AUTOREFERAT

PREZENTUJĄCY DOROBEK I OSIĄGNIĘCIA NAUKOWE HABILITANTKI

dr inż. Anna Ilek

Katedra Botaniki i Siedliskoznawstwa Leśnego
Wydział Leśny i Technologii Drewna
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Poznań, 2023

SPIS TREŚCI

1. POSIADANE DYPLOMY I STOPNIE NAUKOWE ……. 3

2. INFORMACJA O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH ……. 3

3. OSIĄGNIĘCIE BĘDĄCE PODSTAWĄ UBIEGANIA SIĘ O STOPIEŃ DOKTORA HABILITOWANEGO … 4

4. OMÓWIENIE CELU NAUKOWEGO PRAC ZGŁOSZONYCH DO POSTĘPOWANIA HABILITACYJNEGO I OSIĄGNIĘTYCH WYNIKÓW …….. 6

4.1. Wprowadzenie, geneza i cel badań ……..…..... 6

4.2. Szczegółowy opis wyników badań przedstawionych w poszczególnych publikacjach …….. 10

4.2.1. Współczynnik rozwinięcia powierzchni intercepcyjnej kory……. 10

4.2.2. Wpływ stopnia rozwinięcia powierzchni oraz grubości kory i drzew na pojemność wodną kory……. 13

4.2.3. Higroskopijność kory drzew występujących w strefie klimatu umiarkowanego …..……... 15

4.2.4. Higroskopijność kory drzew występujących w strefie wilgotnego klimatu subtropikalnego ……..…….. 16

4.2.5. Pionowe zróżnicowanie we właściwościach hydro-fizycznych kory wybranych gatunków drzew leśnych 19

4.2.6. Wpływ częstotliwości występowania pożarów na właściwości fizyczne i hydrologiczne kory …..……. 22

4.3. Podsumowanie ……...……...…… 23

5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIEĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM ISTOTNEJ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ REALIZOWANEJ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ …….. 27

5.1. ISTOTNA AKTYWNOŚĆ NAUKOWA REALIZOWANA W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ ……..... 27

5.1.1. Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie ……..……..…… 27

5.1.2. Mississippi State University (USA) ……...……..…… 30

5.1.3. Cleveland State University (USA) ……..……. 31

5.1.4. Federal University of São Carlos (Brazylia) ……..……..……...… 31

5.2. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA, INNYCH NIŻ TE WSKAZANE JAKO PODSTAWA UBIEGANIA SIĘ O STOPIEŃ DOKTORA HABILITOWANEGO …….. …….. 32

6. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPLARYZUJĄCYCH NAUKĘ ……... 41

7. POSUMOWANIE DOTYCHCZASOWEJ DZIAŁALNOŚCI NAUKOWEJ …… 44

1. POSIADANE DYPLOMY I STOPNIE NAUKOWE

09.07.2014 **doktor nauk leśnych (specjalność: *ekologia lasu*)**

Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie
Promotor: dr hab. inż. Jarosław Kucza
Tytuł rozprawy: *Znaczenie materii organicznej w kształtowaniu właściwości retencyjnych gleb leśnych pod drzewostanami jodłowymi i bukowymi na terenie Beskidu Makowskiego*

29.06.2009 **magister inżynier leśnictwa (specjalność: *ochrona zasobów leśnych*)**

Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie
Promotor: dr inż. Jakub Michalcewicz
Tytuł pracy dyplomowej: *Nadobnica alpejska Rosalia alpina (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Cerambycidae) w wybranych drzewostanach Nadleśnictwa Łosie (RDLP w Krakowie)*

Dodatkowe wykształcenie

2016 – 2017 Studia Podyplomowe: *Gleboznawstwo, gleboznawcza klasyfikacja gruntów i kartografia gleb,* Instytut Uprawy i Nawożenia Roślin w Puławach

2. INFORMACJA O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

od 2019 *adiunkt* w Katedrze Siedliskoznawstwa i Ekologii Lasu (od 01.09.2021 roku Katedra Botaniki i Siedliskoznawstwa Leśnego), Wydział Leśny (od 01.09.2020 roku Wydział Leśny i Technologii Drewna), Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

2018 – 2019 *asystent* w Katedrze Siedliskoznawstwa i Ekologii Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

2015 – 2018 *adiunkt* w Zakładzie Inżynierii Leśnej, Instytut Ochrony Ekosystemów Leśnych, Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

2014 – 2015 *asystent* w Zakładzie Inżynierii Leśnej, Instytut Ochrony Ekosystemów Leśnych, Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

2009 – 2014 *doktorantka* w Katedrze Inżynierii Leśnej, Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Dodatkowe doświadczenie zawodowe w zakresie leśnictwa

2010 *staż zawodowy* w Nadleśnictwie Myślenice, Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Krakowie

2008 – 2009 *asystent taksatora*, Przedsiębiorstwo Wielobranżowe KRAMECO

3. OSIĄGNIĘCIE BĘDĄCE PODSTAWĄ UBIEGANIA SIĘ O STOPIEŃ DOKTORA HABILITOWANEGO

Jako osiągnięcie naukowe wynikające z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego wskazuję cykl sześciu oryginalnych publikacji, przedstawiających wyniki badań z zakresu **hydrologii leśnej** pod tytułem: ***Czynniki wpływające na proces zatrzymywania wody przez korę drzew leśnych***. Publikacje te skupiają się na procesie zatrzymywania wody pochodzącej z opadu deszczu i nasyconego parą wodną powietrza atmosferycznego przez korę różnych gatunków drzew leśnych, w kontekście roli kory w intercepcji i redystrybucji opadu deszczu przez korony drzew. Ponadto w pracach tych podjęto próbę zidentyfikowania czynników wpływających na proces zatrzymywania wody oraz pojemność wodną kory drzew, występujących w strefie klimatu umiarkowanego i subtropikalnego.

Sumaryczny wskaźnik wpływu *Impact factor* wskazanego poniżej cyklu publikacji wynosi **14,278**[1], a suma punktów MNiSW i MEiN wynosi **294**[2] (w tym 74 punkty za publikacje w latach 2014-2018 i 220 punktów za publikacje w latach 2019-2023). W pięciu publikacjach jestem pierwszym i korespondencyjnym autorem, a prace te zostały opublikowane w pięciu różnych czasopismach, z których cztery znajdują się na liście *Journal Citation Reports* (JCR). Do prac tych należą[3]:

1. **Ilek A.**, Kucza J., **2014**. Hydrological properties of bark of selected forest tree species. Part I: Coefficient of development of the interception surface of bark. *Trees – Structure and Function 28: 831-839.*

   IF_{2014}: 1,651 / 35 pkt

   Wkład kandydatki w powstanie publikacji: autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca badań, opracowanie metodyki badań, w tym metody obliczania współczynnika rozwinięcia powierzchni intercepcyjnej kory, pobór materiału badawczego, przygotowanie próbek do badań, wykonanie pomiarów współczynnika rozwinięcia powierzchni intercepcyjnej kory, opracowanie i interpretacja wyników badań, przegląd literatury, przygotowanie manuskryptu, przeprowadzenie manuskryptu przez proces recenzji.

2. **Ilek A.**, Kucza J., Morkisz K., **2017**. Hydrological properties of bark of selected forest tree species. Part II: Interspecific variability of bark water storage capacity. *Folia Forestalia Polonica, Series A* 59 (592): 110-122.

   IF_{2017}: - / 14 pkt

   Wkład kandydatki w powstanie publikacji: autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca badań, opracowanie metodyki badań, pobór materiału badawczego, przygotowanie próbek do badań, wykonanie doświadczeń laboratoryjnych (określenie właściwości fizycznych kory, przeprowadzenie doświadczeń

[1] *Impact Factor* podany według roku publikacji.
[2] Punktacja podana zgodnie z Wykazem czasopism naukowych MNiSW i MEiN, aktualnym w roku publikacji danego artykułu naukowego.
[3] Prace zostały podane zgodnie z kolejnością ich omawiania w rozdziale 4, a wkład kandydatki w powstanie poszczególnych publikacji został potwierdzony przez współautorów w oświadczeniach, stanowiących załącznik 5 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

symulacji opadu deszczu), opracowanie i interpretacja wyników badań, przegląd literatury, przygotowanie manuskryptu, przeprowadzenie manuskryptu przez proces recenzji.

3. **Ilek A.**, Kucza J., Morkisz K., **2017**. Hygroscopicity of the bark of selected forest tree species. *iForest – Biogeosciences and Forestry* 10: 220-226.

IF_{2016}: 1,623 / 25 pkt

Wkład kandydatki w powstanie publikacji: autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca badań, opracowanie metodyki badań, pobór materiału badawczego, przygotowanie próbek do badań, wykonanie doświadczeń laboratoryjnych (określenie właściwości fizycznych i higroskopijnych kory), opracowanie i interpretacja wyników badań, przegląd literatury, przygotowanie manuskryptu, przeprowadzenie manuskryptu przez proces recenzji.

4. **Ilek A.**, Siegert C.M., Wade A., **2021**. Hygroscopic contributions to bark water storage and controls exerted by internal bark structure over water vapor absorption. *Trees – Structure and Function* 35: 831-843.

IF_{2021}: 2,888 / 100 pkt

Wkład kandydatki w powstanie publikacji: autor główny i korespondencyjny, koncepcja badań, pobór materiału badawczego, przygotowanie próbek do badań, metodyka badań, wykonanie badań laboratoryjnych (oznaczenie pojemności higroskopijnej i wodnej kory, pomiar właściwości fizycznych kory), opracowanie i interpretacja wyników badań, przegląd literatury, przygotowanie manuskryptu, przeprowadzenie manuskryptu przez proces recenzji.

5. **Ilek A.**, Van Stan J.T., Morkisz K., Kucza J., **2021**. Vertical variability in bark hydrology for two coniferous tree species. *Frontiers in Forests and Global Change* 4, 687907.

IF_{2021}: 4,332 / 20 pkt

Wkład kandydatki w powstanie publikacji: autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca badań, opracowanie metodyki badań, w tym konstrukcji zraszacza do przeprowadzenia doświadczeń symulacji opadu deszczu, pobór materiału badawczego, przygotowanie próbek do badań, wykonanie doświadczeń laboratoryjnych (określenie właściwości fizycznych kory, przeprowadzenie części doświadczeń symulacji opadu deszczu), opracowanie i interpretacja wyników badań, przegląd literatury, przygotowanie manuskryptu, przeprowadzenie manuskryptu przez proces recenzji.

6. Siegert C., **Ilek A.**, Wade A., Schweitzer C., **2023**. Changes in bark properties and hydrology following prescribed fire in *Pinus taeda* and *Quercus montana*. *Hydrological Processes* 37(1), e14799.

IF_{2021}: 3,784 / 100 pkt

Wkład kandydatki w powstanie publikacji: koncepcja badań, pobór materiału i przygotowanie próbek do badań, metodyka badań, wykonanie części badań laboratoryjnych (określenie właściwości fizycznych, higroskopijności i pojemności wodnej kory), udział w przygotowaniu manuskryptu i interpretacji wyników badań (opis metodyki badań, wyników, a także części wstępu i dyskusji).

4. OMÓWIENIE CELU NAUKOWEGO PRAC ZGŁOSZONYCH DO POSTĘPOWANIA HABILITACYJNEGO I OSIĄGNIĘTYCH WYNIKÓW

CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA PROCES ZATRZYMYWANIA WODY PRZEZ KORĘ DRZEW LEŚNYCH

4.1. WPROWADZENIE, GENEZA I CEL BADAŃ

Opady i osady atmosferyczne pojawiające się na obszarach porośniętych roślinnością wchodzą w bezpośrednie interakcje z powierzchnią roślin. Na obszarach leśnych opad deszczu jest najpierw przechwytywany przez poszczególne warstwy drzewostanu i roślinność runa leśnego, zanim ostatecznie dotrze do dna lasu w postaci ‘opadu netto’ i zwiększy zapas wody w glebie. Proces zatrzymywania wody przez powierzchnię roślin zwany jest intercepcją i zależy od wielu czynników, w tym między innymi od powierzchni i struktury koron drzew, natężenia i czasu trwania opadu, wielkości kropel deszczu, lepkości wody opadowej, prędkości wiatru, kąta nachylenia gałęzi drzew, a także szorstkości kory pni i gałęzi (Herwitz 1985, Calder 1996, Crockford i Richardson 2000, Keim i in. 2006, Chang 2006, Dunkerley 2010, Livesley i in. 2014). Czynniki te wpływają na międzygatunkowe różnice w intercepcji wody przez korony drzew, która w lasach strefy umiarkowanej może osiągać 15-50% całkowitego opadu (Hörmann i in. 1996, Savenije 2004), przy czym w lesie bukowym może być to 8-30%, w sosnowym 18-36%, a w świerkowym 12-53% (Puchalski i Prusinkiewicz 1990). Woda przechwycona przez rośliny zwykle utrzymuje się na ich powierzchni do momentu odparowania po zakończeniu opadu lub do czasu, aż spłynie po powierzchni liści, gałęzi lub pni i dotrze do gleby w postaci opadu podokapowego i/lub spływu po pniu w wyniku redystrybucji opadu przez korony drzew. Woda przechwycona przez rośliny i odparowana do atmosfery nie dociera do dna lasu i nie powiększa zapasu wody w glebie. W związku z tym procesy intercepcji i redystrybucji opadu odgrywają istotną rolę w bilansie wodnym ekosystemów leśnych i stały się przedmiotem licznych badań. Dowodem na to jest powstanie w latach 1918-2017 blisko 7600 publikacji naukowych w tym zakresie, przy czym ilość ta dotyczy jedynie prac dostępnych w bazie *Web of Science* (Van Stan i Friesen 2020).

Mimo bogatej literatury na temat redystrybucji wody opadowej przez korony drzew i czynników rządzących procesem intercepcji, istnieją pewne istotne luki w wiedzy z tego zakresu, co utrudnia pełne zrozumienie procesu przenikania opadu deszczu przez korony drzew i jego wpływu na bilans wodny atmosfera–drzewostan–gleba. Większość badań ekohydrologicznych przeprowadzonych dotąd na obszarach leśnych koncentrowała się na intercepcji całych roślin (m.in. Yang i in. 2019) lub na relacji woda opadowa–liście (m.in. Nairn i in. 2014, He i in. 2019, Holder 2020), głównie ze względu na dużą powierzchnię listowia biorącą czynny udział w intercepcji opadu, która w skali globalnej szacowana jest na ~ 1 mld km^2 (Vorholt 2012). Badania intercepcji całych roślin nie pozwalają jednak na rozróżnienie, w jakim stopniu powierzchnia listowia, pni czy gałęzi wpływa na wielkość przechwytywanej wody. Z kolei badania ukierunkowane jedynie na intercepcję listowia mogą zaniżać rzeczywistą pojemność wodną koron drzew (Klaassen i in. 1998).

Kluczową rolę w przechwytywaniu opadu przez części zdrewniałe odgrywa kora drzew, której udział w procesach ekohydrologicznych zachodzących na obszarach leśnych jest często pomijany i stosunkowo słabo poznany. Choć szacuje się, że w skali globalnej całkowita powierzchnia kory drzew wynosi ~ 41 mln km^2 (Van Stan i in. 2020) i jest znacznie niższa od powierzchni liści, to może ona zatrzymywać od 50 do 80% wody przechwytywanej przez korony drzew w czasie opadu (Herwitz 1985), a w okresie bezlistnym udział ten może być jeszcze większy (André i in. 2008). Na duże zdolności kory do zatrzymywania wody wskazują badania niektórych autorów (m.in. Liu 1998). Dla przykładu Llorens i Gallart (2000) stwierdzili, że igły *P. sylvestris* L. mogą zatrzymać od 0,04 do 0,10 mm opadu, podczas gdy powierzchnia gałęzi i pni może przechwycić około 0,62 mm wody. Ilość zatrzymywanej wody opadowej przez części zdrewniałe drzew w dużym stopniu zależy od wielkości powierzchni korowej, której rozwój ma charakter dynamiczny i postępuje wraz z przyrostem na grubość i wysokość drzew (Pypker i in. 2011). Różnice w strukturze kory pomiędzy poszczególnymi gatunkami drzew wpływają na ilość i jakość wody spływającej po pniu (Levia i in. 2010). Gatunki drzew o chropowatej korze mają na ogół większe zdolności do magazynowania wody, a tym samym generują niższy spływ po pniu w porównaniu z gatunkami o korze gładkiej (Levia i Herwitz 2005).

W czasie wzrostu drzew niektórych gatunków powierzchnia korowa nie tylko się zwiększa, lecz także różnicuje pod względem morfologicznym, a umiejętność pomiaru powierzchni kory i jej zmian postępujących wraz z wiekiem drzew jest kluczowa w badaniach intercepcji i redystrybucji opadu na terenach leśnych. Ze względu na niejednorodną strukturę i obecność licznych spękań na powierzchni kory wielu gatunków, pomiar jej powierzchni rzeczywistej (z uwzględnieniem wszelkich spękań i nierówności) jest niezwykle trudny. Brak prostych i dokładnych metod pomiaru powierzchni kory jest jedną z przyczyn stosunkowo słabego rozpoznania właściwości hydrologicznych kory i jej roli w redystrybucji opadu deszczu. Choć w ostatnich latach w literaturze opisano kilka metod pomiaru powierzchni kory (Adams i Jackson 1995, MacFarlane i Luo 2009, Van Stan i in. 2010, Sioma i in. 2018), to w wielu pracach ekohydrologicznych powierzchnia szacowana jest w sposób subiektywny i opisowy, jak na przykład kora *gładka*, *spękana* lub *łuszcząca się* (Magyar i in. 2021, Tonello i in. 2021). Tego typu opis nie pozwala na włączenie powierzchni kory do modeli hydrologicznych. Ponadto nie pozwala również na monitorowanie zmian w jej powierzchni, zachodzących wraz z przyrostem na grubość i wysokość drzew, a także wpływu tych zmian na intercepcję i redystrybucję opadu. Dlatego też jednym z celów prac włączonych w cykl artykułów stanowiących osiągnięcie będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego było **(1) opracowanie metody obliczania rzeczywistej powierzchni kory drzew za pomocą *współczynnika rozwinięcia powierzchni intercepcyjnej kory***. Współczynnik ten w sposób matematyczny opisuje powierzchnię kory i pozwala na obiektywną ocenę jej zróżnicowania pomiędzy gatunkami oraz zmian zachodzących w miarę przyrostu drzew. Kolejnym celem było **(2) określenie wpływu stopnia rozwinięcia powierzchni intercepcyjnej oraz grubości kory i drzew na jej maksymalną pojemność wodną**. Opis badań dotyczących realizacji ww. celów przedstawiono odpowiednio w rozdziałach ***4.2.1*** i ***4.2.2***.

Jako zewnętrzna warstwa drzew, kora jest bezpośrednio narażona nie tylko na zwilżanie podczas opadów, lecz także na działanie pary wodnej zawartej w powietrzu atmosferycznym i może reagować na zmiany w wilgotności względnej powietrza w okresach bezopadowych, poprzez wymianę wody w wyniku absorpcji i desorpcji pary wodnej z i do atmosfery. Zdolność pochłaniania pary wodnej z powietrza atmosferycznego zwana jest higroskopijnością, a dynamika zmian zawartości wody indukowanych zmianą wilgotności względnej powietrza, może prowadzić do czasowych zmian w grubości kory (Gall i in. 2002, Oberhuber i in. 2020). Właściwości higroskopijne kory są najczęściej przedmiotem badań dotyczących możliwości wykorzystania kory w gospodarce, w tym w drzewnictwie, energetyce, sadownictwie, ogrodnictwie i rolnictwie (m.in. Muszynski i McNatt 1984, Kazemi i in. 2008, Giannotas i in. 2022). Choć na międzygatunkowe różnice w pochłanianiu pary wodnej z powietrza atmosferycznego przez korę drzew zwracali uwagę już Kapur i Narayanamurti (1934) oraz Young (1938), to w szeroko rozumianych badaniach przyrodniczych pojawiło się stosunkowo niewiele prac z tego zakresu. W pracach tych zwracano uwagę głównie na wpływ higroskopijności kory na dobowe wahania w grubości drzew, związane z kurczeniem kory w ciągu dnia i jej pęcznieniem w ciągu nocy (Chan i in. 2016, Zweifel 2016, Oberhuber i in. 2020). Z kolei w badaniach ekohydrologicznych dotyczących intercepcji i redystrybucji opadu, higroskopijność kory była zupełnie pomijana. Jak podają Kozłowski i in. (2010), warunkiem rozpoczęcia spływu po pniu drzewa jest nasycenie się jego kory wodą. Biorąc pod uwagę, że kora może absorbować parę wodną z powietrza atmosferycznego, a także wysoką wilgotność utrzymującą się zwykle wewnątrz drzewostanu, należy założyć, że pomiędzy opadami ‘zbiornik’ kory może częściowo wypełniać się wodą pochłanianą z powietrza atmosferycznego. To częściowe wypełnienie może powodować, że już na samym początku opadu deszczu zdolności kory do przechwytywania wody są obniżone, a kora wypełnia się wodą szybciej i w konsekwencji opad zaczyna spływać po pniu drzewa. Stosunkowo słabe rozpoznanie zdolności higroskopijnych kory ogranicza jednak szerszą ocenę znaczenia tej właściwości w bilansie wodnym ekosystemów leśnych. Rola higroskopijności kory w obiegu wody na terenach leśnych może być szczególnie istotna w strefach klimatu wilgotnego, gdzie w okresach bezdeszczowych kora wystawiona jest na długotrwałe działanie bardzo wilgotnego powietrza atmosferycznego. Ze względu na brak badań dotyczących wpływu higroskopijności kory na redystrybucję opadu, a zwłaszcza na ilość wody spływającej po pniu, celem części prac włączonych w cykl artykułów stanowiących osiągnięcie będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego było **(3) zbadanie pojemności higroskopijnej kory ośmiu gatunków drzew występujących w strefie klimatu umiarkowanego oraz wybranych gatunków wzrastających w strefie wilgotnego klimatu subtropikalnego, jej związku z właściwościami fizycznymi kory, a także udziału pojemności higroskopijnej kory w jej całkowitej pojemności wodnej**. W większości badań nad higroskopijnością kory, kora zewnętrzna i wewnętrzna nie jest zwykle rozróżniana (Reifsnyder et al. 1967). Herzog i in. (1995) stwierdzili, że higroskopijność jest ograniczona tylko do zewnętrznej części kory, zaś według Gall i in. (2002) kora wewnętrzna może również reagować na zmiany wilgotności względnej powietrza

atmosferycznego. Dlatego też kolejnym celem badań cyklu artykułów wymienionych w rozdziale 1 było **(4) zbadanie wpływu poszczególnych warstw kory (zewnętrznej i wewnętrznej) na jej higroskopijność oraz udziału pojemności higroskopijnej tych warstw w ich całkowitej pojemności wodnej**. Opis badań dotyczących realizacji celu 4 przedstawiono w rozdziale ***4.2.4***, zaś celu 3 w rozdziałach ***4.2.3*** i ***4.2.4***.

W dotychczasowych badaniach ekohydrologicznych kory drzew można zauważyć pewne braki związane ze sposobem określania właściwości hydrologicznych kory, utrudniające pełne rozpoznanie czynników wpływających na jej pojemność wodną i proces redystrybucji opadu przez korony drzew. Po pierwsze, wcześniejsze badania pojemności wodnej kory i jej wpływu na ilość wody spływającej po pniu nie zakładały możliwości wcześniejszego wypełniania części 'zbiornika' kory w okresie bezopadowym, przez wspomnianą już wcześniej parę wodną. Po drugie, większość badań prowadzonych była na próbkach kory pozyskanych w dolnej części drzew, najczęściej na wysokości pierśnicy (m.in. Liu 1998, Llorens i Gallart 2000), gdzie kora jest zwykle grubsza niż w wyższych partiach drzew (Eberhardt 2013, Liepiņš i Liepiņš 2015, Rosell 2019). Z tego względu wyniki te mogą nieco zniekształcać rzeczywiste właściwości hydrologiczne kory całego drzewa, tj. ich pionowego zróżnicowania w obrębie pni i koron drzew. Po trzecie, większość badań dotyczących interakcji kora-woda opadowa brało pod uwagę jedynie grubość kory i jej strukturę w ocenie międzygatunkowej zmienności w pojemności wodnej kory (m.in. Van Stan i in. 2016). Z kolei inne właściwości fizyczne kory, jak jej gęstość czy porowatość nie były dotąd uwzględniane. Niektóre badania wskazują, że gęstość kory może różnić się pomiędzy gatunkami (Miles i Smith 2009), pomiędzy korą zewnętrzną i wewnętrzną drzew (Meyer i in. 1981), a także może wykazywać pionowe zróżnicowanie, czyli zmieniać się wzdłuż pni drzew. Dla przykładu Quilhó i Pereira (2001) stwierdzili nieznaczny spadek gęstości kory wzdłuż pni eukaliptusa (*Eucalyptus globulus* Labill.). Dla kory *Betula pendula* Roth i *Betula pubescens* Ehrh. Bhat (1982) uzyskał odwrotną zależność, tj. wzrost gęstości kory w kierunku od odziomka do wierzchołka, a co więcej, stwierdził także zależność pomiędzy gęstością, a grubością kory. Poznanie pionowego zróżnicowania we właściwościach fizycznych oraz ich wpływu na pojemność wodną i higroskopijną kory, mogłoby przyczynić się do lepszego zrozumienia procesu redystrybucji opadu przez korony drzew, gdyż pionowe zróżnicowanie w pojemności wodnej kory może wpływać na ilość wody spływającej po pniu w czasie opadu (Levia i Wubbena 2006). Dlatego też kolejnym celem prac włączonych w cykl artykułów wymienionych w rozdziale 1 było **(5) określenie pionowego zróżnicowania we właściwościach fizycznych kory świerka pospolitego i jodły pospolitej oraz wpływu tych właściwości na pojemność higroskopijną, całkowitą pojemność wodną i czas potrzebny do nasączenia kory wodą w warunkach symulowanego opadu deszczu.** Opis badań dotyczących realizacji celu 5 przedstawiono w rozdziale ***4.2.5***.

Oprócz aktywnego udziału kory w intercepcji i redystrybucji opadu deszczu, kora jest warstwą izolacyjną drzew, chroniącą kambium przed niszczącą działalnością ognia w czasie wystąpienia pożaru. Wielu autorów wskazuje, że właściwości fizyczne kory determinują przeżywalność drzew w czasie

pożarów. Dla przykładu Bauer i in. (2010) wykazali, że odporność kory na ogień wzrasta wraz ze spadkiem jej gęstości objętościowej. Uhl i Kauffman (1990) stwierdzili, że kora łuszcząca się osiąga wyższe temperatury w czasie pożaru niż kora spękana o większej powierzchni. Z kolei według Barlow i in. (2003) drzewa o cienkiej korze są bardziej wrażliwe na ogień niż drzewa o korze grubej, a według Pinard i in. (1997) najbardziej narażone na uszkodzenie kambium w czasie pożaru są drzewa o grubości kory poniżej 18 mm.

O ile wpływ właściwości fizycznych kory na przeżywalność drzew w czasie pożarów jest stosunkowo dobrze udokumentowany w literaturze, to niewiele wiadomo na temat wpływu pożarów o różnej częstotliwości i intensywności na zmianę tych właściwości, a także na redystrybucję opadu deszczu przez korony drzew. Zmiana właściwości fizycznych kory w wyniku ekspozycji na ogień może powodować także zmianę jej pojemności wodnej i zwilżalności. W przypadku ewentualnego zmniejszenia pojemności wodnej kory uszkodzonej przez ogień, w czasie opadu deszczu kora może wypełniać się wodą szybciej, a tym samym generować większy spływ po pniu. Z kolei zwiększenie pojemności wodnej kory w wyniku pożaru może zmniejszać ilość wody spływającej po pniu do gleby. Mniejszy dopływ wody do dna lasu oznaczałby także niższą wilgotność gleby, zwłaszcza ściółki, a tym samym powstanie bardziej sprzyjających warunków dla dalszych pożarów. W związku z powyższym **(6) zbadanie wpływu częstotliwości występowania pożarów na terenach leśnych na właściwości fizyczne i hydrologiczne kory, w kontekście wpływu tych zmian na kształtowanie bilansu wodnego ekosystemu leśnego po ustąpieniu pożaru** było kolejnym celem prac włączonych w osiągnięcie będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego. Wyniki dotyczące realizacji tego celu opisano w rozdziale ***4.2.6***.

4.2. SZCZEGÓŁOWY OPIS WYNIKÓW BADAŃ W POSZCZEGÓLNYCH PUBLIKACJACH

4.2.1. Współczynnik rozwinięcia powierzchni intercepcyjnej kory

Ilek A., Kucza J., **2014**. Hydrological properties of bark of selected forest tree species. Part I: Coefficient of development of the interception surface of bark. *Trees – Structure and Function 28: 831-839.*

W artykule zaproponowano i przetestowano nową metodę obliczania powierzchni kory drzew za pomocą *współczynnika rozwinięcia powierzchni intercepcyjnej kory* C_{SD}. Ponadto określono współczynnik rozwinięcia 77 próbek kory, pobranych na wysokości pierśnicy drzew o średnicy w zakresie od 5 do 60 cm, należących do następujących gatunków: sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.), modrzew europejski (*Larix decidua* Mill.), jodła pospolita (*Abies alba* Mill.), świerk pospolity (*Picea abies* L.), dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.), buk pospolity (*Fagus sylvatica* L.), klon jawor (*Acer pseudoplatanus* L.) i brzoza brodawkowata (*Betula pendula* Ehrh.).

Ogólną koncepcję obliczania współczynnika rozwinięcia powierzchni intercepcyjnej kory zilustrowano na *Ryc. 1A*. Koncepcja ta polega na pomiarze długości linii konturowej, poprowadzonej bezpośrednio po zewnętrznej powierzchni przekroju poprzecznego kory, obejmującej wszelkie

szczeliny, spękania i nierówności oraz przyrównaniu jej do długości linii obwodowej, zmierzonej na danej wysokości drzewa, np. pierśnicy. Zgodnie z tą koncepcją, pomiar współczynnika rozwinięcia powierzchni kory należy przeprowadzić na przekrojach poprzecznych drzew, a tym samym jest on możliwy do wykonania jedynie na ściętych drzewach, co bez wątpienia jest zbyt dużą ingerencją w środowisko leśne i ogranicza szersze stosowanie tej metody. Dlatego też do przetestowania metody obliczania powierzchni kory za pomocą współczynnika C_{SD} wykorzystano jedynie próbki kory, pobrane na wysokości pierśnicy ww. gatunków drzew leśnych.

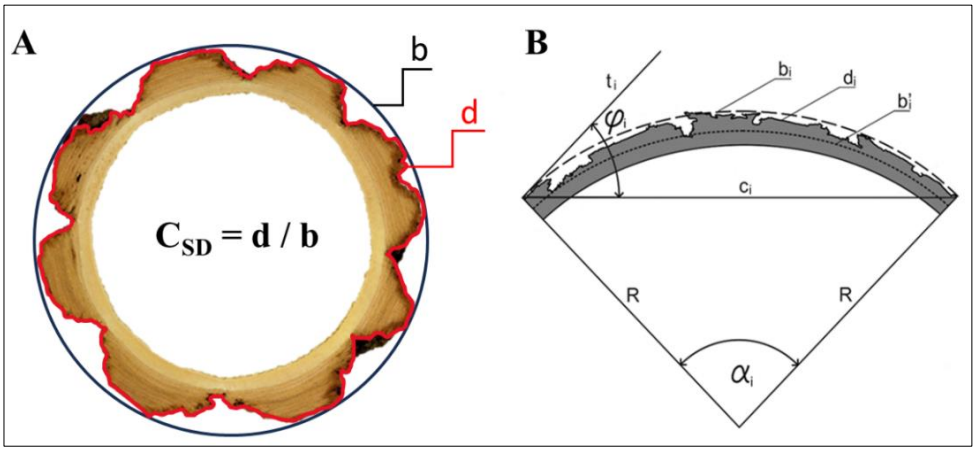
W pracy założono, że powierzchnię rzeczywistą próbek kory A_d (uwzględniającą wszystkie spękania i nierówności na jej powierzchni), można wyliczyć ze wzoru:

$$A_d = A \cdot C_{SD} \tag{1}$$

gdzie A to powierzchnia wzorcowa próbki kory, odpowiadająca powierzchni wycinka walca.

Zgodnie ze wzorem 1, współczynnik rozwinięcia powierzchni intercepcyjnej C_{SD} zdefiniowano jako stosunek powierzchni rzeczywistej kory A_d do powierzchni gładkiego wycinka walca A, odpowiadającego powierzchni badanej próbki kory. Według tej definicji, współczynnik C_{SD} przyjmuje wartość 1,00, jeżeli kora drzewa jest idealnie gładka. Z kolei im powierzchnia kory jest bardziej nierówna i spękana (rozwinięta), tym współczynnik C_{SD} osiąga wyższe wartości.

Do określenia współczynnika C_{SD} wykorzystano przekroje poprzeczne poszczególnych próbek kory, które zostały zeskanowane w skali 1:1 (rozdzielczość 1200 dpi). Pomiar parametrów koniecznych do obliczenia współczynnika C_{SD} danej próbki na podstawie przekrojów poprzecznych, wykonano w programie *SigmaScan Pro.5*. Parametry niezbędne do obliczenia współczynnika C_{SD} danego przekroju próbki przedstawiono na *Ryc. 1B*.



Ryc. 1. **A.** Ogólna koncepcja obliczania współczynnika rozwinięcia powierzchni intercepcyjnej kory C_{SD} na przekroju poprzecznym drzewa, zakładająca pomiar linii konturowej d, poprowadzonej bezpośrednio po zewnętrznej powierzchni kory oraz linii obwodowej b, zmierzonej na danej wysokości drzewa. **B.** Schemat przedstawiający parametry mierzone i obliczane dla każdego przekroju poprzecznego danej próbki kory. Oznaczenia: R – promień drzewa, c_i – cięciwa, t_i – styczna przechodząca przez punkt skrajny łuku kołowego, φ_i – kąt obwodowy, α_i – kąt środkowy wycinka, d_i – długość linii konturowej przekroju, b_i – długość łuku przekroju poprzecznego, obliczona z zależności geometrycznych.

Współczynnik rozwinięcia powierzchni intercepcyjnej kory *i*-tego przekroju próbki C_{SDi} obliczono według wzoru:

$$C_{SD_i} = \frac{d_i}{b_i} \tag{2}$$

gdzie d_i to długość linii konturowej *i*-tego przekroju, zmierzonej bezpośrednio w programie *SigmaScan Pro.5*, b_i to długość łuku (krzywizny) *i*-tego wycinka, wyliczona ze wzoru:

$$b_i = \frac{a_i}{180°} \cdot \pi \cdot R \tag{3}$$

gdzie α_i to kąt środkowy wycinka koła, a *R* to promień drzewa.

Do wyliczenia kąta środkowego należało zmierzyć cięciwę przekroju wycinka koła. Wykorzystując wzór na długość cięciwy c_i w postaci:

$$c_i = 2 \cdot R \cdot \sin \varphi_i \tag{4}$$

wyliczono kąt środkowy α_i według wzoru:

$$\alpha_i = 2 \cdot \varphi_i \tag{5}$$

gdzie φ_i to kąt obwodowy pomiędzy cięciwą c_i, a styczną t_i przechodzącą przez punkt skrajny łuku kołowego, leżącego na powierzchni kory.

W wyniku przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że współczynnik rozwinięcia powierzchni intercepcyjnej kory C_{SD} większości gatunków wykazywał związek z pierśnicą drzew, tj. na ogół zwiększał się wraz ze wzrostem grubości drzew. Wyjątkiem była kora buka, u którego współczynnik C_{SD} przyjmował wartości w zakresie od 1,01 do 1,10 bez względu na grubość drzew. Najwyższe wartości współczynnika C_{SD} wśród drzew najgrubszych (o pierśnicy > 50 cm) stwierdzono u modrzewia (2,56), brzozy (2,44) i sosny (2,28), zaś najniższe u buka (1,07). Współczynnik rozwinięcia C_{SD} kory świerka, dębu i jodły pobranej z drzew najgrubszych, wyniosły odpowiednio 1,75, 1,72 i 1,45. Różnice pomiędzy poszczególnymi gatunkami we współczynniku C_{SD} u drzew najcieńszych (o grubości < 10 cm) były mniejsze, a współczynnik C_{SD} tych drzew kształtował się w zakresie od 1,01 (buk, jodła, brzoza) do 1,23 (sosna, dąb). Na podstawie uzyskanych wyników podzielono badane gatunki drzew na trzy grupy:

1. Grupa gatunków o powierzchni kory silnie rozwijającej się wraz z przyrostem pierśnicy drzew: sosna, modrzew i brzoza, jawor.
2. Grupa gatunków o powierzchni kory średnio rozwijającej się wraz z przyrostem pierśnicy: świerk, dąb i jodła.

3. Grupa gatunków o powierzchni kory słabo rozwijającej się wraz z przyrostem pierśnicy, do której zaliczono buka.

4.2.2. Wpływ stopnia rozwinięcia powierzchni oraz grubości kory i drzew na pojemność wodną kory

Ilek A., Kucza J., Morkisz K., **2017**. Hydrological properties of bark of selected forest tree species. Part II: Interspecific variability of bark water storage capacity. *Folia Forestalia Polonica, Series A* 59 (592): 110-122.

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących maksymalnej pojemności wodnej kory na wysokości pierśnicy siedmiu gatunków drzew (*Pinus sylvestris* L., L*arix decidua* Mill., *Abies alba* Mill., *Picea abies* L., *Quercus robur* L., *Fagus sylvatica* L. i *Betula pendula* Ehrh.) oraz zależności pomiędzy pojemnością wodną kory, a stopniem rozwinięcia powierzchni oraz grubością kory i drzew.

Maksymalną pojemność wodną kory oraz czas potrzebny do jej osiągnięcia zmierzono w warunkach laboratoryjnych przy założeniu, że woda absorbowana jest jedynie przez zewnętrzną warstwę próbek kory, czyli tą, która w warunkach naturalnych wystawiona jest na bezpośredni kontakt z wodą opadową. Dlatego też na wszystkie powierzchnie boczne oraz wewnętrzne próbek kory nałożono warstwę silikonu, aby wyeliminować możliwość absorbcji wody przez te powierzchnie w czasie badań laboratoryjnych. Poszczególne próbki kory poddano doświadczeniu, złożonemu z dwóch następujących po sobie etapów: 1) symulacji opadu deszczu, w czasie której określono dynamikę zatrzymywania wody przez korę drzew (nie będącej przedmiotem pracy) oraz 2) zanurzaniu próbek kory w wodzie do czasu osiągnięcia przez nie maksymalnej pojemności wodnej, tj. do czasu, kiedy dalsze utrzymywanie próbek w wodzie nie powodowało już przyrostu masy kory.

Pojemność wodną kory (S) poszczególnych gatunków wyrażono:

1) w mm wody / 1 cm^3 kory (S_V),
2) w mm wody / 1 cm^2 powierzchni rzeczywistej kory (S_{Ad}), to jest uwzględniającej wszelkie jej spękania i nierówności,
3) w mm wody / 1 cm^2 powierzchni obliczonej bez uwzględnienia stopnia rozwinięcia powierzchni kory (S_A).

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że kora osiąga maksymalną pojemność wodną po około 600-800 h jej bezpośredniego kontaktu z wodą, zależnie od gatunku drzew. Najwyższą pojemność wodną S_V osiągnęła kora świerka (średnio 6,52 ± 0,17 mm) i buka (6,21 ± 0,13 mm), zaś najniższą kora brzozy (średnio 4,98 ± 0,26 mm), modrzewia (5,00 ± 0,26 mm) i sosny (5,07 ± 0,25 mm). Największe różnice w pojemności wodnej S_V pomiędzy gatunkami stwierdzono wśród drzew najgrubszych (> 50 cm), a najmniejsze wśród drzew najcieńszych (< 10 cm). Wykazano, że pojemność wodna kory S_V wszystkich badanych gatunków zmniejszała się wraz z grubością kory i pierśnicą drzew, a związek pomiędzy pojemnością S_V, grubością kory i gatunkiem opisano równaniem:

$$S_V = 7,61 - 2,44 \cdot GRUBOŚĆ + \sum_{i=1}^{n} \delta_i \cdot GATUNEK_i \quad (6)$$

gdzie współczynnik δ wynosi 0 dla świerka, -1,30 dla sosny, -1,31 dla modrzewia, -0,77 dla jodły, -0,65 dla buka, -0,28 dla dębu i -0,80 dla brzozy, a zmienna *gatunek* przyjmuje wartość 0 lub 1, w zależności od tego, dla którego gatunku wyliczana jest pojemność S_V

Z kolei związek pomiędzy pojemnością wodną kory S_V, pierśnicą drzew i gatunkiem opisano wzorem:

$$S_V = 7,41 - 0,03 \cdot PIERŚNICA + \sum_{i=1}^{n} \delta_i \cdot GATUNEK_i \quad (7)$$

gdzie współczynnik δ wynosi 0 dla świerka, -1,53 dla sosny, -1,61 dla modrzewia, -0,77 dla jodły, -0,22 dla buka, -0,76 dla dębu i -1,61 dla brzozy.

Najwyższą pojemność wodną S_{Ad} osiągnęła kora brzozy (średnio 3,49 ± 0,60 mm) i dębu (3,43 ± 0,29 mm), zaś najniższą kora buka (1,89 ± 0,18 mm). Podobnie jak w przypadku pojemności S_V, największe różnice w pojemności wodnej S_{Ad} pomiędzy gatunkami stwierdzono wśród drzew najgrubszych (> 50 cm), zaś najmniejsze wśród drzew najcieńszych (< 10 cm). Wykazano, że u większości gatunków pojemność S_{Ad} zwiększała się wraz z pierśnicą drzew, a związek ten opisano wzorem:

$$S_{Ad} = 1,61 + 0,04 \cdot PIERŚNICA + \sum_{i=1}^{n} \delta_i \cdot GATUNEK_i \quad (8)$$

gdzie współczynnik δ wynosi 0 dla świerka, -0,20 dla sosny, -0,09 dla modrzewia, -0,34 dla jodły, -1,05 dla buka, 0,79 dla dębu i 1,33 dla brzozy.

Z kolei zależność pojemności S_{Ad} od grubości kory i gatunku drzew opisano równaniem:

$$S_{Ad} = 0,98 + 4,12 \cdot GRUBOŚĆ + \sum_{i=1}^{n} \delta_i \cdot GATUNEK_i \quad (9)$$

gdzie współczynnik δ wynosi 0 dla świerka, -0,58 dla sosny, -0,60 dla modrzewia, -0,33 dla jodły, -0,37 dla buka, 0,02 dla dębu i -0,57 dla brzozy.

Stwierdzono, że pojemność wodna S_A była większa od pojemności S_{Ad}, średnio o ponad 59%. Różnice te były największe (średnio o ~ 97%) w grupie gatunków o powierzchni kory silnie rozwijającej się wraz z przyrostem pierśnicy drzew, do której zaklasyfikowano (zgodnie z opisem w rozdziale ***4.2.1***) korę sosny, modrzewia i brzozy. Najmniejszą różnicę pomiędzy pojemnością S_A i S_{Ad} otrzymano dla kory buka (średnio 5,1%), należącego do grupy gatunków o powierzchni kory słabo rozwijającej się wraz z przyrostem pierśnicy drzew. W przypadku kory jodły, świerka i dębu pojemność S_A była większa od pojemności S_{Ad} średnio o ~23, 45 i 48%.

Znaczne różnice pomiędzy pojemnością kory S_{Ad} i S_A wskazują na konieczność uwzględniania powierzchni rzeczywistej kory w badaniach ekohydrologicznych i potrzebę rozwijania precyzyjnych

i szybkich metod pomiaru powierzchni kory. Nieuwzględnienie powierzchni rzeczywistej kory może prowadzić do poważnych błędów w interpretacji wyników badań, dotyczących intercepcji i redystrybucji wody opadowej przez korony drzew. Przykładowo, pojemność S_A kory modrzewia pobranej z drzewa o grubości 58 cm wyniosła 8,44 mm, zaś kory dębu pobranej z drzewa o grubości 56 cm wyniosła 8,15 mm. Wskazuje to, że kora modrzewia posiada nieco większe zdolności do zatrzymywania wody, niż kora dębu. Z kolei pojemność wodna S_{Ad} tych próbek wyniosła 3,30 mm dla modrzewia i 4,74 mm dla dębu, a więc w tym przypadku to kora dębu posiada większe (~ 44%) zdolności do zatrzymywania wody.

Długi czas osiągania maksymalnej pojemności wodnej wskazuje, że zatrzymywanie wody przez korę jest procesem złożonym i żaden pojedynczy opad deszczu nie jest w stanie wypełnić kory wodą, dlatego też w czasie opadu woda jest prawdopodobnie absorbowana głównie przez zewnętrzną warstwę kory i jej powierzchnię. Spadek pojemności S_V wraz z pierśnicą i grubością kory, a także wzrost pojemności S_{Ad} i współczynnika rozwinięcia powierzchni intercepcyjnej kory wraz z grubością drzew (rozdział ***4.2.1***) potwierdzają, że woda zatrzymywana jest w dużej mierze na powierzchni kory. Co więcej, proces absorbcji wody do głębszych warstw kory zachodzi bardzo wolno (zwłaszcza u drzew grubych o dużej miąższości kory), dlatego też to właśnie kora zewnętrzna jest prawdopodobnie najbardziej aktywną warstwą w procesie zatrzymywania wody w czasie pojedynczego opadu deszczu.

4.2.3. Higroskopijność kory drzew występujących w strefie klimatu umiarkowanego

Ilek A., Kucza J., Morkisz K., **2017**. Hygroscopicity of the bark of selected forest tree species. *iForest – Biogeosciences and Forestry* 10: 220-226.

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących właściwości higroskopijnych kory ośmiu gatunków drzew leśnych (*Pinus sylvestris* L., L*arix decidua* Mill., *Abies alba* Mill., *Picea abies* L., *Quercus robur* L., *Fagus sylvatica* L. i *Betula pendula* Ehrh.), rozpatrywanych w kontekście zdolności kory do pochłaniania pary wodnej z powietrza atmosferycznego, udziału wody higroskopijnej w całkowitej pojemności wodnej kory, a także wpływu właściwości fizycznych na higroskopijność właściwą kory.

Higroskopijność właściwą S_{HA} zdefiniowano jako maksymalną ilość wody, jaka może zostać pochłonięta z nasyconego parą wodną powietrza przez korę o określonych właściwościach fizycznych, przy założeniu, że woda absorbowana jest jedynie przez zewnętrzną warstwę kory, wystawioną na bezpośrednie oddziaływanie warunków atmosferycznych. Dlatego też przed pomiarem higroskopijności właściwej, wszystkie powierzchnie boczne i tylne próbek pokryto warstwą sylikonu, a próbki zostały wysuszone w temperaturze 35°C. Następnie próbki umieszczono w szczelnych eksykatorach częściowo wypełnionych wodą, w których wilgotność względna powietrza była bliska 100%. Próbki ważono kontrolnie co 2 dni, aż do czasu osiągnięcia przez nie stałej masy, na podstawie której wyznaczono higroskopijność właściwą (wyrażoną w mm słupa wody w warstwie kory

o miąższości 1 cm) oraz odpowiadającą jej wilgotność masową. W dalszym etapie określono całkowitą pojemność wodną próbek kory S_V, a także ich gęstość właściwą i objętościową, na podstawie których wyliczono porowatość ogólną poszczególnych próbek kory. Gęstość właściwą wyznaczono metodą piknometrów przy użyciu 99,8-procentowego alkoholu etylowego, zaś gęstość objętościową zmierzono metodą chwilowego wyporu wody w cylindrze miarowym, w stanie maksymalnego spęcznienia kory. Pojemność wodną korą wyznaczono po 7 dniach namaczania próbek w wodzie.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że gęstość właściwa kory kształtowała się w zakresie od 1,212 do 1,562 g cm^{-3}. Wykazano istotne różnice w gęstości objętościowej i porowatości ogólnej kory pomiędzy gatunkami. Największą gęstość posiadała kora jawora (średnio 0,567 ± 0,400 g cm^{-3}), zaś najniższą kora sosny (0,267 ± 0,008 g cm^{-3}) i modrzewia (0,269 ± 0,011 g cm^{-3}). Sosna i modrzew cechowały się jednocześnie najwyższą porowatością ogólną kory (~0,80 cm^3 cm^{-3}), zaś najniższą porowatość stwierdzono u kory buka i jawora (średnio ~ 0,60 cm^3 cm^{-3}).

Higroskopijność właściwa kory S_{HA} kształtowała się w zakresie od 0,53 do 1,53 mm i była ona dodatnio skorelowana z gęstością objętościową i ujemnie skorelowana z porowatością ogólną kory. Stwierdzono statystycznie istotne różnice w higroskopijności S_{HA} pomiędzy większością gatunków drzew, przy czym największą higroskopijność osiągnęła kora jawora (średnio 1,39 ± 0,02 mm) i buka (1,33 ± 0,04 mm), zaś najmniejszą kora modrzewia (0,68 ± 0,02 mm) i sosny (0,71 ± 0,01 mm). Nie stwierdzono związku pomiędzy wilgotnością masową kory, odpowiadającą jej higroskopijności właściwej, a gęstością objętościową kory i jej porowatością. Wilgotność ta kształtowała się w zakresie od 20 do 34% i nie różniła się istotnie pomiędzy gatunkami drzew. Pojemność wodna kory przyjmowała wartości w zakresie od 3,60 do 7,39 mm. Największą pojemność osiągnęła kora świerka (średnio 6,58 ± 0,17 mm), zaś najniższą kora brzozy (4,77 ± 0,19 mm). Wykazano istotne różnice w pojemności wodnej kory pomiędzy świerkiem i brzozą, jaworem i brzozą oraz bukiem i brzozą.

Stwierdzono, że udział higroskopijności właściwej w jej całkowitej pojemności wodnej może wynosić od 10 do 30%, zależnie od gatunku drzew. W przypadku kory drzew iglastych udział ten wyniósł średnio 15,4 ± 0,6%, zaś u drzew liściastych było to 21,4 ± 0,7%. Najwyższy udział higroskopijności kory w pojemności S_V otrzymano dla kory brzozy (średnio 25,9 ± 1,1%), zaś najniższy dla kory modrzewia (13,1 ± 0,9%). Dla kory pozostałych gatunków przeciętny udział higroskopijności w pojemności S_V mieścił się w zakresie od 15 do 22%.

4.2.4. Higroskopijność kory drzew występujących w strefie wilgotnego klimatu subtropikalnego

Ilek A., Siegert C.M., Wade A., **2021**. Hygroscopic contributions to bark water storage and controls exerted by internal bark structure over water vapor absorption. *Trees – Structure and Function* 35: 831-843.

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących higroskopijności kory, jej związku z właściwościami fizycznymi oraz udziału kory zewnętrznej i wewnętrznej w całkowitej pojemności higroskopijnej i wodnej kory, będących kontynuacją badań opisanych w rozdziale ***4.2.3***. Badaniami objęto korę pobraną na wysokości pierśnicy sześciu gatunków drzew, występujących powszechnie

w południowo-wschodniej części Stanów Zjednoczonych, tj. *Carya glabra* Mill., *Carya tomentosa* (Lam.) Nutt., *Quercus stellata* Wangenh., *Quercus alba* L., *Liquidambar styraciflua* L. i *Pinus taeda* L. Próbki kory pobrano na terenie powierzchni doświadczalnej *College of Forest Resources* (Mississippi State University) w Starkville (MS, USA).

W pracy założono, że w strefie klimatu subtropikalnego, ciągła ekspozycja kory drzew na działanie bardzo wilgotnego powietrza atmosferycznego w okresach bezopadowych, prowadzi do częściowego nasycenia kory wodą, a stopień tego wysycenia zależy od wewnętrznej struktury kory (m.in. gęstości i porowatości), determinowanej gatunkiem drzew. To częściowe wysycenie kory wodą, związane z absorbcją pary wodnej z powietrza atmosferycznego może powodować szybsze wypełnianie kory wodą w czasie opadu, a w konsekwencji przyśpieszać spływ wody po pniu drzewa.

Dla poszczególnych próbek kory określono jej grubość, stosunek grubości kory zewnętrznej do całkowitej grubości kory, a także gęstość właściwą i objętościową, porowatość ogólną, pojemność higroskopijną i wodną, zgodnie z metodyką opisaną w rozdziale ***4.2.3***. Wszystkie wyżej wymienione właściwości określono zarówno dla całej kory (zawierającej korę zewnętrzną i wewnętrzną), jak i kory zewnętrznej, przy czym higroskopijność określono w sposób pośredni także dla kory wewnętrznej. Aby przeanalizować wpływ struktury kory na zdolność pochłaniania pary wodnej z powietrza atmosferycznego, zmierzono dwa rodzaje higroskopijności: właściwą (S_{HA}) i potencjalną (S_{HP}). Higroskopijność właściwą określono na próbkach kory o zachowanej strukturze wewnętrznej, zgodnie z definicją i metodyką podaną w rozdziale ***4.2.3***. Higroskopijność potencjalną zdefiniowano jako maksymalną ilość wody, jaka może zostać pochłonięta z nasyconego parą wodną powietrza atmosferycznego przez korę o zniszczonej strukturze wewnętrznej. Higroskopijność tą określono przy założeniu, że 1 cm^3 każdej analizowanej próbki kory o zniszczonej strukturze, zawiera tą samą masę i przeciętną średnicę cząstek kory. Dlatego też do oznaczenia higroskopijności potencjalnej użyto zmielonych próbek kory poszczególnych gatunków, przesianych przez sito 0,25 mm.

Spośród wszystkich badanych gatunków, kora *L. styracifua* cechowała się najmniejszą grubością (średnio 0,72 ± 0,05 cm), zaś korę najgrubszą posiadały drzewa *C. tomentosa* (1,49 ± 0,07 cm) i *P. taeda* (1,47 ± 0,16 cm). Stosunek grubości kory zewnętrznej do całkowitej grubości kory wyniósł poniżej 0,50 u *Carya spp*., zaś u *L. styracifua, Quercus spp*. i *P. taeda* stosunek ten był większy od 0,50. Różnice w stosunku grubości kory zewnętrznej do całkowitej grubości kory pomiędzy gatunkami, miały przełożenie na właściwości fizyczne całej kory. Mimo niskiej porowatości ogólnej i wysokiej gęstości kory zewnętrznej drzew *Carya spp.*, która była o ponad 29% wyższa niż u pozostałych gatunków, ponad 50-procentowy udział kory wewnętrznej wpływał na obniżenie gęstości i wzrost porowatości całej kory tych drzew. U pozostałych gatunków, udział kory wewnętrznej w całkowitej grubości kory, wynoszący mniej niż 0,50 powodował na ogół wzrost gęstości i spadek porowatości całej kory tych drzew, zwłaszcza u *Q. alba*. Mimo niskiej gęstości i wysokiej porowatości kory *P. taeda*, pojemność wodna kory sosny była o 22,5% mniejsza niż kory pozostałych gatunków.

Pojemność wodna kory drzew liściastych mieściła się w zakresie od 3,90 do 6,56 mm i nie różniła się istotnie pomiędzy gatunkami.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że kora zewnętrza o zachowanej strukturze wewnętrznej potrzebowała od 7 do 20 dni (średnio 14 dni), aby osiągnąć stan maksymalnego wypełnienia wodą pochodzącą z nasyconego parą wodną powietrza atmosferycznego. Z kolei próbki zawierające zarówno korę zewnętrzną, jak i wewnętrzną osiągały higroskopijność właściwą po 9-42 dniach (średnio 20 dni), zależnie od gatunku drzew. U większość gatunków kora zewnętrzna absorbowała wodę z nasyconego powietrza o 1-3 dni szybciej niż cała kora. Jedynie w przypadku kory drzew z rodzaju *Carya* różnica ta wyniosła około 14 dni, co prawdopodobnie miało związek z dużą gęstością i grubością kory tych drzew.

Higroskopijność właściwa S_{HA} kory zewnętrznej przyjmowała wartości w zakresie od 0,90 do 2,28, zaś całej kory od 0,55 do 1,99 mm. Najmniejszą higroskopijność S_{HA} posiadała kora *P. taeda* (średnio 0,65 ± 0,03 mm) i była ona ponad dwukrotnie mniejsza niż kory pozostałych gatunków. Higroskopijność S_{HA} kory zewnętrznej i całkowitej *Carya spp.* była odpowiednio o 32,3 i 30,8% wyższa od higroskopijności właściwej pozostałych gatunków. W obrębie drzew należących do tego samego rodzaju (tj. *Carya, Quercus*) nie stwierdzono istotnych różnic w higroskopijności S_{HA}. Międzygatunkowych różnic nie stwierdzono także w przypadku higroskopijności S_{HA} kory wewnętrznej, która wyniosła średnio 1,41 ± 0,08 mm.

Wykazano, że kora zewnętrzna przechwytywała średnio 59,8 ± 2,5% całkowitej ilości wody pochłanianej z nasyconego powietrza przez próbki o zachowanej strukturze wewnętrznej, zawierające zarówno korę zewnętrzną, jak i wewnętrzną. Ilość ta nie różniła się istotnie pomiędzy poszczególnymi gatunkami drzew. Tym samym wykazano, że kora wewnętrzna może absorbować parę wodną z powietrza atmosferycznego, a jej udział w całkowitej pojemności higroskopijnej kory wynosi ~ 40%. Biorąc jednak pod uwagę, że czas osiągania higroskopijności właściwej przez korę zewnętrzną był średnio o 6 dni krótszy niż przez całą korę, to właśnie kora zewnętrzna jest prawdopodobnie najbardziej aktywną warstwą reagującą na zmiany w wilgotności względnej powietrza.

Higroskopijność potencjalna S_{HP} kory zewnętrznej (bez względu na gatunek) była wyższa niż całej kory (średnio 1,75 vs. 1,48 mm). Zarówno kora zewnętrzna, jak i całkowita *Carya spp.* posiadały najwyższą higroskopijność S_{HP} spośród wszystkich badanych gatunków drzew. Higroskopijność potencjalna kory zewnętrznej była wyższa od właściwej u *Carya spp.* i *L. styracifua*. W przypadku całej kory różnice pomiędzy higroskopijnością S_{HP} i S_{HA} stwierdzono u *C. glabra* i *P. taeda*.

Higroskopijność kory badanych gatunków drzew wykazywała liniowy związek z gęstością i porowatością, podobnie jak w przypadku kory drzew występujących w strefie klimatu umiarkowanego (rozdział ***4.2.3***). Różnice pomiędzy higroskopijnością potencjalną i właściwą sugerują, że struktura wewnętrzna kory może wpływać na ‘dostępność’ głębszych warstw kory, zdolnych do pochłaniania pary wodnej z powietrza atmosferycznego. Zniszczenie wewnętrznej struktury kory spowodowało wzrost powierzchni kory wystawionej na działanie nasyconego parą wodną powietrza, a przez

to zwiększenie ilości wody absorbowanej przez korę. Było to szczególnie widoczne u gatunków z rodzaju *Carya*, posiadających korę o dużej gęstości i niskiej porowatości. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono także, że higroskopijność właściwa całej kory może stanowić od 17,3 do 41,5% (średnio 29,6 ± 0,7%) jej pojemności wodnej, zaś w przypadku kory zewnętrznej, udział ten mieścił się w zakresie od 11,4 do 61,9% (średnio 33,5 ± 1,7%), zależnie od gatunku drzew. Sugeruje to, że higroskopijność kory stanowi istotną składową całkowitej pojemności wodnej kory i może wpływać na proces zatrzymywania wody w czasie opadu deszczu.

4.2.5. Pionowe zróżnicowanie we właściwościach hydro-fizycznych kory wybranych gatunków drzew leśnych

Ilek A., Van Stan J.T., Morkisz K., Kucza J., **2021**. Vertical variability in bark hydrology for two coniferous tree species. *Frontiers in Forests and Global Change* 4, 687907.

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących pionowej zmienności (tj. wzdłuż pni drzew) we właściwościach fizycznych i hydrologicznych kory świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) i jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.). Próbki kory pobrano w dolnej (0-33% wysokości drzew), środkowej (34-66%) i górnej części (67-100%) pni ściętych drzew o pierśnicy w zakresie od 34 do 39 cm, na terenie Beskidu Żywieckiego. Poszczególne próbki kory poddano badaniom laboratoryjnym, w czasie których określono: nasiąkliwość wodną, czas i tempo absorbcji wody, pojemność wodną, higroskopijność właściwą, udział higroskopijności kory w jej całkowitej pojemności wodnej, grubość kory, stosunek grubości kory zewnętrznej do całkowitej grubości kory, gęstość objętościową i porowatość ogólną. Właściwości fizyczne kory oraz higroskopijność właściwą określono według metodyki opisanej w rozdziale ***4.2.3***.

W pracy założono, że proces absorbcji wody przez korę w głównej mierze determinowany jest przez właściwości fizyczne kory zewnętrznej, wystawionej na bezpośrednie oddziaływanie warunków atmosferycznych. Dlatego też nasiąkliwość, pojemność wodną, średni czas oraz tempo absorbcji wody zmierzono na dwóch rodzajach próbek kory:

1) próbek, których powierzchnie boczne i tylne zostały pokryte warstwą silikonu, dzięki czemu w czasie doświadczeń woda absorbowana była jedynie przez zewnętrzną warstwę kory,
2) próbek niezabezpieczonych silikonem.

Czas absorbcji wody przez korę niezabezpieczoną silikonem mierzono od momentu umieszczenia próbek kory w zlewkach z wodą (po ich wysuszeniu w temperaturze 35°C), do czasu ich opadnięcia na dno zlewki, tj. do czasu osiągnięcia przez korę gęstości > 1 g cm^{-3}. Po opadnięciu na dno zlewki zmierzono masę poszczególnych próbek, ich objętość, metodą chwilowego wyporu wody w cylindrze miarowym, a także suchą masę kory. Powyższe parametry posłużyły do wyliczenia nasiąkliwości niezabezpieczonych silikonem próbek kory, w momencie osiągnięcia przez nie gęstości > 1 gcm^{-3} oraz tempa absorbcji wody, wyrażonego w mm h^{-1}.

Nasiąkliwość i pojemność wodną kory zabezpieczonej silikonem zmierzono w warunkach symulowanego opadu deszczu o natężeniu ~ 10 mm h^{-1}, przy użyciu specjalnego symulatora opadu deszczu, skonstruowanego na potrzeby tych badań. W czasie doświadczeń symulacji opadu poszczególne próbki kory ustawiano pionowo w zamkniętym tunelu o długości 160 cm. Pionowe ustawienie próbek zapewniało swobodny spływ wody przechwyconej w czasie opadu przez powierzchnię kory. Opad deszczu symulowano przez 10 godzin dziennie. Aby wyeliminować parowanie wody w przerwach między opadami, próbki przechowywano w eksykatorach częściowo wypełnionych wodą, w których wilgotność względna powietrza wynosiła 100%. Całkowity czas symulacji opadu, po którym określono nasiąkliwość wodną tych próbek, zależał od średniego czasu absorbcji wody, uzyskanego wcześniej dla próbek kory danego gatunku niezabezpieczonych silikonem. Z kolei do określenia pojemności wodnej kory wykorzystano masę próbek, uzyskaną po 7 dniach symulacji opadu deszczu.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono międzygatunkowe różnice we właściwościach fizycznych i hydrologicznych kory. Gęstość kory świerka była ~ 26% mniejsza niż jodły, zaś jej porowatość była około 9% większa. Ponadto kora świerka była o ~ 32% cieńsza od kory jodły, a także zawierała około 45% więcej kory zewnętrznej. Pojemność wodna kory świerka była istotnie niższa od kory jodły, średnio o 15,8%, zaś higroskopijność właściwa kształtowała się na podobnym poziomie u obu gatunków. Udział higroskopijności kory w jej całkowitej pojemności wodnej wahał się w zakresie od 17,8 do 69,5%, przy czym u świerka udział ten wyniósł ~ 43%, zaś u jodły blisko 38%.

U obu gatunków grubość kory zmniejszała się w kierunku od odziomka do wierzchołka drzew. Grubość kory świerka w górnej części drzew była średnio o 28,9% mniejsza niż w części dolnej. W przypadku jodły, różnice w grubości kory pomiędzy częścią górną i dolną drzew wyniosły średnio 48,8%, przy czym grubość kory jodły w części środkowej i dolnej była istotnie wyższa od kory świerka. W górnej części drzew jodły i świerka, kora zawierała o 54,5 i 74,8% mniej kory zewnętrznej niż w części dolnej. W porównaniu ze świerkiem, kora jodły zawierała mniej kory zewnętrznej na wszystkich wysokościach, tj. średnio o 48,2% w części dolnej, 53,5% w części środkowej oraz 71,3% w górnej części drzew. U obu gatunków nie stwierdzono różnic w gęstości objętościowej i porowatości ogólnej pomiędzy poszczególnymi częściami drzew. Gęstość kory jodły dolnej, środkowej i wierzchołkowej części drzew była istotnie wyższa od kory świerka, średnio o ~ 25%. W przypadku porowatości ogólnej kory, nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy gatunkami w górnej części drzew. Z kolei w części środkowej i dolnej, porowatość kory jodły była istotnie niższa od kory świerka.

Średni czas absorbcji wody przez próbki kory niezabezpieczonych silikonem zmniejszał się wzdłuż pni drzew. Czas absorbcji wody przez korę pobraną w górnej części drzew był krótszy od czasu absorbcji wody przez korę dolnych partii drzew, średnio o 52,7% u świerka i 70,5% u jodły. Nasiąkliwość wodna niezabezpieczonych próbek świerka była wyższa niż nasiąkliwość kory jodły, średnio o 17,5%. U obu gatunków próbki zabezpieczone silikonem (u których absorbcja wody odbywała

się jedynie przez korę zewnętrzną), osiągały niższą nasiąkliwość wodną od próbek nie pokrytych silikonem, przy czym różnice te były najbardziej widoczne u świerka. Co więcej, u obu gatunków tempo absorbcji wody różniło się istotnie pomiędzy poszczególnymi częściami drzew i wzrastało od odziomka do wierzchołka, zarówno w przypadku próbek niezabezpieczonych, jak i pokrytych silikonem. Najmniejsze różnice w tempie absorbcji wody pomiędzy dwoma rodzajami próbek zaobserwowano w dolnej i środkowej części drzew świerka, zaś największe różnice stwierdzono w części środkowej drzew jodły. Tempo absorbcji wody przez niezabezpieczone próbki kory jodły było średnio o 40,6% wyższe niż próbek świerka, zaś w przypadku próbek zabezpieczonych silikonem, różnica między jodłą i świerkiem wyniosła zaledwie 4,8%.

Różnice w czasie absorbcji wody pomiędzy próbkami niezabezpieczonymi i pokrytymi silikonem (większe u świerka niż u jodły) wskazują, że proces absorbcji wody opadowej determinowany jest przez właściwości fizyczne i/lub chemiczne kory zewnętrznej. Różnice te mogły być przede wszystkim związane z udziałem kory zewnętrznej w całkowitej grubości kory (wyższym u świerka niż u jodły), który prawdopodobnie wpłynął na obniżenie tempa absorbcji wody przez próbki pokryte silikonem. Mniejsze różnice w nasiąkliwości wodnej pomiędzy dwoma rodzajami próbek kory jodły, prawdopodobnie związane były z mniejszym udziałem kory zewnętrznej u tego gatunku. Z kolei wzrost tempa absorbcji wody wraz z wysokością drzew obu gatunków, mógł być związany ze zmniejszającym się udziałem kory zewnętrznej w kierunku od odziomka do wierzchołka drzew oraz samej grubości kory.

Pojemność wodna kory świerka górnej części drzew była wyższa od pojemności wodnej kory dolnej i środkowej części drzew, średnio o 22,8 i 30,3%. Z kolei pojemność wodna kory jodły górnej partii drzew była o 12,8% wyższa niż kory pobranej w części środkowej i ponad 50% wyższa niż kory dolnej części drzew. Pionowe i międzygatunkowe zróżnicowanie w pojemności wodnej kory obu gatunków, mimo braku tego zróżnicowania w gęstości i porowatości kory sugeruje, że grubość kory oraz udział kory zewnętrznej są głównymi właściwościami fizycznymi wpływającymi na pojemność wodną kory.

Higroskopijność kory świerka i jodły kształtowała się w zakresie od 1,0 do 1,9 mm oraz od 1,2 do 1,5 mm. W przypadku świerka, higroskopijność kory dolnej części drzew była istotnie wyższa niż części środkowej. Z kolei higroskopijność kory jodły wierzchołkowej części drzew była o 5,1 i 4,4% mniejsza, w porównaniu z korą środkowej i odziomkowej części drzew. Udział higroskopijności kory świerka w jej całkowitej pojemności wodnej kształtował się w zakresie od 17,8 do 62,0% i różnił się pomiędzy poszczególnymi partiami drzew. Najwyższy udział stwierdzono w części środkowej, zaś najniższy w części wierzchołkowej drzew. W przypadku jodły udział higroskopijności kory w jej całkowitej pojemności wodnej różnił się pomiędzy dolną i środkową oraz dolną i wierzchołkową częścią drzew, tj. malał w kierunku od odziomka do wierzchołka drzew.

4.2.6. Wpływ częstotliwości występowania pożarów na właściwości fizyczne i hydrologiczne kory

Siegert C., **Ilek A.**, Wade A., Schweitzer C., **2023**. Changes in bark properties and hydrology following prescribed fire in *Pinus taeda* and *Quercus montana*. *Hydrological Processes* 37(1), e14799.

W artykule przedstawiono wpływ częstotliwości występowania pożarów na właściwości fizyczne i hydrologiczne kory sosny (*Pinus taeda* L.) i dębu (*Quercus montana* Willd.), do których zaliczono gęstość, porowatość, higroskopijność właściwą, pojemność wodną oraz tempo parowania wody z powierzchni kory. Próbki kory obu gatunków pobrano jesienią 2019 roku na wysokości pierśnicy drzew o grubości w zakresie od 30 do 49 cm, na terenie *Bankhead National Forest* w północnej części stanu Alabama (USA). Próbki pobrano w drzewostanach zlokalizowanych na trzech powierzchniach badawczych, różniących się częstotliwością przeprowadzania na nich pożarów kontrolowanych, tj.:

1) powierzchnia, na której pożary kontrolowane nie były dotąd wykonywane,
2) powierzchnia, na której pożary przeprowadza się stosunkowo rzadko, to jest raz na 9 lat,
3) powierzchnia, na której pożary kontrolowane wykonuje się w odstępach 3-letnich.

Tempo parowania wody z powierzchni kory zmierzono w warunkach laboratoryjnych poprzez umieszczenie próbek w komorze klimatycznej (po uprzednim ich nasączeniu wodą), gdzie co 12 h zmieniano temperaturę na 20 lub 10°C, aby zasymulować średnie temperatury powietrza występujące podczas okresu wegetacyjnego w *Bankhead National Forest* w ciągu dnia i nocy. Gęstość poszczególnych próbek kory, ich porowatość, higroskopijność oraz pojemność wodną określono zgodnie z metodyką opisaną w rozdziale ***4.2.3***.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że częste pożary (powtarzane co 3 lata) spowodowały 12 i 19-procentowy spadek gęstości oraz 9 i 5-procentowy wzrost porowatości kory dębu i sosny, zaś pożary rzadkie (powtarzane raz na 9 lat) nie wpłynęły w sposób istotny na właściwości fizyczne kory obu gatunków drzew. Bez względu na częstotliwość występowania pożarów, pojemność wodna kory badanych gatunków kształtowała się na podobnym poziomie i wyniosła średnio 4,2 mm u dębu i 4,3 mm u sosny. Pojemność wodna kory wystawionej na rzadkie pożary była najmniejsza i wyniosła średnio 3,8 mm u obu gatunków. Częste pożary nie zmieniły pojemności higroskopijnej kory dębu, ale spowodowały 12-procentowy wzrost jej pojemności wodnej. W przypadku sosny, częste pożary nie wpłynęły na zmianę pojemności wodnej kory, ale spowodowały około 21-procentowy spadek jej higroskopijności, w porównaniu z korą pobraną z powierzchni kontrolnej. Stwierdzono także, że częstotliwość występowania pożarów wpływała na tempo parowania wody z powierzchni kory. U obu gatunków woda odparowywała najszybciej z powierzchni kory wystawionej na częste pożary. Sugeruje to, że częsta ekspozycja powierzchni kory na ogień może prowadzić do zmian w jej zwilżalności.

4.3. PODSUMOWANIE

Głównym celem prac wykazanych w osiągnięciu będącym podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego było rozpoznanie czynników wpływających na proces zatrzymywania wody przez korę drzew leśnych, a także poznanie samego procesu absorbcji wody, pochodzącej z opadu deszczu i nasyconego parą wodną powietrza atmosferycznego. W badaniach tych przeanalizowano wpływ gatunku drzew, właściwości fizycznych kory i ich pionowego zróżnicowania oraz częstotliwości występowania pożarów na proces zatrzymywania wody przez warstwę korową drzew. Badaniami objęto korę drzew występujących w strefie klimatu umiarkowanego oraz wilgotnego klimatu subtropikalnego. Wszystkie badania przedstawione w cyklu artykułów stanowiących osiągnięcie, prowadzono w kontekście znaczenia kory drzew w intercepcji i redystrybucji opadu deszczu przez korony drzew i były ukierunkowane na poszerzenie wiedzy w zakresie retencyjnych właściwości środowiska leśnego.

Do nowych aspektów badań wykazanych w osiągnięciu zaliczam:

1. Zaproponowanie metody obliczania powierzchni kory drzew za pomocą *współczynnika rozwinięcia powierzchni intercepcyjnej kory*.
2. Uwzględnienie możliwości wypełniania części pojemności wodnej kory w okresie bezopadowym przez wodę pochodzącą z nasyconego parą wodną powietrza atmosferycznego i wpływu stopnia tego wypełnienia na ilość wody zatrzymywanej przez korę w czasie opadu.
3. Zbadanie ilości wody, która może być absorbowana z nasyconego parą wodną powietrza atmosferycznego przez korę zewnętrzną i wewnętrzną różnych gatunków drzew.
4. Zbadanie pionowej zmienności we właściwościach fizycznych kory, w kontekście ich wpływu na pionowe zróżnicowanie właściwości hydrologicznych kory, zwłaszcza nasiąkliwości wodnej, tempa absorbcji wody i higroskopijności, mogących determinować moment rozpoczęcia spływu wody po pniu w czasie opadu.
5. Przeprowadzenie pilotażowych badań na temat wpływu częstotliwości występowania pożarów na terenach leśnych na zmianę właściwości hydro-fizycznych kory drzew, w kontekście wpływu tych zmian na kształtowanie bilansu wodnego ekosystemu leśnego po ustąpieniu pożaru.

Do najważniejszych wyników badań przedstawionych w osiągnięciu zaliczam:

1. Wykazanie międzygatunkowych różnic w stopniu zróżnicowania powierzchni kory drzew, opisanej w sposób matematyczny za pomocą *współczynnika rozwinięcia powierzchni intercepcyjnej kory*, a także związku pomiędzy współczynnikiem rozwinięcia, a pierśnicą drzew.

2. Wykazanie wpływu stopnia rozwinięcia powierzchni kory różnych gatunków na jej pojemność wodną oraz opisanie równaniami związku pomiędzy pojemnością wodną kory, a gatunkiem, grubością kory lub pierśnicą drzew.

3. Wykazanie, że całkowity czas osiągania maksymalnej pojemności wodnej przez korę może wynosić od 600 do 800 h jej bezpośredniego kontaktu z wodą, zależnie od gatunku drzew. Długi czas osiągania pojemności wodnej przez korę wskazuje, że z jednej strony żaden pojedynczy opad nie jest w stanie wypełnić kory wodą, z drugiej zaś, że kora może utrzymywać zdolności do zatrzymywania wody nawet przy długotrwałych opadach deszczu.

4. Wykazanie, że higroskopijność kory może stanowić znaczny udział w jej całkowitej pojemności wodnej. W przypadku kory drzew występujących w lasach strefy umiarkowanej, udział ten może wynosić średnio 30%. U drzew występujących w klimacie subtropikalnym udział higroskopijności kory w jej całkowitej pojemności wodnej może kształtować się w zakresie od 17 do 42%, a w przypadku kory zewnętrznej może dochodzić nawet do 62%.

5. Wykazanie, że kora wewnętrzna może absorbować parę wodną z powietrza atmosferycznego, a jej udział w całkowitej pojemności higroskopijnej kory wynosi ~ 40%.

6. Wykazanie, że kora zewnętrzna pochłania parę wodną z powietrza atmosferycznego szybciej niż cała kora (średnio o 6 dni), tj. zawierająca zarówno korę zewnętrzną i wewnętrzną. Oznacza to, że kora zewnętrzna jest prawdopodobnie najbardziej aktywną warstwą drzew, reagującą na zmiany w wilgotności względnej powietrza.

7. Wykazanie, że wewnętrzna struktura kory, tj. gęstość i porowatość, może wpływać na ‘dostępność’ głębszych warstw kory zdolnych do pochłaniania pary wodnej z powietrza atmosferycznego. Co więcej, wewnętrzna struktura kory może wpływać także na czas potrzebny do wysycenia kory wodą higroskopijną.

8. Stwierdzenie, że tylko niektóre właściwości fizyczne kory wykazują pionowe zróżnicowanie. O ile grubość kory i udział kory zewnętrznej na ogół zmniejszały się w kierunku od odziomka do wierzchołka drzew, to porowatość kory i jej gęstość, a także silnie skorelowana z tymi właściwościami higroskopijność kory, utrzymywały się na względnie stałym poziomie. Zróżnicowanie w grubości kory i udziale kory zewnętrznej prawdopodobnie wpłynęło na pionową zmienność w pojemności wodnej i tempie absorbcji wody przez korę świerka i jodły.

9. Stwierdzenie, że częstotliwość występowania pożarów wpływa na właściwości fizyczne i hydrologiczne kory. Zmiana pojemności wodnej i zwilżalności powierzchni kory, może z kolei zmniejszać lub zwiększać ilość wody spływającej po pniu w czasie opadu po ustąpieniu pożaru, a tym samym wpływać na bilans wodny atmosfera-drzewostan-gleba.

Literatura:

Adams D.C., Jackson J.F. (**1995**). Estimating the allometry of tree bark. *Am. Midl. Nat*. 134, 99-106.

André F., Jonard M., Ponette Q. (**2008**). Influence of species and rain event characteristics on stemflow volume in a temperate mixed oak–beech stand. *Hydrological Processes: An International Journal* 22(22), 4455-4466.

Barlow J., Lagan B.O., Peres C.A. (**2003**). Morphological correlates of fire-induced tree mortality in a central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology* 19, 291-299.

Bauer G., Speck T., Blömer J., Bertling J., Speck O. (**2010**). Insulation capability of the bark of trees with different fire adaptation. *Journal of Materials Science 45*, 5950-5959.

Bhat K.M. (**1982**). Anatomy, basic density, and shrinkage of birch bark. *IAWA J*. 3, 207–213.

Calder I.R. (**1999**). Dependence of rainfall interception on drop size – a replay to the comment by Uijlenhoet and Sticker. *Journal of Hydrology* 217, 164–165.

Chan T., Hölttä T., Berninger F., Mäkinen H., Nöjd P., Mencuccini M., Nikinmaa E. (**2016**). Separating water-potential induced swelling and shrinking from measured radial stem variations reveals a cambial growth and osmotic concentration signal. *Plant, cell & environment 39*(2), 233-244.

Chang M. (**2006**). Forest hydrology: an introduction to water and forests. *CRC press*.

Crockford R.H., Richardson, D.P. (**2000**). Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. *Hydrological Processes 14*(16-17), 2903-2920.

Dunkerley D. (**2010**). A new method for determining the throughfall fraction and throughfall depth in vegetation canopies. *Journal of Hydrology 385* (1-4), 65-75.

Eberhardt T.L. (**2013**). Longleaf pine inner bark and outer bark thicknesses: measurement and relevance. *Southern Journal of Applied Forestry* 37, 177–180.

Gall R., Landolt W., Schleppi P., Michellod V., Bucher J.B. (**2002**). Water content and bark thickness of Norway spruce (*Picea abies*) stems: phloem water capacitance and xylem sap flow. *Tree Physiology 22*(9), 613-623.

Giannotas G., Kamperidou V., Stefanidou M., Kampragkou P., Liapis A., Barboutis I. (**2022**). Utilization of tree-bark in cement pastes. *Journal of Building Engineering 57*, 104913.

He Y., Xiao S., Wu J., Fang H. (**2019**). Influence of multiple factors on the wettability and surface free energy of leaf surface. *Applied Sciences 9* (3), 593.

Herwitz S.R. (**1985**). Interception storage capacities of tropical rainforest canopy trees. *Journal of Hydrology 77*(1-4), 237-252.

Herzog K.M., Häsler R., Thum R. (**1995**). Diurnal changes in the radius of a subalpine Norway spruce stem: their relation to the sap flow and their use to estimate transpiration. *Trees 10*, 94.

Holder C.D. **(2020**). Advances and Future Research Directions in the Study of Leaf Water Repellency. In *Forest-Water Interactions*. Cham: Springer, 261–278.

Hörmann G., Branding A., Clemen T., Herbst M., Hinrichs A., Thamm F. (**1996**). Calculation and simulation of wind-controlled canopy interception of a beech forest in Northern Germany. *Agricultural and Forest Meteorology 79* (3), 131-148.

Kapur S.N., Narayanamurti D. (**1934**). Hygroscopicity of tree barks. *Indian Forester* 60 (10), 702- 707.

Kazemi N., S., Kiaefar A., Tajvidi M. (**2008**). Effect of bark flour content on the hygroscopic characteristics of wood–polypropylene composites. *Journal of Applied Polymer Science 110* (5), 3116-3120.

Keim R.F., Skaugset A.E., Weiler M. (**2006**). Storage of water on vegetation under simulated rainfall of varying intensity. *Advances in Water Resources 29*(7), 974-986.

Klaassen W., Bosveld F., De Water E. (**1998**). Water storage and evaporation as constituents of rainfall interception. *Journal of Hydrology 212*, 36-50.

Kozłowski R., Jóźwiak M.A., Borowska E. (**2010**). Porównanie wybranych metod do obliczania wysokości opadu spływającego po pniach drzew. *Monitoring Środowiska Przyrod. 11*, 25-33.

Levia D.F., Herwitz S.R. (**2005**). Interspecific variation of bark water storage capacity of three deciduous tree species in relation to stemflow yield and solute flux to forest soils. *Catena 64* (1), 117-137.

Levia D.F., Wubbena N.P. (**2006**). Vertical variation of bark water storage capacity of *Pinus strobus* L. (Eastern white pine) in southern Illinois. *Northeastern Naturalist 13* (1), 131-137.

Levia D.F., Van Stan II J.T., Mage S.M., Kelley-Hauske P.W. (**2010**). Temporal variability of stemflow volume in a beech-yellow poplar forest in relation to tree species and size. *Journal of Hydrology 380*(1-2), 112-120.

Liepiņš J., Liepiņš K. (**2015**). Evaluation of bark volume of four tree species in Latvia. *Research for Rural Development 2*, 22-28.

Liu S. (**1998**). Estimation of rainfall storage capacity in the canopies of cypress wetlands and slash pine

uplands in North-Central Florida. *Journal of Hydrology* 207 (1-2), 32-41.

Livesley S.J., Baudinette B., Glover D. (**2014**). Rainfall interception and stem flow by eucalypt street trees–The impacts of canopy density and bark type. *Urban Forestry & Urban Greening 13*(1), 192-197.

Llorens P., Gallart, F. (**2000**). A simplified method for water storage capacity measurement. *Journal of Hydrology* 240 (1-2), 131-144.

MacFarlane D.W., Luo A. (**2009**). Quantifying tree and forest bark structure with a bark-fissure index. *Canadian Journal of Forest Research* 39 (10), 1859-1870.

Magyar D., Van Stan J.T., Sridhar K.R. (**2021**). Hypothesis and theory: fungal spores in stemflow and potential bark sources. *Frontiers in Forests and Global Change 4*, 623758.

Meyer R.W., Kellogg R.M., Warren W.G. (**1981**). Relative density, equilibrium moisture content, and dimensional stability of western hemlock bark. *Wood and Fiber Science* 86-96.

Miles P D., Smith W.B. (**2009**). Specific Gravity and Other Properties of Wood and Bark for 156 Tree Species Found in North America (Vol. 38). Washington, DC: *US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station.*

Muszynski Z., McNatt J.D. (**1984**). Investigations on the use of spruce bark in the manufacture of particleboard in Poland. *Forest Products Journal 34*(1), 28-35.

Nairn J.J., Forster W.A., Van Leeuwen R.M. (**2014**). Influence of spray formulation surface tension on spray droplet adhesion and shatter on hairy leaves. *New Zealand Plant Protection 67*, 278.

Oberhuber W., Sehrt M., Kitz F. (**2020**). Hygroscopic properties of thin dead outer bark layers strongly influence stem diameter variations on short and long-time scales in Scots pine (Pinus sylvestris L.). *Agricultural and Forest Meteorology 290*, 108026.

Pinard M.A., Huffman J. (**1997**). Fire resistance and bark properties of trees in a seasonally dry forest in eastern Bolivia. *Journal of Tropical Ecology* 13(5), 727-740.

Puchalski T., Prusinkiewicz Z. (**1990**). Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego. PWRiL, Warszawa.

Pypker T.G., Levia D.F., Staelens J., Van Stan J.T. (**2011**). Canopy structure in relation to hydrological and biogeochemical fluxes. *Forest hydrology and biogeochemistry: synthesis of past research and future directions*, 371-388.

Quilhó T., Pereira H. (**2001**). Within and between-tree variation of bark content and wood density of Eucalyptus globulus in commercial plantations. *IAWA J*. 22, 255–265.

Reifsnyder W.E., Herrington L.P., Splat K. W. (**1967**). Thermophysical properties of bark of shortleaf, longleaf, and red pine. *Yale University Forestry Bulletin Number 70*. Yale University School of Forestry, New Haven, Connecticut.

Rosell J.A. (**2019**). Bark in woody plants: understanding the diversity of a multifunctional structure. *Integrative and Comparative Biology* 59, 535–547.

Savenije H.H. (**2004**). The importance of interception and why we should delete the term evapotranspiration from our vocabulary. *Hydrological Processes, 18*(8), 1507-1511.

Sioma A., Socha J., Klamerus-Iwan A. (**2018**). A new method for characterizing bark microrelief using 3D vision systems. *Forests* 9(1), 30.

Tonello K.C., Bramorski J., Mathias S.L., Lima M.T. (**2021**). How is bark absorbability and wettability related to stemflow yield? Observations from isolated trees in the Brazilian Cerrado. *Frontiers in Forests and Global Change* 4, 650665.

Uhl C., Kauffman J.B. (**1990**). Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. *Ecology* 71, 437.

Van Stan J.T., Friesen J. (**2020**). Precipitation partitioning, or to the surface and back again: historical overview of the first process in the terrestrial hydrologic pathway. In: *Precipitation Partitioning by Vegetation: A Global Synthesis*. Cham: Springer, 1-16.

Van Stan J.T., Jarvis M.T., Levia D.F. (**2010**). An automated instrument for the measurement of bark microrelief. Instrum. and Measurement, IEEE Transactions on, 59(2), 491-493.

Van Stan J.T., Lewis E.S., Hildebrandt A., Rebmann C., Friesen J. (**2016**). Impact of interacting bark structure and rainfall conditions on stemflow variability in a temperate beech-oak forest, central Germany. *Hydrological Sciences Journal 61* (11), 2071-2083.

Van Stan J.T., Morris C.E., Aung K., Kuzyakov Y., Magyar D., Rebollar E.A. (**2020**). Precipitation Partitioning—Hydrologic Highways Between Microbial Communities of the Plant Microbiome? In: *Precipitation Partitioning by Vegetation*: *A Global Synthesis*. Cham: Springer, 229–252.

Vorholt J.A. (**2012**). Microbial life in the phyllosphere. *Nature Reviews Microbiology 10* (12), 828-840.

Yang B., Lee D.K., Heo H. K., Biging G. (**2019**). The effects of tree characteristics on rainfall interception in urban areas. *Landscape and Ecological Engineering, 15*, 289-296.

Young C. (**1938**). Acidity and moisture in tree bark. *Proceedings of the Indiana Academy of Science* 47, 106-115.

Zweifel R. (**2016**). Radial stem variations—a source of tree physiological information not fully exploited yet. *Plant, Cell Environment* 39, 231–232.

5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIEĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM ISTOTNEJ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ REALIZOWANEJ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ

5.1. ISTOTNA AKTYWNOŚĆ NAUKOWA REALIZOWANA W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ

5.1.1. Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Moje zainteresowania przyrodnicze skłoniły mnie do podjęcia w roku 2004 studiów na Wydziale Leśnym Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie (kierunek: leśnictwo, specjalność: ochrona zasobów leśnych). Początki mojej pracy naukowej związane były z działalnością w Kole Naukowym Leśników i uczestnictwem w licznych wyjazdach na obozy naukowe. W czasie studiów moje zainteresowania dotyczyły głównie ekologii lasu, entomologii i ochrony przyrody, dlatego też już na drugim roku studiów rozpoczęłam badania nad ekologią i rozsiedleniem nadobnicy alpejskiej w Beskidzie Niskim, na podstawie których zrealizowałam pod kierunkiem dr. Jakuba Michalcewicza pracę magisterską pt. *Nadobnica alpejska Rosalia alpina (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Cerambycidae) w wybranych drzewostanach Nadleśnictwa Łosie (RDLP w Krakowie)*. Wyniki badań prowadzonych w ramach pracy magisterskiej zostały częściowo opublikowane (**II.4.16**), a wnioski zawarte w pracy oraz publikacji **II.4.16**, dotyczące ekologii i sposobu ochrony nadobnicy alpejskiej w Nadleśnictwie Łosie zostały ujęte w *Programie Ochrony Przyrody dla Nadleśnictwa Łosie na lata 2009-2018* i *2019-2028*.

Po ukończeniu studiów magisterskich rozpoczęłam studium doktoranckie na Wydziale Leśnym Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, a równolegle do pierwszego roku studiów doktoranckich odbywałam staż zawodowy w Nadleśnictwie Myślenice (Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Krakowie). Pracę doktorską pt. ***Znaczenie materii organicznej w kształtowaniu właściwości retencyjnych gleb leśnych pod drzewostanami jodłowymi i bukowymi na terenie Beskidu Makowskiego*** realizowałam pod kierunkiem **dr. hab. inż. Jarosława Kuczy** w **Katedrze Inżynierii Leśnej**. Praca dotyczyła dynamiki zatrzymywania wody przez poziomy organiczne gleb leśnych w drzewostanach bukowych i jodłowych, nasiąkliwości wodnej materii organicznej oraz dynamiki infiltracji wody przez poziomy organiczne i próchniczne gleb leśnych i została obroniona w lipcu 2014 roku. Rozprawa doktorska została **wyróżniona przez Radę Wydziału Leśnego Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie**, a w roku 2019 przez **Komitet Nauk Leśnych i Technologii Drewna Polskiej Akademii Nauk w I edycji konkursu na najlepszą pracę doktorską** w dziedzinie nauk leśnych, w dyscyplinie: leśnictwo (edycja 2018).

W czasie studiów doktoranckich moja praca naukowa koncentrowała się głównie na badaniach dotyczących rozprawy doktorskiej. Na realizację badań w tym zakresie otrzymałam finansowanie

z dotacji celowej na prowadzenie badań naukowych przez młodych naukowców w roku 2011 (**II.9.15**) i 2013 (**II.9.13**). Efektem realizacji projektu **II.9.15** (przy współpracy z dr. hab. Jarosławem Kuczą) było uzyskanie w roku 2014 prawa ochronnego na wzór użytkowy pn. '*Pojemnik do pobierania próbek gleby o nienaruszonej strukturze'* (**III.3.4**), dwóch patentów na wynalazek przyznanych w 2016 roku przez Urząd Patentowy RP (**III.3.2**, **III.3.3**) oraz jednego patentu na wynalazek przyznanego w 2017 roku przez Urząd Patentowy Stanów Zjednoczonych (**III.3.1**). Efektem realizacji badań w ramach projektów **II.9.13** i **II.9.15**, kontynuowanych przeze mnie w kolejnych latach, było także opublikowanie trzech prac w czasopiśmie *Journal of Hydrology* (**II.4.9**, **II.4.11** i **II.4.13**). W czasie studiów doktoranckich byłam wykonawcą dwóch zadań badawczych (**II.9.11-12**) w projekcie pt. *'Określenie zdolności retencyjnych drzewostanów głównych gatunków lasotwórczych'*, finansowanym przez Generalną Dyrekcję Lasów Państwowych i realizowanym przy współpracy z Instytutem Badawczym Leśnictwa. W tym czasie rozpoczęłam także badania zdolności retencyjnych kory drzew leśnych, na które otrzymałam finansowanie z dotacji celowej na prowadzenie badań naukowych przez młodych naukowców (**II.9.14**), uzyskane w wydziałowym trybie konkursowym w roku 2012. Efektem badań zapoczątkowanych w ramach projektu **II.9.14** i kontynuowanych przeze mnie w latach późniejszych było opublikowanie trzech artykułów naukowych w czasopismach: *Folia Forestalia Polonica* (**I.2.4**), *iForest – Biogeosciences and Forestry* (**1.2.5**) oraz *Trees – Structure and Function* (**I.2.6**). Wszystkie trzy prace zostały włączone w cykl artykułów naukowych stanowiących osiągnięcie będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego i zostały szczegółowo opisane w rozdziale 4.

Po zakończeniu studiów doktoranckich zostałam zatrudniona w **Zakładzie Inżynierii Leśnej (Instytut Ochrony Ekosystemów Leśnych) przy Wydziale Leśnym Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie**, najpierw jako *asystent* (od 1 października 2014 do 30 września 2015 roku), a w okresie od 1 października 2015 do 30 września 2018 roku, jako *adiunkt naukowo-dydaktyczny*. W czasie zatrudnienia na Uniwersytecie Rolniczym w Krakowie kontynuowałam badania dotyczące zdolności infiltracyjnych gleb oraz zatrzymywania wody opadowej przez materię organiczną gleb leśnych. Badania te realizowałam głównie w ramach dwóch projektów otrzymanych z dotacji celowej na prowadzenie badań przez młodych naukowców w roku 2016 (**II.9.8**) i 2017 (**II.9.7**) oraz poprzez udział w projekcie pt. *'Zbadanie retencji wodnej drzewostanów górskich i podgórskich wytypowanych jako wzorcowe dla LKP Lasy Beskidu Sądeckiego oraz przyległych lasów podgórskich, w kontekście możliwości jej modulowania przez czynności gospodarcze'*, finansowanym przez Generalną Dyrekcję Lasów Państwowych w latach 2015-2018 (**II.9.9**). Ponadto w roku 2015 realizowałam (przy współpracy z Instytutem Badawczym Leśnictwa) zadanie pt. *'Laboratoryjne określenie zdolności retencyjnych głównych gatunków liściastych oraz retencji ściółki i próchnicy leśnej drzewostanów dębowych oraz najważniejszych roślin runa leśnego w warunkach symulowanego opadu deszczu'*, w ramach projektu finansowanego przez Generalną Dyrekcję Lasów Państwowych (**II.9.10**). Wyniki badań prowadzonych w ramach ww. projektów były prezentowane na konferencjach krajowych

i międzynarodowych w formie **10 posterów** (**II.7.8**, **II.7.10**, **II.7.13-14**, **II.7.17-19**, **II.7.21**, **II.7.24-25**) i **1 referatu** (**II.7.22**).

W roku 2015 byłam członkiem zespołu przygotowującego wniosek grantowy pt. *'Nowa technologia przetwarzania osadów dennych i ściekowych z wykorzystaniem procesu pogłębionego utleniania i wdrożenia powstałego produktu w gospodarce'*, który został złożony do Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w konkursie BIOSTRATEG i przyczyniłam się do podpisania umowy konsorcjum pomiędzy firmą INIKO Sp. z o.o., a Uniwersytetem Rzeszowskim, Politechniką Rzeszowską i Uniwersytetem Rolniczym w Krakowie. Choć projekt nie otrzymał finansowania, to w czasie pracy nad wnioskiem nawiązałam wieloletnią współpracę z naukowcami z Uniwersytetu Rzeszowskiego, której efektem było opublikowanie w latach 2022-2023 **4 artykułów naukowych**, dotyczących specjacji i biodostępności pierwiastków śladowych w osadach ściekowych poddanych ozonowaniu (**II.4.1**), specjacji chemicznej pierwiastków śladowych w glebie nawożonej popiołem ze spalania biomasy (**II.4.2-3**), a także wpływu różnych systemów uprawy na aktywność enzymatyczną i zawartość węgla organicznego w glebie (**II.4.4**).

Podsumowanie aktywności naukowej realizowanej na Uniwersytecie Rolniczym w Krakowie:

Początki mojej pracy naukowej związane były z Wydziałem Leśnym Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, gdzie prowadziłam działalność naukową przez okres **9 lat**, w tym 5 lat podczas studiów doktoranckich i 4 lata w czasie zatrudnienia w Zakładzie Inżynierii Leśnej. W tym czasie zrealizowałam łącznie **9 zadań badawczych**, w tym 4 jako wykonawca w projektach finansowanych przez Generalną Dyrekcję Lasów Państwowych (**II.9.9-12**) oraz 5 w projektach finansowanych z dotacji celowej na prowadzenie badań przez młodych naukowców, uzyskanych w wydziałowym trybie konkursowym (**II.9.7-8**, **II.9.13-15**). Udział w ww. projektach pozwolił mi na zdobycie cennego doświadczenia w prowadzeniu badań i ukierunkowanie moich aktualnych zainteresowań naukowych na badanie zdolności retencyjnych środowiska leśnego, zwłaszcza wpływu składu gatunkowego drzewostanu na proces przenikania opadu deszczu przez korony drzew do gleby i interakcji woda opadowa – roślina. W efekcie badań prowadzonych przeze mnie na Uniwersytecie Rolniczym w Krakowie uzyskałam **1 prawo ochronne na wzór użytkowy** (**III.3.4**), **2 patenty krajowe** (**II.3.2-3**) oraz **1 patent przyznany przez Urząd Patentowy USA** (**III.3.1**). Opublikowałam łącznie **11 artykułów naukowych** z afiliacją Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie (**I.2.2**, **I.2.4-6**, **II.4.7-8**, **II.4.10-13**, **II.4.16**). **9 artykułów** zostało opublikowanych w czasopismach indeksowanych przez *JCR* o sumarycznym współczynniku wpływu **IF = 24,705** (**I.2.2**, **I.2.5-6**, **II.4.7-8**, **II.4.10-13**), a **4 artykuły** o łącznym **IF = 7,606** zostały włączone w cykl artykułów stanowiących osiągnięcie będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego (**I.2.2**, **I.2.4-6**). Wyniki badań prowadzonych przeze mnie na Uniwersytecie Rolniczym w Krakowie były prezentowane na **13 konferencjach** (3 krajowych i 10 międzynarodowych) w formie **19 posterów** (**II.7.7-21**, **II.7.23-26**) i **2 referatów** (**II.7.22**, **II.7.27**), a za osiągnięcia w dziedzinie

naukowej otrzymałam w roku 2017 **indywidualną nagrodę II stopnia Rektora Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie**.

5.1.2. Mississippi State University (USA)

W czasie mojego dotychczasowego zatrudnienia na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu nawiązałam współpracę z naukowcami kilku zagranicznych jednostek naukowych. Współpracę międzynarodową rozpoczęłam od zrealizowania **trzymiesięcznego stażu naukowego w Forest Hydrology and Soils Laboratory, Department of Forestry, Mississippi State University w USA** (**II.11.3**), którego opiekunem była Pani **dr Courtney M. Siegert** (Associate Professor of Forest Hydrology). Na realizację stażu otrzymałam w 2019 roku finansowanie w ramach projektu pt. *Badanie wpływu zaburzeń naturalnych i antropogenicznych na elementy bilansu wodnego ekosystemów leśnych – staż naukowy w Forest Hydrology & Soils Laboratory, Mississippi State University*, przyznane przez **Narodowe Centrum Nauki w konkursie MINIATURA 2** (**II.9.6**). W czasie stażu uczestniczyłam w badaniach dotyczących wpływu zaburzeń naturalnych i antropogenicznych na bilans wodny ekosystemów leśnych i jego poszczególne elementy. Badania te w szczególności dotyczyły wpływu składu gatunkowego i odnowień pojawiających się na terenach dotkniętych zaburzeniami (głównie pożarami) na redystrybucję wody opadowej, to jest na intercepcję, wielkość opadu podokapowego, spływ wody po pniu, a przez to na przestrzenny rozkład wilgotności gleby. W czasie tych badań skupiłam się przede wszystkim na czynnikach determinujących ilość i jakość wody spływającej po pniu, to jest na właściwościach fizycznych i retencyjnych kory różnych gatunków drzew, a także wpływie częstotliwości występowania pożarów na te właściwości. Badania międzygatunkowej zmienności we właściwościach fizycznych i wodnych kory prowadziłam na powierzchni doświadczalnej zlokalizowanej w Starkville w stanie Mississippi, zaś badania dotyczące wpływu częstotliwości występowania pożarów na właściwości fizyczne i wodne kory *Pinus taeda* L. i *Quercus montana* Willd. prowadziłam przy współpracy z *United States Department of Agriculture* (*Southern Research Station*) na terenie *Bankhead National Forest* w stanie Alabama.

Wyniki badań prowadzonych przeze mnie w czasie stażu na Mississippi State University były prezentowane w formie referatu na **3** konferencjach w USA, w tym dwukrotnie na prestiżowej konferencji *American Geophysical Union Fall Meeting* w roku 2020 i 2022 (**II.7.2**, **II7.6**) oraz w czasie *21st Biennial Southern Silvicultural Research Conference* w roku 2021 (**II.7.5**). Wyniki tych badań zostały także opublikowane w formie **2** artykułów naukowych (**I.2.1** i **I.2.3**) o łącznym **IF = 6,672** i jednego artykułu popularnonaukowego (**II.4.14**). Prace **I.2.1** i **I.2.3** zostały włączone w cykl artykułów naukowych stanowiących osiągnięcie będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego i zostały opisane w rozdziale 4.

5.1.3. Cleveland State University (USA)

Moje zainteresowania naukowe dotyczące procesu przenikania opadu deszczu przez korony drzew i interakcji woda opadowa – roślina skłoniły mnie do odbycia w 2022 roku miesięcznego stażu praktycznego typu *'on the job'* w **Wet Plant Lab, Department of Biological, Geological, and Environmental Sciences, Cleveland State University w USA** (**II.11.2**), którego opiekunem był Pan **dr John T. Van Stan, II** (Associate Professor). Staż został sfinansowany w ramach projektu pt. '*Najlepsi z natury! Zintegrowany Program Rozwoju Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu'*, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój (Działanie 3.5. Kompleksowe programy szkół wyższych).

Dr John T. Van Stan jest wybitnym i cenionym specjalistą w zakresie ekohydrologii o olbrzymim dorobku naukowym, współpracującym z wieloma jednostkami naukowymi na świecie. Współpracę z dr. Van Stan rozpoczęłam w 2020 roku, a jej efektem było opublikowanie artykułu naukowego w czasopiśmie *Frontiers in Forests and Global Change* (**I.2.2**), który został włączony w cykl artykułów stanowiących osiągnięcie będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego. Wyniki badań prowadzonych wspólnie z Panem Van Stan zostały także zaprezentowane w formie posteru na konferencji *American Geophysical Union Fall Meeting* w USA w roku 2021 (**II.7.3**).

W czasie stażu w Cleveland State University uczestniczyłam w badaniach terenowych nad wpływem gatunku na redystrybucję opadu deszczu przez korony drzew oraz na jakość wody docierającej do gleby w postaci spływu po pniu i opadu podokapowego. Zapoznałam się z metodami pomiaru ilości wody spływającej po pniu oraz laboratoryjnymi metodami badania intercepcji drzew w warunkach symulowanych opadów deszczu. Cennym doświadczeniem zdobytym w czasie stażu była także współpraca ze studentami i obserwacja procesu dydaktycznego realizowanego w Cleveland State University. Bezpośrednim efektem stażu w *Wet Plant Lab* było rozpoczęcie przeze mnie badań nad wpływem roślin na właściwości fizyczne wody opadowej, przenikającej przez korony drzew do gleby. W badania te zaangażowani są naukowcy z Cleveland State University, Federal University of São Carlos oraz Gyeongsang National University.

5.1.4. Federal University of São Carlos (Brazylia)

Współpracę naukową z **Federal University of São Carlos (UFSCar) w Brazylii** rozpoczęłam od nawiązania kontaktu z Panią **dr Kelly C. Tonello** (Associate Professor) z Department of Environmental Sciences, koordynatorką grupy badawczej 'Hidrolef' (Research Group of Hydrology in Forest Ecosystems) i trzymiesięcznym pobytem Pani Tonello w Katedrze Botaniki i Siedliskoznawstwa Leśnego Wydziału Leśnego i Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. W czasie pobytu w Polsce, współpracowałam z Panią Tonello przy realizacji projektu finansowanego przez

CAPES Foundation (**II.9.5**), dotyczącego właściwości hydrologicznych kory drzew. Efektem badań realizowanych w ramach ww. projektu było przygotowanie manuskryptu pt. *Vertical variation in swelling properties of Norway spruce bark depending on tree age and bark moisture content* (autorzy: Ilek A., Płachta A., Siegert C., Dias Campos S., Szostek M., Tonello K.C.), który obecnie znajduje się na etapie recenzji w czasopiśmie *European Journal of Forest Research*. Kooperacja z Panią dr Kelly Tonello zaowocowała także podpisaniem 5-letniego porozumienia o współpracy pomiędzy Wydziałem Leśnym i Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, a Federal University of São Carlos oraz złożeniem wspólnego wniosku grantowego pt. *Demistifying canopy-water interactions in a Tropical Montane Cloud Forest: including bark traits into rain-fog-stemflow interactions* (**II.9.3**). Projekt otrzymał finansowanie od São Paulo Research Foundation (FAPESP) w styczniu 2022 roku i jest obecnie w trakcie realizacji. Projekt **II.9.3** realizowany jest w lasach mglistych stanu São Paulo w Brazylii, na terenie parku Serra do Mar w Cunha i dotyczy głównie badań nad wpływem struktury kory drzew i jej zwilżalności na intercepcję i redystrybucję opadów poziomych przez korony różnych gatunków drzew. Aby móc uczestniczyć w badaniach związanych z ww. projektem, na przełomie 2022 i 2023 roku odbyłam trzymiesięczny staż w **Department of Environmental Sciences, UFSCar**, którego opiekunem była Pani Tonello. W czasie stażu brałam głównie udział w badaniach terenowych i laboratoryjnych związanych z wyżej wspomnianym projektem, a także odwiedziłam **Federal University of Amapá** (m. Macapá) w północnej części Brazylii. Na realizację stażu otrzymałam finansowanie, które zostało przyznane przez FAPESP w ramach konkursu pn. **Visiting Researcher Award from Abroad** (**II.9.4**) w sierpniu 2022 roku.

5.2. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA, INNYCH NIŻ TE WSKAZANE JAKO PODSTAWA UBIEGANIA SIĘ O STOPIEŃ DOKTORA HABILITOWANEGO

Moja działalność naukowa po uzyskaniu stopnia doktora koncentrowała się wokół 3 wątków badawczych z zakresu hydrologii leśnej, należących do mojego głównego nurtu badawczego oraz kilku wątków dodatkowych, realizowanych w większości we współpracy z innymi jednostkami naukowymi w kraju i za granicą. Do wątków głównych należały badania z zakresu:

1. ***Właściwości hydrologicznych kory drzew***, których wyniki ujęto w osiągnięciu naukowym będącym podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego (rozdział ***4***).

2. ***Zdolności retencyjnych materii organicznej gleb leśnych***

Badania z tego zakresu dotyczyły przede wszystkim oceny wpływu składu gatunkowego drzewostanu na:

a) właściwości fizyczne i hydrologiczne poziomów organicznych i próchnicznych gleb leśnych:

- **Ilek A.**, Kucza J., Szostek M. (**2015**). The effect of stand species composition on water storage capacity of the organic layers of forest soils. *European Journal of Forest Research* 134: 187-197.

- **Ilek A.**, Kucza J., Szostek M. (**2017**). The effect of the bulk density and the decomposition index of organic matter on the water storage capacity of the surface layers of forest soils. *Geoderma* 285: 27-34.
- **Ilek A.**, Szostek M., Mikołajczyk A., Rajtar M. (**2021**). Does mixing tree species affect water storage capacity of the forest floor? Laboratory test of pine-oak and fir-beech litter layers. *Forests* 12(12), 1674.

b) nasiąkliwość wodną materii organicznej wchodzącej w skład poziomów organicznych gleb:

- **Ilek A.**, Szostek M., Kucza J., Stanek-Tarkowska J., Witek W. (**2019**). The water absorbability of beech (*Fagus sylvatica* L.) and fir (*Abies alba* Mill.) organic matter in the forest floor. *Annals of Forest Research* 62(1): 21-32.
- **Ilek A.**, Nowak M., Błońska E. (**2021**). Seasonal changes in water absorbability of some litterfall components in Scots pine stands differing in age. *Annals of Forest Research* 64(2): 153-168.

W badaniach wymienionych w punkcie *a* założono, że skład gatunkowy drzewostanu, poprzez dostarczanie materii organicznej zróżnicowanej pod względem ilościowym, jakościowym i morfologicznym może wpływać na właściwości fizyczne poziomów organicznych i próchnicznych gleb leśnych, a tym samym na pojemność wodną tych poziomów. Celem badań było:

- określenie gęstości objętościowej, porowatości ogólnej, stopnia dekompozycji materii organicznej, pojemności kapilarnej oraz stopnia wilgotności poziomów próchnicznych oraz poszczególnych podpoziomów wchodzących w skład ektopróchnicy jodłowej (*Abies alba* Mill.) i bukowej (*Fagus sylvatica* L.) oraz porównanie ich z właściwościami fizycznymi i hydrologicznymi poziomów próchnicznych i organicznych drzewostanów świerkowych (*Picea abies* (L.) H. Karst), określonych przez Kuczę (2007),
- przeanalizowanie wpływu właściwości fizycznych oraz wskaźnika dekompozycji materii organicznej na zdolności retencyjne wierzchnich warstw gleb leśnych, wykształconych w drzewostanach o odmiennym składzie gatunkowym,
- określenie wpływu stopnia zmieszania materii organicznej różnych gatunków drzew na właściwości hydro-fizyczne ściółki.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że wraz ze wzrostem stopnia rozkładu materii organicznej następował wzrost gęstości objętościowej i spadek porowatości ogólnej poziomów próchnicznych i organicznych gleb, niezależnie od składu gatunkowego drzewostanu. Ściółka bukowa charakteryzowała się najniższą gęstością (średnio 0,053 ± 0,004 g cm^{-3}) i najwyższą porowatością (0,96 ± 0,01 cm^3 cm^{-3}), zaś ściółka świerkowa posiadała najwyższą gęstość (0,112 ± 0,002 g cm^{-3}) i najniższą porowatość (średnio 0,92 ± 0,01 cm^3 cm^{-3}). Podobnie gęstość poziomów Ofh drzewostanów świerkowych była wyższa od gęstości poziomów Ofh drzewostanów jodłowych i bukowych, średnio o ~15 i 123%, zaś porowatość bukowych poziomów Ofh była o ponad 5 % wyższa od porowatości tych poziomów w pozostałych drzewostanach. Pojemność kapilarna ektopróchnicy świerkowej była o ~35 i 92% wyższa niż ektopróchnicy jodłowej i bukowej, a duże różnice w pojemności kapilarnej pomiędzy świerkiem i bukiem odnotowano zarówno w przypadku ściółki (średnio 4,4 vs. 1,6 mm), jak i poziomów Ofh (6,7 vs. 3,2 mm). Wykazano, że bez względu na skład gatunkowy drzewostanu, stopień wilgotności

zwiększał się wraz z głębokością w profilu glebowym. Pochodzenie botaniczne szczątków organicznych po utracie przez nie struktury tkankowej, przestaje wywierać bezpośredni wpływ na zdolności do zatrzymywania wody, co znalazło odzwierciedlenie w wartościach pojemności kapilarnej i stopnia wilgotności, otrzymanych dla poziomów próchnicznych badanych gleb we wszystkich drzewostanach. Pojemność kapilarna poszczególnych poziomów wierzchnich warstw gleb leśnych wykazywała wyraźny związek z ich gęstością objętościową. Stwierdzono, że w drzewostanach bukowych i jodłowych istnieje krytyczna wartość gęstości objętościowej, wynosząca odpowiednio 0.48 i 0.51 g cm^{-3}, przy której następuje kulminacja pojemności kapilarnej. U obu gatunków powyższe wartości odpowiadały gęstościom osiągniętym przez poziomy próchniczne badanych gleb. Wykazano silną zależność pomiędzy pojemnością kapilarną, a wskaźnikiem dekompozycji bukowej i jodłowej materii organicznej. Stwierdzono także, że zarówno wskaźnik dekompozycji materii organicznej, jak i stopień wilgotności, mówiący o stopniu wypełnienia wodą wolnych przestrzeni w glebie, mogą być przydatnymi miarami do opisywania i porównywania zdolności retencyjnych wierzchnich warstw gleb leśnych, wykształconych w drzewostanach o odmiennym składzie gatunkowym.

Badania nad wpływem stopnia zmieszania materii organicznej różnych gatunków drzew na właściwości hydro-fizyczne ściółki przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych, przy użyciu świeżo opadłych igieł sosny, jodły oraz liści dębu i buka. W badaniach tych wykorzystano próbki ściółki jodłowo-bukowej i sosnowo-dębowej przygotowane w sposób sztuczny, o różnym udziale iglastej materii organicznej (0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 i 100%). Dla próbek tych określono gęstość objętościową, porowatość ogólną, makroporowatość, pojemność kapilarną, stopień wilgotności oraz ilość wody zmagazynowanej w porach pomiędzy cząstkami materii organicznej. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że choć domieszka jodłowa w ściółce bukowej powodowała wzrost gęstości ściółki, to jej wpływ na porowatość, makroporowatość, pojemność kapilarną i stopień wilgotności był stosunkowo niewielki. Z kolei domieszka sosnowa w ściółce dębowej powodowała niewielkie zmiany w gęstości i porowatości ściółki, ale zwiększała makroporowatość ściółki, a przez to zmniejszała jej pojemność kapilarną i stopień wilgotności. W porównaniu z czystą ściółką bukową i dębową, domieszki obu gatunków iglastych zmniejszały ilość wody magazynowanej w porach pomiędzy szczątkami organicznymi.

Badania wymienione w puncie *a* dowiodły, że skład gatunkowy drzewostanu wpływa na właściwości fizyczne wierzchnich warstw gleb leśnych, zwłaszcza ektopróchnicy, przez co odgrywa istotną rolę w kształtowaniu zdolności retencyjnych gleby. Szersze rozpoznanie wpływu składu gatunkowego drzewostanu na właściwości hydro-fizyczne poziomów organicznych i próchnicznych gleb, w tym także wpływu domieszek różnych gatunków na te właściwości, może znaleźć praktyczne zastosowanie w gospodarce leśnej ukierunkowanej na polepszanie zdolności retencyjnych środowiska leśnego, poprzez regulację składu gatunkowego drzewostanu i wprowadzanie domieszek zwiększających retencyjność gleby.

Poziomy organiczne gleb leśnych cechuje podwójna kapilarność: między cząsteczkami organicznymi oraz wewnątrz nich. Podwójna kapilarność sprawia, że dynamika zatrzymywania wody przez te poziomy jest procesem złożonym, a przez to stosunkowo słabo poznanym. Biorąc pod uwagę wpływ składu gatunkowego drzewostanu na właściwości hydro-fizyczne poziomów organicznych gleb leśnych należy przyjąć, że różnice w pojemności kapilarnej tych poziomów, wykształconych w drzewostanach o odmiennym składzie gatunkowym, mogą być związane z czasem potrzebnym na wypełnienie wodą kapilarności wewnętrznej cząstek materii organicznej wchodzących w ich skład. Dlatego też w badaniach wymienionych w punkcie *b* założono, że czas wypełniania kapilarności wewnętrznej może wpływać na całkowite zdolności zatrzymywania wody przez poziomy organiczne gleb. Założono także, że czas ten zależy od wielu czynników, w tym pochodzenia botanicznego szczątków organicznych, stopnia dekompozycji materii organicznej oraz terminu opadu materii organicznej w ciągu roku i związanym z tym składem chemicznym opadu organicznego. Celem badań było:

- określenie dynamiki nasiąkliwości wodnej, średniego czasu absorpcji wody oraz minimalnego czasu potrzebnego do wypełnienia wodą kapilarności wewnętrznej materii organicznej, wchodzącej w skład poziomów Ol i Ofh drzewostanów bukowych i jodłowych,
- określenie sezonowych zmian w nasiąkliwości wodnej sosnowej materii organicznej (igieł i kory) oraz wpływu wieku drzewostanu, zawartości węgla, azotu i stosunku C:N na czas absorbcji wody przez materię organiczną.

Badania nasiąkliwości wodnej trwały 14 dni i polegały na pomiarze czasu nasiąkania cząstek organicznych od chwili zanurzenia powietrznie-suchej próbki w wodzie, do czasu przekroczenia przez nasączone wodą cząstki gęstości 1.0 g cm^{-3}. Za minimalny czas potrzebny do wypełnienia kapilarności wewnętrznej uznano czas, po którym 75% materii organicznej osiąga gęstość większą od 1.0 g cm^{-3}. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że czas absorbcji wody przez jodłową materię organiczną maleje wraz ze wzrostem zaawansowania procesów rozkładu. W drzewostanach bukowych postępujące procesy rozkładu powodują wydłużenie czasu absorpcji wody przez materię organiczną. Minimalny czas potrzebny do wypełnienia kapilarności wewnętrznej materii organicznej ściółki bukowej wyniósł średnio 1.2 doby, zaś ściółki jodłowej 4.3 doby. Z kolei w bukowych i jodłowych poziomach Ofh czas ten wyniósł odpowiednio 8.6 i 3.1 dni.

Wykazano, że czas absorbcji wody przez korę sosny był o około 30% krótszy od czasu potrzebnego na wypełnienie wodą kapilarności wewnętrznej igieł tego gatunku. Nie zaobserwowano istotnego wpływu wieku drzewostanu na czas absorbcji wody przez korę i igły sosny, ale termin opadu materii organicznej (miesiąc w roku lub pora roku) istotnie wpływał na czas absorbcji wody. Sezonowa zmienność czasu wchłaniania wody była prawdopodobnie spowodowana sezonową zmiennością składu chemicznego igieł i kory. Wskazuje to, że materia organiczna docierająca do dna lasu charakteryzuje się różnymi właściwościami wyjściowymi wpływającymi na zdolność magazynowania wody przez

ściółkę w czasie opadu. Z kolei rozłożona w czasie dynamika nasiąkliwości wodnej materii organicznej wskazuje, że żaden pojedynczy opad nie jest w stanie wypełnić kapilarności wewnętrznej materii organicznej, przez co poziomy organiczne gleb leśnych mogą utrzymywać zdolności do zatrzymywania wody nawet przy długotrwałych opadach deszczu.

3. Wodoprzepuszczalności górskich gleb leśnych

Współczynnik filtracji decyduje o infiltracji wody w głąb profilu glebowego i spływie powierzchniowym. Jest jedną z najważniejszych, a zarazem jedną z najtrudniejszych do zmierzenia właściwości hydraulicznych gleby. Metody badania współczynnika filtracji są ciągle rozwijane i udoskonalane, przy czym największym problemem metod laboratoryjnych jest pobór prób i ich transport. Niewłaściwa technika poboru próbek może prowadzić do powstawania luk pomiędzy pierścieniem a próbką gleby, a także do naruszenia ich wewnętrznej struktury. Górskie gleby leśne są niezwykle trudne przy badaniu wodoprzepuszczalności zarówno metodami terenowymi, jak i laboratoryjnymi. Gleby te zawierają często znaczną ilość korzeni, szkieletu glebowego, materii organicznej oraz makroporów glebowych, przez co pobór prób do badań wodoprzepuszczalności tych gleb standardowymi metodami (tj. poprzez wbijanie pierścienia w glebę) powoduje, że wyniki z uzyskiwanych pomiarów współczynnika filtracji obarczone są błędem trudnym nawet do oszacowania. Dlatego też w ramach badań nad wodoprzepuszczalnością górskich gleb leśnych opracowano i przetestowano laboratoryjną metodę badania współczynnika filtracji tych gleb, zwłaszcza sposób poboru prób gleby o nienaruszonej strukturze. Sposób ten polega na stopniowym formowaniu monolitu glebowego na kształt walca i wypełnieniu wolnej przestrzeni pomiędzy monolitem, a trójcylindrycznym pojemnikiem pianką niskoprężną. Sposób ten zapewnia zachowanie naturalnej struktury próbek, układu systemów korzeniowych i szkieletu glebowego oraz umożliwia badanie wodoprzepuszczalności zgodnie z naturalnym kierunkiem infiltracji wody w głąb profilu glebowego. Utrzymanie naturalnej struktury daje możliwość precyzyjnego określenia niektórych właściwości fizycznych badanych próbek, takich jak gęstość objętościowa i porowatość ogólna, mających bezpośredni wpływ na właściwości infiltracyjne gleby. Środek wypełniający skutecznie eliminuje zjawisko zwiększonego przepływu na granicy ośrodek glebowy - cylinder, dzięki czemu zwiększa się wiarygodność otrzymywanych wartości współczynników filtracji. Efektem dotychczasowych badań nad opracowywaniem i testowaniem nowej metody pomiaru współczynnika filtracji na próbkach o nienaruszonej strukturze było powstanie następujących prac naukowych i patentów:

- **Ilek A.**, Kucza J. (**2014**). A laboratory method to determine the hydraulic conductivity of mountain forest soils using undisturbed soil samples. *Journal of Hydrology* 519: 1649-1659
- Kucza J., **Ilek A.** (**2017**). Methods of collecting, preparing and analysing undisturbed soil samples for purposes of defining soil hydraulic conductivity and equipment for collecting, preparing and analysing undisturbed soil samples for purposes of defining soil hydraulic conductivity. Patent no. US 9606027 B2. *The United States Patent and Trademark Office*.

- Kucza J., **Ilek A.** (**2016**). The effect of the shape parameters of a sample on the hydraulic conductivity. *Journal of Hydrology* 534: 230-236.
- Kucza J., **Ilek A.** (**2016**). Urządzenie do oznaczania współczynnika filtracji gleby. Patent nr 221123. *Urząd Patentowy RP*.
- Kucza J., **Ilek A.** (**2016**). Sposób przygotowywania próbek o nienaruszonej strukturze oraz wykonania czynności badawczych do oznaczania współczynnika filtracji gleby. Patent nr 221781. *Urząd Patentowy RP*.
- Kucza J., **Ilek A.** (**2014**). Pojemnik do pobierania próbek gleby o nienaruszonej strukturze. Wzór użytkowy nr 67028. *Urząd Patentowy RP*.

Górskie gleby leśne zawierają często dużą ilość szkieletu glebowego, który może znacząco wpływać zarówno na retencję wodną tych gleb, jak i na współczynnik filtracji (Novák i in. 2011). Szkielet odgrywa znaczącą rolę w procesach przepływu wody, poprzez zmianę gęstości objętościowej i porowatości gleby (Cerda 2001, Descroix i in. 2001), przy czym jego rzeczywisty wpływ na infiltrację wody nie jest do końca rozstrzygnięty. Niektóre badania związane z ruchem wody w glebach szkieletowych wskazują, że tempo infiltracji może być zwiększone przez zawartość szkieletu w glebie, ze względu na tworzenie nowych porów pomiędzy szkieletem, a otaczającą go glebą (Grant i Stuchtemeyer 1959, Jung 1960). Z kolei inni badacze wykazali negatywny wpływ szkieletu na tempo infiltracji wody (Novák 2009, Zhou i in. 2011), związany ze wzrostem ‘krętości’ przepływu wody w glebie. Ze względu na rozbieżności dotyczące wpływu szkieletu glebowego na współczynnik filtracji, w ramach badań nad wodoprzepuszczalnością górskich gleb leśnych podjęto próbę określenia wpływu udziału objętościowego szkieletu i jego granulacji na współczynnik filtracji ośrodka przewodzącego wodę w glebie (części ziemistych), a ich efektem było opublikowanie następującego artykułu naukowego:

- **Ilek A.**, Kucza J., Witek W. (**2019**). Using undisturbed soil samples to study how rock fragments and soil macropores affect the hydraulic conductivity of forest stony soils: Some methodological aspects. *Journal of Hydrology* 570: 132-140.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że współczynnik filtracji ośrodka przewodzącego wodę w glebie jest zależny zarówno od udziału objętościowego szkieletu, jak i jego przeciętnej średnicy. Wykazano, że przy stosunkowo niskim udziale szkieletu (~3 i 7%) następuje spowolnienie tempa infiltracji wody przez ośrodek przewodzący, zaś przy udziale ~32%, następuje przyśpieszenie przepływu, średnio o około 14%. Z kolei przy udziale szkieletu równym 10%, przeciętna wartość procentowego ubytku natężenia przepływu wody przez ośrodek przewodzący wyniosła 0,01%. Sugeruje to, że przy tej szkieletowości następuje zrównanie się wpływu czynników hamujących i przyśpieszających przepływ wody przez ośrodek przewodzący wodę w glebie. Stwierdzono także, że przeciętna średnica szkieletu równa 20 mm wywierała najmniejszy wpływ na wodoprzepuszczalność ośrodka przewodzącego. Z kolei średnice mniejsze od 10 mm powodowały znaczne przyśpieszenie infiltracji wody przez ośrodek przewodzący, dochodzące nawet do 25% przy zawartości szkieletu równej 32%.

W ramach dodatkowych wątków badawczych brałam udział w badaniach dotyczących:

1. Analizy skuteczności procesu fitoremediacji w środowisku skrajnie zanieczyszczonym pierwiastkami śladowymi

Badania z tego zakresu prowadziłam przy współpracy z naukowcami Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, kilku jednostek Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Uniwersytetem Rzeszowskim, Instytutem Maxa Plancka i Instytutem Biologii Doświadczalnej PAN. Badania te skupiały się na wykorzystaniu różnych gatunków roślin, w tym gatunków drzewiastych, w procesie fitoremediacji, prowadzonym w skrajnie zanieczyszczonym pierwiastkami śladowymi środowisku glebowym. Istotnym aspektem tych badań była analiza wpływu właściwości podłoża na efektywność akumulacji pierwiastków śladowych w nadziemnych i podziemnych częściach roślin, jak również zmian w obrębie morfologii i fizjologii roślin rosnących w skrajnie zanieczyszczonym pierwiastkami śladowymi środowisku. Efektem tych badań było opublikowanie rozdziału w monografii:

· Krzesłowska M., Goliński P., Szostek M., Mocek-Płóciniak A., Drzewiecka K., Piechalak A., **Ilek, A.**, Neumann U., Timmers A.C.J., Budzyńska S., Mleczek P., Suski Sz., Woźny A., Mleczek M. (**2021**). Morphology and Physiology of Plants Growing on Highly Polluted Mining Wastes. In: *Phytoremediation for Environmental Sustainability* (pp. 151-200). Springer, Singapore.

2. Wpływu rożnych sposobów uprawy roli na aktywność enzymatyczną gleb oraz właściwości materii organicznej

Badania z tego zakresu realizowałam wraz z zespołem z Uniwersytetu Rzeszowskiego i dotyczyły one wpływu różnych systemów uprawy (konwencjonalna, uproszczona oraz rolnictwo ekologiczne) na aktywność enzymatyczną gleby, zawartość węgla organicznego, azotu ogólnego i właściwości glebowej materii organicznej, a ich efektem było powstanie jednej, współautorskiej publikacji naukowej:

· Szostek M., Szpunar-Krok E., Pawlak R., Stanek-Tarkowska J., **Ilek A.** (**2022**). Effect of different tillage systems on soil organic carbon and enzymatic activity. *Agronomy* 12(1), 208.

Badania te prowadzone były w latach 2016-2018 na gruntach ornych w południowo-wschodniej części Polski. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że zawartość węgla organicznego w powierzchniowej warstwie gleby (do 25 cm) uprawianej systemem uproszczonym była o 31 i 127% wyższa, niż w glebach uprawianych systemem konwencjonalnym i rolnictwa ekologicznego. Również zawartość azotu ogólnego w glebie uprawianej systemem uproszczonym była o 40 i 120% wyższa niż w pozostałych systemach uprawy. Nie stwierdzono istotnego wpływu analizowanych systemów uprawy na stosunek C:N. Wykazano, że system uprawy wpływał na aktywność enzymatyczną gleby, głównie dehydrogenazy. Największą aktywność tego enzymu odnotowano w glebie uprawianej systemem rolnictwa ekologicznego i była ona o 18 i 60% wyższa, niż w systemach uprawy uproszczonej i konwencjonalnej. Dlatego też ograniczanie chemizacji rolnictwa poprzez prowadzenie upraw

systemem rolnictwa ekologicznego przyczynia się do wzrostu aktywności biochemicznej gleby i utrzymania naturalnej żyzności i produktywności gleb.

3. Zagospodarowania wybranych odpadów z procesu oczyszczania ścieków i spalania biomasy

Wraz z zespołem z Uniwersytetu Rzeszowskiego realizowałam badania dotyczące wpływu wybranych odpadów pochodzących z procesu oczyszczania ścieków i spalania biomasy na właściwości gleb, wzrost i rozwój roślin uprawnych oraz rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w środowisku glebowym, których efektem było opublikowanie trzech współautorskich prac naukowych:

- Szostek M., Matłok N., Kosowski P., **Ilek A.**, Balawejder M. (**2023**). Changes of speciation and bioavailability of trace elements in sewage sludge after the ozonation process. *Agriculture* 13, 794.
- Szostek M., Szpunar-Krok E., Jańczak-Pieniążek M., **Ilek A.** (**2023**). Short-term effect of fly ash from biomass combustion on spring rape growth, nutrient, and trace elements accumulation, and soil properties. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20, 455.
- Szostek M., Szpunar-Krok E., **Ilek A.** (**2023**). Chemical speciation of trace elements in soil fertilized with biomass combustion ash and their accumulation in winter oilseed rape plants. *Agronomy* 13, 942.

Badania te dotyczyły przede wszystkim oceny możliwości zagospodarowania osadów ściekowych stabilizowanych ozonem, a także popiołów ze spalania biomasy w celach nawozowych. Ozonowanie osadów ściekowych w istotny sposób wpływa na zmiany wielu parametrów technologicznych tych odpadów, co znacznie zwiększa możliwości ich zagospodarowania. Ze względu na wstępną destrukcję zawartej w nich materii organicznej, następuje zwiększenie przyswajalności makro- i mikroelementów, ważnych w prawidłowym żywieniu roślin. Poprzez wstępną destrukcję materii organicznej w efekcie procesu ozonowania, może jednak następować wzrost mobilności i bioprzyswajalności zawartych w osadach ściekowych zanieczyszczeń, a zwłaszcza toksycznych pierwiastków śladowych. Dlatego też w badaniach z tego zakresu, przeanalizowano wpływ osadów ściekowych stabilizowanych ozonem na zmiany składu frakcyjnego pierwiastków śladowych z zastosowaniem metod sekwencyjnej ekstrakcji oraz ich bioakumulacji w nadziemnych i podziemnych częściach kukurydzy i pszenicy, w warunkach doświadczenia wazonowego.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że pomimo relatywnie niskich stężeń ogólnych form Mn, Zn i Ni w osadach ściekowych, nastąpił wzrost mobilności tych pierwiastków po procesie ozonowania, co w efekcie ich doglebowego zastosowania może powodować negatywne skutki. Na podstawie przeprowadzonej analizy bioakumulacji mikroelementów i toksycznych pierwiastków śladowych wykazano, że zastosowanie osadów ściekowych stabilizowanych ozonem do nawożenia roślin nie wpłynęło istotnie na bioakumulację większości analizowanych pierwiastków śladowych. Niemniej przy rozważaniu rolniczego zagospodarowania tych odpadów należy zwrócić uwagę na możliwość zwiększonego uwalniania tych pierwiastków w efekcie procesu ozonowania, co może powodować ich większą akumulację.

Możliwości rolniczego zagospodarowania popiołów ze spalania biomasy do nawożenia gleb i roślin były rozpatrywane w oparciu o badania polowe i laboratoryjne. W badaniach tych skupiono się w głównej mierze na ocenie wpływu tych odpadów na właściwości gleby, wzrost i rozwój roślin uprawnych, a także migracje zawartych w popiołach zanieczyszczeń, w tym toksycznych pierwiastków śladowych. Przeprowadzone badania jednoznacznie wykazały, że wykorzystane w doświadczeniu popioły ze spalania biomasy są cennym odpadem, który powinien być wykorzystywany do nawożenia gleb i roślin. Już ich krótkoterminowe oddziaływanie nawet w najniższych dawkach, powoduje znaczącą poprawę wielu ważnych właściwości gleb, determinujących ich żyzność i urodzajność. W efekcie stosowania tych odpadów następuje znacząca poprawa warunków wzrostu i rozwoju roślin, głównie na skutek zmniejszenia kwasowości gleby oraz zwiększenia jej zasobności w składniki pokarmowe. Ponadto zastosowanie popiołów ze spalania biomasy nie powoduje zasadniczych zmian w ogólnej zawartości pierwiastków śladowych w glebie i nie wpływa tym samym na stopień jej zanieczyszczenia. Zawarte w popiołach ze spalania biomasy pierwiastki śladowe w niewielkim stopniu występują we frakcjach mobilnych i biodostępnych, co niewątpliwie przyczynia się do stosunkowo małej migracji zdeponowanych w tych odpadach zanieczyszczeń w środowisku przyrodniczym. Dlatego też zastosowanie popiołów ze spalania biomasy do nawożenia gleb i roślin jest dobrą alternatywą do ponownego wykorzystania zawartych w nich składników pokarmowych dla roślin, zgodną z zasadami zrównoważonego rozwoju.

Literatura:

Cerdà, A. **(2001**). Effects of rock fragment cover on soil infiltration, interrill runoff and erosion. *European Journal of Soil Science 52*(1), 59-68.

Descroix L., Viramontes D., Vauclin M., Barrios J. G., Esteves M. (**2001**). Influence of soil surface features and vegetation on runoff and erosion in the Western Sierra Madre (Durango, Northwest Mexico). *Catena 43*(2), 115-135.

Grant W.J., Struchtemeyer R.A. (**1959**). Influence of the coarse fraction in two Maine potato soils on infiltration, runoff and erosion. *Soil Science Society of America Journal 23*(5), 391-394.

Jung L. (**1960**). The influence of the stone cover on runoff and erosion on slate soil. *Publ. int. Ass. sci. Hydrol. 53*, 143-153.

Kucza J. (**2007**). Właściwości hydrologiczne materii organicznej gleb leśnych na przykładzie gleb pod świerczynami istebniańskimi. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie. Rozprawy* (320), 1-176.

Novák V., Kňava K. (**2009**). Infiltration of water into stony soil: To what extent is infiltration affected by stoniness? *Sustainable Development and Bioclimate*, 111.

Novák V., Kňava K., Šimůnek J. (**2011**). Determining the influence of stones on hydraulic conductivity of saturated soils using numerical method. *Geoderma 161*(3-4), 177-181.

Zhou B., Shao M., Wang Q. (**2011**). Effect of different rock fragments species on soil infiltration. *Journal of Northwest A & F University-Natural Science Edition 39*(10), 141-148.

6. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPLARYZUJĄCYCH NAUKĘ

Od października 2014 roku jestem zatrudniona na stanowisku nauczyciela akademickiego, przy czym do 30 września 2018 roku pracowałam na Wydziale Leśnym Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie (URK), a od 1 października 2018 roku jestem zatrudniona na Wydziale Leśnym (obecnie Wydział Leśny i Technologii Drewna) Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (UPP). Od początku mojego zatrudnienia zdobywałam doświadczenie dydaktyczne jako *asystent* (2 lata, w tym jeden rok w URK i jeden rok w UPP) oraz *adiunkt* (od października 2019 roku w UPP i 3 lata w URK), a wcześniej w latach 2009-2014 jako *doktorantka* w *Katedrze Inżynierii Leśnej* (Wydział Leśny, URK). W tym czasie prowadziłam wykłady oraz ćwiczenia kameralne i terenowe dla studentów studiów stacjonarnych i niestacjonarnych I stopnia z **4 przedmiotów**, w tym z **3** w czasie pracy na Uniwersytecie Rolniczym w Krakowie (*Geodezja leśna*, *Hydrologia leśna* i *Hydrologia*) i z **1** w czasie pracy na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu (*Gleboznawstwo leśne z geologią*). Ćwiczenia kameralne i terenowe z przedmiotu *Geodezja leśna* prowadziłam na kierunku *Leśnictwo* na dwóch specjalnościach, tj. *Gospodarka leśna* i *Ochrona Zasobów Leśnych*. W roku akademickim 2017/2018 byłam *współkoordynatorem* przedmiotu *Hydrologia leśna*, a wykłady i ćwiczenia kameralne z tego przedmiotu prowadziłam dla studentów kierunku *Leśnictwo* o specjalności *Ochrona Zasobów Leśnych*. Opracowałam program ćwiczeń kameralnych z przedmiotu *Hydrologia*, które prowadziłam dla studentów stacjonarnych kierunku *Zarządzanie Środowiskiem Przyrodniczym*. Ćwiczenia laboratoryjne i terenowe z przedmiotu *Gleboznawstwo leśne z geologią* prowadzę dla studentów stacjonarnych i niestacjonarnych kierunku *Leśnictwo*, a dla studentów uczestniczących w zajęciach terenowych z tego przedmiotu przygotowałam (jako współautor) materiały do zajęć w formie skryptu (**II.1.1.**). Ponadto prowadziłam ćwiczenia w zakresie retencji wodnej ekosystemu leśnego dla słuchaczy Studium Podyplomowego *Hydrologia i inżynieria leśna*, realizowanego na Wydziale Leśnym Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie w 2013 roku. Z kolei w roku 2014 prowadziłam ćwiczenia w zakresie oddziaływania leśnictwa wielofunkcyjnego na środowisko dla słuchaczy Studium Podyplomowego *Technologie w ochronie środowiska i retardacja jego zasobów*, realizowanego w ramach projektu pt. *Wzmocnienie potencjału dydaktycznego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie*, współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego (2014 rok). Podczas pobytu na Federal University of São Carlos w Brazylii, prowadziłam także zajęcia dla doktorantów w zakresie ekohydrologii.

W czasie dotychczasowej pracy naukowo-dydaktycznej byłam promotorem **10 zakończonych prac dyplomowych** (5 magisterskich i 5 inżynierskich), przy czym opiekę nad **4** pracami dyplomowymi (2 magisterskie i 2 inżynierskie) sprawowałam w czasie zatrudnienia na Uniwersytecie Rolniczym w Krakowie. Obecnie jestem też opiekunem **2**, niezakończonych jeszcze prac magisterskich. Zarówno prace magisterskie, jak i inżynierskie dotyczyły głównie zagadnień związanych z hydrologią leśną, przy

czym 7 z nich dotyczyło właściwości hydrologicznych poziomów organicznych gleb leśnych, a 3 prace inżynierskie były skoncentrowane na opracowaniu i przetestowaniu nowych metod pomiaru powierzchni kory drzew oraz współczynnika pęcznienia kory i miały charakter metodyczny. W latach 2018-2022 byłam również **promotorem pomocniczym** w przewodzie doktorskim Pana mgr. inż. Wojciecha Witka, doktoranta w Zakładzie Inżynierii Leśnej (Instytut Ochrony Ekosystemów Leśnych, Wydział Leśny, URK), który realizował rozprawę doktorską pt. *Rola i znaczenie systemów korzeniowych drzew leśnych w filtracji wody opadowej w głąb profilu glebowego*. Promotorem rozprawy był dr hab. inż. Jarosław Kucza, a praca została obroniona w lutym 2022 roku.

Obecnie angażuję studentów w badania terenowe i laboratoryjne prowadzone w projekcie OPUS 22 pt. *Badanie zależności pomiędzy glebową materią organiczną a dynamiką infiltracji i retencji wody w glebach leśnych w kontekście globalnych zmian klimatu i składu gatunkowego drzewostanu* w latach 2022-2026, którego jestem kierownikiem. W czasie opieki nad pracami dyplomowymi angażowałam studentów i doktorantów w przygotowywanie artykułów naukowych oraz prezentowanie wyników badań na konferencjach naukowych. Wyniki badań prowadzonych wspólnie ze studentami były prezentowane w formie **12 posterów** (**II.7.7-8**, **II.7.10-12**, **II.7.16-18**, **II.7.20**, **II.7.22-24**) i **1 referatu** (**II.7.22**) na konferencjach krajowych i międzynarodowych. Wraz ze studentami opublikowałam także **4 artykuły** w czasopismach indeksowanych przez *Journal Citation Report* (**II.4.5**, **II.4.7-9**).

W ramach popularyzacji i upowszechniania wiedzy naukowej opublikowałam **2 prace popularnonaukowe**, jedną w języku polskim (**II.4.15**) i jedną współautorską w języku angielskim, recenzowaną przez dzieci (tzw. *young reviewers*) (**II.4.14**). Wygłosiłam także **5 referatów** w czasie seminariów wydziałowych organizowanych przez Prodziekana ds. Nauki Wydziału Leśnego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, w ramach sprawozdania z tematów badawczych pn. *Badania dla Młodych Pracowników Nauki Wydziału Leśnego*, **1 referat** podczas pobytu na *Mississippi State University* w ramach *fall seminar series 2019*, **1 referat** w czasie pobytu na Federal University of São Carlos oraz **1 referat** w czasie pobytu na Federal University of Amapá w Brazylii.

W czasie pracy jako nauczyciel akademicki systematycznie podnosiłam swoje kompetencje dydaktyczne poprzez udział w dwóch projektach współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój (Działanie 3.5. Kompleksowe programy szkół wyższych), tj. 1) *Wysoka jakość kształcenia atutem młodej kadry dydaktycznej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu* oraz 2) *Najlepsi z natury! Zintegrowany Program Rozwoju Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu*. W ramach ww. projektów odbyłam miesięczny staż w *Cleveland State University* (OH, USA) oraz **11 kursów i szkoleń** (łącznie 295 h), w tym m.in. *Kurs innowacyjnych kompetencji dydaktycznych* (48 h)*, Wystąpienia publiczne, retoryka, erystyka, prowadzenie dyskusji i debat, nowoczesna dydaktyka* (16 h), *Grywalizacja - innowacja w edukacji* (24 h), *Zastosowanie myślenia projektowego (design thinking) w dydaktyce* (32 h), *Blended learning: tworzenie treści do materiałów dydaktycznych w formule e-learning* (12 h) i *Wykorzystanie mediów społecznościowych w procesie dydaktycznym* (6 h). W 2019 roku odbyłam także

kurs pedagogiczny w Katedrze Nauk Społecznych i Pedagogiki Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego oraz członkiem European Geosciences Union (EGU). Byłam **recenzentką 25 publikacji naukowych** w czasopismach krajowych i zagranicznych, w tym 19 w czasopismach indeksowanych przez *Journal Citation Report: Wood Science and Technology* (1), *Agronomy* (1), *Trees – Structure and Function* (1), *Plants* (1), *Forests* (2), *Water* (2), *Ecohydrology* (1), *Biologia* (1), *Frontiers in Forests and Global Change* (1), *Hydrological Processes* (1), *Methods in Ecology and Evolution* (1), *Journal of Hydrology* (1), *Mountain Research and Development* (1), *iForest – Biogeosciences and Forestry* (1), *Vadose Zone Journal* (1), *Soil Science Society of America Journal* (1), *Hydrology Research* (1). Obecnie jestem także **redaktorem gościnnym** wydania specjalnego pt. *Soil Carbon-Nitrogen-Water Relations in Forests* w czasopiśmie *Land*.

W trakcie mojego dotychczasowego zatrudnienia na Uniwersytecie Rolniczym im. Hugona Kołłątaja w Krakowie i Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu starałam angażować się w działalność organizacyjną. W latach 2016-2018 uczestniczyłam w pracach Wydziałowej Komisji ds. Nauki (Wydział Leśny, URK). Byłam członkiem Komitetu Organizacyjnego I Międzynarodowej Konferencji Naukowej pt. *Hydrology in Natural and Antrophogenic Environments*, organizowanej przez Wydział Leśny Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie (2018 rok). Obecnie jestem członkiem Komitetu Organizacyjnego 31-ego Kongresu Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego '*Gleba w zmieniającym się Świecie'*, który odbędzie się we wrześniu 2023 w Poznaniu. Pełnię też funkcję Koordynatora ds. współpracy pomiędzy Wydziałem Leśnym i Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, a Federal University of São Carlos. Na przełomie 2021 i 2022 roku zorganizowałam (jako osoba goszcząca) trzymiesięczny pobyt na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu Pani dr Kelly C. Tonello (Department of Environmental Science, UFSCar). W tym czasie organizowałam prace terenowe i laboratoryjne niezbędne do realizacji projektu pt. *When is bark a sponge v. a rainwater slide? An investigation of bark water storage capacity in forests and its relationship with the hygroscopicity* (projekt nr 88887.570113/2020-00 finansowany przez CAPES Foundation), a także zorganizowałam seminarium dla pracowników Katedry Botaniki i Siedliskoznawstwa Leśnego, w czasie którego Pani Tonello wygłosiła referat.

7. PODSUMOWANIE DOTYCHCZASOWEJ DZIAŁALNOŚCI NAUKOWEJ

W czasie mojej dotychczasowej pracy naukowej opublikowałam łącznie **20 publikacji** w recenzowanych czasopismach naukowych. **17** z nich opublikowano w czasopismach indeksowanych przez *JCR* z **pierwszego** (**11 prac**) i **drugiego kwartyla** (**6 prac**), a **18** artykułów opublikowanych zostało po uzyskaniu stopnia doktora. W większości publikacji jestem **autorem korespondencyjnym** (**14/20 prac**; **70%**), a w **12** pracach jestem **pierwszym** i **korespondencyjnym autorem** (**60% prac**). Sumaryczny ***Impact factor*** opublikowanych prac (zgodnie z rokiem opublikowania) wynosi **53,761** (*Tabela 1*), a **suma punktów** za publikacje opublikowane **po uzyskaniu stopnia doktora** wynosi **1384** (214 punktów do 2019 roku oraz 1170 punktów w latach 2019-2023). **Indeks Hirscha** według bazy ***Web of Science*** wynosi **7**, według bazy ***Scopus*** – **8**, a według bazy ***Google Scholar*** wynosi **10**. Sumaryczna **liczba cytowań (bez autocytowań)** według ww. baz wynosi odpowiednio **148**, **177** i **231**. Opublikowałam także **2 prace popularnonaukowe** i **1 rozdział w monografii**, byłam **recenzentką 25** artykułów naukowych, a obecnie jestem **redaktorem gościnnym 1 wydania specjalnego** w czasopiśmie *Land*. Byłam także **promotorem pomocniczym w 1 zakończonym przewodzie doktorskim**. Uzyskałam **1 prawo ochronne na wzór użytkowy** oraz **3 patenty na wynalazek**, w tym **2 przyznane przez Urząd Patentowy RP** i **1 przez Urząd Patentowy USA**. Poza macierzystą jednostką prowadziłam działalność naukową na Wydziale Leśnym Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie (**łącznie 9 lat**) oraz odbyłam **3 staże zagraniczne**, w tym **2 w USA (łącznie 4 miesiące)** i **1 trzymiesięczny w Brazylii**. Wyniki moich badań były prezentowane na **15 konferencjach międzynarodowych** i **4 krajowych** w formie **20 posterów** i **7 referatów**. Byłam **kierownikiem 1 projektu** finansowanego przez **Narodowe Centrum Nauki** (**MINIATURA 2**) oraz **5 projektów** uzyskanych **w ramach dotacji celowej** na prowadzenie badań naukowych przez młodych naukowców, uzyskanych w wydziałowym trybie konkursowym (Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie). Byłam **wykonawcą 4 zadań badawczych** realizowanych w ramach **2 projektów** finansowanych przez **Generalną Dyrekcję Lasów Państwowych**, **wykonawcą w 1 projekcie** finansowanym przez **São Paulo Research Foundation (FAPESP)**, a także byłam zaangażowana w realizację **1 projektu** finansowanego przez **CAPES Foundation**. Obecnie jestem **wykonawcą w 1 projekcie** finansowanym przez **Generalną Dyrekcję Lasów Państwowych** i w **1 projekcie** finansowanym przez **FAPESP**. Jestem też **kierownikiem 1 projektu** finansowanego przez **Narodowe Centrum Nauki** (**OPUS 22**) w latach 2022-2026. Za działalność naukową otrzymałam **indywidualną nagrodę** II stopnia **Rektora Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie** (rok 2017) oraz **2 nagrody zespołowe** I (rok 2020) i II stopnia (rok 2022) przyznane przez **Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu**. W roku 2019 otrzymałam **dyplom-wyróżnienie Komitetu Nauk Leśnych i Technologii Drewna Polskiej Akademii Nauk** w konkursie na najlepszą pracę doktorską (edycja 2018), a w roku 2021 **Stypendium Ministra dla Wybitnych Młodych Naukowców**.

Tabela 1. Tabelaryczne zestawienie dotychczasowego dorobku naukowego kandydatki, z podziałem na okres przed uzyskaniem stopnia doktora i po uzyskaniu stopnia doktora (***według stanu na dzień 29 czerwca 2023 roku***).

Rodzaj aktywności naukowej		**Przed uzyskaniem stopnia doktora**			**Po uzyskaniu stopnia doktora**				**Razem**		
		N	***IF***	***Punkty***	***N***	***IF***	***Punkty* do 2019**	***Punkty* od 2019**	***N***	***IF***	***Punkty***
Oryginalne prace twórcze		2	1,651	36	18	52,110	214	1170	20	53,761	1420
Rozdziały w monografiach i książkach naukowych		-	-	-	1	-	-	20	1	-	20
Skrypty		-	-	-	1	-	-	-	1	-	-
Artykuły popularnonaukowe		-	-	-	2	-	-	-	2	-	-
Patent na wynalazek	udzielony przez Urząd Patentowy RP	-	-	-	2	-	60	-	2	-	60
	udzielony za granicą	-	-	-	1	-	40	-	1	-	40
Wzory użytkowe		1	-	10	-	-	-	-	1	-	10
Konferencje międzynarodowe	referat	1	-	-	4	-	-	-	5	-	-
	poster	-	-	-	16	-	-		16	-	-
Konferencje krajowe	referat	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-
	poster	-	-	-	4	-	-	-	4	-	-
Ogółem		**4**	**1,651**	**46**	**51**	**52,110**	**314**	**1190**	**55**	**53,761**	**1550**
- w tym wykazane w osiągnięciu habilitacyjnym		***1***	***1,651***	***35***	***5***	***12,627***	***39***	***220***	***6***	***14,278***	***294***

Baza	**Liczba cytowań:**		**Indeks Hirscha**
	całkowita	**bez autocytowań**	
Web of Science	171	148	7
Scopus	201	177	8
Google Scholar	261	231	10

……..……..……

(podpis wnioskodawcy)