

dr hab. inż. Małgorzata Danek, prof. AGH
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

Kraków, dn. 21.03.2025

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pani mgr Nelli Waszak

pt. „Czynniki środowiskowe kształtujące przyrost roczny sosny zwyczajnej
(*Pinus sylvestris* L.) na wybranych stanowiskach w Polsce północnej”

Rozprawa doktorska została opracowana na Uniwersytecie im. Mikołaja Kopernika w Toruniu, na Wydziale Nauk Biologicznych i Weterynaryjnych, w Instytucie Biologii, w Katedrze Ekologii i Biogeografii, pod kierunkiem promotorów: dr hab. Marcina Koprowskiego, prof. UMK oraz dr Jožicy Gričar.

1. Informacje wstępne.

Recenzję rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Nelli Waszak opracowałam na podstawie pisma Pani prof. dr hab. Justyny Rogalskiej, Dziekan Wydziału Nauk Biologicznych i Weterynaryjnych, wraz z uchwałą podjętą przez Radę Dyscypliny Nauki Biologiczne Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu z dnia 17.01.2025 r., nr 1. Przewód doktorski prowadzony jest zgodnie z art. 190 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2023, poz. 742 z późn. Zm.).

Przesłana do recenzji rozprawa doktorska składa się z części o charakterze ogólnym, liczącej 38 stron, która zawiera streszczenie artykułów wchodzących w skład rozprawy doktorskiej, w podziale na rozdziały, wraz umieszczonym na początku streszczeniem, wstępem i celem pracy. Drugą część, o charakterze szczegółowym, stanowią dołączone kopie dwóch publikacji oraz jednego manuskryptu złożonego do recenzji w czasopiśmie naukowym. Dane bibliograficzne dotyczące prac składających się na rozprawę zamieszczono poniżej:

[1] Waszak, N.; Robertson, I.; Puchałka, R.; Przybylak, R.; Pospieszynska, A.; Koprowski, M. Investigating the Climate-Growth Response of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in Northern Poland. *Atmosphere* 2021,12,1690. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos12121690>

[2] Waszak, N.; Campelo, F.; Robertson, I.; Puchałka, R.; Balghiti, F.; Gricar, J.; Boularbah, A.; Koprowski, M. Fertilisation with potato starch wastewater effect on the growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forest in Poland. *Trees Forests and People* 2024,15,1-10. DOI:10.1016/j.tfp.2023.100480

[3] Waszak, N.; Puchałka, R.; Gričar, R.; Koprowski, M. Tree rings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) are more sensitive to winter temperature under the Atlantic climate but locally on precipitation.

Artykuły [1] oraz [2] zostały opublikowane w czasopismach zarejestrowanych w bazie Web of Science, których impact factor wynosi odpowiednio 2.5 i 2.7. Zarówno opublikowane artykuły jak i złożony manuskrypt artykułu są pracami współautorskimi, w których Doktorantka pełni rolę pierwszego autora. Jej wkład można ocenić na podstawie oświadczeń o wkładzie autorskim zawartych w wymienionych artykułach. W artykule [1] samodzielnie przeprowadziła analizę formalną i badania, przygotowała oryginalną wersję manuskryptu oraz brała udział w pracach terenowych. Współodpowiadała za konceptualizację i metodologię, współtworzyła oprogramowanie oraz uczestniczyła w procesie rewizji i edycji manuskryptu. W artykule [2] samodzielnie administrowała projektem i przygotowała oryginalną wersję manuskryptu, zaś współuczestniczyła w konceptualizacji, metodologii, analizie formalnej, badaniach, zarządzaniu danymi, tworzeniu oprogramowania, wizualizacji wyników oraz edycji manuskryptu. W przypadku manuskryptu [3], w którym brak informacji o wkładzie autorskim, Doktorantka jest pierwszym autorem i autorem korespondencyjnym. Wnioskować więc można, że jej udział w powstaniu tej pracy był także znaczący. Z powyższego wynika, że wkład Doktorantki był znaczący, zarówno na etapie badań, jak i opracowania wszystkich wymienionych wyżej prac.

Rozprawa doktorska ma charakter badawczo-naukowy. Tematyka i teść rozprawy doktorskiej zawierają się w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauk biologicznych.

2. Znaczenie przeprowadzonych badań.

Współczesne zmiany klimatyczne wywierają istotny wpływ na ekosystemy leśne, a ich dogłębne poznanie jest kluczowe dla zachowania stabilności, produktywności oraz bioróżnorodności tych ekosystemów. W tym kontekście szczególnego znaczenia nabierają badania nad oddziaływaniem zmian klimatycznych, takich jak wzrost temperatur, zwiększona częstotliwość i intensywność susz oraz wydłużenie okresu wegetacyjnego, na wzrost i przyrost drzewostanów. Jest to szczególnie istotne w odniesieniu do gatunków dominujących w strukturze lasów, takich jak sosna zwyczajna – główny składnik drzewostanów w Polsce. Pomimo wielu badań nad wpływem czynników środowiskowych, w tym klimatycznych, na wzrost tego gatunku, ich oddziaływanie – zwłaszcza w kontekście dynamicznych zmian klimatycznych – pozostaje nie w pełni poznane, co wymaga dalszych, systematycznych analiz. Dotyczy to między innymi analizy relacji między czynnikami klimatycznymi a przyrostem rocznym drzew w ujęciu zmienności czasowo-przestrzennej oraz wpływu pozostałych czynników środowiskowych, w tym antropogenicznych, które mogą istotnie modyfikować tę zależność. Niniejsza rozprawa koncentruje się na tych zagadnieniach, podejmując badania nad oddziaływaniem zarówno czynników klimatycznych, jak i antropogenicznych na kształtowanie się przyrostów rocznych sosny zwyczajnej w Polsce północnej.

3. Analiza rozprawy doktorskiej

Tytuł rozprawy doktorskiej w sposób ogólny, lecz wystarczający odzwierciedla zakres podjętej przez Doktorantkę problematyki badawczej. Tytuły dołączonych publikacji zostały sformułowane zgodnie z ich treścią, jasno przekazując kluczowe informacje.

Skrócone przedstawienie problematyki badań w pierwszej, ogólnej części pracy, poprzedzającej załączone publikacje składające się na rozprawę, ułatwia zapoznanie się z kluczowymi osiągnięciami, szczegółowo omówionymi w dołączonych artykułach. Układ ten

jest coraz częściej stosowany, gdy rozprawę tworzą publikacje. Podział na rozdziały części ogólnej jest typowy dla prezentacji pracy naukowej. Związki między kolejnymi zagadnieniami badawczymi, które tworzą rozprawę, prezentowanymi w formie artykułów i manuskryptu, są wyraźnie zaznaczone w Streszczeniu, Wstępie oraz Celu badań. Kolejne rozdziały (Materiały i Metody, Wyniki i Wnioski) stanowią streszczenia odpowiadających im sekcji artykułów. W rozdziale prezentującym wnioski brakuje jednak podejścia całościowego i syntezy oraz przedstawienia wyników badań w szerszym kontekście, co jest dość zaskakujące.

Wstęp zwięźle przedstawia kontekst badań, podkreślając znaczenie podjętej tematyki. Zawarte w nim informacje, poparte odpowiednimi odniesieniami do literatury, stanowią uzasadnienie podjęcia tematu, podkreślając jego wagę i prowadzą do celu przeprowadzonych badań, akcentując ich oryginalność oraz wskazując potencjalne zastosowania pozyskanej w wyniku ich przeprowadzenia wiedzy. Pewne zastrzeżenia budzi styl wypowiedzi – niektóre fragmenty tekstu są niejasne w wyniku stosowania nieprecyzyjnych sformułowań oraz skrótów myślowych.

Głównym celem rozprawy było rozpoznanie dynamiki wzrostu drzew sosny zwyczajnej bazując na szerokości przyrostów rocznych oraz ich strukturze anatomicznej, w oparciu o materiał pochodzący łącznie z 23 stanowisk badawczych zlokalizowanych w północnej Polsce. Reakcje przyrostowe drzew badano w kontekście wpływu czynników klimatycznych, w ujęciu czasowo-przestrzennym, a także wpływu działalności człowieka, tj. nawożenia odpadami poprodukcyjnymi. Cele szczegółowe, o których traktuje artykuł [1] skupiały się na określeniu, jak rodzaj wykorzystanych danych klimatycznych (miesięczne vs. dzienne) wpływa na wyniki analizy relacji klimat–przyrost roczny, w kontekście ich zastosowania w analizach dendroklimatycznych i rekonstrukcjach klimatu opartych na danych dendrochronologicznych. Celem określonym w artykule [2], było zrozumienie, jak różne stężenia pierwiastków N, P i K w ściekach poprodukcyjnych wpływają na strukturę anatomiczną przyrostów rocznych drzew, również na poziomie komórkowym, na przykładzie drzewostanu sosnowego z okolic Iławy, poddanego nawożeniu ściekami poprodukcyjnymi. Cele szczegółowe odnoszące się do manuskryptu ([3]) dotyczyły określenia jak kształtują się w czasie relacje między wybranymi czynnikami klimatycznymi a przyrostem rocznym sosny zwyczajnej rosnącej w północnej Polsce oraz w jakim stopniu odpowiedź przyrostowa sosny na czynnik klimatyczny odzwierciedla wpływy klimatu oceanicznego i kontynentalnego, widoczne w charakterystyce klimatycznej tego obszaru.

Cele, zarówno ogólny, jak i szczegółowe, zostały zarysowane w ogólnej części pracy. Te ostatnie podane są w formie pytań badawczych, przyporządkowanych poszczególnym artykułom wchodzącym w skład rozprawy. Cele szczegółowe zostały precyzyjniej sformułowane w załączonych artykułach oraz manuskrypcie.

Materiał do badań, w postaci wywierćw pobranych z osobników sosny zwyczajnej, pochodził ze stanowisk zlokalizowanych w okolicach Torunia [1], Iławy [2], a także 23 innych stanowiskach rozmieszczonych na obszarze Polski północnej [3], w drzewostanach, w których sosna zwyczajna była gatunkiem dominującym. W badaniach opisanych w artykule [1] i [3] łącznie wykorzystano 450 wywierćw z 225 drzew, jak również 15 chronologii zgromadzonych w Pracowni Dendrochronologicznej UMK. Badania przedstawione w artykule [2] oparto o 120 rdzeni pobranych w trzech stanowiskach badawczych, z których w analizie anatomicznej wykorzystano przygotowane preparaty mikroskopowe wykonane z rdzeni trzech drzew (artykuł [3]). W badaniach wykorzystano także dane klimatyczne (temperaturowe i opadowe) o rozdzielczości miesięcznej i dziennej, a także dane o stężeniach pierwiastków (N, P i K) oraz ilości ścieków.

Metody: Na poszczególnych etapach badań zastosowano szereg nowoczesnych narzędzi, a także metod statystycznych i analizy danych, w tym dedykowanych do badań dendrochronologicznych, dendroklimatologicznych oraz anatomicznych drewna. Skonstruowano chronologie przyrostów rocznych, analizie podano zależności między przyrostem rocznym drzew a czynnikami klimatycznymi oraz występowanie ekstremalnie wąskich i szerokich przyrostów rocznych (artykuły [1] i [3]). Ponadto przeprowadzono analizę parametrów anatomicznych komórek drewna (grubość ścian komórkowych, średnicę światła komórek) oraz cech strukturalnych przyrostów rocznych sosen (szerokość przyrostów, drewna wczesnego i późnego, liczby komórek w przyroście). Zbadano związek zmian w charakterystykach przyrostowych z nawożeniem ściekami poprodukcyjnymi oraz wybranymi zmiennymi klimatycznymi (artykuł [2]).

Rozdział Materiały i Metody zawarty w części ogólnej daje ogólny wgląd w charakterystykę materiału badawczego oraz zestawu zastosowanych metod badawczych. Zarówno materiał jak i metody badawcze zostały wystarczająco szczegółowo opisane w załączonych artykułach oraz manuskrypcie. Szereg zastosowanych przez Doktorantkę metod i podejść badawczych świadczy o wysokich umiejętnościach i wszechstronności w podejściu do podjętego tematu.

Wyniki badań i wnioski zaprezentowane w artykule [1] wskazują, że precyzyjniejszego opisu relacji między czynnikami klimatycznymi a przyrostem rocznym sosny zwyczajnej w północnej Polsce dostarczają dane dzienne, nie zaś, powszechnie wykorzystywane, dane miesięczne. Uzyskane wyniki są zgodne z badaniami nad sosną w innych częściach Polski: wykazały istotny wpływ temperatury w okresie od lutego do marca na szerokość przyrostu rocznego. Wykazano też istotność wpływu opadów, zwłaszcza w marcu, kwietniu i czerwcu. Uzyskane wyniki wskazują na przesunięcie się sezonu wegetacyjnego sosny w badanej lokalizacji: wpływ opadów obserwowano już od lutego–marca (i aż do czerwca–lipca). Analiza ekstremalnie wąskich i szerokich przyrostów wykazała, że głównymi czynnikami znacznie ograniczającymi wzrost sosny są niskie temperatury pod koniec zimy oraz niskie sumy opadów w sezonie wegetacyjnym. Również w przypadku tej części analizy, zastosowanie danych dobowych pozwoliło lepiej uchwycić wpływ ekstremalnych zjawisk pogodowych (susze, bardzo niskie temperatury) na przyrost badanych drzew, niż dane miesięczne.

W artykule [2] stwierdzono, że długotrwałe nawożenie drzewostanu sosnowego ściekami bogatymi w azot, fosfor i potas pochodzącymi z fabryki skrobi ziemniaczanej wpłynęło na zmiany w budowie anatomicznej drewna badanych drzew. Badania pokazały, że początkowy okres nawożenia miał korzystny wpływ na rozwój drewna wczesnego i grubość ścian komórkowych, jednak późniejsze nawożenie spowodowało redukcję szerokości przyrostu. Zaobserwowane na stanowisku nawożonym zmniejszenie grubości ścian komórkowych i średnicy światła komórek oraz redukcję przyrostów rocznych wiązano z możliwością wystąpienia suszy fizjologicznej, zwracając też uwagę, że zaobserwowane zmiany w strukturze komórkowej są podobne do zachodzących w warunkach naturalnego stresu wodnego. Autorzy wskazują na potrzebę dalszych badań nad wpływem nawożenia na wzrost drzew oraz, że wnioski z analizy tego oddziaływania na poszczególne parametry komórek mogą mieć zastosowanie m.in. w optymalizacji produkcji drewna wysokiej jakości.

Badania zaprezentowane w manuskrypcie [3] skupiły się na czasowo-przestrzennym wzorcu relacji klimat-przyrost roczny sosny rosnącej w Polsce północnej. Zmiany w relacji klimat-przyrost roczny odniesiono do obserwowanych zmian w czynnikach klimatycznych. Generalnie zaobserwowano zmniejszenie siły pozytywnego wpływu temperatury końca zimy i wzrostu wpływu temperatury marca na szerokość przyrostu rocznego, a także zwiększenie wrażliwość przyrostowej sosny na wysokie temperatury lata, co powiązano z obserwowanym

wzrostem temperatury na analizowanym obszarze, szczególnie silnym w ostatnim okresie. Dla dwóch starszych okresów analizy, nie wykazano wyraźnego związku uzyskanych wzorców relacji klimat-przyrost ze zróżnicowaniem klimatycznym obszaru (tj. wpływ klimatu oceanicznego vs. kontynentalnego). Dla okresu najbardziej współczesnego uzyskany podział już mu odpowiadał, należy jednak zaznaczyć, że pokrycie danymi stanowiskowymi dla ostatniego okresu analizy było znacznie mniejsze. W tym okresie sosny ze stanowisk klimatu oceanicznego charakteryzował silniejszy związek szerokości przyrostu z temperaturami zimowymi, natomiast te ze stanowisk klimatu kontynentalnego silniej negatywnie reagowały na temperatury późnej wiosny i lata, a lokalnie, pozytywnie, na opady lipca. Badania wskazują na znaczący wpływ współczesnych zmian klimatycznych na wzrost i rozwój drzewostanów sosnowych w północnej Polsce.

Wyniki badań zostały dobrze przedstawione w artykułach oraz manuskrypcie. Przedstawiony w rozdziale Wyniki części ogólnej ich zarys jest generalnie wystarczający. Odnosząc się do manuskryptu, odbiór Figur 4, 5 i 6 może sprawiać pewne problemy. Dlatego warto rozważyć dodanie w podpisach pod figurami informacji odnoszącej się do liczby porównywanych stanowisk (liczba ta w przypadku Figury 6 jest inna niż Figur 4 i 5). Ponadto, aby ułatwić porównania, warto rozważyć przeprowadzenie klasteryzacji dla dwóch starszych okresów, uwzględniając tylko stanowiska, których dane obejmują cały analizowany okres czasowy, a co za tym idzie dodać figury oparte na tych wynikach do manuskryptu. Rozdział Wnioski części ogólnej zawiera podsumowanie wyników, które można odnieść do stawianych w pracy celów szczegółowych. Podsumowanie prowadzone jest konsekwentnie, zgodnie z wcześniejszymi rozdziałami, tj. w podziale na wątki odnoszące się do kolejnych artykułów oraz manuskryptu. Choć takie podejście było generalnie wystarczające w poprzednich częściach pracy (Materiały i Metody, Wyniki), w tym przypadku brakuje syntetycznego ujęcia, które uwzględniałoby wnioski z poszczególnych etapów badań, odnoszące je do ogólnego celu pracy oraz przedstawiało wyniki w szerszym kontekście. Zastosowanie takiego podejścia znacznie wzbogaciłoby podsumowanie.

Najważniejsze uwagi edycyjne i językowe

- str. 10 „*Wschodnie regiony kraju, charakteryzujące się cechami klimatu kontynentalnego, wykazywały negatywną reakcję na wysokie temperatury w okresie letnim...*” – zapewne chodziło o „*Sosny rosnące we wschodnich regionach...*”.
- str. 13, fragment „*W Polsce, gdzie sosna zwyczajna jest dominującym gatunkiem leśnym [...], badania dendroklimatologiczne stanowią istotne narzędzie w rekonstrukcji klimatu, w tym w analizie wydarzeń ekstremalnych, takich jak susze czy zmiany temperatury powietrza i wpływie tych zdarzeń na przyrost drzew*” wymagałby dopracowania (wykazanie wyraźnego związku pierwszej i drugiej części zdania).
- str. 13, fragment „*Wzrost temperatury oraz zmieniające się warunki wodne są kluczowe w analizie reakcji ekosystemów leśnych na zmiany środowiskowe*” wymagałby dopracowania (skrót myślowy).
- str. 13, fragment „*Wyniki badań mają na celu...*” jest niepoprawny.
- str. 16, sformułowanie „*Jak kształtuje się relacja przyrost-klimat w zależności od tego czy korzystamy z klimatycznych danych dobowych czy miesięcznych?*” sugeruje, że rozdzielczość danych klimatycznych wpływa na samą relację między klimatem a przyrostem.
- str. 16, w celu drugim do artykułu [2] chodzi o zapewne nie o „*analizy klimatyczne*” ale o analizy dendroklimatyczne, a określenie „*rekonstrukcje klimatu*” należałoby doprecyzować (np. rekonstrukcje klimatu bazujące na danych dendrochronologicznych).

- str. 16, w przypadku pytania badawczego przypisanego do manuskryptu [3], należałoby doprecyzować, o jaką „reakcję” drzew chodzi (reakcję przyrostową), i na co (na czynnik klimatyczny).

4. Ocena ogólna rozprawy doktorskiej i wniosek końcowy

Przedstawiona przez Panią mgr Nellę Waszak rozprawa doktorska jest oryginalnym dziełem naukowym, stanowiącym cenny wkład w wiedzę dotyczącą wpływu czynników środowiskowych na reakcję przyrostową sosny zwyczajnej rosnącej w Polsce. Doktorantka wykazała się szeroką wiedzą dotyczącą podjętego tematu oraz wysokimi umiejętnościami w zakresie samodzielnego prowadzenia prac badawczo-naukowych. Na uwagę zasługuje wszechstronności i kompleksowe podejście do tematu badawczego, które łączy różnorodne metody i źródła danych w celu uzyskania pełniejszego obrazu badanych zjawisk.

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr Nelli Waszak pt. „Czynniki środowiskowe kształtujące przyrost roczny sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na wybranych stanowiskach w Polsce północnej” spełnia wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. W związku z tym, wnioskuję do Rady Dyscypliny Nauki Biologiczne Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu o dopuszczenie Doktorantki do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Kraków, 21.03.2025

