

Uniwersytet Śląski w Katowicach
Wydział Nauk Przyrodniczych
Instytut Nauk o Ziemi
dr hab. Ewa Łupikasza, prof. UŚ

RECENZJA

pracy doktorskiej Pana mgr-a Wojciecha Radziuna

pt. Opady atmosferyczne na obszarze Łodzi i województwa łódzkiego w okresie 1961-2016

wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. Joanny Wibig oraz dr Piotra Piotrowskiego

Opad atmosferyczny jest jednym z podstawowych elementów meteorologicznych. Oprócz jego istotnej roli w cyklu hydrologicznym, posiada bezpośredni wpływ na funkcjonowanie wielu procesów środowiskowych oraz człowieka. Pomimo, iż opady atmosferyczne są najczęściej, obok temperatury powietrza, mierzonym elementem meteorologicznym, a sieć stacji opadowych jest gęsta, to dane dotyczące opadów atmosferycznych w obrębie jednostek miejskich należą do rzadkości. Istniejące prace potwierdzają wpływ struktur miejskich na rozkład opadów w ich obrębie, stąd **podjęta w niniejszej pracy problematyka jest ważna oraz aktualna również z punktu widzenia adaptacji do zmian klimatu, których skutkiem jest częstsze występowanie zjawisk ekstremalnych, w tym opadowych.**

Ocena spełniania przez rozprawę doktorską kryteriów formalnych

Przedłożona przez Pana mgr. Wojciecha Radziuna rozprawa doktorska w formie manuskryptu książki spełnia tym samym kryteria formalne określone w art. 13 ust. 1 ustawy z 14 marca 2003 r o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Rozprawa została napisana w języku polskim oraz opatrzona wymaganymi streszczeniami zarówno w języku polskim jak i angielskim.

Co prawda problematyka opadów w Łodzi podejmowała była stosunkowo często o czym świadczą cytowane we rozdziale wstępnym niniejszej pracy publikacje, jednak rozprawa doktorska Pana mgr. W. Radziuna jest uzupełnieniem oraz poszerzeniem wcześniej prowadzonych badań. W mojej ocenie rozprawa zawiera pewne rozwiązania metodyczne oraz formułuje wnioski, które powodują, iż można ją uznać za oryginalne rozwiązanie problemu badawczego. Do rozwiązań takich zaliczam zastosowanie metody „warstw opadu” prowadzącego do wyznaczenia znormalizowanych rozkładów warstwy opadów oraz rozkładu syntetycznego, jak również ocenę przestrzennego rozkładu opadów, a w zasadzie ich intensywności na obszarze Łodzi w zależności od czasu jego trwania i kierunku adwekcji.

Ocena struktury i zawartości merytorycznej manuskryptu rozprawy doktorskiej

Struktura manuskryptu. Manuskrypt rozprawy doktorskiej liczy 126 stron, z czego 27 stron zajmują spis treści w języku polskim oraz angielskim, spis literatury zawierający 314 pozycji, wykaz stron internetowych, z których pozyskano dane, spis 51 rycin, osobny spis 14 tabel oraz załączniki w postaci 5 tabel zawierających szczegółowe dane będące efektem przeprowadzonych badań. Ponadto, na końcu rozprawy umieszczono wymagane ustawą streszczenie w języku angielskim.

Manuskrypt został podzielony na 7 rozdziałów, których układ jest uzasadniony. Wyniki przeprowadzonych analiz zamieszczono w trzech rozdziałach (rozdziały 3, 4 i 5). Z kolei rozdział ostatni

szósty, zawiera podsumowanie i wnioski. Mam drobną uwagę dotycząc tytułów podrozdziałów 2.1 oraz 2.2. Sugerowałabym zamianę kolejności początkowych słów w nazwie tych rozdziałów z „*Metody i Dane*” na „*Dane i metody*” ponieważ niejednokrotnie o zastosowanych metodach decyduje rodzaj danych jakimi się dysponuje. Ponadto w rozdziale 5 proponowałabym usunąć termin „telekoneksje” oraz nazwy wskaźników cyrkulacji, wówczas tytuł rozdziału byłoby prostszy i równie informujący – „Związek makroskalowych wskaźników cyrkulacji atmosfery z opadami na obszarze województwa łódzkiego”.

Zawartość merytoryczna. Rozprawę doktorską rozpoczyna **rozdział wstępny**, w którym uzasadniono celowość podjętych badań, przeprowadzono przegląd literatury, a w zasadzie dokonano omówienia stanu badań nad szeroko pojętymi opadami atmosferycznymi, włączając ich związek z cyrkulacją atmosfery oraz zagadnienia wpływu miasta na rozkład opadów. Na początku rozdziału wstępnego dosyć dużo uwagi poświęcono zjawisku suszy, które co prawda związane jest z niedoborem opadów atmosferycznych, jednak odrębna metodyka badania tego zjawiska oraz znaczenie innych elementów klimatu w kształtowaniu suszy powodują, że w moim zdaniem stanowi ono odrębne zagadnienie badawcze. Stąd fragmenty dotyczące zjawisk suszy mogły by zostać pominięte. W rozdziale wstępnym sformułowano cel pracy, którym była „**Charakterystyka opadów atmosferycznych na tle cyrkulacji atmosferycznej w województwie łódzkim oraz analiza incydentów opadowych w skali lokalnej w oparciu o sieć punktów pomiarowych na obszarze aglomeracji łódzkiej**” Dodatkowo wyznaczono również 3 cele cząstkowe, które zostały stopniowo realizowane w kolejnych rozdziałach pracy. Aby uwypuklić cel naukowy pracy sugerowałabym pominięcie słowa „charakterystyka” w zamian za, np. „rozpoznanie” czy „określenie” wpływu cyrkulacji atmosfery na opady atmosferyczne w województwie łódzkim itd.

Zgodnie z informacją zawartą w rozdziale wstępnym, wyniki badań będących przedmiotem rozprawy doktorskiej Pana mgr. W. Radziuna „*uzupełnią dotychczasową wiedzę na temat zmienności opadów atmosferycznych o zdarzenia z początku XXI wieku*”. Zwracam się z pytaniem do Pana Magistra, czy rzeczywiście zakres rozprawy różni się od wcześniejszych prac jedynie okresem badawczym. Jeśli nie to proszę o wskazanie, które rozwiązania metodyczne lub która problematyka ujęta w niniejszej rozprawie wyróżnia ją na tle wcześniejszych opracowań dotyczących opadów w Łodzi.

Uwagi szczegółowe do rozdziału wstępnego:

- Na stronie 6 znalazło się stwierdzenie „opady w przebiegu wieloletnim zachowały pewną rytmiczność, na przemian były obserwowane ich spadki i wzrosty”. Wspomniane wzrosty i spadki wynikają raczej z dużej zmienności opadów, która jest cechą wyróżniającą je na tle innych elementów klimatu, a nie rytmiczności.
- Na stronie 7 użyto terminu silny reżim roczny. Bardziej precyzyjnym określeniem jest „silnie okresowy reżim roczny”, jeśli nie mylę się co do znaczenia w jakim użyto słowo „silny”.
- Na stronie 8 zapisano „autorzy zauważyli silną zależność od trzech typów cyrkulacji (...) które poruszały się torze Vb van Bebera. Po wspomnianym torze poruszają się układy niżowe a nie typy cyrkulacji.

Wykorzystane w pracy dane oraz metody opisano w **rozdziale 2**. Na początku tego rozdziału zamieszczono charakterystykę fizyczno-geograficzną województwa łódzkiego. Przydatną byłaby również charakterystyka aglomeracji łódzkiej, uwzględniająca na przykład rozkład rzeźby terenu czy

rodzaj zabudowy. Informacje te byłyby pomocne ze względu na badania, których wyniki zaprezentowano w rozdziale 5.

Podstawą rozprawy doktorskiej Pana mgr. W. Radziuna są dwa rodzaje danych opadowych, różniące się rozdzielczością czasową, a mianowicie dane dobowe z 22 stacji w obrębie województwa łódzkiego, za okres 1961-2015 oraz cenne ponieważ unikatowe dane 5 min zebrane w obrębie aglomeracji łódzkiej i jej okolicach obejmujące lata 2014-2016 oraz 2011-2016. Dane takie pomimo, iż obejmują krótkie okresy czasowe (2 i 5 lat) poszerzają zakres możliwych do zastosowania metod badawczych oraz dają możliwość analizy intensywności opadów oraz jej zmian w czasie trwania epizodów czasowych. Stąd wykorzystanie tego rodzaju danych oraz przeprowadzone na ich podstawie analizy zaliczam do ciekawszych części niniejszej rozprawy doktorskiej. W tym miejscu zwracam się z pytaniem do Pana Magistra dlaczego w badaniach opadów w skali lokalnej wykorzystano dwa różne okresy badawcze 2016-2018 oraz 2011-2018? Ponadto, jaka był kompletność danych wykorzystanych do analizy opadów w obrębie aglomeracji i czy została w jakikolwiek sposób sprawdzona ich jakość (homogeniczność)?

Metody. W badaniach czasowo-przestrzennej zmienności opadów w obrębie województwa łódzkiego wykorzystano standardowe charakterystyki klimatologiczne oraz statystyczne, w ujęciu rocznym oraz sezonowym. Metody te zostały zastosowane poprawnie, podobnie jak przyjęte w pracy założenia pojawiające się na różnych jej etapach. Do wykreślenia map rozkładu przestrzennego charakterystyk opadowych zastosowano różne metody interpolacji w związku z tym zwracam się z pytaniem na jakiej podstawie dokonano wyboru tych metod? Czy wybór ten był poprzedzony analizą przestrzenną wykonaną z wykorzystaniem kilku metod? Czy brano również pod uwagę często wykorzystywaną w klimatologii metodę krigingu?

Jak już wspominałam do ciekawszych rozwiązań metodycznych zaliczam analizę warstw opadów podczas wybranych incydentów opadowych prowadzącą do skonstruowania znormalizowanych rozkładów warstw opadu oraz określenie przestrzennego zróżnicowania udziału 5 minutowych sum opadów w sumach 60 min, w zależności od wybranych kierunków adwekcji. Opisując drugą z tych metod w rozdziale tym zabrakło informacji, że chodzi o udział w 60 min sumie opadu; podano ją dopiero w dalszej części pracy.

Relacje pomiędzy opadem atmosferycznym i cyrkulacją atmosfery badano wykorzystując kalendarz typów cyrkulacji oraz makroskalowe wskaźniki cyrkulacji zaczerpnięte ze strony NOAA. W rozdziale metodycznym w opisach sposobu obliczania wskaźników wpleciono również polską literaturę. Na przykład podczas wyjaśniania mechanizmu wskaźnika NAO przytoczono pracę polskiego autora, podczas gdy elegancko byłoby w tym miejscu przytoczyć (a na pewno również przytoczyć) artykuły twórców wskaźnika. W rozdziale metodycznym omówiono również stan wiedzy na temat wpływu rozpatrywanych makroskalowych wskaźników cyrkulacji na różne elementy klimatu. Informacje te częściowo zostały powtórzone w rozdziale 5.

Uwagi szczegółowe do rozdziału 2:

- Na rycinie 1 kolory przypisane punktom oznaczającym stacje opadowe i klimatologiczne mogły być bardziej kontrastowe. Ponadto w tekście wymienione są jeszcze stacje synoptyczne, a takiego wyróżnienia nie ma w legendzie mapy.
- Należałoby doprecyzować następujące stwierdzenie znajdujące się na stronie 22: „Wibig (2000) przeprowadziła analizę wpływu NAO na temperaturę powietrza i opady atmosferyczne w Europie. Autorka odnotowała wraz ze wzrostem wartości indeksu NAO wzrost temperatury

powietrza w północnej Europie, Azji i Ameryce północnej w wyłączeniu obszaru arktycznego Kandy ... „

W **rozdziale 3** dokonano klimatologicznej charakterystyki opadów w województwie łódzkim. Na początku tego rozdziału omówiono sumy roczne oraz miesięczne opadów. Podrozdział 3.1 poświęcono charakterystyce opadów sezonowych, omawiając dodatkowo przestrzenny rozkład odchylenia standardowego oraz sum opadów odpowiadających 95 percentylowi. Ponadto, obliczono korelacje pomiędzy opadami na stacji Łódź i pozostałymi stacjami oraz pomiędzy opadami na wszystkich stacjach. W podrozdziale 3.2 opisano trendy liniowe opadów oraz ich zmienność za pomocą odchylenia od średniej wieloletniej, z kolei w podrozdziale 3.3 omówiono zmienność dobowych sum opadów. Wyniki uzyskane w efekcie tych obliczeń potwierdzają wyniki wcześniejszych badań. W mojej ocenie rozdział 3.3 dobrze byłoby rozpocząć omówieniem sum dobowych opadów, a następnie obfitości opadów dobowych, ponieważ to suma dobową jest podstawową charakterystyką, do której można odnieść ich obfitość.

Uwagi szczegółowe do rozdziału 3:

- Na stronie 34 stwierdzono, że odchylenie procentowe od średniej wieloletniej sumy rocznej (1961-2015) przeciętnie wahało się w granicach od -50% do 50%. Z ryciny wynika, że dolna granica tego przedziału jest wyższa o co najmniej 10%.
- W treści tego rozdziału na stronie 36 znalazło się stwierdzenie „Zima charakteryzuje się pewnym stałym rytmem, po roku z niedoborem opadów występuje zazwyczaj rok (lub 2-3) z ich nadmiarem” Opisany w tym zdaniu „rytm” należałoby określić terminem „*zmienność*”.
- Na stronie 49 w sformułowaniu „...we wszystkich porach roku zmienność opadów atmosferycznych cechuje asymetria prawostronna”. Czy zamiast słowa „*zmienność*” nie powinno znaleźć się słowo „*rozkład*”?
-

W **rozdziale 4** przedstawiono wyniki analizy związków pomiędzy opadami atmosferycznymi w województwie łódzkim oraz cyrkulacją atmosfery wykorzystując kalendarz typów cyrkulacji wykonany metodą obiektywną. Rozpatrywano wartości kwartyli sezonowych sum opadów dla każdego typu cyrkulacji, częstość występowania opadów w zdefiniowanych przez autora przedziałach ich wysokości w zależności od kierunku adwekcji oraz prawdopodobieństwo opadów w typach cyrkulacji oraz dla poszczególnych kierunków adwekcji biorąc pod uwagę wspomniane wcześniej przedziały wysokości opadów. W mojej ocenie do mniej standardowych rozwiązań metodycznych można zliczyć analizę kwartyli w typach cyrkulacji (zwykle stosuje się średnie sumy opadów) oraz przeprowadzenie obliczeń dla przedziałów wysokości opadów. Na rycinach pokazujących wyniki badań stosunkowo słabo widoczne są części dotyczące najwyższych opadów, zwłaszcza na rycinach 30-33. Rozumie, że chodziło o zachowanie porównywalności wyników dla poszczególnych sezonów, ale np. dla uwypuklenia, co prawda rzadkich, ale ważnych, najwyższych opadów, można było wykonać wykresy pokazujące tylko ten przedział opadowy. Szkoda, że wyniki prezentowane w tym rozdziale nie zostały szczerzej porównane z wynikami podobnych badań prowadzonych w innych częściach Polski. Mam tutaj na myśli część dotyczącą relacji wysokości opadów z typami cyrkulacji.

Uwagi szczegółowe do rozdziału 4:

- Czy można w jakikolwiek sposób wyjaśnić identyczne wartości kwartyła górnego oraz maksima dla większości typów cyklonalnych na stacji Żychlin, rycina 26?
- W podrozdziale 4.1 nie zwrócono uwagi na stosunkowo wysokie wartości kwartyli w niektórych typach antycyklonalnych.
- Na rycinie 34 w pierwszej kolejności umieszczono typy antycyklonalne, a następnie cyklonalne, czyli przedstawiono je w odwrotnej kolejności niż na wcześniejszych rycinach.
- W podsumowaniu umieszczonym na końcu podrozdziału 4.4 dotyczącego prawdopodobieństwa warunkowego opadu atmosferycznego w różnych przedziałach wysokości opadów, sformułowano ogólny wniosek, przy czym niestety w zasadzie pominięto w nim klasy wysokości opadów będące ważnym elementem przeprowadzonych w tym rozdziale analiz.

Rozdział 5 również dotyczy relacji pomiędzy opadami atmosferycznymi w województwie łódzkim i cyrkulacją atmosfery, z tym że w tym wypadku wykorzystano pięć makroskalowych wskaźników cyrkulacji. Przeprowadzone analizy korelacyjne wykazały istotny wpływ rozpatrywanych wskaźników (głównie SCA and PO) na opady w sezonie jesiennym i zimowym. W przypadku analizy korelacyjnej można było również uwzględnić współczynnik determinacji. Bardzo dużą część treści tego rozdziału stanowi omówienie aktualnego stanu badań nad powiązaniem wspomnianych wskaźników i opadów atmosferycznych na podstawie literatury. Fragmenty te są przeplatane z dosyć oszczędnie opisanymi wynikami przeprowadzonych obliczeń.

Uwagi szczegółowe do rozdziału 5:

- W treści rozdziału w nawiasach podane zostały pewne wartości procentowe, jednak w żadnym miejscu nie wyjaśnione co wartości oznaczają.
- Ostatnia uwaga do tego rozdziału jest dyskusyjna i dotyczy sformułowania „wskaźniki makroskalowych typów cyrkulacji”. Moim zdaniem, biorąc pod uwagę fakt, iż w poprzednim rozdziale wykorzystano typy cyrkulacji to w rozdziale 5 lepszym rozwiązaniem byłoby używanie terminu wskaźniki cyrkulacji. Moim zdaniem użycie słowa „typy” w odniesieniu do wymienionych wskaźników, telekoneksji jak napisano w tytule rozdziału, nie jest uzasadnione. Jest to bez wątpienia kwestia dyskusyjna, dlatego prosiłabym Pana Magistra o wyrażenie swojej opinii w na ten temat?

Rozdział 6 poświęcony jest badaniom opadów na obszarze Łodzi. W mojej ocenie jest to najciekawsza część niniejszej rozprawy doktorskiej. W podrozdziale 6.1 zbadano przebieg intensywności opadów w czasie ich trwania na podstawie 30 wybranych zdarzeń opadowych. Czasowe zmiany intensywności opadów rozpatrywano również biorąc pod uwagę hipsometrię, stopień urbanizacji oraz genezę opadów, czyli dzieląc je na opady z chmur Cb i warstwowych. Dla każdego z tych przypadków skonstruowano znormalizowane rozkłady warstw opadów. W podrozdziale 6.2 przestudiowano rozkład przestrzenny częstości występowania opadów w zależności od trzech najbardziej deszczonośnych kierunków adwekcji (NW – W – SW). Badania przeprowadzono na podstawie wybranych zdarzeń opadowych. W efekcie tych badań wyznaczono obszary narażone na występowanie najbardziej intensywnych opadów, których rozkład okazał się być różny w zależności od kierunku adwekcji. W ostatnim podrozdziale 3.3 opisano rozkład przestrzenny 95-percentyla dobowych sum w zależności od wybranych kierunków adwekcji.

Uwagi szczegółowe do rozdziału 6:

- W związku z tym, że istnieje wiele sposobów obliczania 95-percentyla, to bardzo proszę o informację w jaki sposób obliczono 95-percentyl.
- Czy do wyboru incydentów opadowych zastosowano jakieś kryteria?
- Analizując wyniki badań naukowych lepiej jest unikać słów „wydają się” (strona 56)

W **rozdziale 7** podsumowano wyniki przeprowadzonych badań, czyli zebrano najważniejsze wnioski sformułowane w kolejnych rozdziałach pracy oraz przeprowadzono ich interpretację w kontekście warunków lokalnych oraz cyrkulacyjnych. W rozdziale tym dobrze byłoby również porównać uzyskane wyniki badań z wcześniejszymi pracami, zwłaszcza że jednym z powodów, dla którego podjęto niniejsze badania była aktualizacja wspomnianych wcześniejszych badań. Ostatni akapit tego rozdziału został częściowo sformułowany na podstawie literatury, dlatego warto byłoby zamieścić w tym miejscu odpowiednie cytowanie.

Uwagi ogólne do całej treści pracy doktorskiej:

- Pomimo przedstawionego w rozdziale wstępnym przeglądu literatury, kolejne rozdziały oraz podrozdziały również zawierają fragmenty, czasem spore, poświęcony przeglądowi literatury, który niejednokrotnie rozpoczyna rozdział i nie ma charakteru dyskusji. Prowadzi to do powtórzenia pewnych fragmentów w kolejnych częściach rozprawy doktorskiej. Moim zdaniem korzystniejszym rozwiązaniem dla struktury rozprawy doktorskiej byłaby prezentacja w kolejnych rozdziałach tylko wyników badań, a następnie ich dyskusja z wynikami innych prac. Dyskusja taka mogłaby również być umieszczona na końcu pracy.
- W klimatologii bardzo istotny jest sposób graficznej prezentacji danych. W przypadku publikacji wyników tej pracy sugerowałabym dopracowanie map. Na przykład na rycinie 11 punkty oznaczające istotne statystycznie trendy w zasadzie zlewają się izoliniami – wystarczyłoby nadać im większy rozmiar lub zaznaczyć je innym kolorem. Czytelność map można by zwiększyć poprzez wyróżnienie szrafując, kolorem lub grubszą izolinią obszarów, na których trendy są spadkowe od tych, na których trendy są rosnące. Niektóre mapy są bardzo ciemne, do tego stopnia że są trudno czytelne (ryc. 49, ryc. 51).
- W wielu tabelach czcionka jest tak mała, że trudno jest odczytać zamieszczone w nich dane.

Do najistotniejszych wniosków sformułowanych na podstawie badań przeprowadzonych przez Pana mgr. W. Radziuna zaliczam:

- Stwierdzenie trójfazowego charakteru zmian intensywności opadów z maksimum w fazie środkowej, czyli pomiędzy 30-60% czasu ich trwania, stwierdzenie wyraźnego zróżnicowania wzrostu warstwy opadów w zależności od rodzaju chmur oraz małego wpływu stopnia zurbanizowania na rozkład intensywności opadów w czasie.
- Zaobserwowanie wyraźnej zależności pomiędzy przestrzenno-czasowym zróżnicowaniem intensywności opadów na obszarze Łodzi oraz kierunkiem adwekcji.
- Wskazanie części miasta najbardziej narażonych na występowanie najintensywniejszych opadów w zależności od kierunku adwekcji.

Ponadto do pozytywnych aspektów pracy zaliczam również wykorzystanie wysokiej rozdzielczości danych opadowych z obszaru aglomeracji łódzkiej.

W mojej ocenie przeprowadzone badania oraz ich wyniki prezentowane w niniejszym manuskrypcie rozprawy doktorskiej pozwalają uznać, iż Pan mgr Wojciech Radziun posiada ogólną wiedzę teoretyczną dotyczącą opadów atmosferycznych włączając metody ich analizy; posiada również umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz naukowego wnioskowania.

Biorąc pod uwagę powyższe powody stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr. Wojciecha Radziuna pt.: „**Opady atmosferyczne na obszarze Łodzi i województwa łódzkiego w okresie 1961-2016**”, spełnia wymogi formalne i merytoryczne stawiane przez Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14 marca 2003 r. (Dz.U. nr 65 z dn. 14 marca 2003 r. ze zmianami w Dz.U. z 2005 r., nr 165, poz. 1365) i może być podstawą jej obrony publicznej. Tym samym wnoszę do Komisji Uł ds. stopni naukowych w dyscyplinie nauki o Ziemi i środowisku o dopuszczenie Pana mgr. Wojciecha Radziuna do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

dr hab. Ewa Łupikasza, prof. UŚ

