

Dr hab. Andrzej Boczoń
Zakład Ekologii Lasu
Instytut Badawczy Leśnictwa w Sękocinie Starym

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Wojciecha Witka, pt.:
*ROLA I ZNACZENIE SYSTEMÓW KORZENIOWYCH DRZEW LEŚNYCH
W FILTRACJI WODY OPADOWEJ W GŁĄB PROFILU GLEBOWEGO*
wykonanej pod kierunkiem promotora Pana dr. hab. Jarosława Kuczy
oraz promotora pomocniczego Pani dr. inż. Anny Ilek

WPROWADZENIE

Podstawą do opracowania recenzji jest pismo Rady Dyscypliny nauki leśne Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie z dnia 18 października 2021r. (nr sprawy 4DL – 520 – 24.2018/286 – 2021) w sprawie powołania na Recenzenta rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Wojciecha Witka.

Badania nad systemami korzeniowymi drzew są niezwykle trudne i pracochłonne. W naszym kraju stosunkowo niewiele badań dotyczy tych części drzew. Ostatnie kompleksowe prace nad systemami korzeniowymi drzew prowadzone były pod kierunkiem Profesora Zbigniewa Prusinkiewicza oraz Doktor Wandy Józefaciuk, jeszcze w XX wieku. Dlatego podjęcie przez Doktoranta badań dotyczących roli systemów korzeniowych drzew w filtracji wody opadowej w głąb profilu glebowego uważam za niezwykle interesujące i ważne.

OCENA ROZPRAWY

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska składa się z 154 ponumerowanych stron. W tekście znajduje się 16 tabel i 50 rycin, które stanowią wykresy, rysunki i zdjęcia. Właściwy tekst bez strony tytułowej, spisu treści i literatury, oraz bez abstraktów liczy 136 stron. Tekst posiada klasyczny układ pracy naukowej. Składa się z 8 ponumerowanych części wraz ze spisem literatury. Spis literatury zawiera 259 pozycji, w większości anglojęzycznych.



Rozdział pierwszy „Wstęp” liczy 7 stron i został podzielony na dwie części. W pierwszej Autor przedstawia zagadnienia dotyczące hydrologii leśnej, zdolności retencyjnych gleb, przemieszczania się wód opadowych w ekosystemach leśnych i znaczenia, jakie ma dla tych procesów rozpoznanie infiltracji gleb. W części drugiej Autor sformułował cele badawcze, założenie badawcze oraz postawił hipotezę badawczą. Głównym celem badań było określenie wywołanego obecnością korzeni stopnia zakłócenia przepływu wody infiltrującej przez ośrodek glebowy. Celami szczegółowymi były:

1. Określenie dynamiki rozdziału wody opadowej zasilającej glebę na tą, która:
 - a) dzięki sile grawitacji infiltruje w głąb profilu glebowego,
 - b) jest zatrzymywana w glebie siłami kapilarnymi, powiększając w ten sposób zapas wody w glebie,
 - c) zmienia kierunek infiltracji w wyniku oddziaływania na nią obecnych w glebie systemów korzeniowych.
2. Określenie wpływu udziału korzeni, ich parametrów geometrycznych, orientacji i gatunku drzewa na współczynnik filtracji gleby, w tym samego ośrodka przewodzącego wodę w glebie.

Przedmiotem badań była infiltracja wody opadowej przez ośrodek glebowy zawierający systemy korzeniowe różnych gatunków drzew leśnych.

Autor postawił hipotezę, że systemy korzeniowe drzew w istotny sposób wpływają na zdolności infiltracyjne gleb leśnych, przy czym wpływ ten może być zarówno dodatni, jak i ujemny. Poprzez wpływ na proces infiltracji, systemy korzeniowe drzew kształtują także możliwości retencyjne gleb.

Hipoteza badawcza, cele badawcze - zarówno ogólny jak i szczegółowe - są postawione właściwie, mają charakter ściśle badawczy, pozwalający poznać relatywnie mało zbadane procesy zachodzące w ekosystemach leśnych.

Rozdział drugi „Przegląd literatury” liczy 34 strony i zostały w nim bardzo szczegółowo przedstawiono zagadnienia dotyczące dwóch grup zagadnień. W pierwszej opisane zostały systemy korzeniowe, ich morfologia, anatomia, proces wzrostu i rozwoju. Druga grupa zagadnień skupiła się na procesie infiltracji wody w glebie.

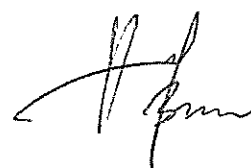
W części dotyczącej budowy i wzrostu systemów korzeniowych na uwagę zasługuje duża liczba cytowań, głównie literatury zagranicznej, mówiącej o znaczeniu warunków środowiskowych w rozwoju i wzroście korzeni. W Polsce jesteśmy



przyzwyczajeni do przypisania określonej budowy systemów korzeniowych do określonych gatunków drzew. Dlatego, pomimo że Autor nadal podaje schematy systemów korzeniowych, to jednak zauważa, że to warunki ich wzrostu determinują ich geometrię. Szkoda, że Doktorantowi całkowicie umknęło znaczenie wody gruntowej, jako głównego czynnika warunkującego głębokość korzenia, w przypadku wód gruntowych znajdujących się w zasięgu systemów korzeniowych.

W części dotyczącej infiltracji, Autor opisuje ten proces, określa jakie jest jego znaczenie dla hydrologii i dla szaty roślinnej. Szeroko przedstawia czynniki wpływające na infiltrację. Zapoznaje czytelnika z wodoprzepuszczalnością gleb, z prawem Darcy, współczynnikiem filtracji gleb, współczynnikiem przewodnictwa hydraulicznego. Autor przedstawia ważność procesu przepływu wody w glebie dla gospodarki, zarządzania gruntami, ochroną gleb, użytkowaniu gruntów. Dużą część tego rozdziału zajmuje przedstawienie metod wyznaczania współczynnika filtracji. Autor przedstawił te metody we właściwym podziale na laboratoryjne, empiryczne i polowe, a same metody zostały opisane szczegółowo i właściwie. Biorąc pod uwagę przeprowadzone w rozprawie badania można uznać, że część opisująca metody określania współczynnika filtracji jest zbyt rozbudowana.

Najciekawszym podrozdziałem tej części przeglądu literatury jest niewątpliwie przedstawienie wpływu, jaki korzenie wywierają na proces infiltracji wody. Autor dobrze dobrał cytowaną literaturę opisującą zależności między systemami korzeniowymi, także drzew, a procesem przepływu wody w profilu. Słusznie zacytował informacje o tworzeniu przepływów preferencyjnych przez korzenie, zarówno żywe jak i martwe, jak i tworzone w „kanałach” po rozłożonych korzeniach. Przepływ preferencyjny zachodzący zarówno po powierzchni korzeni jak i w przestworach powstających przy kurczeniu się i pęcznieniu korzeni lub ich zamieraniu znacząco zwiększają przewodnictwo hydrauliczne gleb, co wpływa na ilość infiltrowanej wody. Poza przepływem preferencyjnym zapoznał czytelnika z przepływem matrycowym, przedstawił różnice między nimi i uwarunkowania ich występowania. Zauważył, że zróżnicowanie gęstości korzeni i głębokości ukorzeniania występujące między gatunkami drzew wywierają bezpośredni wpływ na dynamikę wilgotności gleby. Przedstawił zależności między strukturą gleby a przepływem wody, oraz wykazał, jaki efekt mają korzenie na budowę przestrzenną gleby. Generalnie korzenie drzew pozytywnie wpływają na infiltrację gleby poprzez zwiększenie makroporowatości i agregacji gleby. Jednak drobne korzenie, głównie traw,



w warstwach powierzchniowych gleb pomagają utrzymać wodę, blokując pory gleby i tworząc gęstą sieć korzeni, zmniejszając ruch wody i zwiększając jej pobieranie z górnych warstw gleby. Z kolei grube korzenie na obszarach zakrzewionych i zadrzewionych ułatwiają przemieszczanie się wody.

Rozdział 3 „Teren badań”. Autor przedstawia na dwóch stronach, charakterystykę miejsc, w których został pobrany materiał do badań laboratoryjnych. Ze względu na prowadzenie badań głównie w laboratorium, a „teren badań” służył jedynie jako miejsce poboru prób uważam, że rozdział ten powinien zostać umieszczony w rozdziale czwartym „Metodyka badań”.

W rozdziale czwartym „Metodyka badań” Autor na 32 stronach opisuje zastosowane metody służące znalezieniu odpowiedzi na postawioną hipotezę badawczą oraz służące osiągnięciu celów badawczych. Obszerność rozdziału jest jak najbardziej uzasadniona. Zastosowane metody badawcze noszą znamiona oryginalności i unikalności. Procedura poboru monolitów gleb z żywymi drzewkami zasługuje na uznanie. Natomiast przebieg doświadczeń laboratoryjnych został dobrze zaplanowany. Autor w trzech podrozdziałach opasuje szczegółowo dwie grupy doświadczeń laboratoryjnych oraz zastosowane metody analizy danych.

Pierwszą grupą doświadczeń przeprowadzono na nienaruszonym strukturalnie materiale pobranym w drzewostanach. Badania dotyczyły wpływu systemów korzeniowych na rozchodzenie się wody opadowej w ośrodku nienasyconym. Doświadczenia przeprowadzono w dwóch wariantach, różniących się od siebie sposobem dostarczania wody opadowej do powierzchni gleby monolitów. W pierwszym - woda dochodziła do powierzchni gleby w postaci symulowanego spływu po pniu poszczególnych drzewek. W drugim wariantcie opad deszczu symulowano bezpośrednio na powierzchnię gleby monolitu. Po doświadczeniu przeprowadzono szczegółową analizę architektury systemów korzeniowych drzew poddanych badaniom. Na materiale glebowym o nienaruszonej strukturze przeprowadzono badanie współczynnika filtracji wg. autorskiej metody opracowanej przez promotorów rozprawy.

Drugą grupą badań laboratoryjnych były badania nad wpływem korzeni na przepływ wody w warunkach ustalonych poprzez zastosowanie homogenicznego utworu piaskowego i zastosowanie zwymiarowanych rurek, jako modeli korzeni oraz



zastosowanie korzeni drzew pobranych w drzewostanach. Doświadczenia prowadzono badając różne warianty rozłożenia korzeni w glebie.

Zastosowane metody badań zostały przedstawione w bardzo dobry sposób, wszelkie obliczenia zostały opisane stosownymi wzorami. Opis doświadczeń laboratoryjnych został zaopatrzony w starannie wykonane schematy, rysunki koncepcyjne oraz zdjęcia świetnie ilustrujące wykonane prace.

Na podkreślenie zasługuje wysoki poziom zastosowanych analiz, w tym statystycznych, oraz analiza skupień.

Przeprowadzone liczne badania laboratoryjne zaowocowały uzyskaniem dużego materiału poznawczego, dlatego rozdział „Wyniki badań” jest obszerny i liczy 31 stron. Wyniki zostały opracowane w sposób poprawny i przejrzysty. W tekście zostały zawarte liczne tabele, diagramy i schematy, które znacząco ułatwiają przedstawienie uzyskanych wyników i ich odbiór. W rozdziale w sposób usystematyzowany przedstawione zostały wyniki uzyskane w poszczególnych doświadczeniach, badaniach i pomiarach przeprowadzonych w laboratorium.

Rozdział rozpoczyna się od wyników charakterystyk monolitów glebowych na podstawie, których zostaje przeprowadzona analiza mająca na celu wykazanie stopnia podobieństw pomiędzy nimi. Następnie przedstawione są wyniki współczynników filtracji gleb monolitów. Po czym Autor przechodzi do wyników badań wpływu korzeni na przepływ wody w monolitach glebowych przy symulowanym opadzie i symulowanym spływie po pniu. Po wynikach na materiale pobranym w terenie Autor przedstawia wyniki doświadczeń symulacyjnych w sztucznie stworzonym środowisku glebowym z wykorzystaniem korzeni sztucznych jak i korzeni naturalnych różnych gatunków drzew. Takie przedstawienie wyników jest logiczne i pokazuje właściwe kierunek przejścia między kolejnymi etapami doświadczeń laboratoryjnych.

„Dyskusja” obejmuje 23 strony i jest podzielona na 3 podrozdziały zgodne z otrzymanymi wynikami. Obszerność rozdziału świadczy, że Autor bardzo poważnie podszedł do problemu przedstawienia rzeczowej dyskusji. Przeprowadzony wywód jest poparty odpowiednimi odniesieniami do literatury. Wysoką ocenę tego rozdziału obniżają jednak moim zdaniem zbyt liczne powtórzenia zarówno z przeglądu literatury jak i metodyki. A znajdujące się na stronie 123 stwierdzenie „Pozwoliły one [...] na

wyciągnięcie pewnych ogólnych wniosków, w postaci:" po czym Autor formułuje dwa wnioski, powinno znaleźć się w kolejnym rozdziale tj.: Podsumowanie i wnioski.

Rozdział 7 „Podsumowanie i wnioski”. W liczącym 5 stron podsumowaniu Autor przedstawił syntetycznie najważniejsze elementy rozprawy, uwzględniając proces doświadczalny, analityczny, wynikowy i dyskusje. Przeprowadzone badania pozwoliły na sformułowanie 9 wniosków, których treść nie budzi zastrzeżeń, gdyż są wynikiem poprawnie przeprowadzonych badań własnych Doktoranta.

UWAGI KRYTYCZNE I PYTANIA DO AUTORA

Rozprawa napisana jest poprawnym językiem, z małą liczbą błędów, z których czasami można znaleźć tzw. „literówki” jak i błędy stylistyczne, wynikające zazwyczaj z tzw. „skrótów myślowych”. Dostyc nieszczęśliwe jest więc to, że literówki można znaleźć zarówno w pierwszym jak i ostatnim zdaniu rozprawy. Często Autor używa sformułowania „zakres zmienności we współczynniku” wydaje się, że określenie „zakres zmienności współczynnika” jest częściej używane. Z innych błędów stylistycznych można znaleźć np.: gatunek analizowanego korzenia, raczej powinno być gatunek drzewa, z którego pochodził analizowany korzeń, gdyż nie wyróżniamy gatunków korzeni. Są to przykłady nielicznych błędów, które można znaleźć w tekście.

Pytania do Doktoranta

1. Najwyższa intensywność opadu w Niepołomicach w okresie 2010-2018 wyniosła około 14 mm h^{-1} . Mając rozpoznane wilgotność gleby i porowatość ogólną wystarczyło określić połowę pojemność wodną, aby dokładnie określić warunki wystąpienia odpływu. Co było podstawą do symulowania opadu o intensywności 24 mm h^{-1} w doświadczeniu prowadzonym na monolitach? Czy zastosowana wielkość opadu symulowanego mogła wpłynąć na otrzymane wyniki?
2. W rozdziale 2.1.2. Penetracja gleby przez systemy korzeniowe roślin zostało opisane, że korzeń rosnąc powoduje rozsuwanie cząstek gleby zwiększając jej gęstość przy korzeniu. W doświadczeniu ze sztucznymi rurkami mającymi stanowić model korzeni i w przypadku umieszczania odciętych korzeni drzew w piasku, efekt zagęszczenia gleby przy korzeniach niestety nie jest możliwy do uzyskania. Jak to mogło wpłynąć na wyniki doświadczenia?
3. Otrzymane wartości współczynnika filtracji gleb w metodzie opracowanej przez promotorów rozprawy znacząco odbiegają od tych, które można znaleźć w

literaturze, także podawane przez Autora w tabeli 1. Np. dla piasków luźnych podane w tabeli 1 wartości są 30-krotnie wyższe od tych uzyskanych w przeprowadzonym doświadczeniu. Ponadto między poszczególnymi gatunkami gleb występuje mała różnica w wartościach współczynnika filtracji. Jak Doktorant to interpretuje?

4. W rozprawie często pojawia się określenie gleby heterogeniczne. Poproszę o przedstawienie definicji gleb heterogenicznych i analogicznie gleb homogenicznych.
5. W przeglądzie literatury dużo miejsca zostało poświęcone rozwojowi i wzrostowi systemów korzeniowych pod wpływem warunków środowiskowych, co stoi w opozycji do schematów systemów korzeniowych drzew. W doświadczeniu z monolitami, sosny miały po kilka korzeni pionowych przerastających monolit, świadczących moim zdaniem o tym, że nie jest to system palowy, a jeden ze świerków miał budowę korzeni zbliżoną do systemu palowego. Czy uważa Pan za słuszne, aby utrzymywać we wnioskach sztuczny przydział gatunków do określonego systemu korzeniowego?

WNIOSEK KOŃCOWY

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr. inż. Wojciecha Witka stanowi ciekawe i ważne z poznawczego punktu widzenia opracowanie naukowe, będące oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego w dyscyplinie nauk leśnych. Doktorant poprawnie przedstawił problem badawczy, zaplanował i zrealizował ciekawe doświadczenia laboratoryjne, wykazał się umiejętnością interpretacji otrzymanych wyników i znajomością literatury. Udana realizacja tak skomplikowanych badań świadczy o bardzo dobrym przygotowaniu teoretycznym, jak również posiadaniu kwalifikacji wymaganych do prowadzenia badań naukowych. Przedstawione przeze mnie uwagi nie umniejszają wartości tejże pracy.

W mojej ocenie rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Wojciecha Witka **spełnia** warunki nadania stopnia naukowego doktora, określone w obowiązujących przepisach. Wnoszę zatem o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



