



Poznań, 25 września 2023

Prof. dr hab. Zbigniew Zwoliński

RECENZJA

Wpłynęło dnia
2023 -10- 29

rozprawy doktorskiej mgr Anny Zielonki

pt.

Czynniki kształtujące zasób węgla organicznego w Arktyce Wysokiej (Spitsbergen)

i ocena możliwości oszacowania biomasy nadziemnej

z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych Sentinel-2

napisanej pod kierunkiem promotora prof. dr hab. Marka Drewnika

Globalne ocieplenie obserwowane praktycznie na całej kuli ziemskiej jest procesem, nad którym pracują uczeni w wielu krajach, a prace badawcze z tym procesem są prowadzone szczególnie w regionach polarnych. Wzrost temperatury powoduje powszechne zazielenienie obszarów strefy tundrowej, a intensywne rozprzestrzenianie się roślinności implikuje wzrost węgla organicznego, którego powiększające się zasoby w biomase nadziemnej i podziemnej akcelerują globalne ocieplenie. Ten niby prosty proces opisany zaledwie jednym zdaniem, jednak nie do końca jest rozpoznany z właściwą szczegółowością. Tym tropem podąża mgr Anna Zielonka i Jej rozprawa doktorska, włączająca się w nurt współczesnych badań polarnych.

Rozprawę stanowi opracowanie monograficzne, składające się ze 113 stron, podzielonych na 5 rozdziałów, zawierających 29 rycin, 18 tabel i 3 załączniki. Pierwszy rozdział jest wprowadzeniem do problematyki rozprawy, głównie koncentrującym się na opisie roli biomasy arktycznej w funkcjonowaniu tego specyficznego środowiska geograficznego. Dwa kolejne rozdziały opisują metody badań i dwa obszary testowe na Spitsbergenie, tj. dolinę Advent i Półwysep Brøgger. Rozdziały czwarty i piąty przybliżają uzyskane wyniki badań oraz ich dyskusję. Opracowanie kończą wnioski i spis 219



cytowanych pozycji literatury, przede wszystkim anglojęzycznej, bowiem zaledwie 9 pozycji jest w języku polskim, w tym cytowanych jest 6 rozdziałów z polsko-angielskiej monografii Spitsbergenu przygotowanych przez polskich autorów. Ten spis literatury dowodzi jak ciekawą i rzadko poruszaną przez polskich badaczy problematyką zainteresowała się Doktorantka. Pierwsze badania węgla organicznego w Hornsundzie i w Petunibukcie na początku XXI wieku rozpoczął prof. Marian Pulina, których nie zdążył dokończyć. Dlatego późniejsze badania węgla organicznego polskich naukowców, w tym badania mgr Anny Zielonki, których wyniki należy odbierać z dużą satysfakcją, wnoszą znaczący postęp w dorobku światowej. Przeprowadzone przez Doktorantkę badania w środowisku polarnym stanowią niewątpliwie cenny wkład we właściwie zidentyfikowaną lukę badawczą.

Zatem mogę stwierdzić, że mgr Anna Zielonka wybrała interesującą i niezwykle aktualną z naukowego punktu widzenia przestrzeń swoich dociekań naukowych. Doktorantka podjęła się niełatwego zadania identyfikacji dróg i wielkości obiegu węgla na obszarach polarnych, co wymaga od niej zróżnicowanej wiedzy z wielu dyscyplin i subdyscyplin. Doktorantka wykazała się nie tylko wiedzą teoretyczną, ale także praktyczną z następujących (sub)dyscyplin naukowych (w kolejności alfabetycznej): biogeografii, chemii środowiskowej, ekologii, geoinformacji, geostatystyki, gleboznawstwa, klimatologii, nauk polarnych, statystyki, teledetekcji i zmarzlinoznawstwa oraz zakresów wiedzy na temat (w kolejności alfabetycznej): globalnego ocieplenia, modelowania addytywnego, preparatyki i analiz laboratoryjnych. W mojej opinii przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną mgr Anny Zielonki w zakresie nauk o Ziemi i środowisku oraz nauk pokrewnych wykorzystywanych w tej dyscyplinie.

W pierwszych trzech rozdziałach rozprawy Doktorantka naświetliła w oparciu o literaturę tło występowania węgla organicznego w częściach nadziemnych i podziemnych biomasy żywej i martwej. Zwróciła uwagę na obserwowany proces globalnego ocieplenia i szereg konsekwencji środowiskowych na obszarach polarnych, których efektem jest wzrost wysokości roślin oraz zwiększenie przestrzennego rozmieszczenia gatunków. A to z kolei przekłada się na zmianę wielkości i rodzaju biomasy dostarczanej do gleby, w której następuje sekwestracja lub uwolnienie węgla organicznego. Dokonany przegląd literatury w zakresie tematycznym rozprawy jest wystarczający do nakreślenia głównego problemu



oraz celów szczegółowych. Mgr A.Zielonka umiejętnie sformułowała problem jako wzajemne relacje pomiędzy pulami węgla organicznego zgromadzonymi w części nadziemnej i podziemnej ekosystemu polarnego, które są przydatne dla regionalnych i globalnych modeli szacujących całkowity zasób węgla organicznego. Rozwinięciem tego problemu są trzy cele, pięć pytań badawczych oraz cztery hipotezy badawcze, z których za najciekawszą uznaje ostatnią z wymienionych, a mianowicie w *warunkach Wysokiej Arktyki specyfika pokrycia roślinnością oraz jej rodzaj powoduje, że inny indeks spektralny niż NDVI obliczony z danych Sentinel-2 jest dokładniejszy dla oznaczenia żywej biomasy nadziemnej*. Mgr Zielonka w tym przypadku wskazuje na jeden z dwóch indeksów, tj. MTCI (ang. *MERIS Terrestrial Chlorophyll Index*) lub SATVI (ang. *Soil Adjusted Total Vegetation Index*). Praktyczne znaczenie tych badań i ustaleń relacji pomiar terenowy i ze zdalnej rejestracji ma dla rozległych obszarów polarnych i subpolarnych kolosalne znaczenie.

Odpowiednio dobrane obszary studiów szczegółowych na Spitsbergenie oraz metody badań terenowych i laboratoryjnych do rozwiązywania postawionych celów i hipotez dokumentują właściwe przygotowanie teoretyczne Doktorantki w zakresie dyscyplin i subdyscyplin, w obrębie których mieści się rozprawa. Należy podkreślić, że bez dobrego przygotowania teoretycznego mgr Anny Zielonki ta część praktyczna badań nie byłaby przeprowadzona w sposób satysfakcjonujący recenzenta. Dlatego uważam, że Doktorantka nabyła i wykazuje się umiejętnościami do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej zarówno w sferze stawiania problemów naukowych, propozycji ich rozwiązywania, jak i prowadzenia prac terenowych, laboratoryjnych i kameralnych oraz dokumentowania w postaci napisanej rozprawy. Trzeba przyznać, że do tej samodzielnej pracy naukowo-poznawczej Doktorantka przygotowała się bardzo skrupulatnie, korzystając z licznych konsultacji u bardziej doświadczonych uczonych w kraju i zagranicą, co zdaniem recenzenta świadczy o otwartości mgr Anny Zielonki na nowe wyzwania badawcze oraz chęć współpracy z innymi naukowcami. W podziękowaniach co prawda Doktorantka dziękuje kilku osobom za nieocenione wsparcie w badaniach terenowych i laboratoryjnych, ale jak rozumiem w przypadku badań terenowych jest to nieodzowny argument z uwagi na bezpieczeństwo Doktorantki w obszarach polarnych Spitsbergenu.



Wybór obszarów badawczych jest trafny dla Wysokiej Arktyki, ale jeśli mógłbym zasugerować lepszy obszar, to wskazałabym region stacji Petunia, nie tylko dlatego, że jest to lokalizacja poznańskiej stacji polarnej, ale przede wszystkim na zdecydowanie bardziej suchą odmianę klimatu aniżeli w Adventdalen. Poza tym zamiast dwóch obszarów testowych z kilkudziesięcioma (21 i 31) stanowiskami ciekawiej zapewne byłoby wykonać badania na mniejszej liczbie stanowisk, ale na większej liczbie takich wybranych obszarów na Spitsbergenie. Przypuszczam jednak, że o wyborze miejsc badawczych zdecydowały bardziej możliwości logistyczne niż naukowe.

Rozdział czwarty zawiera niezwykle interesujące wyniki badań terenowych i laboratoryjnych, szczególnie zwracając uwagę tabele 11-15, przedstawiające dane dotyczące właściwości gleb i zasobów węgla organicznego w badanych obszarach. W rozdziale tym Doktorantka objaśnia zależności pomiędzy badanymi cechami gleb a zasobami węgla organicznego oraz porównuje obydwie wybrane obszary badawcze. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż badane zależności nie są liniowe, co uwypukla dużą złożoność biogeochemiczną tych zależności. Przez to postęp w badaniach węgla organicznego w obszarach polarnych jest powolny, bowiem trudno znaleźć wyjaśnienia przebiegu krzywych ilustrujących te zależności. W zakończeniu rozdziału czwartego (oraz w załączniku III) mgr A. Zielonka przedstawia wartości wskaźników spektralnych z obrazów Sentinel-2. Pomimo wielkiej liczby tych wskaźników, tj. 28, odnoszę wrażenie, że albo zostały one nie dość wyczerpująco zinterpretowane albo zostały policzone na zasadzie „sztuka dla sztuki”. Ale cieszy fakt znalezienia zastępczych wskaźników MTCI i SATVI w stosunku do NDVI, o czym wspominałem wcześniej.

Rozdział piąty, dyskutujący uzyskane wyniki wskazuje na różnice pomiędzy doliną Advent a Półwyspem Brøgger, wynikające z warunków klimatycznych i właściwości gleb. Stanowiska w dolinie Advent mają większe zasoby węgla organicznego aniżeli stanowiska na Półwyspie Brøgger, co Doktorantka tłumaczy surowszymi warunkami klimatycznymi i właściwościami gleby na tym drugim obszarze badawczym, tj. niższymi temperaturami, dłuższym zaleganiem pokrywy śnieżnej, większą wilgotnością gleby, większą zawartością części szkieletowych, mniejszą zawartością części pyłowych, zasadowością roztworów glebowych. Również różnice pomiędzy biomasą nadziemną a podziemną są większe w dolinie Advent, co Doktorantka objaśnia korzystniejszym oddziaływaniem reniferów na



tundrę. Mniejsze zasoby węgla organicznego w biomase podziemnej tłumaczy zwiększoną ilością wody na stropie zmarzliny, co stwarza warunki beztlenowe dla rozwoju systemów korzeniowych roślin. Mgr Anna Zielonka podkreśla, że *o ile przyjęte ... czynniki środowiskowe w znacznym stopniu pozwalają oszacować zasób biomasy w części nadziemnej w Adventdalen za pomocą wykonanego modelowania ($R^2 = 66\%$) o tyle podejście to nie przyniosło dobrych efektów w przypadku oszacowania zasobu żywej biomasy nadziemnej dla Półwyspu Brøgger ($R^2 = 19\%$)*. Doktorantka wyjaśnia, że w obszarze o surowszych warunkach klimatycznych inne czynniki warunkują wzrost roślinności w części nadziemnej, np. występujące intensywnie procesy mrozowe. Z jednej strony wnioski te wydają się oczywiste, ale z drugiej strony należało to wyartykułować w oparciu o dane ilościowe, co w swojej rozprawie dokonała Doktorantka. Również pozytywnie odczytuję wnioski Doktorantki z zastosowania wskaźników spektralnych, które interpretuje z pewną dozą niepewności, otwierając pole do dalszych poszukiwań metodycznych i merytorycznych. Wnioski kończące rozprawę są zwięzłe i właściwie dobrane, świadczące o uzyskanych satysfakcjonujących odpowiedziach na postawione na wstępie rozprawy cele badawczych, pytaniach i hipotezach. Natomiast szkoda, że Doktorantka nie pokusiła się o wnioski ponadregionalne, obejmujące również obszary lądowe poza Spitsbergenem, wspomagając się wynikami badań od innych autorów i z innych obszarów.

Sposób przedstawienia przez mgr Annę Zielonkę wyników postępowania badawczego, udokumentowania tabelaryczno-graficznego, poprowadzenia wywodów i ich uzasadniania w kolejnych rozdziałach rozprawy uważam za jak najbardziej prawidłowy, odpowiadający obecnemu stanowi wiedzy. Stwierdzam, że cel główny oraz cele cząstkowe pracy zostały zrealizowane w sposób zadawalający. Zastosowane metody badawcze oraz uzyskane dane i ich zakres pozwalają na stwierdzenie, że recenzowana rozprawa została oparta na zróżnicowanym i dobrze opracowanym materiale dokumentacyjnym. Rozprawa mgr Anny Zielonki zawiera duży ładunek dokumentacyjny i analityczny, dostarcza nowych danych i sformułowanych prawidłowości regionalnie właściwych dla Spitsbergenu. Rozprawa została napisana poprawnym i zrozumiałym językiem z celnymi odwołaniami do pozycji zawartych w spisie aktualnej literatury. Strona edycyjna rozprawy wymagała by dopracowania w przypadku przeznaczenia jej do druku w całości. Realizacja podjętych celów badawczych, sposobów ich rozwiązywania, a przede wszystkim uzyskane wyniki upoważniają do

stwierdzenia, że Doktorantka wykazała się ogólną wiedzą nie tylko teoretyczną, ale również praktyczną w zakresie samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Będąc propagatorem geoinformacji (nauki o informacji geograficznej) jako odrębnej dyscypliny czy subdyscypliny w naukach geograficznych, nie mogę zareagować na dwie dostrzeżone nieścisłości terminologiczne stosowane przez mgr Annę Zielonkę, zresztą nie tylko przez Doktorantkę, ale dość powszechnie spotykane błędy w polskiej literaturze. Pierwszy dotyczy słowa „piksel”, które oznacza najmniejszy element obrazu cyfrowego. Natomiast jeśli obraz satelitarny, zdjęcie lotnicze lub dronowe jest osadzone w dowolnym układzie współrzędnych, np. geograficznych, to wówczas ten najmniejszy element obrazu a *de facto* mapy rastrowej ma nazwę raster, komórka, oczko siatki czy grid. Takie pojmowanie tego najmniejszego elementu jest zgodne ze standardem wprowadzonym przez NCGIA (*National Center for Geographic Information and Analysis*) w roku 1990. Drugie potknięcie terminologiczne dotyczy pojęcia „numeryczny model terenu”, choć przyznaję, że tylko raz użytego w całej rozprawie. Różnicę między cyfrowym modelem wysokościowym (ang. DEM – *Digital Elevation Model*) a numerycznym modelem terenu (ang. DTM – *Digital Terrain Model*), podobnie jak pomiędzy pikselem a rastrem wyjaśniłem w moim artykule z roku 2010¹. Jak się domyślam nazywanie rastrów pikselami a cyfrowego modelu wysokościowego numerycznym modelem terenu wynika li tylko i wyłącznie z żargonu czy potocznej mowy specjalistów od systemów informacji geograficznej a nie z niewiedzy.

Biorąc pod uwagę moją wysoką ocenę recenzowanej rozprawy stwierdzam, że spełnia ona wymogi formalne i merytoryczne stawiane przez Ustawę z dn. 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym, może być podstawą jej obrony publicznej i wnoszę do Wysockiej Rady Dyscypliny Nauk o Ziemi i Środowisku Uniwersytetu Jagiellońskiego o dopuszczenie mgr Anny Zielonki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



PODPIS ZAUFANY

ZBIGNIEW
ZWOLIŃSKI

29.10.2023 10:52:09 [GMT+1]

Dokument podpisany elektronicznie
podpisem zaufanym

¹ Zwoliński Zb., 2010. O homologiczności terminologii geoinformacyjnej. W: Zb.Zwoliński (red), GIS – woda w środowisku. Bogucki wyd. Nauk. Poznań: 21-30.