

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Joanny Natalii Kocięckiej

### pt. „Wpływ zastosowania antytranspirantu na plonowanie i wymianę netto strumieni CO<sub>2</sub> na łące z systemem nawodnienia podsiąkowego”

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu Pana Prof. dr. hab. inż. Mariusza Sojki na podstawie pisma (WI -4000-48/2023) z dnia 16.10.2023 roku.

#### 1. Wybór tematu i jego uzasadnienie

W ostatnich dekadach nasila się występowanie ekstremalnych zjawisk klimatycznych do których zaliczamy występowanie powodzi i suszy. Szczególnie te ostatnie występują coraz częściej na świecie a także w Europie. Długie okresy z bardzo wysokimi temperaturami powietrza oraz brak opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym powodują występowanie susz atmosferycznych (co najmniej 20 dni bez opadów), które dalej przekształcić się mogą w suszę hydrologiczną, glebową a ostatecznie w fizjologiczną podczas której rośliny z braku dostępnej dla nich wody giną. Ma to szczególne znaczenie w przypadku produkcji roślinnej, gdzie czynnik wodny oprócz żyzności środowiska glebowego odgrywa kluczową rolę w wysokości i jakości otrzymywanych plonów. W Europie w latach 1991-2021w stosunku do innych kontynentów obserwuje się coraz większy wzrost temperatury powietrza (o ok. 0,5 °C w ciągu dekady) w stosunku do całego świata (o ok. 0,2 °C) pociągając za sobą zwiększone wartości ewapotranspiracji roślin, co przy ograniczonych czy nierównomiernie rozłożonych opadach atmosferycznych w okresie wegetacji powoduje ogromne problemy w produkcji roślinnej na określonym jej poziomie.

Podjęte w niniejszej rozprawie doktorskiej zagadnienia dotyczące wpływu zastosowania antytranspirantu na plonowanie terenów łąkowych znajdujących się w zasięgu działania systemu melioracyjnego (nawodnienia podsiąkowe) oraz określenie strumieni netto CO<sub>2</sub> z tych terenów znajdujących się na terenie Wielkopolski wydaje się być zagadnieniem bardzo ważnym i aktualnym z racji zachodzących zmian klimatycznych i pogorszenia się warunków do roślinnej produkcji rolniczej. W pracy podjęto problematykę adaptacji upraw do zmian klimatycznych poprzez zastosowanie związku chemicznego ograniczającego transpirację roślin co wydaje się być jednym z kluczowych, obiecujących środków ograniczających potrzeby wodne roślin. Na dodatkową uwagę zasługuje fakt, że zaplanowane badania przeprowadzono na użytku łąkowym wyposażonym w system melioracyjny, którym również w obecnych czasach przypisuje się rolę ograniczenia negatywnych skutków ekstremalnych zjawisk pogodowych.

#### 2. Ocena układu i struktury pracy

Rozprawa doktorska została przygotowana zgodnie z wymogami stawianymi tego typu opracowaniom. Na jej wstępie zamieszczono: wykaz 3 artykułów naukowych wchodzących w skład rozprawy, wykaz najczęściej stosowanych skrótów, streszczenie w j. polskim i j. angielskim. Podstawą rozprawy doktorskiej są 3 artykuły naukowe wchodzące w skład tematycznego i spójnego zbioru pod względem naukowym:

P1) Kocięcka, J., Liberacki, D., & Stróżecki, M. (2023). The Role of Antitranspirants in Mitigating Drought Stress in Plants of the Grass Family (Poaceae) - A Review. Sustainability, 15(12), 9165. <https://doi.org/10.3390/su15129165> 100 pkt; IF 3,9

P2) Kocięcka, J., Liberacki, D., Kupiec, J. M., Stróżecki, M., & Dłużewski, P. (2023). Effects of Silicon Application and Groundwater Level in a Subirrigation System on Yield of a Three-Cut Meadow. *Water*, 15(11), 2103. <https://doi.org/10.3390/w15112103> 100 pkt; IF 3,4

P3) Kocięcka, J., Stróżecki, M., Juszczak, R., Liberacki, D. (2023). Effect of Subirrigation and Silicon Antitranspirant Application on Biomass Yield and Carbon Dioxide Balance of a Three-Cut Meadow. *Water*, 15(17), 3057. <https://doi.org/10.3390/w15173057> 100 pkt; IF 3,4

Rozprawa doktorska liczy 92 strony i złożona jest ona z 5 głównych rozdziałów: wstęp, cel i zakres pracy oraz hipotezy badawcze, badania terenowe, prezentacja rezultatów (w formie 3 publikacji naukowych), posumowanie i wnioski, spis literatury oraz oświadczenia Dyplomantki oraz wszystkich współautorów. Praca została napisana poprawnym stylem, jest czytelna i w sposób zrozumiały opisuje poruszane w niej zagadnienia.

### **3. Merytoryczna ocena poszczególnych rozdziałów rozprawy doktorskiej:**

#### Rozdział pierwszy: Wstęp

W ramach tego rozdziału Autorka na wstępie charakteryzuje problematykę badawczą poruszaną w pracy koncentrując się na wielkości nadmiernej emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery, wskazując przy tym główne jego źródła emisji łącznie z terenami użytkowanymi rolniczo. Szczególnie Autorka poświęciła uwagę użytkom zielonym, z których też w wyniku ich nadmiernego przesuszenia może intensyfikować się emisja CO<sub>2</sub>. W kolejnej części tego rozdziału Doktorantka wskazuje na innowacyjność swojej pracy poprzez zastosowanie po raz pierwszy antytranspirantu na użytkach łąkowych w kontekście ograniczania emisji ditlenku węgla z tego typu terenów.

#### Rozdział drugi: Cel i zakres pracy oraz hipotezy badawcze:

Za cel niniejszej pracy Autorka postawiła sobie określenie wpływu zastosowanie antytranspirantu zawierającego krzem na plonowanie łąki trzykośnej oraz wymianę netto strumieni ditlenku węgla na tym obszarze przy zróżnicowanym położeniu zwierciadła wody gruntowej. Zakres pracy obejmował natomiast:

- 1) Przegląd literatury nt. zastosowania antytranspirantów i efektów ich działania na rośliny z rodziny wiechlinowatych – traw;
- 2) Przegląd dotychczasowych badań dotyczących wpływu wybranych antytranspirantów na łagodzenie skutków susz roślin z rodziny wiechlinowatych ze szczególnym uwzględnieniem wielkości plonu i parametru wzrostu tych roślin;
- 3) Przeprowadzenie 2 – letnich pomiarów na łące trzykośnej obejmujących określenie wpływu zastosowania antytranspirantu oraz wysokiego i niskiego poziomu wody gruntowej w systemie nawodnień podsiąkowych na:
  - Wielkość plonu masy nadziemnej roślin;
  - Dzielne oraz skumulowane w poszczególnych pokosach, sezonach wegetacyjnych i poszczególnych latach wartości strumieni produkcji pierwotnej brutto, oddychania ekosystemu oraz wymiany netto CO<sub>2</sub>;

W ramach niniejszej rozprawy doktorskiej Autorka zdefiniowała i poddała weryfikacji 2 hipotezy badawcze:

H 1) zastosowanie antytranspirantu z krzemem istotnie wpływa na plon łąki trzykośnej;

H 2) zastosowanie powyższego antytranspirantu przy wysokim poziomie wody gruntowej istotnie wpływa na dziennie strumienie CO<sub>2</sub> na obiekcie łąkowym.

Moim zdaniem w pracy bardzo jednoznacznie określono jej cel, zakres i postawiono hipotezy badawcze, co przyczyniło się do precyzyjnego zaplanowania badań laboratoryjnych i terenowych obejmujących powyższe zagadnienia.

#### Rozdział 3: Badania terenowe:

W rozdziale tym Autorka w sposób syntetyczny scharakteryzowała obiekt badań położony w woj. wielkopolskim, z którego wyniki zostały zaprezentowane w publikacjach P2 i P3. Obiekt ten znajdował się w miejscowości Racot, na obszarze którego w 2021 zostało założone doświadczenie terenowe. Na ryc. 1

przedstawiono schemat poszczególnych poletek eksperymentalnych z zaznaczeniem lokalizacji zastawki piętrzącej wodę oraz stacji meteorologicznej. Szczegóły wyposażenia w poszczególne urządzenia badawcze przedstawiono szczegółowo w 2 artykułach naukowych (P2 i P3) wchodzących w skład rozprawy doktorskiej.

#### Rozdział 4: Prezentacja rezultatów

##### 4.1. Rola antytranspirantów w łagodzeniu stresu wywołanego suszą u roślin z rodziny traw (*Poaceae*) – przegląd. (Publikacja P1)

Na wstępie tej publikacji Autorzy opisują rodzinę traw *Poaceae*, które stanowią najważniejszą grupę uprawianych roślin na świecie. Należą do nich m.in. kukurydza, ryż, pszenica, jęczmień, sorgo czy proso. Rośliny te z racji zachodzących zmian klimatycznych w coraz większy sposób odczuwają skutki niedoboru wody w okresach bezdeszczowych, co m. in. wpływa negatywnie na wysokość produkcji rolniczej. Wszystko to powoduje konieczność poszukiwania środków zaradczych, do których Autorzy publikacji zaliczają m.in. antytranspiranty, których głównym zadaniem jest ograniczanie wielkości procesu parowania z powierzchni roślin. Celem niniejszej pracy było dokonanie aktualnego przeglądu stanu wiedzy na powyższe zagadnienie. W dalszej części tej publikacji Autorzy dokonują przeglądu poszczególnych najbardziej popularnych antytranspirantów do których zaliczają Vapor-Gard będący w grupie antytranspirantów błono-twórczych. Jego zastosowanie przykładowo w okresie suszy na pszenicy redukowało zużycie wody o około 45% w porównaniu do tej uprawy bez zastosowania tej substancji. W przypadku pszenicy jarej zastosowanie tego związku spowodowało znaczący wzrost jej plonu pomimo panującej suszy. Kolejnym błono-twórczym antytranspirantem jest krzem, który znacząco obniża wielkość transpiracji i powoduje występowanie grubszych liści pszenicy co może być skutkiem ograniczonej transpiracji w okresie suszy. Zastosowanie krzemu w uprawie kukurydzy, poprawia jej parametry fizyczne, zwiększa wykorzystanie wody w konsekwencji skutkując zwiększoną masą kukurydzy. W ramach grupy antytranspirantów metabolicznych Autorzy scharakteryzowali chitosan - biopolimer otrzymywany z chityny, który jest nietoksyczny, biodegradowalny i stosowany jako roślinny biostymulant stosowany w uprawie kukurydzy oraz pszenicy poprawiając vegetację tych roślin w okresie suszy powodując zwiększenie ich plonu. Doświadczenia związane z aplikacją tego związku wskazują, że najlepsze efekty uzyskuje się stosując go przed nadchodzącą suszą. Kolejnym związkiem metabolicznym ograniczającym skutki suszy jest kwas fulwowy, którego skuteczność zaobserwowano stosując go w przypadku pszenicy ozimej i kukurydzy (zwiększona zawartość wody w liściach, większy wzrost roślin, głębszy system korzeniowy). Połączenie tego związku z super chłonnym polimerem (SAP) znacznie zwiększa polny kukurydzy o ok. 19-23%. Kolejnym związkiem z tej grupy jest kwas salicylowy, którego zastosowanie w przypadku uprawy jęczmienia poprawia wiele parametrów roślinnych jak: zawartość wody, składników odżywczych czy akumulacja proliny. Zastosowanie tego kwasu ogranicza również uszkodzenia błony komórkowej liścia wywołanego deficytem wody, obserwuje się to zarówno w przypadku jęczmienia i ryżu. Ostatnią grupą antytranspirantów była grupa refleksyjna do której zaliczyć można: kaolin i węglan magnezu. Ten pierwszy jest popularnym glinokrzemianem, który zmieszany z wodą rozpylany jest na rośliny tworząc białą powłokę na nich. Zastosowanie tego minerału m.in. zwiększa wysokość roślin, zmniejsza ilość wody potrzebną do nawodnień (nawet o ok. 40% w przypadku uprawy kukurydzy). W przypadku węglanu magnezu jego zastosowanie redukuje negatywną zmianę plonów o ok. 10%, zwiększa również wykorzystanie zasobów wodnych. W końcowej części tej publikacji Autorzy wskazują na zagrożenia, niepewności i perspektywy w przyszłości stosowania antytranspirantów w celu ograniczania negatywnych skutków plonowania roślin uprawnych w okresach coraz częściej występujących susz. Wskazują również na wyniki badań opublikowanych w literaturze, które nie do końca potwierdzają same pozytywne aspekty stosowania tego typu związków (np. zastosowanie Vapor Gard w uprawie pszenicy i jęczmienia). Kolejnym aspektem do analizy jest czynnik ekonomiczny związany z kosztem stosowanych substancji, co ma szczególne znaczenie dla opłacalności produkcji roślinnej. W mojej ocenie w niniejszej publikacji wykazano bardzo wnikliwe rozpoznanie zagadnienia, przedstawienie stanu wiedzy na temat zastosowania antytranspirantów w produkcji roślinnej w okresie suszy wymagało zapoznania się z 145 pozycjami literatury (wszystkie w j. angielskim), która w głównej mierze pochodzi z ostatnich 15-20 lat, co świadczy o bardzo dobrym rozpoznaniu stanu wiedzy w tym zakresie. W publikacji tej przygotowano 3 bardzo czytelne tabele obrazujące wpływ poszczególnych rodzajów (grup) antytranspirantów na poszczególne parametry roślinne i ich plonowanie w zależności od gatunków uprawianych roślin, co obrazuje zakres przeprowadzonej analizy stanu wiedzy na ten temat. Przygotowanie fragmentu rozprawy doktorskiej w formie



aktualnego przeglądu stanu wiedzy opartego o najnowsze publikacje z tego zakresu potwierdza moim zdaniem wysoki stan wiedzy na ten temat przez Autorkę rozprawy doktorskiej.

#### 4.2. Wpływ aplikacji krzemu i poziomu wód gruntowych w systemie nawodnienia podsiąkowego na plonowanie trzykośnej łąki (Publikacja P2)

W nawiązaniu do wcześniejszej publikacji P1 stosunkowo dużo uwagi poświęcono zastosowaniu antytranspirantów z rodziny traw, które są zbożami, natomiast niewiele uwagi pozostałym trawom. Celem więc tej publikacji było określenie wpływu zastosowania antytranspirantu zawierającego krzem na plonowanie łąki trzykośnej z uwzględnieniem położenia poziomu wód gruntowych. Badania te przeprowadzono na obiekcie Racot znajdującym się w woj. wielkopolskim na systemie nawodnień podsiąkowych wyposażonych w sieć zastawek umożliwiających regulację poziomu wody, głównym źródłem wody do nawodnień na tym obiekcie jest rów Gołębiowski. Na fragmencie analizowanego obiektu łąkowego wydzielono poletka doświadczalne na których za pomocą urządzeń melioracyjnych utrzymywano niski i wysoki poziom wody gruntowej. Zainstalowano urządzenia pomiarowe do automatycznej rejestracji poziomu wód gruntowych oraz urządzenia do ciągłego monitoringu wartości wilgotności gleby na gł. 20 cm na obu rodzajach poletek. Dodatkowo w pobliżu zainstalowano stację meteorologiczną do pomiaru wybranych parametrów meteorologicznych. Wyodrębniono 2 obszary badawcze (z płytkim i głębokim położeniem zw. wody gruntowej), na których wyznaczono po 2 poletka badawcze: jedno z zastosowaniem antytranspirantu z krzemem a drugie bez jego zastosowania. W obrębie każdego z nich zainstalowano po 3 ramy glebowe na których wykonywano pomiary. Powyższe badania przeprowadzono w okresie wegetacji 2021 roku. W warunkach laboratoryjnych opracowano podstawowe charakterystyki gleby tj.: skład granulometryczny, zawartość węgla organicznego, gęstość gleby oraz zawartość wody glebowej przy  $pF=2,0$ . Opracowano także współczynniki bioróżnorodności roślinności trawiastej (Shannon -Wiener, Simpson's i Sørensen's) oraz wybrane parametry roślinne: wskaźnik NDVI, wysokość roślin i ich plon. Dostępne dane meteorologiczne umożliwiły określenie za pomocą współczynnika hydrotermalnego Sielianałowa warunki pluwiometryczne w miesiącach 03-11.2021, z których wynika, że miesiące III-IV i VII były optymalne, bardzo wilgotny był V, suchy VI, VII i X całkiem suche a XI mokry. W kolejnej części tej publikacji przedstawiono wyniki położenia zw. wody gruntowej, w przypadku terenu nawadnianego wysokości te wahały się od 0,13 do 0,43 m pod pow. terenu, natomiast w przypadku terenu nie nawadnianego wartości te zawierały się w przedziale 0,29 – 0,68 m. Na podstawie badań laboratoryjnych glebę na obiekcie sklasyfikowano jako piasek luźny, dla którego w tab. 4 i 5 przedstawiono podstawowe właściwości fizyczne i chemiczne. Wilgotność w analizowanym okresie badawczym (24.03-19.11.2021) wahała się w granicach od ok. 60 do ok. 25% obj. i była ok. 10 – 15% niższa w przypadku głębszego zalegania zwierciadła wody gruntowej i przez większość czasu była powyżej  $pF 2,0$ .

W kolejnej części tej publikacji przedstawiono ilość gatunków roślin w zależności od terminu koszenia (nr pokosu), wynika z niego, że wraz z kolejnym pokosem wzrasta liczba gatunków roślin, odpowiednio w1 było 13, w 2 17 a w 3 terminie 18 gatunków roślin. W tab. 8 i 9 zestawiono odpowiednio wyniki wskaźników Shannona – Wienera i Simpsona, które wskazują i potwierdzają, że wzrost bioróżnorodności jest powiązany ze zwiększonym uwilgotnieniem gleby i zastosowaniem preparatu krzemowego. Przeanalizowano również wartości współczynnika Sørensona wskazując, że w jego przypadku w poszczególnych terminach pokosów w głównej mierze decyduje położenie poziomu wody gruntowej (tabele 10-12). Zastosowanie wyższego położenia zw. wody gruntowej i zastosowanie antytranspirantu krzemowego powodowało nieco wyższe wysokości analizowanych roślin (w 2 i 3 pokosie), natomiast w przypadku niższych poziomów wód gruntowych i przy braku zastosowania krzemu zaobserwowano (oprócz 3 pokosu) wyższe wysokości roślin (tab. 13) oraz przedstawiono znormalizowaną mapę wysokości roślin dla poszczególnych poletek badawczych i wartości współczynnika NDVI (rys, 5-6). Na podstawie tych badań stwierdzono, że zauważono brak wpływu położenia zw. wody gruntowej i zastosowanego antytranspirantu na wysokość roślin i wartości współczynnika NDVI. W końcowej części tej publikacji przedstawiono wyniki uzyskanej suchej masy w poszczególnych pokosach przy różnym położeniu zw. wody gruntowej (wysokie, niskie) oraz przy zastosowaniu antytranspirantu lub jego braku. W przypadku 1 pokosu zastosowanie wysokiego poziomu wody gruntowej przyniosło plon suchej masy  $4365,39 \text{ kg ha}^{-1}$ , podczas gdy w tych samych warunkach poziomu wody ale z zastosowaniem krzemu było to  $3489,42 \text{ kg ha}^{-1}$ , (redukcja plonu o ok. 20%), podobne zależności zaobserwowano w przypadku niskiego poziomu wody gruntowej ( $4587,14 \text{ kg ha}^{-1}$ ) oraz  $3842,25 \text{ kg ha}^{-1}$  w przypadku zastosowania krzemu. W 2 pokosie uzyskano podobne tendencje, gdzie różnica pomiędzy wysokim

stanem wód gruntowych oraz zastosowaniem lub brakiem krzemu wynosiła 621,69 kg ha<sup>-1</sup>, a w przypadku niskich poziomów wód gruntowych odpowiednio 582,21 kg ha<sup>-1</sup>. Po 3 pokosie w przypadku wysokiego położenia zw. wody plon suchej masy wyniósł 3706,08 kg ha<sup>-1</sup>, a przy zastosowaniu krzemu 2939,83 kg ha<sup>-1</sup>, podobnie w przypadku niskiego stanu wody zastosowanie preparatu z krzemem obniżyło plon suchej masy z 3467,47 kg ha<sup>-1</sup> do 3111,19 kg ha<sup>-1</sup> (rys. 7), podobne wyniki (zależności) przedstawiono na rys. 8 jako całkowite plony suchej masy dla poszczególnych poletek badawczych, które odpowiednio dla wysokiego stanu wód gruntowych bez i krzemem wynosiły odpowiednio: 12,69 Mg ha<sup>-1</sup> i 10,43 Mg ha<sup>-1</sup>, w przypadku niskiego zalegania poziomu wody gruntowej wartości te wynosiły odpowiednio (bez krzemu) 12,05 Mg ha<sup>-1</sup> oraz (z krzemem) 10,36 Mg ha<sup>-1</sup>. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zastosowanie antytranspirantu w obu przypadkach (przy wysokim i niskim poziomie wód gruntowych) utrzymywanych za pomocą systemu nawodnień podsiąkowych redukuje plony odpowiednio o 17,8 % oraz o 14 %. W mojej ocenie powyższe wyniki nie budzą zastrzeżeń i należą do jednych z fundamentalnych w tej pracy, świadczą o tym, że zastosowanie antytranspirantu z krzemem ogranicza transpirację roślin z rodziny traw wiechlinowatych a w konsekwencji pociąga to za sobą ograniczenie wysokości ich plonu zarówno przy wysokich i niskich stanach wód gruntowych.

#### 4.3. Wpływ nawodnienia podsiąkowego i stosowania antytranspirantu z krzemem na plon i bilans ditlenku węgla na trzykośnej łące. (Publikacja P3)

W niniejszej publikacji Autorzy jako pierwsi podejmują zagadnienie stosowania antytranspirantów i ich wpływu na wielkość emisji (bilansu) ditlenku węgla z użytku łąkowego ze szczególnym uwzględnieniem zróżnicowanego położenia wody gruntowej. Badania terenowe wykonywano na tym samym obiekcie (opisanym w publikacji P 2) w latach 2021-2022, oprócz opisanych powyżej metod badawczych w dalszych badaniach użyto dynamiczne komory zamknięte do pomiaru strumieni CO<sub>2</sub>. W dalszej części tej publikacji w metodyce badań przedstawiono procedurę pomiarową i obliczeniową dziennych wartości strumieni: produkcji pierwotnej brutto (GPP), oddychania ekosystemu (Reco) oraz wymiany netto ekosystemu (NEE). Na wstępie części wynikowej scharakteryzowano warunki meteorologiczno – glebowe panujące na obiekcie badań od 1.01.2021 do 1.01.2023 roku. Analizie poddano dobowe wartości: temperatury powietrza, wilgotności gleby na gł. 20 cm na poletkach oraz odpowiadających ich położeniach zwierciadłach wody (płytkie i głębokie). Zaznaczono terminy poszczególnych pokosów oraz scharakteryzowano dynamikę tych danych wskazując na ich sezonową cykliczność (rys. 2, tabela 1), która stanowiła tło do uzyskanych pomiarów przepływów ditlenku węgla. Na podstawie procedury obliczeniowej przedstawiono wyniki przepływów GPP, Reco i NEE dla poszczególnych 4 odmian poletek badawczych, wynika z nich, że w okresie letnim zaobserwowanoienne przepływy, tj. asymilacji GPP na poziomie ok. -33 gCO<sub>2</sub>-C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> z atmosfery przez rośliny, odwrotną generalnie tendencję w analizowanym okresie zaobserwowano dla wartości Reco, które wahały się w granicach od ok. 1 gCO<sub>2</sub>-C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> w okresach zimowych do ok. 22 gCO<sub>2</sub>-C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> w okresie letnim (rys. 3b). Wartości tego parametru były generalnie większe w 2021 roku niż w 2022 (rok 2021 był bardziej chłodniejszy i suchy). Obliczenia modelowe NEE wykazały jej dużą zmienność wynikową szczególnie w okresie wegetacji, szczególnie największe jego dobowe wartości zaobserwowano w okresie letnim zaraz po przeprowadzeniu poszczególnych pokosów (rys. 3c). W dalszej części publikacji analizie statystycznej poddano wyniki powyższych 3 parametrów na tle położenia zwierciadła wody gruntowej oraz zastosowania lub braku zastosowania antytranspirantu z krzemem. Działanie tego środka na poletkach z wysokim poziomem wody gruntowej wykazało, żeienne strumienie GPP, Reco oraz NEE różniły się znacznie pomiędzy poletkami z krzemem i bez niego w poszczególnych pokosach. Potwierdzono także negatywny wpływ zastosowania krzemu na wielkość otrzymanego plonu, reedukacja ta była widoczna w każdym ze scenariuszy gospodarki wodnej. W końcowej części tej publikacji przeprowadzono dyskusję i porównano otrzymane w pracy wyniki z podobnymi wynikami opublikowanymi w literaturze.

#### Rozdział 5: Podsumowanie i wnioski:

W rozdziale tym Autorka formułuje 4 krótkie wnioski powiązane z celem, zakresem i hipotezami pracy (do których odnosi się już poszczególnych publikacjach), stwierdzając, że zastosowanie antytranspirantu zmniejsza wielkość plonów traw przy poszczególnych położeniach zwierciadeł wody na poszczególnych poletkach badawczych. Zastosowanie antytranspirantu wpływa natomiast pozytywnie na zmniejszenie netto CO<sub>2</sub> lub prowadzi do zwiększenia jego asymilacji na użytkach łąkowych. Autorka pracy wskazuje na

konieczność dalszych badań w tym zakresie sugerując poszerzenie zakresu stosowanych antytranspirantów oraz różnych dawek ich stosowania. W pracy jako pionierskie zagadnienie Dyplomantka potraktowała określenia wpływu zastosowanego antytranspirantu z krzemem na określenie wielkości strumieni netto CO<sub>2</sub> na łące znajdującej się w zasięgu działania systemu melioracyjnego, co również uważam za nowatorstwo tej rozprawy doktorskiej.

Do najważniejszych osiągnięć pracy zaliczam:

- Podjęcie tematyki związanej z adaptacją produkcji roślinnej w aspekcie zmieniającego się klimatu (coraz częściej pojawiające się susze ograniczające dostęp do wody, emisja strumieni CO<sub>2</sub> jako gazu cieplarnianego w powiązaniu z zastosowaniem antytranspirantu z użytków łąkowych znajdujących się w różnych wariantach gospodarowania wodą) jest tematem jak najbardziej aktualnym;
- Dokonanie bardzo rzetelnego aktualnego stanu wiedzy nt. zastosowania różnych grup antytranspirantów stosowanych do ograniczania zużycia wody przez rośliny w okresach suchych oraz określenia ich wpływu na wielkość otrzymywanego plonu na podstawie przeglądu najnowszych 145 pozycji literaturowych j. angielskim. Krytyczny przegląd wiedzy umożliwił Doktorantce precyzyjne zdefiniowanie celu, zakresu oraz hipotez niniejszej rozprawy.
- Zakres pracy był bardzo duży, obejmujący pomiary terenowe monitoringu wybranych parametrów meteorologicznych, uwilgotnienia gleby, zalegania poziomu wód gruntowych oraz strumieni przepływu CO<sub>2</sub>, co pociągało za sobą konieczność poznania wielu metod i urządzeń badawczych. Dodatkowo w warunkach laboratoryjnych opracowano wiele charakterystyk fizycznych i chemicznych gleb na analizowanych poletkach badawczych oraz dokonano prac związanych z określeniem wielkości plonu w poszczególnych pokosach.
- Z racji bardzo dużego zakresu pracy Autorka rozprawy wykazała się umiejętnością współpracy z kilkoma zespołami badawczymi Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, co czyni tą pracę interdyscyplinarną; środki do badań w niniejszej pracy zostały pozyskane z 2 projektów badawczych (grant Innowator nr 01/2022/INN oraz projektu BIOSTRATEG3/347837/11/NCBR/2017), co również bardzo dobrze świadczy o doświadczeniu Doktorantki w pracy w tego typu projektach.
- Podjęcie nowych zagadnień badawczych jakimi było m.in. określenie wpływu zastosowania antytranspirantu na użytkach łąkowych na ograniczenie nie tylko negatywnych skutków suszy ale i też ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>.
- Staranne opracowania statystyczne otrzymanego materiału badawczego. Badania terenowe i laboratoryjne zostały zaprojektowane i przeprowadzone prawidłowo, otrzymane wyniki badań i ich analiza nie budzą zastrzeżeń, na uwagę zasługuje również czasochłonność wykonywanych badań.
- Opublikowanie i zarazem umiędzynarodowienie wyników swoich wyników badań wraz z członkami poszczególnych zespołów badawczych tj. opublikowanie 3 tematycznie powiązanych recenzowanych publikacjach naukowych (300 pkt oraz IF 10,7), gdzie udział Doktorantki był znaczący i wynosił odpowiednio: 80, 60 oraz 64 % w poszczególnych pracach (stosowne oświadczenia współautorów na końcu rozprawy).

Lektura pracy nasunęła jedynie kilka uwag dyskusyjnych:

- W publikacji 2 do oceny pluwiometrycznej poszczególnych miesięcy w 2021 roku użyto współczynnika Sielianiowa na podstawie tabel 1-3, dysponując wartościami sum opadów miesięcznych w poszczególnych miesiącach 2021 roku na tle średnich sum miesięcznych z lat 1991-2020 można było również scharakteryzować poszczególne miesiące tego roku używając wskaźnika względnego opadu RPI (relative precipitation index), co mogłoby wzbogacić wyniki zamieszczone w tab. 3.
- W pracy zastosowano metodę pośrednią ciągłego pomiaru uwilgotnienia na gł. 20 cm pod powierzchnią terenu, jaka była dokładność pomiarowa stosowanego urządzenia ?, czy jest to technika pomiarowa TDR, czy FDR ?, czy wykorzystywano w tym urządzeniu „jego” krzywą kalibracji, czy do obliczeń wilgotności zastosowano krzywą kalibracji (np. z literatury) najbardziej zbliżoną do opisanej gleby występującej na analizowanych poletkach ?
- W publikacji 2 na rys. 2 i 3 przedstawiono odpowiednio zalegania poziomów wód gruntowych na tle opadów atmosferycznych (rys. 2) i wartości wilgotności gleby na gł. 20 cm. Edycyjnie proponowałbym



wykonanie 1 wspólnego rysunku zestawiającego dobowe wartości: a) opadów atmosferycznych, b) wilgotności gleby oraz c) położenia zwierciadła wód gruntowych. Dodatkowo na rys. z zakresem dynamiki zmian wilgotności gleb oprócz zaznaczonej wartości  $pF=2,0$  sugerowałbym zaznaczyć również wartość  $pF 4,2$  (była tylko opracowana wartość  $pF 2,0$ ) a w takiej sytuacji byłby widoczny cały zakres wody dostępnej dla roślin.

- W ramach prowadzonych badań terenowych na stacji meteorologicznej badano wybrane parametry meteorologiczne (publikacja 2 str. 4), w pracy przedstawiono jedynie wartości temperatury powietrza oraz opadów atmosferycznych, w moim odczuciu należałoby policzyć również wartości ewapotranspiracji wskaźnikowej równaniem Penmana – Monteitha w modyfikacji francuskiej. Dobowe dane te powinny być przedstawione w publikacji 2 i 3, gdyż stanowią ważny czynnik w analizie dynamiki zmian uwilgotnienia gleby i położenia zwierciadła wody gruntowej w całym analizowanym okresie a szczególnie w okresach bezdeszczowych.

Powyższe uwagi w większości mają charakter dyskusyjny i nie podważają mojej bardzo pozytywnej oceny pracy, uwzględnienie i uzupełnienie powyższych sugestii w moim odczuciu stwarza jeszcze możliwość przygotowania kolejnej publikacji i analizy tych danych w nieco innym kontekście (np. powiązanie i opracowanie zależności pomiędzy wartościami klimatycznego bilansu wodnego ( $KBW= P - ET_0$ ) a: wilgotnością gleby, położeniem zwierciadła wody gruntowej oraz wielkością emisji strumieni  $CO_2$  na analizowanych poletkach badawczych w latach 2021-2022.

#### Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska Pani mgr inż. Joanny Kocięckiej pt. „Wpływ zastosowania antytranspirantu na plonowanie i wymianę netto strumieni  $CO_2$  na łące z systemem nawodnienia podsiąkowego” została przeprowadzona w oparciu o starannie zaplanowaną i przemyślaną metodykę badań. Dyplomantka po krytycznym przeglądzie literatury podjęła w niej wiele nowych zagadnień badawczych (m.in. zastosowanie antytranspirantu na wielkość emisji strumieni  $CO_2$  z użytków zielonych), wykazała się znajomością wielu technik pomiarowych i procedur statystycznych co upoważnia mnie do wystąpienia z wnioskiem o wyróżnienie tej pracy. Obszerny zakres badań laboratoryjnych i terenowych obejmujący wiele zagadnień wskazuje na dobre przygotowanie Autorki do prowadzenia badań naukowych. Świadczy to o Jej dobrym przygotowaniu naukowym oraz Jej szerokiej i specjalistycznej wiedzy o czy świadczy m.in. bardzo wnikliwe przeprowadzony stan wiedzy w tym zakresie. Recenzowana praca wnosi nowe elementy poznawcze w zagadnieniu związanym z zastosowaniem antytranspirantu na wielkość plonowania roślin z rodziny wiechlinowatych oraz wymianą strumieni  $CO_2$  na łące trzykośnej znajdującej się w zasięgu działania systemu nawodnień podsiąkowych. Powyższe zagadnienia mają obecnie kolosalne znaczenie przy produkcji roślinnej w aspekcie zachodzących zmian klimatycznych. Stwierdzam jednocześnie, że recenzowana rozprawa doktorska całkowicie spełnia warunki określone w art. 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku. Treść rozprawy mieści się w obszarze nauk inżynieryjno – technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Wnioskuje więc o dopuszczenie jej Autorki – Pani mgr inż. Joanny Kocięckiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego przed Radą Naukową Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.



Dr hab. inż. Ryszard Oleszczuk, prof. SGGW

