

Instytut Nauk o Ziemi
Wydział Nauk Przyrodniczych
Uniwersytet Śląski w Katowicach

RECENZJA

ROZPRAWY DOKTORSKIEJ MGR. SZYMONA PORĘBY

PT. „SYNOPTYCZNE UWARUNKOWANIA BURZ I UKŁADÓW BURZOWYCH W POLSCE”

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska poświęcona została ocenie warunków meteorologicznych determinujących występowanie burz w Polsce oraz zaawansowanych metod ich prognozowania. W opracowaniu Autor zaprezentował wielowątkową analizę występowania rozpatrywanych zjawisk ze szczególnym uwzględnieniem dynamiki rozwoju burz, ich rodzajów oraz intensywności i możliwości ich prognozowania. Podjęta tematyka badawcza wpisuje się w nurt światowych badań dotyczących występowania zjawisk konwekcyjnych oraz zmian ich częstości i intensywności będących wynikiem zachodzących zmian klimatu. Znaczenie wyników zaprezentowanych badań jest szczególnie istotne ze względu na ich aplikacyjny charakter i możliwość wykorzystania w prognozowaniu synoptycznym.

Z uwagi na skutki, występowanie, a przede wszystkim prognozowanie ekstremalnych zdarzeń meteorologicznych zawsze było przedmiotem pogłębianych badań zarówno meteorologów, jak i klimatologów. Rozwój technologiczny oraz powstanie nowych i bardzo precyzyjnych narzędzi badawczych (m.in.: pomiarów satelitarnych i radarowych, detekcji wyładowań, sondowań atmosfery), a także wzrost możliwości obliczeniowych znacząco przyspieszył poznanie natury zjawisk konwekcyjnych. Niestety, ze względu na charakter tych zjawisk oraz swoistą „wrażliwość” na regionalne zróżnicowanie czynników warunkujących ich genezę, precyzyjne prognozowanie ich występowania nadal dalekie jest od oczekiwań. Z tego powodu niniejsza rozprawa doktorska stanowi kolejny bardzo ważny etap przybliżający nas do opracowania metody jak najbardziej precyzyjnej prognozy występowania burz, ich rodzaju i intensywności.

Zasadniczą część pracy tworzy cykl trzech artykułów opublikowanych w latach 2020-2023. Wspomniane publikacje zostały wydane w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym: *Atmospheric Research* i *Weather and Forecasting*. Wszystkie prace są opracowaniami wieloautorskimi, w których, zgodnie z deklaracjami autorów, udział Doktoranta wahał się od 60% do 80%. Zaprezentowane wyniki badań uzyskano dzięki bardzo wnikliwej i wielowątkowej analizie olbrzymiego materiału badawczego oraz wykorzystaniu narzędzi badawczych stosowanych w operacyjnej pracy synoptyków. Każda z publikacji została poświęcona innemu aspektowi problemów związanych z prognozowaniem występowania burz w Polsce. W sumie wspomniane prace tworzą logicznie powiązaną całość i stanowią oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego.

Główną część rozprawy doktorskiej poprzedza streszczenie pracy w języku angielskim oraz skrócony opis badań i uzyskanych wyników w języku polskim. Na szczególną uwagę zasługuje przegląd zagadnień dotyczących występowania zjawisk konwekcyjnych, głównie burz, poruszanych w literaturze przedmiotu. Dobór opisywanych problemów badawczych oraz prezentacja najważniejszych wyników dotychczasowych badań stanowi doskonałe uzasadnienie i tło własnych prac badawczych Autora. W kolejnych fragmentach przedstawiony został cel badań oraz bardzo szczegółowo dane i metody badawcze. W opinii recenzenta, w tej części opracowania zabrakło wyjaśnienia głównego celu badań, który został określony jako: „... opracowanie oraz ocena syntetycznych metod prognozowania burz i ich rodzajów”. Znaczenie takiego sformułowania problemu badawczego jest o tyle ważne, że w prezentowanych pracach nie zaproponowano wspomnianych metod. Biorąc jednak pod uwagę przeprowadzone badania oraz uzyskane wyniki wydaje się, że w tym przypadku jest to raczej pewna niezręczność językowa, która nie wpływa znacząco na całościową ocenę rozprawy doktorskiej. W dalszej części pracy zaprezentowane zostały najważniejsze wyniki badań uzupełnione materiałem ilustracyjnym, a całość kończy *Podsumowanie i wnioski*, w których Autor podkreślił najważniejsze rezultaty przeprowadzonych badań oraz wskazał te o największym znaczeniu aplikacyjnym.

Jak już wcześniej wspomniano, głównym powodem podjęcia przeprowadzonych badań stała się potrzeba udoskonalenia rozpoznawania warunków meteorologicznych sprzyjających występowaniu burz i układów burzowych w Polsce oraz możliwości ich prognozowania. W przedłożonej rozprawie Doktorant podjął się niełatwej próby oceny istniejących metod

prognostycznych oraz wskazania sposobów ich poprawy. W swoich badaniach Autor uwzględnił zarówno numeryczne prognozy pogody, jak i określenie synoptycznych uwarunkowań powstawania rozpatrywanych zjawisk konwekcyjnych. Szczególną uwagę poświęcił warunkom sprzyjającym inicjacji konwekcji, prognozom obszarów i czasu występowania burz oraz ich intensywności.

Podstawą podjętych prac stał się bardzo bogaty materiał badawczy obejmujący dane opisujące stan atmosfery nad obszarem Europy Środkowej, ze szczególnym uwzględnieniem obszaru Polski. Bardzo dobrze dobrane materiały źródłowe oraz metody badawcze potwierdzają rozległą wiedzę i dojrzałość naukową Autora oraz duże doświadczenie w prognozowaniu warunków meteorologicznych. Realizacja poszczególnych zagadnień badawczych była możliwa dzięki wykorzystaniu danych z okresu 2002-2021. Należy do nich zaliczyć przede wszystkim dane charakteryzujące się znaczną rozdzielczością przestrzenną i czasową, a pochodzące z:

- systemu detekcji wyładowań atmosferycznych PERUN,
- systemu radarów meteorologicznych POLRAD,
- satelitów: *Meteosat Second Generation*, *Terra* i *Aqua*,
- reanaliz meteorologicznych ERA5 pozyskanych z ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) – obejmujące informacje ze 137 poziomów atmosfery,
- modeli meteorologicznych wykorzystywanych w pracy operacyjnej IMGW-PIB (*Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego*): AROME, ALARO, COSMO oraz GFS (*Global Forecasting System*) i ECMWF,
- raportów bazy ESWD (*European Severe Weather Database*), a dotyczących intensywnych opadów deszczu, dużego gradu, silnych porywów wiatru oraz tornad,
- analiz synoptycznych służb meteorologicznych kilku krajów europejskich takich jak: MetOffice (Wielka Brytania), KNMI (Holandia), DWD (Niemcy) i IMGW-PIB (Polska),
- naziemnych obserwacji meteorologicznych pochodzących ze stacji europejskich.

W swoich badaniach Autor szczególną uwagę poświęcił trzem głównym zagadnieniom:

- prognozowaniu występowania jednego z najbardziej ekstremalnych przypadków burz, czyli powstawaniu i występowaniu superkomórek burzowych (tzw. supercells),

- analizie warunków meteorologicznych, które mogą stać się podstawą udoskonalonych prognoz występowania burz w Polsce,
- określeniu uwarunkowań meteorologicznych sprzyjających występowaniu burz nocnych stanowiących jedno z największych wyzwań w prognozowaniu rozpatrywanych zjawisk.

Wyniki pierwszego etapu badań, który stał się również punktem wyjścia do dalszych prac Doktoranta, zostały opisane w publikacji *Forecasting experiences associated with supercells over South-Western Poland on July 7, 2017* (Poręba, Ustrnul 2020). Opracowanie to stanowi wnikliwą analizę synoptyczną wystąpienia w ciągu jednego dnia wyjątkowej serii superkomórek burzowych, którym towarzyszył intensywny opad, duży grad, silne porywy wiatru (około 30 m/s) oraz trąba powietrzna o sile F2. W pracy tej zaprezentowano zarówno sam przebieg opisywanych zjawisk, jak i pogłębioną analizę synoptyczną obejmującą również zmiany chwiejności atmosfery. Dodatkowo porównano przebieg rozpatrywanych burz z prognozami numerycznymi modeli meteorologicznych ALARO, AROME i COSMO. Na tej podstawie wykazano, że pomimo ogólnie poprawnej prognozy warunków pogodowych, wspomniane modele niewłaściwie przewidywały rozwój konwekcji i opadów oraz rodzaj burz (sugerowały powstanie burz wielokomórkowych), a porywy wiatry zwykle były niedoszacowane. Rezultaty te, co podkreślili Autorzy, wyraźnie wskazują na potrzebę uwzględnienia w pracy operacyjnej prognozowania synoptycznego, jako niezbędnego etapu przewidywania występowania zjawisk konwekcyjnych.

Zdaniem recenzenta, najważniejsze wyniki przeprowadzonych badań zostały opisane w kolejnej publikacji zatytułowanej *Diurnal and Seasonal Variability of ERA5 Convective Parameters in Relation to Lightning Flash Rates in Poland* (Poręba i in. 2022). Zaprezentowano w niej bardzo szczegółową i wielowątkową analizę warunków meteorologicznych sprzyjających występowaniu burz w Polsce. W tym celu wykorzystano przede wszystkim dane dotyczące wyładowań atmosferycznych i pochodzące z systemu PERUN, dane z reanaliz ERA5 oraz z bazy ESWD. Na uznanie zasługuje pogłębiony przegląd literatury i dyskusja dotycząca dotychczasowych metod badawczych oraz uzyskanych wyników opisujących uwarunkowania występowania burz na świecie.

Podstawę badań stanowiło określenie liczby burz w Polsce oraz ich intensywności poprzez oszacowanie liczby wyładowań atmosferycznych. Pozwoliło to stwierdzić, że w Polsce burze notowane są średnio prawie co drugi dzień (161 dni w roku), większość

oczywiście w ciepłej połowie roku oraz w godzinach popołudniowych i wieczornych. Na tej podstawie scharakteryzowano także przestrzenny rozkład występowania burz w Polsce oraz ich zmiany czasowe, zachodzące zarówno w ciągu doby, jak i w sezonach i wieloleciu. Na szczególną uwagę zasługuje wyznaczenie klas intensywności burz. W tym celu wykorzystano maksymalną 1-minutową gęstość wyładowań przypadającą na 100 km². Przyjmując określone wartości percentyli częstości występowania rozpatrywanej gęstości wyładowań (50, 75, 90 i 95 percentyl) poszczególne burze zaliczono do: słabych, umiarkowanych, silnych oraz ekstremalnych, a otrzymane wyniki porównano z informacjami z bazy ESWD.

W kolejnym etapie badawczym analizie poddano warunki meteorologiczne, określone za pomocą wskaźników i parametrów konwekcyjnych, związane z występowaniem wcześniej wydzielonych burz. Bardzo ważnym aspektem tych prac było porównanie przestrzennych i czasowych zmian wspomnianych charakterystyk z podobnymi zmianami występowania burz w Polsce. Otrzymane rezultaty w dużej mierze potwierdzają dotychczas znane prawidłowości, jednak wykazane zróżnicowanie oraz zmiany dobowe wartości opisywanych parametrów mogą stanowić przesłankę pozwalającą na lepsze prognozowanie intensywności burz. Przeprowadzone badania dowiodły również, iż w zależności od położenia danego obszaru można w Polsce wydzielić dwa dominujące rodzaje warunków meteorologicznych sprzyjających występowaniu tych zjawisk: małą chwiejność termodynamiczną i silne ścinanie wiatru występujące głównie w Polsce północno-zachodniej oraz znaczną chwiejność atmosfery oraz małe ścinanie wiatru w południowo-wschodniej części kraju. Jednak najważniejszym wynikiem tej części prac badawczych jest stwierdzenie braku istnienia wskaźnika pozwalającego jednoznacznie i poprawnie prognozować stopień intensywności burz. Jednocześnie stwierdzono, iż wśród wszystkich analizowanych parametrów do najlepiej sprawdzających się w pracy operacyjnej należy zaliczyć wskaźnik: MUCAPE (wartość CAPE z najbardziej niestabilnej warstwy w troposferze), DLS (uskok wiatru w warstwie 0-6 km), MUWMAXSHEAR (produkt łączący MUCAPE i DLS) oraz wartość wilgotności względnej w dolnej troposferze.

Bardzo ważną i niezwykle ciekawą część rozprawy stanowi kolejna z publikacji zatytułowana *Nocturnal thunderstorms in Poland: Environments, synoptic patterns and comparison to diurnal thunderstorms* (Poręba i in. 2023). Została ona poświęcona rzadko poruszanej problematyce dotyczącej prognozowania i występowania burz nocnych.

Podobnie jak w poprzedniej pracy w analizie wykorzystano dane z systemu wyładowań atmosferycznych PERUN, a także z systemu radarów meteorologicznych POLRAD oraz dane z reanaliz ERA5. Informacje te uzupełniły dane ze stacji synoptycznych i zdjęć satelitarnych. W rezultacie otrzymano kompleksową charakterystykę warunków meteorologicznych i sytuacji synoptycznych, którym w Polsce towarzyszy występowanie badanych zjawisk. Znaczenie tych badań podkreśla fakt, że w Polsce, szczególnie w części zachodniej, nocne wyładowania stanowią nawet ponad połowę wszystkich zanotowanych przypadków.

Przeprowadzone badania pozwoliły Autorowi na zaprezentowanie szczegółowej, klimatologicznej charakterystyki występowania burz nocnych w rozpatrywanym okresie (2002-2021). Obejmowała ona nie tylko zróżnicowanie przestrzenne i czasowe występowania opisywanych zjawisk, ale również określenie ich rodzaju i najważniejszych uwarunkowań synoptycznych sprzyjających ich powstawaniu. Dodatkowo w pracy zaprezentowano pogłębioną analizę warunków meteorologicznych z wykorzystaniem wielu wskaźników konwekcyjnych. I chociaż w podsumowaniu Autorzy stwierdzają, że nie można ich wprost wykorzystać do poprawy prognozowania burz nocnych, to jednocześnie wskazują na pewne ich cechy wyznaczające dalsze kierunki badań, dzięki którym prognozy tych zjawisk mogą zostać udoskonalone.

Podsumowując, badania zaprezentowane w przedstawionej do recenzji rozprawie doktorskiej stanowią cenne uzupełnienie wiedzy dotyczącej uwarunkowań występowania burz w Polsce, a przede wszystkim ważny wkład do poszukiwań bardziej precyzyjnych metod ich prognozowania. Na uwagę zasługuje zarówno bardzo dobra znajomość zagadnień badawczych, która potwierdza szeroką wiedzę Doktoranta i znakomitą znajomość literatury przedmiotu, jak i pogłębiona oraz wielowątkowa analiza. Warto również podkreślić, iż mimo dość krótkiego okresu badawczego uwzględnionego w pracy, w badaniach wykorzystano wyjątkowo liczne źródła danych o stanie atmosfery charakteryzujące się rzadko spotykaną znaczną rozdzielczością przestrzenną i czasową. Pozwoliło to Autorowi na sformułowanie szeregu istotnych wniosków, które z powodzeniem mogą zostać zastosowane w operacyjnej pracy biur prognoz meteorologicznych. Istotną cechą przeprowadzonych badań jest umiejętne połączenie elementów poznawczych, metodycznych i aplikacyjnych. I chociaż ogólny wniosek końcowy, mówiący o braku jednoznacznych wskaźników „gwarantujących” poprawną prognozę występowania rozpatrywanych zjawisk oraz o konieczności

uwzględnienia w prognozach metod numerycznych i synoptycznych, może wydawać się „rozczarowujący” uzyskane wyniki są ważnym krokiem na drodze do lepszego przewidywania natury burz występujących w Polsce.

Reasumując, recenzowana rozprawa doktorska mgr. Szymona Poręby stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz cenny wkład do rozwoju badań dotyczących występowania burz w Polsce. Rzetelna, wnikliwa i wielowątkowa analiza materiału badawczego świadczy o dojrzałości naukowej Doktoranta i doskonałym opanowaniu warsztatu badawczego. Potwierdza również jego ogólną wiedzę teoretyczną z zakresu nauk o Ziemi oraz świadczy o umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Zawarte w recenzji nieliczne uwagi krytyczne lub wątpliwości nie wpływają na pozytywną ocenę recenzowanej rozprawy.

W związku z powyższym stwierdzam, że w mojej ocenie **rozprawa doktorska mgr. Szymona Poręby spełnia kryteria formalne i merytoryczne stawiane rozprawom doktorskim** (zgodnie z ustawą o stopniach i tytułach naukowych z 14 marca 2003 roku z późniejszymi zmianami). Dlatego też wnoszę do Rady Dyscypliny Nauki o Ziemi i Środowisku Uniwersytetu Jagiellońskiego o dopuszczenie mgr. Szymona Poręby do dalszych etapów przewodu doktorskiego.


Zuzanna Bielec-Bąkowska