

Recenzja rozprawy doktorskiej magistra Marka Helisa *Wykorzystanie erozjogennych wskaźników degradacji gleb do kształtowania optymalnej struktury użytków rolnych na przykładzie zlewni Bystrzycy Dusznickiej*

Formalną podstawą recenzji jest uchwała nr 975/2023 Rady Naukowej Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego Państwowego Instytutu Badawczego z dnia 28. czerwca 2023 roku. Uchwałą, egzemplarz pracy oraz inne dokumenty otrzymałem wraz z pismem sygnowanym przez prof. dr hab. inż. Wiesława Dembeka, Zastępcę Dyrektora ds. Naukowych ITB-PIB.

Ogólna charakterystyka rozprawy

Praca, liczy 87 stron (w tym 10 stron bibliografii, spisów tabel i rysunków) i dokumentuje eksperymenty obliczeniowe, bazujące na modelach empirycznych, oraz badania terenowe prowadzące do wniosków praktycznych. Doktorant przedstawił cel pracy, następnie wskazał 5 celów szczegółowych, będących etapami postępowania badawczego.

Tytuł pracy sygnalizuje opracowanie zasad wykorzystania wskaźników liczbowych nasilenia erozji gleb w zlewni górskiej, konkretnie zlewni Bystrzycy Dusznickiej, w celu sformułowania na ich podstawie zaleceń dotyczących modyfikacji struktury użytków rolnych minimalizującej proces degradacji gruntów. Doktorant formułuje to w następujący sposób (cel pracy: strona 13): *Celem pracy była ocena czynników środowiskowo-klimatycznych w badanej zlewni Bystrzycy Dusznickiej w kontekście powierzchniowej erozji wodnej gleb [...] oraz wypracowanie na tej podstawie uniwersalnych zasad zrównoważonego użytkowania gleb w terenach górskich.* Erozja, zwłaszcza w terenach górskich i falistych, jest istotnym czynnikiem kształtującym profil gleb i ich przydatność użytkową. Odzwierciedla się także w klasyfikacji i kwalifikacji gleb, która uwzględnia, między innymi, grupę gleb erodowanych (tak zwany kompleks 3-pszeny wadliwy), jak też gleby o charakterze napływowym (mady i deluwia) kształtowane przez depozycję materiału pochodzącego ze zmywu z poziomów próchnicznych terenów położonych wyżej. Erozja to zjawisko dotkliwe w skali światowej o czym świadczą liczne studia nad badaniem tego problemu przez służby zajmujące się rolnictwem na wszystkich kontynentach. Z tego powodu można uznać, że tematyka pracy jest ważna i aktualna. Przykłady z terenów o najżyźniejszych glebach w Polsce wskazują na potrzebę wprowadzenia rozwiązań zapewniających ograniczenie degradacji związanej z pominięciem elementarnych zasad przeciwdziałania erozji wodnej.

Definiowanie celu pracy poprzedza obszerna część wstępna zawierająca przegląd literatury dotyczącej problematyki degradacji gleb w ogóle, ze szczególnym uwzględnieniem erozji wodnej. W tej części został opisany także model RUSLE wykorzystany w dalszej części do oszacowania rozmiarów i zasięgu zjawiska erozji w wybranej przez Doktoranta zlewni Bystrzycy Dusznickiej. W

pracy wykorzystano, zastosowany przez Doktoranta do oceny zbilansowania makroskładników (NPK) w obrębie zlewni, pakiet o nazwie *MacroBil*. Przytoczono także opis potencjalnych metod przeciwdziałania erozji. Część wstępną zamyka opis ustawodawstwa Polski i Unii Europejskiej dotyczącego problematyki ochrony gleb.

Zasadnicza część pracy: opis metodyki, obszaru badań, omówienie wyników pomiarów, oznaczeń chemicznych i obliczeń modelowych zajmuje blisko połowę pracy, jest szczegółowa choć pojawiają się tu także niejasności. Pracę zamyka opis optymalnej struktury użytków rolnych w kontekście zagrożenia erozją wodną, dyskusja wyników i ich podsumowanie. Pracę można nazwać zwartą i skupioną na głównym celu: określeniu tytułowej optymalizacji struktury użytkowania gruntów w zlewni Bystrzycy Dusznickiej.

Kwestie metodyczne i struktura pracy

Doktorant przyjął koncepcję rozwiązania zadania wskazanego jako cel pracy opartą na modelowaniu przestrzennego rozkładu zagrożenia erozją terenów zlewni. Doktorant wykorzystał w tym celu szeroko stosowany i wielokrotnie opisywany model o nazwie RUSLE. Model, opracowany na podstawie systematycznych, długotrwałych badań prowadzonych w USA począwszy od 1940 roku, ma postać równania składającego się z iloczynu sześciu wskaźników liczbowych. Ich wartość jest, zgodnie z koncepcją autorów modelu, ustalana według ściśle określonych reguł i równań. Podstawowy wskaźnik, tak zwana erozyjność opadów (oznaczana w modelu symbolem R), wymaga, zgodnie z zaleceniem autorów modelu, dysponowania 22-letnią serią obserwacji natężenia opadów atmosferycznych, w celu wyodrębnienia cykli intensywności i częstości opadów nawalnych, będących głównym impulsem unoszenia cząstek glebowych. Jest to parametr fizyczny wyprowadzony z obserwacji zjawiska wsiąkania wody, spływu i czasu opadu o określonej energii. Liczba i natężenie opadów nawalnych powinna być ustalona w drodze analizy zapisów obserwacji pluwiograficznych. W warunkach krajowych (i w wielu innych krajach) jest to wymóg trudny do spełnienia (brak odpowiednich danych, przynajmniej w niektórych rejonach kraju) i zamiennie, stosowane są algorytmy regresji w celu estymacji przybliżonej wartości R . Doktorant wykorzystał zmodyfikowany przez Licznara model regresji bazujący na rozpowszechnionym w pracach z tego zakresu, indeksie Fourniera, wiążącym wartość R z rozkładem sum miesięcznych opadów atmosferycznych. Rozwiązanie to sugerowali autorzy projektu USLE w przypadku braku dostępu do odpowiednio długiego i szczegółowego cyklu obserwacji, pomimo nieuniknionych błędów tego rodzaju modeli. Przestrzenną zmienność opadów w obrębie zlewni Bystrzycy Dusznickiej, ważną z uwagi na ocenę rozkładu wartości R w tym obszarze, Doktorant oszacował na podstawie co-krigingu wykorzystując dane z 5 stacji obserwacyjnych oraz DEM, wiążąc sumy opadów ze współrzędnymi i rzędnymi terenu. Doktorant pominął występujący w oryginalnym modelu komponent wartości R związany z erozją spowodowaną topnieniem pokrywy śnieżnej. Pozostałe parametry równania RUSLE uzyskuje poprzez interpretację map glebowo-rolniczych (współczynnik K związany ze składem ziarnowym gleb), DEM (indeks LS

łączący wpływ długości stoków oraz nachylenie na intensywność erozji) oraz mapy ewidencji gruntów (C i P - pokrycie terenu i czynniki ograniczające erozję). Pewne trudności mogły towarzyszyć dostosowaniu informacji z mapy glebowo-rolniczej do skali podatności na erozję (wskaźnik K). Treść naszej dokumentacji operuje gatunkami gleb według ich klasyfikacji sprzed kilkadziesiąt lat, istotnie różnej od klasyfikacji w USA i stosowanej przez FAO, jak też obecnie w Polsce. Pozyskane dane zostały przetworzone przez moduł algebry map systemu informacji geograficznej (GIS) w celu wygenerowania obrazu zróżnicowania poszczególnych parametrów modelu RUSLE, w tym mapy zagrożenia erozyjnego. Doktorant nie wskazał systemu GIS wykorzystanego w pracy.

Decyzję o wykorzystaniu znanego modelu do analizy zagrożenia erozyjnego gruntów położonych w urozmaiconym morfologicznie terenie należy uznać za słuszną. Obserwacja nasilenia erozji i jej przestrzennego rozkładu w stosunkowo rozległym terenie wymagałaby wieloletnich, trudnych obserwacji w wielu punktach zlewni. Model RUSLE ma stosunkowo silną podstawę fizyczną (głównie w zakresie erozyjności opadów i podatności gruntów na zmyw powierzchniowy) jak też empiryczną. Konkurencyjne modele są systematycznie rozwijane (równoległe z kolejnymi uzupełnieniami pierwotnej wersji USLE/RUSLE), zwiększając zapotrzebowanie na bardziej szczegółowe dane przechowywane w repozytoriach cyfrowych. W przypadku braku dostępu do systematycznych, wieloletnich obserwacji alternatywą są modele regresyjne poszczególnych parametrów podstawowego równania.

W dalszych analizach Doktorant zajął się bilansem makroskładników zawartych w glebach (NPK) w obrębie zlewni. Wykorzystuje w tym celu program *MacroBil* opracowany w IUNG. Program przeznaczony jest, według informacji dostępnej na stronie IUNG, do oceny bilansowania makropierwiastków (głównie N) w celu minimalizacji zanieczyszczania wód związanego z nadmiernym nawożeniem w gospodarstwach indywidualnych. To zagadnienie stanowi istotny element zagospodarowania terenu zlewni pod warunkiem uwzględnienia przemieszczeń makroskładników spowodowanych erozją i depozycją materiału glebowego. Wyliczenia takie mogą być traktowane jako punkt odniesienia w ocenie ubytków oraz akumulacji składników pokarmowych w różnych partiach terenu. Nie kwestionuję użyteczności pakietu *MacroBil*, należy jednak zauważyć, że nie opublikowano, a w każdym razie ja nie znalazłem w dostępnych publikacjach, jego algorytmu. Ponadto, według dostępnych opisów, program jest przeznaczony do bilansowania w obrębie gospodarstwa, gdzie dane wejściowe są zazwyczaj dobrze znane. W zlewni o sporej powierzchni można operować tylko statystykami o nieznanym wiarygodności. Doktorant używa w odniesieniu do *MacroBil* terminu „czarna skrzynka”, jednak jego algorytm jest w pełni deterministyczny, inaczej niż ma to miejsce w algorytmach uczenia maszynowego, które często mają właściwości *black box*.

Oryginalnym składnikiem pracy jest eksperyment z wykorzystaniem chwytaczy glebowych służących do gromadzenia wód i frakcji glebowych zmywanych ze zboczy. Wody i gleby poddano analizom chemicznym mającym na celu oszacowanie strat makro- i mikroelementów wymywanych wraz z fazą stałą gleb. Ten element jest godny podkreślenia z uwagi na znaczenie wyników oznaczeń

składu chemicznego ubytków i depozycji, głównie makro- i mikroelementów, dających podstawę do rzetelnej oceny całokształtu strat erozyjnych.

Końcowym efektem pracy jest oszacowanie rozmiaru modelowej erozji wodnej w zlewni Bystrzycy Dusznickiej wraz z jej przestrzennym zróżnicowaniem oraz analiza położenia fragmentów zlewni wymagających podjęcia prac przeciwdziałających intensywnej erozji. Pracę kończą dyskusja i zestaw wniosków.

Plan badań oraz zastosowane rozwiązania wskazują na dobrą orientację Doktoranta w zagadnieniach erozji wodnej gleb, inicjatywę badawczą, silne ukierunkowanie na praktyczne wykorzystanie wyników badań. Doktorant chętnie posługuje się oprogramowaniem w modelowaniu i wizualizacji wyników badań. Uważam, że struktura pracy jest odpowiednia dla prezentacji tytułowego zagadnienia. Pewne wątpliwości budzą u mnie tytułowe „erozjogenne wskaźniki”, nie jestem pewien czy jest to sformułowanie poprawne pod względem semantycznym.

Uwagi szczegółowe

W pracy Doktorant prezentuje w wielu miejscach oszacowania rozmiarów, powierzchniowego i masowego, erozji jako fakt, podczas gdy jest to aproksymacja, obciążona pewnym, choć nieznanym błędem. Wyniki te powinno się określać jako „prognozowana erozja”, „predykcja erozji” albo „szacowana erozja”. Nie przekreśla to użyteczności obliczeń w podejmowaniu decyzji związanych z ochroną gleb.

Wspomniałem na wstępie o wykorzystaniu bilansu makropierwiastków (NPK) w rejonie zlewni i wybranych gospodarstw jako punktu odniesienia do prognozowanych przemieszczeń składników pokarmowych. Uważam, że obserwacje dokonane poprzez wykorzystanie chwytaczy wskazują na istotny udział erozji w przemieszczaniu się związków próchnicznych oraz makro- i mikroelementów. Średnio biorąc można oceniać, że bilans makroelementów, według *MacroBil* (w pracy występuje podwójne nazewnictwo tego pakietu także jako *MakroBil*), jest zrównoważony, lecz obserwacje Doktoranta wskazują, że w skali gospodarstwa mogą występować straty lub zyski uzależnione od położenia działek w stosunku do terenów otaczających. W podsumowaniu modelu RUSLE, w odniesieniu to terenów gruntów ornych, Doktorant szacuje średni ubytek gleb tych gruntów na około 30 ton rocznie z hektara. Ubytki tę pochodzą z najbardziej zasobnych poziomów gleb, stanowiących główny rezerwuar składników pokarmowych i podlegających najbardziej intensywnym procesom wymiany masy i energii. Przyjmując za miarodajne wyniki oznaczeń chemicznych sedymentów pobranych z chwytaczy można z grubym przybliżeniem wyliczyć, że 30 ton sedymentów zawiera ~75 kg N, ~21 kg P, ~300 kg K oraz ~600 kg węgla organicznego (dane orientacyjne z interpretacji wykresów dotyczących składu chemicznego osadów). Są to wartości istotne w bilansie makroskładników w stosunku do ich niewielkiej „nadwyżki” wykazanej przez obliczenia za pomocą programu *MacroBil*. Składniki wymywane w górnych partiach zboczy są deponowane w obniżeniach terenowych modyfikując bilans w skali gospodarstw. Przypuszczam, że propozycja odpowiedniego dodatku do

programu *MacroBil* byłaby uzasadniona, przynajmniej w rejonach górskich. Doktorant w podsumowaniu pracy przedstawia inne wyliczenie strat makroskładników spowodowanych erozją przyjmując ich nadwyżki bilansowe (skalkulowane w programie *MacroBil*) jako część podlegającą utracie w wyniku erozji. Uważam, że konkretne dane eksperymentalne pochodzące z oznaczeń laboratoryjnych zebranych w chwytaczach osadów lepiej odzwierciedlają średnie ubytki masy makroskładników niż wyliczenia teoretyczne pakietu programowego.

Kluczowymi częściami pracy są rozdziały 7.3 i 7.4. W rozdziale 7.3 Doktorant przedstawia wyniki (tabele i mapy) zróżnicowania przestrzennego głównych czynników wpływających na poziom erozji: erozyjność opadów, średnioroczne ubytki materiału glebowego w kolejnych latach, oszacowania ubytków w skali bezwzględnej (wartości strat gleby) oraz względnej (liczby działek objętych erozją w różnym stopniu). Nie mam zastrzeżeń do tej części pracy, grafika i wyliczenia są poprawne. Doktorant, wypełniając tytułowy aspekt pracy, przedstawia także przykładowe działki objęte w różnym stopniu erozją, wskazując potrzebę modyfikacji ich zagospodarowania.

W rozdziale 7.4 Doktorant analizuje, metodą korelacji liniowej, współzależność rozmiaru depozycji osadów gleb w chwytaczach oraz sumy opadów występujących między terminami pomiaru ich masy. Współczynniki korelacji liniowej są zróżnicowane, a w odniesieniu do punktów położonych w dolnych częściach zboczy przyjmują wartość bliską zero. Wskazuje to na złożoność procesu zmywu i depozycji. Należy zwrócić uwagę, że w zastosowanym przybliżeniu wartości R jej zależność od opadów ma postać nieliniową. Można rozważać, czy wykorzystanie w miejsce korelacji Pearsona (korelacja liniowa) współczynnika korelacji rangowej Spearmana miałyby lepsze uzasadnienie.

O ile poszukiwanie zależności statystycznych między depozycją mierzoną w chwytaczach i sumą opadów atmosferycznych między pomiarami (tabela 13.) ma uzasadnienie merytoryczne to wyniki zawarte w tabeli 15. przedstawiające współczynniki korelacji liniowej między poziomem erozji **wyliczonymi** dla działek o największym narażeniu a czynnikami erozji wykorzystanymi w modelowaniu (R , LS i K), z kilku powodów można podważyć. Wpływ poszczególnych czynników na predykcję erozji wynika z równania modelu i jest on oczywisty. Relatywnie niskie współczynniki korelacji między predykcją erozji a wartościami R i K wynikają przypuszczalnie ze stosunkowo niskiej zmienności (wariancji) tych elementów na terenie zlewni. Głównym czynnikiem kształtującym zróżnicowanie predykcji pozostaje ukształtowanie terenu (L i S) o przypuszczalnie znaczącym zróżnicowaniu. Nie ma istotnego sensu badanie zależności między składnikami nielosowego modelu. Ocena taka wskazuje jedynie czynniki których zmienność przestrzenna w przyjętym zasięgu analizy decyduje o zróżnicowaniu wyników modelowania. Przy odpowiednio silnie zróżnicowanych przestrzennie opadach (np. w skali regionu lub województwa) oraz warunkach glebowych uwidoczniłoby się także ich znaczenie. Ponadto do obiektywnego opisu istotności wpływu różnych czynników wymagana jest bardziej złożona analiza za pomocą korelacji (lub regresji) cząstkowej.

Mimo powszechnego stosowania modeli USLE/RUSLE, ich oszacowania są obarczone błędami trudnymi do uniknięcia z powodu braku dostatecznie wiarygodnych danych. W szczególności wysokie

wymogi wobec ustalenia wartości R (erozyjność opadów) oraz K (podatność gruntów na erozję) są wygórowane z uwagi na ich rolę w modelowaniu. Uproszczenia w postaci zastąpienia oszacowań zgodnymi z zasadami USLE przybliżeniami regresyjnymi (np. zależnością R od sumy opadów) nieuchronnie prowadzą do poszerzenia przedziału niepewności wyników estymacji modelu. Obecnie nie dysponujemy jednak lepszym rozwiązaniem w tym zakresie poza wdrażaniem kompletnego zapisu intensywności opadów w systemie ciągłym, co jednak wymaga wielu lat ich rejestracji. Opracowywane są kolejne uzupełnienia modeli (obecnie RUSLE2 i RUSLE3) poszerzające zakres danych wejściowych ale także zwiększające wymagania wobec liczby i szczegółowości danych. Uważam, że w zastosowaniach związanych z optymalizacją struktury użytkowania w kontekście ograniczenia erozji wodnej praca Doktoranta wypełnia pewną lukę prowadząc do rozwiązania istotnego problemu. W tym przypadku wskazania modeli RUSLE powinny być traktowane analogicznie jak niektóre cechy chemiczne oznaczane w celu oszacowania potrzeb nawożenia. Przykładem mogą być tutaj różnorodne oznaczenia zawartości tak zwanych przyswajalnych form K , P , Mg i szeregu innych związków. Nie jest pewne czy rzeczywiście wynik oznaczeń prawidłowo odzwierciedla faktyczną przyswajalność tych składników (tym bardziej, że wykorzystywane są różne metody analityczne, znacznie różniące się od siebie i dające różne wyniki), jednakże operując odpowiednimi skalami wartości oznaczeń i obserwacjami możemy wiarygodnie przyjąć wartości rozgraniczające akceptowalne zasoby składników, zbyt niskie lub wysokie. Pomiar erozji jest niezwykle złożony i niepewny. Panuje jednak powszechna zgoda, że model USLE/RUSLE oddaje fizyczny mechanizm zjawiska, tym samym prawdziwe wartości erozji różnią się od ich estymacji, jednakże ich relacja jest monotoniczna. Tym samym względne relacje oszacowań w tych samych warunkach opadowych są zbieżne z rzeczywistymi procesami erozyjnymi. Jest to zatem dobra podstawa do wskazania terenów wymagających zmian zagospodarowania, w tym nawożenia. Na marginesie: w USA trwają od 1985 roku prace nad projektem o akronimie WEPP (*Watershed Erosion Prediction Project*) łączącym oszacowanie rozmiaru erozji oraz wysokości i miejsc depozycji materiału glebowego, jednak jego wymagania wobec dostępu do baz danych są jeszcze bardziej wygórowane niż w RUSLE.

W końcowych rozdziałach pracy Doktorant zamieszcza dyskusję wyników uzyskanych w pracy porównując je z doniesieniami literaturowymi, oraz podsumowuje wyniki pracy i wyprowadza wnioski wynikające z badań. We wnioskach została podkreślona uniwersalność i przydatność praktyczna modelu RUSLE. Ponownie przytoczono wyniki obliczeń bilansu makroskładników w zlewni oraz określa relację wyników bilansowania do wyliczonych przez siebie strat NPK związanych z erozją. Doktorant wskazuje we wnioskach sposób postępowania związany z przeciwdziałaniem erozji i jej skutkom, w zakresie zagospodarowania, nawożenia, instalacji inżynierskich, planowania przestrzennego, monitorowania procesu erozji i zarządzania.

Na koniec muszę wskazać niejasność, wymagającą wyjaśnienia przez Doktoranta. W podsumowaniu rozdziału poświęconego modelowaniu erozji wodnej (rozdział 7.3. – można go uznać za kluczowy, prezentujący praktyczne możliwości wykorzystania modelowania w celu wyznaczenia

terenów wymagających podjęcia działań ochronnych), Doktorant wylicza straty glebowe związane z erozją. Szacując średnioroczny bezwzględny i względny rozmiar strat glebowych przyjmuje, gęstość gleby w wysokości średnio $2,75 \text{ g/cm}^3$. Jest to wartość znacznie przesadzona: gęstość objętościowa gleb mineralnych mieści się, z grubsza, w granicach $0,75 - 1,90 \text{ g/cm}^3$. Gęstość objętościowa w poziomie próchnicznym (podlegającym zmywom) mieści się w pobliżu dolnej granicy tego przedziału, wynosi najwyżej $1,0$ do $1,5 \text{ g/cm}^3$. Przyjmując górną wartość gęstości masę warstwy glebowej o miąższości 25 cm na powierzchni 1 ha można oszacować na poziomie około 3750 ton (Doktorant prowadzi wyliczenie dla całej powierzchni gruntów ornych czyli 3599 ha). Stosując przybliżone oszacowanie przyjmuje (zgodnie z wynikiem modelowania) średni, roczny rozmiar erozji na całości gruntów ornych na poziomie 108000 t , czyli około 30 t/ha . Tym samym względny średni rozmiar erozji wynosi zatem, w stosunku wagowym, nie $4,4\%$ lecz $0,8\%$. Należy zauważyć, że 30 t/ha jest wartością średnią dla gruntów ornych, zatem istnieją fragmenty o dużo wyższej oraz znacznie niższej erozji, jak też tereny gdzie obserwuje się depozycję materiału, oraz ubytek spowodowany unosem przez cieki. Wyliczony wynik został wykorzystany we wnioskach do oszacowania łącznych strat makroskładników na gruntach ornych zlewni (str. 73). Warto przeanalizować algorytm tego wyliczenie i ewentualnie skorygować oszacowanie strat opierając się raczej na wynikach badań laboratoryjnych składu chemicznego osadów.

Podsumowanie oceny i konkluzja

Doktorant podjął próbę opracowania metody identyfikacji kartograficznej narażenia na erozję terenów wybranej zlewni górskiej. Proces erozji jest trudny do ilościowej oceny na podstawie wycinkowych obserwacji, zatem w praktyce dominuje w jego szacowaniu modelowanie, z dominacją algorytmu RUSLE. Formalna prostota obliczeniowa jest komplikowana przez wymogi dotyczące pozyskania danych. Doktorant wykazał się inicjatywą w doborze metod prowadzących do rozwiązania problemu. Wykorzystał pakiet systemu informacji geograficznej do integracji danych przestrzennych wszystkich komponentów występujących w modelu RUSLE. Wykonał także obliczenia dotyczące zbilansowania makroskładników w obrębie zlewni, przez co uzyskał punkt odniesienia dla oszacowania rozmiaru skutków geochemicznych spowodowanych erozją. Oryginalnym osiągnięciem Doktoranta są obserwacje dotyczące masy i składu chemicznego osadów pochodzących z erodowanych gleb, nagromadzonych w chwytaczach. Łącząc wyniki obliczeń modelowych i oznaczeń chemicznych można oszacować realne straty makroskładników powodowane erozją. Doktorant zaproponował także metodę wskazania terenów, głównie gruntów ornych, których zagospodarowanie powinno zostać zmodyfikowane metodami ujętymi we wnioskach. Praca nie jest wolna od błędów, w tym błędów edytorskich (składnia i terminologia), które nie przekreślają jej znaczenia. Istotne, moim zdaniem niejasności wskazałem w treści recenzji. Uważam, że praca mgr Marka Helisa spełnia warunki wymagane od rozpraw doktorskich i wnioskuję dopuszczenie jej Autora do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Kraków, 23.08.2023

