

Prof. dr hab. Beata Hejmanowska
Katedra Fotogrametrii Teledetekcji Środowiska i Inżynierii przestrzennej
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie
al. Mickiewicza 30
30-059 Krakow
tel. +4812 6173826
kom. +48 605061510
URL: http://home.agh.edu.pl/~galia/index_en.html

**Opinia w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
dr Małgorzacie Błaszczak
w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauk o Ziemi i środowisku.**

Podstawa recenzji

Podstawą przygotowania recenzji była Uchwała nr 66/2023 Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach z dnia 21 grudnia 2023 r.

Recenzję opracowano zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz 1668, opracowano na podstawie DzU. Z 2023 r. poz. 742, 1088, 1234, 1672, 1872, 2005, z 2024 r. poz. 124, 227).

Kandydat do stopnia doktora habilitowanego musi posiadać w swoim dorobku następujące osiągnięcia (Art. 219 Ustawy):

1. stopień doktora;
2. dorobek naukowy, stanowiący znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym przynajmniej jedną monografię naukową lub cykl powiązanych tematycznie recenzowanych artykułów naukowych lub zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;
3. istotna aktywność naukowa albo artystyczna realizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Ocena formalna

Przedmiotem opinii były następujące dokumenty poprzedzone wnioskiem przewodnim:

1. Dane wnioskodawcy
2. Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora
3. Autoreferat
4. Wykaz osiągnięć naukowych
5. Kopie prac stanowiących osiągnięcie naukowe
6. Oświadczenia współautorów artykułów

We wniosku przewodnim z dnia 14.09.2023 określono osiągnięcie naukowe:

Rozpoznanie dynamiki svalbardzkich lodowców uchodzących do morza na podstawie badań teledetekcyjnych.

Wnioskodawcą jest Pani dr Małgorzata Błaszczyk (PESEL 75050618204), zatrudniona w Instytucie Nauk o Ziemi, Wydziału Nauk Przyrodniczych, Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec.

Stopień doktora nauk o Ziemi w zakresie geografii został nadany Pani Małgorzacie Błaszczyk uchwałą Rady Wydziału Nauk o Ziemi, Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach dnia 11 czerwca 2008 r. (zgodność z oryginałem potwierdzona 16.02.2010 przez Dziekana Wydziału Nauk o Ziemi, Prof. Dr hab. Adama Idziaka). Promotorem był Prof. Dr hab. Jacek Jania, recenzentami Prof. Dr hab. Inż. Krystian Pyka i Prof. Dr hab. Wiesław Ziaja.

Na podstawie bazy Scopus można podać dla Pani dr Małgorzaty Błaszczyk następujące metryki (marzec 2024):

- **26 publikacji w bazie Scopus, indeks Hirsha 12, liczba cytowań od 2010, bez autocytowań 593 (od 2017 więcej niż 50 rocznie),**
- 26% publikacji jako pierwszy autor, 25% jako ostatni autor, 48% jako współautor, żadna publikacja nie jest jednoautorska, 5 dokumentów cytowanych średnio 48 razy, współczynnik FWCI (Field-Weighted Citation Impact) - 2.221
- Na podstawie nowej funkcjonalności Scopus – Author Metrics
 - **52.6% - International collaboration** - Percent of documents co-authored with researchers in other countries/regions
 - **68.4%(13 documents) - Documents in top citation percentiles** - Percent of documents in the top 25% most cited documents worldwide
 - **72.2%(13 documents) - Documents in top 25% journals by CiteScore percentile,** Percent of documents in the top 25% journals by CiteScore

Z formalnego punktu widzenia oceniam bardzo wysoko dorobek Pani dr Małgorzaty Błaszczyk. Zarówno indeks Hirsha, jak i liczba cytowań, w wysoko punktowanych czasopismach, jest imponująca. Ponadto należy pozytywnie ocenić współpracę międzynarodową, ponad połowa publikacji indeksowanych w Scopus powstała w ramach współpracy międzynarodowej.

Kandydatka w dokumentacji wyszczególnia również całą swoją aktywność badawczą, sumarycznie podsumowując można podać:

- 3 publikacje przed uzyskaniem stopnia doktora
- 28 publikacji po uzyskaniu stopnia doktora (w tym 5 wybranych jako osiągnięcie naukowe)
- 5 wystąpień na konferencjach – przed uzyskaniem stopnia doktora i 44 po uzyskaniu stopnia doktora
- 8 projektów badawczych zrealizowanych i 5 w realizacji - wszystkie międzynarodowe, we wszystkich Kandydatka jest wykonawcą
- 7 projektów na pozyskiwanie danych teledetekcyjnych - we wszystkich Kandydatka była kierownikiem

Te dodatkowe informacje również potwierdzają wysoki poziom działalności naukowo-badawczej Habilitantki.

Ocena osiągnięcia naukowego

Ocenę osiągnięcia wykonałam w oparciu o autoreferat i wykaz osiągnięć naukowych (zał. 3 i 4). Kopie prac (zał. 5) stanowiły dodatkowe źródło informacji w tym zakresie. Jako osiągnięcie przedstawiony został cykl 5 powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b ustawy:

A1. Błaszczyk M., Jania J.A., Kolondra L. **2013.** Fluctuations of tidewater glaciers in Hornsund Fjord (Southern Svalbard) since the beginning of the 20th century. Polish Polar Research, ISSN 0138-0338, 34(4), 327-352.

A2. Błaszczyk M., Ignatiuk D., Uszczyk A., Cielecka-Nowak K., Grabiec M., Jania J.A., Moskalik M., Walczowski W. **2019a.** Freshwater input to the Arctic fjord Hornsund (Svalbard). Polar Research, 38, 3506, <https://doi.org/10.33265/polar.v38.3506>.

A3. Błaszczyk M., Ignatiuk D., Grabiec M., Kolondra L., Laska M., Decaux L., Jania J., Berthier E., Luks B., Barzycka B., Czapla M. **2019b.** Quality Assessment and Glaciological Applications of Digital Elevation Models Derived from Space-Borne and Aerial Images over Two Tidewater Glaciers of Southern Spitsbergen. Remote Sensing, 11, 1121, <https://doi.org/10.3390/rs11091121>.

A4. Błaszczyk M., Jania J.A., Ciepły M., Grabiec M., Ignatiuk D., Kolondra L., Kruss A., Luks B., Moskalik M., Pastusiak T., Strzelewicz A., Walczowski W., Wawrzyniak T. **2021.** Factors controlling terminus position of Hansbreen, a tidewater glacier in Svalbard. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 126, e2020JF005763, <https://doi.org/10.1029/2020JF005763>.

A5. Błaszczyk M., Moskalik M., Grabiec M., Jania J., Walczowski W., Wawrzyniak T., Strzelewicz A., Malnes E., Lauknes T.R., Pfeffer W.T. **2023.** The Response of Tidewater Glacier Termini Positions in Hornsund (Svalbard) to Climate Forcing, 1992–2020. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 128, e2022JF006911, <https://doi.org/10.1029/2022JF006911>.

We wszystkich publikacjach Kandydatka jest pierwszym z autorów, co zwyczajowo oznacza (jeśli lista nie jest alfabetyczna), że jej wkład jest największy. Do wniosku dołączono oświadczenia współautorów artykułów z merytorycznym opisem udziału, ma to szczególne znaczenie, ponieważ wszystkie publikacje są wieloautorskie i oprócz pierwszych dwóch publikacji liczba autorów wynosi od 10-12. Opis merytoryczny, w przeciwieństwie do procentowego, pozwala na ocenę rzeczywistego udziału Kandydatki w pracach nad każdą z publikacji.

Ponadto na początku autoreferatu znajduje się szczegółowy opis udziału własnego dr M. Błaszczyk w poszczególnych artykułach. Podsumowując polegał on, w większości przypadków na:

- opracowaniu koncepcji badań, formułowaniu problemu badawczego o planowaniu metodyki badań (A1., A2., A3., A4., A5.)
- analizie kartometrycznej i ocenie dokładności danych przestrzennych (A1.)
- zbieraniu materiału badawczego (A1., A2., A4.)
- pozyskiwaniu i analizie danych satelitarnych (A1. A2., A3., A5.,) i meteorologicznych (A1.)
- opracowaniu metodyki generowania NMT z obrazów satelitarnych Pléiades, generowaniu i walidacji NMT (A3.)
- interpretacji wyników, dyskusji i formułowaniu wniosków (A1., A2., A3., A4., A5.,)
- przygotowanie ostatecznej wersji tekstu (A1., A2., A3., A4., A5.)

W następnej części autoreferatu znajduje się wprowadzenie, opracowane na podstawie literatury, przedstawiające stan wiedzy w kontekście zdefiniowanego problemu badawczego. Jak podaje Autorka jednym z głównych wskaźników długofalowych zmian klimatu jest ubytek masy lodowców, przy czym najszybsze i największe zmiany zachodzą w lodowcach zakończonych w wodzie. Negatywny bilans masy lodowców obserwowany jest w skali globalnej istotnie przyczynia się do wzrostu poziomu oceanu światowego. Jednym z najszybciej ocieplających się rejonów jest Arktyka, co uzasadnia wybranie tego obszaru jako przedmiotu badań, którym był fiord Hornsund znajdujący się w południowej części Spitsbergenu, w archipelagu Svalbard. Lodowce

południowego i centralnego Spistbergenu charakteryzują się najbardziej negatywnym bilansem klimatycznym na Svalbardzie. W związku z tym Autorka formułuje **cel ogólny badań: zrozumienie szybszej i intensywnej reakcji svalbardzkich lodowców uchodzących do morza na ocieplanie klimatu ma znaczenie dla prognozowania dynamicznych procesów glacialnych w pozostałej części archipelagu, a także dla innych obszarów Arktyki.**

W dalszej części autoreferatu, na podstawie literatury wyszczególnione zostały następujące problemy badawcze:

- dużym problemem w estymacjach geodezyjnego bilansu masy pozostaje pomijanie lub niedoszacowanie w obliczeniach utraty masy lodowców zakończonych w morzu w procesie recesji, co jest spowodowane brakiem danych dotyczących aktualnej batymetrii przed stale wycofującymi się klifami
- często pomijany jest komponent ablacji frontalnej lodowców uchodzących do morza przy wyznaczaniu klimatycznego bilansu masy, przyczyną jest nie tylko brak danych o głębokości akwenu wodnego przed klifem, ale także o ruchu lodowca
- wciąż brak długoterminowych opracowań dotyczących odpowiedzi czół lodowców uchodzących do morza na zmiany klimatu w XX i XXI wieku; równie mało rozpoznane są czynniki wpływające na fluktuacje czół lodowców svalbardzkich w skali sezonów i miesięcy
- problem określenia współczesnej wielkości dostawy słodkiej wody do fiordu

Ostatecznie Autorka formułuje zasadniczy cel badań składających się na osiągnięcie naukowe: **rozpoznanie dynamicznych zmian czół lodowców uchodzących do morza w interakcji z atmosferą, wodą morską i głębokością morza.**

W tym kontekście Habilitantka sformułowała następujące problemy badawcze, których rozwiązania się podjęła:

- **określenie czynników determinujących wieloletnią i sezonową zmienność pozycji czół lodowców uchodzących do morza**
- **rozpoznanie roli lodowców w dostawie słodkiej wody do fiordu**
- **oszacowanie udziału utraty lodu w procesie ablacji frontalnej w ogólnym bilansie lodowca**
- **określenie zakresu dokładności metod teledetekcyjnych stosowanych w badaniach**

Dla osiągnięcia założonych celów wykorzystane zostały wielospektralne średnio- i wysokorozdzielcze oraz radarowe obrazy satelitarne o wielkości piksela od 0.5 m do 30 m. Dane satelitarne uzupełnione zostały o zdjęcia lotnicze i materiały kartograficzne. W związku z tym, że **dane teledetekcyjne** używane w badaniach rejonów polarnych **są rzadko walidowane** ze względu na trudności w pozyskiwaniu danych in situ **celem pracy było określenie zakresu dokładności metod teledetekcyjnych** w stosowanych w badaniach. Dla walidacji dokładności danych teledetekcyjnych i kartograficznych wykorzystano szereg pomiarów terenowych wykonanych podczas wypraw naukowych do Polskiej Stacji Polarnej Hornsund im. Stanisława Siedleckiego.

Podsumowując: zarówno cel ogólny, jak i cele szczegółowe zostały prawidłowo przedstawione. W poniższej części opinii odnoszę się po kolei do osiągnięć prezentowanych w poszczególnych publikacjach.

A1. W pierwszej publikacji badano **zagadnienie rozpoznania wpływu wielkości fluktuacji sezonowych na dokładność wyznaczenia pozycji lodowca.** „Problem ten był do tej pory zanedbywany. Średnia amplituda oscylacji sezonowych lodowców w Hornsundzie, uwzględniając minimalną i maksymalną pozycje czół, wyniosła **160 m/rok**. Natomiast średnia zmienność położenia klifów tylko w miesiącach letnich wyniosła **45 m**. **Wielkość ta jest znacznie mniejsza niż dokładność położenia klifów otrzymana z map archiwalnych (100-300 m), a ok. 2-4 razy większa niż dokładność źródeł teledetekcyjnych (10-30 m)** ⁽¹⁾. Studia te mają istotne

znaczenie dla rozpoznania dokładności określenia położenia klifu lodowego czoła z różnych materiałów i w różnej skali czasowej. Wyniki pokazują, że nieuwzględnianie amplitud sezonowych zmian położenia czoła nie odgrywa istotnej roli w długich przedziałach czasowych. Natomiast fluktuacje sezonowe, często większe niż zmiany międzyroczne, nie powinny być pomijane w analizach położenia czoła w skali roku lub kilku lat. Wyniki tego syntetycznego opracowania - uwzględniając dokładność przestrzenną - pokazują, że ogólny obszar lodowców zmniejszył się w ciągu analizowanego okresu o ok. 172 km², a średnie tempo recesji wyniosło 1.6 km²/rok.” Autorka stwierdza, że znalazła również zależności między średnią roczną temperaturą powietrza, a tempem cofania się lodowców dla długiej skali czasowej ⁽²⁾.”

W autoreferacie nie ma wystarczających informacji na temat analizy dokładności. W związku z tym pierwszy wniosek ⁽¹⁾ tylko w oparciu o autoreferat jest niemożliwy do zweryfikowania, podobnie jak wniosek ⁽²⁾.

A2. W drugiej publikacji badano **zagadnienie przyspieszającej recesji lodowców spowodowane zwiększeniem dopływu słodkiej wody z lodowców do środowiska morskiego.** „Badania przeprowadzono dla okresu 2006-2015 na podstawie danych satelitarnych, glaciologicznych pomiarów terenowych oraz danych meteorologicznych i batymetrycznych. Dla wyznaczenia prędkości lodowców z obrazów radarowych zastosowałam nowoczesną technikę „offset tracking”.

Uzyskane wyniki pokazały, że średni dopływ słodkiej wody do Hornsundu wyniósł 2517 ± 82 Mt na rok, przy czym główny udział w dostawie wody mają lodowce. Topnienie powierzchniowe z wszystkich lodowców oraz ablacja frontalna lodowców uchodzących do morza stanowią odpowiednio 39% i 25% całkowitej wielkości dopływu słodkiej wody do fiordu. Warto podkreślić, że **dostawa słodkiej wody do fiordu zwiększyła się dwukrotnie w porównaniu do wcześniejszych estymacji z lat 80. ubiegłego wieku ⁽³⁾**, przy czym dominującym źródłem słodkiej wody pozostają lodowce. **Dalsze badania pokazały, że ok. 30% utraty masy lodowców przez ablację frontálną jest wynikiem recesji, a średnio 70% wynika z prędkości ruchu lodowców ⁽⁴⁾.**

Należy podkreślić, że było to pierwsze tak dokładne oszacowanie dopływu wód słodkich do fiordu, ze wskazaniem prawidłowości oraz zmienności międzyrocznej ablacji frontálnej w skali Svalbardu ⁽⁵⁾.” Dopiero w 2022 inni badacze wyznaczyli i porównali wielkość ablacji frontálnej w różnych regionach Arktyki (publikacja A2 jest z 2019 r.). „Estymacje te dla archipelagu Svalbard charakteryzują się jednak dużym zakresem błędu wynikającym z zastosowanej metody, zwłaszcza z wykorzystania nieciągłych informacji dotyczących miąższości lodowców. Autorzy cytowanej publikacji wykazali, że wielkość **ablacji frontálnej na Svalbardzie pomiędzy okresem 2000-2010 a 2010-2020 wzrosła ponad dwukrotnie.** W tych samych okresach **udział recesji w ablacji frontálnej spadł z ok. 36% do ok. 14% ⁽⁶⁾.** Na tym tle wyniki opracowane dla lodowców Hornsundu (wykorzystujące znacznie precyzyjniejsze dane, także batymetryczne) są istotne dla modeli deglacjacji tej części Svalbardu ⁽⁷⁾.”

Padania prezentowane w publikacji A2. pozwoliły na sformułowanie trzech wniosków ^(3, 5 i 7), które oceniam jako znaczące osiągnięcie naukowe. Dotyczą one dokładnego szacowania dopływu wód słodkich do fiordu. Natomiast wyniki ⁽⁴⁾ są odmienne niż znane z literatury ⁽⁶⁾, co Autorka wyjaśnia między innymi dużymi błędami w badaniach prowadzonych przez innych badaczy. Teza ta jest być może poprawna, natomiast podobnie jak a publikacji A1. brak w autoreferacie informacji o dokładności metody stosowanej w A2 (więcej na ten temat można znaleźć w kopii publikacji A2.). W autoreferacie brak również bardziej szczegółowego porównania własnych wyników w stosunku do dokładności metody użytej przez innych autorów badań cytowanych przez Autorkę. Z oczywistych względów nie ma odniesienia do nich w A2., ponieważ były wykonane później.

A3. W trzeciej publikacji przedmiotem analizy były numeryczne modele terenu (NMT) w kontekście obliczania zmian objętości lodowców, z uwzględnieniem ich dokładności. Publikacja A3 miała na celu określenie zmian geometrii Lodowca Hansa i Hornbreen oraz znaczenia recesji w całkowitym bilansie masy wyznaczanym z użyciem NMT. Jakość NMT określano w oparciu o pomiary *in situ*. **„Wyniki tej części badań pokazały, że po odpowiednim przetworzeniu oraz wzajemnym wertykalnym i horyzontalnym wpasowaniu NMT ich błąd wysokościowy jest mniejszy od 1 metra. Pozwala to na wykorzystanie NMT z generowanych z obrazów wysokorozdzielczych w badaniach zmian wysokości powierzchni lodowca w okresie co najmniej dwóch lat ⁽⁸⁾.**

Średnie roczne zmiany wysokości dla Lodowca Hansa były bardziej negatywne w latach 2015-2017 (2.4 m/rok) niż w okresie 2011-2015 (1.7 m/rok). Średnie roczne zmiany wysokości Hornbreen w latach 2012-2017 wyniosły 1.6 m/rok. Dalsza szczegółowa analiza bilansu geodezyjnego wykazała, że w latach 2011-2017 Lodowiec Hansa utracił około 80% swojej objętości poprzez zmiany wysokości i około 20% wskutek recesji (bez uwzględnienia komponentu ruchu), co potwierdza znaczącą rolę recesji lodowca w ogólnym bilansie masy lodowców.”

„Wyniki tych analiz pokazały, że NMT z wysokorozdzielczych danych satelitarnych, po zastosowaniu wzajemnego wpasowania, oraz przy uwzględnieniu recesji lodowca, mogą z powodzeniem być wykorzystane w badaniach bilansu masy lodowców metodami geodezyjnymi. Zagadnienie to ma zatem znaczenie uniwersalne, ponieważ dotyczy de facto wszystkich, nawet bardzo odległych lodowców. W artykule wykazano, że Lodowiec Hansa charakteryzuje się bardziej negatywnym geodezyjnym i klimatycznym bilansem masy niż Kronebreen, położony w północno-zachodniej części Spitsbergenu. **Wyniki te są zgodne z badaniami literaturowymi wskazującymi na znacznie większe ocieplenie południowego Spitsbergenu ⁽⁹⁾.**”

W artykule autorzy porównują bilans geodezyjny i klimatyczny i stwierdzają, że geodezyjny był nieznacznie bardziej negatywny od bilansu klimatycznego, przy czym te różnice mieściły się w granicach błędu obu metod. Stwierdzenie to jest dość enigmatyczne i nie poparte w autoreferacie żadnymi konkretnymi danymi. Podobnie w autoreferacie brak wystarczających informacji na temat analiz dokładności objętości wyznaczanych w oparciu o NMT. Zamieszczono metryki dokładności poszczególnych NMT w Tabeli 1, ale brak analizy przenoszenia się błędów w kontekście parametrów zmian objętości w czasie. Jeśli założymy błąd NMT, rozumiany jako RMSE na poziomie 1m to zmiany na poziomie 2m/rok mieszczą się w zakresie 2 RMSE. Ponadto nie jest pewne czy RMSE jest właściwą metryką dokładności, być może dokładność NMT jest nawet wyższa, sugeruje to metryka NMAD. Trudno jednak to stwierdzić bez analizy rozkładu błędów. Więcej niż w autoreferacie informacji na ten temat można znaleźć w publikacji A3., w której przedstawiono różnorodne analizy dokładności, oprócz NMT, także wyznaczania wysokości lodowca z wykorzystaniem GPRS/GPS oraz geodezyjnego i klimatycznego bilansu mas. Moją krytyczną uwagę odniosę jedynie do zagadnienia określania niepewności NMT. W artykule używane są różne pojęcia, moim zdaniem nieprecyzyjnie i niespójnie. W ocenie niepewności NMT używane jest pojęcie dokładność (accuracy) i precyzja (precision). Oczywiście oba pojęcia są prawidłowe i odpowiednio charakteryzują, można powiedzieć „dokładność bezwzględna”, w stosunku do danych referencyjnych i „dokładność względna”, czyli wewnętrzną precyzję, powtarzalność pomiaru. Bardzo przejrzystym przykładem jest wielokrotny pomiar położenia punktu w stosunku do położenia referencyjnego. W tym przypadku średnia odchyłka po x i po y określa dokładność (accuracy), a odchylenie standardowe – precyzję (jeśli rozkład jest normalny). Często

jednak używa się modyfikacji, czyli metody odpornej i wtedy zamiast wartości średniej odchyłki podaje się medianę, a zamiast odchylenia standardowego – NMAD. W przypadku NMT niewłaściwe jest stwierdzenie, że dokładność NMT wynosi tyle ile mediana, a precyzji odpowiada NMAD. Mediana, czy wartość średnia mówi o błędzie systematycznym, czyli całkowitym przesunięciu NMT w górę lub w dół, a SD czy NMAD o błędzie przypadkowym. W artykule w wielu miejscach używane są te pojęcia wymiennie, co jest niepoprawne.

Strona 10 - „The **vertical accuracy (median elevation difference)** is higher for mass balance stakes than for GPS measurements. While the **vertical precision (NMAD and SD)** is lower for mass balance stakes than for GPS measurements.”

Strona 11 - „Statistical measures for GPR/GPS data on both glaciers show a slightly better **precision** of 1 GCP DEM (e.g., **NMAD** below 0.5 for Hansbreen and 0.7 m for Hornbreen), but **accuracy** (i.e. The **median of the elevation differences**) for Hansbreen is better for 1 GCP DEM, whilst for Hornbreen for 0 GCP DEM.

I dalej na tej samej stronie -”The **vertical bias (i.e. median)** evaluated from GPR/GPS data and mass balance stakes decreased from a few meters for 0 GCP DEM to values below 0.7 m in case of 1 GCP DEM. **Precision (e.g., NMAD)** over both glaciers ranged from 1.39 m to 1.83 m for 0 GCP DEM and from 0.19 m to 0.44 m for 1 GCP DEM.”

A4. W czwartym artykule na początku został sprecyzowany problem badawczy. **Pomimo, że znane są z literatury badania oscylacji sezonowych na Spitsbergenie dla pojedynczych lodowców, brak jednak wyników analizy długich ciągów obserwacyjnych** oraz rozpoznania czynników warunkujących zachowania czół lodowców Svalbardu w skali wielolecia i sezonów. Publikacja A4. stanowi wypełnienie tej luki i dotyczy próby odpowiedzi na pytanie o znaczenie warunków meteorologicznych i oceanograficznych oraz cech morfologii dna morskiego i klifu dla wieloletnich i sezonowych zmian położenia klifu Lodowca Hansa.

Dla rozpoznania fluktuacji czoła lodowca Kandydatka wykonała szczegółową i pracochłonną analizę 166 wielospektralnych i radarowych zdjęć satelitarnych o wielkości piksela ok. 10-40 m (serie Landsat, Terra ASTER, ERS SAR, Envisat, TerraSAR- X, Sentinel-1, Sentinel-2, RADARSAT). „Walidację dokładności pozycji klifów uzyskanych na podstawie danych teledetekcyjnych przeprowadzono w oparciu o dane z terenowego monitoringu czoła Lodowca Hansa (dane pozyskane z wykorzystaniem skanera laserowego, dalmierza laserowego oraz radaru panoramicznego). Uzyskane wyniki wykazały, że czoło Lodowca Hansa w okresie 1992-2015 wycofało się o 917 m, ze średnim i maksymalnym tempem recesji odpowiednio 38 m/rok i 311 m/rok. **Stwierdzono, że tempo wypływu subglacjalnych wód roztopowych aproksymowane z użyciem indeksu pozytywnych stopniodni (PDD), wraz z warunkami termicznymi morza, są głównymi czynnikami odpowiedzialnymi za fluktuacje czoła lodowca, podczas gdy głębokość wody przed klifem odgrywa drugorzędą rolę⁽¹⁰⁾.**”

„Ważnym osiągnięciem było rozpoznanie okresu rozpoczęcia i zakończenia recesji lodowca dla znacznie dłuższego okresu niż opisano w publikacji A1. Wyniki ponad 20-letnich badań potwierdziły recesję czoła nawet do miesięcy zimowych, a długość trwania sezonu recesji związaną była obecnością ciepłych wód atlantyckich we fiordzie. Są to unikalne dane w skali całego archipelagu Svalbard, dla tak długiej serii obserwacji⁽¹¹⁾. Rola temperatury morza ma istotne znaczenie w wahaniach czół lodowców, zatem powinna być uwzględniona w prognozach

zmian lodowców uchodzących do morza, zwłaszcza w odniesieniu do obserwowanego ocieplenia Prądu Zachodniospitsbergeńskiego i wód Morza Barentsa.”

A5. W kolejnej publikacji składającej się na prezentowane osiągnięcie naukowe podjęto próbę odpowiedzi na pytanie: **jak duże lodowce uchodzące do morza w Hornsudzie reagują na zmiany klimatu i czy wyniki uzyskane dla Lodowca Hansa (wykazane w artykule A4) mogą być reprezentatywne dla całej populacji lodowców uchodzących do morza. Przeanalizowano zmienność ponad 1500 pozycji czół lodowców pozyskanych z danych satelitarnych dla znacznego okresu czasu (1991/1992 - 2019/2020), co było unikalnym przedsięwzięciem w skali całego archipelagu** ⁽¹²⁾. „Znaleziono także istotną statystycznie synchroniczność zachowań lodowców w skali regionalnej. Analizy statystyczne pokazały, że fluktuacje roczne czół lodowców są wrażliwe na zmiany PDD i temperaturę powierzchni morza (SST), podczas gdy zmiany położenia czół podczas lata skorelowane są głównie z wielkością PDD.”

„**Obserwacje wykazały także regionalną synchroniczność w terminie rozpoczęcia i zakończenia okresu recesji i awansu lodowców** ⁽¹³⁾. Z pojedynczymi wyjątkami lodowce rozpoczynały recesję między czerwcem a początkiem lipca, przy jednoczesnym wzroście temperatury powietrza i morza. Wyniki te potwierdzają wcześniejsze badania dla Lodowca Hansa. Pokazują także znaczenie dostępności wód z topnienia powierzchniowego lodowca oraz ciepłej wody atlantyckiej dla wzmożonego topnienia podwodnej części i intensyfikacji cielenia czoła, a w rezultacie na pozycję klifów lodowców w całym regionie.

Niespotykana wcześniej dostępność obrazów satelitarnych Sentinel-1 charakteryzujących się dużą rozdzielczością czasową (6 dni) pozwoliła na dodatkowe, szczegółowe badania sezonowej i rocznej zmiany pozycji czół lodowców. Nowością w stosunku do poprzedniej pracy (artykuł A2), a także wyników raportowanych przez innych badaczy, było wyznaczenie ciągłej prędkości dla kilku kolejnych lat. **Pozwoliło to na estymację tempa ablacji frontальной lodowców z największą możliwą dotąd dokładnością** ⁽¹⁴⁾. Stwierdzono, że ablacja frontalna wszystkich lodowców była największa w 2016 roku, kiedy zanotowano najwyższą temperaturę powietrza w całym badanym okresie oraz największą sumę opadów ciekłych. Z kolei ablacja frontalna była około dwukrotnie niższa w chłodniejszym roku 2019. Warto również podkreślić, że udział recesji w całkowitej ablacji frontальной został wyznaczony ze znacznie większą precyzją niż raportowane dotychczas w literaturze. **Efekty zaprezentowanych badań pozwalają odpowiedzieć na pytania postawione przez Schulera i in. W 2020, jakie jest znaczenie ablacji frontальной w ogólnym bilansie masy lodowców svalbardzkich oraz jak dynamika i zmiany geometrii lodowców odpowiadają na zmiany klimatu** ⁽¹⁵⁾.”

Podsumowanie osiągnięcia naukowego

Ostatnią częścią autoreferatu na temat osiągnięcia naukowego jest podsumowanie najważniejszych rezultatów.

Główne osiągnięcie badawcze dotyczy pogłębienia znajomości czynników wpływających na dynamikę lodowców uchodzących do morza oraz rozpoznania odpowiedzi lodowców na współczesne zmiany klimatu. Kandydatka podaje szczegółowe osiągnięcia dotyczące poszczególnych zagadnień, które badała. Można je syntetycznie przedstawić, jak poniżej:

- Rozpoznano minimalne i maksymalne zasięgi lodowców uchodzących do morza, a na szczególną uwagę zasługuje wykazanie, że recesja czoł często kończyła między październikiem a grudniem. Są to wyniki unikatowe, po raz pierwszy udokumentowane dla Svalbardu w skali 2-3 dekad i mają ważne znaczenie dla wyznaczania całkowitego bilansu masy lodowców uchodzących do morza (osiągnięcie ^(1, 2)).
- Wyznaczono średni dopływ słodkiej wody do fiordu Hornsund dla okresu 2006-2015. Wyniki pokazały, że dostawa słodkiej wody zwiększyła się dwukrotnie w porównaniu do estymacji z lat 80. ubiegłego wieku, a dominującym źródłem słodkiej wody we fiordzie są lodowce. Przedstawione osiągnięcia mają szerokie znaczenie środowiskowe, zwłaszcza dla współczesnych badań z zakresu fizyki i ekologii morza. Informacja nt. dostawy słodkiej wody wraz ze szczegółową charakterystyką pozwoli lepiej zrozumieć zmiany zachodzące obecnie w środowisku morskim (osiągnięcie ^(3, 5, 7)).
- Rozpoznano, że ablacja frontalna stanowi istotny komponent (ok. 40%) całkowitego bilansu masy lodowców uchodzących do morza w badanym regionie. (osiągnięcie ^(3, 5))
- Udział recesji w ablacji dla lodowców południowego Svalbardu, w badaniach dla dłuższych okresów czasu wyniósł ok. 30% i można go przyjąć za uniwersalny (osiągnięcie ⁽⁴⁾).
- Wykazano, że numeryczne modele terenu generowane z wysokorozdzielczych danych satelitarnych mogą być z powodzeniem wykorzystane w badaniach całkowitego bilansu lodowców zarówno w skali lokalnej jak i globalnej (osiągnięcie ⁽⁸⁾).

Habilitantka podaje również osiągnięcie dotyczące walidacji danych w oparciu o liczne pomiary terenowe. Wykonaną walidację należy uznać za osiągnięcie naukowe, które potencjalnie umożliwia wskazanie możliwości i ograniczeń różnych metod teledetekcyjnych w badaniach procesów glaciologicznych. Z tym, że w mojej opinii wnioski z przeprowadzonych walidacji wymagają jeszcze pewnego uporządkowania.

Jednakże, niezależnie od powyższej krytyki niewątpliwie zaprezentowane w cyklu pięciu publikacji osiągnięcia naukowe stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny **nauk o Ziemi i środowisku**. I należy zgodzić się z podsumowaniem w autoreferacie:

„Podsumowując, uzyskane rezultaty wyraźnie wskazują na wysoką wrażliwość lodowców uchodzących do morza w Hornsundzie na ocieplenie klimatu. Badania pozwoliły na określenie różnic pomiędzy południowym Spitsbergenem, a pozostałą częścią archipelagu. Uzyskane wyniki mają znaczenie nie tylko w skali lokalnej, ale i globalnej. Svalbard położony jest w najszybciej ocieplającym się, euroazjatyckim sektorze Arktyki, na podstawie literatury wiadomo, że wielkość ablacji frontalnej na Svalbardzie pomiędzy okresem 2000-2010 a 2010-2020 wzrosła ponad dwukrotnie, najszybciej w porównaniu do całej Arktyki. Tym samym zaprezentowane wyniki można traktować jako prawdopodobny model deglacjacji w innych obszarach arktycznych.”

Ocena aktywności naukowej realizowanej we współpracy z innymi ośrodkami

Większość działalności naukowej Kandydatki jest realizowana we współpracy z innymi ośrodkami, głównie zagranicznymi. Z jednej strony jest to naturalne, ponieważ badania dotyczą obszaru Arktyki i w oczywisty sposób są międzynarodowe. Z drugiej strony aktywność Kandydatki jednoznacznie potwierdza umiejętności współpracy w dużych zespołach badawczych.

W tym miejscu należy przytoczyć:

- udział w 12 projektach międzynarodowych, w tym 5 projektach badawczych i 7 związanymi z pozyskiwaniem danych teledetekcyjnych
- członkostwo w 3 międzynarodowych organizacjach naukowych (1) Remote Sensing Working Group, (2) Svalbard Integrated Arctic Earth Observing System, International Glaciological Society, (3) jako reprezentant Polski w International Arctic Science Committee
- 3 krótkoterminowych zagranicznych staży naukowych
- udział w 16 Wyprawach Polarnych na Spitsbergen (kierowanie 4) i jednej Wyprawie Naukowej na Antarktydę

Podsumowując aktywność naukową Kandydatki we współpracy z innymi ośrodkami należy ocenić jako wyjątkową.

Wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że osiągnięcie naukowe składające się z pięciu powiązanych artykułów pod wspólnym tytułem: „Rozpoznanie dynamiki svalbardzkich lodowców uchodzących do morza na podstawie badań teledetekcyjnych” wnosi wkład w rozwój dyscypliny nauk o Ziemi i środowisku. Mając to na uwadze, jak również inne aspekty aktywności naukowej Habilitantki, w tym wyjątkową współpracę badawczą z zagranicznymi ośrodkami naukowymi, uważam, że spełnione są wymogi określone w ustawie oraz zwyczajowe wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego, i w związku z tym popieram wniosek o nadanie **dr Małgorzacie Błaszczyk stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauk o Ziemi i środowisku.**

B. Hejmanowska