowych, które powinny stanowić podstawę ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora. Przedstawiona do oceny praca zawiera analizę nowatorskich, bardzo szeroko zakrojonych badań empirycznych, co pozwala stwierdzić, że warunek ten został w pełni spełniony. W szczególności:

- 1) Określono sezonową i dobową zmienność strumienia netto dwutlenku węgla w mieście dla obszaru źródłowego o promieniu kilkuset metrów. Badania takie wciąż należą do unikatowych, nie tylko w Polsce, ale i na świecie.
- 2) W celu określenia tego strumienia po raz pierwszy w Polsce zastosowano metodę REA stanowiącą alternatywę dla metody kowariancji wirów. Obie metody

- mikrometeorologiczne są dosyć skomplikowane, dlatego pomiary z ich zastosowaniem wykonuje stosunkowo niewiele zespołów badawczych, a REA należy do szczególnie unikatowych.
- 3) Zbadano zależność składu izotopowego węgla w strumieniu CO₂ z różnych typów gleb miejskich, wykazując wpływ antropopresji na skład strumienia.
 - 4) Określono wielkość strumienia z Wisły, stwierdzając, że jest on porównywalny ze strumieniem glebowym.

Prawdopodobnie najbardziej spektakularnym rezultatem pracy w zamyśle Autorki miało być oszacowanie bilansu CO₂ dla obszaru Krakowa, w tym emisji biogenicznych. Moim zdaniem są to jednak dosyć zgrubne oszacowania i chociaż rząd wielkości jest zgodny z oczekiwaniami to oszacowania te mogą być obarczone dużym błędem.

Rolą recenzenta jest też wskazanie słabszych stron pracy, które jak każde dzieło naukowe, posiada przedłożona rozprawa doktorska. Uważam, że najważniejszym mankamentem utrudniającym ocenę rozprawy jest brak jasnego rozgraniczenia między pracą całego zespołu prowadzącego badania strumienia CO₂ i jego składu izotopowego na obszarze aglomeracji krakowskiej a wkładem pracy samej Doktorantki. Niewątpliwie przeprowadziła ona osobiście część pomiarów i analiz, lecz wykonanie samodzielnie wszystkich prezentowanych badań empirycznych wydaje się mało prawdopodobne. Ponieważ badania wspierane były finansowo licznymi projektami należy oczekiwać, że część wyników została już opublikowana w pracach (prawdopodobnie wieloautorskich) stanowiących rezultaty projektów. Dlatego tym bardziej należy określić indywidualny wkład Doktorantki.

Jako bardzo ciekawe uważam wyniki pomiarów składu izotopowego strumienia glebowego CO₂, lecz samym pomiarom komorowym strumienia poświęcono moim zdaniem zbyt dużo uwagi, zwłaszcza, że jak stwierdziła Autorka w podsumowaniu, i jak należało oczekiwać, „duża zmienność przestrzenna strumienia CO₂ z gleby stawia pod znakiem zapytania miarodajność metody komorowej pomiaru strumieni glebowych CO₂ nawet na obszarach uchodzących za homogeniczne”.

W rozdziale 7 poświęconym bilansowi CO₂ na obszarze Krakowa, stanowiącym niejako „ukoronowanie” wcześniejszych analiz, brak jest oszacowań niepewności wyliczonych strumieni. Trudno również zorientować się, które z oszacowanych w tym rozdziale strumieni wyznaczono dla całego obszaru Krakowa, a które dla otoczenia punktu pomiarowego. Nie wiadomo też czy chodzi o granice administracyjne miasta, czy o obszar zabudowany. W cytowanej w podrozdziale 7.3 w celu potwierdzenia wyników bilansu CO₂ dla Krakowa pracy Nordbo i in. (2012) nie znalazłem wartości dla Krakowa, a wartość

$7 \text{ kg C m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$ odpowiada stopniu pokrycia terenu przez powierzchnie naturalne rzędu 0,1 (Rys. 1, Nordbo i in. 2012), co trudno uznać za typowe dla całego obszaru administracyjnego Krakowa. Dlatego cały rozdział 7 uważam za słabszą część pracy.

Niewątpliwym osiągnięciem naukowym dysertacji są pomiary strumienia netto z zastosowaniem REA. Na rysunku 6.35 (str. 97) widać jednak skokową zmianę strumienia na przełomie czerwca i lipca 2013, sugerującą niehomogeniczność serii pomiarowej. W tekście nie znalazłem próby wyjaśnienia takiego zachowania serii pomiarowej ani oszacowania jego wpływu na otrzymane wyniki (na przykład poprzez przeprowadzenie oddzielnych analiz dla dwóch podzbiorów).

Spośród drobniejszych uwagi wskazałbym brak uzasadnienia przyjęcia modelu eksponencjalnego w równaniu (6.1). Dodatkowo krzywe na rys. 6.1 nie są tymi, których parametry podano w tabeli 6.2. Mylące jest wygładzanie danych zastosowane na rysunku 6.8 (prawdopodobnie również na innych). Wynika z niego, że wzrost wilgotności gleby poprzedza wystąpienie opadu. Oczywistym błędem jest stwierdzenie (str. 75), że amplituda wahań o zadanej częstotliwości jest sumą wartości bezwzględnych amplitud przy funkcji \sin i \cos . Suma ta jest następnie przedstawiona w tabeli 6.5. Ponadto interpretacje niektórych wyników wydają się nieco powierzchowne, przyjmując czasami zbyt spekulatywny charakter, co można jednak usprawiedliwić dużą ilością analizowanego materiału empirycznego.

Strona edytorska rozprawy na ogół nie budzi zastrzeżeń, z wyjątkiem nielicznych literówek. Należy jednak przypomnieć, iż w języku polskim części dziesiętne oddziela się przecinkiem, a nie kropką.

Wspomniane wyżej uwagi krytyczne nie wpływają na ogólnie pozytywną ocenę pracy. Ilość zgromadzonego materiału badawczego i wyraźnie widoczne w tekście bardzo dobre opanowanie przez Doktorantkę tematyki badawczej powoduje, że jest to jedna z ciekawszych dysertacji doktorskich jakie miałem okazję recenzować.

Wniosek końcowy

Podsumowując, przedstawioną do oceny pracę oceniam zdecydowanie pozytywnie. Rozprawa ta posiada oryginalne wartości poznawcze i stanowi rozwiązanie aktualnego problemu naukowego. Treść pracy dowodzi, że mgr Alina Jasek-Kamińska posiada wiedzę z zakresu problematyki badawczej, której dotyczy praca, a także umiejętność definiowania problemów badawczych, prowadzenia badań naukowych, analizy wyników i formułowania wniosków.

Uważam, że rozprawa doktorska Pani mgr Aliny Jasek-Kamińskiej „Badanie zmienności strumienia i składu izotopowego biogenicznych emisji dwutlenku węgla do atmosfery na terenie aglomeracji krakowskiej” spełnia zarówno merytoryczne, jak i formalne wymagania określone w stosownej ustawie o stopniach i tytule naukowym. Wnioskuje o przyjęcie pracy jako rozprawy na stopień doktora oraz dopuszczenie jej Autorki do dalszych etapów przewodu doktorskiego, w tym do publicznej obrony.



prof. dr hab. Krzysztof Fortuniak