

AUTOREFERAT

Opis osiągnięcia naukowego i dorobku oraz osiągniętych wyników
wraz z omówieniem ich wykorzystania

dr Monika Sporek

Uniwersytet Opolski

Opole 2019

Imię i Nazwisko: Monika Sporek

POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE

24.06.1999 **doktor nauk biologicznych w dyscyplinie biologia**

Wydział Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Wrocławski

Promotor: dr hab. Kazimierz Sporek, prof. PO

Recenzenci: prof. zw. dr hab. Tadeusz Przybylski (Instytut Dendrologii PAN w Kórniku) prof. zw. dr hab. Jan Sarosiek (Instytut Botaniczny, Uniwersytet Wrocławski)

Tytuł pracy doktorskiej: „Struktura biomasy fitocenozy sośniny jako funkcja zagęszczenia populacji”

12.06.1996 **magister ochrony środowiska**

Wydział Matematyki, Fizyki i Chemii, Uniwersytet Opolski,

Promotor: dr Maria Śmigiełska

Tytuł pracy magisterskiej: „Stan zachowania i możliwości turystycznego wykorzystania parków podworskich gminy Byczyna”

DODATKOWE WYKSZTAŁCENIE

1996-1997 **Uniwersytet Gdański**, Studia podyplomowe w zakresie Pomiaru Dydaktycznego i Egzaminowania

1996-1997 **Politechnika Opolska**, Studia podyplomowe w zakresie Informatyki w Procesach Edukacyjnych

INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH:

od 1.10.1996 **Uniwersytet Opolski**

- asystent w Instytucie Biologii i Ochrony Środowiska, Katedrze Ekologii i Ochrony Przyrody na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii (1.10.1996-31.09.1999)

- adiunkt w Instytucie Biotechnologii na Wydziale Przyrodniczo – Technicznym (wcześniejsza nazwa Katedra Ekologii i Ochrony Przyrody, następnie Katedra Biotechnologii i Biologii Molekularnej) (1.10.1999 – nadal)

OSIĄGNIĘCIE BĘDĄCE PODSTAWĄ UBIEGANIA SIĘ O STOPIEŃ DOKTORA HABILITOWANEGO

Jako osiągnięcie wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.) **wskazuję pracę monograficzną:**

Sporek M. 2018. Powierzchnia listowia sosny zwyczajnej jako funkcja struktury populacji. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, ss. 208, tab. 59; ryc. 26; fot. 12. ISBN 978-83-01-20366-5.

Recenzenci:

Prof. zw. dr hab. Aleksandra Samecka-Cymerman (Uniwersytet Wrocławski, Wydział Nauk Biologicznych, Katedra Ekologii, Biogeochemii i Ochrony Środowiska)

Prof. zw. dr hab. inż. Józef Suliński (em. prof. Wydziału Leśnego Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Katedra Inżynierii Leśnej).

OMÓWIENIE CELU NAUKOWEGO WW. PRACY I OSIĄGNIĘTYCH WYNIKÓW WRAZ Z OMÓWIENIEM ICH EWENTUALNEGO WYKORZYSTANIA

Cel i zakres badań naukowych

Monografia pt. „Powierzchnia listowia sosny zwyczajnej jako funkcja struktury populacji” (poz. II.5) jest kompleksowym opracowaniem o charakterze interdyscyplinarnym prezentujących wyniki własnych 20-letnich badań. Jest to kontynuacja i rozszerzenie koncepcji rozprawy doktorskiej. Prowadzone eksperymenty, pod względem merytorycznym obejmują problematykę takich kierunków badań, jak ekologia populacyjna, ekosystemów leśnych czy ekologia matematyczna. Analizę statystyczno-matematyczną przeprowadzono w oparciu o oryginalne wyniki badań terenowych i laboratoryjnych.

Celem pracy było określenie zależności między zagęszczeniem drzew w monokulturach sosnowych a innymi jej cechami strukturalnymi (taksacyjnymi) oraz czynnikami ekologicznymi. Produkcja biomasy roślin jest funkcją powierzchni asymilacyjnej, dlatego wielkość aparatu asymilacyjnego znajduje się w tym programie badawczym w głównym nurcie dociekań, gdyż zasadniczo wpływa na cechy strukturalne drzewostanu i jego produkt finalny – biomasę. Równorzędnym – jeśli nie pierwszorzędnym – czynnikiem decydującym o wielkości produkcji biomasy, obok powierzchni asymilacyjnej igliwia, jest dostępność wody zarówno glebowej, jak i pochodzącej z opadów atmosferycznych, pokrywającej wielkość transpiracji w okresie wegetacyjnym. Istotą sprawy jest określenie ilości wody znajdującej się w ryzosferze w kontekście relacji transpiracja drzewostanu a zapas wody w glebie. Na pytanie, jakie to są zależności, poszukiwano odpowiedzi, przeprowadzając badania na licznych stanowiskach zajmowanych przez drzewostany sosnowe. Badania w ekosystemach leśnych muszą być dostosowane do powolnego tempa procesów zachodzących w lesie. Trudno znaleźć kilka wystarczająco dużych i wystarczająco blisko siebie położonych płątów lasu, które różniłyby się tylko jednym, wybranym do badań czynnikiem, na przykład wiekiem drzew, mikroklimatem czy podłożem mineralnym. W doświadczalnictwie stajemy zawsze przed problemem wyboru wielkości pól doświadczalnych. Jeżeli wybierzemy duże pole, to uzyskamy wyższą dokładność, ale stracimy na jednolitości siedliska. Jeżeli wybierzemy małe pole, to zyskamy na jednolitości siedliska, ale obniżymy dokładność, zatem i pewność wyników. W prowadzonych badaniach wytypowano małe, ale liczne stanowiska doświadczalne, łącząc postulaty dokładności wyników i jednolitości siedlisk. Zatem, szczegółowe prace badawcze prowadzono na 8 obiektach doświadczalnych obejmujących 130 stanowisk oraz 3298 drzew modelowych. Przedmiotem badań - (w latach 1996–2016) - były monokultury sosnowe w wieku od 9 do 70 lat, położone na siedlisku boru mieszanego świeżego (BMśw.) w Borach Niemodlińskich i Borach Stobrawskich. Wszystkie powierzchnie doświadczalne zostały trwale oznaczone i wyłączone z zabiegów gospodarczych na okres badań, tj. od 1996 do 2016 roku. Dla każdej z powierzchni wyznaczono otuliny w odległości jednej średniej wysokości drzewostanu w bezpośredniej odległości od obiektu doświadczalnego. Wszystkie drzewa na gruncie oznaczono tabliczkami znamionowymi, przypisując im numerację odnotowaną w raptularzach pomiarowych. Położenie każdego drzewa naniesiono na układ współrzędnych, co ułatwiło rejestrowanie wydzielania się drzew, przeprowadzenie pomiarów, gromadzenie danych oraz planowanie cięć pielęgnacyjnych (ryc. 8; str. 31).

Najdłuższy cykl obserwacji (21 lat) prowadzono na powierzchni doświadczalnej założonej w Borach Niemodlińskich. Obiekt ten o powierzchni 0,25 ha wyznaczono w

Nadleśnictwie Tułowice, Leśnictwie Przechód, oddziale 141b. Powierzchnię doświadczalną założyła autorka niniejszej pracy (Ebiś 2001) celem wykonania badań na potrzeby rozprawy doktorskiej. Zakres prac od tego czasu na tej powierzchni został znacznie poszerzony, rozpoczęto drugi cykl pomiarów terenowych obejmujący 19-letni okres badawczy (1998–2016). Dotychczas zdobyte informacje zostały znacznie wzbogacone o nowe dane empiryczne. Prowadzone badania rozszerzono, zakładając kolejne powierzchnie doświadczalne zachowując identyczny tok postępowania przy ich wyborze, oznaczeniu i poborze drzew modelowych oraz wykonywaniu pomiarów biometrycznych. Wszystkie stanowiska badawcze znajdowały się na siedlisku BMśw., jednak różniły się wiekiem były to: 9-, 12-, 18-, 20-, 35-, 46-, i 70-letnie drzewostany (tab. 1; str. 30).

Z pozyskanych danych wyłoniono główną powierzchnię doświadczalną składającą się z 75 stanowisk, gdzie czynnikiem różnicującym przyrost biomasy drzewostanu sosnowego była ilość dostępnej wody w glebie, a wspólnym mianownikiem typ siedliskowy – bór mieszany świeży oraz wiek drzewostanu, obliczony na 70 lat. W pracy wielokrotnie są przywoływane dane empiryczne z pozostałych obiektów doświadczalnych autorki, jednak trzon opracowania stanowi 70-letnia monokultura sosnowa, zlokalizowana w Nadleśnictwie Olesno, Leśnictwie Osiecko, oddziale 219b (ryc. 23; str. 103).

Wielkość, budowa i kształt koron drzew w głównej mierze wpływają na rozmiar i efektywność asymilacji, decydując o przebiegu wzrostu drzew. Z punktu widzenia gospodarki leśnej najistotniejsza jest ta część produktu asymilacji, która prowadzi do zwiększenia wymiarów drzew, a tym samym wzrostu ich wartości użytkowej. O przyroście miąższości drzew będzie decydowała zatem powierzchnia i wydajność aparatu asymilacyjnego.

O żyzności gleby w stosunku do wymagań poszczególnych gatunków drzew decydują jej skład mechaniczny, skład chemiczny oraz właściwości fizyczne i biologiczne gleb. Znajomość składu granulometrycznego (tekstury) gleby jest niezbędna do określenia jej zdolności produkcyjnej. Zatem stopień rozdrobnienia masy glebowej przyjmuje się jako jedno z ważniejszych kryteriów leśnego wartościowania gleb. Zdolność produkcyjną siedliska opisano, korzystając z trzech modeli: modelu B jako funkcji wilgotności gleby, modelu (\bar{D}) jako średniej efektywnej średnicy ziaren glebowych, modelu \tilde{A} będącego wskaźnikiem interakcji kationowej, który obliczono na podstawie oznaczonych zawartości kationów wymiennych; Ca, K, Na, Mg, fosforu (P) oraz glinu wymiennego (Al) oraz modelu H_s (wysokość średnia drzew w standardowym wieku s) jako miernika zdolności produkcyjnej siedliska.

Na podstawie obliczeń za pomocą modeli (B, \tilde{A}, H_s) nie stwierdzono istotnych różnic siedliskowych na wytypowanych stanowiskach (1, 5, 35, 41, 65), uznając je za porównywalne. Wskaźnik interakcji kationowej \tilde{A} kształtuje się od 1,67 do 1,89; zbliżone wartości na poszczególnych działkach przyjmuje także wskaźnik B – od 0,84 do 0,91. Wysokość drzewostanu w standardowym wieku s ($s = 35$ lat) na poszczególnych działkach również jest zbliżona i przyjmuje wartości od $H_s = 9,29$ m do $H_s = 11,02$ m (tab. 5).

Różnicowanie zapasu wody w glebach leśnych jest uwarunkowane wieloma czynnikami. W celu wykonania obliczeń zapasu wody w profilu pobrano próby gleby o nienaruszonej strukturze z 5 głębokości (w równych odstępach co 50 cm, ostatnia próba na głębokości 200 cm). Cykl obejmował pobór prób ze wszystkich 75 działek raz w miesiącu przez okres dwóch lat. W pracy zestawiono wyniki i porównano zapas wody w poszczególnych

warstwach profili na 5 stanowiskach (działkach), które stanowią trzon prowadzonych analiz (tab. 6, ryc. 11). Ze względu na ukształtowanie terenu (ryc. 10) ilość wody zgromadzonej w profilach glebowych jest zróżnicowana. To zróżnicowanie przekłada się na zróżnicowanie osobników w populacji. Przejawem tego zróżnicowania są cechy taksacyjne – takie jak wysokość, pierśnica oraz wielkość koron wyrażona długością, masą igliwia, jego powierzchnią a także ilość wody zgromadzonej w poszczególnych organach. Badany drzewostan jednogatunkowy składa się z elementów biologicznie nierównowartościowych. Ta zmienność nadaje badanemu drzewostanowi charakterystyczną strukturę, zwaną strukturą biologiczną.

Rozpiętość biomasy dla wytypowanych 5 drzew modelowych 70-letniej sośniny wynosiła 87%. Drzewo o największej biomasy ważyło 586 kg (św.m.), natomiast o najmniejszej – zaledwie 77 kg (św.m.). Największy udział w biomasy 70-letniego drzewostanu stanowiła masa strzały – 88%, a następnie gałęzi – 8,37% i igliwia – 3,63%. Podobny udział poszczególnych sortymentów w ogólnej biomasy części nadziemnej odnotowano dla 46-letniego drzewa modelowego, gdzie strzała stanowiła 83,5%, gałęzie – 12% i igliwie – 4,5% (tab. 26). Logicznym następstwem pomiaru pierśnicy i wysokości oraz liczby kształtu było uzyskanie objętości strzały (pnia) sosny. Do obliczenia objętości gałęzi, ze względu na nieregularne kształty, które nie pozwalają na zastosowanie modeli stereometrycznych posłużono się metodą pośrednią. Metoda ta polegała na ważeniu całych drzew łącznie z gałęziami i igliwem oraz wykonaniu sekcyjnego pomiaru objętości i masy pnia. Z proporcji między masą pnia i jego objętością a masą gałęzi obliczono objętość gałęzi po uprzednim skorygowaniu różnic wynikających z gęstości drewna pnia i gałęzi. Na kanwie tych właśnie powiązań obliczono świeżą masę igliwia modelem, wynik obliczeń poddano sprawdzeniu z rzeczywistą świeżą masą zważoną na poszczególnych drzewach modelowych. Uzyskano wysoką zgodność rzeczywistej masy igliwia z obliczoną masą wyprowadzonym modelem (38; str. 151).

Przesłanką przyjętego sposobu postępowania było zbadanie dokładności formuł stereometrycznych do obliczenia masy igliwia na podstawie cech taksacyjnych. Metoda ta opiera się na założeniu, że przy tym samym sortymencie objętość całości ma się tak do objętości próby, jak masa całości do masy próby.

Omówienie osiągniętych wyników

Osiągnięciem niniejszej pracy są cztery modele ekologiczne (formuły matematyczne) zbudowane na łatwo dostępnych cechach taksacyjnych z możliwością ich wykorzystania do obliczenia strat produkcyjnych w leśnictwie wynikających z redukcji powierzchni asymilacyjnej sosny zwyczajnej. Ubytek powierzchni asymilacyjnej może nastąpić w wyniku gradacji owadów, suszy atmosferycznej, zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego czy przegęszczenia drzewostanu itp.

Model świeżej masy igliwia

Pierwszy model pozwala na obliczenie całkowitej świeżej masy igliwia dla pojedynczych drzew sosny zwyczajnej w oparciu o takie cechy taksacyjne jak: wysokość, pierśnica, średnica d_0 , oraz długość korony drzewa.

Wyprowadzony model do obliczenia masy igliwia [kg] przyjmuje postać:

$$M_l = \delta \cdot [\alpha \cdot d^\beta \cdot (H - 1,3)^\gamma]^\varepsilon \cdot \left[\frac{H^*}{(\pi \cdot d_0 \cdot H)^{0,25}} \right] \quad (38)$$

gdzie:

M_l – całkowita świeża masa igliwia na pojedynczej sośnie [kg], d – pierśnica [m], d_0 – średnica w szyi korzeniowej [cm] (pierśnica w cm powiększona o 1,7 cm), H – wysokość drzewa [m], H^* – długość korony drzewa [m],

wartości współczynników korygujących (za Sulińskim 1993): α – 1,43; β – 1,96; γ – 0,60
wartości współczynników korygujących dla całkowitej masy igliwia: δ – 32,98; ε – 0,63
w kulminacji i powyżej kulminacyjnego przyrostu wysokości.

Przyjęta konstrukcja modelu oparta jest na pomiarach taksacyjnych drzewa wykonywanych powszechnie w gospodarce leśnej. Podstawą do wyliczenia masy igliwia jest suma objętości strzały i gałęzi oraz długość korony drzewa, która to długość korony jest funkcją zagęszczenia w jakim wzrastał osobnik sosny w drzewostanie. Czynniki zagęszczenia pełni jednocześnie rolę współczynnika korygującego w modelu, jest to obliczona wartość psi (Ψ) (równanie 22 str. 150), która jest miernikiem normalności struktury piętra drzew.

Budowa modelu masy igliwia została poprzedzona pomiarem (zważeniem igliwia) na uprzednio wybranych drzewach modelowych (w wieku od 9 do 70 lat) gdzie po ścięciu 73 modeli obierano igliwie z całych koron. Ta metoda nie jest powszechnie stosowana w ekologii z uwagi na pracochłonność szczególnie w starszych drzewostanach o silnie rozbudowanych koronach. Jednak uznano, że bezpośredni pomiar masy igliwia z całych koron przyczyni się do dokładności wyprowadzonego modelu. Wykonane pomiary pozwoliły, po obliczeniu współczynników korekcyjnych z uwzględnieniem zagęszczenia drzewostanu sosnowego na zweryfikowanie sprawności formuły matematycznej do obliczenia masy igliwia w koronach sosen. Pozyskane dane z pomiarów rzeczywistych drzew modelowych zostały wykorzystane do odwzorowania wielkości masy igliwia w stosunku do objętości strzały i gałęzi pozostałych pojedynczych drzew, znajdujących się na badanych stanowiskach. Badany przyrost masy igliwia jest wielkością zależną od zajmowanej pozycji drzewa w drzewostanie, od cech taksacyjnych, zagęszczenia oraz dostępności wody. W zależności od zajmowanego stanowiska osobników masa igliwia była silnie zróżnicowana. Dla badanych drzew w wieku 70 lat rozpiętość ta wynosiła od 1,57 do 22,86 kg na pojedynczym drzewie (tab. 29–33), zaś obliczona populacyjna masa igliwia kształtowała się odpowiednio: 18,6, 13,1, 11,5, 7,9, 6,9 t/ha (tab. 34). Na tak znaczne zróżnicowanie masy igliwia wpływała przede wszystkim ilość dostępnej wody w profilu glebowym w okresie wegetacyjnym oraz zagęszczenie populacji, które decydowało o długości korony drzewa. Do pełnego scharakteryzowania masy igliwia w badanych drzewostanach zastosowano miary zmienności – rozproszenia, które dla całej populacji kształtowało się na poziomie 54% (tab. 35).

Istotne a zarazem trudne jest poszukiwanie przyczynowości zróżnicowania masy igliwia w poszczególnych koronach drzew, ponieważ objętość drewna (strzały i gałęzi) nie zawsze była skorelowana z masą igliwia w koronach. Z cech taksacyjnych wyodrębniono długość korony drzewa, która jak się okazało dobrze była skorelowana z masą igliwia mimo równoległego oddziaływania innych czynników zaburzających tą prawidłowość, jak na przykład żer owadów. Nie mniej jednak zmienność długości korony poszczególnych drzew skutkuje zmianą masy i powierzchni asymilacyjnej. Następnym

długości korony drzewa w chwili pomiaru są związki między zaszłościami poprzedzającymi jej budowę, na przykład korona zbudowana z 23 okółków kształtowana jest w 23-letnim okresie życia tego drzewa. W tak długim okresie kształtowania się korony nie wiemy, co jest przyczyną a co skutkiem jakiegoś układu zdarzeń mającego wpływ na utrzymującą się masę igliwia, zwłaszcza gdy przyczyny mogą być liczne i różnorodne, na przykład masowy pojaw foliofagów czy susze atmosferyczne. Doświadczenie było prowadzone na osobnikach losowo wybranych według rozkładu statystycznego, materiał doświadczalny był jednorodny a sposób zbierania danych był jednakowy na wszystkich powierzchniach.

Modele powierzchni igliwia, transpiracji i przyrostu objętości drewna wprowadzone z masy igliwia.

Model powierzchni igliwia

Powierzchnię igliwia należy uznać za jeden z najważniejszych parametrów oceny koron drzew, odgrywający kluczową rolę w procesach ekofizjologicznych. Powierzchnia igliwia jest jedną z mierzalnych cech struktury osobników i podlega złożonym procesom biologicznym jakie zachodzą w badanych ekosystemach. Analizowano cechy indywidualne igliwia w obrębie koron ściętych drzew modelowych takie jak długość igliwia, jego masę oraz powierzchnię (tab. 36). Szczegółowa analiza struktury długości igliwia i ich masy wykazały zróżnicowanie przejawiające się ich rozdrobnieniem w zależności od położenia w koronie oraz zajmowanej pozycji drzewa w drzewostanie. Ta sama masa igliwia miała różną powierzchnię asymilacyjną. Zróżnicowanie powierzchni 1 g igieł sosny sięgało ponad 57% (tab. 43, kol. 4). Stąd iloraz masy do powierzchni był wyższy dla drzew dominujących a niższy dla drzew opanowanych w drzewostanie. Takie zróżnicowanie igliwia dostrzeżono również w obrębie korony drzewa (tab. 37).

Wyprowadzony model do obliczenia powierzchni asymilacyjnej przyjmuje postać:

$$P_l = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{\phi} \quad (39)$$

P_l – powierzchni igliwia [m^2/ha]; M_i - masa igliwia w kg uzyskana z 1ha powierzchni sośniny na BMśw.; ϕ - 0,221 – współczynnik przeliczeniowy ustalony empirycznie.

Wyprowadzony model (P_l) pozwala na obliczenie powierzchni asymilacyjnej igliwia dla pojedynczych drzew sosny zwyczajnej w oparciu o obliczoną modelem masę igliwia (M_i). Przejście z masy na powierzchnię uzyskano po obliczeniu współczynnika przeliczeniowego ϕ . Zatem powierzchnia igliwia jest ilorazem masy i obliczonego dla sośniny współczynnika z danych empirycznych (tab. 37; str. 128). Budowa modelu powierzchni igliwia wymagała analizy struktury igliwia drzew modelowych (tab. 36; str. 127) reprezentujących rozkład statystyczny badanych drzewostanów sosnowych.

Pomiar długości igieł wykonano w próbie losowej bez rozgraniczenia na garnitury ze ściętych drzew modelowych dla każdego okółka oddzielnie. Takich pomiarów długości igliwia w 70-letnim drzewostanie sosnowym wykonano 18800 (analogiczne pomiary wykonano w pozostałych drzewostanach). Dla pogrupowanych długości igliwia obliczono powierzchnię asymilacyjną dla poszczególnych okółków a następnie całej korony. W końcowym etapie prac obliczono powierzchnię igliwia dla drzewostanów w wieku od 9

do 70 lat, której wielkość wynosi od 31351 m²/ha do 123399 m²/ha (tabela 8, 38, 39). Rozpiętość powierzchni igliwia pojedynczych drzew jest znaczna i wynosiła od 10,9 m² do 94,3 m² w 70-letnim drzewostanie. Dla drzew modelowych w wieku 9-lat wynosiła 0,49–73,16 m², a dla drzew w wieku 12 lat 2,83–40,0 m². Z kolei dla 46 letniego drzewa modelowego obliczona powierzchnia wynosiła 113,83 m². W tabeli 36 podano przykład obliczenia powierzchni igliwia dla 9 okółka drzewa modelowego nr 2, drzewa o największych parametrach taksacyjnych w badanym zbiorze. Pomierzona powierzchnia igliwia tego okółka wynosi 3,07m². Na wielkość tą składa się suma powierzchni pojedynczych szpilek, które zgrupowano w 11 klasach długości. Na podstawie tak przyjętej procedury zebrano i uporządkowano materiał, który umożliwił wyznaczenie współczynnika przeliczeniowego ϕ , przejścia z masy igliwia na jego powierzchnię.

Model transpiracji

Transpiracja pozostaje w zależności funkcyjnej do powierzchni igliwia oraz jej czasu trwania to jest do liczby godzin widnych w sezonie wegetacyjnym. Wyprowadzony model do obliczenia transpiracji z powierzchni igliwia przyjmuje postać:

$$T = P_l \cdot \omega \quad (40)$$

T – transpiracja w tonach na hektar w sezonie wegetacyjnym z powierzchni igliwia; P_l – powierzchnia igliwia [m²/ha]; ω - 0,107118 współczynnik przeliczeniowy

Model transpiracji (T) jest iloczynem powierzchni igliwia i współczynnika przeliczeniowego ω , który pozwala na obliczenie transpiracji w sezonie wegetacyjnym dla pojedynczych drzew i całych drzewostanów sosny zwyczajnej w tonach na hektar w sezonie wegetacyjnym, bądź na dobę, tydzień czy miesiąc. Transpiracja jest jedną z najważniejszych składowych bilansu wodnego, a określenie jej wielkości jest zagadnieniem ważnym zarówno dla gospodarki leśnej, jak i dla hydrologii. Rozpoznanie transpiracji drzewostanów ma bardzo duże znaczenie w sytuacji zmian klimatycznych, których efektem będzie częstsze występowanie niedoborów wody w glebie, a w konsekwencji – ograniczenie jej dostępności dla roślin. To oczywiście wpłynie na zmniejszenie fotosyntezy i transpiracji drzewostanów, skutkując ograniczeniem przyrostu biomasy. Określenie rzeczywistych wielkości transpiracji drzew występujących na tym samym typie siedliskowym, ale znajdujących się w odmiennych warunkach mikrosiedliskowych, zajmujących różne pozycje w zbiorowisku, jest podstawą dociekań podjętych w niniejszej pracy. Wymiana gazowa roślin, odbywająca się za pośrednictwem aparatów szparkowych, jest zjawiskiem powierzchniowym, uzależnionym od stosunku powierzchni tkanek do ich masy. Im większa jest zbiorowa powierzchnia tkanek przypadająca na 1 g ich masy, tym sprawniejsza jest wymiana zarówno składników nieorganicznych i organicznych rozpuszczonych w wodzie, jak i gazów. W pracy wykazano, że w miarę rosnącego rozdrobnienia igieł sosny wzrasta ich powierzchnia przypadająca na 1g masy, a wraz ze zwiększającą się ich powierzchnią zwiększa się transpiracja (tab. 43, kolumna 6). Ekologiczne znaczenie dla pojedynczej sosny lub drzewostanu sosnowego ma ogólna powierzchnia igliwia. Im większa powierzchnia igliwia, tym intensywniej przebiega transpiracja. Przyjmując, że okres wegetacyjny rozpoczyna się w 11 tygodniu roku, a kończy w 44 tygodniu, obliczono ilość wody wytranspirowanej w poszczególnych tygodniach (tab. 40). Rozkład transpiracji sośniny w sezonie wegetacyjnym obliczono na podstawie liczby godzin widnych (3246 h),

którego kulminacja przypada na 25 czerwca w 25 tygodniu roku. W tabelach 40 i 41 przedstawiono wyniki dla pięciu wariantów doświadczenia, gdzie czynnikiem różnicującym jest powierzchnia igliwia, związana z retencją wody w profilu gleby. Odpowiednio do mniejszej powierzchni igliwia na poszczególnych stanowiskach zmniejsza się transpiracja. Tak więc ilość wytranspirowanej wody w stosunku do maksymalnej transpiracji, odnotowanej na działce 1, zmniejszyła się na analizowanych stanowiskach o 29%, 38%, 57%, a nawet 63%. Otrzymane wielkości transpiracji dla sośniny 70-letniej są zbliżone do wielkości transpiracji w badanych sośninach 12-letniej i 38-letniej co jest ściśle związane z porównywalną powierzchnią igliwia. W 12-letnim młodniku wielkość wytranspirowanej w sezonie wegetacyjnym wody wynosiła 8870 t/ha przy powierzchni igliwia równej 8,3 ha/ha, a w 38-letniej drągowinie, gdzie powierzchnia igieł wynosiła 7,2 ha/ha, średnia transpiracja osiągnęła wartość 7770 t/ha. W całym przedziale wiekowym badanych drzewostanów to jest od 9 do 70-ciu lat rozpiętość transpiracji jest znaczna bowiem minimalna wielkość wynosi 3358 t/ha/sezon wegetacyjny w wieku 70 lat (tab. 40) a maksymalna 13218 t/ha/sezon wegetacyjny w wieku 20 lat (tab. 39). W tym samym czasie zapas wody w glebie, który obliczono na podstawie pobranych prób gleby o nienaruszonej strukturze, w całorocznym cyklu, zbilansowany był z indeksem igliwia i transpiracją na badanych stanowiskach (tab. 6, 7). Transpiracja w 9-letnim młodniku sosnowym przy powierzchni igliwia 9,3 ha/ha wynosi 9977 t/ha w sezonie wegetacyjnym i jest wyższa o 10% w stosunku do drzewostanu 70-letniego, gdzie powierzchnia igliwia wynosi 8,4 ha/ha a transpiracja 8999 t/ha w sezonie wegetacyjnym.

Obliczone wielkości transpiracji z powierzchni igliwia poddano wielokierunkowej weryfikacji, w której wyniku okazało się, że na podobnym poziomie kształtuje się transpiracja obliczona z masy igliwia (tab. 42).

Model przyrostu objętości drewna

Czwarty model (ΔV) pozwala na obliczenie przyrostu objętości masy drzewnej w sezonie wegetacyjnym pojedynczych drzew lub drzewostanu sosny zwyczajnej w oparciu o powierzchnię asymilacyjną igliwia. Obliczenia przyrostu objętości masy drzewnej oparto na wydajności z m^2 powierzchni igliwia za Tirénem (1926/27) oraz obliczonej liczbie godzin widnych w sezonie wegetacyjnym. Przyrost objętości drewna w zależności od wieku i stanowiska jest silnie zróżnicowany (tab. 38, 39). Największy przyrost osiągnięto w kulminacji przyrostu wysokości w 20-letnim drzewostanie w Ib klasie wieku, który wyniósł 8,76 m^3/ha . W 70 letnim drzewostanie rozpiętość przyrostu objętości wyniosła od 2,23 do 5,96 m^3/ha . Determinowana była takimi czynnikami jak zagęszczenie czy zasób dostępnej wody w profilu gleby (tab. 41).

Równanie do obliczenia przyrostu objętości drewna (41) w sezonie wegetacyjnym jako funkcji powierzchni igliwia przyjmuje postać:

$$\Delta V = P_l \cdot \theta \quad (41)$$

ΔV – przyrost objętości drewna w m^3/ha w sezonie wegetacyjnym jako funkcja indeksu igliwia sośniny P_l – powierzchnia igliwia w m^2/ha ; θ - 0,000071, współczynnik przeliczeniowy przyrostu objętości drewna V w m^3 w sezonie wegetacyjnym na $1m^2$ powierzchni igliwia.

Wnioski

Przeprowadzone badania nad strukturą biomasy sosny zwyczajnej z uwzględnieniem zdolności produkcyjnej siedliska, w tym zapasu wody w glebie, a także określenie powierzchni igliwia decydującej o wielkości transpiracji i odkładanej biomasy pozwoliły na sformułowanie poniższych konkluzji:

1. Pomiar zapasu wody na stanowiskach doświadczalnych z 70-letnią sośniną wyraźnie wskazał na jej zróżnicowanie spowodowane ukształtowaniem terenu i ilością zgromadzonej biomasy. Dynamika zmian zapasów wody w strefie korzeniowej do 150 cm wynikała przede wszystkim z wielkości transpiracji jako funkcji powierzchni aparatu asymilacyjnego. Natomiast na zarejestrowaną różnicę w wielkości zapasów wody w całym profilu glebowym (0–200 cm) wpływ miało ukształtowanie terenu i położenie stanowisk badawczych. Największa zarejestrowana różnica zapasu wody pomiędzy stanowiskami wynosiła 40% w stosunku do stanowiska położonego najniżej (różnica wysokości 14 m).
2. Zapas wody w glebie w 40 letnim drzewostanie sosnowym (Leśnictwo Przechód) znacznie przewyższał ubytek wynikający z transpiracji. W okresie wegetacyjnym miesięczna dynamika zapasu wody kształtowała się na poziomie 2375--2831 t/ha. Natomiast średnia miesięczna transpiracja w okresie wegetacyjnym wynosiła od 825,6 t/ha/m-c (w październiku) do 1364 t/ha/m-c (w czerwcu), przy powierzchni asymilacyjnej równej 69 950 m²/ha. Nadwyżka wody w glebie może wynikać z ponad 54% redukcji masy igliwia w związku z wystąpieniem osnu gwiazdzistej.
3. Badany przyrost masy igliwia jest wielkością zależną od zajmowanej pozycji drzewa w populacji, od cech taksacyjnych, zagęszczenia i dostępności wody. W zależności od zajmowanego stanowiska osobników masa igliwia była silnie zróżnicowana. Dla badanych drzew modelowych w wieku 70 lat rozpiętość ta wynosiła 1,57– 22,86 kg na pojedynczym drzewie, zaś powierzchnia igliwia drzew modelowych zawierała się w przedziale 10,9– 94,3 m². Na tak znaczne zróżnicowanie masy i powierzchni asymilacyjnej wpływało przede wszystkim zagęszczenie populacji, które decydowało o długości korony drzewa oraz zapasie wody w profilu glebowym w okresie wegetacyjnym.
4. Populacyjna masa igliwia 70-letniej sośniny na analizowanych 5 stanowiskach wynosiła: 6,9–18,6 t/ha (tab. 34), co pozwoliło na obliczenie całkowitej powierzchni igliwia wynoszącej odpowiednio: 31 351–84 004 m²·ha⁻¹ (tab. 41). W skrajnych przypadkach różnica masy i powierzchni igliwia kształtowała się na poziomie 37%.
5. Nie stwierdzono zależności między wiekiem drzewostanu a powierzchnią igliwia. Obliczona powierzchnia dla całej badanej populacji w wieku od 9 do 70 lat wynosi od 31351 do 123399 m²/ha (tab. 8, 38, 39). Maksymalną wartość odnotowano w 20-letnim młodniku, minimalną w drzewostanie 70-letnim.
6. Wykonane pomiary masy, struktury długości igliwia i jego powierzchni w poszczególnych okółkach drzew modelowych pozwalają na określenie zmian tych parametrów w zależności od usytuowania w koronie (tab. 37).
7. Im mniejsza świeża masa 1000 par igieł, tym większa powierzchnia igieł w przeliczeniu na 1 gram świeżej masy i odwrotnie – im większa świeża masa 1000 par igieł, tym mniejsza powierzchnia igieł w przeliczeniu na 1 gram świeżej masy. Zatem do obliczenia wydajności igliwia niewątpliwie dokładniejszą miarą jest jego powierzchnia niż masa.
8. Korzystając ze wskaźników przeliczeniowych zamieszczonych w literaturze, obliczono wielkość transpiracji na podstawie powierzchni igliwia. Średnia

transpiracja 70-letniej sośniny w sezonie wegetacyjnym (3246 godzin widnych) wynosi 5621 t/ha. Rozpiętość dla tego drzewostanu wynosi od 3358 do 8999 t/ha (336–900 mm). Badania porównawcze przeprowadzone w młodszych drzewostanach (9-, 12-, 18-, 20- i 35-letnich) wskazują, że uzyskana transpiracja dla 9-letniego młodnika w wysokości 9977 t/ha (998 mm) jest porównywalna z transpiracją młodnika 20-letniego i wyższa od transpiracji drzewostanu 70-letniego. Porównywalne wielkości uzyskano, obliczając transpirację z masy igliwia.

9. Wysokość transpiracji obliczona z wielkości produkcji biomasy daje 4–krotnie niższe wartości 835–2148 t/ha dla badanej 70-letniej sośniny, niż obliczona z powierzchni i masy igliwia (tab. 42).
10. Uzyskano bardzo wysoką zgodność między rzeczywistymi masami igliwia dla pojedynczych drzew modelowych a masami obliczonymi za pomocą wyprowadzonego modelu (38). Współczynniki rozbieżności zamieszczono w tabelach 48–53 oraz 55–59.
11. Model masy igliwia sprawdzony na własnym materiale empirycznym, obejmującym drzewostany w wieku 9, 12, 18, 20, 35 i 70 lat, z powodzeniem może być stosowany do określenia masy igliwia, a także do obliczenia stopnia defoliacji koron.

Wykorzystanie wyników pracy

Obszary leśne uznane są za jedną z bardziej znaczących możliwości regulacji ilości dwutlenku węgla w atmosferze. Analizowanie oraz monitorowanie węgla wiązanego bądź uwalnianego w wyniku gospodarowania ekosystemami leśnymi a także prognozowanie zmian jego zasobów staje się kluczowym zadaniem zarówno w Polsce jak i na Świecie. Zatem znajomość biomasy sosny zwyczajnej, która dominuje w kraju i zajmuje około 58,1% powierzchni leśnej jest ważnym składnikiem wiedzy o lądowych formach akumulacji węgla.

Cztery modele (M , P , T , ΔV), których cechuje wysoka sprawność, tworzą algorytm do obliczenia: masy igliwia (kg), powierzchni igliwia (m^2), transpiracji (tonach, m^3 , mm), oraz przyrostu objętości drewna (m^3) w sezonie wegetacyjnym.

Opracowane empirycznie modele przedstawiają kształtowanie się z wiekiem różnych cech strukturalnych drzewostanu sosnowego. Zbudowane modele pozwalają na ocenę spodziewanego przyrostu miąższości oraz sumarycznej produkcji drzewostanu. Znajomość tych cech pozwala także na określenie efektów wynikających z prowadzenia w drzewostanach różnych zabiegów np. trzebieży, nawożenia, melioracji wodnych itp. umożliwia również określenie strat w produktywności wynikających z deficytu wody czy ubytku powierzchni asymilacyjnej w wyniku żeru foliofagów.

Uzyskane wyniki pracy naukowej mogą być w pełni wykorzystane w urządzaniu lasu jak i praktyce gospodarstw leśnych.

OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO – BADAWCZYCH

Badania naukowe rozpoczęłam jako asystentka, zatrudniona w drodze konkursu w 1996 roku, w Instytucie Biologii i Ochrony Środowiska na Uniwersytecie Opolskim. Rozpoczęte prace dotyczą określenia zdolności produkcyjnej siedliska oraz biomasy rówieśnej monokultury sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L) w danych warunkach siedliskowych. Podjęte przeze mnie badania odpowiadają w części założeniom Międzynarodowego Programu Biologicznego (IBP) pod hasłem „Biologiczne podstawy produktywności i dobrobytu ludzkości”. W tym programie ekologom przypadła ocena zdolności produkcyjnej różnych ekosystemów a w szczególności ekosystemów leśnych. Zagadnienie struktury i alokacji biomasy jest istotne i aktualne zarówno z punktu widzenia ekologii, jak i leśnictwa traktowanego jako dział gospodarowania zasobami środowiska, najbardziej uzależnionego od naturalnych procesów, zachodzących w ekosystemie, a w konsekwencji - technicznych trudności w realizacji ingerencji człowieka w korygowanie warunków środowiska. Najbezpieczniejszą i najbardziej racjonalną formą gospodarowania w lesie jest sterowanie tymi elementami funkcjonowania ekosystemu, które mogą mieć wpływ na produktywność zbiorowiska i jakość uzyskiwanego produktu. W tym układzie produktywność to optymalne wykorzystanie strumienia energii światła dla tworzenia biomasy, a optymalizacja jakości produktu oznacza dążenie do pozyskania cennych sortymentów, przede wszystkim drewna. W nauce i praktyce leśnej od dawna wiadomo, iż ilość użytku czyli plonu zależy od zdolności produkcyjnej naturalnego siedliska, a sterowanie zagęszczeniem drzewostanu, technicznie łatwo wykonalne, może skutecznie, wpływać na pokrój drzew i w konsekwencji jakość plonu. Zasadnicze badania, które złożyły się na opracowanie monografii pt. „Powierzchnia listowia sosny zwyczajnej jako funkcja struktury populacji” zostały poprzedzone pracami dotyczącymi struktury i alokacji biomasy sosny.

Moje działania naukowe skupiały się na trzech głównych obszarach badawczych:

- 1) Strukturze i alokacji biomasy w ekosystemach leśnych
- 2) Monitoringu ekosystemów leśnych poddanych presji zanieczyszczeń alkalicznych i kwaśnych
- 3) Wpływie przekształcenia biotopów na populacje zwierząt dziko żyjących

Poniżej zestawiałam najważniejsze wyniki badań w odniesieniu do wyżej wymienionych obszarów badawczych.

Ad 1. Struktura i alokacja biomasy w ekosystemach leśnych

- Analiza biometryczna drzewostanu sosnowego wskazuje, że jego struktura zależy od zagęszczenia regulowanego cięciami rozluźniającymi. W zależności od zagęszczenia drzew w drzewostanie sosnowym zmienia się powierzchnia przekroju drzewostanu, przeciętna pierśnica, masa igliwia pojedynczych drzew, wysokość osadzenia korony, struktura gałęzi w koronie, struktura grubizny. Wymienione cechy strukturalne decydują o stabilności rozwoju sosny na nizinach w różnych jej okresach życia oraz stopniu podatności jej na działanie czynników biotycznych (np. owady, zwierzyzna), abiotycznych (np. śniegołomy, wiatrołomy), antropogenicznych (np. zanieczyszczenia przemysłowe i energetyczne powietrza). Badania prowadzono w 30 letnim drzewostanie sosnowym. Celem pracy było określenie wpływu zagęszczenia drzewostanu na cechy taksacyjne i biomasy poszczególnych osobników.

Scharakteryzowano warunki przyrodnicze terenu w oparciu o badania glebowe w tym: oznaczenie składu fizykochemicznego gleby i poziomu wód gruntowych. Wysokość opadu atmosferycznego oceniono na podstawie danych IMGiW. Zdolność produkcyjną siedliska opisano modelami (B, \tilde{A}). Wykonano pomiar pierśnicy ($d_{1,3}$) wszystkich drzew na stanowiskach badawczych oraz wytypowano i ścięto drzewa do pomiarów biometrycznych (wysokości (H), długości korony (H^*), przyrostów międzyokółkowych, przyrostów radialnych, określenia biomasy z podziałem na strzałę (M_{strz}), gałęzie (M_g) i igliwie (M_i)). Wykonano pomiary długości igliwia.

Na podstawie przeprowadzonych badań można wyciągnąć następujące wnioski: obliczona standardowa wysokość drzewostanu (H_s), która jest wynikiem zdolności produkcyjnej siedliska wynosi 13,86 m. Wyraża ona funkcyjną zależność zachodzącą między zdolnością produkcyjną siedliska jako funkcją wilgotności gleby i średniej efektywnej średnicy ziaren glebowych (składu mechanicznego gleby wyrażonego modelem $B = 1,075$) oraz wskaźnikiem interakcji kationowej (składem chemicznym gleb wyrażonym modelem $\tilde{A} = 0,941$). Na podstawie obliczeń modelami (\tilde{A} , B i H_s) nie stwierdzono anomalii siedliskowych pomiędzy wytypowanymi stanowiskami badawczymi badanej sosny. Uzyskano zgodność wyników rzeczywistych z modelowymi pomiędzy skumulowaną na gruncie biomasą drewna a średnią empiryczną wysokością drzewostanu wyrażoną relacją $M_s \approx H_s^{1,5}$ (gdzie: M_s – masa strzały; H_s – wysokość standardowa w wieku 35 lat). O warunkach wzrostu badanej populacji sosny decydują głównie opady atmosferyczne, na co wskazują współczynniki korelacji wielorakiej wynoszące dla przyrostu wysokości $r = 0,99$ oraz przyrostu grubości $r = 0,97$. Występowanie obok siebie okazów sosny o niskich lub wysokich masach igliwia niewątpliwie jest spowodowane dużą zmiennością wewnątrzgatunkową sosny zwyczajnej, jak również czynnikami zewnętrznymi. Natomiast na różnice występujące w strukturze biomasy pomiędzy powierzchniami w obrębie poszczególnych wariantów doświadczenia zdaje się wpływać w sposób zdecydowany zagęszczenie osobników. Ze zmianą zagęszczenia zauważono zmianę charakterystyk strukturalnych populacji, a więc cech charakteryzujących składniki zbiorowiska, tj. wysokość, pierśnicę oraz długość korony drzewa, masę igliwia pojedynczego drzewa, liczbę igieł na drzewie, średnią masę 1000 par igieł i długość igliwia. Z rozluźnieniem drzewostanu, zmniejsza się liczba drzew w drzewostanie, natomiast powierzchnia przekroju drzewostanu $G_{1,3}$ utrzymuje się na niezmiennym poziomie, w rezultacie zwiększają się rozmiary pojedynczej sosny takie, jak pierśnica, długość korony, biomasa całkowita oraz masa igliwia. Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że wykorzystanie zdolności produkcyjnej przy zaniechaniu cięć rozluźniających siedliska jest niepełne a w krańcowych warunkach sięga 40% strat przyrostu biomasy. Pojedyncze osobniki osiągające maksymalną biomasę w danych warunkach siedliskowych wzrastały w zagęszczeniu wynoszącym $z = 0,75$. Cechą tych drzew jest 34% udział igliwia i gałęzi w ogólnej biomasie drzewa. Osobniki osiągające minimalną biomasę wzrastały w zagęszczeniu sięgającym $z = 1,63$. Cechą tych osobników była szczątkowa korona, której udział masowy igliwia wynosił zaledwie 2,5% ogólnej biomasy. Z poczynionych obserwacji terenowych i przytoczonych pomiarów wynika wpływ zagęszczenia badanej populacji sosny na jej strukturę oraz maksymalny przyrost drewna. Oprócz wizualnych różnic w stopniu odkształcenia budowy pojedynczych sosen, zaznaczają się także różnice dotyczące struktury biomasy zależne od wariantu doświadczenia (**poz. II.1**).

- Dotychczasowe badania wskazują na zależność wybranych cech strukturalnych drzewostanu sosnowego od zagęszczenia regulowanego cięciami rozluźniającymi. Z biotycznych czynników oddziałujących bezpośrednio na przyrost grubości sosny są uszkodzenia powodowane przez zwierzynę płową głównie jelenie w postaci spałowania strzał. Przedmiotem badań był drzewostan sosnowy w II kasie wieku znajdujący się na siedlisku BMśw. Obliczono wielkość strat wynikających z uszkodzenia drzew w wyniku spałowania. Szczegółowej analizie poddano próbę z populacji liczącą 630 szt. drzew. Mierzono pierśnicę ($d_{1,3}$) wszystkich drzew i obliczono powierzchnię przekroju ($G_{1,3}$) z przyporządkowaniem drzewa do grupy uszkodzonych spałowaniem bądź nieuszkodzonych. Średnica drzew zawierała się w przedziale od 5–27 cm. Rozmiar spał i ich liczba na pojedynczym osobniku była różna. W większości drzew spały były dobrze zabliźnione. Udział drzew uszkodzonych wynosił 85%. Średnia pierśnica drzew niespałowanych wynosiła 17,2 cm, zaś drzew spałowanych zaledwie 13,8 cm. Redukcję przyrostu powierzchni przekroju ($G_{1,3}$) z powodu spałowania na badanej powierzchni obliczono na 20%. Tak rozległe uszkodzenia ograniczają właściwe wykonanie zabiegów pielęgnacyjno-hodowlanych do minimum. Ograniczenie przyrostu o 20% na 10000 ha nadleśnictwa oznacza wyłączenie z produkcji 2000 ha przez okres 50 lat (**poz. III.5**).

Przeprowadzono badania wpływu spałowania jeleniowatych na pierśnicę sosny w pierwszej klasie wieku monokultury sosnowej (**poz. IV.8**). Pomiary wykonano na 5 powierzchniach doświadczalnych różniących się wiekiem (8-, 12-, 14-, 16- i 20-letnich). Procentowy udział drzew spałowanych jest bardzo duży i waha się w przedziale od 72% na powierzchni 8-letnicy do 96% w drzewostanie 12-letnim. Spałowane drzewa niezależnie od rozmiaru spał i ich liczby na strzale atakowane były przez czynniki chorobowe, zwłaszcza pasożytnicze grzyby. Średnica drzew uszkodzonych spałowaniem i ich powierzchnia przekroju jest mniejsza w stosunku do nieuszkodzonych. Hipotetycznie założono, że cięcia pielęgnacyjne w drzewostanach sosnowych zniwelują stopień uszkodzenia drzew spowodowany spałowaniem przez jelenie. W celu zweryfikowania postulowanej tezy przeprowadzono dwuwariantową symulację cięć pielęgnacyjnych (**poz. III.8**) w drzewostanie sosnowym w wieku 20 lat. W wariantcie pierwszym, kierując się wartością modalnej, usunięto 942 drzewa, których średnica była niższa od 6,68 cm. W ten sposób usunięto 24% osobników, zmniejszając powierzchnię przekroju $G_{1,3}$ zaledwie o 7,22%. Cięcia te w stosunku do całej populacji (3867 szt./ha) wyeliminowały 21% osobników (571 szt./ha) spałowanych i 9,59% (371 szt./ha) niespałowanych. W tym wariantcie usunięto drzewa zamierające. Z pozostawionej populacji 50% osobników miało pierśnicę niższą od 10,1 cm ($M_o = 10,12$ cm). Najczęściej występowały osobniki o średnicy równej 8,3 cm. W wyniku zastosowanej symulacji cięć pielęgnacyjnych zwiększyła się średnia powierzchnia przekroju przeciętnego drzewa o 18,47%. W wariantcie drugim jako wartość graniczną przyjęto wartość mediany (równą 9,14) i dokonano symulacji cięć usuwając wszystkie osobniki których pierśnica była niższa od 9,14 cm. Z całej populacji usunięto 50,3% drzew (1947 szt./ha), a tym samym 24% pola powierzchni przekroju drzewostanu. Średnia powierzchnia przekroju przeciętnego drzewa pozostawionego na powierzchni zwiększyła się o 34,6% (z 77,21 do 118,02 cm²). Wyeliminowano 32,7% (1267 szt./ha) drzew spałowanych. Średnia pierśnica wzrosła o 2,7 cm. Minimalne $g_{1,3}$ to 66 cm², a maksymalne 341,4 cm². Spodziewanym wynikiem zabiegów pielęgnacyjno-hodowlanych jest usunięcie drzew uszkodzonych przez jelenie, a pozostawienie do dalszej hodowli drzew bez wad. Uzyskane wyniki

przestrzennego rozmieszczenia i zagęszczenia drzew w drzewostanie wskazują, że mimo właściwie wykonanych cięć pielęgnacyjnych zwiększa się udział procentowy drzew spałowanych pozostawionych do dalszej hodowli. Zatem nawet jednorazowe rozległe spałowanie pozostawia do czasu ostatecznego wyrębu trwałą ślad deprecjonujący drzewostan (**poz. III.8**).

- Kolejny etap badań dotyczył biometrii aparatu asymilacyjnego sosny zwyczajnej. W literaturze przedmiotu wielkość igieł sosny charakteryzuje się najczęściej poprzez ich masę i długość, które zależą od wielu czynników, przede wszystkim od zaopatrzenia w wodę, położenia w koronie drzewa, co ściśle związane jest z ilością docierającego światła czy temperatury. Znacznie mniej danych znajdujemy odnośnie powierzchni igieł, która decyduje o przyroście biomasy, w tym drewna, czyli sortymentu ważnego z punktu widzenia gospodarstwa leśnego. Przeprowadzone badania miały na celu określenie zróżnicowania aparatu asymilacyjnego tj. masy, długości i powierzchni w zależności od wieku i zagęszczenia w jakim wznosiła się sosna. Materiał analityczny stanowiły próby igliwia, pobrane z 48 drzew modelowych znajdujących się na 31 powierzchniach badawczych. Wszystkie powierzchnie reprezentowały ten sam typ siedliskowy (BMśw.), różniły się natomiast zagęszczeniem i wiekiem. Badania prowadzono w młodnikach, z których najmłodszy liczył 8 lat a najstarszy 20 lat. W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono związku między średnią długością igieł a wiekiem drzew. Najkrótsze szpilki odnotowano w 8-letnim młodniku, najdłuższe 9-letnim. Największą powierzchnię aparatu asymilacyjnego odnotowano w 20-letnim młodniku (123 399 m²/ha), co pokrywa się z kulminacyjnym przyrostem osobników na wysokość. Powierzchnia aparatu asymilacyjnego drzewostanów młodszych była mniejsza i wynosiła: 37 318 m²/ha (8 letni), 65 955 m²/ha (11 letni) i 89 953 m²/ha (18 letni). Przeprowadzone badania wykazały, że nie ma prostej zależności między masą igliwia a wiekiem drzew. W drzewostanie 20 letnim zarejestrowano największą masę igliwia drzewa modelowego wynoszącą 21 kg (św.m.) oraz drzewo o najmniejszej masie igliwia wynoszącej zaledwie 0,20 kg (św.m.). Świeża masa 1000 par igieł w zależności od wieku drzewostanu kształtowała się w granicach 55–90 g. Liczba par szpilek na pojedynczym drzewie modelowym w badanym przedziale wiekowym wynosiła 934–309 589 sztuk (**poz. IV.19**).
- Badania struktury biomasy sadzonek sosny czarnej polegały na określeniu wzajemnych relacji między masą części nadziemnej a masą części podziemnej. Większość badań biomasy leśnej przeprowadzonych do tej pory koncentruje się na nadziemnej biomasy drzew i jej strukturze, natomiast biomasa systemu korzeniowego jest najczęściej pomijana. Zważywszy jednak, że korzenie odgrywają kluczową rolę w obiegu i alokacji węgla i substancji odżywczych, wpływając na produktywność i cykle biogeochemiczne ekosystemów leśnych, podjęto próbę określenia struktury biomasy 5-letnich sadzonek sosny czarnej (*Pinus nigra* Arn.) z zakrytym systemem korzeniowym. Sadzonki sosny czarnej wyhodowano w Leśnej Szkółce Kontenerowej w Kostrzycy. Bazę stanowił drzewostan nasienny gospodarczy (NASGOSP) Nadleśnictwa Olkusz, oddział 112b (wysokość - 300 m n.p.m.). Sadzonki nie były sztucznie mikoryzowane. Próba 20 sadzonek została poddana analizie biometrycznej i wagowej. Zmierzono długość całej sadzonki (H) od pąka szczytowego do najdłuższego korzenia, długość strzały (H₁), długość korzenia (H₂), oraz średnicę strzały (d₀). Z pomiarów biometrycznych poszczególnych elementów składowych

wynika, iż największym współczynnikiem zmienności charakteryzowała się liczba pędów bocznych $v = 30,84\%$, najmniejszym natomiast strzała, gdzie $v = 10,14\%$.

Do cech najlepiej charakteryzujących jakość siewek należy zaliczyć masę systemu korzeniowego i grubość pędu. Średnica szyi korzeniowej zawierała się w przedziale od 8,6–16,5 mm. Badana populacja cechowała się największą suchą masą korzeni ($\bar{x} = 29$ g) oraz igliwia ($\bar{x} = 22$ g), nieznacznie mniejszą masę miały strzały (pędy główne) ($\bar{x} = 20$ g), a najmniejszą pędy boczne ($\bar{x} = 9$ g). Z obliczeń statystycznych wynika również, że średnia sucha masa korzenia sosny czarnej jest półtora razy większa od suchej masy strzały, z odchyleniem standardowym równym $\delta_n = 4,99$, przy współczynniku zmienności $v = 16,65\%$. Natomiast stosunek suchej masy korzenia jest prawie dwukrotnie mniejszy od suchej masy części nadziemnej (strzały+gałęzi+igliwia).

Stwierdzono wysoki współczynnik korelacji wynoszący $r = 0,76$ między masą korzeni a masą igliwia. Znaczenie aplikacyjne takich badań sprowadza się do ustalenia optymalnych proporcji między biomasą części nadziemnej (pęd główny, gałęzie, igliwie) a biomasą części podziemnej (korzeń). Właściwa skala tych relacji decyduje o udatności sadzonek w uprawach w warunkach polowych poddanych silnej antropopresji czy też na gruntach zdegradowanych (strefy ochronne wokół zakładów przemysłowych, nasypy wokół autostrad, hałdy, wyrobiska itp.). Właściwy stosunek między tymi sortymentami gwarantuje równowagę w fizjologicznych procesach pobierania wody i transpiracji (**poz. IV.9; II.4**).

- W zależności od zagęszczenia populacji górskiej różniących się wiekiem (*Picea abies*) zmienia się powierzchnia przekroju ($G_{1,3}$), przeciętna pierśnica ($d_{1,3}$), masa igliwia pojedynczego osobnika (M_1), wysokość osadzenia korony (H^*), struktura gałęzi i struktura grubizny (**poz. IV.1; II.4**). Głównym celem tych badań było ustalenie relacji między strzałą, gałęziami a igliwem w zależności od zagęszczenia oraz ustalenie struktury gałęzi drzewostanu świerkowego. Zastosowano trzy warianty zagęszczenia w trzech powtórzeniach. Pierwszy wariant, w którym nie wykonano żadnych zabiegów pielęgnacyjnych cechujący się silnym zagęszczeniem, drugi wariant - o umiarkowanym zagęszczeniu, trzeci wariant - o silnym rozluźnieniu oraz powierzchnia kontrola z pełnym dostępem światła aż do szyi korzeniowej. Po ścięciu drzew modelowych oddzielono gałęzie od pnia głównego oraz igliwie od gałęzi. Wszystkie gałęzie podzielono na drobne, średnie i grube, a następnie pocięto je na równe 6 cm odcinki. Z tak przygotowanych gałęzi odliczono po 400 szt. dla każdego sortymentu (grube, średnie, cienkie), a następnie zmierzono średnicę każdego odcinka na dwóch końcach. Obliczona średnia dla gałęzi grubych wynosiła 12,34 mm, rozpiętość była znaczna 4,53–32,2 mm. Najwięcej gałęzi grubych plasowało się w przedziale 8,23–10,06 mm (91 szt.). Struktura gałęzi średnich wskazywała na dominację tych których średnica mieściła się w przedziale 2,67–3,50 mm (83 szt.). Średnia grubość dla tego sortymentu wynosiła 3,67 mm, a mediana 3,45 mm. W strukturze grubości gałęzi cienkich dominowały gałęzie o średnicy 1,23–1,42 (77 szt.). Połowa gałęzi cienkich miała średnicę mniejszą niż 1,54 mm. W celu określenia suchej masy strzały, gałęzi i igliwia zważono poszczególne sortymenty i przeanalizowano ich udział w strukturze biomasy. Na powierzchni kontrolnej cechującej się luźnym zagęszczeniem udział procentowy strzały, gałęzi i igliwia wynosił odpowiednio: 41,72%, 37,52% i 20,76%. Przy tym zagęszczeniu sucha masa gałęzi była porównywalna z masą strzały. Relacje te zmieniają się wraz z zagęszczeniem.

Przeprowadzona analiza udziału masy gałęzi w zależności od zagęszczenia wykazała, że udział procentowy gałęzi był 2,5 razy większy w luźnym zagęszczeniu niż w silnym (15,23%). Podobne relacje występowały w masie igliwia.

Zagęszczenie ma daleko idące w skutkach konsekwencje w uzyskaniu optymalnej produkcji z jednostki powierzchni. W pierwszym przybliżeniu z analizowanych cech taksacyjnych badanych drzewostanów świerkowych zwraca uwagę: wysokość, pierśnica i długość korony, które to cechy najkorzystniejsze były w zbiorowisku, gdzie pozostawiono w wieku 34 lat 3197 szt./ha. Przeciętne pojedyncze drzewo w tym zbiorowisku było wyższe o 21%, pierśnicę ma większą o 25%, koronę miało dłuższą o 34%, a masę (sucha masa w kg) miało większą o 56% od drzew wzrastających w zbiorowisku silnie zagęszczonym. Wyniki te sugerują, że leśnictwo ponosi wymierne straty w produkcji biomasy wynikłe z niewłaściwie dobranego zagęszczenia świerczyny górskiej (**poz. IV.1; II.4**).

- Tworzenie nowej, unijnej gospodarki w zakresie odnawialnych źródeł energii i gospodarki niskoemisyjnej wymaga w ciągu najbliższych lat dodatkowych inwestycji ograniczających emisje gazów cieplarnianych oraz wprowadzania rozwiązań ograniczających wykorzystywanie kopalnych surowców mineralnych. Uwarunkowanie klimatyczne, jak też zależności gospodarcze wskazują, iż dla Polski najkorzystniejszym odnawialnym źródłem energii jest biomasa, w tym biomasa leśna, która może stać się alternatywnym źródłem energii odnawialnej w kraju. Strategia zawarta w „Założeniach polityki energetycznej Polski do roku 2020” zakłada zwiększenie udziału źródeł energii odnawialnych w sektorze energetycznym do 2020 roku do 14%. Potentatem w produkcji biomasy leśnej w naszym kraju jest Państwowe Gospodarstwo Leśne – Lasy Państwowe. Lasy w Polsce obejmują blisko 30% powierzchni naszego kraju i stale się zwiększają. Lasy województwa opolskiego zajmują 218 tys. ha ze wskaźnikiem lesistości wynoszącym 26,2%. Na obszarach leśnych województwa opolskiego dominującymi gatunkami drzew są sosny i modrzewie zajmujące 76,1% powierzchni leśnej. Oszacowanie tych zasobów może przybliżyć wielkość potencjału energetycznego, jaki jest ukryty w lasach, a także może wpłynąć na zwiększenie wydajności istniejących metod pozyskiwania drewna do celów energetycznych. Rodzi się jednak pytanie czy pozyskiwanie tych form biomasy jest uzasadnione ekologicznie, energetycznie oraz społecznie. Ponadto polityka energetyczna zakłada ochronę lasów przed nadmiernym eksploataowaniem, do jakiego dochodziło w poprzednich latach. Na przykład w 1999 roku 98,05% energii odnawialnej pochodziło z biomasy przede wszystkim drewna (nie tylko odpadowego, ale również surowca technicznego) i słomy. Zrównoważone pozyskanie biomasy ma zapobiec korzystaniu z wysokiej jakości klas surowca drzewnego na potrzeby energetyczne. Biomasa z lasów powinna być pozyskiwana w cięciach pielęgnacyjnych i przedrębnych. W wyniku tych zabiegów istnieje możliwość uzyskania wałków i szczap, odpadów zrębkowych, drobnicy gałęziowej, żerdzi i tyczek. W najbliższych latach w wyniku strategicznych decyzji państw korzystanie z pozostałości zrębowych, w tym pniaków ze zrębów, ma wzrosnąć.

Celem badań było określenie wartości potencjalnej energii skumulowanej w biomase sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w I klasie wieku. Wiek powierzchni doświadczalnych, zlokalizowanych na terenie Borów Niemodlińskich wynosił odpowiednio; 5, 8, 12, 15, 17, 19 lat. Po przeprowadzeniu badań terenowych, gdzie określono parametry biometryczne i masowe drzewostanów sosnowych w okresie

przed kulminacją wzrostu wysokości, obliczono ilość skumulowanej biomasy na jednostce powierzchni z podziałem na strzałę, gałęzie i igliwie. Z biomasy obliczono własności cieplne poszczególnych sortymentów oraz określono ich potencjał energetyczny. Udział procentowy suchej masy strzały, gałęzi i igliwia drzew modelowych w wieku 5-ciu i 8-miu lat wynosił 35% dla strzały i gałęzi korony oraz 30% dla igliwia. Z wiekiem upraw gdy dochodzi do zwarcia koron drzew, proporcje między masą strzały, gałęzi i igliwia drastycznie się zmieniają. Udziały procentowe wynoszą odpowiednio dla: 12 lat – (40/30/20); 15 lat – (50/30/20); 17 i 19 lat – (70/15/15). Łączny potencjał energetyczny obliczony z wartości opałowej powietrznie suchej masy drzew w przeliczeniu na jednostkę powierzchni gruntu (1ha) wynosi dla wieku: 5 lat – 127 000 [MJ/ha]; 8 lat – 211 000 [MJ/ha]; 12 lat – 386 000 [MJ/ha]; 15 lat – 430 000 [MJ/ha]; 17 lat – 558 000 [MJ/ha]; 19 lat – 789 000 [MJ/ha]. W ostatnim czasie rośnie zainteresowanie wykorzystania biomasy sosny z cięć pielęgnacyjnych jako odnawialnego źródła energii. Alternatywą jest również wprowadzanie na słabe, piaszczyste grunty rolne sosen (*Pinus spp.*), w naszych warunkach klimatycznych głównie sosny zwyczajnej. Skumulowana biomasa drzewostanu sosnowego w młodniku o powierzchni 1 ha w wieku 17 lat zaspokaja ciepłe zapotrzebowanie kotłowni o mocy 100 kW (**poz. IV.20**).

Ad. 2. Monitoring ekosystemów leśnych poddanych presji zanieczyszczeń alkalicznych i kwaśnych.

- Widoczne w drzewostanach narastające procesy destrukcyjne mają swoje podłoże w stałym wzroście zanieczyszczeń przemysłowych powietrza. Dynamika tych procesów jest rozpoznawana, ale wymaga dalszych i ciągłych metodycznych obserwacji i pomiarów. Prowadzone badania miały na celu prześledzenie dynamiki zmian jakości wód opadowych podokapowych (**poz. IV.2, IV.5, IV.7, IV.10, IV.33, IV.34**). Powierzchniowe zróżnicowanie akumulacji zanieczyszczeń w ekosystemach leśnych ma związek między innymi z ilością wody opadowej spływającej po pniu, która zależy od gatunku i wieku drzewa. Pomiary podokapowe rozpoczęto w kwietniu 1997 roku gdzie początkowo założono 17 punktów pomiarowych na obiekcie o wielkości 0,25 ha. Materiałem do badań były próby wody pobrane z chwytników kołnierzowych w 30-letnich drzewostanach sosnowych w Borach Niemodlińskich w Nadleśnictwie Tułowice (**poz. II.1**). Problem do rozwiązania była optymalizacja liczby i rozmieszczenia punktów pomiarowych w analizie 8 wariantów polowego, eksperymentu ekologicznego. Chwytniki opadów atmosferycznych rozmieszczono na drzewach modelowych wybranych metodą Humme'a (1959) z uwzględnieniem struktury biologicznej drzew w drzewostanie w klasyfikacji Krafta, w taki sposób, aby w każdej klasie znajdował się co najmniej jeden chwytник wody. Takie rozmieszczenie urządzeń do poboru wody pod koronami drzew pozwalało na reprezentowanie drzew zarówno o zredukowanych jak i silnie rozbudowanych koronach, więc mających małą i dużą powierzchnię kontaktową z zanieczyszczeniami powietrza atmosferycznego. Pobór prób wody z deszczu i śniegu wymagał prac poprzedzających i rozwiązań technicznych ich sposobu pobierania w ekosystemie leśnym. Zbudowano sieć oprzyrządowania na powierzchni doświadczalnej w postaci kołnierzy osadzonych na strzałach drzew modelowych, z dostosowaniem ich powierzchni (chwytników) do natężenia i wielkości opadów atmosferycznych obliczonych na podstawie danych IMGW z wielolecia. Modyfikacja kołnierzy polegała na dobraniu ich parametrów do

warunków nizinnych, aby ich wielkość umożliwiła pobór próby wody z jednorazowego opadu deszczu o niskim natężeniu i krótkiego w czasie, a pobrana objętość pozwoliła na dokonanie analiz i oznaczeń chemicznych. Założonym warunkiem poprawności metodycznej było uzyskanie próby wody z jednego opadu atmosferycznego, jako błąd metodyczny uznawano próbę mieszaną z co najmniej dwóch niezależnych opadów deszczu. Taki warunek wykluczał uzyskanie prób uśrednionych np. opadu o charakterze kwaśnym, z opadem o charakterze alkalicznym. Obliczona i zweryfikowana wielkość powierzchni chwytnej kołnierza wynosiła 0,25 m² i spełniała postulat uniwersalności urządzenia dla warunków meteorologicznych panujących na nizinach. Mianowicie jakości opadu, temperatury decydującej o trwałości urządzenia pomiarowego, prędkości i sile wiatru powodującego wychylenie strzały drzewa a tym samym odkształcenia chwytника kołnierzowego itp. Każdemu drzewu modelowemu z chwytnikiem kołnierzowym przypisano numer identyfikacyjny ze współrzędnymi (xy) oraz podaną pierśnicą.

Wszystkie obiekty doświadczalne zostały założone w ten sam sposób, a liczba chwytników na poszczególnych stanowiskach badawczych uzależniona była od wieku drzewostanu i zróżnicowania powierzchni przekroju poszczególnych osobników.

Tak przygotowane stanowiska badawcze pozwoliły na pobór prób wody i śniegu w których oznaczano pH, przewodność elektrolityczną a także siarczany, azotany, azotyny i amoniak oraz wybrane metale ciężkie.

Na powierzchni w Borach Niemodlińskich otrzymane wyniki pomiarów wskazały na szczególnie wysoki udział spływu pniowego w akumulacji związków siarki i azotu w wodzie w warunkach BMśw. Powodując dodatkowe obniżenie pH w bezpośrednim sąsiedztwie strefy korzeniowej. W sezonie letnim zanieczyszczenia dostają się do środowiska „porcjami” w trakcie występujących opadów deszczu, natomiast w okresie zimy akumulują się, czyli zalegają w warstwie śniegu, z której do środowiska dostają się wraz z wiosennymi roztopami, a więc w sposób skondensowany i jednorazowy. Istnieje zatem niebezpieczeństwo akumulacji, szczególnie metali ciężkich w wierzchnich warstwach gleby. Przeprowadzone analizy wód podokapowych w Borach Niemodlińskich potwierdziły wysoki stopień zanieczyszczenia metalami ciężkimi. Zawartość ołowiu była 2-krotnie wyższa niż w Górach Izerskich, a kadmu 7-krotnie wyższa. Rozkład odczynu wód podokapowych mierzony w ponad 400 próbach mieścił się w przedziale 2,6–5,6 z największą liczebnością w przedziale 3,4–3,5. Średnie roczne stężenie siarczanów w opadach pod okapem drzewostanu sosnowego wynosiło 29,52 mg/dm³ jest to 6. krotnie większe obciążenie niż w Jakuszykach czy Szklarskiej Porębie. Również stężenie azotanów, azotynów i amoniaku jest 3-krotnie wyższe w Borach Niemodlińskich niż w najbardziej zagrożonym zanieczyszczeniami przemysłowymi obszarze Gór Izerskich **(IV.2)**.

Zmienność pH opadów atmosferycznych jest zmiennością sezonową, sezon zimowy (grzewczy) jest okresem, w którym mamy do czynienia z niekontrolowaną emisją zanieczyszczeń gazowych pochodzących z palenisk przydomowych. W ciągu czterech lat badań (1997, 1998, 2002, 2003) w drzewostanie sosnowym odczyn wód w zimie był niższy niż w okresie wegetacji (kwiecień-wrzesień). Średnie pH opadów w 2003 roku w okresie wegetacji kształtowało się na poziomie 5,79. Natomiast w miesiącach spoczynku roślin i jednocześnie sezonu grzewczego (październik – marzec) średni odczyn opadów wynosił 4,31 **(poz. IV.10)**.

Prowadzone badania monitoringu opadów podokapowych w Borach Niemodlińskich kontynuowano w kolejnych latach (2015-2017). Rozkład pH mieścił się w przedziale 3,00–7,38. Wyniki badań wskazują na stale utrzymujący się trend wzrostu zakwaszenia w okresie zimowym na tym terenie. W analizowanych sezonach zimowych udział kwaśnych opadów ($\text{pH} < 4,6$) wynosił 66% (2015/16) i 93% (2016/2017). Średnie pH wynosiło odpowiednio: 4,38 i 3,94. W sezonach letnich (II i III kwartał) średnie pH wynosiło 5,40 (2015r.) i 5,80 (2016r.), a udział procentowy kwaśnych opadów ($\text{pH} < 4,6$) był znacznie mniejszy i wynosił 23,4% (2015r.) i 12,6% (2016r.) (**poz. IV.34**).

- Badania dynamiki zmian jakości wód opadowych pod koronami drzew kontynuowano w kompleksie leśnym należącym do Nadleśnictwa Szczytna w miejscowości Zieleniec oraz w miejscowości Chocieszów podległych Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych we Wrocławiu (**poz. IV.5**). O lokalizacji badań zdecydowało zróżnicowanie w wysokości opadów. Średni opad dla Zieleńca kształtuje się na poziomie 1320 mm, natomiast dla Chocieszowa 837 mm. Badania prowadzono w okresie od marca 2002 roku do stycznia 2004, co umożliwiło zebranie 267 prób wody na wybranych drzewach modelowych brzozy brodawkowatej (*Betula pendula*) zgodnie z opracowaną przez siebie metodą. Dynamika deponowanych zanieczyszczeń (mokrych i suchych) jest znaczna. Rozpiętość odczynu opadów atmosferycznych dla badanych terenów była zbliżona. W Chocieszowie odczyn mieścił się w zakresie 2,98–7,30 pH, natomiast w Zieleńcu 3,12–6,90 pH. Potwierdzenie zmienności jakości podokapowych opadów atmosferycznych znajdujemy w przewodności elektrolitycznej wynoszącej 0,022 mS/cm do 0,628 mS/cm. Opady atmosferyczne o odczynie silnie kwaśnym wystąpiły w 25,4% (pH poniżej 4,6), opady o odczynie w przedziale pH 5,5–6,5 wystąpiły w 27,5%, natomiast o odczynie alkalicznym w 5,8% (pH powyżej 6,5) (**poz. IV.5**).
- Do specyficznych skażeń środowiska należą zanieczyszczenia powietrza powstałe w wyniku działalności przemysłu materiałów budowlanych. Cementownie i zakłady wapiennicze są źródłem głównie zanieczyszczeń pyłowych, takich jak pyły margli, wapieni, cementu, węgla, skaleni itp., które zawierają mieszaninę minerałów krzemianowych, wapniowych i glinowych. W Leśnictwie Górażdzie przeprowadzono badania monitoringu opadów podokapowych w drzewostanach sosnowych będących pod wpływem zanieczyszczeń alkalicznych z Cementowni Górażdzie. Badania na tym terenie prowadzono od 2001 roku, gdzie pobrano i zmierzono odczyn oraz konduktometrię w 1976 próbach. Badania odczynu i przewodności elektrolitycznej opadów atmosferycznych, potwierdziły pogląd o ciągłym zagrożeniu ekosystemów leśnych ze strony zanieczyszczeń przemysłowego powietrza atmosferycznego. W okresie zimy stężenie zanieczyszczeń ulega podwyższeniu, gdyż związki chemiczne mogą przez dłuższy czas kumulować się w pokrywie śnieżnej. Nawet po zakończeniu opadu, substancje pyłowe i gazowe mogą osiadać na powierzchni śnieżnej lub być przez nią pochłaniane. W obecności tak silnych emitorów jak zakłady wapiennicze czy cementownie podwyższone pH i przewodność elektrolityczna mogą wskazywać na silne zapylenie ekosystemu leśnego. Część prób pobierana w tym okresie pochodziła ze śniegu, który zalegał na chwytниках podokapowych, część z roztopionego śniegu i niewielka część z opadu deszczu. Próby wyraźnie różniły się przewodnością. W czasie ciągłego opadu

trwającego kilka dni można było zauważyć, że pierwsze próby miały wyższe pH i cechowały się podwyższoną przewodnością, co zapewne było związane z wymywaniem osadów pyłowych z koron drzew. Podwyższone wartości tych wskaźników wykazywały również próby pobrane z kilkudniowego zalegającego śniegu. Z kolei próby opadu pobrane po 3 dniowych opadach ciągłych wykazywały się mniejszą przewodnością, a pH obniżało się i mieściło się w przedziale 4,8–6,0. Taką zależność potwierdzały też analizy wód opadowych pobranych w czasie okresu wegetacyjnego. Stwierdzona alkalizacja opadów następująca po przejściu przez strefę koron uwarunkowana jest przede wszystkim wielkością suchej depozycji zatrzymywanej a następnie zmywanej z powierzchni asymilacyjnej. Całkowita powierzchnia igliwia ma istotne znaczenie w zatrzymywaniu pyłów i gazów, ponieważ jest ona od kilku do kilkunastu razy większa niż powierzchnia gruntu zajmowanego przez drzewa.

W prowadzonych badaniach dość wyraźnie zaznaczyły się sezonowe trendy zmian odczynu wód podokapowych. Odczyn wszystkich badanych opadów był wyższy w I i IV kwartale, czyli w półroczu zimowym, natomiast niższy w II i III kwartale każdego roku tj. w sezonie wegetacyjnym. Średnie wartości odczynu opadów w analizowanych sezonach wegetacyjnych wynosiły: 5,48 (2015r.), 6,05 (2016r.) i 6,15 (2017r.). Średnie wartości odczynu opadów zimowych analizowanych na przełomie lat 2015/16, 2016/17, 2017/18 (IV i I kwartał) wynosiły odpowiednio: 6,42, 6,82 i 6,33. Różnica między średnimi wartościami pH okresu wegetacyjnego i zimowego kształtuje się od 0,18 do 0,94 (**poz. IV.33**). Taką tendencję wykazały też wcześniejsze badania autorki prowadzone na tym obszarze. Średni odczyn opadów zimowych w 2001/02 roku wynosił 6,53, natomiast w okresie wegetacyjnym 5,40. Podobną tendencję wykazywały opady z roku 2003 (**poz. IV.10**). Opady zimowe 2016/2017r. charakteryzują się rozkładem normalnym, gdzie średnia, modalna i mediana wynosiła 6,82. Natomiast najwyższe pH opadów tej zimy jak i całego analizowanego okresu wynosiło 7,79. Opady sezonu zimowego następnego roku (2017/18) miały nieco niższy odczyn, 50% zbadanych prób miało pH niższe od 6,25.

Mineralizację badanych opadów wyrażono za pomocą przewodności elektrolitycznej, której wartości występowały w zakresie 0,066-1,827 mS/cm (**poz. IV.33**). Wartości te podobnie jak odczynu są zbliżone do wyników uzyskanych we wcześniejszych badaniach (2001-2003) prowadzonych na tym terenie. Zakres przewodności elektrolitycznej dla opadów w latach 2001–2003 zawierał się w przedziale 0,031–2,12 mS/cm. Obliczona mediana wskazuje, że najwyższą przewodność wykazywały opady z roku 2002, gdzie połowa opadów plasowała się powyżej 0,460 mS/cm (**poz. IV.10**). Bardzo zbliżoną przewodnością wykazywały się opady zarejestrowane w 2017 r., a mediana wynosiła 0,457 mS/cm (**poz. IV.33**).

- Badanie świeżej pokrywy śnieżnej przeprowadzono na obszarze miasta Opola. Punktem odniesienia w wyznaczeniu miejsc pobrania próbek śniegu był obliczeniowy środek emitorów Cementowni Odra, położonej przy ul. Budowlanych. Wyznaczono 80 stanowisk na ośmiu osiach róży wiatrów. Na podstawie pomiarów odczynu i przewodności elektrolitycznej wyznaczono obszary wpływu cementowni z podziałem na trzy strefy: silnego, średniego i słabego oddziaływania. Ponieważ mierzono świeży opad śniegu, poddany zaledwie kilkugodzinnej ekspozycji na miejskie źródła zanieczyszczeń, należy przyjąć, że uzyskane wyniki pomiarów dostarczają informacji o krótkookresowych (średnio-dobowych) zanieczyszczeniach miasta. Ustalono, że

obszar miejski Opola o silnym wpływie oddziaływania zanieczyszczeń o charakterze alkalicznym wynosi 132 hektary, a łączna strefa oddziaływania obejmuje 658 hektarów. Monitoring pokrywy śnieżnej wraz z monitoringiem opadu deszczu oraz monitoringiem biologicznym zapewnia ciągłość obserwacji deponowanych zanieczyszczeń z powietrza atmosferycznego na terenach miejskich przez cały rok, a także dostarcza informacji o stopniu zagrożenia imisjami **(poz. IV.13)**.

- Wyniki systematycznych badań składu fizykochemicznego opadów atmosferycznych pozwalają ocenić ich wpływ na pozostałe elementy środowiska, z możliwością aplikacji w konkretnej sytuacji, dlatego badania rozszerzono, posługując się w dalszych analizach korą sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) **(poz. IV.12)**. Cementownia wprowadza do środowiska substancje gazowe i pyłowe. Substancje te włączone do obiegu materii podlegają w środowisku licznym przemianom fizykochemicznym, zmieniając swoje właściwości. Szacowanie pogorszenia jakości środowiska leśnego w związku z działalnością sąsiadującego przemysłu cementowego polega na określeniu zasięgu opadu pyłu i jego ponadnormatywnej ilości oraz zmian jakościowych i ilościowych w badanym ekosystemie. Akumulacja alkaliów w korze sosny zwyczajnej odbywa się przy udziale opadów atmosferycznych, a w szczególności przy udziale opadów poziomych przy dużej wilgotności powietrza. Opad pyłu i koncentracja gazów mają zasadniczy wpływ na wartość obliczonego procentowego pogorszenia jakości środowiska leśnego przy uwzględnieniu odległości powierzchni leśnych od źródła emisji. Ona bowiem determinuje ilość opadu i koncentrację gazów w postaci zasady: im dalsza odległość, tym mniejszy jest opad pyłu i koncentracja gazów. Ta jednoznaczna z pozoru zasada naruszana być może przez takie czynniki, jak: nasilenie, częstotliwość i kierunek wiatrów w okresie awarii urządzeń odpylających, powodując zrzut zanieczyszczeń przemysłowych w dalszej odległości od źródła emisji niżby wskazywały na to obliczenia. Oceniając stopień zanieczyszczeń środowiska leśnego pyłami alkalicznymi, stosujemy wskaźnik odczynu kory martwicowej oraz zawartości w niej siarki i wapnia.

Badanie zawartości siarki i wapnia w korze sosny zwyczajnej jako wskaźników procentowego pogorszenia jakości środowiska leśnego prowadzono w Załęczańskim Parku Krajobrazowym. Znajdujące się tam kompleksy leśne są w zasięgu oddziaływania Cementowni „Warta” w Działoszynie. Korony drzew stanowią dużą powierzchnię zbiorczą (w wieku 35 lat igliwie korony pojedynczej sosny może stanowić powierzchnię około 100 m²) „wytrącając” z przepływających mas powietrza atmosferycznego znajdujące się tam zanieczyszczenia, przede wszystkim pyłowe. Osadzanie ziaren pyłu na igliwiu, gałęziach, strzale drzewa zachodzi intensywniej przy dużej wilgotności powietrza atmosferycznego, zwłaszcza kiedy występuje mgła jak również nad ranem w obecności rosy. Analizując zawartość siarki i wapnia jako wskaźników regresji zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego, zauważono, że najwyższe koncentracje w poszyciu leśnym tych pierwiastków występują poniżej nasady korony drzewa jednakże powyżej 2,5 m nad gruntem leśnym. Wyniki analiz kory zebranych z drzew modelowych na powierzchniach o różnej odległości od źródeł emisji mogą służyć do ilustracji zasięgu rozprzestrzeniania się tych zanieczyszczeń. Z uzyskanych pomiarów wynika, że związek między zawartością siarki i wapnia w biomacie kory sosny zwyczajnej a odległością od gruntu do wierzchołka korony drzewa jak i odległością od źródła emisji przyjmuje postać zależności liniowej **(poz. IV.12)**.

Korę sosny zwyczajnej jako biotestu wykorzystano także w badaniach ekosystemów leśnych znajdujących się pod presją zanieczyszczeń alkalicznych cementowni Chełm. Na podstawie wodnych wyciągów z kory określono zasięg oddziaływania pyłów cementowo-wapiennicznych na środowisko. Zależności pomiędzy $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory a odległością od źródła emisji pyłów badano metodą analizy regresji i korelacji liniowej. Wyniki badań odnoszono do wyników uzyskanych na leśnej powierzchni kontrolnej - wolnej od zanieczyszczeń alkalicznych. W miarę oddalania od źródła zanieczyszczeń opad pyłów cementowo-wapiennicznych obniża się, co jest zrozumiałe i znajduje potwierdzenie w zmiennych wartościach $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory sosny. Najsilniej odnotowano presję w kierunku NE, ES i SW, gdzie w odległości 5 km od emitora pH kory było wyższe od 6,0. Współczynnik korelacji wielorakiej pomiędzy odległością od emitora a opadem pyłu wynosił od -0,66 do - 0,98 (**poz. IV.29**).

- Konsekwencją deponowania zanieczyszczeń w ekosystemach leśnych są skutki ekofizjologiczne, przejawiające się zaburzeniami żywieniowymi roślin drzewiastych. Ponieważ zanieczyszczenia przemysłowe powodują zmianę składu chemicznego powietrza atmosferycznego, gleby, należy spodziewać się również zmiany składu chemicznego roślin. Materiał do analiz zebrano z 3 jednogatunkowych rówieśnych drzewostanów sosnowych w wieku około 35 lat. Powierzchnie doświadczalne, 0,25 ha każda, usytuowano pod wapiennikami, cementownią i koksownią w województwie opolskim. Na każdej z nich ścinano 15 drzew modelowych, pobierając łącznie do analizy 45 osobników. Prace na gruncie wykonano jesienią, od 15 października do 15 grudnia. Jednym z wielu analizowanych czynników był skład chemiczny jednorocznych pędów głównych sosny (*Pinus sylvestris* L.). W warunkach laboratoryjnych w materiale roślinnym oznaczono Ca, K, Mg, Mn i Fe. Analizie chemicznej poddano ostatni przyrost pędu głównego po zdarcie z niego kory i pozostawieniu łyka. Jest to istotna innowacja metodyczna. Wraz z korą bowiem usunięto pył znajdujący się na zewnętrznej części pędu. Uzyskane w ten sposób wartości koncentracji pierwiastków chemicznych w sośnie nie są już obciążone błędem metodycznym i nie nasuwają zastrzeżeń co do ich zawartości w samej roślinie. W prowadzonych badaniach zaobserwowano w pędach sosny różną – w zależności od rodzaju źródła zanieczyszczenia – koncentrację pierwiastków chemicznych. Właściwości homeostatyczne rośliny stwarzają warunki do ich neutralizacji i równoważenia kationów i anionów, ale tylko do określonej wartości zwanej koncentracją progową. Największym współczynnikiem zmienności koncentracji poszczególnych pierwiastków w pędach jednorocznych charakteryzuje się Mn, a następnie Fe i Ca, a najmniejszym K i Mg.

Dostrzeżono wyraźnie synergiczne działanie pierwiastków (Ca, K, Mg, Mn, Fe) na takie parametry taksacyjne sosny, jak kulminacyjny przyrost wysokości (h_A) czy też średnią długość pojedynczej szpilki. Współczynnik korelacji między przyrostem pędu jednorocznego a iloczynem koncentracji względnych manganu i żelaza wyniósł $r = -1$.

Zakłócenie równowagi kationowej w jednorocznych pędach sosny (jako konsekwencja emisji przemysłowych) przekłada się na wysokość plonu. Obniżenie względnego rocznego przyrostu wysokości w stosunku do maksymalnego w danym roku wyniosło 21% dla cementowni i 70% dla koksowni (**poz. IV.14**).

Ad. 3. Wpływ przekształcenia biotopów na populacje zwierząt dziko żyjących

- Jednym z warunków zachowania ciągłości gatunku jest naturalna przestrzeń życiowa (biotop). Agrotechniczne zmiany wprowadzane w ekosystemach rolniczych, doprowadzają do likwidacji naturalnych biotopów w których gatunek realizuje swoje podstawowe potrzeby życiowe. Zarówno wielkołanowe monokultury rolne, jak i leśne nie sprzyjają bytowaniu zwierzyny. Stała dewastacja stref ekotonowych, remiz śródpolnych, likwidacja poletek żerowych, zadrzewień i zakrzewień zmusza zwierzynę dziko żyjącą do żerowania w uprawach polnych i leśnych. Dlatego tak ważne jest zakładanie nowych stref ekotonowych oraz właściwe kształtowanie i utrzymywanie już istniejących (**poz. III.6**).
- Drugim ważnym czynnikiem oddziałującym negatywnie na populacje zwierząt dziko żyjących jest nadmierne stosowanie w rolnictwie pestycydów i nawozów. Stosowanie środków ochrony roślin z jednej strony pozbawia bazy żerowej gatunki dziko żyjące, z drugiej - powoduje skażenie pobieranego przez zwierzynę pokarmu. Powoduje to nie tylko dezorganizację piramidy troficznej, lecz także może wywołać trwałe uszkodzenia sieci powiązań w układzie organizm-środowisko co ma podstawowe znaczenie dla prawidłowego obiegu materii i energii w ekosystemach. Zużycie środków ochrony roślin w masie towarowej w Polsce stale rośnie. W 2007 roku wynosiło 42,7 tys. ton, natomiast w 2011r. już 58,7 tys. ton. W odniesieniu do roku 1990 (19, 7 tys. ton) wzrost był trzykrotny. Przy jednoczesnym spadku powierzchni uprawy z ponad 18,5 mln ha w 1990 roku do 16,2 mln w 2007 r. i 15,0 mln w 2011 roku. W okresie od 2003 do 2008 roku rejestr Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi [Sprzedaż...2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008] zawierał 795 środków ochrony roślin dopuszczonych do stosowania na terenie Polski. Obowiązującym wówczas aktem prawnym Unii Europejskiej była Dyrektywa Rady z 91/414/EEC z dnia 15 lipca 1991 roku [Dyrektywa... 1991]. W 2012 roku MRiRW dopuściło do stosowania 1066 środków ochrony roślin, a w 2013 roku w obrocie znajdowało się już 1233. Na podstawie powyższych aktów prawnych przeanalizowano pod kątem legalności stosowania i skutków ubocznych 149 środków ochrony roślin, które znalazły się w sprzedaży na obszarze Opolszczyzny. W badanej grupie preparatów znalazły się fungicydy, herbicydy, insektycydy, desykanty, antywylegacze oraz zaprawy nasienne, stosowane między innymi w ochronie zbóż, rzepaku, kukurydzy, upraw warzywnych czy sadowniczych. Analiza wykazała, że 16% środków ochrony roślin (24 preparaty), stosowanych jest nielegalnie, bowiem nie znajdują się w wykazach dopuszczających je do obrotu, 39 % analizowanych środków jest dopuszczonych do obrotu zgodnie z polskimi przepisami (58 preparatów), ale nie znajdują się one w wykazie unijnym. Z kolei 5% analizowanych środków dopuszcza dyrektywa unijna, ale brak ich w krajowym rejestrze. Substancje aktywne, zawarte w środkach ochrony roślin, określają kierunki toksycznego działania - są to między innymi: działania rakotwórcze, powodowanie dziedzicznych wad genetycznych, upośledzanie płodności, szkodliwe działanie na płód w łonie matki. Prawie połowa analizowanych preparatów (72) wykazywała bardzo toksyczne działanie na organizmy wodne i długo utrzymujące się niekorzystne zmiany w środowisku. Szkodliwe działanie na płód w łonie matki wykazywało 21 preparatów, 16 preparatów wykazywało toksyczne lub bardzo toksyczne działanie na pszczoły, 5 powodowało dziedziczne wady genetyczne a 6 upośledzenie płodności. Związki chemiczne takie jak triazole (m.in. flusilazol) nie są

dopuszczone do obrotu i stosowania przez dyrektywę unijną (91/414/EEC), natomiast znajdują się w krajowym rejestrze. Ich sprzedaż w kraju stale rośnie. W analizowanym okresie województwie opolskim stanowiły czwartą co do wielkości grupę stosowanych fungicydów. Podobnie karbendazym, związek należący do benzimidazoli, szeroko stosowany w uprawie zbóż, rzepaku i buraka cukrowego. Preparaty grzybobójcze na bazie benzimidazoli osiągnęły w kraju szczyt sprzedaży w 2005 roku. Na Opolszczyźnie zajmują drugie miejsce wśród stosowanych fungicydów. Niespójność obowiązujących aktów prawnych, a także brak kontroli wskazuje, na dowolność handlu środkami ochrony roślin w naszym kraju (**poz. IV.17; poz. IV.21**).

- Negatywne zmiany w biotopach, dotyczące zubożenia różnorodności biologicznej, zachwiania równowagi biocenoz i destabilizacji gatunkowej na wszystkich poziomach troficznych w łowiectwie znalazły odzwierciedlenie w ogromnych zmianach populacyjnych wielu gatunków zwierząt. W gospodarce łowieckiej klasycznym przykładem negatywnych zmian krajobrazu rolniczego jest zając szarak *Lepus europaeus*, którego liczebność w Polsce od początku lat 80. XX wieku spadła o 88%. Na Opolszczyźnie zanotowano spadek liczebności zająca, w ciągu 20. lat o 75% (1994–2013), co w świetle kryteriów międzynarodowych IUCN (*International Union for Conservation of Nature*), klasyfikuje ten gatunek jako krytycznie zagrożony. Podobnie jak w Austrii, Niemczech, Norwegii i Szwajcarii, gdzie znajduje się na czerwonej liście gatunków zagrożonych wyginięciem. Zając jest narażony na bezpośrednie (znajdąc się w obszarze oprysku) i pośrednie działanie (zubożenie bazy żerowej, pobieranie skażonego pokarmu) stosowanych zabiegów chemicznej ochrony roślin. Stopień narażenia tego gatunku na kontakt z pestycydami wynika ze specyfiki wyboru siedliska i składu jego diety. Innym gatunkiem łownym reagującym podobnie na zmiany w biotopie jest kuropatwa, której liczebność w Polsce w stosunku do lat 70. XX wieku spadła o 90%. Przyczynę redukcji tak znacznej liczebności tych gatunków należy upatrywać w intensyfikacji rolnictwa, a w szczególności w zastosowaniu chemicznych środków ochrony roślin (**poz. IV.21, poz. III.9**).
- Na tle zmian zachodzących w biotopach zwierząt dziko żyjących przeprowadzono analizę porównawczą masy tuszy sarny (*Capreolus capreolus*) dwóch ekotypów: sarny polnej i leśnej. Wybrano 14 obwodów łowieckich polnych, gdzie dominują tradycyjne rozdrobnione gospodarstwa rolne i 18 obwodów leśnych w województwie opolskim. W obu analizowanych biotopach (polnym i leśnym) liczebność saren z roku na rok rosła. Wskaźnik zagęszczenia dla sarny polnej (2,88-3,95 osobnika na 100 ha) jak i leśnej (3,08-4,51 osobnika na 100 ha) ma tendencję wzrostową w kolejnych sezonach łowieckich. Analizie poddano 240 rogaczy (po 120 szt. z każdego ekotypu) pozyskanych w roku 2002 oraz 189 kóz polnych i 382 leśnych pozyskane w dwóch sezonach łowieckich: 2001/02 i 2002/03. Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują, że sarna polna ma wyraźnie wyższą masę od sarny leśnej pochodzącej z tego samego obszaru. Przeciętna masa tuszy rogacza z łowiska leśnego wynosiła 15,07 kg, a z łowiska polnego 16,97 kg, czyli różnica wynosiła około 2 kg. Zauważalna jest również różnica w masie pomiędzy kozami leśnymi i polnymi. Średnia masa tuszy kozy leśnej w sezonie 2001/2002 wynosiła 15,48 kg, a polnej 15,98 kg. Większą różnicę, bo w granicach 1 kg zarejestrowano pomiędzy kozami w sezonie 2002/03, gdzie odpowiednio masy tuszy wynosiły 15,48 kg a z łowiska polnego 16,55 kg. Liczebność saren leśnych jest wyższa niż polnych, natomiast biomasa w obu biotopach jest stała,

co wskazuje na znany w ekologii proces kompensacji czynników ekologicznych (**poz. III.7**).

- W kolejnych badaniach analizie poddano masę tuszy samców (kozłów) i samic (kóz) pozyskanych w latach 2005—2011 w obwodzie łowieckim znajdującym się na pograniczu polsko-czeskim, gdzie dominuje rolnictwo wielkoobszarowe. Materiał badawczy w postaci 334 tusz, z czego 173 stanowiły kozły i 161 kozy, zważono i poddano analizie statystycznej. Ze szczegółowej analizy wynika, że od 2007 r. pozyskiwano osobniki o coraz mniejszej masie przeciętnej. Analiza tusz kozłów wykazała, że w ciągu siedmiu lat (2005-2011) nastąpiła wyraźna regresja ich masy. W liczbach bezwzględnych średnia populacyjna masa kozłów zmniejszyła się w ciągu pięciu lat o blisko 2,5 kg (2007-2011). Spadek masy tusz kóz obrazuje modalna, która w okresie siedmiu lat obniżyła się aż o 25%. W wartościach bezwzględnych oznacza to spadek masy najczęściej pozyskiwanych osobników o 5 kg. W tej populacji zwiększył się odsetek osobników najłabszych. Po latach, w których pozyskano kozy o dużej masie, rejestrowano kozy o masach mniejszych. W 2011 r. pozyskanie kóz wzrosło o 94% w stosunku do roku 2006 a kozłów o 76%. Średnia masa pojedynczych osobników zmniejszyła się o 12%. Powyższe relacje świadczą o regresie całej lokalnej populacji saren (**poz. IV.18**).
- Ze zmianami krajobrazu ściśle wiąże się problem narastających szkód w uprawach rolniczych wyrządzanych przez zwierzynę łowną. Opracowanie dotyczyło problemu odszkodowań wypłacanych przez dzierżawców obwodów łowieckich za zniszczenia powodowane przez zwierzynę w agroekosystemach. W artykule poruszono kilka wątków, które mają wpływ na wielkość szkód: po pierwsze który gatunek generuje największe szkody, w jaki sposób dzierżawcy obwodów łowieckich rekompensują odnotowane straty z tytułu wypłacanych odszkodowań i wreszcie czy wielkoobszarowa uprawa umożliwia właściwe wykonanie planów łowieckich, czyli redukcji gatunków łownych. Trzon analizy stanowiły dane statystyczne zaczerpnięte z Głównego Urzędu Statystycznego za lata 2000-2013 dotyczące wysokości wypłacanych odszkodowań łowieckich i pozyskania zwierząt łownych w Polsce. Analizę ilości i wartości skupu zwierzyny łownej przeprowadzono za okres trzech lat (2010 - 2013). Wielkość pozyskania zwierzyny z biologicznego punktu widzenia powinna być podyktowana pojemnością łowiska, a nie wielkością szkód i wypłacanych z tego tytułu odszkodowań. Wychodząc z tego założenia przeprowadzono dodatkowo szczegółowe badania na Opolszczyźnie obejmujące lata 2005-2011. Badaniami objęto populację sarny, określając pojemność łowiska, wyrażoną wskaźnikiem zagęszczenia oraz przeciętną masę tuszy osobników. Wyboru obwodów łowieckich do tej części badań dokonano po przeprowadzeniu analizy procentowego udziału gruntów leśnych i polnych w poszczególnych obwodach.
Za bezpośrednią przyczynę wzrostu odszkodowań uznano wzrost liczebności zwierzyny grubej, zwłaszcza dzików. Wzrost ten spowodowany był zmianami zachodzącymi w agrocenozach, gdzie dominowały wielkołanowe uprawy kukurydzy, które są przyczyną zakłócenia naturalnego cyklu rozrodczego dzików. Wykazano związek przyczynowo-skutkowy między dynamicznym przyrostem szkód łowieckich a wzrostem upraw kukurydzy. W ciągu analizowanego trzynastolecia (2000/01-2012/13) kwota odszkodowań wypłacanych przez dzierżawców obwodów łowieckich wzrosła w skali kraju ponad dwukrotnie (wzrost o 41,9 mln zł). Analizując

roczne pozyskanie zwierzyny łownej w skali kraju odnotowano tendencję wzrostową. Pozyskanie dzika w tym okresie wzrosło o 158%, jelenia o 68%, a sarny o około 9%. Przeprowadzając analizę pomiędzy pozyskaną masą zwierzyny a przychodem, jakie koła łowieckie uzyskały z jej sprzedaży, dostrzeżono rosnące pozyskanie i jednocześnie spadające przychody. W rozwiązywaniu problemu wysokości rekompensat strat głównym problemem jest to, że wartość sprzedanych tusz dzika jest niska, i nie pokrywa nawet w 50% żądanych przez rolników kwot. Zatem aby pokryć powstający deficyt, koła łowieckie zwiększają pozyskanie i sprzedaż tusz innych gatunków, m.in. saren. Działania tego typu są bardzo niebezpieczne, gdyż eksploatacja łowisk może doprowadzić do regresu sarny (**poz. IV.22**).

- Na tle wzrastającej liczebności dzików (*Sus scrofa*) w Polsce przeprowadzono badania dotyczące określenia liczebności z uwzględnieniem struktury wiekowo-płciowej oraz aktywności dobowej i sezonowej populacji dzików na terenie Opolszczyzny (w Nadleśnictwie Prószków, w obwodzie łowieckim Nr 48). Do monitoringu wykorzystano materiał, zebrany za pomocą fotopułapek, opartych na działaniu pasywnego czujnika ruchu, z wbudowanymi diodami podczerwieni, umożliwiającymi wykonywanie zdjęć także nocą. Analizie poddano wiele tysięcy zdjęć, które pozwoliły na oszacowanie liczebności populacji na 1561 szt. Aparat umieszczono na pniu drzewa, na wysokości 1 m od gruntu, w pobliżu krytej ambony, co pozwoliło na skonfrontowanie bezpośrednich obserwacji z obrazem uzyskanym z fotopułapki. Stanowisko badawcze wyposażono dodatkowo w 7 zwymiarowanych metalowych tyczek przytwierdzonych na stałe do gruntu, lokując je w zasięgu pola widzenia kamer. Przy identyfikacji wieku i płci kierowano się budową, umaszczeniem osobników oraz wysokością w kłębie odczytaną z przymiarów. Dla zwiększenia sukcesu odłowy, na nęciskach sukcesywnie wykładano ziarna kukurydzy, kisonkę kukurydzianą, mieszanki zbożowe owsa i jęczmienia oraz buraki pastewne, marchew i jabłka. Ważnym elementem, występującym w siedlisku, był przebiegający przez zwarty kompleks leśny fragment autostrady A-4, stanowiący ograniczenie dla migrującej zwierzyny.

W porównaniu do tradycyjnych metod inwentaryzacyjnych, niewykraczających zwykle poza standardową ocenę zagęszczenia, fotopułapki umożliwiły ilościową i jakościową analizę pozyskanego materiału, w której uwzględniono wiek oraz płć osobników. Z analizy wszystkich zdjęć w skali roku (304 dni czynnej obserwacji) wynika, że grupą, najczęściej rejestrowaną na nęcisku były warchlaki (40,13%) i przelatki (32,24%), następnie lochy (26,32%), prosięta (10,85%) i odyńce (4,93%). W ciągu roku, najczęściej obserwowano pojedyncze samice, watahy warchlaków liczące 6 sztuk, pasiaki w grupach od 6 do 14 sztuk oraz przelatki w grupach liczących 4 sztuki. Maksymalna liczba zaobserwowanych dzików na nęcisku wynosiła natomiast do 4 loch, 18 warchlaków i do 14 przelatki i pasiaków. Na przełomie kwietnia i maja 2016 roku nie rejestrowano obecności loch na nęcisku, co mogło być związane z czasem proszenia. W wykonanej analizie, odnotowano występowanie trzech szczytów urodzeń, różniących się wielkością miotów, które przypadały na okres: maj/czerwiec – 84,04% (mioty po 6–14 sztuk), lipiec/sierpień – 14,33%, (1 do 9 szt. w miocie) oraz wrzesień – 1,62% (pojedynczy osobnik). Jak się okazuje tzw. „drugie piki”, które odnoszą się do kolejnych generacji prosiąt, są zjawiskiem powszechnym. Na terenach z dużym udziałem pól uprawnych, w przeciwieństwie do zwartych kompleksów leśnych, duży udział w rozrodzie miały warchlaki i przelatki, które ze względu na

łatwy dostęp do wysokobiałkowego pokarmu, dużo szybciej osiągają odpowiednią masę i pełną dojrzałość płciową, lecz poza właściwym okresem rui, co przekłada się na występowanie wyproszeń w okresie jesiennym.

Szacowanie liczebności badanej populacji na podstawie materiałów pozyskanych z fotopułapek, można traktować jako rzeczywistą wielkość pogłowia zwierzyny na danym obszarze pod warunkiem że: monitoring ma dokładnie określoną procedurę postępowania; obserwowany teren wyposażony jest w dostateczną liczbę aparatów; czas rozpoczęcia i długość trwania monitoringu jest taki sam na każdym stanowisku.

Analiza zarejestrowanych detekcji pozwala na określenie struktury wiekowo-płciowej badanej populacji dzika w określonym siedlisku. Wykorzystanie fotopułapek do monitoringu zwierzyny pozwala na przewidywanie kierunków zmian wielkości i struktury pogłowia w kolejnych sezonach łowieckich. Pierwsze w ciągu roku pojawienie się na fotografiach pasiaków pozwala na ustalenie liczby prosiąt przypadających na jedną samicę, ustalenie szczytu urodzeń, co można porównać przestrzennie i czasowo (np. przez kilka lat). Pojawienie się na nęcisku pasiaków w okresie późnego lata (sierpień, wrzesień) może świadczyć o zaburzeniach rozrodu **(poz. IV.30)**.

Analiza rytmu dobowego rejestrowanych osobników wykazała, iż aktywność dzików w ciągu doby uzależniona jest głównie od stopnia antropopresji w miejscu jej bytowania, co w tym wypadku przełożyło się na zwiększoną detekcję dzików nocą. Największą aktywność zarejestrowano między godziną 21:00 a 06:00, przy czym 50% zarejestrowanych zdarzeń miało miejsce między 22:00 a 02:00 w nocy. Średnia suma aktywności dobowej wynosiła 9 godzin. W poszczególnych sezonach, czas migracji zwierzyny był jednak zróżnicowany i pokrywał się z godzinami wschodu i zachodu słońca. Wiosną dziki najczęściej obserwowano od 20:30 do 5:00. Latem i jesienią obecność ta przypadała w godzinach pomiędzy 21:30 a 6:30, gdzie w czerwcu i lipcu watahy pozostawały na nęcisku nawet do 3 godzin po wschodzie słońca. Zimą zwierzyna bytowała najdłużej od 19:30 do 7:00. Rozpoczęcie żerowania było jednak opóźnione w stosunku do zmierzchu średnio o 2 godziny.

Określenie aktywności dobowej dzików na nęcisku może przyczynić się do poprawy skuteczności wykonania łowieckich planów przez myśliwych, a także obniżyć szkody w uprawach rolnych. Zarejestrowanie na nęcisku samotnych watah pasiaków czy warchlaków w dzień dostarcza informacji o odstrzeleniu lochy przewodzącej w stadzie **(poz. IV.31)**.

Syntetyczne ujęcie dorobku naukowego oraz działalności dydaktycznej, popularyzatorskiej i organizacyjnej

Efektom mojej działalności naukowej na Uniwersytecie Opolskim jest dorobek publikacyjny obejmujący łącznie 62 pozycje, w tym 3 monografie (dwie samodzielne wydane w PWN), 9 rozdziałów w monografiach, 36 artykułów naukowych oraz 14 komunikatów konferencyjnych. Szczegółowe zestawienie publikacji zamieszczono w załączniku 4. Łączny dorobek punktacyjny wynosi 357 pkt. zgodnie z rokiem opublikowania pracy. Łączna liczba cytowanych prac w bazie Web of Science wynosi 16 (w tym 1 autocytowanie), a indeks Hirscha 3.

W 2009 roku wchodziłam w skład komitetu naukowego i organizacyjnego ogólnopolskiej konferencji naukowej – „Zagrożenia biotopów” pełniąc jednocześnie

funkcję sekretarza. Byłam redaktorem naukowym monografii pt. „Zagrożenia biotopów leśnych”, a także publikowanych streszczeń po konferencji wydanych w Uniwersytecie Opolskim. Na zlecenia redakcji wykonywałam recenzje artykułów naukowych i monografii. Prezentowałam wyniki własnych badań jako autor i współautor na różnych konferencjach krajowych i międzynarodowych wygłaszając 32 referaty i prezentując 15 posterów. Od 2003 roku wyniki swoich badań prezentuję w ramach prac Komisji Nauk Rolniczych i Leśnych PAN Oddział w Katowicach.

Opracowałam raporty m. in. dotyczące oddziaływania inwestycji na środowisko dla przedsięwzięcia „Zalesienie gruntów porolnych wraz z przygotowaniem gleby i ochroną przed zwierzyną w ramach programu dla Odry 2006” oraz raportu z translokacji kęp turzycy zwisłej (*Carex pendula* Huds.) w związku z realizacją inwestycji „Odbudowa retencyjnego zbiornika wodnego w Leśnictwie Dębowiec”. Wykonałam także ekspertyzę dotyczącą oceny stanu zdrowotnego alei pomnikowej lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.).

Odbyłam 3 i 4 miesięczne staże krajowe w ramach projektów pn. „Wiedza kapitałem w biznesie” (2012r.), „Nauka dla przemysłu – przemysł z nauką 2” (2012/2013r.), „Współpraca między sektorami szansą na innowacyjność przedsiębiorstw” (2013/2014r), oraz jedno miesięczny staż w PGL LP Nadleśnictwo Opole (2016r.). Brałam udział w wyjeździe studyjno-szkoleniowym do Mannheim (Niemcy) dotyczącym odnawialnych źródeł energii i gospodarki niskoemisyjnej.

Moja działalność dydaktyczna skupia się wokół zagadnień związanych z prowadzoną pracą badawczą. Zajęcia dydaktyczne prowadzę na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych na takich kierunkach jak: Biotechnologia, Inżynieria Środowiska oraz Odnawialne Źródła Energii. Wcześniej także na kierunkach: Biologia i Ochrona Środowiska oraz studiach podyplomowych dla nauczycieli biologii i przyrody. Prowadzę wykłady, laboratoria, konwersatoria i zajęcia terenowe z następujących przedmiotów: *Ekologia ogólna, Ekologia stosowana, Fizjologia roślin i Metodologia prac doświadczalnych*. Natomiast w ramach kursów stałych prowadzę: *Doświadczalnictwo ekologiczne i Biologiczne podstawy ochrony przyrody*. Z kursów ogólnouczelnianych dla studentów kierunków humanistycznych prowadzę kurs – *Łowiectwo za i przeciw* mający na celu podniesienie świadomości dotyczącej zadań i celów gospodarki łowieckiej realizowanej w Polsce. Zajęcia terenowe realizuję na założonych przez siebie stałych obiektach doświadczalnych w ekosystemach leśnych współpracując z nadleśnictwami: Opole, Tułowice, Olesno, Prószków, Strzelce Opolskie oraz Prudnik. Od 1999 roku organizuję dla studentów i słuchaczy studiów podyplomowych wyjazdy do Leśnego Banku Genów w Kostrzycy, ośrodka hodowli głuszca w Nadleśnictwie Wisła, Karkonoskiego Parku Narodowego i Parku Narodowego Gór Stołowych. Od 2001 roku byłam promotorem 13 prac magisterskich, 8 licencjackich i 3 inżynierskich. Sprawowałam opiekę techniczną 71 prac magisterskich a także opiekę merytoryczną przygotowując studentów do wystąpień na konferencjach naukowych w Czechach i na Ukrainie. Opracowałam szczegółowy 6-cio miesięczny program zajęć laboratoryjnych w zakładzie ekologii dla przyjętego stażysty sprawując jednocześnie nadzór merytoryczny nad jego realizacją. Prowadzę coroczne warsztaty w ramach Opolskiego Festiwalu Nauki pt. „Rozpoznawanie drzew i krzewów”. Biorę czynny udział w licznych projektach dydaktycznych skierowanych dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych prowadząc warsztaty i pokazy.

W ramach działalności organizacyjnej przez cztery lata pełniłam obowiązki kierownika Zakładu Ekologii i Ochrony Przyrody (1999-2002). Zostałam powołana przez Radę Wydziału na stanowisko kierownika Studiów Podyplomowych „*Biologia i*

Dydaktyka Biologii” (1999-2008) oraz kierownika Studiów Podyplomowych dla Nauczycieli z zakresu nauczania języków obcych oraz drugiego przedmiotu - „Przyroda” (2007/2008).

Od 1999r. jestem stałym członkiem Rady Wydziału Przyrodniczo-Technicznego. Wielokrotnie otrzymywałam powołanie Dziekana jako egzaminator Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej na kierunkach biologia, ochrona środowiska (studia stacjonarne i niestacjonarne). Decyzją Senatu Uniwersytetu Opolskiego zostałam powołana w skład Uczelnianej Komisji Wyborczej (w kadencjach: 2002–2005; 2012–2016). Od 2012 roku jestem członkiem Rady Programowej kierunku biotechnologia, pełniąc (od 2013r.) funkcję koordynatora. Równocześnie zostałam powołana do Uczelnianego i Wydziałowego Zespołu ds. Doskonalenia Jakości Kształcenia.

W 2008 r. pracowałam w zespole przygotowującym wniosek rozwoju i unowocześnienia infrastruktury dydaktycznej wydziału.

W ramach prac zespołów eksperckich zostałam przez Dziekana Wydziału Przyrodniczo-Technicznego Uniwersytetu Opolskiego delegowana do udziału w pracach komisji opiniotawczo-doradczej działającej przy Prezydencie Miasta Opola ds. zieleni miejskiej (od 2009r. – nadal). Jako ekspert brałam udział w pracach grupy roboczej ds. Strategii Opola do 2030 r. w obszarze „Tereny zielone i ochrona środowiska” (2018r.).

Moje osiągnięcia naukowe, dydaktyczne i organizacyjne były wielokrotnie nagradzane przez JM Rektora Uniwersytetu Opolskiego m.in. za uzyskanie stopnia doktora nauk biologicznych (2000r.); nagroda Quality za osiągnięcia w roku akademickim 2012/2013 dotyczące podnoszenia jakości kształcenia w Uniwersytecie Opolskim (2013r.). Nagroda za prace w Wydziałowym Zespole ds. Doskonalenia Jakości Kształcenia (2015r.) oraz nagroda za profesjonalizm i wzorową pracę w roku akademickim 2016/2017 (2017r.).

Ponadto otrzymałam Nagrodę indywidualną Ministra Edukacji Narodowej i Sportu za pracę pt. „*Struktura biomasy sosny zwyczajnej*” (2002). Zostałam wyróżniona brązowym medalem za długoletnią służbę (2013r.) i Medalem Komisji Edukacji Narodowej za szczególne zasługi dla oświaty i wychowania (2015r.).



Monika Sporek

Opole, 22 luty 2019r.