

Olsztyn, grudzień 2023

Prof. dr hab. Zofia Rzepecka  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
Wydział Geoinżynierii  
Katedra Geodezji

## **Recenzja rozprawy doktorskiej**

**mgr Michała Mierzwiaka**

**pt. „Modelowanie meteorologicznych danych przestrzennych na potrzeby krótkoterminowych prognoz warunków solarnych w Europie Środkowo-Wschodniej”,**

napisanej pod kierunkiem

**dr. hab. inż. Krzysztofa Kroszczyńskiego oraz**

**dr. Inż. Andrzeja Araszkiwicza**

### **1. Podstawa opracowania recenzji**

Recenzję niniejszą opracowano na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport”, płk. Prof. dr hab. inż. Michała Kędzińskiego, zawarte w piśmie z dnia 16 października 2023 roku.

### **2. Układ i treść rozprawy**

Rozprawa doktorska została przygotowana na podstawie pięciu powiązanych tematycznie publikacji, stanowiących załączniki pracy. Treść rozprawy została poprzedzona streszczeniami (w języku polskim i angielskim), spisem treści oraz wykazem użytych skrótów. Jednostronicowe streszczenie zawiera krótkie uzasadnienie wybranej tematyki pracy oraz zarys podjętych badań. Wykaz użytych skrótów jest pomocny przy pierwszym czytaniu rozprawy. Sama dysertacja składa się z pięciu krótkich rozdziałów, przedstawionych na 25 stronach tekstu, uzupełnionego o 4,5 strony literatury. Rozdział pierwszy to „Wprowadzenie”, zawierające uzasadnienie podjęcia tematyki badań dotyczącej prognozowania warunków solarnych dla regionu Europy Środkowej. Autor uzasadnia wybór powyższej tematyki rosnącą potrzebą rozwijania produkcji energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych, w tym energii słonecznej. Dodatkowym uzasadnieniem jest brak opracowań naukowych w tym zakresie,

dotyczących regionu Europy Środkowej. W rozdziale 2, zatytułowanym „Problem badawczy, cel badań, teza, cykl publikacyjny” Autor ponownie podnosi potrzebę prognozowania warunków solarnych dla Europy w kontekście rozwijającej się energetyki odnawialnej, a także sytuacji geopolitycznej. Dodatkowo podkreśla konieczność wykorzystania w swoich badaniach różnorodnych danych przestrzennych, co ustanawia powiązanie między prowadzonymi badaniami a geodezją i kartografią. W rozdziale tym został także sformułowany główny problem badawczy rozprawy, którym „jest fakt niedostosowania metody krótkoterminowego prognozowania warunków solarnych do specyficznych warunków atmosferycznych panujących w regionie Europy Środkowej”. Z powyższego sformułowania wynika teza badawcza dysertacji, którą Autor podaje jako: „Optymalna parametryzacja modelu WRF zwiększa sprawdzalność prognoz warunków solarnych w potencjalnych lokalizacjach farm fotowoltaicznych”. Dalej, w tym samym rozdziale, czytelnik zapoznaje się z podstawowym celem badań, którym było „opracowanie metodyki prognozowania warunków solarnych w regionie Europy Środkowo-Wschodniej z wykorzystaniem modelu WRF.” (WRF - Weather Research and Forecasting Model). Ponadto Autor podaje także 3 cele szczegółowe, które mają pomóc w osiągnięciu celu głównego, a którymi są: opracowanie metodyki wyznaczania potencjalnych lokalizacji farm solarnych, zdefiniowanie optymalnej charakterystyki domen obliczeniowych dla analizowanego regionu oraz optymalna parametryzacja modelu WRF na potrzeby prognozowania warunków solarnych w Europie Środkowo-Wschodniej. Także w tym krótkim (2,5 strony), ale bardzo treściwym rozdziale 2, Autor zestawia artykuły stanowiące cykl publikacyjny i podaje ich punktację oraz współczynnik oddziaływania IF (Impact Factor). W czterech spośród pięciu artykułów cyklu Doktorant jest pierwszym autorem, a jego udział procentowy wynosi od 70% do 90%. W kolejnej publikacji, wymienionej jako drugi artykuł cyklu, Doktorant jest trzecim autorem, jego udział procentowy oszacowano na 20%. Punktacja MEiN łącznie wynosi 540 punktów (z tego 384 procentowego udziału Autora rozprawy), a sumaryczny IF 14,6 (9 po uwzględnieniu procentowego udziału Doktoranta). W rozdziale 3 rozprawy, którego tytuł brzmi „Metodyka badawcza”, Autor przedstawia jeszcze 3 hipotezy badawcze, które tu już wiąże z treścią publikacji cyklu oraz wcześniej podanymi celami rozprawy. Hipotezy te sformułowano następująco:

- a) Wagowanie czynników lokalizacji zapewnia jednoznaczną klasyfikację przydatności obszarów dla farm solarnych – hipoteza powiązana z publikacją nr 1 cyklu.
- b) Sposób doboru domen obliczeniowych zwiększa efektywność prognoz warunków solarnych - hipoteza powiązana z publikacją nr 4 cyklu.

c) Uwzględnienie warunków nefologicznych zwiększa dokładność prognoz warunków solarnych - hipoteza powiązana z publikacjami nr 2, 3 i 5 cyklu.

Dalej w rozdziale 3 Autor krótko odnosi się do metod badawczych, stwierdzając że „w badaniach wykorzystałem metody statystyczne, metody symulacji komputerowej oraz metodę eksperymentu”. Następnie, wszystko o czym była mowa w rozdziałach 2 i 3, zostaje streszczone w tabeli pn. „Schemat realizacji prac”. Tabela ta pomaga czytelnikowi rozeznaczyć się w mnogości celów, tez i hipotez pracy. Z ostatniej kolumny tabeli można się trochę więcej dowiedzieć na temat wykorzystanych metod badawczych.

Rozdział czwarty, najdłuższy z ocenianej rozprawy, nosi tytuł „Wyniki badań” i zajmuje 15 stron. Napisany został w odniesieniu do poprzednio sformułowanych celów i hipotez rozprawy oraz publikacji cyklu. W niniejszej recenzji, zanim krótko opiszę zawartość tego rozdziału, odniosę się do treści samych publikacji cyklu, na podstawie których rozdział z wynikami został stworzony.

W publikacji [1], dotyczącej wielokryterialnej analizy wyboru odpowiedniej lokalizacji farmy solarnej do 40 kW, Autorzy przyjęli kilka kryteriów, które umożliwiły podział terenu powiatu Legionowo na obszary, które zupełnie się nie nadają do budowy farmy solarnej, oraz takie których potencjał w tym względzie oceniono jako wysoki, średni lub niski. W publikacji [2] Autorzy podają, że celem publikacji było obliczenie na podstawie obserwacji GPS zawartości wody opadowej w atmosferze na obszarze Polski oraz dokonanie analizy wieloletnich (12 lat) szeregów czasowych pokazujących zmiany tej wielkości. Zawartość wody opadowej obliczono na podstawie tzw. mokrego opóźnienia troposferycznego sygnałów satelitarnych GPS, wykorzystując obserwacje wykonane na stacjach ASG-EUPOS. Wyciągnięto 2 główne wnioski z przedstawionych badań, a mianowicie, że zawartość wody opadowej w atmosferze nad obszarem Polski systematycznie wzrasta oraz, że obserwacje GPS mogą być przydatne w badaniach meteorologicznych, w tym w badaniach klimatu. W publikacji [3] badano jakość predykcji promieniowania słonecznego na podstawie modelu WRF, przy przyjęciu dwóch typów schematów promieniowania krótkofalowego: były to schematy RRTMG oraz Dudhia. Badania przeprowadzono dla obszaru północno-wschodnich Niemiec. Na ich podstawie stwierdzono, że schemat Dudhia lepiej się sprawdził w sytuacjach ciepłych i zimnych frontów, natomiast model RRTMG dawał lepsze predykcje przy frontie zokludowanym. W publikacji [4] zbadano wpływ sposobu zagnieżdżenia domen obliczeniowych na otrzymywane jedno lub dwudobowe prognozy warunków solarnych uzyskiwane z modelu WRF. Badania przeprowadzono na obszarze południowej części

wschodnich Niemiec Na podstawie porównań prognoz z wynikami rzeczywistych pomiarów, wybrano najlepszy sposób zagnieżdżenia dla analizowanego obszaru. W publikacji [5] badano 3 różne konfiguracje parametrów modelu WRF i wpływ różnic w przyjętych parametrach na zgodność uzyskanych prognoz z wynikami pomiarów rzeczywistych. Badania ponownie prowadzono na obszarze wschodnich Niemiec. Konfiguracja referencyjna (C-ref) zawierała standardowe parametry WRF, w parametryzacji C1 wprowadzono dodatkowo parametr Cumulus i nakładania się chmur, podczas gdy w parametryzacji C2 wprowadzono parametr Cumulus i křeta trigger, opisujący występowanie konwekcji. We wnioskach podano następujące informacje:

- Przy występowaniu zimnych frontów, zmodyfikowane parametryzacje dają wyniki bliskie lub troszeczkę lepsze niż parametryzacja standardowa
- Podczas występowania frontów okłudacyjnych konfiguracje C1 i C2 dają lepsze wyniki (obie zawierają opcję Cumulus)
- C1 jest trochę lepsza niż C2

Jak wspomniano wcześniej, wyniki uzyskane w powyższych pięciu publikacjach posłużyły Autorowi dysertacji do potwierdzenia słuszności przyjętych trzech hipotez oraz realizacji trzech celów szczegółowych. Odpowiednie wynikanie zostało przedstawione w rozdziale 4. Rozdział ten podzielono na 3 podrozdziały, w każdym z nich Autor pokazuje dowody na słuszność kolejnej hipotezy, zawarte w artykułach. Każda z publikacji jest też dodatkowo zwięźle streszczona. Według Autora, publikacja [1] potwierdza słuszność hipotezy 1 oraz realizuje cel szczegółowy nr 1, publikacja [4] potwierdza słuszność hipotezy 2 oraz realizuje cel szczegółowy nr 2, natomiast publikacje [2], [3] i [5] wspólnie potwierdzają hipotezę nr 3 i jednocześnie realizują cel szczegółowy nr 3.

W rozdziale 5 rozprawy, zatytułowanym „Wnioski i podsumowanie” Autor ponownie, tym razem skrótowo, podaje które publikacje potwierdzają kolejne hipotezy i realizują odpowiednie cele szczegółowe, co razem składa się na dowód postawionej na wstępie tezy doktoratu oraz realizuje jej cel główny. Rozprawę zamyka wykaz literatury, składający się z 38 anglojęzycznych pozycji dotyczących tematyki pracy, tylko jedna z nich datowana jest na wiek XX (dotyczy początków programu DISCover), pozostałe zostały opublikowane w XXI wieku.

### 3. Ocena tematyki, celu i tezy rozprawy

Tematyka rozprawy dotyczy modelowania meteorologicznych danych przestrzennych na potrzeby krótkoterminowych prognoz warunków solarnych w Europie Środkowo-Wschodniej. W dobie zmian klimatycznych, prób odchodzenia od paliw kopalnych i zwiększenia wykorzystania energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych, tematyka związana z badaniem warunków solarnych i możliwości ich prognozowania jest ciekawa i potrzebna. Autor uzasadnia wybór tej tematyki rosnącym zapotrzebowaniem na energię słoneczną, koniecznością budowy farm solarnych oraz częściowo zmianami klimatycznymi (p. początek podrozdziału 4.2.2). O ile sama tematyka badań nie budzi moich wątpliwości, o tyle sposób jej uzasadnienia przez Autora już trochę tak. Wydawałoby się, że rozważając możliwości i opłacalność budowy farmy solarnej na danym terenie, inwestor będzie bardziej zainteresowany prognozami długoterminowymi niż jedno lub dwudniowymi. Podobnie w kontekście zmian klimatycznych ważniejsze wydają się prognozy długoterminowe. Doktorant nigdzie w swojej rozprawie nie wyjaśnił dlaczego prognozy krótkoterminowe mają takie duże znaczenie. W publikacjach cyklu można znaleźć krótką informację, że chodzi o optymalizację zarządzania wyprodukowaną energią, ale takie wyjaśnienie nie jest według mnie bardzo przekonujące. Bo coż może zrobić właściciel farmy dowiadując się, że jutro będzie pochmurno i wyprodukuje się mało energii? Lub że właśnie będzie jej więcej niż zwykle może odebrać jego kontrahent? Proszę Doktoranta o wyjaśnienie.

Tezę rozprawy Autor formułuje następująco: „Optymalna parametryzacja modelu WRF zwiększa sprawdzalność prognoz warunków solarnych w potencjalnych lokalizacjach farm fotowoltaicznych”. Nie wyjaśnia przy tym co to znaczy „optymalna parametryzacja”, należy więc domniemywać, że optymalna tutaj to taka, która daje najlepszą sprawdzalność prognoz. Ale wtedy teza jest tautologią. Dodatkowo Autor nie uzasadnił w żaden sposób, że wybrana parametryzacja jest optymalna (w jakimkolwiek sensie). Zmienił jeden lub dwa parametry w modelu WRF, dla niektórych warunków synoptycznych wyszły lepsze prognozy, ale według np. tabeli 2 w publikacji [5] istnieje znacznie więcej różnych parametrów i ich kombinacji, które należałoby przebadać w celu wyboru najlepszej. Proszę Doktoranta o wyjaśnienie.

Doktorant podaje także główny problem badawczy rozprawy, którym „jest fakt niedostosowania metody krótkoterminowego prognozowania warunków solarnych do specyficznych warunków atmosferycznych panujących w regionie Europy Środkowej”. To sformułowanie też nie bardzo mi się podoba. Jakiś fakt może być dla kogoś jakimś problemem w języku potocznym, natomiast mówiąc o problemie badawczym, należałoby

podać jakieś zadanie do rozwiązania, na przykład „głównym problemem badawczym jest znalezienie optymalnej parametryzacji (...)”, lub „głównym problemem badawczym jest dostosowanie metody krótkoterminowego prognozowania warunków solarnych do specyficznych warunków atmosferycznych panujących w regionie Europy Środkowej”.

Natomiast podanie podstawowego celu badań jako „opracowanie metodyki prognozowania warunków solarnych w regionie Europy Środkowo-Wschodniej z wykorzystaniem modelu WRF” jest w mojej opinii prawidłowe.

Moje uwagi odnośnie sformułowań występujących przy podaniu hipotez badawczych i celów szczegółowych są podobne do tych przedstawionych powyżej i pominię już ich szczegółowe omówienie.

#### **4. Ogólna ocena oraz uwagi dotyczące recenzowanej rozprawy**

Treść recenzowanej rozprawy można podzielić na 4 umowne obszary:

- a) omówienie tematyki pracy i uzasadnienie jej wyboru,
- b) sformułowanie tezy, głównego problemu badawczego, celów szczegółowych i hipotez,
- c) omówienie treści 5 publikacji cyklu i powiązanie ich z tezą i głównym problemem badawczym pracy
- d) podsumowanie, w którym pokazano potwierdzenie wszystkich hipotez, osiągnięcie celów szczegółowych, a poprzez to rozwiązanie głównego problemu badawczego, osiągnięcie podstawowego celu badań oraz udowodnienie słuszności postawionej tezy.

Do obszarów a) i b) już się odniosłam w punkcie 3 recenzji. Obszar c) przygotowano w oparciu o 5 publikacji, które zostały uprzednio zrecenzowane i wydane w znanych i uznanych czasopismach. Treść i poziom tych publikacji nie podlegają mojej ocenie. Natomiast ich powiązanie z tematem pracy, głównym problemem badawczym oraz tezą powinno zostać krótko omówione. Po pierwsze, tematyka publikacji [1], poświęcona klasyfikacji obszarów wybranego powiatu pod kątem ich przydatności do budowy farm solarnych, raczej nie pasuje do tytułu pracy, aczkolwiek wpisuje się w ogólną tematykę badania warunków solarnych. Podobnie publikacja [2], w której badano długie szeregi zawartości wody opadowej w atmosferze, w mojej ocenie raczej też nie przyczyniła się do realizacji celów rozprawy i udowodnienia jej tezy. Natomiast publikacje [3], [4] i [5] rzeczywiście tworzą cykl poświęcony badaniu parametryzacji modelu WRF i wpływu doboru parametrów na zgodność uzyskanej prognozy z wynikami obserwacji. Podane uwagi nie zmieniają mojej pozytywnej oceny badań wykonanych w ramach recenzowanej pracy doktorskiej. Wykonane badanie i ich

wyniki są ciekawe, otwierają nowe obszary badawcze, mogą znaleźć zastosowanie praktyczne, nie tylko jako pomocnicze do obsługi farm wiatrowych, ale także do sporządzania krótkoterminowych prognoz meteorologicznych.

Rozprawa napisana jest poprawnym językiem, układ i struktura pracy jest prawidłowa. Strona edytorska także nie budzi zastrzeżeń, rysunki są dobrze przygotowane i czytelne, prawidłowo dobrane, tabele 1 i 2 ułatwiają poruszanie się po treści i pracy i znajdowanie odpowiednich powiązań i wyników, czasem zdarzają się błędy interpunkcyjne, nie utrudniają jednak czytania rozprawy.

## **5. Uwagi i pytania do pracy**

W punkcie 3 niniejszej recenzji zawarłam uwagi odnośnie tematyki pracy i sposobu jej uzasadnienia przez Doktoranta oraz tezy pracy. Proszę Autora o odniesienie się do zawartych w tych uwagach moich wątpliwości.

Dodatkowe pytania do rozprawy podaję poniżej.

- a) Według hipotezy 1, sformułowanej na stronie 14 rozprawy „Wagowanie czynników lokalizacji zapewnia jednoznaczną klasyfikację przydatności obszarów dla farm solarnych”. Proszę odnieść się do sformułowania „jednoznaczną klasyfikację”. Czy bez wagowania (co byłoby równoważne z przyjęciem równych wag przypisanym różnym czynnikom) uzyskalibyśmy klasyfikację niejednoznaczną? W jaki sposób przeprowadzono wagowanie? Proszę także krótko odnieść się do metod AP i WLC.
- b) W publikacji [3] stwierdzono, że schemat Dudhia lepiej się sprawdził w sytuacjach ciepłych i zimnych frontów, natomiast model RRTMG dawał lepsze predykcje przy froncie zokludowanym. A w innych publikacjach oraz wybranych miejscach rozprawy padają stwierdzenia, że model RRTMG jest lepszy i jest on wykorzystywany do najważniejszych badań zawartych w publikacji [5].
- c) Proszę krótko omówić parametry standardowe modelu WRC, w tabeli 2 w publikacji [5] nie zostały one wymienione. Które z nich można zmieniać? Na jakie? Jakie są możliwości? Jakie są spodziewane efekty tych zmian? Proszę odnieść się tylko do tych parametrów, których nie zmieniano w tworzeniu zestawów parametrów C1 i C2 omówionych w [5].
- d) Dlaczego przy badaniach prowadzonych w ramach [1] w powiecie Legionowo wykorzystano model GMTED2010, a nie któryś z dostępnych polskich modeli?

## 6. Podsumowanie, wnioski i konkluzja

Dorobek Doktoranta przedstawiony w postaci pięciu załączonych publikacji, zamieszczonych w uznanych czasopismach uważam za bardzo dobry.

Podsumowując ocenę pracy podkreślam, że wymienione powyżej sugestie i uwagi krytyczne mają charakter dyskusyjny i nie zmieniają mojej pozytywnej opinii o pracy. Stwierdzam, że opiniowana praca spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę z dnia 20 lipca 2018 r., art. 187 – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z. 2023 r., poz. 742 z późn. zm.) i na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie Pana magistra Michała Mierziaka do publicznej obrony rozprawy doktorskiej przed Radą Dyscypliny Naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie.

Prof. dr hab. Zofia Rzepecka

