

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Instytut Inżynierii Środowiska
Katedra Architektury Krajobrazu

dr inż. Marzena Teresa Suchocka

AUTOREFERAT
INFORMUJĄCY O ZAINTERESOWANIACH
I OSIĄGNIĘCIACH W DZIAŁALNOŚCI
NAUKOWO-BADAWCZEJ

Lipiec 2022

Spis treści

Życiorys naukowy i zawodowy	3
I. Imię i nazwisko	3
II. Posiadane stopnie naukowe.....	3
III. Przebieg zatrudnienia	3
IV. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.).....	4
V. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.....	25
1. Główne problemy badawcze.....	25
2. Działalność projektowa	33
VI. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę	34
Działalność organizacyjna	34
Działania popularyzujące naukę.....	35
Inne aktywności.....	35
VII. Sumaryczne zestawienie dorobku	37

Życiorys naukowy i zawodowy

I. Imię i nazwisko

Marzena Teresa Suchocka

II. Posiadane stopnie naukowe

2010 Uzyskany stopień: doktor inżynier nauk rolniczych w zakresie ogrodnictwa, specjalizacja architektura krajobrazu. Praca otrzymała wyróżnienie Rady Wydziału Biotechnologii Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu SGGW.

2006-2010 **studia doktoranckie** Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu (obecnie Wydział Ogrodniczy), Katedra Architektury Krajobrazu.

Tytuł rozprawy doktorskiej: „Wpływ warunków siedliskowych na żywotność drzew na terenie budowy”

Promotor prof. dr hab. Marek Antoni Kosmala (Katedra Architektury Krajobrazu SGGW).

Recenzenci:

- dr hab. Piotr Urbański, prof. nadzw. Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
- prof. dr hab. Czesław Wysocki, Katedra Ochrony Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

1994 – 1999 **studia magisterskie** Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Oddział Architektury Krajobrazu.

Tytuł pracy magisterskiej: „Możliwości wykorzystania gminy Łuków dla potrzeb rekreacji”, promotor dr Zbigniew Karaczun (Katedra Ochrony Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie).

15.07.1999 Uzyskany tytuł: magister inżynier, specjalność architekt krajobrazu.

III. Przebieg zatrudnienia

- Od 2011 roku do chwili obecnej: adiunkt w Katedrze Architektury Krajobrazu, Instytut Inżynierii Środowiska (do 2019 Wydział Ogrodnictwa Biotechnologii i Architektury Krajobrazu), Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, od 2019 roku Kierownik Katedry Architektury Krajobrazu.
- 2007 –2010 słuchaczka Studiów Doktoranckich w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
- 2007 - 2016 roku: architekt krajobrazu w Instytucie Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa
- 2004 - 2006 roku: architekt krajobrazu w firmie projektowej architektury krajobrazu Greenvest

IV. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.)

Tytuł osiągnięcia naukowego:

Wykorzystanie drzew w kształtowaniu współczesnych miast

Cykl powiązanych tematycznie publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe w postępowaniu o nadania stopnia doktora habilitowanego:

i. Kondycja drzew

H1. Stojnic S., **Suchocka M.**, Benito-Garzon M., Torres-Ruiz J. M., Cochard H., Bolte A., Cocozza C., Cvjetkovic B., de Luis M., Martinez-Vilalta J., Raebild A., Tognetti R., Delzon S., 2018 *Variation in xylem vulnerability to embolism in European beech from geographically marginal populations* Tree Physiology 38(2),173-185. IF **3.653** Liczba punktów MNiSW – 140 pkt. (wg listy z 2009 - 50 pkt).

Oświadczam, że mój wkład w powstanie tej pracy polegał na wytypowaniu, pozyskaniu i przygotowaniu materiału roślinnego do badań oraz przeprowadzeniu eksperymentu. Uczestniczyłam w analizach i opracowaniu wyników oraz w redagowaniu tekstu i odpowiedziach na recenzje. Mój udział procentowy szacuję na 30%.

H2. Olchowik J., **Suchocka M.**, Jankowski P., Malewski T., Hilszczańska D. 2021 *The ectomycorrhizal community of urban linden trees in Gdańsk, Poland*, Plos ONE IF **2,74** Liczba punktów MNiSW –100 pkt.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, pozyskaniu materiału doświadczalnego oraz opracowaniu części wyników. Uczestniczyłam w redagowaniu tekstu oraz odpowiedziach na recenzje. Mój udział procentowy szacuję na 45%.

ii. Zarządzanie drzewami

H3. **Suchocka, M.**; Błaszczyk, M.; Juźwiak, A.; Duriasz, J.; Bohdan, A.; Stolarczyk, J. *Transit versus Nature. Value Depreciation of Road Alleys. Case study: Gamerki-Jonkowo, Poland*. Sustainability 2019, 11, (6), 1816. IF **2.075** Liczba punktów MNiSW. - 70 pkt

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji i zaplanowaniu badań, pozyskaniu danych do analiz, przeprowadzeniu części badań oraz koordynacji pracy wszystkich autorów. Miałam zasadniczy udział w analizach i opracowaniu wyników oraz w redagowaniu tekstu i odpowiedziach na recenzje. Mój udział procentowy szacuję na 74%.

H4. **Suchocka M.**, Swoczyna T., Kosno-Jonczy J., Kalaji H. 2021 *Impact of heavy pruning on development and photosynthesis of Tilia cordata Mill. trees*, Plos ONE IF **3,24** Liczba punktów MNiSW – 100 pkt.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, pozyskaniu materiału doświadczalnego, wykonaniu badań i analiz oraz opracowaniu zasadniczej części wyników. Uczestniczyłam w redagowaniu tekstu, odpowiedziach na recenzje oraz byłam autorem korespondencyjnym. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

iii. Aspekty społeczne

H5. **Suchocka, M.**; Jankowski, P.; Błaszczyk, M. 2019 *Tree Protection on Construction Sites - Knowledge and Perception of Polish Professionals*. Urban Forestry & Urban Greening, 46, 126436 IF **4,021** Liczba punktów MNiSW –100 pkt.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu badań, opracowaniu formularza ankiety, pozyskaniu danych do analiz, przeprowadzeniu zasadniczej części badań oraz koordynacji pracy wszystkich autorów. Uczestniczyłam w analizach i opracowaniu wyników oraz w redagowaniu tekstu i odpowiedziach na recenzje. Mój udział procentowy szacuję na 55%.

H6. **Suchocka, M.**; Jankowski, P.; Błaszczuk, M. 2019 *Perception of Urban Trees by Polish Tree Professionals vs. Non-Professionals*, Sustainability 2019, 11(1), 211; IF **2.075** Liczba punktów MNiSW – 70 pkt.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu badań, opracowaniu formularza ankiety, pozyskaniu danych do analiz, przeprowadzeniu zasadniczej części badań oraz koordynacji pracy wszystkich autorów. Uczestniczyłam w analizach i opracowaniu wyników oraz w redagowaniu tekstu i odpowiedziach na recenzje. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

Impact Factor (IF) dla wymienionych artykułów podany został dla roku publikacji.

Kopie prac stanowiących osiągnięcie naukowe zamieściłam jako załącznik do wniosku wraz z oświadczeniami współautorów. Oznaczenia porządkowe publikacji [H1–H6] w dalszej części autoreferatu stanowią odnośniki bibliograficzne. Publikacje wyodrębnione jako osiągnięcie naukowe powstały w latach 2018–2021, po otrzymaniu stopnia doktora. Badania powstały na stypendium postdoc, gdzie prowadziłam badania w zespole naukowym, badaczami m.in. z:

- Serbii (University of Novi Sad, Institute of Lowland Forestry and Environment),
 - Francji (BIOGECO INRA, University Bordeaux, Université Clermont Auvergne, INRA),
 - Niemiec (Thünen Institute of Forest Ecosystems, Institute for Sustainable Plant Protection - IPSP), Bośni i Hercegowiny (National Research Council - CNR University of Banja Luka),
 - Włoch (Faculty of Forestry, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio—IUCA Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Università degli Studi del Molise i The EFI Project Centre on Mountain Forests - MOUNTFOR),
 - Hiszpanii (Universidad de Zaragoza CREAM — Université Autònoma Barcelona),
 - Dani (Department of Geoscience and Natural Resource Management, University of Copenhagen),
- oraz z inicjowanej przeze mnie współpracy z polskimi ośrodkami jak: Muzeum i Instytut Zoologii Polskiej Akademii Nauk, Centrum Zachowania Różnorodności Biologicznej w Powsinie czy Zakład Ekologii Lasu Instytut Badawczy Leśnictwa w Sękocinie.

Omówienie celu naukowego wymienionych prac i osiągniętych wyników

Wstęp

Inżynieria środowiska kształtuje odpowiednie warunki techniczne i metody do utrzymania środowiska przyrodniczego w stanie równowagi biologicznej i przywracania równowagi w przypadku jej zaburzenia. Ekosystemy miejskie powiązane są ściśle z zieloną infrastrukturą, czyli siecią terenów pokrytych szatą roślinną o różnym poziomie naturalności, które są strategicznie planowane, projektowane i zarządzane w celu dostarczenia szerokiego wachlarza usług ekosystemowych oraz ochrony różnorodności biologicznej (Biodiversity strategy for 2030). Ochrona i kształtowanie środowiska, szeroko definiowane są jako działania

związane z prognozowaniem, oceną, zapobieganiem i naprawą skutków działalności człowieka w ramach mechanizmów społeczno-ekonomicznych, narzędzi technicznych, przyrodniczych i prawnych, kształtujących relacje człowiek-środowisko w celu racjonalnego gospodarowania zasobami przyrody. W mojej pracy zostały zawężone do zarządzania drzewami miejskimi, które stanowią zasadniczy element zielonej infrastruktury. Zmiany klimatu oraz utrata zielonej infrastruktury na rzecz szarej infrastruktury powoduje wzrost temperatury w miastach, a wyspy ciepła tworzą się przede wszystkim w lokalizacjach o największej koncentracji betonu i nieprzepuszczalnych nawierzchni. Zgodnie z wynikami przeprowadzonych do tej pory badań prawidłowe funkcjonowanie miasta jest uzależnione od różnych zmiennych. Przykładowo optymalnie jest to 45% powierzchni biologicznie czynnej (Szulczewska i inni 2014) czy 25-30% pokrycia koronami terenu miasta, niezbędnego dla zdrowia psychicznego i obniżenia poziomu stresu mieszkańców (Jiang i inni 2014).

Problem zmian klimatu demonstruje się np. ekstremalnymi zjawiskami, jak susze lub gwałtowne burze, którym w miastach muszą sprostać zarządcy w obliczu wymagań dotyczących zapewnienia bezpieczeństwa ich mieszkańcom oraz zamierania drzew powodowanego trudnymi warunkami miejskimi lub kolizją z inwestycjami. Zarządzającym brakuje jednak narzędzi. Oddziaływanie presji na ekosystem miasta, wynikającej z działań człowieka, zmiany klimatu oraz społecznego nastawienia, nie zawsze wspierającego poprawę jakości zielonej infrastruktury, a zwłaszcza zadrzewień (*urban forestry*), wymaga badań, których wyniki pomogą poprawić jakość przestrzeni życia mieszkańców miast.

The Society of American Foresters w *'Dictionary of Forestry'* (Helms 1998, s. 234), definiuje leśnictwo miejskie jako „sztukę, naukę i technologię zarządzania drzewami i zasobami drzew w ekosystemach społeczności miejskiej i wokół nich dla fizjologicznych, socjologicznych, ekonomicznych i estetycznych korzyści, jakie drzewa zapewniają społeczeństwu”. Zmiany klimatu oraz antropopresja pogarszają warunki rozwoju drzew i innej roślinności, co skutkuje pogarszaniem się ich kondycji lub zamieraniem a w efekcie obniżeniem poziomu usług ekosystemowych (Bezak i inni 2011). Punktem wyjścia do podjęcia przeze mnie badań nad określeniem zasad zintegrowanego zarządzania drzewami miejskimi są coraz trudniejsze warunki życia mieszkańców miast, spowodowane m.in. degradacją zielonej infrastruktury. Mieszkańcy miast muszą mierzyć się z nowymi problemami, np. zmiany klimatu, co podnosi znaczenie zielonej infrastruktury, a zarządzanie drzewami w otoczeniu człowieka staje się ważnym narzędziem pozwalającym na zwiększenie się stopnia rezyliencji terenów miejskich[†].

[†] Podstawą zarządzania rezyliencyjnego (*resilience management*) jest badanie dynamiki zmian ekosystemów oraz wdrażanie wyników badań w szeroko rozumianym projektowaniu. W kontekście ekosystemu miasta zjawisko rezyliencji opiera się na zdolności do odbudowy, regeneracji, dostosowania się czy powrotu do stanu równowagi po doświadczeniu gwałtownych zmian, zaburzeń, perturbacji czy kataklizmów (Smart Mature Resilience, 2016). Podejście to jest coraz szerzej wdrażane. Powstają strategie, standardy i przewodniki określające zasady zarządzania rezyliencyjnego, jak „*European Resilience Management Guideline*” (2020), których wdrażanie ma na celu odpieranie negatywnego oddziaływania i neutralizowanie silniejszych zakłóceń w obrębie ekosystemu.

Termin „rezyliencja” w rozważaniach o przestrzeni miejskiej obejmuje rezyliencję inżynieryjną i ekologiczną, niezbędną w efektywnym zarządzaniu drzewostanami miejskimi. W miastach charakteryzujących się niskim poziomem rezyliencji, już pod wpływem niewielkich anomalii następuje presja na zmianę ekosystemów, powodując w efekcie tych zmian (na etapie stabilizacji) inną jakościowo fazę adaptacji. Wysoki potencjał rezyliencyjny miast przejawia się zdolnością samoorganizacji systemu zielonej infrastruktury (w moich badaniach dotyczy to przede wszystkim drzew rosnących na terenach zurbanizowanych, będących zasadniczym elementem zielonej infrastruktury) oraz przystosowywania ekosystemu miasta do nowych warunków środowiskowych. Rezyliencja opiera się wówczas na różnorodności gatunków i struktur (Brand, Jax 2007; Holling 1978). Co ważne, istotna rola zielonej infrastruktury w poprawie jakości życia zaczyna być coraz częściej uwzględniana w strategicznych dokumentach UE, uznaje się ją za tańszą i bardziej trwałą alternatywę lub za uzupełnienie rozwiązań z zakresu szarej infrastruktury, proponowanych przez tradycyjną inżynierię (Ecosystem services..., 2020).

Presja społeczna (subiektywne obawy) mogą skutkować w procesie zarządzania usuwaniem drzew wynikającym z niemerytorycznych motywacji. Z kolei poprawa relacji pomiędzy samorządem lokalnym a społecznością postrzegana jest często jako kluczowy element w strategii zarządzania drzewami miejskimi (*urban forest*) pomagający w budowaniu świadomości społeczności, a przez to wspierający proces zarządzania drzewami miejskimi (Gibbons, Ryan 2015).

Zasadniczym powodem podjęcia przeze mnie badań nad zarządzaniem drzewami miejskimi była obserwowana niedoceniana rola drzew miejskich, jako kluczowego elementu zielonej infrastruktury, niedostatków w sposobie zarządzania i ochronie zadrzewień/drzewostanów w miastach, a w konsekwencji ich postępująca degradacja, skutkująca pogorszeniem się warunków życia ludzi i ich dobrostanu (*well-being*). Wśród wielu negatywnych skutków tego procesu należy podkreślić pogorszenie się zdrowia psychicznego i fizycznego mieszkańców miast (Van den Berg i inni 2014, Jiang i inni 2014a). Troska o zdrowie nabrała szczególnego znaczenia w czasie pandemii[‡]. Kształtowanie zielonej infrastruktury zaczyna funkcjonować jako proces oparty na danych technicznych, parametrach, wskaźnikach i standardach i przebiega w sposób analogiczny do projektowania szarej infrastruktury. W związku z tym, że wiedza w wymienionym zakresie jest ciągle niewystarczająca, widzę potrzebę prowadzenia badań pozwalających na wspomaganie procesu zrównoważonego zarządzania drzewami miejskimi poprzez opracowanie wytycznych i szeregu parametrów technicznych będących bazą rozwiązań inżynieryjnych. Wskazuje to na potrzebę poszerzenia wiedzy, przy wykorzystaniu narzędzi właściwych dla badań przyrodniczych (jakościowych), technicznych (metod zarzą-

[‡] Związek pomiędzy zmniejszającym się pokryciem koronami drzew na terenie miast a pogorszeniem warunków życia jego mieszkańców został szeroko udowodniony m.in. w kontekście coraz krótszej długości życia ludzi w mieście, spowodowanej negatywnymi zjawiskami miejskimi, takimi jak miejska wyspa ciepła czy zanieczyszczeniem powietrza PM 2,5. Najnowsze dane wskazują, że ograniczenie zanieczyszczenia powietrza do poziomu zgodnego z zaleceniami WHO, może rocznie zapobiec w UE ponad 51 000 zgonom z powodu zanieczyszczenia PM2,5 oraz 900 zgonom spowodowanym ekspozycją na NO₂ powietrza (Khomeiko i inni 2021). Badacze wskazują, że polskie miasta znajdują się w czołówce miast o najwyższym poziomie zanieczyszczenia (ib.).

dzania, oceny ryzyka, standardów pielęgnacji) oraz społecznych (ilościowe badania percepcji społecznej), poprzez określenie priorytetów działań pozwalających na poprawę jakości zielonej infrastruktury, i w efekcie na poprawę dobrostanu mieszkańców miast (Rys. 1).

Przedmiotem moich badań jest zarządzanie drzewostanem na terenach zurbanizowanych w kontekście zwiększającej się antropopresji, zmian klimatycznych oraz postrzegania drzew. Badane przeze mnie zagadnienia to:

- odporność wybranych gatunków drzew na suszę i zmianę parametrów glebowych, spowodowaną antropopresją (buk, lipa),
- zmienna jakość środowiska glebowego (pas drogowy a park),
- wpływ zabiegów pielęgnacyjnych (cięć) na żywotność drzew,
- ocena statyki drzew (również w kontekście ochrony różnorodności biologicznej),
- zastosowanie metod ochrony gleby i drzew w procesach inwestycyjnych,
- percepcja drzew przez osoby decydujące o ich adaptacji lub wycięciu.

W badaniach przyjęto założenie, że dopiero korelacja wymienionych czynników umożliwi optymalizację procesu zarządzania drzewami na terenach zurbanizowanych, a przez to maksymalizację usług ekosystemowych prowadzących do zapewnienia dobrostanu społeczeństwa. Prace naukowe wchodzące w skład osiągnięcia naukowego przedstawiono jako podstawę do ubiegania się przez Autorkę o stopień naukowy doktora habilitowanego.



Rys. 1 Badanie stanowiące osiągnięcie naukowe na tle analizowanych problemów kształtowania ekosystemu miasta

W mojej pracy zajmuję się rolą zielonej infrastruktury w kształtowaniu środowiska miejskiego w taki sposób, aby miasto (ekosystem miejski) odpowiadał na podstawowe wyzwania środowiskowe i społeczne XXI wieku. Drzewa (jako element zielonej infrastruktury) pełnią w tym procesie zasadniczą rolę. Z różnych względów rola ta albo nie jest zauważona, albo (z różnych innych przyczyn) drzewa nie są wykorzystywane w tym procesie lub wręcz są eliminowane (ze strachu, dla zysku etc.). Dlatego niezbędne jest wypracowanie modelu decyzyjnego, zapewniającego właściwe i efektywne zarządzanie drzewami w mieście. Model będzie miał charakter użytkowy i powinien opierać się na danych naukowych. Wypracowanie podstawy naukowej dla takiego modelu jest celem mojej pracy.

Cel naukowy badań

Celem badań wchodzących w skład osiągnięcia naukowego jest opracowanie obiektywnych wytycznych, których zastosowanie pozwoli na poprawę efektywności zarządzania drzewami w procesie kształtowania środowiska miejskiego. Głównym celem osiągnięcia naukowego jest wypracowanie podstawy naukowej modelu decyzyjnego w zakresie zarządzania drzewami miejskimi. Model ten uwzględni kluczowe elementy: przyrodnicze (aspekt gatunkowy i siedliskowy), techniczne (mitygacja presji antropogenicznej przez zarządzanie drzewami w otoczeniu człowieka) oraz społeczne (akceptacja drzew, zwiększenie różnorodności biologicznej, znajomość technik ochronnych w procesie inwestycyjnym, postrzeganie ryzyka). Są to główne komponenty warunkujące podniesienie stopnia rezyliencji zielonej infrastruktury.

W związku z poszukiwaniem sposobu podniesienia stopnia rezyliencji miasta poprzez poprawę warunków funkcjonowania drzewostanów miejskich określiłam trzy ogólne cele badawcze:

1. **określenie kluczowych efektywności działań związanych z utrzymaniem drzew** jako podstawowego elementu wpływającego na jakość zielonej infrastruktury miast (dobór gatunkowy, w tym ochrona różnorodności gatunkowej, zapewnienie odpowiedniego środowiska glebowego, pielęgnacja) w warunkach presji antropogenicznej i zmian klimatu (H1, H2, H3, H4),
2. **określenie kierunków optymalizacji zarządzania drzewami miejskimi jako istotnymi komponentami zielonej infrastruktury** w zakresie:
 - zapewnienia bezpieczeństwa użytkownikom,
 - rozwiązywania kolizji z elementami infrastruktury miejskiej,
 - zastosowania właściwych technik pielęgnacyjnych,
 - odpowiedniego prowadzenia procesu inwestycyjnego (H3, H4, H5),
3. **określenie problemów związanych ze społecznym aspektem zarządzania drzewami miejskimi, zwłaszcza wynikających z presji społecznej skutkującej nadmiernym wycinaniem drzew** (inwestycje, zapewnienie bezpieczeństwa, kolizje z infrastrukturą) obniżających jakość zielonej infrastruktury oraz określenie rekomendacji ochrony drzew (H3, H4, H5, H6).

Prace stanowiące osiągnięcie naukowe przedstawione w cyklu artykułów, uszeregowałam w sposób umożliwiający zaprezentowanie powiązań pomiędzy analizowanymi zagadnieniami. Poniżej w sposób syntetyczny przedstawiłam wyniki i wnioski płynące z przeprowadzonych badań.

Realizacja ogólnego celu t.j. określenie efektywności kluczowych działań związanych z utrzymaniem drzew (Cel 1) wymagała badań w zakresie doboru gatunkowego drzew w warunkach antropopresji oraz zmian klimatu. Ze względu na szeroki zasięg występowania do analiz wybrano buka pospolitego (*Fagus sylvatica* L.). Moje badania prowadzone we współpracy z międzynarodowym zespołem opierały się na weryfikacji założenia, że w sytuacji zmian klimatu zwiększających częstotliwość i intensywność susz oraz fal upałów w Europie, będzie wzrastał ich negatywny wpływ na wzrost oraz obumieranie drzew z powodu niewydolności procesów hydraulicznych spowodowanych embolizmem (zatorom) naczyń ksylemu. Oceeniłam 15 zestawów próbek pędów pochodzących z europejskich populacji buka (patrz ryc. 1, tab. 1 w H1) z geograficznie krańcowych lokalizacji występowania gatunku. Ich dobór koncentrował się w szczególności na populacjach z suchego południowego krańca zasięgu gatunku. Badałam embolizm w pędach drzew spowodowany lokalnym tworzeniem się pęcherzyków pary powstającej przy braku wody (w warunkach suszy), które w przypadku roślin blokują trwale przewodzenie uszkadzając membranę pomiędzy naczyniami. W badaniach poszukiwałam stanu, kiedy przewodność utracona została w 50% (P_{50}). Wartość P_{50} dla każdej populacji buka została określona przez wykreślenie krzywej podatności na embolizm uzyskane za pomocą Cavitronu (Cochard i in. 2005, Delzon i in. 2010) w wirówce Sorvall RC-5 C (Sorvall RC-5 C, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA).

W badanych próbkach stwierdziłam niewielkie, ale istotne statystycznie różnice w odporności na embolizm pomiędzy poszczególnymi populacjami, przy czym ciśnienie w obrębie ksylemu powodujące 50% utraty przewodności hydraulicznej (model P_{50}) występowało w zakresie od -2,84 do -3,55 MPa (patrz ryc. 3 w H1). Zaobserwowałam, że populacje buków rosnących w cieplejszym, suchszym klimacie, najbardziej wysunięte na południe i na terenach o niższej zasobności siedliska, mają wyższą odporność na embolizm, niż te z Europy Północnej, rosnące w bardziej sprzyjających warunkach. W badaniach zaobserwowałam zwiększoną odporność na zator skorelowaną z ubożeniem gleby w składniki pokarmowe (poziomem jałowości), co można tłumaczyć dostosowaniem do stresowych warunków budowy anatomicznej membrany naczyń przewodzących wodę. Poprzednie badania wykazały, że między populacjami istnieje niewielka różnica lub jej brak w odporności na zator, czego nie potwierdziły moje badania, które pokazują, że populacje marginalne posiadają sposoby ochrony swojego ksylemu w oparciu o cechy wykształcone ewolucyjnie lub jej plastyczność, wytworzoną w warunkach suszy.

Co więcej, symulacja zmian klimatycznych w stosunku do odporności badanych przeze mnie próbek wskazała, że większość populacji pochodzących z najbardziej wysuniętego na południe skrajnego zasięgu badanych siedlisk buków będzie zlokalizowana poza obszarem określonym jako odpowiedni pod względem klimatycznym dla rozwoju gatunku. Populacje najbardziej odporne na embolizm (bardziej ujemne P_{50} warto-

ści) to te, które rosną w najmniej odpowiednim klimacie (współczynnik Pearsona = 0,62; wartość P = 0,01). Tylko trzy z piętnastu badanych populacji wykazały wzrost liczebności siedlisk przydatnych do rozwoju buków w przyszłości, w stosunku do stanu obecnego.

Ogólny cel określenia efektywności działań związanych z utrzymaniem drzew (Cel 1) zrealizowałam dowodząc, że paradoksalnie trudne warunki miejskie, m.in. susza czy ubogie podłoże, są czynnikiem, który może powodować zwiększoną odporność drzew na zmiany klimatu, tak jak zaobserwowano to w badaniach buków pochodzących ze skrajnych, suchych lokalizacji w opisywanych powyżej badaniach. Jednak analogiczne badania innych gatunków wskazują na ograniczone zdolności dostosowywania się gatunków drzew do warunków zwiększającej się suszy i podkreślają ograniczoną możliwość modyfikacji pochodzenia materiału do nasadzeń. Zwłaszcza, że przeniesienie południowych populacji na północ może powodować niekorzystne zmniejszenie różnorodności wewnątrz gatunku. Jednocześnie potencjalne zmiany klimatu, poza utratą dotychczasowych siedlisk, mogą zwiększać dostępność dla tego gatunku terenów zlokalizowanych dotąd poza zasięgiem buka (patrz. ryc. 5 H1). Stwierdziłam konieczność wykorzystania lokalnych zasobów drzew do nasadzeń. Jednak istnieje również zasadność badania wpływu miejskich stresowych warunków siedliskowych na drzewa i wykorzystanie ich wyników dla poprawy przeżywalności drzew, w sytuacji nasilających się skutków zmiany klimatu oraz antropopresji. Prowadziłam badania dotyczące tego tematu a ich wyniki opublikowałam m. in. w H2.

Przeprowadzone badania stanowią nowe ujęcie problemu - dotychczasowe prace wskazywały na niewielką wewnątrzgatunkową odporność embolizmu na różne typy stresu wodnego. Jednak nikt dotychczas nie badał różnic tolerancji gatunku na próbkach pochodzących ze skrajnych zasięgów dla lokalizacji gatunku. Uzyskane wyniki wzbogaciły skromny zasób wiedzy na temat niebadanej wcześniej tolerancji drzew na suszę w zależności od ich skrajnego dla gatunku zasięgu pochodzenia w odniesieniu do badanych przeze mnie populacji buka pospolitego.

Wyniki badań mogą znaleźć zastosowanie m.in. w procesie planowania strategii sadzenia miejskich drzew. Efekty przeprowadzonych doświadczeń wskazały celowość kontynuacji badań w zakresie tolerancji innych gatunków drzew na suszę oraz inne czynniki stresowe, zwłaszcza w środowisku miejskim.

Realizacja ogólnego celu w zakresie określenia efektywności kluczowych działań związanych z utrzymaniem drzew oraz zarządzaniem nimi, wymagała wspomnianych wcześniej badań dotyczących wskazań w zakresie kształtowania warunków siedliskowych w warunkach antropopresji opisanych w H2. Badania opisane w H1 potwierdziły hipotezę wskazującą na istotną rolę warunków siedliskowych na rozwój drzew, będących ważną częścią zielonej infrastruktury. Pozwoliły zwrócić uwagę na jedną z ważnych przyczyn zamierania drzew za jaką uważane są tzw. „trudne miejskie warunki siedliskowe”, takie jak zagęszczenie gleby, ograniczenie rozwoju korzeni, podwyższona temperatura powietrza wynikająca z miejskiej wyspy ciepła, susza, zasolenie i inne czynniki negatywnie wpływające na kondycję drzew oraz organizmy glebowe. Organizmy symbiotyczne takie jak grzyby ektomykoryzowe chronią roślinę gospodarza przed działaniem suszy,

metali ciężkich czy zasolenia. Pomagają w zaopatrywaniu korzeni w substancje odżywcze, wodę i kolonizowaniu gleby przez korzenie. W moich badaniach (H2) sprawdziłam, czy żywotność wierzchołków korzeni i bogactwo zbiorowisk ektomykoryzowych grzybów symbiotycznych (ECM) związana jest z żywotnością drzew i stopniem antropopresji (pas drogowy a park). Zbadałam 40 lip w wieku około 60 lat (*Tilia x europaea*, *Tilia cordata*, *Tilia platyphyllos*) rosnących w różniących się pod względem antropopresji warunkach siedliskowych: w pasie drogowym Wielkiej Alei Lipowej oraz na terenie sąsiedniego Parku Steffensów w Gdańsku.

Gatunki grzybów mykoryzowych sklasyfikowałam na podstawie cech morfologicznych do morfotypów według Agerera (2008). Określiłam zawartość Cl, Na, Pb, Ca i Fe oraz pH gleby w próbkach glebowych wszystkich 40 badanych drzew. Szczegółową metodykę tych badań opisano w artykule H2.

Stwierdziłam, że *Cenococcum geophilum* jest najliczniejszym i najczęściej występującym z 11 gatunków grzybów ECM spośród wszystkich klas żywotności drzew (patrz: tabela 1, ryc. 1, ryc. 2a w H2). Występował w ponad 60% wszystkich wierzchołków ECM (patrz: ryc. 185 2b). Liczba obserwowanych wierzchołków korzeni i bogactwo taksonów ECM zmniejszały się, począwszy od drzew parkowych, w miarę pogarszającej się żywotności. Najmniejszy stopień mykoryzacji obserwowałam w najłabszej klasie drzew - Roloff 3 (18%). Gleby parkowe charakteryzowały się w porównaniu do gleb ulicznych istotnie niższym pH oraz zawartością Na, Cl i Pb (patrz: tabela 2. w H2). Zaobserwowałam, że wzrost wartości trzech parametrów glebowych, N-NO₃, N-NH₄ i K, skorelowany jest ze zwiększeniem liczby wierzchołków korzeni.

Moje badania wykazały, że struktura gatunkowa ECM jest w dużym stopniu zależna od spadku kondycji drzew, analogicznie jak w badaniach dębów angielskich (Bzdyk i inni 2019). Ponieważ brak składników odżywczych, atak patogenów, susza i stosowanie soli odladzających należą do głównych przyczyn uszkodzeń drzew miejskich (Fini, Ferrini 2007), gatunki ECM drzew mogą poprawiać ich wzrost i przeżywalność w środowisku miejskim. Większa różnorodność grzybów ektomykoryzowych na terenie parku może wynikać z niższego pH w tych glebach w porównaniu do siedlisk "ulicznych". Zgodnie z tą hipotezą zaobserwowano stopniowy wzrost bogactwa taksonów ECM od największego osłabienia kondycji drzew (R3: 5 taksonów) do najlepszego stanu zdrowotnego drzew (R0: 10 taksonów). Różnice pomiędzy zbiorowiskami grzybów ECM, w których rosną lipy mogą być zależne od zasolenia i stężenia metali ciężkich. Stosowana zimą sól na drogach jest przyczyną poważnych uszkodzeń drzew miejskich, w tym deficytu wody, zagęszczenia gleby, toksyczności jonowej i braku równowagi jonowej oraz może pogłębiać, stwierdzony w H1, stres spowodowany zmianami klimatu. Ponadto Na i Cl mogą hamować aktywność enzymatyczną grzybów (Blomberg i Adler 1993).

Analiza UPW wykazała różnice wynikające ze znacznie większej koncentracji metali ciężkich (Pb, Cr i Cu) w glebie ulicznej (patrz: rys. 3 w H2), zwłaszcza istotnie wyższe stężenie Pb w glebie ulicznej w porównaniu z glebą parkową. Zwiększone stężenia metali ciężkich w glebie wpływa negatywnie na bioróżnorodność (np. Gans i inni 2005). Metale ciężkie uszkadzają białka, lipidy i DNA (Jiang i Liu 2010). Turpeinen,

Kairesalo i Haggblom (2004), którzy badali wpływ zanieczyszczenia metalami ciężkimi na zbiorowiska mikrobiologiczne, stwierdzili negatywny wpływ zanieczyszczenia metalami na różnorodność gatunków grzybów. Jest to zgodne z wynikami moich badań, w których wykazano, że w siedlisku ulicznym znajduje się mniejsza liczba grzybów ECM. Gatunek grzybów ECM, który na podstawie badań określiłam jako dominujący - *C. geophilum*, był obecny wśród wszystkich klas żywotności. Dominacja *C. geophilum* nie była wynikiem zaskakującym, gdyż grzyb ten znany jest jako najbardziej odporny na suszę, a właśnie susza jest jednym z najważniejszych czynników stresowych dla drzew w warunkach miejskich (H1). Biorąc pod uwagę skład zbiorowiska ECM związany z żywotnością roślin, Timonen i Kauppinen (2008) wykazali, że *Cenococcum spp.* dominują w korzeniach osłabionych drzew ulicznych. Wnioski z moich badań analizowane w kontekście zagrożeń płynących ze zmian klimatycznych opisane w H1 wskazują na istotną rolę grzybów ektomikoryzowych (ECM) w utrzymaniu dobrej kondycji drzew, w obrębie zielonej infrastruktury, a tym samym mogą przyczynić się do łagodzenia negatywnych skutków zmian klimatu. Przeprowadzone z zespołem badania wykazały, że vitalność badanych lip oraz skład gatunków ECM był istotnie związany z cechami gleby, zwłaszcza z zanieczyszczeniem metalami ciężkimi. Badania potwierdzają negatywną korelację pomiędzy pH i zasoleniem a kondycją roślin i związaną z tym kolonizacją ECM.

Uzyskane wyniki wzbogaciły zasób wiedzy na temat różnic siedliskowych badanych w powiązaniu z różnorodnością ECM drzew miejskich, wynikających z działania czynników stresowych typowych dla skrajnie antropogenicznych siedlisk w środowisku zurbanizowanym. Szczegółowe cele określenia efektywności działań związanych z utrzymaniem drzew (Cel 1) oraz zarządzaniem nimi (Cel 2) zrealizowano poprzez wykazanie korelacji pogarszających się warunków glebowych, kondycji drzew oraz zmniejszenie aktywności enzymatycznej mykoryz i liczebności ECM wraz ze zwiększeniem stopnia antropopresji.

Obecnie realizuję dalsze badania w tym zakresie, które m.in. ułatwią identyfikację czynników stymulujących rozwój m.in. przystosowanych do suszy szczepów *C. geophilum*, wykorzystanie ECM do wspomaganie miejskich drzew żywicielskich zagrożonych przez zanieczyszczenia gleby lub okresy suszy. Przygotowuję do publikacji badania zbiorowisk ECM innych gatunków drzew: dębów szypułkowych (*Quercus robur* L.) i brzoź brodawkowatych (*Betula pendula* Roth). Ponadto planuję są dalsze badania warunków siedliskowych w skrajnych warunkach miejskich.

Wnioski z badań mogą znaleźć zastosowanie m.in. w typowaniu miejsc kluczowych dla poprawy warunków siedliskowych rozwoju drzew miejskich. Ponadto uzyskane wyniki dostarczają podstaw do moich badań nad mieszanką kamienno-glebową opisanych w dalszej części autoreferatu jako rozwiązania umożliwiające wzrost korzeni pod nawierzchniami. Wszystkie te działania mają na celu poprawę kondycji i statyki drzew istotnych ze względu na konsekwencje zmian klimatycznych.

Wnioski z badań opisanych w H1 i H2 dotyczą problemów związanych z zarządzaniem drzewami w kontekście antropopresji uwarunkowań siedliskowych. Jako kontynuację w kolejnych pracach (H3, H4) przedstawiłam wyniki badań nad zarządzaniem ryzykiem powodowanym przez drzewa w warunkach społecznego

zapotrzebowania na bezpieczeństwo, ale też konieczności ochrony różnorodności gatunkowej w obrębie zielonej infrastruktury.

Jako kontynuację badań nad uwarunkowaniami fizjologicznymi oraz zagrożeniami presji środowiska miejskiego przeprowadziłam badania ochrony środowiska i różnorodności gatunków w obrębie zielonej infrastruktury. W kontekście konieczności zapewnienia bezpieczeństwa ludzi w otoczeniu drzew (H3) badałam wpływ nieprawidłowych praktyk pielęgnacyjnych, przede wszystkim nadmiernych cięć, na szanse przeżycia, statykę i kondycję drzew (H4). Oba problemy rozpatrywane były na przykładzie alej. Aleje i tworzące je drzewa, są integralnym, specyficznym elementem zielonej infrastruktury. Jednocześnie pełnią ważną rolę w zwiększeniu różnorodności gatunków (Newell i inni 2013, Giedych, Maksymiuk 2017). Jednak uwarunkowania prawne i organizacyjne powodują brak koordynacji obu tych zagadnień i zachwianie równowagi pomiędzy koniecznością zapewnienia bezpieczeństwa użytkownikom terenu i ochrony przyrody. W procesie zarządzania drzewami w otoczeniu człowieka aspekt minimalizowania ryzyka dominuje jako priorytetowe działanie.

Określenie kluczowych działań dotyczących utrzymania drzew w kontekście ochrony różnorodności biologicznej i ich efektywności (Cel 1), kierunków optymalizacji zarządzania (Cel 2) oraz uwarunkowań społecznych (Cel 3) wymagały badań dotyczących określenia uwarunkowań zarządzania ryzykiem powodowanym przez drzewa.

W moich badaniach (opisanych w H3) zaproponowałam czteropoziomowy schemat analiz, pozwalający na wieloaspektową ocenę i zarządzanie drzewami na terenach zurbanizowanych, szczególnie istotne w przypadku cennych drzew alejowych, rozumianych jako wielofunkcyjny obiekt w przestrzeni zurbanizowanej (patrz: ryc. 3 w H2). Badania przeprowadzone zostały na odcinku drogi wojewódzkiej Gamerki – Jonkowo o długości 12,4 km, gdzie przeznaczono do wycinki drzewa, w subiektywnej opinii zarządcy zagrażające, wykonanej na podstawie ich wyglądu. Zastrzeżenia dotyczyły głównie martwych gałęzi, dziupli lub nieregularnego pokroju drzew, co interpretowane było jako oznaki utraty wartości przyrodniczej i estetycznej oraz w konsekwencji jako oznakę zagrożenia dla użytkowników drogi. Z tych względów zarządca drogi planował usunięcie wszystkich drzew, jako poprawę standardu bezpieczeństwa użytkownika drogi. W pierwszej kolejności, przed wycinką całej alei, przeznaczono do usunięcia 28 drzew dziuplastych o osłabionej żywotności, czyli tych, które potencjalnie są cennym siedliskiem wielu gatunków.

Ocenę statyki drzew wytypowanych do usunięcia przeprowadziłam metodą VTA (*Visual Tree Assessment*). Drzewa zakwalifikowałam do pięciu klas ryzyka: nieistotne ryzyko (klasa A), niskie (B), umiarkowane (C), wysokie (CD) oraz bardzo wysokie (D). Na wytypowanych w ocenie VTA drzewach przeprowadzono testy obciążeniowe (*pulling test*) zgodnie z metodyką TSE. Testy obciążeniowe dostarczyły informacji o wytrzymałości mechanicznej odziomka i systemu korzeniowego badanych drzew. Żywotność drzew oceniona została zgodnie ze skalą Roloffa (2018). Na każdym z 28 drzew wytypowanych w pierwszej kolejności do usunięcia zbadano i policzono drzewie gatunki porostów podlegające ścisłej lub częściowej ochronie

(czyli gatunki objęte rozporządzeniem Ministerstwa Środowiska z dnia 9 października 2014 roku). Populacje nietoperzy zbadano za pomocą ultradźwiękowego detektora dźwięku wzdłuż całej alei (od mostu na rzece Pasłęce, aż do przejścia kolejowego w Wilamie). Przeprowadzono również obserwacje pachnicy dębowej (*Osmoderma barnabita*) na całej długości alei z wykorzystaniem pułapek feromonowych oraz obserwacji dorosłych chrząszczy i oznak bytowania ich larw (szczegółowa metodyka opisana w H3).

Na podstawie przeprowadzonych badań zagrożeń powodowanych w grupie wytypowanych drzew wyłoniono trzy grupy klas ryzyka: 25% drzew zakwalifikowano do klasy ryzyka B (niskie ryzyko), 29% drzew w klasie C (umiarkowane), 46% w klasie CD (wysokie). W wypadku drzew w klasie CD poprawa bezpieczeństwa wymagała zastosowania zabiegów minimalizowania ryzyka, czyli zastosowania wiązań (11 drzew) oraz usunięcia martwych gałęzi (8 drzew), (patrz: tab. 1 w H3). Dodatkowo dwa drzewa wymagały wykonania testu obciążeniowego, a uzyskane wyniki wytrzymałości na złamanie odpowiednio: 583% oraz 264%, przy efektywnej prędkości wiatru 35,49 m/s, świadczą o wystarczającej wytrzymałości odziomków na złamanie a korzeni na wykrot (patrz: ryc. 4 i 5 w H2). Stwierdziłam, że 86% drzew charakteryzuje się dobrą kondycją według skali Roloff'a. Tylko na 28 egzemplarzy drzew stwierdzono ogółem obecność 2837 osobników porostów zlichenizowanych reprezentujących 9 gatunków (patrz: tab. 2 i 3 w H2). Porosty reprezentowały rzadkie gatunki; 4 gatunki pod ścisłą ochroną i 5 gatunków pod częściową ochroną. Odległość rozprzestrzeniania się niektórych makroporostów, jak *Evernia prunastri* i *Ramalina farinacea* wynosi jedynie 30 m. W przypadku usuwania drzew lub grup drzew maksymalnie taki dystans powinien być zachowany pomiędzy nimi w celu zachowania możliwości rozprzestrzeniania się tych gatunków porostów.

Badania nasłuchowe aktywności nietoperzy (odgłosów karmienia i społecznych zachowań) przeprowadzone na długości całego czternastokilometrowego odcinka alei wykazały obecność co najmniej 9 gatunków z 26 spotykanych w Polsce (patrz: tab. 5 w H3). Wszystkie stwierdzone gatunki nietoperzy podlegają ochronie, a trzy z nich (*Eptesicus nilssonii*, *Vespertillo murinis* i *Nyctalus leisleri*.znajdują) znajdują się w tzw. „czerwonej księdze” zagrożonych gatunków. Ze względu na wykorzystywanie przez nietoperze drzew przydrożnych jako korytarzy ekologicznych podczas przelotów, zachowanie ciągłości przestrzennej drzew drogowych stanowi istotne kryterium warunkujące kolonizację alei przez te gatunki.

W dziuplach dwóch z dwudziestu ośmiu drzew przeznaczonych do usunięcia stwierdzono obecność *Osmoderma barnabita*, chrząszcza chronionego Dyrektywą Siedliskową. Pachnica dębowa preferuje dziuple o średnicy powyżej 70 cm i obecność takich dziuplastych drzew w promieniu 2000 m jest wymagana do zachowania całej populacji, dlatego aleje są optymalnym siedliskiem tego gatunku. Z badań wynika, że obecna ciągłość badanej alei stwarzała dobre warunki rozwoju populacji.

Wyniki moich badań potwierdziły się z wynikami otrzymanymi w badaniach przez Kanea (2001): drzewa o pniach i gałęziach z rozkładem drewna stwarzają małe lub umiarkowane ryzyko upadku i tylko część z nich wymaga zabiegów zabezpieczających. Stwierdziłam, że wykonanie zabiegów minimalizujących ryzyko do akceptowalnego poziomu oraz podanie do wiadomości użytkowników drogi informacji dotyczącej

wartości ekologicznej alei może przyczynić się nie tylko do poprawy bezpieczeństwa użytkowników, ale również do podniesienia stopnia akceptacji drzew.

Jak wspomniałam wcześniej zarządzanie rezyliencyjne opiera się na bogactwie inżynierskich i przyrodniczych form i funkcji. Opublikowane wyniki badań (H3) potwierdzają realizację szczegółowych celów (1 i 2). Zarządzanie oparte na minimalizowaniu ryzyka powodowanego przez drzewa oraz zabezpieczenie niezbędnych warunków do prawidłowego bytowania badanych populacji (porostów, nietoperzy czy chrząszczy), umożliwia identyfikację schematu uwarunkowań przetrwania i przez to definiuje podstawę do ich ochrony oraz zakres badań statyki i metod pielęgnacji drzew. Należy podkreślić, że ochrona alei i jej zasobów jest elementem rozwoju turystyczno-ekonomicznego regionu, co jest kolejnym argumentem potwierdzającym słuszność wdrażania rezyliencyjnego zarządzania.

Wdrażanie powyżej przedstawionych wyników badań w procesie zarządzania alejami wpływa na poprawę bezpieczeństwa ruchu i jednocześnie wspiera zrównoważony rozwój regionów, który jest szczególnie istotny, szczególnie w obliczu deklarowanych utylitarnych postaw mieszkańców w stosunku do istniejących lokalnych alei opisywanych w niektórych przypadkach nawet jako "przestrzeń mentalna" (Newell 2013). Warto zaznaczyć, że prezentowane wieloaspektowe podejście do zarządzania drzewami przydrożnymi nie jest opisywane w literaturze przedmiotu i jest niewystarczająco stosowane w praktyce, a jest kluczowe dla zachowania walorów przyrodniczych, krajobrazowych, kulturowych alej, jako ważnych obiektów zielonej infrastruktury. Wnioski opisanych powyżej badań wzbogaciły wiedzę w zakresie zarządzania bezpieczeństwem użytkowników alej powiązanego w powiązaniu z ochroną gatunków związanych z drzewami na terenach zurbanizowanych.

Potwierdzenie tezy o degradacyjnych dla alei skutkach typowych działań minimalizowania ryzyka, czyli nieuzasadnionego badaniami technicznymi wycinania drzew jako sposobu minimalizowania ryzyka, tłumaczy wysoki stopień dewastacji systemu przyrodniczego w obrębie pasa drogowego na terenach zurbanizowanych. Realizacja ogólnego celu badań prowadzącego do określenia efektywności kluczowych działań utrzymania drzew w kontekście ich pielęgnacji (Cel 1), optymalizacji zarządzania drzewami na terenie zurbanizowanym (Cel 2) oraz uwarunkowań społecznych związanych z procesem zarządzania drzewami (Cel 3) wymagała przeprowadzenia badań określających skutki nadmiernych cięć w koronach. W kolejnym przedstawionym do oceny artykule (H4) opisałam rzeczywiste i potencjalne skutki radykalnych cięć drzew.

W środowisku miejskim prawidłowe przycinanie drzew zmniejsza ich konflikty z infrastrukturą i budynkami, a niższy opór wiatru obniża ryzyko upadku gałęzi na obiekty i ludzi. Krytyczny ubytek korony definiuje się jako utratę ponad 50% gałęzi. Utrata tak dużej części korony prowadzi do osłabienia żywotności drzewa lub jest destrukcyjna dla integralności strukturalnej drzewa. Intensywne cięcia mogą powodować zmniejszenie zdolności korony drzewa do produkcji cukru oraz zwiększać ryzyko infekcji grzybowych, co prowadzi do zmniejszenia stabilności i żywotności drzewa. W badaniach (H4) przeanalizowano wpływ intensywnych cięć drzew przydrożnych (utrata więcej niż 50% korony) na ich wydajność fotosyntetyczną, od-

zwierciedloną w funkcji fotosystemu II, w porównaniu z sąsiednimi, nieciętymi drzewami. Czteroletni wzrost korony drzew badano metodą obrazowania naziemnego. Oceniono żywotność 10 drzew ciętych oraz 10 kontrolnych (klasyfikacja Roloffa) i ryzyko (określenie klasy ryzyka według klasyfikacji ISA). Rejestrowano również wybrane zmiany fenologiczne z użyciem skali BBCH. Metodyka badań została szczegółowo opisana w H4. Drzewa kontrolne wykazały słaby przyrost korony z medianą 0,49%, $p=0,960$ (Ryc. 2 b). Większość przycinanych drzew odtworzyła swoje korony, z medianą 8,767%, jednak odnotowano okazy z wyraźnym regresem objętości koron (-58,64% i -72,96%). Pnie tych okazów były złamane z powodu rozległego rozkładu powstałego w miejscu ran po cięciu. Uzyskane wyniki wskazują, że niszczący wpływ na drzewa cięte (PT) miał stres. W celu wyjaśnienia wzorca zmian, opracowałam wizualne porównanie poszczególnych kształtów koron PT i CT, które wykonano dla stanu z 2016 i 2020 r. (Ryc. 3).

Jesienią PT wykazywały opóźnione stadia fenologiczne w stosunku do CT. 27 października 2016 roku z 6 drzew opadły wszystkie (lub prawie wszystkie) liście, a wczesnojesienne fazy fenologiczne obserwowano tylko u pozostałych 4 osobników. Natomiast 5 przycinanych drzew miało jeszcze w pełni zielone liście. Pozostałe 5 osobników wykazywało do 50% utraty liści lub tylko ich przebarwienia (Ryc. 7). Drzewa nadmiernie przycinane wykazywały zwiększoną wydajność fotosyntetyczną w sezonie wegetacyjnym po przycięciu. W 2016 r. żywotność drzew kontrolnych określono jako fazę R0 „eksploracja” lub R1 „degeneracja” (według klasyfikacji Roloff'a). Drzewa przycinane zostały sklasyfikowane jako R2 (50%) i R3 (50%). W 2020 roku tylko jedno drzewo kontrolne zostało określone jako R2, podczas gdy pozostałe drzewa były nadal w fazie R0. Korony przyciętych drzew wykazywały różne klasy żywotności: R1 (jedno drzewo), R0/1 (jedno drzewo), R1/2 (7 drzew) i R2 (tylko 1 drzewo), głównie z powodu epikormicznego kielkowania pędów odrosłowych w nowo zbudowanych częściach koron (tab. 3 i 4).

Zgodnie z metodyką VTA klasa ryzyka drzew kontrolnych została oceniona na poziomie B (niskie ryzyko) w 2017 roku i większość z nich w 2020 roku. W 2020 tylko jedno CT (nr 9), zostało zaklasyfikowane do klasy CD (wysokie ryzyko). Drzewo to wymagało jedynie usunięcia martwych gałęzi i dalszej obserwacji.

Wszystkie PT w 2017 r. zostały sklasyfikowane na poziomie niskiego ryzyka, ale w ocenie w 2020 roku stwierdziłam liczne problemy. Cztery lata po cięciach znaleziono wiele oznak osłabionej statyki: suchoczuby, dziuple, nekrozy, odpadającą korę w obrębie pni, owocniki grzybów (*Ganoderma applanatum* (Pers.), *Phellinus ignarius* (L.), *Polyporus squamosus* (Huds.)). Dwa pnie PT uległy złamaniu i zaobserwowano znacznie obniżoną wysokość drzew (tab. 3 i 4).

Po czterech latach przycięte drzewa odbudowały korony, jednak nie wszystkie. Wyniki uzyskane na podstawie: oceny biometrycznej, witalności i ryzyka wykazały duże zróżnicowanie w stopniu regeneracji koron przyciętych drzew. Wyniki badań realizujących cele szczegółowe w zakresie efektywności zastosowanych cięć (Cel 1) oraz zadań w zakresie zarządzania (Cel 2) wskazują, że pomimo wzmoczonego wysiłku fizjologicznego drzew w celu autoregeneracji po zranieniach, silne cięcia powodują występowanie zjawiska zamierania koron i z czasem zwiększają poziom ryzyka powodowanego przez drzewa. W badaniach po raz

pierwszy zastosowano metody fluorescencji chlorofilu do oceny reakcji drzew na ten rodzaj stresu (rozległe cięcia). Docenione zostało przez recenzentów zastosowanie klasycznych metod oceny ryzyka i kondycji w zestawieniu z metodą pomiarów wskaźników fluorescencji chlorofilu, które przyniosło zaskakując o praktyczne wnioski, możliwe do implementacji w zarządzaniu drzewami miejskimi.

Realizacja drugiego celu szczegółowego (określenie kierunków optymalizacji zarządzania drzewostanem) wymagała analizy stosowanych przez specjalistów metod ochrony drzew w inwestycjach (Cel 2) oraz określenie zadań i rekomendacji do ochrony drzew w procesie inwestycyjnym związanych ze społecznym aspektem zarządzania. Badano również poziom wiedzy specjalistów.

Wyniki badań publikowane w H3 i H4 wskazują na konieczność szerokiej edukacji przyrodniczej oraz stosowania zintegrowanych z koniecznością ochrony przyrody zabiegów pielęgnacyjnych i metod minimalizowania ryzyka. Zarówno stres siedliskowy, opisany w H1 i H2, jak i konieczność zapewnienia bezpieczeństwa, usunięcia kolizji z użytkowaniem, rozpatrywane są w kontekście antropopresji (H3,H4), dlatego rozwiązanie tych problemów wymaga partycypacji społecznej w procesie zarządzania. Problem postrzegania drzew w otoczeniu człowieka jako podstaw budowania skutecznego zarządzania rezyliencyjnego drzewami miejskimi, stanowiących zasadniczy element zielonej infrastruktury, wymaga działań opartych na wspierającej partycypacji społecznej, czym zajęłam się w kolejnych prezentowanych badaniach (H5 i H6).

Nie tylko (przedstawiona w H3 i H4) presja antropogeniczna związana z obowiązkiem zapewnienia użytkownikom przestrzeni publicznych bezpieczeństwa powoduje usuwanie drzew. W publikacji H5 wchodzącej w skład cyklu artykułów wykazanych do oceny w postępowaniu habilitacyjnym badałam aspekt zarządzania zieloną infrastrukturą w kontekście ochrony drzew w procesie inwestycyjnym jako ważnego przejawu antropopresji. Badaniami objęłam 128 polskich specjalistów (aktywnych i przyszłych projektantów, pracowników budowlanych i urzędników państwowych), których pytałam o ich doświadczenie i wiedzę w zakresie praktycznego zastosowania technicznych i organizacyjnych rozwiązań ochrony drzew realizowanych w inwestycjach.

Respondenci zostali podzieleni na cztery grupy: studenci (45%), urzędnicy (27%), wykonawcy (11%), projektanci (15%) oraz arborysty (2%). Ankietowani byli pytani o:

- znajomość praktyk ochrony drzew w procesie inwestycyjnym,
- stosowanie i ocenę ich skuteczności (przykładowo sposób budowy technologicznych dróg tymczasowych, montażu tymczasowych ogrodzeń ochronnych stref ochronnych drzew),
- użycie wodoprzepuszczalnych nawierzchni,
- stosowanie lub brak ochrony w kontekście motywacji, znajomości i stosowania technik ochronnych (m.in. technologie bezwykopowe, punktowe fundamenty, podwieszane chodniki, poruszanie się ciężkiego sprzętu w strefach ochronnych drzew, ochronę gleby przed zagęszczeniem i innymi),
- oceny korzyści z drzew, źródeł motywacji do ochrony i edukacji własnej.

W badaniu zastosowałam skalę Likerta oraz pytania otwarte do oceny rodzaju i zaawansowania wykorzystywania technik ochronnych. W analizie danych w celu sprawdzenia istotności uzyskanych wyników zastosowano szereg testów statystycznych. Metodyka badań została szczegółowo opisana w H5. Wyniki moich badań wskazują, że według doświadczonych specjalistów w dokumentacji projektowej nie dbano o należyłą ochronę drzew. Dwie trzecie respondentów oceniło, że w co najmniej połowie realizacji nowych inwestycji ochrona drzew była niewystarczająca, 50% doświadczonych specjalistów uznało, że w ponad 60% projektach, w których przewidziano zastosowanie ochrony była ona nieskuteczna (zobacz tab. 1A w H4), a najskuteczniejszą motywacją dla podjęcia ochrony drzew były zapisy prawa (patrz tab. 1B w H4). Ograniczenia związane z powierzchnią placu budowy, brakiem funduszy i niewystarczającą wiedzą dla specjalistów uczestniczących w procesie ochrony drzew były głównymi czynnikami skutkującymi brakiem ich ochrony (patrz. tab. 1C w H5).

W drugiej części moich badań, przedstawiono 5 korzystnych i 5 szkodliwych dla drzew technik ich ochronny na placu budowy (patrz tab. 2 w H5). Wyniki wskazują, że trzy z korzystnych technik ochrony są rozpoznawane przez respondentów: ocena drzew przed inwestycją w celu kwalifikacji do ochrony, montaż ogrodzeń ochronnych oraz zastosowanie nawierzchni przepuszczalnej dla tlenu i wody niezbędnych dla prawidłowego funkcjonowania systemu korzeniowego drzew (średnie oceny między 4.03 a 4.44 w skali Likerta). W grupie najmniej znanych metod, ocenianych pozytywnie, znalazły się „wykorzystanie zrębków na geowłókninie w celu ochrony przed zagęszczeniem gleby” oraz wszystkie pięć technik powodujących uszkodzenie drzew (średnia odpowiedzi w zakresie od 2,37 do 2,88). Tylko jedna metoda najbardziej szkodliwa dla korzeni: „ruch maszyn w strefie systemu korzeniowego powinna odbywać się jedynie wtedy, kiedy gleba jest mokra” uznana została za bez wpływu na pogarszanie stanu drzew. Jak wynika z badań metody powodujące zniszczenia drzew nie są jednoznacznie postrzegane jako szkodliwe (patrz. tab. 2 w H4).

W części kwestionariusza dotyczącej samooceny respondentów w zakresie ich wiedzy o praktykach ochrony drzew ponad połowa respondentów była bardzo pewna swojego wysokiego poziomu wiedzy we wszystkich trzech tematach. Wyniki przedstawione w H4 (w tabeli 4) pokazują, że dla 73% respondentów dostępność informacji na temat drzew i ich ochrony jest niewystarczająca (patrz tab. 5 w H5). Respondenci deklarowali potrzebę dostępu do rzetelnej wiedzy, z ocenami od 3,96 do 4,74 (w pięciopunktowej skali), dotyczącej „technik ochrony drzew na placu budowy w fazie wykonawczej”, „rozwiązań projektowych ograniczających negatywny wpływ projektów na drzewa” oraz „stanu drzew i reakcji na prace budowlane”. Nieco mniej ważne dla respondentów były zagadnienia „stan gleby niezbędny dla zdrowia drzewa” oraz „koszty ochrony drzew”. Za najmniej ważne zagadnienie uznali „korzyści z drzew”.

Wnioski opracowane na podstawie powyższych badań poszerzają te przedstawione przez Kronenberga (2015) oraz tezy prezentowane we wcześniejszych moich pracach H3 i H4. Realizując założone cele szczegółowe dotyczące kierunków optymalizacji zarządzania (Cel 1) oraz społecznych rekomendacji ochrony drzew w inwestycjach (Cel 3) stwierdziłam, że obecny poziom ochrony drzew jest daleki od zadowalają-

cego, co wynika z trzech głównych czynników: (i) ze względu na brak odpowiedniej świadomości o wartościach i korzyściach płynących z drzew wśród inwestorów, deweloperów oraz profesjonalistów, zaangażowanych w proces zarządzania i realizacji inwestycji; (ii) ze względu na ogólne regulacje prawne, w tym niskie kary za niszczenie drzew; (iii) ze względu na brak wystarczającej wiedzy o możliwościach technicznych skutecznych zabezpieczeń drzew. Warto jeszcze raz podkreślić, że gospodarka drzewami stanowiącymi integralną część zielonej infrastruktury nie jest spójna (patrz H3, H4). Władze miejskie, które nie kontrolują skutecznie ochrony drzew na placu budowy, są jednocześnie odpowiedzialne za wydawanie decyzji do wniosków o wycinkę drzew. Często drzewa uszkodzone przed laty w trakcie prac budowlanych stanowią zagrożenie dla ludzi lub mienia, a wyegzekwowanie odpowiedzialności za powstałe uszkodzenia jest niemożliwe do wykonania w kontekście prawnym.

Wymienione problemy stają się szczególnie ważne w sytuacjach, gdy specjaliści zgłaszają, że najczęściej wymaga się od nich stosowania kontrowersyjnych (tzn. nieskutecznych lub szkodliwych) technik ochrony. Nadzorującym proces inwestycyjny potrzebne są narzędzia pozwalające na nałożenie nakazu stosowania technik ochronnych przez deweloperów i wykonawców, a kluczowe jest także podniesienie poziomu wiedzy. Komunikacja pomiędzy uczestnikami procesu budowlanego może zostać usprawniona poprzez wprowadzenie wyraźnych wytycznych do ochrony (standardów i przepisów prawa), takich jak progi krytyczne uszkodzeń korzeni, pnia lub korony drzew lub określenie strefy ochronnej drzewa (SOD) i zasad prowadzenia w ich obrębie prac.

Uzyskane w pracy (H5) wyniki wskazały na źródło problemu i jego uwarunkowania wpływające na brak ochrony drzew w procesie inwestycyjnym lub niską jej skuteczność wynikające ze stanu wiedzy uczestników procesu budowlanego. Dotychczas nie została wystarczająco dobrze zbadana percepcja społeczna względem drzew, w dużym stopniu warunkująca możliwość ich zachowania w sąsiedztwie ludzi. W związku z powyższym w pracy kolejnej (H6) przeprowadziłam kluczowe w tym kontekście badania stopnia akceptacji drzew (czynników pozytywnych i uciążliwości).

Realizacja trzeciego celu szczegółowego, czyli określenie wyzwań i rekomendacji ochrony drzew związanych ze społecznym aspektem zarządzania, wymagała badań określających powody braku akceptacji lub obaw wobec drzew dotyczących drzew na terenach zurbanizowanych.

Przyjazne człowiekowi funkcjonowanie miast wymaga racjonalnego gospodarowania zasobami zielonej infrastruktury, jednak w sytuacji nasilających się problemów i zjawisk związanych ze zmianami klimatycznymi przed zarządcami stają nowe wyzwania. Drzewa są niszczone w trakcie realizacji inwestycji, mogą stanowić zagrożenie, a mieszkańcy nie zawsze akceptują różnorodność gatunków czy poziom ryzyka powodowanego przez drzewa, co powoduje trudne do rozwiązania problemy (H3,H4,H5). Rezyliencyjne, zrównoważone zarządzanie drzewami miejskimi wymaga akceptacji społecznej i wsparcia instytucjonalnego w procesie wprowadzania pozytywnych zmian. Badania przeprowadziłam na reprezentacyjnej grupie Polaków oraz grupie specjalistów, których pytano o atrakcyjność drzew, uwarunkowania społeczno – ekonomiczne,

uciażliwości powodowane przez drzewa, drzewa jako źródło zanieczyszczeń i zniszczeń oraz postrzeganie ryzyka dla ludzi i mienia (patrz: tab. 3 w H5). 184 specjalistów rekrutowałam podczas szkoleń organizowanych w projekcie Drogi dla Natury w latach 2015 – 2016. Reprezentatywna próba Polaków (n=514) zebrana została na formularzach (PAPI) na bazie zamkniętych pytań. Wykorzystano 5-punktową skalę Likerta. Dodatkowo specjaliści zostali poproszeni o ocenę liczby drzew w ich obecnym miejscu zamieszkania w pięciopunktowej skali od „zbyt mała liczba drzew” do „duża liczba drzew”. W badaniach zastosowano analizy statystyczne w programie R. Metodyka badań została szczegółowo opisana w artykule H6.

Badania wykazały, że zaobserwowano podobny ogólny stosunek polskich specjalistów i nieprofesjonalistów do badanych korzyści i szkód związanych z drzewami miejskimi. W obu grupach najwyższą ceniono była atrakcyjność drzew, a następnie socjoekonomiczne wartości. Dla obu grup korzyści płynące z występowania drzew były postrzegane jako znacznie ważniejsze niż uciążliwości, które mogą powodować (patrz: tab. 2 w H5). Jak już wspomniano, zarówno profesjonalistów (patrz: tab. 9 w H5), jak i nieprofesjonalistów (patrz: tab. 10 w H5) podzielono na klastry. W grupie specjalistów nie stwierdziłam arbofobów (osób, które wyrażały jedynie negatywne opinie o drzewach) czy sceptyków, ale zidentyfikowałam 41% miłośników drzew. Natomiast w grupie nieprofesjonalistów zidentyfikowałam 6% arbofobów (29 osób). To co najbardziej alarmujące, ponad połowa nieprofesjonalistów była sceptyczna wobec drzew, a mniej niż 10% entuzjastycznie nastawiona do nich. Około 40% respondentów w obydwu grupach uznało liczbę drzew w miejscu pracy (profesjoniści) i zamieszkania (nieprofesjoniści) jako zbyt niską. Uciążliwości powodowane przez drzewa były postrzegane jako bardziej niepokojące przez młodszych i mniej wykształconych profesjonalistów. Kobiety zwykle oceniały drzewa jako bardziej atrakcyjne i posiadające silniejszy wpływ na społeczno-gospodarcze aspekty życia niż mężczyźni. Mężczyźni zdominowali grupę osób obojętnych w stosunku do drzew. Atrakcyjność drzew i ich wpływ na czynniki społeczno-gospodarcze były związane z miejscem zamieszkania i poziomem wykształcenia osób niepracujących zawodowo z drzewami.

W klastrze osób akceptujących drzewa znajdowało się wielu mieszkańców wsi oraz niska liczba ankietowanych z wyższym wykształceniem. Największy udział mieszkańców średnich i dużych miast oraz mniejszość mieszkańców wsi stwierdzono w klastrze „Lubię drzewa”. W klastrze tym odnotowano duży udział ankietowanych z wyższym wykształceniem. Grupę entuzjastów drzew zdominowali respondenci ze średnim wykształceniem, połowa z nich mieszka na wsi. Sceptycy wiedzą wszystko o korzyściach i niedogodnościach związanych z drzewami i są to głównie respondenci ze średnim wykształceniem. W grupie arbofobów, która nie widzi nic atrakcyjnego ani pożytecznego w obecności drzew, przeważają osoby z podstawowym wykształceniem. Stwierdzono tu najmniej liczną grupę osób z wykształceniem wyższym. Sceptycy, których jest 52%, nie postrzegają drzew jako atrakcyjne, mniejszość z nich (31%) uważa, że drzew w miastach jest za mało. Natomiast arbofobowie nie wskazali żadnego stwierdzenia związanego z korzyściami związanymi z bytności drzew w ich otoczeniu i tylko 21% z nich uważa liczbę drzew za zbyt małą. Co ciekawe w badaniu najliczniejszą grupę wśród osób nieprofesjonalnych stwierdzających, że zagro-

żenie powodowane przez drzewa jest niewielkie, stanowili mieszkańcy miast liczących ponad 200.000 mieszkańców. Natomiast respondenci z miast liczących od 51.000 do 200.000 mieszkańców częściej oceniali zagrożenie jako średnie lub wysokie, co wymaga dalszych badań w celu określenia przyczyn takich opinii oraz potrzeb w zakresie edukacji, podnoszących poziom świadomości, a co za tym idzie akceptacji drzew w otoczeniu człowieka.

Wyniki wzbogaciły dotychczasowy zasób wiedzy dotyczący różnic w postrzeganiu drzew przez profesjonalistów i nieprofesjonalistów, co nie było dotychczas badane. Jednym z wysoko alarmujących wyników jest stwierdzony w moich badaniach udział 58% udział arborofobów i sceptyków wśród statystycznej populacji Polaków, który w dużym stopniu tłumaczy problemy zidentyfikowane w pracach H3, H4 i H5 oraz wskazuje na konieczność podjęcia działań w kierunku zwiększenia poziomu wiedzy i akceptacji społecznej drzew wchodzących w skład zielonej infrastruktury.

Uzyskane wyniki badań mogą znaleźć zastosowanie w opracowaniu standardów zarządzania drzewostanem, strategii partycypacji społecznej w procesie zarządzania wzmacniającym rezyliencję zielonej infrastruktury przez ochronę drzew.

Wskazanie najważniejszych osiągnięć cyklu publikacji

Wyniki badań przedstawionych w publikacjach wchodzących w skład osiągnięcia naukowego pozwoliły na:

1. *Określenie kluczowych działań związanych z utrzymaniem drzew, opartych w moich badaniach na identyfikacji najważniejszych presji na drzewa wchodzące w skład zielonej infrastruktury terenów zurbanizowanych obejmujących:*

- wskazanie na zwiększoną odporność drzew rosnących w trudnych warunkach miejskich, m.in. w warunkach suszy, na zmiany klimatu (H1, H2), m. in. dzięki modyfikacji budowy czy potencjałowi niektórych gatunków grzybów symbiotycznych wspomagania rozwoju drzew w trudnych w warunkach suszy pasa drogowego,
- stwierdzenie, że w dobie zmian klimatu kluczowe jest zachowanie na terenie zurbanizowanym różnorodności: wewnątrzgatunkowej (H1) oraz wszystkich faz rozwoju, zwłaszcza drzew starzejących się (H3),
- stwierdzenie zwiększonego poziomu antropopresji powodującego osłabienie kondycji drzew (H2) ale też presji na usuwanie drzew, również cennych drzew dziuplastych (H3) czy zwiększenie poziomu ryzyka jako długookresowego wpływu redukcji koron, pomimo bardzo dobrej wydajności aparatu fotosyntetycznego (H4), co pozwala określić kierunki optymalizacji procesu zarządzania drzewami miejskimi,
- zasygnalizowanie różnic miejskich warunków siedliskowych, zwłaszcza konieczności poprawy warunków rozwoju drzew w strefie pasa drogowego (obecność gleby zasadowej, wysoki poziom Na i Cl, metali ciężkich) (H3).

2. *Określenie rekomendacji do optymalizacji zarządzania drzewami miejskimi w zakresie pielęgnacji, poziomu ryzyka i ochrony na terenach budowlanych:*

- określenie konieczności zarządzania drzewami miejskimi (*urban forest*) z uwzględnieniem technicznych i przyrodniczych aspektów (H3,H4),
- określenia, że wyniki oceny statyki drzew (wizualnej oraz badań wytrzymałości mechanicznej) stają się kluczowe dla prowadzenia efektywnego zarządzania zasobami cennych drzew a powody ochrony, poprzedzone identyfikacją wartości przyrodniczych, muszą być podane do publicznej wiadomości (H3,H4),
- stwierdzenie, że antropopresja może przejawiać się również stosowaniem kontrowersyjnych zabiegów pielęgnacyjnych (H3,H4,H5), przykładowo wykonywanie rozległych cięć w koronach, zwłaszcza grubych konarów, może prowadzić do konieczności usuwania drzew ze względu na zwiększony poziom ryzyka,
- wykazanie, że powszechnie stosowane w procesie inwestycyjnym praktyki nie chronią drzew w stopniu wystarczającym; a metody wykonywania prac powodujące zniszczenia drzew nie są jednoznacznie identyfikowane jako szkodliwe (H5),
- określenie, że regulacje prawne na różnych szczeblach (przykładowo lokalne standardy) są głównym powodem podjęcia działań ochronnych drzew, a skuteczne egzekwowanie kar obok wsparcia specjalistów może być jednym z ważniejszych narzędzi ochrony drzew na placach budowy (H5).

3. *Wskazanie wyzwań optymalizacji procesu zarządzania drzewami miejskimi, związanych ze społeczną percepcją drzew:*

- stwierdzenie dużego udziału osób o postawie sceptycznej wobec drzew w społeczeństwie, także wśród zarządców dróg, właścicieli prywatnych terenów oraz specjalistów zajmujących się zarządzaniem i wydawaniem decyzji dotyczących drzew (H3,H4,H5,H6),
- wykazanie niższego poziomu akceptacji, potencjalnie skutkującego presją na usuwanie drzew, wśród młodych i mniej wykształconych mieszkańców oraz stwierdzenie, wśród mieszkańców małych i średnich miast, zagrożenia powodowanego przez drzewa odbieranego jako znaczące (H5), co jest wskazówką, w jakich obszarach szczególnie powinny być prowadzone działania edukacyjne. Można przypuszczać, że zwiększająca się świadomość społeczna ma pozytywny wpływ na kształtowanie środowiska w kontekście gospodarowania drzewami miejskimi i przyczynia się do zwiększenia skali praktyk regeneracyjnych w miastach (H3,H4,H5,H6),
- stwierdzenie szczególnie niepokojącej presji społecznej na usuwanie drzew dziuplastych (H3), dlatego ochrona prawna i standardy ochrony (sugerowane w H5) wydają się być szczególnie potrzebne w skutecznym procesie ochrony i kształtowania drzewostanów miejskich i na terenach zurbanizowanych.

Zrównoważony rozwój, który jest zasadą nadrzędną dla zaspokojenia podstawowych potrzeb zarówno obecnego pokolenia jak i przyszłych pokoleń, zależy przede wszystkim od świadomości o zasadach funkcjonowania ekosystemów i umiejętności podejmowania badań i działań w celu ograniczenia negatywnego od-

działywania cywilizacji na środowisko. Na podstawie badań można stwierdzić, że ochrona i zachowanie drzew (kluczowego komponentu zielonej infrastruktury) wymaga w procesie zarządzania połączenia specjalistycznej wiedzy technicznej oraz biologicznej, co przekładać się będzie na zwiększenie stopnia rezyliencji terenów miast. Dzięki optymalizacji metod zarządzania, rozwojowi inżynierskich metod ochrony i ochronie przyrodniczych funkcji drzew miejskich oraz edukacji społecznej proces ten stanie się skuteczniejszy. Edukacja wzmacniająca proces partycypacji społecznej powinna dotyczyć zwłaszcza ludzi młodych, słabiej wykształconych grup społecznych oraz mieszkańców małych i średnich miast (H1–H6).

O potencjale aplikacyjnym badań świadczy prowadzona na bazie badań współpraca z jednostkami samorządowymi i firmami. Ich wdrażanie m.in. w postaci standardów i metod zostało opisane w dalszej części Autoreferatu (np. Załącznik 3, pkt. III, pkt. 4, poz. 2-13).

Literatura

- European Resilience Management Guideline 2030 European Resilience Management Guideline — Climate-ADAPT (europa.eu) [dostęp: 02 01 2022]
- Agerer R. Colour Atlas of Ectomycorrhizae. 1st ed. Munich: Einhorn-Verlag; 1987–2008.
- Bezak, P.; Lyytimäki, J. Complexity of Urban ecosystem services in the context of global change. *Ecologia* 2011; 30:22–35.
- Blomberg A, Adler L. Tolerance of fungi to NaCl. *Mycology series*. 1993.
- Brand, F.S. and Jax, K. Focusing the Meaning(s) of Resilience: Resilience as a Descriptive Concept and a Boundary Object. *Ecology and Society* 2007;12, 23.
- Bzdyk RM, Olchowik J, Studnicki M, Nowakowska JA, Oszako T, Urban A, Hilszczańska D. Ectomycorrhizal colonisation in declining oak stands on the Krotoszyn Plateau, Poland. *Forests*. 2019;10: 30.
- Biodiversity strategy Biodiversity strategy for 2030 (europa.eu), 2030. [dostęp: 02 01 2022]
- Cochard H, Damour G, Bodet C, Tharwat I, Poirier M, Ameglio T Evaluation of a new centrifuge technique for rapid generation of xylem vulnerability curves. *Physiol Plant* 2005;124:410–418.
- Delzon S, Douthe C, Sala A, Cochard H Mechanism of waterstress induced cavitation in conifers: bordered pit structure and function support the hypothesis of seal capillary-seeding. *Plant Cell Environ* 2010;32:1–11.
- Ecosystem services and Green Infrastructure 2020. Green Infrastructure - Environment - European Commission (europa.eu) [dostęp: 02 01 2022]
- Fini A, Ferrini F. Influenza dell'ambiente urbano sulla fisiologia e la crescita degli alberi. *Italus Hortus*. 2007;14(1): 9-24. Italian.
- Gans J, Wolinsky M, Dunbar J. Computational improvements reveal great bacterial diversity and high metal toxicity in soil. *Science*. 2005;309: 1387–90.
- Gibbons K.H., Ryan C.M., Characterizing comprehensiveness of urban forest management plans in Washington State, *Urban Forestry & Urban Greening*, 2015;14 (3), 615-624,ISSN 1618-8667
- Giedych, R.; Maksymiuk, G. Specific Features of Parks and Their Impact on Regulation and Cultural Ecosystem Services Provision in Warsaw, Poland. *Sustainability*. 2017; 9: 792.
- Helms J.A. *The Dictionary of Forestry*. The Society of American Foresters USA, 1998.
- Holling, C.S. *Adaptive Environmental Assessment and Management*. John Wiley & Sons, 1978.
- Jiang W, Liu D. Pb-induced cellular defense system in the root meristematic cells of *Allium sativum* L. *BMC Plant Biol*. 2010;10(1): 40.
- Jiang, B., Chang, C.-Y., Sullivan, W.C. A dose of nature: tree cover, stress reduction, and gender differences. *Landsc. Urban Plan*. 2014.;132: 26–36.
- Jiang, B., Li, D., Larsen, L., Sullivan, W.C., A dose–response curve describing the relationship between urban tree cover density and self-reported stress recovery. *Environ. Behav*. 2014a:1–23.
- Kanea, B.;Warrena, P.S.; Lermanab, S.B. A broad scale analysis of tree risk, mitigation and potential habitat for cavity-nesting birds. *Urban For. Urban Green*. 2015;14:1137–1146.
- Khomenko S., Cirach M., Pereira-Barboza E., MuellerN., Barrera-Gómez J, Rojas-Rueda D., de Hoogh K., Hoek G., Nieuwenhuijsen M. Premature mortality due to air pollution in European cities: a health impact assessment *The Lancet Planetary Health*, 2021; 0: 0.
- Kronenberg J., Why not to green a city? Institutional barriers to preserving urban ecosystem services, *Ecosystem Services*. 2015;12:218-227.

Newell, J.P.; Seymour, M.; Yee, T.; Renteria, J.; Longcore, T.; Wolch, J.R.; Shishkovsky, R.A. Green Alley Programs: Planning for a sustainable urban infrastructure? *Cities*. 2013; 31:144–155. .

Roloff, A. *Handbuch Baumdiagnostik Baum-Körpersprache und Baum-Beurteilung*; Ulmer Verlag: Stuttgart, 2018.

Smart Mature Resilience 2016 Critical Infrastructure Dependencies Workshop Report, Available at: <http://smr-project.eu/deliverables/ci-dependencies/> [dostęp: 02 01 2022]

Szulczewska, B Giedych, R ; Borowski, J ; Kuchcik, M ; Sikorski, P ; Mazurkiewicz, A ; Stanczyk, T How much green is needed for a vital neighbourhood? In search for empirical evidence *Land Use Policy* 2014;38: 330-345.

Timonen S, Kauppinen P. Mycorrhizal colonisation patterns of *Tilia* trees in street, nursery and forest habitats in southern Finland. *Urban For Urban Green*. 2008;7: 265–276.

Turpeinen R, Kairesalo T, Häggblom MM. Microbial community structure and activity in arsenic-, chromium- and copper-contaminated soils. *FEMS Microbiol Ecol*. 2004;47(1): 39-50.

Van den Berg, A.E., Jorgensen, A., Wilson, E.R., Evaluating restoration in urban green spaces: does setting type make a difference? *Landsc. Urban Plan*. 2014; 127: 173–181.

V. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

1. Główne problemy badawcze

Zakres prac badawczych, które realizowałam, jest ściśle związany z moimi zainteresowaniami jako architekta krajobrazu. Był wypadkową pogłębiania wiedzy w prowadzonych projektach badawczych, współpracy z naukowcami (również z innych dyscyplin) oraz ze zgłaszanymi przez różne podmioty i instytucje technicznymi problemami praktycznymi. Duże znaczenie dla mojego rozwoju miały odbyte staże w Turynie, Kornwalii i Kolonii oraz postdoc w UMR BIOGECO INRA-UB w Uniwersytecie w Bordeaux (*Załącznik 3; pkt. II, , poz.11*). Udział w konferencjach oraz wykonywane ekspertyzy umożliwiały wymianę doświadczeń z badaczami, inżynierami różnych branż, przedstawicielami administracji państwowej i samorządowej oraz wykonawcami robót. Współpraca ta stała się inspiracją do poszukiwań skutecznych rozwiązań organizacyjnych, inżynierskich i projektowych w prowadzonych badaniach. Moja praca często dotyczyła racjonalnego gospodarowania drzewostanem czy rozwiązywania konfliktu pomiędzy infrastrukturą techniczną a drzewami (np. projekty planowane do realizacji na terenie Warszawskich Miast ogrodów jak Brwinów, Podkowa Leśna, Milanówek, Komorów, miast średniej wielkości jak Piastów, Marki oraz dużych miast jak Warszawa - temat zabudowania części parku Pole Mokotowskie), Wrocław, Tychy lub Łódź w programie obszarowej rewitalizacji (*Załącznik 3; pkt. III tab. 2/ poz. 1-5, pkt. II pkt. 5*). Podejmowane przeze mnie badania dostarczają naukowych wyników, które wykorzystywane są powszechnie w formie standardów oraz wyraźnego edukacyjno-ekologicznego przekazu, wspierają zrównoważony rozwój i podnoszą poziom rezylencji obiektów zielonej infrastruktury i optymalizują zarządzanie drzewami miejskimi.

W mojej pracy badawczej można wyróżnić trzy główne nurty badawcze:

1. **ochrona drzew w procesie inwestycyjnym;**
2. **ocena i wycena usług ekosystemowych świadczonych przez drzewa oraz wartości odtworzeniowej drzew, ze szczególnym uwzględnieniem oceny kondycji oraz wpływu uszkodzeń mechanicznych na utratę lub zmniejszenie wartości;**
3. **diagnostyka i ocena statyki drzew miejskich.**

Ochrona drzew w procesie inwestycyjnym - główne pole moich badań

W mojej pracy zawodowej zasadniczym, trudnym do rozwiązania, problemem, był konflikt pomiędzy projektowaną infrastrukturą a drzewami. Ustawa o ochronie przyrody od lat lakonicznie określa warunki przeprowadzania prac w sąsiedztwie drzew. Art. 87a.1. UOOP mówi m.in., że: „Prace ziemne oraz inne prace wykonywane ręcznie, z wykorzystaniem sprzętu mechanicznego lub urządzeń technicznych, wykonywane w obrębie korzeni, pnia lub korony drzewa lub w obrębie korzeni lub pędów krzewu, przeprowadza się w sposób najmniej szkodzący drzewom lub krzewom”. Brak wiedzy i dostępnych rozwiązań technicznych, pozwalających na rozwiązywanie konfliktów, skutkuje powstawaniem projektów, których realizacja wpływa na niszczenie drzewostanu. W praktyce konsekwencje tak powstałych uszkodzeń drzew są trudne do wyegzekwowania, dlatego po obronie mojej pracy doktorskiej w 2010 r. zajęłam się badaniem narzędzi i inżynierskich metod ochrony drzew oraz uwarunkowań i procedur ochrony drzew w procesie inwestycyjnym. Efektem prac w tym zakresie były moje dwie monografie dotyczące zasad opracowywania Projektu Ochrony Drzew oraz organizacji robót na terenach zadrzewionych, w których przeanalizowałam skuteczność i opisałam rozwiązania techniczne pozwalające na ochronę drzew na placu budowy (*Załącznik 3; II.pkt. 1/ poz.5,7,8,9; pkt. 2/ poz.15,17; pkt. 4/ poz. 17*). Ważnym elementem analizy wpływu inwestycji na drzewa na dalszych etapach kluczowym było opracowanie progów krytycznych uszkodzeń mechanicznych (m.in. *Załącznik 3; II.pkt. 2a/ poz.1*). Określenie tolerancji drzew na różnorodne czynniki stresowe oraz progów uszkodzeń tkanek drzewa powodujących jego zniszczenie pozwoliło na implementację ich w dalszych badaniach dotyczących: wpływu inwestycji, opracowania metodyki podstawowej diagnostyki drzew miejskich, ekspertyz oraz standardów.

Rozwinięciem i uzupełnieniem koncepcji ochrony drzew w procesie inwestycyjnym jest opracowanie zasad projektowania w sposób, który nie wpływa negatywnie na kondycję drzew. Przedmiotem moich badań w tym zakresie były inżynierskie metody poprawy warunków siedliskowych, takie jak analiza zastosowania systemów antykompresyjnych w celu zapewnienia prawidłowego rozwoju i ochrony drzew, również w obrębie ciągów komunikacyjnych, na skrajnie zurbanizowanych terenach (*Załącznik 3; II pkt.1/ poz.6; pkt. 2/ poz.16; pkt. 2a/ poz. 3,5,7,12; pkt. 4/ poz.11*).

Opracowanie optymalnej mieszanki kamienno-glebowej, jako narzędzia rozwiązywania konfliktu pomiędzy infrastrukturą a drzewami, rozwijane było w projektach badawczych i projektowych pracach wdrożeniowych. W 2015 r. w zespole grantu badawczego PARP, którego byłam kierownikiem, opracowane zostały założenia wykonania nowego wyrobu, wcześniej niedostępnego na polskim rynku – „podłoża strukturalnego”. W ramach kolejnego projektu badawczo-rozwojowego PARP, realizowanego również pod moim kierownictwem, w roku 2016 wykonano poletko doświadczalne, na którym posadzono 36 drzew w podłożu strukturalnym. Drzewa posadzono w różnych warunkach (miejskie warunki ekstremalne z nieprzepuszczalną nawierzchnią i zagęszczeniem podłoża), trzy poletka z mieszanką kamienno-glebową z odmiennymi rodzajami nawierzchni wodoprzepuszczalnej (HanseGrand, beton żywiczny, nawierzchnia bezpieczna) oraz kontrola (warunki naturalne). Tytuł projektu: „Opracowanie znacząco ulepszonych wyrobów w postaci ‘nawierzchni przepuszczalnej’ zwiększającej retencję wody”. W pracach uczestniczyły trzy ośrodki badawcze: SGGW w Warszawie, Instytut Technologiczno-

Przyrodniczy w Falentach oraz Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Prace ukończono we wrześniu 2018 roku obroną doktoratu Henryka Kociela (pt. „Przydatność podłoża strukturalnego dla rozwoju drzew na terenach zurbanizowanych”), w którym pełniłam rolę promotora pomocniczego (*Załącznik 3; II, pkt. 9/ poz.9, 15; III, pkt 16/ poz.1,2.*). Obecnie wykonano powtórzenie wyników po upływie 5 lat w ramach doktoratu mgr inż. Joanny Kosno-Jonczy, w którym to doktoracie pełnię również funkcję promotora pomocniczego.

W kolejnym 2016 roku na zlecenie miasta Łodzi opracowałam wraz z Instytutem Badawczym Dróg i Mostów we współpracy z doktorem Cezarym Kraszewskim drogową specyfikację techniczną budowy podłoża strukturalnego w ramach zadania: „Świadczenie usług doradczych w zakresie gospodarki i zarządzania drzewostanem miejskim, metod poprawy warunków rozwoju drzew miejskich oraz systemów antykompresyjnych” dla Komitetu Sterującego d.s. Rewitalizacji Obszarowej Centrum Łodzi. Częścią zadania w latach 2017-2018 była realizacja poletka doświadczalnego z uwzględnieniem podłoża strukturalnego jako warstw konstrukcyjnych (drogi, podjazdów, parkingu, chodnika). Zadanie zostało wykonane z sukcesem pod moim kierownictwem. W trakcie wykonywania robót dopracowane zostały szczegóły techniczne systemu antykompresyjnego, przykładowo studzienki nawadniająco-napowietrzające i przepusty, które zostały włączone do specyfikacji (*Załącznik 3; II, pkt.16/ poz.6.*). W ramach tej współpracy opracowałam również metodykę postępowania w pracach w obrębie systemów korzeniowych drzew, dotyczącą kolizji pomiędzy infrastrukturą podziemną a nasadzeniami drzew oraz katalog nawierzchni wodoprzepuszczalnych dla Łodzi (*Załącznik 3; III, pkt 4,5.*). Projekt był realizowany i współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Łódzkiego na lata 2014-2020.

W 2017 roku na zlecenie Gminy Polkowice wykonałam projekty systemu antykompresyjnego (mieszanki kamienno-glebowej) wraz z kosztorysem rewitalizacji i poprawy warunków glebowych dla drzew na terenie Centralnego Parku Zabaw i Wypoczynku w Polkowicach, drzew w parku objętym ochroną konserwatora zabytków w Kaźmierzowie oraz dla nowo sadzonych drzew na deptaku przy ulicach Powstańców i Sobieskiego w Rybniku oraz Placu Jana Pawła II na zlecenie Miasta Rybnik. W roku 2017 uczestniczyłam jako ekspert w opracowaniu projektu systemu antykompresyjnego (mieszanki kamienno-glebowej) oraz projektów nasadzeń zieleni na potrzeby projektu budowlanego „Rozbudowa ulic Taczaka i Garncarskiej w Poznaniu” i „Przebudowy północnej części Alei Lipowej w Podkowie Leśnej”. W roku 2018 pracowałam jako ekspert przy projekcie wprowadzenia podłoża strukturalnego w ciągu pieszo-jezdnym południowej części Nowego Rynku w Płocku w ramach projektu przebudowy Alei Marii Dąbrowskiej oraz Alei Starych Lip dla miasta Komorów oraz parkingów P&R przy stacji Skawina Zachodnia (we współpracy z dr T Bergierem z Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie). Pracowałam również jako ekspert w opracowaniu „Katalogu przekrojów ulic wraz ze strefowaniem podziemnej infrastruktury technicznej” na zamówienie Departamentu Infrastruktury i Gospodarki, Wydział Inżynierii Miejskiej we Wrocławiu (*Załącznik 3; III pkt. 6/ poz.5,7,8,9,11,12,13*). Obecnie prowadzę badania nad mieszanką kamienno-glebową w ramach grantu otrzymanego w kwietniu 2022 roku (Inkubator innowacyjności 4.0) w zakresie poprawy jej funkcji retencyjnej oraz wspomagania procesu fitoremediacji. Celem grantu jest opracowanie patentu autorskiej wersji tego systemu antykompresyjnego (*Załącznik 3; III pkt. 9/ poz. 30*).

Ponadto prowadziłam analizy możliwości projektowania ciągów pieszo-jezdnych w systemach korzeniowych drzew (*Załącznik 3,II, pkt 4/poz. 41,42,43*) oraz badania funkcjonowania drzew w warunkach oddziaływania infrastruktury technicznej miasta, w których określałam techniczne kolizje ograniczające rozwój drzew (*Załącznik 3,II, pkt 4/poz. 27,28*). Analizowałam również możliwości sadzenia drzew w sąsiedztwie sieci oraz na sieciach (w odniesieniu do technicznej charakterystyki instalacji i kolizji lub jej braku z rozwojem systemu korzeniowego drzew), określając techniczne warunki intensyfikacji obsadzeń (*Załącznik 3,II, pkt.4/poz.30*).

Zastosowanie inżynierskich rozwiązań umożliwiających poprawę warunków rozwoju systemów korzeniowych drzew rozpatrywałam często w badaniach w kontekście usług ekosystemowych, jak chociażby w przypadku zastosowania opisywanych powyżej systemów antykompresyjnych i nawierzchni wodoprzepuszczalnych jako narzędzi wspomagających małą retencję na terenach zurbanizowanych. Badania w tym zakresie przeprowadziłam z zespołem m.in. na wybranym terenie warszawskiej dzielnicy Pragi Północ oraz badałam ekonomiczną i technologiczną zasadność ich stosowania (*Załącznik 3; pkt. II, pkt.4/poz. 16,21,24,33,34,46*). Powiązaniem tematem dotyczącym poprawy warunków rozwoju drzew w miastach oraz zwiększenia stopnia małej retencji były badania możliwości zastosowania powierzchniowych systemów infiltracyjnych jako rozwiązań zwiększających stopień rezylencji terenów miejskich (*Załącznik 3; II, pkt.4/ poz.22,23*). Zdolność zwiększania stopnia małej retencji przez drzewa, wspomagana przez zastosowanie nawierzchni wodoprzepuszczalnych, systemów antykompresyjnych czy opisanego dalej liczenia usług ekosystemowych, mogą być podstawą projektowania parametrycznego. Szanse płynące z prezentowanego podejścia do kształtowania przestrzeni w otoczeniu człowieka opisałam w jednej z moich publikacji (*Załącznik 3; II, pkt.4/ poz.40*). W badaniach uwzględniałam również ekonomiczną zasadność ochrony drzew, jak w przypadku przecisków sterowanych czy analizy poprawy bezpieczeństwa drogowego przez sadzenie drzew (*Załącznik 3; pkt. 4/poz. 14, 19*). Zwieńczeniem moich badań dotyczących rozwiązywania kolizji pomiędzy drzewami a infrastrukturą było wydanie monografii dotyczącej inżynierskich metod projektowania w strefach ochronnych drzew (*Załącznik 3; II, pkt.1, poz. 6*).

Wszystkie omawiane wyżej zagadnienia pozwoliły mi na opracowanie technicznych kryteriów ochrony drzew w procesie inwestycyjnym. Zasady te są przeze mnie prezentowane na konferencjach, upowszechniane zarówno w trakcie kursów akademickich, jak i kursów inspektorskich oraz szkoleń dla uczestników procesu budowlanego oraz arborystów. Są również wdrażane w postaci standardów przyjmowanych przez miasta jako lokalne prawo (zarządzeniami i rozporządzeniami) lub przygotowywane przez organizacje pozarządowe, jak standardy Fundacji EkoRozwoju, opracowywane w projekcie LIFE15 GIE/PL/000959 (*Załącznik 3 III, pkt.4/poz. 4,5,6,7,8,9,10,11,12,13*).

Obecnie pogłębiam moją wiedzę i szukam narzędzi pozwalających na ocenę wpływu uszkodzeń i pogorszenia warunków siedliskowych na żywotność drzew i ich szanse przeżycia. Ponadto pracuję nad zwiększeniem stopnia akceptacji drzew, szczególnie drzew sędziwych - najcenniejszych dla ekosystemu miasta (*Załącznik 3 II, pkt. 4/poz. 51,52*).

Podsumowując, w moich badaniach poszerzyłam wiedzę dotyczącą czynników stresowych w zakresie wpływu różnych aspektów prac budowlanych na żywotność drzew. Powiązałam ochronę drzew na placu budowy z projektowaniem przyjaznym drzewom i opracowałam niestosowane wcześniej warianty rozwiązań technicznych

eliminujących konflikt pomiędzy infrastrukturą a drzewami. Znacząco rozwinęłam aspekt badań preferencji społeczeństwa odnośnie drzew w celu określenia priorytetów edukacji i komunikacji.

W badaniach ustaliłam i wprowadziłam do praktyki niestosowane wcześniej warunki techniczne określające możliwość sadzenia drzew w bezpośrednim sąsiedztwie instalacji technicznych, w kontekście przepisów i norm branżowych. Opracowałam również pierwszą w Polsce specyfikację drogowej mieszanki kamienno-glebowej oraz elementów tego antykompresyjnego systemu. Obecnie pracuję nad objęciem ochroną prawną elementów systemu. Wypromowałam wodoprzepuszczalne nawierzchnie, jako technologię pozwalającą na zapewnienie warunków rozwoju korzeni drzew oraz poprawy małej retencji, czyli niestosowane dotychczas podejście zwiększające stopień rezyliencji terenów miejskich. Ważnym w praktycznym zastosowaniu jest prowadzone w moich badaniach porównanie kosztów rozwiązań standardowych oraz przyjaznych drzewom, jak standardowe nawierzchnie *versus* chodniki podwieszane, w celu popularyzacji rozwiązań przyjaznych drzewom.

Opisywane powyżej osiągnięcia wdrożyłam w ramach „dobrych praktyk” w zakresie rozwiązywania konfliktów pomiędzy instalacjami a korzeniami drzew m.in. w procesie rewitalizacji Łodzi. Ponadto wdrożyłam specyfikację mieszanki kamienno-glebowej (w formie poletka doświadczalnego) a następnie jako metody poprawy warunków siedliskowych drzew. Wyniki moich badań wdrażane są w formie aktów lokalnego prawa (Wrocław, Białystok, Bielsko-Biała, Dąbowa Górnicza, Płock), standardów (standardy sadzenia drzew Warszawy) i certyfikowanych kursów.

Drugi nurt moich badań - wycena wartości drzew oraz usług ekosystemowych

Wstępne badania w zakresie wyceny wartości drzew dotyczyły skuteczności stosowania opłat i kar za usuwanie drzew i krzewów. Umożliwiły rozpoznanie problemów występujących przy podejmowaniu decyzji dotyczących usuwania drzew. Badania pilotażowe zaowocowały przygotowaniem i złożeniem, pod kierunkiem profesor Szczepanowskiej, w roku 2007 projektu badawczo-rozwojowego pt.: „Opracowanie metody wyceny wartości drzew dla warunków polskich na bazie analiz porównawczych metod zagranicznych, w tym w krajach UE” (*Zał. 3 II pkt. 9/ poz.1.*). W ramach tego grantu koordynowałam badania nad opracowaniem polskiej metody wyceny wartości odtworzeniowej drzew, które prowadzone były we współpracy z SGGW w Warszawie (Wydział Ogrodnictwa i Biotechnologii i Architektury Krajobrazu oraz Wydział Rolnictwa i Biologii), Ogrodem Botanicznym - Centrum Zachowania Różnorodności Biologicznej PAN w Warszawie). Metoda oparta jest na założeniu, że rosnące drzewa stanowią wartość trwałą. Jest to potwierdzone zarówno w zagranicznych, jak i polskich ustaleniach prawnych: „drzewa i inne rośliny, podobnie jak budynki i inne urządzenia trwałe, stanowią części składowe gruntu od chwili zasadzenia lub zasiania” (art. 48 Kodeksu Cywilnego).

Metoda wyceny wartości IGPI, po przeprowadzonym procesie konsultacji społecznych oraz modyfikacji, została wdrożona w listopadzie 2012 roku w nowelizacji Ustawy o ochronie przyrody, jako wyznacznik stawek administracyjnych opłat i kar za usuwanie drzew. Podstawą tych zmian była ekspertyza sporządzona z moim udziałem na zamówienie Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska, która zawierała analizy i merytoryczne uzasadnienie metody wyceny wartości pod kątem zasadności jej wprowadzenia do obiegu prawnego (*Załącznik 3 pkt. II pkt. 15 poz. 1.*). W procesie uzgodnień uczestniczyłam jako konsultant z ramienia NFOŚiGW.

Badania nad metodą wyceny wartości były kontynuowane przykładowo w obliczeniach wpływu inwestycji na wartość drzew, zwłaszcza na obniżenie tej wartości w kontekście dużych inwestycji drogowych (Załącznik 3; II, pkt. 2a/pkt.4), również w formie prac dyplomowych, których wyniki były publikowane (Zał. 3 pkt. III pkt. 8,2/poz.11,21,32,33,36,50), w tym monetarnej wyceny wartości drzew na przykładzie fragmentu Dzielnicy Praga Północ, której wyniki pochodziły ze zrealizowanych grantów (Zał. 3 pkt. pkt. II, pkt. 4/poz.30, pkt. 9/poz. 14.). Analizy dotyczyły również nasadzeń kompensacyjnych prowadzonych na podstawie wyceny wartości drzew usuwanych (Zał. 3 pkt. pkt. II pkt. 4/poz. 16,31,35). Ponadto wycenę wartości drzew uwzględniłam jako integralną część standardów kształtowania zieleni opracowywanych dla m. st. Warszawy, standardu ochrony drzew w procesie inwestycyjnym dla Łomżyńskiego Parku Krajobrazowego, standardów opracowanych dla Fundacji EkoRozwoju i miasta Wrocławia (Zał. 3 pkt. III pkt. 4/poz. 5,6,7,8,10.) oraz w ekspertyzie dotyczącej analizy wprowadzenia odtworzeniowej metody wyceny wartości do aktów prawa państwowego, wykonanej dla Ministerstwa Środowiska (Załącznik 3 pkt. III pkt. 4/poz. 1.). W roku 2020 metoda wyceny odtworzeniowej została w moich badaniach zweryfikowana i zwaloryzowana w ramach projektu „Drzewa miejskie – wartość i zarządzanie” (Załącznik 3. II, pkt. 1/poz.9, pkt. 9/poz. 26.). Stawka podstawowa w wycenie poszczególnych gatunków drzew została przeliczona zgodnie z aktualną wartością materiału szkółkarskiego. Zmodyfikowałam również sposób określania współczynnika oceny kondycji wprowadzając podobny system oceny do tego, który stosowany jest w procesie oceny i wyceny usług ekosystemowych z użyciem i-Tree Eko. Zamierzam wykonywać coroczną waloryzację stawki oraz komercjalizować wyniki badań.

Prowadzę również badania dotyczące oceny i wyceny usług ekosystemowych. Dzięki tym badaniom w 2020 roku określiłam, wraz z zespołem, na zlecenie Biura Ochrony Środowiska m. st. Warszawy wartość pochłaniania przez drzewa zanieczyszczeń powietrza: NO₂, SO₂, CO₂, pyły PM_{2.5} i PM₁₀ oraz wartość produkcji O₂ na testowym wybranym przez miasto terenie. Praca drzew była liczona z zastosowaniem oprogramowania i—Tree Eko. Dla obliczenia ilości i wartości usługi pochłaniania PM₁₀ zastosowano autorską metodykę (Załącznik 3. III pkt. 5/poz. 39.). Obecnie przygotowywane są publikacje z uzyskanych wyników oraz konturowane badania dotyczące wyliczenia tych i pozostałych usług ekosystemowych w celu włączenia metodyki wyceny w politykę zmniejszenia emisji CO₂ oraz redukcji zanieczyszczeń w ramach „Planu działań na rzecz zrównoważonego zużycia energii dla Warszawy w perspektywie do 2020 r.” oraz „Strategii adaptacji do zmian klimatu dla m. st. Warszawy do roku 2030 z perspektywą do Roku 2050” (Miejski Plan Adaptacji).

Kolejnym krokiem w moich badaniach będą analizy dotyczące możliwości połączenia wartości odtworzeniowej z wartością usług ekosystemowych drzew oraz zarządzania maksymalizującego poziom tych usług.

Trzeci nurt moich badań - diagnostyka i ocena statyki drzew miejskich

Moje badania obejmowały również diagnostykę drzew. Wiedzę zdobywałam podczas stażów naukowych w latach 2009-2012 w zespole dr Davide Baridon'a, eksperta w dziedzinie fitopatologii i fitostatycznej oceny ryzyka związanego z drzewami (Universita' Degli Studi Di Torino Di.Va.P.R.A, Dipartimento Di Valorizzazione E Protezione Delle Risorse Agroforestali, Włochy). Prace prowadzone w ramach staży dotyczyły umiejętności oceny

statyki drzew oraz zarządzania drzewostanem opartym na metodzie VTA (*Visual Tree Assessment*), która w tym czasie nie funkcjonowała na terenie Polski. W latach 2009 – 2012 ponawiałam wizyty w formie wyjazdów studyjnych mających na celu kontynuowanie badań i dalszą naukę oceny ryzyka powodowanego przez drzewa (Załącznik 3 pkt. II, pkt. 11/ poz. 1,2,4.). Staż w Natural Environment Service Cornwall Council w 2011 roku (Kornwalia, UK) w znaczący sposób poszerzył moją wiedzę o zagadnienia związane z zarządzaniem drzewostanem miejskim (systemy inspekcji, raportowania, bazy danych, organizacja prac, itp.). Uzupełnieniem wiedzy zdobywanej w ramach staży były szkolenia i kursy w zagranicznych ośrodkach, w tym szkolenie z funkcjonowania metody *Quantified Tree Risk Assessment* (QTRA) w Londynie (26-27 lutego 2013), czy kilkupoziomowy kurs: „*Baumkontrolle*” na poziomie I (ocena ryzyka), II (ocena ryzyka dla różnych gatunków drzew) i III (rozpoznawanie grzybów i ocena ich wpływu na zwiększenie poziomu ryzyka), organizowany przez *Institut für Baumpflege* w Niemczech pod kierunkiem prof. Dirka Dujesifkena. Najnowszą wiedzę dotyczącą diagnostyki drzew zdobywałam również na innowacyjnych szkoleniach w zakresie endoterapii drzew miejskich z zastosowaniem mikroiniekcji metodą ArborJet, międzynarodowym seminarium w Białowieży, dotyczącym pielęgnacji drzew młodych (dr Jan-Willem de Groot), dojrzałych (prof. Dirk Dujesifken) i sędziwych (dr Nerwil Fay, dr Ted Green), na warsztacie biomechaniki drzew prowadzonym przez prof. Franka Rinna, warsztacie diagnostyki rozwidleń w zakresie oceny ryzyka prowadzonym przez Duncan Slater’a, czy w szkoleniu w Instytucie Petera Wohllebena i innych (Załącznik 3 pkt. III pkt. 8.3/ poz. 1,2,4,5,6,7,14,16,17.).

Uczestnictwo w szkoleniach i kursach pozwoliły mi zdobyć wiedzę i zapoznać się z metodami nauczania diagnostyki drzew praktykowanymi na świecie, co zaowocowało badaniami własnymi a następnie wprowadzeniem metody *Visual Tree Assessment* (VTA) do Polski i jej spopularyzowaniem we współpracy z programem Drogi do Natury w ramach projektu LIFE+ (LIFE11 INF/PL/467) realizowanym przez Fundację EkoRozwoju w latach 2012-2016 (Załącznik 3 pkt. II pkt. 9/ poz. 7.). W ramach badań opracowałam autorską pilotażową metodykę podstawowej diagnostyki drzew opublikowaną w 2012 roku w monografii pt. „Aleje podręcznik użytkownika Jak dbać o drzewa żeby nam służyły?”. Znalazły się w niej opracowane na podstawie moich badań i doświadczeń zasady oceny zagrożenia powodowanego przez drzewa oraz pierwszy w naszym kraju przewodnik do rozpoznawania grzybów pasożytniczych z uwzględnieniem ich wpływu na statykę drzew (właściwości mechaniczne drewna) oraz przewodnik do identyfikacji najważniejszych i najczęściej występujących cech budowy drzew istotnych dla ich statyki (Załącznik 3 II pkt 2/ poz. 9,10,11.). Metodyka ta była nauczana i jednocześnie testowana w serii szkoleń, połączonych z warsztatami terenowymi, realizowanej w ramach projektu LIFE we współpracy z 90 gminami wiejskim na terenie Polski. W czasie szkoleń w zakresie identyfikowania ryzyka drzew zostały zebrane doświadczenia kursantów z testów terenowych, a wnioski płynące z ich analizy pozwoliły na dopracowanie metodyki i jej publikację w zweryfikowanej wersji w roku 2014 („Drzewa w krajobrazie Podręcznik praktyka”) (Załącznik 3 II pkt. 2/ poz. 20,21,22,23).

Doświadczenia zdobyte w trakcie odbytych staży i prac w projekcie LIFE+ zaowocowały założeniem Instytutu Drzewa przez zespół pracujący w projekcie. Cały proces wdrażania metodyki podstawowej diagnostyki drzew kontynuowany jest obecnie w formie kursu Certyfikowanego Inspektora Drzewa, gdzie mam istotny merytoryczny autorski wkład w program oraz pełnię funkcję trenera, wykładowcy i egzaminatora.

Prace nad diagnostyką drzew kontynuowałam w ramach kolejnego projektu LIFE+ („Drzewa dla zielonej infrastruktury Europy”, LIFE15 GIE/PL/000959), który był realizowany w latach 2017-2021. W projekcie pełniłam rolę członka Komitetu Sterującego oraz koordynatora wyszczególnionych zadań (Załącznik 3 pkt. II pkt. 9/poz. 20). W tym projekcie duży nacisk położony został na opracowanie standardów, w tym standardów diagnostyki drzew miejskich, pielęgnacji, bezpieczeństwa ruchu drogowego związanego z pielęgnacją i kształtowaniem nasadzeń, które mogą być adaptowane przez podmioty państwowe, samorządowe i komercyjne.

W diagnostyce drzew oraz w ramach promotorstwa prac magisterskich testowałam w moich badaniach ograniczenia związane ze stosowaniem specjalistycznych urządzeń służących do badań wytrzymałości mechanicznej drzew: rezystograf IML 400, tomograf akustyczny Fakopp, klasyczny test obciążeniowy oraz test obciążeniowy Dyna ROOT. Dyna ROOT jest testem oznaczania stabilności dynamicznej korzeni wykorzystującym naturalny wiatr, gdzie badana jest reakcja całego drzewa na obciążenie (Załącznik 3, pkt. II. pkt. 4/poz. 10,36,37 oraz III pkt. 8.2/37). W mojej opinii trudno mówić o różnym stopniu inwazyjności omawianych urządzeń. Stosowane są one w przypadku drzew o widocznych problemach z podejrzeniem zagrożenia i w takich przypadkach badanie wymienionymi metodami wykazuje znikomy stopień inwazyjności.

Opisane powyżej badania i analizy doprowadziły w efekcie do pracy nad bazami danych, pozwalającymi na zarządzanie drzewostanem na terenach zurbanizowanych. Problem usuwania drzew eskaluje w sytuacji zwiększonej presji mieszkańców, głównie w odniesieniu do konieczności zapewnienia im bezpieczeństwa. Właściwa gospodarka drzewostanem na terenie miejskim wymaga doskonalenia systemów zarządzania poprzez stosowanie kompleksowych metod i narzędzi. Z tego powodu prowadziłam badania, w których porównywałam wiele metod wspierających inwentaryzację i identyfikację niebezpiecznych drzew, określających jakość zasobów na podstawie m.in.: oceny kondycji, wartości, oceny oczekiwanej długości bezpiecznego życia czy oceny uszkodzeń drzewa lub wyników badań wytrzymałości mechanicznej pni, odziomków i zakotwiczenia drzew w gruncie, uzyskane z badań sprzętem specjalistycznym. To wielowymiarowe podejście ma potencjał minimalizowania ryzyka powodowanego przez drzewa i optymalizowania zarządzania drzewami miejskimi.

Ważnym elementem mojej pracy badawczej nad statyką drzew jest badanie postrzegania przez mieszkańców miast drzew, szczególnie najcenniejszych drzew sędziwych. Badania takie prowadziłam m.in. na odwiedzających lasy miejskie w Warszawie (Załącznik 3 pkt. II, pkt. 2a./poz.16). Badanie stopnia akceptacji społeczeństwa dla drzew, ich obaw oraz preferencji pozwala na dostosowanie narzędzi oceny statyki, komunikacji społecznej oraz niezbędnych działań edukacyjnych do potrzeb skutecznej ich ochrony. Wyniki wszystkich opisanych badań pozwoliły mi na sformułowanie obiektywnych wytycznych do kształtowania standardów zarządzania drzewami miejskimi. Badania zostały wdrożone w oprogramowaniu obsługującym bazę danych RoadMan firmy Lehman and Partners sp. z o.o. (Załącznik 3 pkt. III pkt.4/poz. 3), w standardzie zarządzania drzewami weteranami dla Miasta Stołecznego Warszawy (Załącznik 3 pkt. III pkt.4./poz.4), w badaniu geomorfologicznych aspektów oceny statyki drzew (Załącznik 3 pkt. III pkt 5./poz. 38), oraz jest stosowane w pracy w zespole ekspertów opracowujących Politykę Ochrony Drzew warszawskiego Zarządu Zieleni (Załącznik 3 pkt. III pkt. 6/poz. 14).

Podsumowując, moje badania pozwoliły na wprowadzenie do powszechnego stosowania eksperckiej metody VTA (*Visual Tree Assessment*) jako narzędzia oceny statyki drzew i podstawy zarządzania drzewostanem

opartego na priorytecie minimalizowania ryzyka. Ponadto opracowałam pierwszy w Polsce przewodnik do rozpoznawania grzybów pasożytniczych w kontekście ich wpływu na statykę drzew z uwzględnieniem szybkości rozkładu drewna i specyfiki rozwoju. Moje badania dostarczyły kompleksowych wytycznych dotyczących metod oceny statyki drzew wraz z określeniem ograniczeń ich stosowania, w tym rezystografu, tomografu dźwiękowego, testów obciążeniowych (próba tensometryczna wg metodologii TSE - *Tree Stability Evaluation* oraz metody z wykorzystaniem siły wiatru - Dyna Root). W praktyce wdrożona została metodyka podstawowej diagnostyki drzew (w ramach programu Life+ w 90 gminach wiejskich w Polsce) oraz w autorskim certyfikowanym programie szkoleniowym Instytutu Drzewa. Natomiast standardy podstawowej diagnostyki zostały wdrożone przez liczne instytucje ze środowiska gospodarczego, jak firmy np. Lehman and Partners sp. z o.o. oraz jednostki rządowe i samorządowe, np. przez Generalną Dyрекcję Lasów Państwowych czy w ramach projektu Life+: „Trees for Europe's Green Infrastructure”.

2. Działalność projektowa

Moje projekty z zakresu architektury krajobrazu dotyczyły obiektów publicznych, jak np. roślinność na terenie schroniska dla bezdomnych zwierząt na Paluchu, otoczenie Ratusza w Zduńskiej Woli, park „Górki Szymona” w otoczeniu stawów w Zalesiu Dolnym, czy zieleni obiektów zabytkowych, takich jak: Memorial Park w Filadelfia, Park Urłycha na warszawskiej Woli, projekt rewaloryzacji parku przy założeniu dworskim Ciemno-Gnoyna w Gminie Mszczonów, projekt rewaloryzacji parku przy założeniu dworskim w Zarębowie.

Współpraca z firmami projektowymi z branży wod.-kan. i branży sanitarnej zaowocowała projektami zieleni oczyszczalni ścieków w sąsiedztwie wodociągów i innej infrastruktury liniowej, w których uwzględniana była ochrona drzew w zakresie rozwiązywania kolizji pomiędzy sieciami a nasadzeniami, poprzez przykładowo zastosowanie technologii bezwykopowych.

W moim dorobku projektowym mam również projekty zieleni na terenach zabudowy mieszkaniowej, przykładowo przy ulicy Idzikowskiego w Warszawie, gdzie w 2006 roku zastosowałam podwieszane chodniki z kraty Wema nad korzeniami drzew w obrębie miejsc parkingowych (*suspendent pavement*) oraz punktowe fundamentowanie ogrodzenia pozwalające na uniknięcie kolizji pomiędzy korzeniami drzew a ogrodzeniem.

Jednym z moich ważniejszych projektów są te, które pozwalają na zastosowania rozwiązań eliminujących konflikt pomiędzy infrastrukturą a drzewami, przykładowo zastosowanie systemów antykompresyjnych, podwieszanych chodników i parkingów, zabezpieczeń ścian głębokich wykopów oraz inne rozwiązania pozwalające na zachowanie największej liczby cennych drzew. Ważną częścią moich prac były i są projekty mające na celu poprawę warunków siedliskowych, wprowadzające systemy antykompresyjne w postaci mieszanki kamienno-glebowej lub fundamentowanych punktowo nawierzchni (rampowych chodników czy podjazdów), przykładowo poza wymienionymi wcześniej budowa rampowej ścieżki rowerowej w centrum miasta Białegostoku, zjazdów na posesje wykonanych z mieszanki kamienno-glebowej oraz parkingów podwieszonych z kraty Wema w projekcie drogowym nawierzchni bitumicznej Alei Starych Lip w Komorowie Wsi, projekt podwieszonoego parkingu dla rowerów na terenie dziedzica Zespołu Szkolno-Przedszkolnego im. Mikołaja Kopernika w Nowej Wsi, czy podwie-

szanych chodników z płyt betonowych na terenie w strefie pasa drogowego Alei Rzeczypospolitej w Warszawie, opisane w pkt. II, pkt 5/ poz.17,18,20,23,24,25,26, w załączniku 3.

VI. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

Działalność dydaktyczna Wyniki badań dotyczących mieszanek kamiennie-glebowych w ramach doktoratu Henryka Kociela, które koordynowałam w formie promotora pomocniczego, zostały zwieńczone obroną pracy doktorskiej 3 września 2018 roku. Prace te zakończyły się testowaniem materiałów do budowy mieszanki o różnych parametrach. Obecnie jestem promotorem pomocniczym doktoratu mgr. inż. Joanny Kosno-Jończy, której praca dotyczy analizy założeń rewitalizacji powodujących eliminację drzew z miejskich przestrzeni oraz zastosowania rozwiązań technicznych pozwalających na rozwiązanie kolizji pomiędzy drzewami a projektowaną inwestycją.

Pod moją opieką wypromowałam 64 prace inżynierskie i magisterskie studentów kierunku Architektura Krajobrazu w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Recenzowałam również kilkadziesiąt prac magisterskich i inżynierskich. Jako efekt obronionych prac wspólne publikacje powstały we współpracy z: mgr. inż. Agatą Milanowską (przegląd metod sadzenia drzew), mgr. inż. Wiolettą Borkowską (technologie bezwykopowe w kontekście ochrony drzew), Magdaleną Dziok i Agnieszką Kosibą (wycena wartości drzew, szkody częściowe i nasadzenia zastępcze), Martą Siedlecką i Martą Warmińską (rezyliencja miast i zagadnienia małej retencji w kontekście roślinności), Natalią Kołodyńską (zastosowanie nowoczesnych technologii w architekturze krajobrazu), Katarzyną Kostrzewą (bazy danych i zarządzanie drzewostanem). Opublikowałam również wyniki badań dotyczących weryfikacji wybranych metod oceny statyki drzew oraz przydatności urządzeń jak tomograf komputerowy czy Dyna Root będące wynikiem pracy magisterskiej Pani Joanny Krupy oraz aspekty społeczne badane w pracy mgr. inż. Joanny Kosno-Jonczy. Obecnie prowadzone są analizy mające na celu dopracowywanie parametrów w specyfikacji podłoża strukturalnego (Zał. 3. pkt. III, pkt. 8.2).

Ponadto od 2015 roku prowadzę autorskie zajęcia w ramach programu Erasmus oraz fakultety angielskojęzyczne dla studentów specjalności architektura krajobrazu, dotyczące ochrony drzew w procesie inwestycyjnym, wyceny wartości drzew oraz diagnostyki i oceny statyki drzew (Zał. 3 pkt. III, pkt. 8, poz. 8.1.). Dla studentów na specjalizacji „Urządzanie obiektów architektury krajobrazu” WBiIŚ prowadzę również fakultety mojego autorstwa w tym zakresie: „Projekt ochrony drzew w procesie inwestycyjnym” oraz „Podstawowa diagnostyka i metody zarządzania drzewami na terenie zurbanizowanym” (Zał. 3 pkt. III, pkt. 8, poz. 8.1, tab. 4.).

W konkursie Mistrz Edukacji organizowanym przez samorząd studencki w edycji 2018 roku zostałam nominowana do nagrody, co odebrałam jako docenienie moich wysiłków przez studentów kierunku Architektura Krajobrazu.

Działalność organizacyjna

Moja działalność organizacyjna przejawia się w uczestnictwie w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych, jak Konferencja ECLAS 2012 – „Power of Landscape”, Warszawa; III Zjazd Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego, 2014 Warszawa; VI Zjazd Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego, 2016 Arboretum w Bolestraszczech; XII Forum Architektury Krajobrazu, 2018 Warszawa, VII Konferencji Naukowo-Technicznej „Nowe kierunki badań w inżynierii środowiska, energetyce, geodezji i leśnictwie”, 2021 r. Lublin – Zwierzyniec (Załącznik3, pkt II, pkt. 8, tab. 1).

Ponadto od 2019 roku pełnię funkcję kierownika Katedry Architektury Krajobrazu SGGW w Warszawie, członka z wyboru Rady Programowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie oraz Rady Programowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (*Załącznik 3, pkt. III, pkt. 8, tab. 3*).

Działania popularyzujące naukę

Opublikowałam ponad 35 artykułów branżowych i popularnonaukowych w czasopismach i opracowaniach książkowych (*Załącznik 3, pkt II, pkt. 4.1 i 4,2*). Ponadto moja działalność popularyzująca naukę skupiała się wokół prowadzenia opartych na wynikach moich badań kursów w zakresie ochrony drzew w procesie inwestycyjnym, oceny ryzyka powodowanego przez drzewa czy też wyceny wartości drzew i była realizowana m.in. w ramach certyfikowanego kursu „Inspektora Nadzoru Dendrologicznego w procesie inwestycyjnym” w Instytucie Rozwoju Miast i Regionów, gdzie zbudowałam program kursu oraz zespół wykładowców (program kursu jest do wglądu na stronach <https://szkolenia.igpim.pl/>). Prowadzę również zajęcia na Kursie Inspektora Drzewa (Instytut Drzewa), Bielskiej Szkole Arborystyki oraz kursie Inspektora Terenów Zieleni, organizowanego przez SITO NOT, oddział Warszawski.

Inne aktywności

Prowadzenie i udział w projektach badawczych (grantach):

Prowadziłam badania w 30 grantach. Kierowałam czterema grantami: grantem PARP pt. „Opracowanie nowego wyrobu niedostępnego na polskim rynku – podłoża strukturalnego”, realizowanym w ramach programu pt. „Wsparcie w ramach Dużego Bonu”, grantem PARP pt. „Opracowanie znacząco ulepszonych wyrobu w postaci „nawierzchni przepuszczalnej”, grantem „Drzewa miejskie – wartość i zarządzanie” finansowanym przez Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Białymstoku, pt. „Ekologia i ochrona zwierząt oraz ochrona dziedzictwa Przyrodniczego”. Obecnie realizuję grant przedwdrożeniowy MNiSW w ramach Innowatora Innowacyjności 4.0, pt. „Opracowanie właściwości mieszanki kamienno-glebowej SGGW jako metody poprawy warunków siedliskowych rozwoju drzew w strefie nawierzchni w środowisku o wysokim stopniu antropopresji” (*Załącznik 2, pkt. II, pkt. 9, poz. 9, 15, 26, 30*). Jako wykonawca realizowałam prace badawcze wykonane w dwóch grantach Ministerstwa Infrastruktury dotyczące tematyki ochrony drzew w procesie inwestycyjnym realizowanych w Instytucie Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa w Warszawie w latach 2009-2010 oraz 2010-2011 (*Załącznik 2, pkt. II, pkt. 9, poz. 4,5*). W ramach tych grantów prowadziłam prace badawcze zwieńczone wydaniem cyklu trzech monografii, w których opisałam wyniki badań dotyczących oceny drzew do adaptacji, organizacji robót budowlanych oraz inżynierskich metod rozwiązywania kolizji pomiędzy drzewami a infrastrukturą (*Załącznik 3. pkt. II, pkt 1/poz. 6,7,8*).

Edukację dotyczącą ochrony drzew na placu budowy i diagnostyki drzew wdrażałam w grantach realizowanych przez Fundację Sendzimira w ramach projektu: „Międzysektorowa współpraca na rzecz zieleni w polskich miastach” (finansowane przez POIS). W projekcie tym opracowałam również trzy bloki platformy e-learningowej (diagnostyka, ochrona drzew w inwestycjach i pielęgnacja drzew). W 2018 i 2020 roku w realizowanych pod moim kierunkiem grantach opracowałam publikacje pt. „Standardy wykonania i odbioru robót budowlanych na tere-

nach zadrzewionych” oraz „Drzewa miejskie – wartość i zarządzanie” i przeprowadziłam serie szkoleń na bazie publikacji (Załącznik 3, pkt. II, pkt. 9, poz. 21, 22, 26).

Prace dotyczące diagnostyki stanu drzew miejskich prowadziłam jako wykonawca oraz koordynator zadań we wspomnianych projektach Life+(Załącznik 3, pkt. II, pkt. 9, poz. 7, 20), jak również w grantach w projekcie „Działaj w Zielone – Program inicjatyw lokalnych”, „Aleje Zalesia Dolnego”, „Drzewo To Jest Dom” Programu Priorytetowego „Edukacja ekologiczna” finansowanego z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Warszawie (2015), projekcie pt. „Zoom na zielen” realizowanym w ramach Programu Fundusz Inicjatyw Obywatelskich, projekcie „Monitoring Pomników Przyrody w Gminie Miasto Marki” oraz projekcie: „Na straży drzew. Zarządzanie zielenią w miastach Polski” w ramach Programu Funduszu Inicjatyw Obywatelskich (2016) (Załącznik 3, pkt. II, pkt. 9, poz. 17, 18, 19).

Ponadto uczestniczyłam w grantach edukacyjnych, przykładowo w projekcie edukacyjnym „Zieleń i Kropka Lokalnie” Zarządu Zieleni Miejskiej skierowanym do urzędników oraz firm branżowych i nastawionym na wypracowanie dobrych praktyk i standardów zarządzania zielenią w Warszawie (Załącznik 3, pkt. II, pkt. 9, poz. 23, 24).

Bardzo ważnym etapem mojego rozwoju było uczestnictwo w programach Komisji Europejskiej COST Action, zwłaszcza projektu STReESS - *Studying Tree Responses to extreme Events: a Synthesis* w latach 2012 – 2016. W ramach tego projektu uczestniczyłam w wyjeździe post-doc (w ramach *Short Term Scientific Mission – STMS*) w UMR BIOGECO INRA-UB, University w Bordeaux. Tematem badań w ramach mojego pobytu w instytucie był „*Intra specific variability of cavitation resistance in European beech*”, którego efektem był mój artykuł w piśmie *Tree Physiology* w 2017 roku (H1). Brałam udział w dwóch innych projektach COST, w tym w „*Urban Agriculture Europe*”, gdzie uczestniczyłam w tygodniowym wyjeździe szkoleniowym do Malmo, Szwecja, w listopadzie 2012 roku (Załącznik 3, pkt. II, pkt. 9, poz. 6, 8).

Udział w konferencjach i seminariach naukowych - wygłoszone referaty

W czasie mojej pracy uczestniczyłam w 99 konferencjach i seminariach (z czego 88 po uzyskaniu stopnia doktora), gdzie prezentowałam wyniki moich badań. Czternaście wystąpień było w języku angielskim (w liczbie tej znajdują się dwa postery na konferencjach zagranicznych). Referaty dotyczyły kształtowania zielonej infrastruktury, m.in. czynników stresowych oddziałujących na żywotność drzew na terenie budowy, zastosowania technicznych metod rozwiązywania kolizji w zakresie sadzenia drzew na sieciach, zastosowania mieszanki kamienno-glebowej i wodoprzepuszczalnych nawierzchni oraz usług ekosystemów, w tym małej retencji. W moich prezentacjach poruszałam zagadnienia różnorodności biologicznej, zrównoważonego rozwoju i zarządzania rezyliencyjnego na terenie miast w kontekście zielonej infrastruktury. Ponadto szeroko prezentowałam zagadnienia dotyczące metod i wyników badań w zakresie oceny statyki i diagnostyki drzew, pielęgnacji, wyceny wartości oraz zarządzania drzewami na terenach miejskich. Szczególną uwagę poświęcałam bazom danych dotyczących drzew (tzw. kataster drzew).

Część moich wystąpień dotyczyła nowoczesnych technologii wspomagających kształtowanie terenów zieleni i zachęcających do ich użytkowania, a przez to do poprawy komfortu życia i swojego stanu zdrowia. Ważnymi zagadnieniami w moich wystąpieniach były kwestie poprawy bezpieczeństwa poruszania się po drogach alejo-

wych. Tematyka ta rozpoczęła się na konferencji „Wizja Zero dla Polskich Alej, poprawa bezpieczeństwa ruchu na drogach obsadzonych drzewami” w grudniu 2015 roku. W sesji, której byłam moderatorem, dyskutowano w szerokim interdyscyplinarnym gronie kwestie bezpieczeństwa na drogach w kontekście drzew.

Kontynuacją tematu bezpieczeństwa na drogach były późniejsze moje wystąpienia dotyczące samoobjaśniających dróg i sposobów zmniejszania ryzyka związanego z drzewami rosnącymi przy drogach. Kwestie te również studiowałam jako *guest resercher* w 2017 roku na stażu w BAST, w wydziale *Traffic Engineering*, sekcji *Environmental Protection*, w Bergisch Gladbach (Niemcy). Zestawienie wystąpień przedstawiłam w Załączniku 3, pkt. II, pkt. 7.

Doskonalenie zawodowe

Wprowadzenie metody *Visual Tree Assessment (VTA)* oraz bezinwazyjnej metody endoterapii drzew *ArborJet* do Polski umożliwiły współpracę z fitopatologiem, dr Davide Baridonem w ramach stażu i wizyt studyjnych w Turynie. Uzupełnieniem mojej wiedzy w zakresie oceny statyki drzew były szkolenia *Quantified Tree Risk Assessment (QTRA)* w Londynie w 2013 roku oraz prowadzone pod kierunkiem profesora Dirka Dujesifkena kursy *Baumkontroll-Seminar*, w których uczestniczyłam w Hamburgu w 2013 i 2014 roku oraz kurs organizowany przez Petera Wohllebena, „Sekretne życie drzew” w Wald Akademie (Huemmel, Niemcy) we wrześniu 2017 roku. Wymienione wyjazdy stanowiły zasadniczą bazę do opracowania założeń, a następnie efektywnego wdrożenia podstawowej diagnostyki drzew w programie Drogi dla Natury. Natomiast Kongres Diagnostyki Drzew, organizowany przez Instytut Drzewa w roku 2018 i warsztaty dr Dunkana Slatera pozwoliły na nowe spojrzenie na rozwidlenia przewodników i ocenę ryzyka z nimi związanego, warsztat biomechaniki drzew prowadzony przez prof. Franka Rinna (Rinntech) na lepsze zrozumienie budowy drzewa i wielkości ubytków na statykę drzew (*Załącznik 2, pkt. III, pkt. 8.3, tab. 5*).

VII. Sumaryczne zestawienie dorobku

Mój dorobek naukowy obejmuje 230 pozycji, w tym powiązaną tematycznie serię sześciu artykułów deklarowanych jako rozprawa habilitacyjna. **Recenzowane publikacje** to 113 pozycji. W przypadku 192 pozycji składających się na mój dorobek publikacyjny występuję jako pierwszy lub jedyny autor (tab. 1). Po otrzymaniu stopnia doktora opublikowałam 99 prace poddane recenzjom. Spośród prac wymienionych po doktoracie, 55 to oryginalne artykuły naukowe, w tym 24 w języku angielskim (dwadzieścia dwa z nich znajduje się w bazie Journal Citation Reports (JCR)). Jestem autorką 47 rozdziałów w recenzowanych **monografiach** naukowych (z czego pięć angielskojęzycznych i cztery rosyjskojęzyczne oraz trzynaście rozdziałów w recenzowanych materiałach konferencyjnych, z czego siedem w języku angielskim). Z wymienionych rozdziałów 42 powstało po doktoracie. Na konferencjach i seminariach przedstawiłam 99 doniesień (82 referaty oraz 14 wykładów, w tym 49 zamawiane oraz 3 postery), z czego 88 po uzyskaniu stopnia doktora. Na mój dorobek naukowy składa się również 9 **standardów**, z czego sześć wprowadzone zostały uchwałami prezydentów lub rady miasta jako lokalne prawo, 35 **artykułów popularnonaukowych**. Ponadto jestem autorem ponad 41 **ekspertyz** zamówionych przez jednostki samorządu, 9 dokumentów aplikacyjnych finansowanych z UE. W ponad 5 projektach opracowywałam specyfikacje pozwalające na wdrożenie w strefach ochronnych drzew nawierzchni na mieszankach kamienno-glebowych, zastosowaniu porowatych nawierzchni (rozwiązaniu kolizji pomiędzy systemem korzeniowym a nawierzchniami)

czy bezkolizyjnym z systemem korzeniowym montażem instalacji podziemnych oraz prowadziłam doradztwo projektowe w tej tematyce. Jestem również autorem lub współautorem ponad 48 **projektów** z zakresu architektury krajobrazu, znaczna część projektów polegała na rozwiązywaniu kolizji pomiędzy infrastrukturą a drzewami. Większość moich oryginalnych prac badawczych oraz materiały z konferencji publikowane było w języku angielskim w takich czasopismach jak: *Tree Physiology, Sustainability, Forests, Land, Urban Forestry and Urban Greening, PeerJ, PlosOne, International Journal of Environmental Research and Public Health, Annals of Warsaw University of Life Science–SGGW Horticulture and Landscape Architecture, Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Seria Oeconomica, Ecological questions, Bulletin of Geography. Socio–Economic Series, Ekonomia i Środowisko, Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego, Przestrzeń i Forma*. Artykuły w języku polskim opublikowano w takich czasopismach jak: *Człowiek i Środowisko, Drogownictwo, Inżynieria Ekologiczna* oraz *Aura*.

Przyjmując rok opublikowania oraz system punktowy wg MNiSW jako kryterium oceny, mój dorobek naukowy wynosi 1992 punkty. W bazie Web of Science znajduje się 131 cytowań moich prac, mój Indeks Hirscha wynosi 6. Sumaryczny Impact Factor dla wszystkich publikacji wynosi to 34,90. Na osiągnięcie naukowe przypada dodatkowo 490 punktów. Łączna liczba punktów bez uwzględnienia punktów za osiągnięcie naukowe to 1502. Pełny wykaz prac zamieściłam w załączniku nr 3.

Tabela 1. Zestawienie dorobku publikacyjnego wg kolejności autorów

Lp.	Rodzaj publikacji	Samodzielne	Współautor		Razem
			1	2 lub kolejny	
1	2	3	4	5	6
1.	Oryginalne prace twórcze – lista A MNiSzW, publikacje w czasopismach wyróżnionych w <i>Journal Citation Reports</i>	-	5	7	12
2.	Oryginalne prace twórcze – lista B MniSzW	11	30	6	47
3.	Monografie	3	2	4	9
4.	Rozdziały w monografiach	16	12	3	31
5.	Publikacje w recenzowanych wydawnictwach konferencyjnych: a) konferencje międzynarodowe b) konferencje krajowe	- 3	5 3	2 3	7 9
6.	Streszczenia, abstrakty w: a) materiałach konferencji międzynarodowych b) materiałach konferencji krajowych	3 55	5 7	4 5	12 67
7.	Publikacje popularnonaukowe i publikacje w czasopismach branżowych a) artykuły branżowe (29) b) popularnonaukowe (6)	24	8	4	36
Publikacje ogółem		115	77	37	230

Podczas pracy naukowej **kierowałam** dwoma projektami finansowanymi przez PARP oraz jednym projektem finansowanym przez Województwo Podlaskie. Obecnie realizuję grant z Inkubatora Innowacyjności 4.0. MNiSW Ponadto byłam **głównym wykonawcą** w jednym projekcie badawczym i wykonawcą w kolejnym finan-

sowanym przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Byłam również **wykonawcą** w trzech projektach współfinansowanych przez Unię Europejską, w tym w dwóch projektach Life+ i w trzech projektach COST Action. Pracowałam też w trzech projektach Ministerstwa Infrastruktury i w czterech projektach Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Warszawie oraz w pięciu grantach edukacyjnych wspierających inicjatywy społeczne, jak m.in. granty Ministerstwa Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej, czy w ramach Programu Fundusz Inicjatyw Obywatelskich. Ponadto byłam beneficjentem stypendium Województwa Mazowieckiego (*Załącznik nr 3; pkt. II. pkt. 9*). **Kierowałam** również wieloma pracami zleconymi, w tym dwoma kluczowymi dot. wyceny usług ekosystemowych oraz opracowania współczynnika różnorodności biologicznej dla m. st. Warszawy (*Załącznik nr 3; pkt. III. pkt. 5, poz. 39 i 40*).

Jako **promotor pomocniczy** prowadziłam jeden obroniony doktorat oraz promotorstwo obronionych 64 prac dyplomowych: 28 magisterskich i 36 inżynierskich na Wydziale Ogrodnictwa, Biotechnologii i Architektury Krajobrazu, Wydziale Ogrodnictwa i Biotechnologii oraz Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska SGGW w Warszawie. Obecnie jestem promotorem pomocniczym doktoratu realizowanego w Szkole Doktorskiej SGGW. Odbyłam też cztery **staże zawodowe** oraz liczne wizyty studyjne i **szkolenia**.

W dalszej pracy planuję badania dotyczące drzew jako kluczowego komponentu zielonej infrastruktury w zakresie: (i) pogodzenia zarządzania różnorodnością biologiczną a koniecznością zarządzania ryzykiem powodowanym przez drzewa miejskie, (ii) kontynuowanie prac w zakresie dopracowania systemów antykompresyjnych do sadzenia drzew w miastach oraz (iii) wycena usług ekosystemowych i wartości drzew w środowisku miejskim, zwłaszcza w kontekście redukcji emisji CO₂.

Warszawa, 13 07 2022
data

.....
podpis habilitanta