

Dr hab. Elwira Żmudzka, prof. ucz
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
Uniwersytet Warszawski

Recenzja rozprawy doktorskiej pani mgr Kingi Kuleszy
pt. „Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na ilość promieniowania słonecznego
docierającego do powierzchni ziemi w Polsce”,
wykonanej w Katedrze Geografii Fizycznej
Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego

Dysertacja przygotowana przez mgr Kingę Kuleszę dotyczy zależności ilości promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni ziemi w Polsce od cyrkulacji atmosferycznej. Rozprawa stanowi oryginalne dzieło twórcze. Jest to syntetyczne opracowanie dopływu całkowitego promieniowania słonecznego do obszaru Polski z wykorzystaniem danych satelitarnych o dużej rozdzielczości przestrzennej. Promieniowanie słoneczne jest elementem pogody/klimatu, któremu poświęcono w polskiej literaturze klimatologicznej, w porównaniu do innych elementów meteorologicznych/klimatologicznych, stosunkowo mało badań, szczególnie w odniesieniu do obszaru całej Polski. Wyniki uzyskane w pracy uszczegółwiają wiedzę z zakresu zróżnicowania przestrzennego i zmienności czasowej tego elementu klimatu oraz jego uwarunkowań cyrkulacyjnych.

Praca liczy 149 stron maszynopisu, zawiera 21 tabel oraz 44 ryciny. Zgromadzona literatura obejmuje 247 publikacji naukowych. Rozprawa składa się z 7 rozdziałów. Podział treści jest logiczny, a proporcje między poszczególnymi częściami pracy zachowane. Pierwsza część dysertacji to wprowadzenie, zarysowanie treści oraz przegląd literatury, z wyodrębnionymi dwoma podrozdziałami dotyczącymi stanu wiedzy na temat promieniowania słonecznego w Polsce oraz wpływu cyrkulacji atmosferycznej na ilość promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi. W tej części pracy został także doprecyzowany cel badań (główny i dodatkowe). Rozdział drugi jest charakterystyką materiałów źródłowych i metod badawczych, a w trzecim dokonano weryfikacji danych dotyczących promieniowania słonecznego, które stanowiły podstawę wnioskowania statystycznego w przeprowadzonych badaniach. Po kontroli jakości danych dokonano określenia głównych cech zmienności ilości promieniowania słonecznego docierającego do obszaru Polski (rozdział 4) oraz jego związków z cyrkulacją atmosferyczną (rozdział 5).

Uzyskane wyniki zostały poddane dyskusji (rozdział 6). Ostatnią część pracy (rozdział 7) stanowi syntetyczne podsumowanie.

Pod względem edytorskim tekst jest poprawnie przygotowany. Jest przejrzysty, znajdują się w nim niezbędne odsyłacze. Spisy rzeczy są kompletne. Język pracy jest poprawny. Pojawiają się jedynie nieliczne błędy stylistyczne i interpunkcyjne oraz drobne uchybienia edytorskie (np. brak określenia *Spis treści*). Zastosowana terminologia jest poprawna, co pozwala na dobre rozumienie podjętych w pracy problemów badawczych. Ryciny i tabele są dopracowane, precyzyjnie zatytułowane oraz dobrze obrazują zagadnienia omówione w tekście.

Rozprawa jest dobrze osadzona w literaturze. W spisie literatury obejmującym, jak wspomniano, 247 publikacji ponad połowę stanowią opracowania obcojęzyczne. Na literaturę w języku polskim składa się 118 opracowań. Autorka dotarła do wielu źródeł w postaci artykułów naukowych, w tym pokonferencyjnych; powołała się też na kilka podręczników. Wykorzystała zarówno starsze opracowania, jak i swobodnie cytowała najnowszą literaturę przedmiotu, co zasługuje na wysoką ocenę. Przegląd literatury jest obszerny, wielowątkowy i przemyślany. Autorka nie ograniczyła się do wymienia pozycji literatury, ale zarysowała główne zagadnienia podjęte przez innych Autorów oraz, w większości przypadków, przytoczyła najważniejsze wyniki ich badań. Przedstawienie dotychczasowego stanu badań promieniowania słonecznego w Polsce jest rzeczowe, ciekawie ujęte i wyczerpujące. Omówienie publikacji dotyczących związków promieniowania słonecznego z cyrkulacją atmosferyczną poprzedza przegląd literatury poświęconej różnym metodom opisu cyrkulacji atmosferycznej. Zgromadzona przez Autorkę bogata literatura przedmiotu, aczkolwiek nie odnosi się do wszystkich zagadnień związanych z uwarunkowaniami promieniowania słonecznego, to jednak świadczy o Jej dobrym przygotowaniu i niezbędnej wiedzy do realizacji podjęty tematu badawczego.

W pracy wykorzystano materiał źródłowy z okresu 1986-2015. Dane dotyczące promieniowania pochodziły zarówno z pomiarów naziemnych (głównie IMGW) jak i satelitarnych. Podstawę przeprowadzonych analiz stanowiły wartości średniego dobowego natężenia całkowitego promieniowania słonecznego, które pochodziły z produktu SIS z bazy SARA-2. Dane te przeliczono na sumy dobowe. Dokonano weryfikacji jakości tych danych oraz zbadano dokładność ich dopasowania do danych z pomiarów naziemnych, pochodzących z 17 stacji aktynometrycznych z różnych regionów Polski. W tym celu zastosowano szereg miar statystycznych. Warto zaznaczyć, że również dane naziemne zostały poddane kontroli pod względem kompletności i jednorodności.

W pracy opisano zmienność promieniowania słonecznego, w tym tendencje zmian oraz wahania wielkości całkowitego promieniowania słonecznego nad Polską w badanym wieloleciu. Cyrkulację atmosferyczną opisano trzema metodami, wykorzystując dane z reanalizy meteorologicznej NCEP/NCAR. Wykorzystano rozkład pola ciśnienia na poziomie morza w sektorze europejsko-atlantyckim, 72-godzinne trajektorie wsteczne, określające kierunek adwekcji mas powietrznych nad Polskę oraz typy cyrkulacji atmosferycznej, wyznaczone za pomocą zmodyfikowanej klasyfikacji Lityńskiego. Uwzględnienie kilku metod opisu cyrkulacji atmosferycznej pozwoliło na pełniejsze, wieloaspektowe poznanie jej wpływu na wielkość całkowitego promieniowania słonecznego. Siłę związku ilości promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni ziemi w Polsce od ciśnienia na poziomie morza w sektorze europejsko-atlantyckim określono za pomocą współczynnika korelacji Pearsona. Wskazano obszary, w których zmiana ciśnienia wywiera znaczący wpływ na zmiany promieniowania nad Polską. Wyznaczono średnie sumy dobowe całkowitego promieniowania słonecznego w odniesieniu do grup trajektorii charakteryzujących się pewnym podobieństwem kształtu. Przedstawiono także średnie dobowe sumy promieniowania podczas poszczególnych typów cyrkulacji, a także podczas makrotypów cyrkulacji wyróżnionych ze względu na rozkład ciśnienia (A, 0, C) i kierunek adwekcji. Zaprezentowano przestrzenny rozkład całkowitego promieniowania słonecznego na obszarze Polski podczas poszczególnych typów cyrkulacji. W analizach zwrócono także uwagę na dni o skrajnie dużych sumach promieniowania słonecznego (powyżej percentyla 95).

Metody badań, zarówno te, które posłużyły do weryfikacji danych satelitarnych jak i te, które zostały wykorzystane do określenia wieloletniej zmienności ilości całkowitego promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni ziemi i jego związków z cyrkulacją atmosferyczną zostały dokładnie omówione, co pozwala na powtarzalność przeprowadzonych analiz. Na podkreślenie zasługuje ocena istotności statystycznej uzyskanych wyników.

Pozyskane materiały źródłowe oraz zastosowane metody badań pozwoliły na realizację zdefiniowanych celów badawczych, a także uzyskanie ciekawych wyników. Ważnym osiągnięciem pracy jest wykazanie, że dane satelitarne dotyczące promieniowania słonecznego mogą być stosowane zamiennie w stosunku do wyników pomiarów aktynometrycznych ze stacji naziemnych. Istotne znaczenie ma także określenie wielkości i kierunku zmian sum promieniowania całkowitego nad obszarem Polski. Stwierdzono, m. in., że średnia roczna suma promieniowania całkowitego zwiększała się w badanym wieloleciu średnio o $7,16 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ na rok. Wykazano przestrzenne zróżnicowanie tendencji zmian na obszarze Polski. Stwierdzone wahania średnich rocznych wartości całkowitego promieniowania słonecznego wokół ich

tendencji wzrostowej pozwoliły na dopasowanie do danych empirycznych statystycznie istotnego trendu sinusoidalnego, którego okres wahań wynosił około 14 lat. Kilkunastoletni (12-13 lat) cykl wahań sum rocznych promieniowania słonecznego stwierdzono także poddając dane analizie falkowej. Potwierdzono, że największe dobowe sumy promieniowania słonecznego są związane z antycyklonalnymi typami cyrkulacji, najmniejsze zaś z cyklonalnymi. Największa średnia dobową sumą promieniowania słonecznego występuje podczas cyrkulacji antycyklonalnej południowo-zachodniej, co jest związane z silnie rozbudowanym Wyżem Azorskim. Rozkład przestrzenny dobowych sum promieniowania słonecznego nad obszarem Polski zależy także od typu cyrkulacji. W przeważającej części roku z typami cyrkulacji ze składową północną i wschodnią (N-NE-E) jest związane zmniejszanie ilości promieniowania słonecznego z północy na południe, podczas gdy napływ mas powietrza z kierunków S-SW-W sprzyja zmniejszeniu promieniowania z południa na północ. W pracy wykazano także, że rodzaj cyrkulacji (inaczej układ baryczny) ma większy wpływ na kształtowanie sum dobowych całkowitego promieniowania słonecznego nad Polską niż kierunek adwekcji mas powietrza. Uzyskane wyniki badań udokumentowały znaczącą rolę cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu wielkości promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni ziemi w Polsce.

Pewnym mankamentem pracy jest brak wyraźnego oddzielenia dyskusji od części wynikowej pracy oraz odniesienia się, chociaż bardzo krótkiego, do innych, poza cyrkulacyjnych czynników warunkujących wielkość strumienia energii słonecznej docierającego do obszaru Polski.

Potwierdzenie i uszczegółowienie wcześniej stwierdzonych prawidłowości oraz unikatowe wyniki zawarte w dysertacji sprawiają, że rozprawa doktorska stanowi cenne uzupełnienie i poszerzenie stanu wiedzy na temat ilości dopływającej energii słonecznej do obszaru Polski i uwarunkowań cyrkulacyjnych tego elementu klimatu w kontekście jego zmienności czasowej. Wnioski płynące z wykonanych analiz mają charakter poznawczy i mogą stanowić podstawę badań ukierunkowanych na cele aplikacyjne.

Dysertacja mgr Kingi Kuleszy została przeze mnie przyjęta. Uważam, że praca spełnia wymagania formalne i merytoryczne stawiane rozprawom doktorskim (zgodnie z ustawą z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z późniejszymi zmianami) i może być podstawą dalszego procedowania.

Dr hab. Elwira Żmudzka, prof. ucz.

Warszawa, 19 listopada 2018 r.