

Wrocław, 04.11.2024 r.

Dr hab. inż. Ryszard Pokładek, prof. UPWr
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska
Zakład Kształtowania Środowiska i Eksploatacji
Systemów Gospodarowania Wodą
Pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław
ryszard.pokladek@upwr.edu.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. arch. kraj. Ariela Łangowskiego

pt. „Wpływ podpowierzchniowego nawadniania kropłowego na wzrost surmii (Catalpa scop.) w nasadzeniach szpalerowych”

wykonanej na Wydziale Rolnictwa i Biotechnologii

Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

promotor: prof. dr hab. inż. Roman Rolbiecki

1. UWAGI FORMALNE

Podstawy formalne opracowania niniejszej opinii stanowią:

- 1.1. Pismo nr WRiB.530.11.2019 z dnia 11 września 2024 r. Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Pani dr hab. inż. Anny Baturo-Cieśniewskiej, prof. PBŚ i Uchwały nr 02/2024/2025 tejże Rady z dnia 06 września 2024 r. o powołaniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. arch. kraj. Ariela Łangowskiego pt. „Wpływ podpowierzchniowego nawadniania kropłowego na wzrost surmii (Catalpa scop.) w nasadzeniach szpalerowych”.
- 1.2. Rozprawa doktorska wraz z dokumentami umowy.

2. ZAKRES RECENZJI

Recenzja została opracowana w związku z przewodem doktorskim mgr inż. arch. kraj. Ariela Łangowskiego. Oceny dokonano zgodnie z wymogami Ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jedn.: Dz. U. z 2017 r. poz.1789 z późn. zm.), w związku z art.179 ust.1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy

wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz.1669 z późn. zm.) w zw. z § 58 ust. 7 Statutu Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich.

3. WPROWADZENIE

Na podstawie przeglądu tematycznej literatury naukowej, Autor rozprawy informuje o zmianach klimatycznych, które w istotny sposób wpływają na potrzebę stałego doskonalenia zasad gospodarowania organicznymi zasobami wodnymi, a szczególnie poprzez wprowadzanie wodoszczędnych systemów nawadniających. Istotnym elementem wspomagającym te rozwiązania jest zwiększenia efektywności wykorzystania ograniczonych zasobów wodnych do nawadniania, poprzez wprowadzanie do praktyki rolniczej, precyzyjnych metod określania potrzeb wodnych roślin oraz sterowania nawadnianiem. W ramach szerokiego przeglądu literatury tematycznej, Autor koncentruje się na głównym zagadnieniu badawczym, a dotyczącym optymalizacji potrzeb wodnych drzew w przestrzeni miejskiej. Słusznie zauważa, iż drzewa w kontekście przyrodniczym są naturalnym środowiskiem życia zwierząt, zwłaszcza w przestrzeniach zurbanizowanych, gdzie zwiększają bioróżnorodność, poprawiają jakość powietrza, a także niwelują negatywne skutki tzw. miejskiej wyspy ciepła. Podkreśla, iż drzewa w tych specyficznych warunkach dostarczają wielu usług ekosystemowych, które możemy rozumieć jako ogół korzyści, których środowisko dostarcza gospodarce i społeczeństwu. W ramach przeglądu literatury, Autor omawia szereg opracowań tematycznych, zwracając szczególną uwagę na brak informacji dotyczących analizy wielkości potrzeb wodnych w nasadzeniach szpalerowych, a w tym drzew z rodzaju *Catalpa*. Z opracowania wynika iż z dostępnych systemów nawadniających do analizowanych nasadzeń, najczęściej wykorzystuje się nawodnienia kropłowe, które zaliczane są do wodoszczędnych systemów nawadniających. Ich wysoka efektywność oraz niskie koszty instalacji i eksploatacji pozytywnie wpływają na czynnik ekonomiczny nawodnień. W metodzie tej, dzięki niewielkiemu zużyciu wody oraz precyzyjnemu podawaniu dawek wody wprost do strefy korzeniowej drzew, zasoby wodne wykorzystane są efektywniej. Z przeglądu literatury wynika, iż szczególnie w pierwszych latach po nasadzeniu niedobór wody wykazuje negatywny wpływ dla wzrostu sadzonek drzew i krzewów. Zagadnienie to stało się zasadniczym tematem badawczym pracy, w której podjęto próbę oszacowania potrzeb wodnych surmii w pierwszych 4 latach po posadzeniu. Uzyskane wyniki badań mają stanowić podstawę do opracowania zaleceń nawodnieniowych surmii uprawianych na glebach lekkich i obszarach szczególnie deficytowych w wodę.

Podstawowym celem badań było określenie wpływu podpowierzchniowego nawadniania kropłowego na kształtowanie się wielkości potrzeb wodnych surmii, uprawianych w nasadzeniach szpalerowych oraz jego oddziaływanie na parametry wzrostu. W tym celu założono harmonogram badawczy zakładający: określenie potrzeb wodnych – polowego zużycia wody (S), ocenę przydatności modelu Hargreavesa w modyfikacji Droogersa i Allena do obliczania ewapotranspiracji potencjalnej (ETp), wyznaczenie współczynników roślinnych kc dla wzoru Hargreavesa w modyfikacji Droogersa i Allena, określenie potrzeb wodnych na podstawie kryterium klimatycznego (ETp), określenie niedoborów wody oraz potrzeb nawodnieniowych w warunkach gleb lekkich oraz określenie optymalnych dawek nawodnieniowych.

Podsumowując na wstępie zamierzenia Autora pracy i mając na uwadze obecny stan wiedzy należy przyjąć, iż temat dotyczący wpływu podpowierzchniowego nawadniania kropłowego na wzrost surmii (*Catalpa scop.*) w nasadzeniach szpalerowych jest w pełni aktualny naukowo i aplikacyjnie.

4. OCENA FORMALNA I CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

Przedstawiona do oceny rozprawa ma formę klasycznej monografii naukowej. Tytuł rozprawy doktorskiej odpowiada jej zawartości. Język rozprawy jest jasny i zwięzły, techniczny i adekwatny to tematyki i analizowanego problemu, pozwala ze zrozumieniem śledzić tok postępowania, obliczenia i wnioski. W pracy zauważono nieliczne, drobne błędy

gramatyczne i interpunkcyjne. Styl cytowania literatury oraz jej zbiorcze zestawienie, a także zapis jednostek złożonych wykonano prawidłowo. Postawiony cel pracy oraz tezy badawcze zostały przez Doktoranta zrealizowane poprawnie. Zastosowana metodyka badawcza i materiały zostały właściwie dobrane do zakresu i typu badań oraz analiz, dotyczy to zarówno pomiarów terenowych, jak i prac kameralno-analitycznych.

Rozprawa została podzielona na sześć głównych rozdziałów, ułożonych w logiczną całość, a zakończona spisami bibliografii, rysunków oraz streszczeniami w języku polskim i angielskim. Monografia obejmuje 109 stron, zilustrowana została 26 rycinami oraz 32 tabelami. Zestawienie cytowanej literatury zawiera 216 pozycji, z których ok. 40 % to pozycje anglojęzyczne. Zastosowane piśmiennictwo w rozprawie jest prawidłowe i ściśle związane z jej tematyką.

W pierwszym rozdziale (Wstęp i cel badań) w oparciu o przegląd literatury Autor zwrócił uwagę na postępujące zmiany klimatycznych, które w istotny sposób wpływają na potrzebę stałego doskonalenia zasad gospodarowania organicznymi zasobami wodnymi, a szczególnie poprzez wprowadzanie wodooszczędnych systemów nawadniających. Z przeglądu literatury wynika, iż szczególnie w pierwszych latach po nasadzeniu niedobór wody wykazuje negatywny wpływ dla wzrostu sadzonek drzew i krzewów. Zagadnienie to stało się zasadniczym tematem badawczym pracy, w której podjęto próbę oszacowania potrzeb wodnych surmii w pierwszych 4 latach po posadzeniu. Uzyskane wyniki badań stanowią podstawę do opracowania zaleceń nawodnieniowych surmii uprawianych na glebach lekkich i obszarach szczególnie deficytowych w wodę. Podstawowym celem badań było określenie wpływu podpowierzchniowego nawadniania kroplowego na kształtowanie się wielkości potrzeb wodnych surmii bignoniowej (*Catalpa bignonioides*) oraz żółtokwiatowej (*Catalpa ovata*) uprawianych w nasadzeniach szpalerowych oraz jego oddziaływanie na parametry wzrostu. W tym celu zaproponowano odpowiednio sformułowany harmonogram badawczy oraz hipotezę badawczą, która zakłada, że zastosowanie podpowierzchniowego nawadniania kroplowego surmii pozwoli na określenie optymalnych potrzeb wodnych, jak również umożliwi kompleksową ocenę parametrów wzrostu badanych drzew.

W rozdziale drugim (Przegląd literatury) przedstawiono szeroki przegląd literatury tematycznej, który Autor rozpoczyna od roli drzew w życiu człowieka, poprzez możliwości wykorzystania gleb piaszczystych w warunkach nawadniania, charakterystyki drzew zastosowanych w doświadczeniu oraz nasadzeń szpalerowych, a kończąc na analizie potrzeb wodnych roślin i charakterystyce powierzchniowych i podpowierzchniowych nawodnień kroplowych. Zawarte w tym rozdziale treści, częściowo nadmiernie rozbudowane, świadczą o bardzo dobrym rozpoznaniu tematycznym analizowanych zagadnień, a więc i wiedzy niezbędnej do realizacji założeń badawczych.

W rozdziale trzecim (Metodyka badań) Autor informuje, iż badania były realizowane na terenie szkółki leśnej Nadleśnictwa Bydgoszcz w Białych Błotach zlokalizowanej ok. 2 km na południowy zachód od granic miasta Bydgoszcz. Rejon Bydgoski należy do strefy największej celowości stosowania nawodnień ze względu na kryterium klimatyczne. Badania właściwości fizycznych, fizykochemicznych i chemicznych próbek glebowych wykonane w laboratoriach Katedry Biogeochemii i Gleboznawstwa Politechniki Bydgoskiej wykazały, iż ze względu na procentową zawartości frakcji granulometrycznych dla obu wariantów doświadczenia, badaną glebę należy zaliczyć do grupy granulometrycznej piasku, a podgrupy piasku gliniastego. Gleba zawierała średnio 78,8% frakcji piaskowej, 19,7% frakcji pyłowej oraz 1,5% frakcji iltowej. Ze względu na ograniczoną pojemność wodną, gleba charakteryzowała się słabą zdolnością retencyjną. Efektywna retencja użyteczna w warstwie o kontrolowanym uwilgotnieniu 0-60 cm wynosiła 50,9 mm.

Badanie przeprowadzono w dwuczynnikowym układzie split-plot w czterech kolejnych latach od 2019 do 2022 r. jako ściśle doświadczenie polowe, które obejmowało uprawę surmii w nasadzeniu szpalerowym. Czynnikiem doświadczenia były: I czynnik – podpowierzchniowe nawadnianie kroplowe w wariantach: W0: kontrolny, brak podpowierzchniowego nawadniania kroplowego, W1: nawadnianie wykonywane przy spadku wilgotności gleby do -40 kPa i W2: nawadnianie wykonywane przy spadku wilgotności gleby do -20 kPa oraz II czynnik z podziałem na dwa gatunki: - Surmia bignoniowa (*Catalpa bignonioides*) i Surmia żółtokwiatowa (*Catalpa ovata*). Doświadczenie

prowadzone było w zaplanowanych powtórzeniach zgodnie z przyjętym harmonogramem. Do nasadzeń szpalerowych wykorzystano dwuletnie sadzonki wyprodukowane w szkółce leśnej Białe Błota.

Dawki wody oraz terminy realizacji nawodnień ustalano na podstawie siły ssącej gleby kontrolowanej czujnikami Watermark. Nawadnianie wykonywane było za pomocą linii kroplującej Eurodrip o wydajności kroplowników określono na poziomie 2l/h. Odległość pomiędzy kroplownikami na linii wynosiła 30 cm i ułożonej podpowierzchniowo na głębokości 15 cm. Sumaryczne dawki w ujęciu pentadowym przeliczone na wysokość warstwy opadu zawierały się w zależności od warunków atmosferycznych w zakresie od 3 do 12 mm. Najwyższe dawki wody w ujęciu miesięcznym (niezależnie od wariantu nawadniania) stosowano od czerwca do sierpnia (od 21 do 46 mm).

Na podstawie przebiegu wilgotności gleby określona została zawartość wody w warstwie o kontrolowanym uwilgotnieniu (0-60 cm) przy różnych potencjałach wilgotności gleby. Na tej podstawie obliczone zostały potrzeby wodne, utożsamiane w warunkach optymalnego uwilgotnienia z połowym zużyciem wody. Na podstawie analizy opadów atmosferycznych oraz potrzeb wodnych obliczone zostały niedobory wody oraz potrzeby kroplowego nawadniania podpowierzchniowego surmii.

W ostatnim roku przeprowadzania badania wykonano analizę przekroju systemu korzeniowego każdego wariantu doświadczenia na profilu o szerokości 1,2 m i głębokości 60 cm. Badany profil podzielono na pasy o wysokości 10 cm, w których określono liczebność korzeni w trzech typach grubości tj. < 1 mm, 1-3 mm, > 3 mm. W ramach badań określono również wskaźnik powierzchni liści (LAI- leaf area index). Obliczenia statystyczne zostały wykonane za pomocą pakietu obliczeniowego ANALWAR-5FR. wykorzystując test Fishera-Snedecora w celu stwierdzenia istotności działania czynników doświadczenia oraz test Tukeya dla porównania otrzymanych różnic na poziomie istotności $P = 0,05$. W kolejnych krokach określono potrzeby wodne surmii, obliczając połowe zużycie wody (S). Niezbędne w tym celu wartości wilgotności początkowej (W_p) oraz wilgotności końcowej (W_k) określone zostały na podstawie odczytów ciśnienia ssącego gleby z czujników glebowych Watermark (odczyt w kPa), dla dwóch poziomów miąższości gleby: 0-30 cm oraz 30-60 cm. W celu obliczenia zawartość wody dla warstwy o kontrolowanym uwilgotnieniu, wykreślono dla nich krzywą retencyjności gleby, a następnie w oparciu o nie określono wilgotność gleby w % objętościowych. Opracowane wyniki posłużyły Autorowi do obliczenia połowego zużycia wody dla okresu wegetacyjnego z warstwy o kontrolowanym uwilgotnieniu (do 60 cm głębokości). Umożliwiło to określenie zapotrzebowania na wodę w okresie wegetacyjnym surmii. Zużycie wody bilansowano w okresach pentadowych, a następnie przeliczano na okresy dekadowe, miesięczne oraz sezonowe dla testowanych w doświadczeniu wariantów wodnych. Obliczono również średnie dobowe zużycie wody w miesiącach okresu wegetacyjnego. W kolejnych krokach Autor proponuje obliczenie Ewapotranspiracji wskaźnikowej (ET_o) przy pomocy modelu Hargreavesa oraz Ewapotranspiracji potencjalnej (ET_p), obliczając wcześniej wartości współczynników roślinnych (k_c) dla modelu Hargreavesa w modyfikacji Droogersa i Allena. Wyznaczenie współczynnika k_c określono dla testowanych gatunków surmii dla każdego miesiąca sezonu wegetacyjnego (okres kwiecień-wrzesień) od drugiego roku wegetacji czyli w okresie tworzenia i rozwoju pędów generatywnych.

W rozdziale 4 (Warunki meteorologiczne doświadczenia) Autor na podstawie zestawień tabelarycznych i rysunków, przeprowadził szczegółową ocenę rozkładu opadów i temperatur z okresu badawczego 2019 – 2022 na tle wielolecia 1991- 2020. Charakterystyka rozkładu opadów w zestawieniu miesięcznym, uzupełniona dodatkowo o wskaźnik względnego opadu RPI wykazała, iż okres wegetacyjny (IV-IX) w latach 2019, 2021 i 2022 został zakwalifikowany do suchych, natomiast 2020 do bardzo wilgotnego. Charakterystyka opadów w układzie miesięcznym wymaga sprawdzenia.

W rozdziale 5 (Wyniki badań i dyskusja) Autor wykazał, iż w wariantach W1 i W2 w warunkach sterowanego nawodnienia, w latach prowadzonych badań, uzyskano założoną stabilizację potencjału wodnego, odpowiednio do -40kPa i do -20kPa. W przypadku wariantu kontrolnego W0, odnotowano obniżanie się potencjału wodnego w trakcie trwania sezonu wegetacyjnego do poziomu -90 kPa, co znacząco przekracza wartości krytyczne.

Analiza dobowego zużycia wody wykazała, iż zużycie wody wzrastało wraz ze wzrostem surmii, niezależnie od wariantu doświadczenia. W całym okresie doświadczenia, wyższymi wartościami dobowego zużycia wody charakteryzowały się rośliny rosnące na wariantach W2. Najwyższe wartości dobowego zużycia wody odnotowana dla miesiąca lipca w 2021 i 2022, odpowiednio 3.38 mm i 3.45 m. We wszystkich latach obserwacji, wyraźne obniżenia dobowego zużycia wody obserwowano w miesiącu wrześniu. Sumaryczne zużycie wody w sezonie wegetacyjnym dla wariantu W1 kształtowało się od 241 mm w 2019 roku do blisko 429 mm w roku 2022 i odpowiedni dla wariantu W2 od 266 mm do 459 mm.

Z zestawienia tabelarycznego wynika, że dla 4 letniego okresu badań wartość ewapotranspiracji potencjalnej obliczona według modelu Hargreavesa dla wariantu W1 zmieniała się w przedziale od 240,30 mm w pierwszym roku uprawy do maksymalnie 422,83 mm w ostatnim roku i odpowiednio dla wariantu W2 od 251,83 mm do 455,46 mm. Zestawione wartości wykazują dużą zbieżność z obliczeniami innych autorów, dla porównywalnej grupy roślin.

Zestawione tabelaryczne współczynniki korelacji opisujące zależność pomiędzy PZW a ETP charakteryzowały się bardzo wysoką istotnością. Najwyższe wartości współczynnika korelacji dla obu wariantów wodnych (0,998) uzyskano dla miesiąca lipca, natomiast najniższe w sierpniu, 0,819 dla wariantu W1 i 0,934 dla wariantu W2). Potwierdza to poprawność przyjętej metodyki do oszacowania zużycia wody (ETp) surmii.

Obliczone i zestawione tabelarycznie niedobory wody oraz potrzeby nawadniania surmii w sezonie wegetacyjnym (IV-IX) w latach badań 2019-2022 na podstawie polowego zużycia wody (S) dla dwóch wariantów W1, W2 oraz na podstawie ewapotranspiracji potencjalnej (ETp) wg modelu Hargreavesa wykazały dużą zbieżność tylko w ostatnim roku obserwacji, natomiast w trzech pierwszych latach obserwacji różnice te wynosiły od ok 15 mm do 50 mm. Na podstawie zestawienia tabelarycznego można stwierdzić, iż średni wskaźnik pokrycia potrzeb wodnych uzyskany tylko przy opadach naturalnych wahał się od 54% w roku 2022 do 101% w 2020 (bardzo wilgotny) roku, natomiast po zastosowaniu podpowierzchniowego nawadniania kropłowego średnie pokrycie potrzeb wodnych surmii w całym okresie badawczym wyniosło 105%. Obliczone procentowe wskaźniki pokrycia potrzeb wodnych potwierdziły istotną rolę nawadniania kropłowego w zaspakajaniu potrzeb wodnych roślin.

Oceniając parametr wzrostu oraz powierzchni transpiracyjnej surmii, Autor wykazał iż:

średnia wysokość surmii dla całego okresu badań na wariacie kontrolnym W0 wyniosła dla surmii bignoniowej 53,0 cm, dla surmii żółtokwiatowej 49,6 cm i odpowiednio w wariacie W1 (-40 kPa) 113,6 cm i 96,4 cm oraz dla wariantu W2 (-20 kPa) 149,2 cm i 139,5 cm. Stwierdzone najwyższe przyrosty w wariacie W2 są zgodne z opracowaniami innych autorów. Pomiary średnicy pnia (2019-2022) wykazały, iż w przypadku wariantu kontrolnego W0 jego średnia wartość wynosiła 11,8 mm dla surmii bignoniowej i 10.7 mm dla surmii żółtokwiatowej i odpowiednio dla wariantu W1, 21.9 i 20,4 mm oraz dla wariantu W2, 29,4 i 25,9 mm (w tabeli 22 błędnie wpisano 20.4 mm). Średnie przyrosty średnicy pnia w okresie obserwacji wyniosły odpowiednio dla wariantu W0 o 9,5 mm, W1 o 17,1 mm i dla W2 o 23.3 mm, zamiast błędnie wpisanej wartości 16,4 mm. Podobne wartości wykazują badania innych Autorów. W przypadku liczebności liści, średnia ich wartość z okresu obserwacji dla wariantu W0 wyniosła 31,5 szt, dla W1- 62 szt. i dla W2 - 84.4 szt. W doświadczeniu wykazano wyraźny wzrost liczby liści w warunkach optymalnego nawodnienia. Analiza wyników ze względu na ilość i długość pędów wykazała, iż w warunkach optymalnego uwilgotnienia ilość pędów wzrosła średnio o 150 %, natomiast długość pędów wynosiła średnio w przypadku wariantu W0 dla surmii bignoniowej 25,7 cm i dla surmii żółtokwiatowej 22,2 i odpowiednio dla wariantu W2 - 54,3 cm i 44,2 cm. W każdym roku obserwacji, obserwowano istotne różnice w kształtowaniu się tej cechy wzrostu pomiędzy wariantami doświadczenia. W pracy określono również wielkość wskaźnika powierzchni liści (LAI), który jest wskaźnikiem architektury nasadzeń oraz miarą struktury roślin w ekosystemie.

W przypadku określania wielkości wskaźnika powierzchni liści LAI, stwierdzono wyraźny wpływ na czynnik wodny, natomiast nie stwierdzono istotnych różnic ze względu na gatunek surmii.

Przedstawiona w pracy analiza systemu korzeniowego dla poszczególnych wariantów doświadczenia wykazała, że w przypadku oceny systemu korzeniowego surmii bignoniowej pozwala stwierdzić, iż największa liczba korzeni dla wszystkich wariantów doświadczenia znajduje się na głębokości 0-30 cm, w której średnio znajduje się 94,8% wszystkich korzeni. W ujęciu ilościowym najmniejszą ilość korzeni zaobserwowano w wariantcie kontrolnym W0 – 129 szt., natomiast największą w wariantcie nawodnieniowym W2– 196 sztuk. W przypadku surmii żółtokwiatowej, przy podobnej strukturze korzeni, najmniejszą ich ilość zaobserwowano w wariantcie kontrolnym W0 – 108 szt., natomiast największą w wariantcie nawodnieniowym W2-197 sztuk. Doktorant stwierdza, iż rozmieszczenie zdecydowanej większości systemu korzeniowego w każdym wariantcie doświadczenia w przedziale 0-30 cm jest wynikiem zastosowania optymalnych warunków uwilgotnienia podpowierzchniowego kropłowego systemu nawadniania.

W rozdziale 6 (wnioski) zawarte są główne wnioski Autora, które wskazują na prawdziwość postawionej hipotezy badawczej oraz osiągnięcie założonych celów. Do najważniejszych wniosków zaliczam:

- określenie w warunkach podpowierzchniowego nawadniania kropłowego, przedziałów sumarycznego zużycie wody w badanych sezonach wegetacyjnych dla wariantu W1 i W2 w różnych fazach rozwojowych surmii.
- przeprowadzenie oceny parametrów wzrostu oraz powierzchni transpiracyjnej surmii w oparciu o rozbudowaną analizę przyrostu wysokości, średnicy pnia, liczebności liści, liczby pędów bocznych oraz oceny rozmieszczenia systemów korzeniowych.
- weryfikację współczynników roślinnych (kc) dla modelu Hargreavesa w modyfikacji Droogersa i Allena w kolejnych latach prowadzonych badań dla wariantu W2 i o istotnym znaczeniu tego sposobu nawodnienia w obliczaniu Etp wybranym modelem klimatycznym.
- określenie w warunkach podpowierzchniowego nawadniania kropłowego, przedziałów sumarycznego zużycie wody w badanych sezonach wegetacyjnych dla poszczególnych wariantów nawodnienia.
- określenie optymalnych dawek nawodnieniowych w sezonach wegetacyjnych w zależności od przyjętego wariantu nawodnienia.
- systemy podpowierzchniowego nawadniania kropłowego w nasadzeniach szpalerowych wybranych gatunków surmii, zapewniając im optymalne warunki wodne do niezakłóconego wzrostu i rozwoju.

5. Dyskusja, ocena i uwagi do rozprawy

Głównym celem badań Doktoranta było określenie wpływu podpowierzchniowego nawadniania kropłowego na kształtowanie się wielkości potrzeb wodnych surmii oraz jego wpływu na parametry wzrostu. Na podstawie przeglądu literatury, Doktorant udowodnia i słusznie proponuje do realizacji celu badawczego, wybór podpowierzchniowego nawadniania kropłowego, jako formy, dobrze rozpoznanej i ogólnie dostępnego wodooszczędnego systemu nawadniającego. W tym celu Autor proponuje odpowiednio sformułowany harmonogram badawczy oraz hipotezę badawczą, która zakłada, że zastosowanie podpowierzchniowego nawadniania kropłowego surmii bignoniowej (*Catalpa bignonioides*) oraz żółtokwiatowej (*Catalpa ovata*) uprawianych w nasadzeniach szpalerowych, pozwoli na określenie optymalnych potrzeb wodnych, jak również umożliwi kompleksową ocenę parametrów wzrostu badanych drzew.

Doktorant, uzasadniając przyjętą formę nawadniania, przedstawia szeroki zakres prac naukowo-badawczych ułożonych w logiczną całość, które pozwoliły na: określenie potrzeb wodnych – polowego zużycia wody (S), ocenę przydatności modelu Hargreavesa w modyfikacji Droogersa i Allena do obliczania ewapotranspiracji potencjalnej (ETp), wyznaczenie współczynników roślinnych kc dla wzoru Hargreavesa w modyfikacji Droogersa i Allena, określenie potrzeb wodnych na podstawie kryterium klimatycznego (ETp), określenie niedoborów wody oraz potrzeb

nawodnieniowych w warunkach gleb lekkich oraz określenie optymalnych dawek nawodnieniowych. Uważam, że przedstawione cele badawcze, świadczą o dobrym przygotowaniu metodycznym Doktoranta, a realizacja tematu w warunkach terenowych, uzupełniona o prace laboratoryjne i studialne, stworzyły optymalne warunki do realizacji zagadnień naukowych. Zaproponowane przez Doktoranta rozwiązania, poparte wiedzą naukową, pozwolą na zwiększenie efektywności wykorzystania ograniczonych zasobów wodnych do nawadniania, poprzez wprowadzanie do praktyki rolniczej, precyzyjnych metod określania potrzeb wodnych, na przykładzie uprawy surmii oraz sterowania nawadnianiem. Doktorant słusznie wykazuje, iż szczególnie w pierwszych latach po nasadzeniu, niedobór wody wykazuje negatywny wpływ dla wzrostu sadzonek drzew i krzewów. Uważam, iż podjęty w pracy temat badawczy dotyczący oszacowania potrzeb wodnych surmii w pierwszych 4 latach po posadzeniu i uprawianych na glebach lekkich i obszarach szczególnie deficytowych w wodę, stanowi istotny wkład w rozwój wiedzy tematycznej.

Reasumując, pod względem merytorycznym temat pracy został opracowany prawidłowo, a przyjęte w rozprawie założenia metodyczne, analizy i interpretacje wyników pozwoliły na właściwe zweryfikowanie tez badawczych i zrealizowanie celów pracy.

Ogólnie stwierdzam, że od strony edytorsko-językowej, jak i merytorycznej, praca nie zawiera znaczących uwag, a drobne błędy stylistyczne, gramatyczne i literówki, brak przecinków, nie wpływa na wartość naukową rozprawy i ma charakter czysto techniczny.

W trakcie analizy rozprawy nasuwają się pewne uwagi i pytania, które zapewne zostaną przedyskutowane i omówione w trakcie publicznej rozprawy:

- Zestawienia wartości efektywnej retencji użytecznej (tab. 3) w warstwie o kontrolowanym uwilgotnieniu, proszę przedstawić w odniesieniu do szerokiej kategorii agronomicznej.
- W rozdziale (3.3) z opisu należy usunąć zdanie „Jednorazowe dawki wody podpowierzchniowego nawadniania obu gatunków surmii kształtowały się w przedziale 3-12 mm”, które może zostać źle zinterpretowane, a pozostawić tylko „ Sumaryczne dawki w ujęciu pentadowym przeliczone na wysokość warstwy opadu zawierały się w zależności od warunków atmosferycznych w zakresie od 3 do 12 mm”.
- W rozdziale (3.3. Opis badań polowych oraz stosowanych metod badawczych) pod dyskusję można poddać celowość zamieszczania w tej części, tabel i rysunków wyników.
- W tabeli 8, średnia dekadowa z maja 2020 r. jest nieprawidłowa.
- Na rys. 5-8 należy zastosować jednolitą skalę opadów, podobnie jak ma to miejsce w przypadku rozkładu temperatur, ułatwia to końcowa interpretację wyników.
- Przebieg potencjału wodnego dla wariantu W2 (rys. 10) w warstwie 0-30 wymaga wyjaśnienia.
- W tytule tabeli 12, 13, 16, 18 i 19 oraz zestawionych danych, brak określenia jednostki.
- Z analizy danych (tab. 13) wynika, iż „zużycie wody na obiektach kontrolnych W0 charakteryzowało się znacznymi wahaniami w sezonie i było ściśle powiązane z występowaniem i rozkładem opadów atmosferycznych”, brak mi tych danych w tabeli.
- W oparciu o badania własne oraz przegląd literatury, proszę omówić głębokość celowego zwilżania, ze względu na optymalizację rozwoju systemu korzeniowego drzew.
- W tabeli 22 (Średnica pnia gatunków surmii w latach 2019-2022) w wariantcie W2, jako średnią dla surmii żółtokwiatowej z czterech lat obserwacji, wpisano wartość 20.4 mm, zamiast 25.8 mm.
- W tabeli 23 (liczba liści gatunków surmii....) w wariantcie W0 (2019 r.), źle została obliczona wartość średnia, zamiast 17,65, wpisano 34.3 szt.
- Jak wytłumaczyć stosunkowo dużą ilość korzeni w wariantcie W0 dla surmii żółtokwiatowej (mniejszych od 1 mm) w warstw 0-10 cm, w stosunku do wariantu W1 (odpowiednio 34 i 26 szt.), skoro w tym samym przypadku, ale dla surmii bignoniowej, jest sytuacja odwrotna i zdecydowana przewaga ilości korzeni w wariantcie W1 (odpowiednio 29 i 66 szt.).

- Szerszej analizie wymaga stwierdzenia „Największy wzrost liczby liści w wariancie kontrolnym zaobserwowano w okresie wegetacyjnym roku 2021 (suchy), natomiast dla wariantów nawadnianych kropłowo w sezonie 2020” (bardzo wilgotny).
- We wnioskach końcowych, brak informacji, który z zastosowanych wariantów nawadniania jest zalecany, biorąc pod uwagę optymalizację warunków wodnych oraz wzrostu i rozwoju surmii.

Poruszone powyżej kwestie nie umniejszają bardzo dobrego merytorycznego poziomu przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej, ale stanowią wyłącznie istotny przyczynek do dyskusji naukowej.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. arch. kraj. Ariela Łangowskiego stanowi oryginalny dorobek naukowy, wnoszący nową wiedzę w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo. Odpowiada ona na aktualne potrzeby w zakresie ochrony i kształtowania zasobów wodnych, a szczególnie poprzez doskonalenie zasad gospodarowania organicznymi zasobami wodnymi i racjonalnego stosowania wodooszczędnych systemów nawadniających. Doktorant posiada odpowiednią wiedzę teoretyczną i jest przygotowany do samodzielnej pracy naukowej, zarówno w zakresie oceny, pozyskiwania i analizy danych, jak również współpracy w ramach zespołów badawczych. Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. arch. kraj. Ariela Łangowskiego pt. „Wpływ podpowierzchniowego nawadniania kropłowego na wzrost surmii (*Catalpa scop.*) w nasadzeniach szpalerowych” spełnia warunki ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2014 r. poz. 1852 z późniejszymi zmianami), w związku z art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. – przepisy wprowadzające Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U z 30 sierpnia 2018 r. poz. 1669). W związku z tym **wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie mgr inż. arch. kraj. Ariela Łangowskiego do publicznej obrony.**

Jednocześnie uważam, iż przedstawiona do oceny praca, ze względu na szeroki i metodycznie bardzo dobrze przygotowany zakres prac terenowo--laboratoryjnych, potwierdzony umiejętnością planowania, organizowania i prowadzenia badań, analiz i interpretowania wyników w celu weryfikacji tez badawczych, jest podstawą do wniosku o jej wyróżnienie.

