



Poznań, 20.08.2023 r.

Prof. dr hab. Leszek Kolendowicz
Zakład Meteorologii i Klimatologii
tel. (61) 829 62 64
email: leszko@amu.edu.pl

Wpłynęło dnia
2023-09-07

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ PANA MGRA SZYMONA PORĘBY PT. „SYNOPTYCZNE
UWARUNKOWANIA BURZ I UKŁADÓW BURZOWYCH W POLSCE”

Na recenzowaną rozprawę doktorską mgra Szymona Poręby składają się trzy opublikowane artykuły naukowe:

1. Poręba, S., & Ustrnul, Z. (2020). Forecasting experiences associated with supercells over South-Western Poland on July 7, 2017. *Atmospheric Research*, 232, 104681. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104681> (IF 5,369, 100 p. MEiN) - 80% udziału
2. Poręba, S., Taszarek, M., & Ustrnul, Z. (2022). Diurnal and seasonal variability of ERA5 convective parameters in relation to lightning flash rates in Poland. *Weather and Forecasting*, 37(8), 1447-1470. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-21-0099.1.1> (IF 3,025, p. MEiN 140) – 70% udziału
3. Poręba, S., Kieft, Ł., Pietras, B., & Taszarek, M. (2023). Nocturnal thunderstorms in Poland: Environments, synoptic patterns and comparison to diurnal thunderstorms. *Atmospheric Research*, 291, 106816. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.106816> (IF 5,965, 100 p. MEiN) – 60% udziału

Artykuły zostały poprzedzone stosownym streszczeniem w języku angielskim, spisem artykułów wchodzących w skład rozprawy, deklaracjami wkładu własnego doktoranta oraz współautorów w pracy nad artykułami, jak również spisem treści, stanowiącym przewodnik po



rozprawie. Treść rozprawy stanowią cztery rozdziały, po których przedstawiono spis literatury, składający się ze 154 pozycji. Po spisie literatury umieszczono publikacje składające się na rozprawę doktorską. Wszystkie prace są współautorskie. W artykule 1. – Autor rozprawy zadeklarował 80% wkładu własnego, w artykule 2. – ponad 70% oraz w artykule 3. – 60% wkładu. Uwagę zwraca zarówno wysoki Impact Factor czasopism, w których opublikowano artykuły (dwie prace z IF powyżej 5 i jedna praca z IF powyżej 3), jak również znaczący udział pracy własnej Autora, poświęconej wszystkim wchodzącym w skład rozprawy publikacjom.

W rozdziale wstępnym Autor opisuje motywacje podjęcia problemu badawczego na tle stanu badań nad zjawiskiem burzy, oraz sygnalizuje cel rozprawy doktorskiej. Motywacją do podjęcia szczegółowych badań nad zjawiskiem burzy była zdaniem Autora konieczność rozpoznania warunków meteorologicznych i synoptycznych towarzyszących burzom i jednocześnie możliwych do wykorzystania w operacyjnym prognozowaniu burz czy ich układów. Biorąc pod uwagę wciąż budzące wiele zastrzeżeń współczesne możliwości prognozowania burz, pomimo oparcia prognoz na ciągle rozwijanym numerycznym modelowaniu, ich zwiększanej rozdzielczości czasowo-przestrzennej, uwzględnianiu coraz bardziej zaawansowanych formuł stosowanych do obliczeń wartości elementów meteorologicznych czy stosowaniu coraz dokładniejszych systemów pomiarowych, **podjęty cel rozprawy doktorskiej jest jak najbardziej uzasadniony**. Przeprowadzone przez Autora badania umieszczają zatem rozprawę doktorską w aktualnym i nowoczesnym nurcie meteorologii synoptycznej, której jednym z celów jest dogłębne poznanie procesów prowadzących do powstawania burz, szczególnie silnych, stwarzających potencjalne zagrożenie dla człowieka i gospodarki, a poprzez to coraz doskonalsze ich prognozowanie.

Podrozdział 1.3. zatytułowany „Stan badań” wprowadza czytelnika w problematykę związaną z aktualną wiedzą na temat zjawiska burzy, metod jego detekcji czy sposobów prognozowania. Autor opisuje na początku podrozdziału metody teledetekcji i monitoringu burz wymieniając pracujące obecnie systemy detekcji naziemnej i satelitarnej a także pokrótce dokonuje analizy częstości występowania zjawiska burzy w skali globalnej i większych, odnosząc się przy tym szczególnie do obszaru badań, za który przyjął obszar Polski. Wskazuje przy tym znaczącą rolę unowocześnionego w roku 2014 systemu detekcji wyładowań atmosferycznych PERUN, pracującego w trybie operacyjnych w na obszarze naszego kraju. Następnie Autor rozważa miary intensywności burz, bardzo istotne obok



ich rozkładu przestrzennego, wskazując jednocześnie na brak jednoznacznych kryteriów w tym zakresie i konieczność dogłębnych analiz każdego przypadku. Wymienianymi kryteriami są tutaj sygnatury wskazujące na silną konwekcję jak *bow echo*, *hook echo*, *cold-ring* czy *overshooting top*. Ważne zdaniem Doktoranta są również raporty wykonane na podstawie obserwacji lub doniesień medialnych.

W kolejnej części rozdziału (podrozdział 1.3.4) Autor przedstawia rodzaje burz, wiążąc intensywność burzy bezpośrednio z jej morfologią oraz z zazwyczaj towarzyszącymi zjawiskami. Następnie (podrozdział 1.3.5) analizuje najczęściej stosowane obecnie w badaniach burz i zjawisk im towarzyszących wskaźniki i parametry konwekcyjne, wskazując przy tym silną ich zależność od warunków lokalnych. Zależność ta znacząco wpływa na obliczane prawdopodobieństwo badanych zjawisk w zależności od położenia geograficznego obszaru badań. W podrozdziale tym zamieszczono bardzo istotną tabelę (Tabela 1) wymieniając w niej 16 wykorzystanych w rozprawie wskaźników konwekcji. Kolejna część rozprawy przybliży czytelnikowi problemy prognozowania synoptycznego burz (podrozdział 1.3.6) wskazując, że metoda ta łączy analizy rozkładu frontów atmosferycznych, układów barycznych oraz danych z obserwacji i pomiarów naziemnych pozwalając na podstawie wieloletnich wzorców wskazanie sytuacji potencjalnie sprzyjających silnej konwekcji. W kolejnym podrozdziale Doktorant wskazuje na istotną rolę badań intensywnych burz. W badaniach tych wykorzystuje się zarówno doświadczenie synoptyczne jak i wartości wskaźników kinematycznych oraz termodynamicznych.

Przedstawiony przez Autora dysertacji stan wiedzy dotyczącej zjawisk konwekcyjnych w tym szczególnie burz został dobrze umieszczony na tle literatury przedmiotowej. Doktorant udowodnił dobrą orientację w aktualnym stanie badań nad zjawiskiem burzy i zjawisk jej towarzyszących, zarówno z punktu widzenia metodyki badań, prognozowania burz czy zagadnień teoretycznych pozwalających zrozumieć ich genezę. Dobra znajomość literatury pozwoliła na sformułowanie celu rozprawy, czemu został poświęcony podrozdział 1.4. Doktorant formułuje cel pracy, którym jest „opracowanie oraz ocena syntetycznych metod prognozowania burz i ich rodzajów w Polsce”. Prace badawcze służące osiągnięciu postawionego celu realizowano w trzech tematycznie powiązanych ze sobą artykułach skupionych na celach cząstkowych rozprawy. Celami tymi były:

- analiza warunków meteorologicznych, ocena dynamiki rozwoju i możliwości prognozowania zjawisk ekstremalnych na przykładzie superkumórek burzowych (artykuł 1),



- określenie typowych uwarunkowań meteorologicznych burz na obszarze Polski z uwzględnieniem ich intensywności jako funkcji liczby wyładowań atmosferycznych (artykuł 2), oraz
- wskazanie różnic w stanie atmosfery w czasie występowania burz w okresie dnia i nocy (artykuł 3).

Rozdział drugi opisuje wykorzystane w rozprawie doktorskiej zbiory danych, obszar badań oraz zastosowane metody badawcze. Badania przeprowadzono na obszarze Polski wraz z około 20. kilometrowym buforem, argumentując dobór obszaru badań jego reprezentatywnością dla Europy Środkowej pod względem charakterystyki aktywności burzowej a przyjęty obszar buforowy koniecznością uzyskania poprawnych danych w granicach administracyjnych naszego kraju. Argument o reprezentatywności Polski dla obszaru Europy Środkowej, choć oparty na literaturze zajmującej się zjawiskami burzowymi, jest w pewnej mierze kontrowersyjny. Biorąc pod uwagę chociażby częstość burz nocnych w Polsce, najwyższą w Europie, czy rzeczywiście można uznać nasz kraj za reprezentatywny dla środkowej części całego kontynentu?

Głównym źródłem danych dotyczących aktywności burzowej w recenzowanej rozprawie był system detekcji wyładowań atmosferycznych PERUN. Doktorant wziął pod uwagę najdokładniejsze dane dotyczące wyładowań doziemnych. Dodatkowe dane zostały zaczerpnięte z systemu radarów meteorologicznych POLRAD z okresu 2008-2021, jak również wykorzystano zdjęcia satelitarne z satelity METEOSAT (MSG) w czterech różnych kanałach widmowych oraz pojedyncze zdjęcia z satelitów okołobiegunowych Terra i Aqua. Ponadto, jako informacje uzupełniające potraktowano pomiary i obserwacje stacyjne. Głównym źródłem danych z kolei o warunkach meteorologicznych towarzyszących występowaniu burz były reanalizy ERA5, opracowane przez Europejskie Centrum Średnioterminowych Prognoz Pogody (ECMWF), o rozdzielczości 0,25°, ze 137. poziomami atmosfery i jednogodzinnym krokiem czasowym. Poza tym, wykorzystano trzy operacyjnie działające w IMGW-PIB modele meteorologiczne (AROME, ALARO i COSMO). Dla wybranych obliczeń posłużono się również modelami globalnymi (GFS i ECMWF). Do ewaluacji opracowanych kategorii burz wykorzystano ponad 14 tys. raportów z bazy ESWD, uwzględniając tylko te, które charakteryzowały się najwyższą wiarygodnością (Q1 i Q2).

W rozprawie posłużono się metodą gridowania danych, co pozwoliło poprawnie łączyć i przetwarzać dane z różnych źródeł (reanalizy, dane teledetekcyjne, pomiary stacyjne), szczególnie w



odniesieniu do dopasowania danych z reanalizy i sieci PERUN. Dane z systemu PERUN były zliczane w kwadratach o boku 10 km. Z kolei w celu określenia intensywności burz wykorzystano 1 minutową gęstość wyładowań na 100 km² oraz rozkład percentylowy (50, 75, 90 i 95), wyznaczając 4 klasy intensywności (słabe, umiarkowane, silne i ekstremalne). Pojawia się w tym przypadku pytanie, czy był to jedyny możliwy podział i czy wartość 90 percentyla nie może oznaczać burz ekstremalnych?

Dane radarowe wykorzystane w rozprawie w większości dotyczyły zarówno odbiciowości jak i prędkości radialnej pozyskanych ze skanu dopplerowskiego o zasięgu 125 km i produktów takich jak: odbiciowość maksymalna (MAX), odbiciowość o przekroju stożkowym dla pojedynczej elewacji (PPI), wysokość wierzchołka echa radarowego (EHT) oraz pionowy przekrój przez obserwowaną strukturę (EHT).

Istotnym elementem metodycznym rozprawy była również analiza synoptyczna wykorzystująca operacyjne analizy synoptyczne służb meteorologicznych Polski, Niemiec, Wielkiej Brytanii oraz Holandii, uzupełnione danymi pomiarowo-obserwacyjnymi, satelitarnymi oraz radarowymi. Klasyfikując sytuacje synoptyczne zastosowano metodę subiektywną. W jej pierwszym etapie określono obszary zasięgu zjawisk burzowych aby dopasować do nich określone sytuacje synoptyczne wraz z uwzględnieniem jednorodnej morfologii burz. Autor przedstawia podstawowe charakterystyki synoptyczne w tabeli 2. Jest ona jednak mało czytelna a charakterystyk można tutaj znaleźć 6 odnoszących się do sytuacji synoptycznej, 4 dotyczące morfologicznego typu burzy oraz dwie opisujące termin inicjacji konwekcji, a nie trzy jak pisze Doktorant w ostatnim wersie strony 16.

W rozdziale trzecim składającym się z trzech podrozdziałów, Autor przedstawia najważniejsze rezultaty badawcze, uzyskane w każdej z opublikowanych prac składających się na rozprawę doktorską. Pierwszy z cyklu artykułów zajmuje się szczegółową analizą serii superkomórek burzowych powstałych 7 lipca 2017 roku nad obszarem południowo-zachodniej Polski. Autor zauważa, że w tym czasie powstało co najmniej 6 dobrze rozwiniętych burz superkomórkowych, co jest zjawiskiem rzadkim w tej części Europy. Burzom towarzyszyły opady gradu o średnicy do 5 cm, silne porywy wiatru oraz trąba powietrzna o sile F2 w skali Fujity. Zasadniczym celem artykułu było określenie syntetycznych metod prognozowania burz o charakterze superkomórkowym. Charakterystyki komórek burzowych przedstawiono w tabeli 3. Błąd jednak wyjaśnienia w opisie tabeli oznaczeń Max H oraz Max dBz. W artykule Doktorant wyjaśnia szczegółowo synoptyczne oraz termodynamiczne przyczyny



analizowanych zjawisk, wskazując jednocześnie na unikatowy charakter, w skali europejskiej, uzyskanych danych radarowych dotyczących badanych superkomórek. Stwierdzono, że superkomórki wystąpiły w typowych warunkach ciepłego i wilgotnego powietrza, w którym zaistniały dodatkowe mechanizmy synoptyczne wyzwalające konwekcję, czyli wystąpiły wszystkie elementy zgodne z metodą składnikową prognozowania burz. Do najważniejszych czynników powodujących wystąpienie superkomórek w analizowanym przypadku należały między innymi duże uskoki wiatru. Ważnym rezultatem przeprowadzonych rozważań było wskazanie, że prognozowanie burz w analizowanym przypadku było możliwe poprzez jednoczesne wykorzystanie prognozy synoptycznej z numerycznej.

Analiza artykułu pierwszego i uzyskanych w nim rezultatów zachęca jednak do postawienia pytania, czy badania odnoszące się w zasadzie tylko do jednego dnia, w którym wystąpiły superkomórki nad południowo-zachodnią częścią Polski są wystarczające, aby uzyskane rezultaty badań traktować jako reprezentatywne dla obszaru badawczego?

Drugi z cyklu artykułów dotyczy analizy wpływu uwarunkowań meteorologicznych, w tym wartości wybranych parametrów atmosfery, na intensywność burz. Na podstawie danych z systemu PERUN z lat 2002-2019 Doktorant określił średnią roczną łączną sumę dni z burzą w Polsce, średnią roczną gęstość wyładowań na km² oraz wartości ekstremalne na obszarze kraju. Istotnym było wskazanie, że słaby rosnący trend liczby wyładowań atmosferycznych wiąże się z udoskonaleniem systemu Perun w roku 2014. Do ważnych osiągnięć artykułu należy stwierdzenie, że rozkład wyładowań doziemnych jest najbardziej skorelowany z rozkładem przestrzennym wskaźnika MUCAPE oraz odpowiada również wartościom wskaźnika DLS. Intensywność burz związana jest najbardziej z wartościami parametru MUCAPE, poza burzami ekstremalnymi, w czasie których wyraźnie wzrastają wartości wskaźnika DLS. Z kolei nocne wyładowanie odzwierciedlają rozkłady wskaźników MUMIXR i MUWMAXSHEAR (wskaźnik kompozytowy łączący MUCAPE i DLS). Uzyskane rezultaty wskazują również na wzrost wartości MUCAPE i DLS w okresie popołudniowym i wieczornym, zwiększając potencjał burz w tej części doby. Z kolei analiza wilgotności względnej, wykazała największą korelację z częstością burz w dolnej troposferze do wysokości 3 km oraz niewielką częstość aktywności burzowej przy wilgotności poniżej 50%. Najistotniejszym wnioskiem wypływającym z przeprowadzonych badań jest wskazanie obszaru od Niziny Śląskiej po Pojezierze Mazurskie charakteryzującego się największym potencjałem występowania intensywnych burz w Polsce.



Artykuł trzeci analizuje warunki występowania burz nocnych na obszarze Polski. Przeprowadzone badania wskazują, że nocne wyładowania atmosferyczne w zachodniej części kraju osiągają połowę wszystkich dobowych wyładowań, co jest jedną z najwyższych wartości poza basenem Morza Śródziemnego w Europie. Przeprowadzona analiza synoptyczna uwzględniająca ponad 1000 nocy z burzą w okresie 2002-2021, wskazuje na największą częstość burz w czasie linii zbieżności wiatru, frontu chłodnego oraz frontu pofalowanego. Najrzadziej natomiast burze nocne występują w czasie obecności frontu ciepłego. Stwierdzono również, że wskaźnik MUCAPE w czasie burz nocnych jest mniejszy niż podczas burz dziennych, natomiast wartości wskaźnika DLS są wyraźnie wyższe. Wykazano również, że burze nocne charakteryzują się dużym potencjałem do generowania groźnych zjawisk atmosferycznych. Należy zauważyć, że przeprowadzone w ramach recenzowanej rozprawy doktorskiej szczegółowe badania burz występujących w czasie nocy należą do unikalnych w skali europejskiej.

Rozdział czwarty stanowi podsumowanie i wskazuje na najważniejsze rezultaty oraz osiągnięcia rozprawy.

Biorąc pod uwagę dotychczasowy stan badań zjawiska burzy w literaturze o zasięgu międzynarodowym należy stwierdzić, że wyróżnikiem podjętych przez Doktoranta analiz, w porównaniu z innymi opracowaniami, jest wykorzystanie ogromnych baz danych o dużej rozdzielczości czasowo-przestrzennej. Uzyskane rezultaty badawcze zaprezentowane w rozprawie doktorskiej z jednej strony pozwoliły na potwierdzenie wyników wcześniejszych prac dotyczących uwarunkowań termodynamicznych i kinematycznych burz, z drugiej natomiast dały możliwość ich uszczegółowienia oraz poszerzenia dotychczasowej wiedzy dotyczącej wartości wybranych wskaźników, jak np. DLS czy LLS i ich korelacji z intensywnością wyładowań atmosferycznych. Do unikalnych wyników rozprawy należą rezultaty badań burz występujących w okresie nocy, czy analizy danych radarowych superkomórek burzowych. Ponadto część rezultatów rozprawy ma charakter aplikacyjny, przydatny w prognozowaniu burz. Można wymienić w tym miejscu wskazanie obszarów w Polsce o największym potencjale występowania najbardziej intensywnych burz, uwarunkowania synoptyczne występowania burz nocnych, zróżnicowanie uwarunkowań termodynamicznych i kinematycznych burz pomiędzy obszarem północno zachodniej południowo-wschodniej części kraju, czy też wyznaczenie wartości progowych wybranych wskaźników związanych z różnymi rodzajami genetycznymi burz.



Podsumowując recenzję stwierdzam, że **rozprawa doktorska Pana mgra Szymona Poręby zatytułowana „Synoptyczne uwarunkowania burz i układów burzowych w Polsce” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.** Ponadto, analiza składających się na recenzowaną rozprawę artykułów jednoznacznie wykazuje doskonałe opanowanie Doktoranta z literaturą przedmiotu badań, jak również metod badawczych, w tym w wielu przypadkach skomplikowanych i wymagających dużej wiedzy z zakresu fizyki atmosfery czy synoptyki, jak również cierpliwości i konsekwencji w realizacji podjętych trudnych zadań badawczych. **Recenzowana rozprawa doktorska wykazuje zatem ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta dotyczącą uwarunkowań występowania zjawiska burzy na bardzo wysokim poziomie akademickim.** Uzyskane rezultaty badawcze oraz ich publikacja w prestiżowych czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym, jak również duży udział własny doktoranta w opublikowanych artykułach składających się na rozprawę doktorską jednoznacznie wskazują, że **Doktorant wykazuje umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.**

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska spełnia wymogi określone w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 13.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki i stawiam wniosek do Rady Dyscypliny Nauki o Ziemi i Środowisku na Uniwersytecie Jagiellońskim o dopuszczenie mgra Szymona Poręby do kolejnych etapów przewodu doktorskiego, w tym do publicznej obrony.

Uwzględniając Wysoki poziom naukowy artykułów składających się na rozprawę doktorską Pana mgra Szymona Poręby składam wniosek o jej wyróżnienie.