

Autoreferat

dr Michał Budka

Zakład Ekologii Behawioralnej

Wydział Biologii

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

ul. Uniwersytetu Poznańskiego 6, 61-614 Poznań

Poznań 2023

1. Imię i nazwisko

Michał Budka

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

- | | |
|------|--|
| 2013 | Stopień doktora nauk biologicznych w zakresie biologii; Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, tytuł rozprawy doktorskiej: „Zmienność i funkcje głosu derkacza <i>Crex crex</i> ” (wyróżniona Nagrodą Prezesa Rady Ministrów) |
| 2009 | Tytuł magistra leśnictwa; Wydział Leśny, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, tytuł pracy magisterskiej: „Geograficzna zmienność głosu derkacza” |
| 2007 | Tytuł inżyniera leśnictwa; Wydział Leśny, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, tytuł pracy inżynierskiej: „Awifauna lęgowa Doliny Górnego Nurca” |

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

- | | |
|--------------|--|
| 2013–obecnie | Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Biologii, Zakład Ekologii Behawioralnej – adiunkt |
| 2009–2013 | Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Biologii, Zakład Ekologii Behawioralnej – doktorant |
| 2008–2009 | Biebrzański Park Narodowy – referent ds. ochrony przyrody, w ramach projektu Life-Nature "Ochrona wodniczki w Polsce i w Niemczech" (LIFE05 NAT/PL/000101) |

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).

4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego.

Automatyczne metody rejestracji i analizy dźwięku jako narzędzie w badaniach biologicznych, ekologicznych i monitoringu bioróżnorodności ptaków

Głównym osiągnięciem naukowym, będącym podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, jest cykl powiązanych tematycznie, dziewięciu oryginalnych artykułów naukowych, opublikowanych w latach 2019–2023. W siedmiu z nich jestem pierwszym autorem, natomiast w dwóch pozostałych (dwuautorskich pracach) pełnię rolę drugiego autora. Sumaryczny współczynnik Impact Factor czasopism, w których prace zostały opublikowane, wynosi 24,8 (sumaryczny 5YIF=25,8). Łączna liczba punktów MNiE, uwzględniając aktualny wykaz czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych z dnia 17 lipca 2023 roku, wynosi 1150 (1070 pkt według punktacji z roku opublikowania).

4.2 Wykaz publikacji stanowiących cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt. 2b Ustawy.

- 1) **Budka M**, Uyeme JE, Osiejuk TS. 2023. Females occasionally create duets with males but they never sing solo – year-round singing behaviour in an Afrotropical songbird. *Scientific Reports* 13: 11405.

[5Y-IF₂₀₂₂ = 4.9; IF₂₀₂₂=4.6; MEiN₂₀₂₃=140 pkt]

Mój wkład polegał na: zaplanowaniu koncepcji badań, uzyskaniu finansowania badań, współudziale w sformułowaniu celu oraz hipotez badawczych, przeprowadzeniu badań w terenie, współudziale w przeprowadzeniu analiz bioakustycznych, wykonaniu analiz statystycznych, przygotowaniu wstępnej wersji manuskryptu oraz korekcie ostatecznej wersji manuskryptu.

- 2) **Budka M**, Sokołowska E, Muszyńska A, Staniewicz A. 2023. Acoustic indices estimate breeding bird species richness with daily and seasonally variable effectiveness in lowland temperate Białowieża forest. *Ecological Indicators* 148: 110027.

[5YIF₂₀₂₂=6.6; IF₂₀₂₂=6.9; MEiN₂₀₂₃=200 pkt]

Mój wkład polegał na: zaplanowaniu koncepcji badań, uzyskaniu finansowania badań, współudziale w sformułowaniu celu oraz hipotez badawczych, przeprowadzeniu badań w terenie, współudziale w przeprowadzeniu analiz bioakustycznych, przeprowadzeniu analiz statystycznych, przygotowaniu wstępnej wersji manuskryptu oraz korekcie ostatecznej wersji manuskryptu.

- 3) **Budka M**, Piasecka M, Białas JT, Kokociński P, Podkowa P, Surmacki A, Szymański P, Sobczykńska U, Osiejuk TS. 2023. Frequent duets, rare choruses, and extremely rare solos: year-round singing behavior in Chubb's Cisticola. *Journal of Ornithology* 146: 547–559.

[5YIF₂₀₂₂=1.5; IF₂₀₂₂=1.3; MEiN₂₀₂₃=140 pkt]

Mój wkład polegał na: zaplanowaniu koncepcji badań, uzyskaniu finansowania badań, współudziale w sformułowaniu celu oraz hipotez badawczych, przeprowadzeniu badań w terenie, współudziale w przeprowadzeniu analiz bioakustycznych i molekularnych, przeprowadzeniu analiz statystycznych, przygotowaniu wstępnej wersji manuskryptu oraz korekcie ostatecznej wersji manuskryptu.

- 4) **Budka M**, Jobda M, Szałański P, Piórkowski H. 2022. Acoustic approach as an alternative to human-based survey in bird biodiversity monitoring in agricultural meadows. *PLoS One* 17: e0266557.
[5YIF₂₀₂₂=3.8; IF₂₀₂₂=3.7; MEiN₂₀₂₁=100 pkt; MEiN₂₀₂₃=140 pkt]
Mój wkład polegał na: zaplanowaniu koncepcji badań, współudziale w sformułowaniu celu oraz hipotez badawczych, współudziale w przeprowadzeniu analiz bioakustycznych, przeprowadzeniu analiz statystycznych, przygotowaniu wstępnej wersji manuskryptu oraz korekcie ostatecznej wersji manuskryptu.
- 5) **Budka M**, Kokociński P. 2022. Daily and seasonal changes of vocal activity of the Common Crane *Grus grus*: implications for conservation and monitoring efforts. *Bird Study* 68: 311–318.
[5YIF₂₀₂₂=0.9; IF₂₀₂₂=0.7; MEiN₂₀₂₁=70 pkt; MEiN₂₀₂₃=70 pkt]
Mój wkład polegał na: zaplanowaniu koncepcji badań, uzyskaniu finansowania badań, współudziale w sformułowaniu celu oraz hipotez badawczych, współudziale w przeprowadzeniu badań terenowych, współudziale w przeprowadzeniu analiz bioakustycznych, wykonaniu analiz statystycznych, przygotowaniu wstępnej wersji manuskryptu oraz korekcie ostatecznej wersji manuskryptu.
- 6) **Budka M**, Skierczyńska A, Antczak M, Osiejuk TS. 2021. Nocturnal singing by diurnal birds in Afrotropical highlands. *Journal of Ornithology* 162: 435–445.
[5YIF₂₀₂₁=1.758; IF₂₀₂₁=1.816; MEiN₂₀₂₁=140 pkt; MEiN₂₀₂₃=140 pkt]
Mój wkład polegał na: zaplanowaniu koncepcji badań, współudziale w sformułowaniu celu oraz hipotez badawczych, współudziale w przeprowadzeniu badań w terenie, współudziale w przeprowadzeniu analiz bioakustycznych, wykonaniu analiz statystycznych, przygotowaniu wstępnej wersji manuskryptu oraz korekcie ostatecznej wersji manuskryptu.
- 7) Kułaga K, **Budka M**. 2020. Nocturnal singing by diurnal birds in a temperate region of central Europe. *Journal of Ornithology* 161: 1143–1152.
[5YIF₂₀₂₀=1.882; IF₂₀₂₀=1.754; MEiN₂₀₂₁=140 pkt; MEiN₂₀₂₃=140 pkt]
Mój wkład polegał na: współudziale w zaplanowaniu koncepcji badań oraz sformułowaniu celu i hipotez badawczych, współudziale w przeprowadzeniu badań w terenie, współudziale w analizach bioakustycznych oraz statystycznych, współudziale w przygotowaniu wstępnej wersji manuskryptu oraz korekcie ostatecznej wersji manuskryptu.
- 8) **Budka M**, Czyż M, Skierczyńska A, Antczak M, Osiejuk TS. 2020. Duration of survey changes interpretation of habitat preferences study – an example of an endemic tropical songbird – the Bangwa forest warbler. *Ostrich* 91: 195–203.
[5YIF₂₀₂₀=1.222; IF₂₀₂₀=1.276; MEiN₂₀₂₁=40 pkt; MEiN₂₀₂₃=40 pkt]
Mój wkład polegał na: współudziale w zaplanowaniu koncepcji badań oraz sformułowaniu celu i hipotez badawczych, współudziale w przeprowadzeniu badań w terenie, wykonaniu analiz

bioakustycznych i statystycznych, przygotowaniu wstępnej wersji manuskryptu oraz korekcie ostatecznej wersji manuskryptu.

- 9) Kułaga K, **Budka M.** 2019. Bird species detection by an observer and an autonomous sound recorder in two different environments: Forest and farmland. *PLoS One* 14: e0211970.

[5YIF₂₀₁₉= 3,227; IF₂₀₁₉=2,740; MEiN₂₀₂₁=100 pkt; MEiN₂₀₂₃=140 pkt]

Mój wkład polegał na: współudziale w zaplanowaniu koncepcji badań oraz sformułowaniu celu i hipotez badawczych, współudziale w przeprowadzeniu badań w terenie, współudziale w wykonaniu analiz bioakustycznych i statystycznych, współudziale w przygotowaniu wstępnej wersji manuskryptu oraz korekcie ostatecznej wersji manuskryptu.

4.3 Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Badania biologii, ekologii oraz stanu populacji zwierząt kręgowych w większości przypadków bazują na obserwacjach obejmujących niewielki wycinek ich dobowej czy sezonowej aktywności. Takie podejście może prowadzić do nieprecyzyjnego opisu oraz interpretacji ich zachowań. Współczesny rozwój techniki dostarcza nowych narzędzi pozwalających rejestrować zachowanie zwierząt w sposób niemalże ciągły, co może prowadzić do zrewidowania aktualnej wiedzy oraz dokonania nowych odkryć. Jednym z takich narzędzi, których dynamiczny rozwój obserwuje się w ostatniej dekadzie, są automatyczne metody rejestracji oraz analizy dźwięku. Jednak ich rzeczywista efektywność jest wciąż żywo dyskutowana, ze względu na sprzeczne wyniki badań dotyczących ich skuteczności oraz możliwości zastosowania w praktyce (Darras et al. 2019; Sugai et al. 2019b).

Automatyczne rejestratory dźwięku umożliwiają nagrywanie pejzażu dźwiękowego, czyli wszystkich dźwięków obecnych w środowisku, w sposób całkowicie automatyczny i wysoce wystandaryzowany – obecność człowieka ogranicza się jedynie do umieszczenia rejestratora w terenie oraz jego zdemontowania. Jest to zatem niezwykle efektywne narzędzie do śledzenia całodobowej jak i całorocznej aktywności wokalne zarówno pojedynczych gatunków jak i całych ich zespołów, zwłaszcza w miejscach, które ze względu na warunki pogodowe, ukształtowanie terenu, czy roślinność są trudno dostępne dla człowieka. Dotychczasowe badania, w zależności od lokalizacji, typu środowiska czy samej metodologii, sugerują zarówno lepszą, gorszą jak i jednakową skuteczność automatycznych rejestratorów dźwięku w szacowaniu bioróżnorodności ptaków w porównaniu z tradycyjnym, opartym na obserwatorze podejściem (Celis-Murillo et al. 2012; Vold et al. 2017; Wheeldon et al. 2019). Konieczne jest więc wskazanie czynników odpowiedzialnych za taki stan rzeczy oraz podjęcie wysiłków zmierzających do jeszcze większej standaryzacji metody akustycznej, tak aby uzyskiwane przez nią wyniki były niezależne od warunków środowiskowych, w których jest stosowana (Sugai et al. 2019a).

Ogromne ilości danych bioakustycznych zgromadzone za pomocą automatycznych rejestratorów dźwięku nie mogą być analizowane poprzez „ręczne” skanowanie spektrogramów i odsłuchiwanie nagrań, ze względu na ogromną pracochłonność takiego podejścia. Dlatego równoległe z rozwojem automatycznych metod rejestracji dźwięku rozwijają się też metody automatycznej analizy dźwięku. Podzielić je można na dwie grupy. Pierwsza z nich obejmuje automatyczną detekcję i klasyfikację sygnałów dźwiękowych, polegającą w pierwszej kolejności na wykryciu sygnałów, następnie ich grupowaniu oraz klasyfikowaniu do konkretnego gatunku (Towsey et al. 2012). Druga grupa metod analizuje pejzaż dźwiękowy jako całość, mierząc jego stopień skomplikowania. W ten sposób każdemu nagraniu przyporządkowywana jest jedna wartość liczbowa, tzw. współczynnik akustyczny (Sueur et al. 2008). Zakłada się, że stopień skomplikowania pejzażu dźwiękowego powinien korelować z liczebnością i bioróżnorodnością wokalizujących zwierząt (Sueur et al. 2014). Jednak aktualne badania pokazują, że efektywność współczynników akustycznych w szacowaniu bioróżnorodności jest geograficznie i środowiskowo zmienna. Konieczne jest zatem wskazanie przyczyn niejednakowej efektywności współczynników akustycznych, zmodyfikowanie założeń teoretycznych i praktycznych ich stosowania oraz większa standaryzacja samej metody pozyskiwania oraz analizy danych bioakustycznych (Alcocer et al. 2022).

W moim osiągnięciu naukowym skupiłem się na ocenie potencjału **automatycznych metod rejestracji i analizy dźwięku w badaniach biologicznych, ekologicznych i monitoringu bioróżnorodności**. Jako model wykorzystałem ptaki – gromadę zwierząt, u których kanał komunikacji dźwiękowej jest niezwykle silnie rozwinięty, a piosenki ptaków śpiewających (*Oscines*) oraz ich odpowiedniki u ptaków nie śpiewających (*non-Oscines*) są głównym sygnałem służącym do obrony terytorium oraz wabienia partnerów (Catchpole & Slater 2008). W szczególności starałem się odpowiedzieć na trzy powiązane ze sobą pytania badawcze:

- (P1) Czy zastosowanie w pełni zautomatyzowanych metod rejestracji dźwięku pozwala na równie dokładne oszacowanie bioróżnorodności oraz rozmieszczenia gatunków ptaków jak w przypadku tradycyjnego, opartego na obserwatorze terenowym podejścia?
- (P1) Czy zastosowanie w pełni zautomatyzowanych metod analizy dźwięku opartych o współczynniki akustyczne pozwala na oszacowanie bioróżnorodności ptaków?
- (P1) Czy zastosowanie automatycznych metod rejestracji dźwięku pozwala dokonać nowych odkryć oraz zmienia nasze dotychczasowe rozumienie biologii, ekologii i zachowania zwierząt?

Odpowiedź na postawione powyżej pytania badawcze pozwoliła w sposób kompleksowy i wielowymiarowy wykazać potencjał, ale również ograniczenia, automatycznych metod rejestracji i analizy dźwięku. Ponieważ efektywność metod bioakustycznych może różnić się w zależności od gatunku, zespołu gatunków, typu środowiska czy historii życia zamieszkujących je zwierząt, moje badania prowadziłem zarówno w strefie umiarkowanej jak i równikowej oraz na terenach otwartych jak

i w lasach. Takie podejście umożliwiło wyciągnięcie bardziej ogólnych i uniwersalnych wniosków. Poniżej omawiam osiągnięcie naukowe z podziałem na trzy główne zagadnienia badawcze.

(P1) Czy zastosowanie w pełni zautomatyzowanych metod rejestracji dźwięku pozwala na równie dokładne oszacowanie bioróżnorodności oraz rozmieszczenia gatunków ptaków jak w przypadku tradycyjnego, opartego na obserwatorze terenowym podejścia?

Automatyczne rejestratory dźwięku zostały zaproponowane jako alternatywna metoda dla tradycyjnego, opartego na obserwatorze, gromadzenia danych o rozmieszczeniu i liczebności ptaków (Sueur & Farina 2015). Metoda akustyczna polega na zastąpieniu obserwatora liczącego ptaki w terenie przez automatyczny rejestrator dźwięku. Ponieważ większość wykryć osobników w terenie dokonywana jest słuchowo przez obserwatora, zwłaszcza w środowiskach leśnych (Simons et al. 2007), a odległość, z jakiej wykrywano są poszczególne osobniki przez obserwatora oraz rejestrator, jest zbliżona (Yip et al. 2017), oczekiwano, że metoda akustyczna powinna być równie skuteczna jak tradycyjne kontrole ornitologiczne. Jednak dotychczasowe wyniki badań dostarczają sprzecznych rezultatów (np.: Celis-Murillo et al. 2012; Vold et al. 2017; Wheeldon et al. 2019). Wynika to z faktu, że efektywność metody akustycznej może zmieniać się w zależności od typu środowiska, zespołu gatunków ptaków, proporcji gatunków wokalizujących i milczących, ale także odległości, z jakiej obserwator wykrywa ptaki (Darras et al. 2018). Niższa skuteczność metody akustycznej może być rekompensowana poprzez wydłużenie czasu pojedynczej kontroli bądź zwiększenie liczby samych kontroli, jednak jak do tej pory mało uwagi poświęcono temu zagadnieniu. Zwiększając wykrywalność gatunku uzyskujemy jednak nowe jego rozmieszczenie, które w powiązaniu z charakterystykami ekologicznymi może modyfikować wzorzec oraz interpretację obserwowanych zależności.

W cyklu czterech prac skupiłem się na dwóch szczegółowych pytaniach badawczych: **(P1.1)** Jaka jest efektywność metody akustycznej w szacowaniu bioróżnorodności ptaków terenów otwartych oraz leśnych w porównaniu z tradycyjnym, opartym na obserwatorze podejściem? **(P1.2)** Na ile metoda akustyczna może poprawić efektywność wykrywania pojedynczych gatunków poprzez wydłużenie czasu pojedynczej kontroli?

P1.1a Kułaga K, Budka M. 2019. Bird species detection by an observer and an autonomous sound recorder in two different environments: Forest and farmland. *PLoS One* 14: e0211970.

W 64 punktach rejestracji, zlokalizowanych w lasach i na terenach otwartych, jednocześnie liczone ptaki za pomocą metody punktowej (10-minutowa kontrola, notowane wszystkie osobniki widziane i słyszane przez obserwatora niezależnie od odległości) oraz nagrywano pejzaż dźwiękowy. Dodatkowo przeanalizowano trzy 10-minutowe nagrania: jedno rozpoczynające się 15 minut przed liczeniem punktowym oraz dwa wykonane kolejnego dnia, dokładnie w tym samym czasie co nagrania

podczas dnia pierwszego. Liczbę nagranych gatunków ptaków podczas 10-minutowych kontroli określono poprzez ręczne skanowanie spektrogramów i odsłuchiwanie nagrań.

Podczas równoczesnej kontroli obserwator wykrywał istotnie więcej gatunków ptaków niż rejestrator. Różnica w efektywności metody akustycznej była zależna od środowiska – na terenach otwartych metoda akustyczna była mniej efektywna, natomiast w lasach nie obserwowano istotnych różnic w oszacowaniu bioróżnorodności ptaków przy pomocy obydwu metod. Najwyższą bioróżnorodność ptaków uzyskiwano wówczas, gdy rezultaty metody akustycznej i tradycyjnej zostały połączone, co sugeruje, że obserwator terenowy nie jest w stanie zarejestrować wszystkich wokalizujących gatunków w czasie rzeczywistym. Podwojenie czasu kontroli akustycznej powodowało, że metoda akustyczna stawała się bardziej efektywna od tradycyjnego podejścia.

Wyniki badań pokazują, że w lasach strefy umiarkowanej metoda akustyczna jest równie efektywna jak tradycyjne podejście oparte na obserwatorze, co pozwala na jej stosowanie na szeroką skalę. Na terenach otwartych obserwatorzy wykrywają istotnie więcej gatunków ptaków niż automatyczne rejestratory dźwięku. Może wynikać to z wyższej proporcji gatunków wykrywanych wizualnie w porównaniu z lasami. Niższa wykrywalność przy użyciu metody akustycznej może być skutecznie rekompensowana poprzez zwiększenie liczby kontroli.

P1.1b Budka M, Jobda M, Szałański P, Piórkowski H. 2022. Acoustic approach as an alternative to human-based survey in bird biodiversity monitoring in agricultural meadows. *PLoS One* 17: e0266557.

Wcześniejsze badania pokazały, że akustyczna metoda szacowania bioróżnorodności ptaków na terenach otwartych jest mniej efektywna od tradycyjnego, opartego na obserwatorze podejścia. Dlatego postanowiono przyjrzeć się dokładniej przyczynom takiego stanu rzeczy. W 74 punktach rejestracji, zlokalizowanych na wartościowych przyrodniczo łąkach, w tym samym czasie liczono ptaki metodą punktową oraz rejestrowano pejzaż dźwiękowy. 10-minutowe kontrole wykonano dwukrotnie w trakcie sezonu lęgowego. Obserwatorzy notowali wszystkie widziane i słyszane gatunki ptaków w trzech kategoriach odległości: do 50 m, 50-100 m i ponad 100 m od punktu rejestracji. Sprawdzono skuteczność metody akustycznej w porównaniu do tradycyjnego podejścia w szacowaniu bioróżnorodności wszystkich gatunków, ptaków śpiewających (*Oscines*), gatunków łąkowych oraz gatunków krajobrazu rolniczego.

Automatyczne rejestratory dźwięku wykrywały istotnie więcej wszystkich gatunków ptaków oraz gatunków ptaków śpiewających w porównaniu z obserwatorami liczącymi ptaki w promieniu do 50 i do 100 m, oraz istotnie mniej, gdy promień detekcji przez obserwatorów był nieograniczony. W przypadku gatunków krajobrazu rolniczego oraz łąkowych rejestratory wykrywały istotnie więcej gatunków niż obserwatorzy liczący ptaki w promieniu do 50 m, istotnie mniej gdy ptaki liczone były w nieograniczonej odległości, natomiast różnica w liczbie gatunków pomiędzy metodami była nieistotna

gdy obserwatorzy liczyli ptaki w promieniu do 100 m od punktu rejestracji. Dodatkowo, dla każdego z 48 najpospolitszych gatunkach ptaków, pokazano różnice w prawdopodobieństwie wykrycia za pomocą metody akustycznej w zależności od odległości, z jakiej gatunek był wykrywany przez obserwatorów.

Efektywność metody akustycznej zależała od promienia, w jakim obserwator wykrywał ptaki, co w dotychczasowych badaniach było zupełnie pomijane. Z perspektywy ptaków terenów otwartych, metoda akustyczna była równie skuteczna w szacowaniu bioróżnorodności gatunków, które są istotne dla tego typu środowiska – ptaków krajobrazu rolniczego oraz ptaków łąkowych, gdy porównano ją z obserwatorem liczącym ptaki w promieniu 100 m, czyli najczęściej stosowanym promieniem detekcji w badaniach ornitologicznych. Obserwowane różnice w detekcji poszczególnych gatunków pomiędzy metodami oraz kategoriami odległości wynikały z międzygatunkowego zróżnicowania parametrów śpiewu (gatunki o wyższej amplitudzie i niższej częstotliwości wykrywane są z większej odległości) jak i różnej proporcji pomiędzy detekcjami wizualnymi i akustycznymi. Ponieważ różne gatunki ptaków wykrywane są przez rejestrator z różnej odległości, możliwości międzygatunkowych porównań rozmieszczenia są ograniczone i wymagają zastosowania poprawek na odległość wykrywania.

P1.2a Budka M, Czyż M, Skierczyńska A, Antczak M, Osiejuk TS. 2020. Duration of survey changes interpretation of habitat preferences study – an example of an endemic tropical songbird - the Bangwa forest warbler. *Ostrich* 91: 195 – 203.

Poznanie rozmieszczenia oraz preferencji siedliskowych gatunków jest kluczowe, aby prawidłowo zarządzać oraz przewidywać trendy populacji. W tym kontekście niewiele uwagi poświęcono ptakom strefy równikowej, gdzie zachodzą szybkie zmiany środowiskowe, znaczna część gatunków prowadzi osiadły tryb życia a wiedza na temat ich biologii i ekologii jest w wielu przypadkach szczątkowa.

W pracy skupiono się na endemicznym, terytorialnym, osiadłym i niezwykle skrytym gatunku ptaka śpiewającego, zamieszkującym pasmo górskie Bamenda Highlands, położone na pograniczu Nigerii i Kamerunu – krótkolotce rdzawobrewej *Bradypterus bangwaensis*. Zastosowano metodę akustyczną (nagrywanie pejzażu dźwiękowego w 192 punktach rejestracji, od jednej godziny przed do trzech godzin po wschodzie słońca) aby poznać rozmieszczenie gatunku oraz powiązać jego występowanie z charakterystykami środowiska. Ponieważ aktywność wokalna krótkolotki rdzawobrewej nie była dotychczas badana, zastosowano różne długości kontroli akustycznych, aby sprawdzić, jak wpłynie to na wykrywalność oraz określenie preferencji siedliskowych gatunku.

Śpiewające samce krótkolotki rdzawobrewej odnotowano w 65% punktów rejestracji. Pierwsza piosenka notowana była średnio w 35 minucie po wschodzie słońca (zakres od 54 minuty przed do 179 minuty po wschodzie słońca). Prawdopodobieństwo wykrycia gatunku zmieniało się wraz z wydłużeniem czasu kontroli i wynosiło 0,26 w pierwszej, 0,73 w dwóch pierwszych oraz 0,93 w trzech pierwszych godzinach kontroli. Analiza preferencji siedliskowych w oparciu o rozmieszczenie uzyskane

na podstawie różnej długości kontroli wskazywała odmienne charakterystyki siedliska wpływające istotnie na występowanie gatunku.

W przypadku gatunków o niskiej wykrywalności, dane o ich rozmieszczeniu oparte na krótkotrwałych kontrolach mogą prowadzić do błędnych wniosków. Wydłużenie czasu pojedynczej kontroli zwiększa oraz stabilizuje prawdopodobieństwo wykrycia gatunku, czyniąc tym samym oszacowanie jego występowania bardziej dokładnym i precyzyjnym. Zastosowanie automatycznych rejestratorów dźwięku w takiej sytuacji rozwiązuje problem niskiej wykrywalności gatunku, pozwalając na efektywne badanie jego występowania nawet poza sezonowym szczytem aktywności wokalne. Metoda ta jest niezwykle efektywna w trudno dostępnych środowiskach, gdzie sprawne przemieszczanie się pomiędzy punktami jest znacznie utrudnione.

P1.2b Budka M, Kokociński P. 2022. Daily and seasonal changes of vocal activity of the Common Crane *Grus grus*: implications for conservation and monitoring efforts. *Bird Study* 68: 311–318.

Prawdopodobieństwo wykrycia gatunku zależy od jego biologii i ekologii, ale również założeń metodycznych przyjętych na potrzeby jego monitoringu czy inwentaryzacji, takich jak długość, liczba, terminem oraz pora kontroli w ciągu dnia. Ponadto ten sam gatunek może zachowywać się odmiennie w różnych warunkach ekologicznych, czego konsekwencją może być środowiskowo zmienne prawdopodobieństwo jego wykrycia. Aspekt ten był niezwykle rzadko poruszany w badaniach.

W pracy skupiono się na monogamicznym i terytorialnym gatunku ptaka, zakładającym gniazda na terenach podmokłych i bagiennych, o wzrostowym trendzie populacji w Polsce – żurawiu *Grus grus*. Wykorzystując automatyczne rejestratory dźwięku sprawdzono, jak zmienia się dzienna i sezonowa aktywność wokalna żurawi oraz czy zależy ona od warunków środowiskowych.

W pobliżu 24 gniazd żurawi nagrywano 24-godzinny pejzaż dźwiękowy trzy razy w trakcie sezonu lęgowego. Poprzez ręczne skanowanie spektrogramów oraz odsłuchiwanie nagrań wykrywano każdą wokalizację gatunku. Następnie obliczono prawdopodobieństwo wykrycia par dla różnych długości kontroli: 10-minutowej, 30-minutowej, 1-godzinnej, 2-godzinnej. Charakterystyki siedliskowe wokół miejsc, w których zlokalizowane były gniazda pozyskano ze zdjęć satelitarnych.

Aktywność wokalna żurawi zmieniała się istotnie w ciągu dnia, malała wraz z upływem czasu w sezonie, korelowała ujemnie z wielkością płata siedliska lęgowego oraz dodatnio z liczbą sąsiednich par w promieniu 2 km od gniazda. W ciągu 24-godzinnej kontroli przeprowadzonej w marcu, kwietniu i maju wykryto odpowiednio 96%, 67% oraz 46% obecnych par. Ograniczając długość kontroli do jednej godziny, maksymalne prawdopodobieństwo wykrycia ptaków w poszczególnych miesiącach wynosiło odpowiednio 0,46, 0,25 i 0,17. Redukcja czasu kontroli do 10 minut obniżała maksymalną wykrywalność do poziomu 0,29 w marcu oraz 0,13 w kwietniu i maju.

Aby zapewnić najwyższe oraz stabilne prawdopodobieństwo wykrycia gatunku, żurawie należałoby liczyć na początku sezonu lęgowego, podczas porannej (od jednej godziny przed do czterech

godzin po wschodzie słońca) lub wieczornej kontroli (od zachodu do jednej godziny po zachodzie słońca). Jednak nawet wówczas, 1-godzinna kontrola zapewnia wykrywalność na poziomie 33–46% faktycznie obecnych par. Jako alternatywę do tradycyjnego podejścia zaproponowano zastosowanie automatycznych rejestratorów dźwięku, które podczas trwającej 24 godzinny kontroli pozwalają na wykrycie niemalże wszystkich obecnych par.

P2 Czy zastosowanie w pełni zautomatyzowanych metod analizy dźwięku opartych o współczynniki akustyczne pozwala na oszacowanie bioróżnorodności ptaków?

Budka M, Sokołowska E, Muszyńska A, Staniewicz A. 2023. Acoustic indices estimate breeding bird species richness with daily and seasonally variable effectiveness in lowland temperate Białowieża forest. *Ecological Indicators* 148: 110027.

Współczynniki akustyczne, czyli matematyczny opis stopnia skomplikowania dźwięku, zostały zaproponowane jako szybkie i łatwe w zastosowaniu narzędzie do szacowania różnorodności biologicznej oraz liczebności wokalizujących zwierząt, bez konieczności przyporządkowywania poszczególnych wokalizacji do konkretnego gatunku (Sueur et al. 2008). Zakłada się, że wraz ze wzrostem liczby wokalizujących gatunków powinien wzrastać stopień skomplikowania pejzażu dźwiękowego. Jednak ostatnie badania dostarczają sprzecznych wyników dotyczących efektywności współczynników akustycznych w szacowaniu bioróżnorodności, sugerując jednocześnie, że ich skuteczność może być zmienna środowiskowo (Alcocer et al. 2022). Dlatego kluczowym jest sprawdzenie na ile różne współczynniki akustyczne odzwierciedlają bioróżnorodność ptaków w różnych typach środowisk.

W pracy przetestowano, jak trzy podstawowe współczynniki akustyczne: *Bioacoustic index (BI*; Boelman et al. 2007), *Acoustic complexity index (ACI*; Pieretti et al. 2011) i *Acoustic diversity index (ADI*; Pijanowski et al. 2011) przewidują bioróżnorodność ptaków w nizinym lesie strefy umiarkowanej – Puszczy Białowieskiej. W 84 punktach rejestrowano pejzaż dźwiękowy dwukrotnie w trakcie sezonu lęgowego, od dwóch godzin przed wschodem do czterech godzin po wschodzie słońca. Analizie poddano 1-minutowe próbki dźwięku (1 minuta co 10 minut; w sumie 36 minut w trakcie jednej kontroli w punkcie), dla których określono liczbę wokalizujących gatunków ptaków oraz policzono współczynniki akustyczne (*BI, ACI, ADI*).

Porównanie współczynników akustycznych z liczbą gatunków ptaków wykrytych ręcznie w 1-minutowych próbkach dźwiękowych pokazało, że *BI* najlepiej przewidywał bogactwo gatunkowe ptaków, niezależnie od pory roku, ale zmiennie w ciągu dnia, podczas gdy *ACI* i *ADI* wykazywały słabszą zależność, zmienną zarówno sezonowo jak i dobowo. Korelacja pomiędzy poszczególnymi współczynnikami a liczbą gatunków ptaków była silniejsza podczas wczesnej niż późnej kontroli. Uśrednione wartości współczynników akustycznych dla kontroli bądź punktu korelowały silniej ze

średnim niż całkowitym bogactwem gatunkowym ptaków. Współczynniki akustyczne przewidywały również dzienny wzorzec aktywności wokalne ptaków.

Umiarkowana do silnej korelacja pomiędzy współczynnikami akustycznymi a bogactwem gatunkowym ptaków wskazuje, że współczynniki akustyczne mogą być użytecznym i efektywnym narzędziem do szybkiego szacowania bioróżnorodności ptaków w lasach strefy umiarkowanej. W analizach należy jednak uwzględniać dobową i sezonową zmienność ich efektywności. Użycie średniej zamiast całkowitej liczby gatunków ptaków w porównaniach efektywności współczynników poprawia ich skuteczność, ale mierzy różne aspekty różnorodności biologicznej. Należy również pamiętać, iż hałas antropogeniczny, praktycznie nieobecny w badanej lokalizacji, może modyfikować skuteczność współczynników akustycznych.

P3 Czy zastosowanie automatycznych metod rejestracji dźwięku pozwala dokonać nowych odkryć oraz zmienia nasze dotychczasowe rozumienie biologii, ekologii i zachowania zwierząt?

Nasza wiedza o komunikacji dźwiękowej ptaków pochodzi głównie z badań prowadzonych w strefie umiarkowanej, gdzie śpiew jest domeną samców i ogranicza się do krótkiego sezonu lęgowego (Catchpole & Slater 2008). Jednak gatunki osiadłe, z różną intensywnością, śpiewają przez cały rok. Co więcej, śpiew samic jest powszechnym zachowaniem (Odom et al. 2014), a u wielu gatunków samce i samice śpiewają w sposób zsynchronizowany tworząc duety i chóry (Hall 2009). Ponadto, śpiew ptaków nie ogranicza się tylko do godzin porannych, w których to jest najczęściej badany. Wiele gatunków, z różną intensywnością, śpiewa w trakcie całej doby, włączając w to godziny nocne (La 2012). Zrozumienie funkcji duetów i chórów, jak również wyjaśnienie przyczyn nocnego śpiewu przez dzienne gatunki ptaków, wymaga w pierwszej kolejności analizy tych zachowań w długiej perspektywie czasowej. Nie wiadomym jest jednak, czy wydłużenie czasu obserwacji, zarówno w kontekście dobowym jak i sezonowym, może zmienić nasze dotychczasowe rozumienie konkretnych zachowań zwierząt oraz dostarczyć nowych informacji o ich biologii i ekologii.

W moich badaniach skupiłem się na wykorzystaniu automatycznych metod rejestracji dźwięku do: **(P3.1)** scharakteryzowania dobowej i sezonowej aktywności wokalne dwóch duetujących gatunków ptaków śpiewających zamieszkujących pasmo górskie Bamenda Highlands – chwastówki ubogiej *Cisticola chubbi* i krótkolotki rdzawobrewej oraz **(P3.2)** zbadania powszechności i intensywności nocnego śpiewu u dziennych gatunków ptaków strefy umiarkowanej oraz równikowej. W obu przypadkach oprócz odpowiedzi na pytania behawioralne, skupiłem się również na sprawdzeniu czy długotrwałe obserwacje akustyczne dostarczają nowej wiedzy oraz w jaki sposób modyfikują dotychczasowe postrzeganie zachowań ptaków. Automatyczne metody rejestracji dźwięku nie były jak dotąd powszechnie stosowane, aby uzyskać odpowiedzi na pytania ekologiczne.

P3.1a Budka M, Uyeme JE, Osiejuk TS. 2023. Females occasionally create duets with males but they never sing solo – year-round singing behaviour in an Afrotropical songbird. *Scientific Reports* 13, 11405.

Krótkolotka rdzawobrewa jest endemicznym, terytorialnym i osiadłym gatunkiem ptaka śpiewającego, u którego samce i samice śpiewają w sposób zsynchronizowany tworząc duety. Jednak funkcja duetów nie była dotąd badana zarówno u krótkolotki rdzawobrewej jak i u innych przedstawicieli rodzaju *Bradypterus*. W pracy skupiono się na analizie dobowej i sezonowej aktywności wokalne krótkolotki rdzawobrewej. Wykorzystując automatyczne rejestratory dźwięku nagrywano całoroczny pejzaż dźwiękowy w sześciu punktach rejestracji (nagrywanie od godziny przed wschodem do godziny po zachodzie słońca, co 7 dni). Przeanalizowano 1-minutowe próbki dźwięku (1 minuta co 15 minut), w których każdą piosenkę krótkolotki rdzawobrewej klasyfikowano do jednej z trzech kategorii: śpiew solowy samca, śpiew solowy samicy, duet. Dane dotyczące aktywności wokalne zestawiono z ilością opadów atmosferycznych.

Śpiew krótkolotki rdzawobrewej zarejestrowano w każdym punkcie oraz podczas każdej z 52 sesji nagraniowych, co świadczy, że gatunek ten okupuje terytoria przez cały rok. Szczyt aktywności wokalne przypadał na porę deszczową, co w przeciwieństwie do obecnej wiedzy, jednoznacznie wskazuje, że krótkolotka rdzawosterna jest gatunkiem lęgnącym się w porze deszczowej. Spośród 11 856 przeanalizowanych piosenek, 87% stanowiły piosenki solowe samców natomiast 13 % duety samca i samicy. Nie zaobserwowano samic śpiewających solo. Wzór dobowej aktywności ptaków był specyficzny dla płci i zmienny sezonowo.

Wzorzec dobowej i sezonowej aktywności wokalne krótkolotki rdzawobrewej sugeruje, że główną funkcją śpiewu samców jest obrona terytorium oraz wabienie samic. Samice, które tworzą duety, ale nigdy nie śpiewają solo mogą wykorzystywać śpiew do pilnowania partnera, sygnalizowania zaangażowania, obrony zasobów lub odstraszenia innych samic. Obecność duetów przez cały rok sugeruje, że kooperacja pomiędzy samcem a samicą jest niezwykle istotna dla zapewnienia sukcesu reprodukcyjnego. Analiza sezonowej aktywności wokalne zmienia nasze postrzeganie fenologii gatunku oraz pomaga zrozumieć funkcję duetów oraz solowego śpiewu samców i samic. Zastosowanie automatycznych metod rejestracji dźwięku może dostarczyć nowych informacji oraz zmieniać postrzeganie ekologii i zachowania gatunków, zwłaszcza w tropikach, gdzie prowadzenie systematycznych obserwacji tradycyjnymi metodami jest znacznie utrudnione.

P3.1b Budka M, Piasecka M, Białas JT, Kokociński P, Podkowa P, Surmacki A, Szymański P, Sobczyńska U, Osiejuk TS. 2023. Frequent duets, rare choruses, and extremely rare solos: year-round singing behavior in Chubb’s Cisticola. *Journal of Ornithology* 146: 547-559.

Chwastówka uboga jest osiadłym i terytorialnym gatunkiem ptaka śpiewającego, zamieszkującym obszary wyżynne i górskie w Afryce Subsaharyjskiej. Gatunek ten tworzy pary lub

małe grupy, w których ptaki śpiewają w duetach i chórach. Rola poszczególnych osobników w skoordynowanym śpiewie, jak również funkcje takiego zachowania nie zostały do tej pory wystarczająco poznane.

W pracy skupiono się na rocznej aktywności wokalne chwałstówki ubogiej. W celu ustalenia, które elementy piosenki śpiewają samce, a które samice wykorzystano molekularne metody oznaczania płci, indywidualne znakowanie osobników oraz nagrywanie ich wokalizacji za pomocą kamery cyfrowej. Automatyczne rejestratory dźwięku posłużyły do określenia sezonowych zmian w proporcji sylab solowych, duetów i chórow. W każdym z sześciu punktów rejestracji, na przestrzeni całego roku, co 7 dni analizowano 100 pierwszych sylab, klasyfikując każdą z nich do jednego z czterech typów: sylaba solowa samca, sylaba solowa samicy, duet lub chór.

Podczas skoordynowanego śpiewu ptaki zawsze przebywały blisko siebie, a maksymalna zanotowana liczba osobników śpiewających w sposób zsynchronizowany wynosiła 5. Na przestrzeni roku duety śpiewane przez samca i samicę były dominującym typem sylaby (82%). Chóry, złożone z co najmniej 3 osobników, stanowiły 16% wszystkich sylab. Śpiewy solowe samców i samic stanowiły jedynie 2% sylab. Najczęściej nie były to solowe piosenki, ale pojedyncze solowe sylaby wplecione w piosenkę zawierającą również sylaby śpiewane w duecie i chórze. Proporcja pomiędzy sylabami solowymi, duetami oraz chórami zmieniała się na przestrzeni roku. Samce śpiewały sylaby solowe częściej poza okresem lęgowym, natomiast większość sylab solowych samic obserwowana była na początku sezonu lęgowego. Chóry w największej liczbie pojawiały się pod koniec sezonu lęgowego, na początku pory deszczowej.

Obecność duetów i chórow przez cały rok sugeruje, że kooperacja pomiędzy osobnikami w grupie jest niezwykle istotna, a podstawową funkcją skoordynowanego śpiewu jest całoroczna obrona zasobów. Wyższy udział chórow pod koniec sezonu lęgowego może sugerować, że młode osobniki dołączają do śpiewających w duecie rodziców. Niemniej jednak obecność chórow przez cały rok wskazuje, że pewna część par posiada pomocników (spokrewnionych lub nie z parą) towarzyszących im przez cały rok. Takie zachowanie jest rzadkie u ptaków. Sezonowo zmienna proporcja sylab solowych samców i samic może świadczyć o zmieniającej się specyficznie dla płci motywacji do obrony zasobów, takich jak ojcostwo czy partner. Zastosowanie automatycznych rejestratorów dźwięku umożliwiło śledzenie całosezonowej aktywności wokalne chwałstówki ubogiej. Pokazanie zmieniającej się sezonowo proporcji sylab solowych, duetów i chórow stanowi istotny wkład w zrozumienie skoordynowanego śpiewu u ptaków i pozwala na postawienie bardziej precyzyjnych hipotez dotyczących funkcji takiego zachowania. Wykorzystanie automatycznych metod rejestracji dźwięku pozwala więc na stawianie nowych pytań ekologicznych i uzyskiwanie na nie odpowiedzi.

P3.2a Kułaga K, Budka M. 2020. Nocturnal singing by diurnal birds in a temperate region of central Europe. *Journal of Ornithology* 161: 1143–1152.

Większość gatunków ptaków jest aktywna za dnia. Jednak nawet typowo dzienne gatunki wokalizują również w nocy (La 2012). Powszechność, intensywność oraz funkcja takiego zachowania jak dotychczas nie zostały wystarczająco wyjaśnione. W pracy przeanalizowano nocny śpiew u dziennych gatunków ptaków w dwóch różnych środowiskach strefy umiarkowanej – lasach oraz terenach otwartych. W szczególności zbadano, które spośród dziennych gatunków śpiewają w nocy, jak intensywnie to robią oraz czy powszechność nocnego śpiewu przez dzienne gatunki jest środowiskowo zmienna.

Automatyczne rejestratory dźwięku nagrywały pejzaż dźwiękowy w 54 punktach rozmieszczonych w lasach i na terenach otwartych. Poprzez ręczne skanowanie spektrogramów oraz przesłuchiwanie nagrań określono, które gatunki ptaków śpiewały za dnia oraz które spośród nich śpiewały nocą.

Wykryto łącznie wokalizacje 88 gatunków ptaków należących do 12 rzędów i 32 rodzin. Spośród nich 24 gatunki (należące do 7 rzędów i 15 rodzin) wokalizowały w nocy. Nocny śpiew dziennych gatunków obserwowano istotnie częściej na terenach otwartych niż w lasach. Powszechność i intensywność nocnego śpiewu była specyficzna dla gatunku.

Nocny śpiew dziennych gatunków ptaków może zwiększać sukces reprodukcyjny samców. Jednak takie zachowanie wydaje się być ryzykowne, ze względu na presję drapieżników – śpiewający nocą samiec sygnalizuje swoją obecność oraz dokładną pozycję, mając jednocześnie ograniczone możliwości dostrzeżenia drapieżnika i szybkiej ucieczki. Podwyższona ilość światła nocą w krajobrazie otwartym może być czynnikiem powodującym większą powszechność nocnego śpiewu przez dzienne gatunki na terenach otwartych. Zastosowanie automatycznych metod rejestracji dźwięku pozwoliło na metodyczne zbadanie powszechności oraz intensywności nocnego śpiewu przez dzienne gatunki, dostarczając nowych informacji istotnych w zrozumieniu ewolucji komunikacji dźwiękowej ptaków.

P3.2b Budka M, Skierczyńska A, Antczak M, Osiejuk TS. 2021. Nocturnal singing by diurnal birds in Afrotropical highlands. *Journal of Ornithology* 162: 435–445.

Nocny śpiew dziennych gatunków ptaków analizowano głównie w strefie umiarkowanej, gdzie sezon lęgowy jest krótki a dzień jest znacznie dłuższy niż noc. Niewiele natomiast wiadomo na temat tego zachowania w tropikach, gdzie duża część gatunków jest osiadła, długość dnia i nocy są zbliżone i mało zmienne na przestrzeni roku, a podczas samej nocy intensywnie wokalizują inne grupy zwierząt.

W pracy przeanalizowano powszechność oraz intensywność nocnego śpiewu dziennych gatunków ptaków w górskich lasach deszczowych Kamerunu (Bamenda Highlands). Przy użyciu automatycznych rejestratorów dźwięku nagrano 48-godzinny pejzaż dźwiękowy w 18 losowych punktach. Zastosowano trzy różne definicje nocy jako czas pomiędzy cywilnym, żeglarskim oraz astronomicznym zmierzchem i świtem (słońce znajduje się odpowiednio 6°, 12°, 18° poniżej horyzontu).

Wykryto wokalizacje 53 gatunków należących do 7 rzędów i 27 rodzin. Spośród 50 typowo dziennych gatunków tylko 3 wokalizowały sporadycznie w czasie nocy astronomicznej lub żeglarskiej, wydając odpowiednio 10 i 12 wokalizacji. Kiedy zmierzch i świt cywilny określono jako początek i koniec nocy, wykryto wówczas 2128 wokalizacji należących do 21 gatunków. Spośród nich niemal wszystkie zanotowano w okresie od 47 do 22 minut przed wschodem słońca, co sugeruje, że zdefiniowana w ten sposób noc obejmuje również początek porannego chóru.

W przeciwieństwie do strefy umiarkowanej, w tropikachienne gatunki ptaków niemal zupełnie milczą w trakcie nocy. Takie zachowanie można wyjaśnić poprzez presję drapieżniczką, mniejszą efektywność nocnej komunikacji ze względu na obecność innych wokalizujących zwierząt lub odmienną historię życia. Brak zdefiniowania nocy lub stosowanie odmiennych jej definicji w różnych badaniach utrudnia dokonanie uogólnień na temat nocnego śpiewu dziennych gatunków. Włączenie okresu pomiędzy świtem żeglarskim i cywilnym do czasu nocy powoduje zaliczanie części porannego chóru jako wokalizacje nocne. Automatyczne rejestratory dźwięku są efektywnym narzędziem dostarczającym nowych danych dotyczących nocnego śpiewu przezienne gatunki ptaków w tropikach, gdzie zastosowanie alternatywnych metod jest praktycznie niemożliwe.

Podsumowanie

Wyniki badań przedstawione jako osiągnięcie naukowe pokazują, że automatyczne metody rejestracji i analizy dźwięku mogą być efektywnym narzędziem w ochronie przyrody, monitoringu bioróżnorodności oraz badaniach ekologicznych ptaków. Zastosowanie automatycznych metod rejestracji dźwięku dostarcza statystycznie nieodróżnialnego oszacowania bioróżnorodności ptaków leśnych strefy umiarkowanej w porównaniu z tradycyjnym podejściem opartym na obserwatorze terenowym. Sprawdza się również w przypadku ptaków krajobrazu rolniczego oraz ptaków łąkowych, dając nieodróżnialne rezultaty w porównaniu z obserwatorem liczącym ptaki w promieniu 100 m. Odległość wykrywania dźwięku jest specyficzna dla gatunku, co uniemożliwia wykonanie międzygatunkowych porównań ich rozmieszczenia bez stosowania poprawki na odległość wykrywania. Niepodważalną zaletą podejścia akustycznego jest dowolność próbkowania w czasie, zarówno w kontekście dobowym jak i sezonowym. Wydłużenie czasu lub liczby kontroli znacznie poprawia i stabilizuje wykrywalność poszczególnych gatunków jak i całych ich zespołów, przez co oszacowanie bioróżnorodności staje się bardziej dokładne i precyzyjne. Poprawa wykrywalności gatunków poprzez wydłużenie czasu kontroli dostarcza nowego wzorca ich rozmieszczenia oraz wpływa na interpretację zależności pomiędzy ich występowaniem a parametrami środowiska.

Automatyczna analiza stopnia skomplikowania dźwięku w oparciu o współczynniki akustyczne pozwala w sposób niezwykle szybki oszacować bioróżnorodność oraz dobową aktywność wokalną ptaków leśnych strefy umiarkowanej. Należy jednak pamiętać, że efektywność współczynników akustycznych jest zmienna dobowo i sezonowo, a także może różnić się pomiędzy lokalizacjami.

Dlatego też przed ich zastosowaniem, zalecane jest wykonanie testów efektywności w badanym środowisku.

Zastosowanie metod akustycznych pozwala uzyskać odpowiedzi na podstawowe pytania ekologiczne i behawioralne w różnych skalach czasowych oraz uchwycić trudne do zaobserwowania zachowania i wyznaczyć nowe kierunki badań. Zastosowane metody akustyczne pozwoliły przeanalizować zmiany sezonowej aktywności wokalne gatunków śpiewających w duetach i chórach a także przyjrzeć się w szczególności zjawisku nocnego śpiewu przez dzienne gatunki ptaków. Zdobyta w ten sposób wiedza pozwala na lepsze zrozumienie tych zachowań jak również na postawienie bardziej szczegółowych hipotez.

Zaprezentowane w osiągnięciu wyniki pokazują ogromny potencjał metod akustycznych w ochronie przyrody, monitoringu populacji i badaniach ekologicznych. Na obecnym etapie rozwoju metody akustyczne praktycznie nie podlegają ograniczeniom związanym z ilością możliwych do zgromadzenia i przeanalizowania danych, co pozwala na zupełnie nowy poziom analizy. W świetle szybkiego rozwoju metod automatycznej analizy dźwięku, perspektywa ponownego przeanalizowania danych akustycznych bardziej zaawansowanymi metodami oraz zdobywania w ten sposób nowej wiedzy jest niemal pewna.

Literatura:

- Alcocer I, Lima H, Sugai LSM, Llusia D 2022. Acoustic indices as proxies for biodiversity: a meta-analysis. *Biological Reviews* 97: 2209–2236.
- Boelman NT, Asner GP, Hart PJ, Martin RE 2007. Multi-trophic invasion resistance in Hawaii: Bioacoustics, field surveys, and airborne remote sensing. *Ecological Applications* 17:2137–2144.
- Catchpole CK, Slater PJB 2008. Bird Song. Biological themes and variation. 2nd edn. Cambridge University Press, Cambridge.
- Celis-Murillo A, Deppe JL, Ward MP 2012. Effectiveness and utility of acoustic recordings for surveying tropical birds. *Journal of Field Ornithology* 83:166–179.
- Darras K, Batáry P, Furnas B, et al 2018. Comparing the sampling performance of sound recorders versus point counts in bird surveys: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 55:2575–2586.
- Darras K, Batáry P, Furnas BJ, et al 2019. Autonomous sound recording outperforms human observation for sampling birds: a systematic map and user guide. *Ecological Applications* 29:1247–1265.
- Hall ML 2009. Chapter 3 A Review of vocal duetting in birds. *Advances in the Study of Behaviour* 40: 67–121.
- La AVT 2012. Diurnal and nocturnal birds vocalize at night: A review. *Condor* 114:245–257.
- Odom KJ, Hall ML, Riebel K, et al 2014. Female song is widespread and ancestral in songbirds. *Nature Communications* 5:1–6.
- Pieretti N, Farina A, Morri D 2011. A new methodology to infer the singing activity of an avian community: The Acoustic Complexity Index (ACI). *Ecological Indicators* 11:868–873.
- Pijanowski BC, Villanueva-Rivera LJ, Dumyahn SL, et al 2011. Soundscape ecology: The science of sound in the landscape. *Bioscience* 61:203–216.
- Simons TR, Alldredge MW, Pollock KH, Wettröth JM 2007. Experimental analysis of the auditory detection

- process on avian point counts. *Auk* 124:986.
- Sueur J, Farina A 2015. Ecoacoustics: the ecological investigation and interpretation of environmental sound. *Biosemiotics* 8:493–502.
- Sueur J, Farina A, Gasc A, et al 2014. Acoustic indices for biodiversity assessment and landscape investigation. *Acta Acustica United with Acustica* 100:772–781.
- Sueur J, Pavoine S, Hamerlynck O, Duvail S 2008. Rapid acoustic survey for biodiversity appraisal. *PLoS One* 3:e4065.
- Sugai LSM, Desjonquères C, Silva TSF, Llusia D 2019a. A roadmap for survey designs in terrestrial acoustic monitoring. *Remote Sensing in Ecology and Conservation* 6:220–235.
- Sugai LSM, Silva TSF, Ribeiro JW, Llusia D 2019b. Terrestrial passive acoustic monitoring: Review and perspectives. *Bioscience* 69:5–11.
- Towsey M, Planitz B, Nantes A, et al. 2012. A toolbox for animal call recognition. *Bioacoustics* 21:107–125.
- Vold ST, Handel CM, McNew LB 2017. Comparison of acoustic recorders and field observers for monitoring tundra bird communities. *Wildlife Society Bulletin* 41:566–576.
- Wheeldon A, Mossman HL, Sullivan MJP, et al 2019. Comparison of acoustic and traditional point count methods to assess bird diversity and composition in the Aberdare National Park, Kenya. *African Journal of Ecology* 57:168–176.
- Yip DA, Leston L, Bayne EM, et al 2017. Experimentally derived detection distances from audio recordings and human observers enable integrated analysis of point count data. *Avian Conservation & Ecology* 12:11.

4.4 Pozostałe osiągnięcia naukowe

4.4.1 Kodowanie informacji o tożsamości poprzez sygnały dźwiękowe

U wielu gatunków ptaków zaobserwowano obecność indywidualnych charakterystyk głosu oraz wykorzystywanie ich przez osobniki do rozpoznawania partnerów z pary, terytorialnych sąsiadów czy rodziców przez pisklęta. Indywidualne charakterystyki głosu zaproponowano również jako bezinwazyjne narzędzie umożliwiające śledzenie poszczególnych osobników bez konieczności ich chwytania i znakowania. W cyklu ośmiu prac, w których jestem współautorem, skupiono się na indywidualnych charakterystykach głosu trzech gatunków ptaków: derkacza *Crex crex*, dzięcioła dużego *Dendrocopos major* oraz turkaweczki białoczelnej *Turtur tympanistria*. W szczególności celem badań było wykazanie obecności indywidualnych charakterystyk głosu, udowodnienie, iż wykorzystywane są one przez ptaki do wzajemnego rozpoznawania się oraz pokazanie ich potencjału w monitoringu i ochronie populacji.

W przypadku derkacza przeanalizowano dwie charakterystyki głosu samców: częstotliwości formantów oraz odstęp między kolejnymi szczytami amplitudy w sylabie ich głosu. Obie charakterystyki posiadały wysoki potencjał do kodowania informacji o tożsamości samców (analiza dyskryminacyjna pozwalała na prawidłowe przyporządkowanie 94–98% głosów do osobnika, od którego pochodziły; Budka & Osiejuk 2013a, Budka et al. 2015). Badania eksperymentalne pokazały, że samce derkacza wykorzystują głos do rozpoznawania swoich najbliższych sąsiadów od ptaków

obcych (Budka & Osiejuk 2013b). Zastosowanie syntetycznych głosów pokazało, iż jedna charakterystyka głosu – odstępy pomiędzy szczytami amplitudy sygnału w obrębie sylaby, jest niewystarczająca, aby samce mogły odróżnić swoich sąsiadów od ptaków obcych (Budka & Osiejuk 2014). Sugeruje to, iż u derkacza informacja o tożsamości jest kodowana poprzez kilka charakterystyk głosu. Zaprezentowano również możliwość wykorzystania indywidualnych charakterystyk głosu do śledzenia przemieszczeń osobników w różnych skalach przestrzennych. Analiza nagrań samców derkacza z Norwegii pokazała, że w trakcie sezonu lęgowego ptaki przemieszczają się na duże odległości a te same osobniki mogą być obserwowane w wielu miejscach, co prowadzi do zawyżenia liczebności populacji – oszacowano, że obserwacje samców derkacza z 60 lokalizacji dotyczyły 31-45 osobników (Mikkelsen et al. 2013). Po zwiększeniu liczby analizowanych osobników do ponad 100 okazało się, że możliwe jest znalezienie nieodróżnialnych od siebie na podstawie głosu samców (Budka et al. 2015). Dlatego też z całą pewnością można stwierdzić, że dwa głosy należą do różnych osobników, natomiast w przypadku potwierdzenia tożsamości osobnika możliwe jest jedynie określenie prawdopodobieństwa, że dwie nagrane wokalizacje należą do tego samego samca. Dlatego też zastosowanie indywidualnych charakterystyk głosu pozwala raczej na śledzenie wzorców przemieszczeń ptaków w skali populacji niż do śledzenia konkretnych osobników (Budka et al. 2015).

U dzięcioła dużego zarówno samce jak i samice bębnią, czyli uderzają w szybkie tempie dziobem o drewno. Główną funkcją tego sygnału jest informowanie o zajęciu terytorium oraz wabienie partnera. Nie wiadomym jest jednak, czy czasowy wzorzec bębnienia może kodować informację o tożsamości i płci ptaków. W pracy nagrano bębnienia dzięciołów dużych o znanej płci oraz pomierzono odstępy pomiędzy kolejnymi uderzeniami. Okazało się, że odstępy pomiędzy uderzeniami są stałe osobniczo i pozwalają na rozróżnienie osobników (analiza dyskryminacyjna prawidłowo przyporządkowała 70–88% wokalizacji do osobnika, w zależności czy samce i samice analizowane były oddzielnie czy też łącznie). Natomiast same różnice w czasowej strukturze bębnienia były niewystarczające do rozróżniania płci (Budka et al. 2019). Pokazuje to, iż w oparciu o czasowe parametry bębnienia możliwe jest rozróżnienie osobników, ale nie płci. Nie wiadomym jest jednak, czy dzięcioły wykorzystują czasowy wzorzec bębnienia do wzajemnego rozpoznawania się lub do sygnalizacji jakości nadawcy sygnału.

Turkaweczka białolica jest przedstawicielem rodziny gołębiowatych, zamieszkującym obszary na południe od Sahary. Samce tego gatunku wydają charakterystyczny, niski w częstotliwości głos, w którym poszczególne sylaby powtarzane są w różnych odstępach czasu. W pracy skupiono się na sprawdzeniu, czy czasowe i spektralne charakterystyki głosu mogą kodować informację o tożsamości samców. Okazało się, że bazując na częstotliwości o maksymalnej amplitudzie oraz odstępach pomiędzy początkami kolejnych sylab możliwe jest prawidłowe sklasyfikowanie ponad 96% wokalizacji do osobnika, od którego pochodziły. Jednak największą moc dyskryminacyjną posiadało pięć pierwszych sylab, umożliwiających na poprawne sklasyfikowanie ponad 90% wokalizacji (Osiejuk et al. 2019). Prosty głos turkaweczki białolicej posiada wysoki potencjał do kodowania informacji o tożsamości.

Może być to wykorzystywane przez same ptaki, na przykład do rozpoznawania terytorialnych sąsiadów przez samce lub samców przez samice. Indywidualne charakterystyki głosu mogą być również przydatne do identyfikowania samców podczas prowadzenia badań ekologicznych lub monitoringu populacji.

W ostatniej z cyklu prac podjęto próbę ustandaryzowania sposobu pomiaru indywidualnych charakterystyk wokalizacji w oparciu o dane teoretyczne i empiryczne. Skupiono się na ocenie efektywności powszechnie stosowanych miar indywidualności sygnału, uwzględniając wpływ różnej liczby analizowanych parametrów dźwięku oraz różnej liczby analizowanych osobników na uzyskiwane wyniki. Okazało się, że statystyka informacyjna Beechera jest najbardziej uniwersalną miarą, która z łatwością może być przeliczona na inne miary indywidualności. Była ona również najmniej obciążona różnicami w wielkości próby czy w liczbie analizowanych parametrów dźwięku. Dlatego też zasugerowano, aby w przyszłych badaniach właśnie statystyka informacyjna Beechera była stosowana jako podstawowa miara indywidualności.

Literatura:

- Budka M, Osiejuk TS. 2013a. Formant frequencies are acoustic cues to caller discrimination and are a weak indicator of the body size of corncrake males. *Ethology* 119: 960–969.
- Budka M, Osiejuk TS. 2013b. Neighbour–stranger call discrimination in a nocturnal rail species, the Corncrake *Crex crex*. *Journal of Ornithology* 154: 685–694.
- Mikkelsen G, Dale S, Holtskog T, Budka M, Osiejuk TS. 2013. Can individually characteristic calls be used to identify long-distance movements of Corncrakes *Crex crex*? *Journal of Ornithology* 154: 685–694.
- Budka M, Osiejuk TS. 2014. Individually specific call feature is not used to neighbour-stranger discrimination: the corncrake case. *PLoS One* 9: e104031.
- Budka M, Wojas L, Osiejuk TS. 2015. Is it possible to acoustically identify individuals within a population? *Journal of Ornithology* 156: 481–488.
- Budka M, Deoniziak K, Tumiel T, Woźna JT. 2018. Vocal individuality in drumming in great spotted woodpecker—A biological perspective and implications for conservation. *PLoS One* 13: e0191716.
- Osiejuk TS, Żbikowski B, Wheeldon A, Budka M. 2019. Hey mister Tambourine Dove, sing a song for me: simple but individually specific songs of *Turtur tympanistria* from Cameroon. *Avian Research* 10: 14
- Linhart P, Osiejuk TS, Budka M, Salek M, Špinka M, Syrová M, Policht R, Blumstein D. 2019. Measuring individual identity information in animal signals: Overview and performance of available identity metrics. *Methods in Ecology and Evolution* 10: 1558–1570.

4.4.2 Geograficzna zmienność głosu derkacza

Geograficzna zmienność wokalizacji ptaków opisywana była zarówno w kontekście wewnątrz jak i międzypopulacyjnym. Jednak w zdecydowanej większości badania opierały się na wokalizacjach ptaków śpiewających (*Oscines*) – podrzędu, u którego występuje nauka śpiewu a geograficzne wzorce jego zróżnicowania są wypadkową nauki śpiewu oraz dyspersji osobników. W cyklu dwóch prac,

których jestem współautorem skupiono się na geograficznej zmienności głosu derkacza – gatunku chruściela, u którego nauka śpiewu nie występuje. Analiza wokalizacji samców z dziewięciu europejskich populacji pokazała występowanie istotnych różnic w parametrach czasowych i spektralnych głosu, zarówno pomiędzy populacjami jak i pomiędzy latami w obrębie populacji (Budka et al. 2014). Taki wzorzec jest zaskakujący i może sugerować na niewielką powracalność ptaków w kolejnych latach oraz duży poziom wymiany osobników pomiędzy populacjami. Analiza przestrzennej zmienności wokalizacji samców derkacza w obrębie pięciu populacji z Polski pokazała, że podobieństwo niektórych charakterystyk głosu rośnie podczas gdy innych maleje wraz ze wzrostem odległości pomiędzy osobnikami. Co ciekawe, dla tej samej charakterystyki głosu odmienne zależności obserwowano w różnych populacjach jak i w kolejnych latach w obrębie tej samej populacji. Taki wzorzec może być wypadkową przestrzennego rozmieszczenia różnej jakości siedlisk, które są zajmowane przez różnej jakości samce. Alternatywnie ptaki mogą zajmować terytoria w taki sposób, aby maksymalizować lub minimalizować podobieństwo swego głosu do otaczających je sąsiadów, bądź też modyfikować czasowe parametry głosu, takie jak długość sylab i odstępy pomiędzy nimi, aby odróżnić lub upodobnić się do sąsiadów.

Literatura:

Budka M, Mikkelsen G, Turčoková L, Fourcade Y, Dale S, Osiejuk TS. 2014. Macrogeographic variation in the call of the corncrake *Crex crex*. *Journal of Avian Biology* 45: 65-74.

Budka M, Osiejuk TS. 2017. Microgeographic call variation in a non-learning species, the Corncrake (*Crex crex*). *Journal of Ornithology* 158: 651–658.

4.4.3 Preferencje siedliskowe oraz ochrona zagrożonych gatunków ptaków

Intensywne zmiany środowiskowe powodują konieczność przystosowania się wielu gatunków do nowych warunków. Poznanie preferencji siedliskowych oraz zdolności adaptacyjnych gatunków jest kluczowe do prawidłowej ich ochrony. W cyklu czterech prac, których jestem współautorem, skupiono się na wymaganiach siedliskowych derkacza oraz odpowiedzi ptaków łąkowych na działania ochronne dedykowane wodniczce *Acrocephalus paludicola* na terenie Biebrzańskiego Parku Narodowego.

Samce derkacza powszechnie zamieszkiwały użytkowany rolniczo kompleks łąk torfowych we wschodniej Polsce (Dolinie Górnego Nurca). Jednak ich preferencje zmieniały się na przestrzeni sezonu lęgowego. Na początku sezonu ptaki preferowały nieużytki oraz bliskość rowów i zakrzewień, jako miejsc z ubiegłoroczną roślinnością zapewniającą im schronienie. Wraz z upływem czasu, gdy następował wzrost roślinności, odległość do nieużytków, rowów i zakrzewień wzrastała (Budka & Osiejuk 2013). Pokazuje to jak ważne dla zachowania populacji derkacza jest pozostawianie nieużytkowanych rolniczo obszarów. Badania prowadzone w Kampinoskim Parku Narodowym potwierdziły preferencje samców w stosunku do nieużytkowanych obszarów oraz unikanie przez ptaki zarówno bardzo wilgotnych jak i bardzo suchych siedlisk. Zaobserwowano również przemieszczenia

samców na przestrzeni sezonu lęgowego, jednak zmiana żadnej z analizowanych charakterystyk siedlisk nie wyjaśniała ich przyczyny (Michalska-Hejduk et al. 2017). Przemieszczanie się samców mogło być odpowiedzią na użytkowanie łąk, zmiany poziomu wody, ale również zmiany w przestrzennym rozmieszczeniu płodnych samic, za którymi samce podążały.

Bardziej szczegółowe badania w oparciu o indywidualnie znakowane samce oraz wieloletni monitoring populacji derkacza w Dolinie Górnego Nurca pokazały duże wahania liczebności populacji pomiędzy kolejnymi latami (21–34% rok do roku). Jedynie 32% samców obserwowano w tych samych terytoriach co w roku poprzednim, a powracalność dorosłych osobników w kolejnym roku wynosiła zaledwie 2–5%. Co ciekawe liczebność populacji derkacza w danym roku najlepiej wyjaśniał stan roślinności mierzony za pomocą NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) w poprzednim sezonie lęgowym (Budka et al. 2021). Uzyskane wyniki sugerują, że derkacze mogą prowadzić koczowniczy tryb życia i zajmować daną lokalizację, gdy warunki są optymalne a następnie opuszczać ją, gdy warunki siedliskowe się pogarszają. Dlatego też lokalne wahania populacji mogą odzwierciedlać bardziej globalny trend niż lokalne zmiany siedliskowe w populacji.

Ptaki krajobrazu rolniczego wykazują silny spadek populacji, dlatego też podejmowane są działania mające na celu ich ochronę. W pracy sprawdzono jak działania ukierunkowane na ochronę wodniczki, implementowane w ramach programu rolnośrodowiskowego, wpływają na występowanie tego gatunku oraz na bioróżnorodność ptaków. Stwierdzono pozytywny wpływ działań rolnośrodowiskowych na występowanie wodniczki oraz sześciu innych gatunków, a także na bioróżnorodność ptaków łąkowych oraz gatunków chronionych w ramach programu rolnośrodowiskowego (gatunki docelowe). Neutralny wpływ działania zanotowano w przypadku występowania 10 gatunków ptaków oraz bioróżnorodności ptaków krajobrazu rolnego. Negatywny wpływ obserwowano w przypadku trzech gatunków ptaków oraz ogólnej bioróżnorodności całego zespołu ptaków (Budka et al. 2019). Działanie rolnośrodowiskowe zachęciło rolników do użytkowania podmokłych łąk, przez co odnotowano jego pozytywny wpływ na gatunki docelowe oraz łąkowe. W skali mikrosiedliskowej jedne gatunki były wspierane, podczas gdy inne, głównie związane z zakrzewieniami, eliminowane. Zasugerowano, aby plany zarządzania były tworzone w skali krajobrazowej a nie mikrosiedliskowej. W ten sposób w różnych miejscach mogą być wspierane różne gatunki, co wpływa na utrzymanie ogólnej bioróżnorodności w skali krajobrazowej.

Literatura:

- Budka M**, Osiejuk TS. 2013. Habitat preferences of Corncrake (*Crex crex*) males in agricultural meadows. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 171: 33–38.
- Michalska-Hejduk D, **Budka M**, Olech B. 2017. Should I stay or should I go? Territory settlement decisions in male Corncrakes *Crex crex*. *Bird Study* 64: 232–241.

Budka M, Jobda M, Szałański P, Piórkowski H. 2019. Effect of agri-environment measure for the aquatic warbler on bird biodiversity in the extensive managed landscape of Biebrza Marshes (Poland). *Biological Conservation* 239: 108279.

Budka M, Kokociński P, Bogawski P, Nowak M, Białas JT, Machura M. 2021. Seasonal changes in distribution and abundance of a local Corncrake population. *Journal of Ornithology* 162: 17–29.

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

Moje zainteresowania badawcze koncentrują się na komunikacji dźwiękowej zwierząt. Jako model do badań wykorzystuję ptaki. Na początkowym etapie mojej kariery naukowej zajmowałem się komunikacją dźwiękową derkacza. Jednym z aspektów badań nad tym gatunkiem była analiza geograficznej zmienności jego głosu w skali europejskiej oraz aspekty jego ochrony. W ramach prowadzonych badań współpracowałem z naukowcami z kilku europejskich ośrodków (University of Cambridge, Norwegian University of Life Sciences, Comenius University in Bratislava, University d'Angres, University of East Anglia, University of Latvia). Efektem współpracy są trzy oryginalne artykuły naukowe:

Mikkelsen G, Dale S, Holtskog T, **Budka M**, Osiejuk TS. 2013. Can individually characteristic calls be used to identify long-distance movements of Corncrakes *Crex crex*? *Journal of Ornithology* 154: 685–694.

Budka M, Mikkelsen G, Turčoková L, Fourcade Y, Dale S, Osiejuk TS. 2014. Macrogeographic variation in the call of the corncrake *Crex crex*. *Journal of Avian Biology* 45: 65-74.

Fourcade Y, Richardson DS, Keišs O, **Budka M**, Green RE, Fokin Secondi J. 2016. Corncrake conservation genetics at a European scale: the impact of biogeographical and anthropological processes. *Biological Conservation* 198: 210–219.

Uczestniczyłem również w badaniach dotyczących efektywności różnych metod pomiaru informacji o tożsamości osobników, kodowanej poprzez sygnały dźwiękowe. Współpraca z naukowcami z Czech University of Life Science in Prague, University of South Bohemia i University of California zaowocowała metodycznym artykułem naukowym:

Linhart P, Osiejuk TS, **Budka M**, Salek M, Špinka M, Syrová M, Policht R, Blumstein D. 2019. Measuring individual identity information in animal signals: Overview and performance of available identity metrics. *Methods in Ecology and Evolution* 10: 1558–1570.

W latach 2011–2017 brałem udział w badaniach awifauny górskich lasów deszczowych Kamerunu z wykorzystaniem automatycznych metod akustycznych. Pozwoliło mi to na zdobycie doświadczenia w pracy w tropikach, zarówno od strony praktycznej jak i administracyjnej. Badania prowadzone były we współpracy z lokalnym uniwersytetem University of Bamenda, gdzie odbyłem dwudniową wizytę studyjną. Prowadzenie badań wymagało ode mnie spędzenia około 30-40 dni w każdym roku w górskiej stacji terenowej. W roku 2015 rozpocząłem realizację własnego projektu w

Kamerunie, dotyczącego funkcji duetów i chórów u chwastówki ubogiej. Efektem prac w Kamerunie jest seria ośmiu artykułów naukowych dotyczących komunikacji dźwiękowej ptaków tego obszaru:

Budka M, Uyeme JE, Osiejuk TS. 2023. Females occasionally create duets with males but they never sing solo – year-round singing behaviour in an Afrotropical songbird. *Scientific Reports* 13, 11405.

Budka M, Piasecka M, Białas JT, Kokociński P, Podkowa P, Surmacki A, Szymański P, Sobczyńska U, Osiejuk TS. 2023. Frequent duets, rare choruses, and extremely rare solos: year-round singing behavior in Chubb's Cisticola. *Journal of Ornithology* 146: 547-559.

Budka M, Skierczyńska A, Antczak M, Osiejuk TS. 2021. Nocturnal singing by diurnal birds in Afrotropical highlands. *Journal of Ornithology* 162: 435–445.

Budka M, Czyż M, Skierczyńska A, Antczak M, Osiejuk TS. 2020. Duration of survey changes interpretation of habitat preferences study – an example of an endemic tropical songbird - the Bangwa forest warbler. *Ostrich* 91: 195 – 203.

Budka M, Kułaga K, Osiejuk TS. 2021. Evaluation of accuracy and precision of the sound-recorder-based point-counts applied in forests and open areas in two locations situated in a temperate and tropical regions. *Birds* 2: 351–361.

Szymański P, Olszowiak K, Wheeldon A, **Budka M**, Osiejuk TS. 2021. Passive acoustic monitoring gives new insight into year-round duetting behaviour of a tropical songbird. *Ecological Indicators* 122: 107271.

Wheeldon A, Szymański P, **Budka M**, Osiejuk TS. 2020. Structure and functions of Yellow-breasted Boubou (*Laniarius atroflavus*) solos and duets. *PeerJ* 8: e10214.

Osiejuk TS, Żbikowski B, Wheeldon A, **Budka M**. 2019. Hey mister Tambourine Dove, sing a song for me: simple but individually specific songs of *Turtur tympanistria* from Cameroon. *Avian Research* 10: 14.

W latach 2018–2019 odbyłem dwie miesięczne wizyty w Wilson Laboratory (Gorongosa National Park, Mozambik), gdzie uczestniczyłem w badaniach nad bioróżnorodnością ptaków parku jak i terenów przyległych, planowanych do jego powiększenia.

Biorąc udział w projekcie “Trade-off between species recognition and individual discrimination in tropical Turtur doves” miałem możliwość prowadzenia ponad miesięcznych badań w Nigerii (2019 rok) oraz Ghanie (2021 rok).

Od 2021 roku realizuję mój własny projekt o międzynarodowym charakterze, zatytułowany „Interspecific competition for acoustic space in birds”, w którym to badania prowadzone są w Ugandzie (Makerere University Biological Field Station, Kibale National Park), Szwecji (we współpracy z dr Grzegorzem Mikusińskim, Swedish University of Agricultural Science) oraz Polsce (Puszcza Białowieska).

W ramach współpracy krajowej, w latach 2016–2017 jako współwykonawca, uczestniczyłem w badaniach prowadzonych przez naukowców z Muzeum i Instytutu Zoologii PAN (dr hab. Magdalena Zagalska-Neubauer) oraz Uniwersytetu im. Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie (dr hab. Piotr Matyjasiak; grant “The role of phenotypic signals and genetic quality in male-male competition in birds” kierowany przez dr hab. Magdalenę Zagalską-Neubauer). W ramach badań wykonywałem

eksperymenty terenowe typu playback oraz analizowałem dane bioakustyczne. Efektem współpracy jest oryginalny artykuł naukowy:

Budka M, Matyjasiak P, Typiak J, Okołowski M, Zagalska-Neubauer M. 2019. Experienced males modify their behaviour during playback: the case of the Chaffinch. *Journal of Ornithology* 160: 673–684.

W roku 2017 współpracowałem z naukowcami z Uniwersytetu Łódzkiego (dr hab. Dorota Michalska-Hejduk) oraz Kampinoskiego Parku Narodowego (dr Bogumiła Olech) w projekcie dotyczącym preferencji siedliskowych derkacza. Efektem współpracy jest oryginalny artykuł naukowy: Michalska-Hejduk D, **Budka M**, Olech B. 2017. Should I stay or should I go? Territory settlement decisions in male Corncrakes *Crex crex*. *Bird Study* 64: 232–241.

W latach 2018–2021 współpracowałem z naukowcami z Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach (dr Hubert Piórkowski, mgr Marek Jobda, mgr Paweł Szałański) w ramach projektu oceniającego efektywność programu rolno-środowiskowo-klimatycznego w Polsce. Efektem współpracy są dwa oryginalne artykuły naukowe:

Budka M, Jobda M, Szałański P, Piórkowski H. 2019. Effect of agri-environment measure for the aquatic warbler on bird biodiversity in the extensive managed landscape of Biebrza Marshes (Poland). *Biological Conservation* 239: 108279.

Budka M, Jobda M, Szałański P, Piórkowski H. 2022. Acoustic approach as an alternative to human-based survey in bird biodiversity monitoring in agricultural meadows. *PLoS One* 17: e0266557.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę.

6.1 Prowadzone zajęcia dydaktyczne

Od 2013 roku, na Wydziale Biologii UAM, prowadziłem zajęcia na kierunkach: Biologia ogólna, Nauczanie biologii i przyrody, Biotechnologia, Ochrona środowiska, Ochrona przyrody i edukacja przyrodniczo-leśna. Prowadzone przeze mnie przedmioty to: Automatyczny monitoring akustyczny ptaków środowisk leśnych (ćwiczenia), Ekologia behawioralna (ćwiczenia), Ekologia i ochrona środowiska (ćwiczenia), Fauna Wielkopolski (zajęcia terenowe), Metodologia nauk przyrodniczych (konwersatoria), Sygnały i komunikacja zwierząt (ćwiczenia).

6.2 Przedmioty autorskie

Birdwatching – czyli jak, kiedy i gdzie obserwować ptaki? – w roku 2015 opracowałem sylabus modułu do wyboru. W ramach modułu, od roku 2016 prowadzę ćwiczenia oraz konwersatoria ze studentami studiów I stopnia z Ochrony środowiska oraz Biologii ogólnej.

Birds monitoring methods – w roku 2017 opracowałem sylabus modułu do wyboru. W ramach modułu, od 2018 roku, prowadzę wykłady oraz ćwiczenia ze studentami studiów II stopnia anglojęzycznego kierunku Environmental protection.

6.3 Promotorstwo i szkolenia

Promotor – w latach 2013–2023 byłem promotorem pięciu prac licencjackich oraz ośmiu prac magisterskich na kierunkach Biologia ogólna oraz Ochrona środowiska.

Promotor pomocniczy – jestem promotorem pomocniczym dwóch doktorantek: Kingi Budy (temat rozprawy: Nocny śpiew dziennych ptaków – efekt uboczny światła czy funkcjonalne zachowanie? Promotor prof. dr hab. Tomasz Stanisław Osiejuk) oraz Emilii Sokołowskiej (temat rozprawy: Konkurencja międzygatunkowa o przestrzeń akustyczną u ptaków ekosystemów leśnych strefy umiarkowanej. Promotor prof. dr hab. Tomasz Stanisław Osiejuk).

Opieka naukowa – jestem opiekunem naukowym doktorantki (Kingi Budy) realizującej Diamentowy Grant (tytuł projektu: Nocny śpiew dziennych ptaków – efekt uboczny światła czy funkcjonalne zachowanie); byłem opiekunem naukowym grantu Study@research, realizowanego w ramach projektu "Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza" przez Adriannę Muszyńską w latach 2021/2022 (tytuł projektu: Czy geograficznie uwarunkowana długość dnia wpływa na wzorzec dobowej i sezonowej aktywności wokalnejszyby?); byłem mentorem dwóch studentek (Zuzanny Trzebuniak oraz Martyny Gaizmer) w ramach programu Wsparcia i Lokowania Kompetencji (WILK).

Szkolenie „Passive acoustic monitoring” – w roku 2022 współprowadziłem szkolenie bioakustyczne on-line w ramach projektu „E-Puszcza. Podlaskie repozytorium przyrodniczych danych naukowych” na zlecenie Instytutu Biologii Ssaków PAN w Białowieży.

6.4 Działalność popularyzatorska

Jestem autorem dwóch artykułów popularno-naukowych (Muzyka natury, czyli śpiew ptaków. Ruch Muzyczny, 21 kwietnia 2021; Dolina Górnego Nurca. Ptaki 2/2022). Udzielałem wywiadów w audycjach radiowych i telewizyjnych (Polskie Radio Czwórka, TVP Poznań, Teleexpres, Scientific America, OE1-ORF) na temat prowadzonych przeze mnie badań, byłem prelegentem na otwartych seminariach ornitologicznych, prowadziłem prelekcje w szkołach podstawowych na Mazowszu i Podlasiu.

7 Inne informacje dotyczące kariery zawodowej.

7.1 Działalność naukowa

Jestem współautorem 33 oryginalnych artykułów naukowych (w 22 z nich jestem pierwszym i korespondencyjnym autorem), spośród których 30 ukazało się w czasopiśmie z listy *Journal Citation Reports* (sumaryczny IF czasopiśmie wynosi 82,1; liczba cytacji według Web of Science wynosi 279 (232 bez autocytacji), według Scopus 303 (248 bez autocytacji)), oraz współautorem dwóch rozdziałów w monografiach naukowych wydanych w języku polskim. Łączna liczba punktów MEiN przyznanych za prace w których jestem współautorem, uwzględniając aktualny wykaz czasopiśmie naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych z dnia 17 lipca 2023 roku, wynosi 3780 (2562 pkt według punktacji z roku opublikowania).

7.2 Projekty badawcze

W latach 2013–2023 kierowałem trzema projektami badawczymi, w kolejnych dwóch byłem wykonawcą oraz w jednym opiekunem naukowym.

- 1) Interspecific competition for acoustic space in birds. Grant NCN Sonata nr 2019/35/D/NZ8/04416. Czas realizacji 2020–2024. Pełniona funkcja: kierownik i główny wykonawca projektu. Projekt w trakcie realizacji.
- 2) Trade-off between species recognition and individual discrimination in tropical Turtur doves. Grant NCN Opus nr 2018/31/B/NZ8/00482. Czas realizacji 2019–2023. Pełniona funkcja: wykonawca (kierownik prof. dr hab. Tomasz Stanisław Osiejuk). Projekt w trakcie realizacji.
- 3) Nocny śpiew dziennych ptaków – efekt uboczny światła czy funkcjonalne zachowanie? Diamentowy grant nr 0128/DIA/2019/48. Czas realizacji 2019-2023. Pełniona funkcja: opiekun naukowy projektu (kierownik projektu mgr Kinga Buda). Projekt w trakcie realizacji.
- 4) Charakterystyka i funkcje duetów i chórów u chwastówki ubogiej *Cisticola chubbi*. Grant MEiN Iuventus Plus nr 0050/IP1/2015/7. Czas realizacji 2015-2019. Pełniona funkcja: kierownik i główny wykonawca projektu. Zakończony.
- 5) The role of phenotypic signals and genetic quality in male-male competition in birds. Grant Opus nr 2014/15/B/NZ8/00272. Czas realizacji 2015-2020. Pełniona funkcja: wykonawca (kierownik dr hab. Magdalena Zagalska-Neubauer). Zakończony.
- 6) The role of formant frequencies in acoustic signalling of body size of the sender in selected species from Gruiformes order. Grant NCN Preludium nr 2013/09/N/NZ8/03214. Czas realizacji 2014–2018. Pełniona funkcja: kierownik i główny wykonawca projektu. Zakończony.

7.3 Konferencje naukowe

W latach 2011–2023 byłem autorem lub współautorem 22 doniesień zaprezentowanych na 11 konferencjach międzynarodowych (5 referatów, 17 plakatów; w 12 przypadkach byłem autorem

prezentującym lub referującym) oraz autorem sześciu referatów wygłoszonych na zaproszenie na krajowych konferencjach i seminariach.

Konferencje, na których byłem osobą prezentującą:

- 1) **Budka M**, Uyeme J, Osiejuk TS. Daily and seasonal changes in singing behaviour of a sedentary duetting songbird – the Bangwa forest warbler. *III African Bioacoustics Community Conference*, 2–7 X **2022**, Skukuza, RPA, referat.
- 2) **Budka M**, Szymański P, Osiejuk TS. Daily and seasonal changes in intensity of solo, duet and chorus singing in a tropical songbird - the Chubb's cisticola. *XXVII International Bioacoustics Congress*, 31 VIII – 5 IX **2019**, Brighton, Wielka Brytania, plakat.
- 3) **Budka M**, Piasecka M, Kokociński P. Functions of duets and chorus in Chubb's cisticola. *Polish Evolutionary Conference*, 26–28 IX **2018**, Warszawa, Polska, plakat.
- 4) **Budka M**, Machura M, Szadowiak A. Formants, body size and identity coding in a bird species – the Corncrake. *International Society for Behavioral Ecology Congress*, 11–17 VIII **2018**, Minneapolis, USA, plakat.
- 5) **Budka M**, Piasecka M, Kokociński P. Functions of duets and chorus in Chubb's cisticola. *XXVI Bioacoustics Congress*, 8–13 X **2017**, Haridwar, Indie, plakat.
- 6) **Budka M**, Kokociński P, Osiejuk TS. Functions of duets and chorus in Chubb's cisticola. *International Society for Behavioral Ecology Congress*, 28 VII – 3 VIII **2016**, Exeter, Wielka Brytania, referat.
- 7) **Budka M**, Kokociński P. Duet singing behaviour in common crane. *XXV International Bioacoustics Congress*, 7–12 IX **2015**, Murnau, Niemcy, plakat.
- 8) **Budka M**, Osiejuk TS. Neighbour-stranger discrimination in corncrake is not based on temporal but on spectral call characteristics. *International Society for Behavioral Ecology Congress*, 31 VII – 5 VIII **2014**, New York, USA, referat.
- 9) **Budka M**, Osiejuk TS. Neighbour-stranger discrimination by calls in the males of corncrake, *Crex crex*. *XXIV International Bioacoustics Congress*, 8-13 IX **2013**, Pirenópolis, Brazylia, plakat.
- 10) **Budka M**, Osiejuk TS. Habitat preferences of corncrake *Crex crex* males in agricultural meadows. *9th Conference of the European Ornithologists' Union*, 27–31 VIII **2013**, Norwich, Wielka Brytania, plakat.
- 11) **Budka M**, Osiejuk TS. Neighbour–stranger call discrimination in corncrakes *Crex crex*. *Conference of the European Ornithologists' Union*, 27-31 VIII **2013**, Norwich, Wielka Brytania, plakat.
- 12) **Budka M**, Osiejuk TS. Neighbour-stranger call discrimination in the nocturnal rail species: the corncrake (*Crex crex*). *XXIII International Bioacoustics Congress*, 12–16 IX **2011**, La Rochelle, Francja, plakat.

Konferencje na których byłem współautorem doniesień (pierwszy autor to osoba prezentująca):

- 1) Staniewicz A, Sokołowska E, Muszyńska A, **Budka M**. Competition for acoustic space in birds – do similarly singing species avoid spatial and temporal overlapping? *International Society for Behavioral Ecology Congress*, 28 VII – 2 VIII **2022**, Stockholm, Szwecja, plakat.
- 2) Muszyńska A, **Budka M**. Does geographically determined daylight length affect daily and seasonal vocal activity of the Common chaffinch? *International Society for Behavioral Ecology Congress*, 28 VII – 2 VIII **2022**, Stockholm, Szwecja, plakat.
- 3) Wheeldon A, Szymański P, **Budka M**. Acoustic communication network of duetting Yellow-breasted boubou (*Laniarius atroflavus*) from W Africa montane forest. *XXVII International Bioacoustics Congress*, 31 VIII – 5 IX **2019**, Brighton, Wielka Brytania, plakat.
- 4) Kułaga K, **Budka M**. Nocturnal singing in diurnal active birds in different kinds of environments. *XXVII International Bioacoustics Congress*, 31 VIII – 5 IX 2019, Brighton, Wielka Brytania, plakat.
- 5) Kułaga K, **Budka M**. Nocturnal singing in diurnal active birds. *Polish Evolutionary Conference*, 26–28 IX **2018**, Warszawa, Polska, plakat.
- 6) Wheeldon A, Szymański P, **Budka M**, Osiejuk TS. Form and function: female vocalisations in a tropical duetting bird species, the yellow-breasted boubou (*Laniarius atroflavus*). *International Society for Behavioral Ecology Congress*, 11–17 VIII **2018**, Minneapolis, USA, plakat.
- 7) Zagalska-Neubauer M, Matyjasiak P, Surmacki A, **Budka M**. The role of acoustic and visual signals in male-male competition in birds - the chaffinch case. *International Society for Behavioral Ecology Congress*, 11–17 VIII **2018**, Minneapolis, USA, referat.
- 8) Wheeldon A, Łosak K, Olszowiak K, **Budka M**, Szymański P, Osiejuk TS. Duetting in the Yellow-breasted boubou (*Laniarius atroflavus*): Natural variation in duets and cues for identity recognition in male and female calls. *XXVI Bioacoustics Congress*, 8–13 X **2017**, Haridwar, Indie, plakat.
- 9) Woźna JT, **Budka M**, Wiśniewska A, Skierczyński M, Sobczyńska U, Osiejuk TS. Duet song characteristics in the Chubb's cisticola (*Cisticola chubbi*). *Polish Evolutionary Conference*, 24–26 IX **2015**, Poznań, Polska, plakat.
- 10) Kokociński P, **Budka M**, Osiejuk TS. Macrogeographic variation in the formant frequencies in the call of the corncrake (*Crex crex*). *Polish Evolutionary Conference*, 24–26 IX **2015**, Poznań, Polska, plakat.

7.4 Recenzje i praca edytorska

Pełnię funkcję edytora goszczącego (*Guest Editor*) zeszytu specjalnego zatytułowanego "Birds in Temperate and Tropical Forests II" w czasopiśmie *Diversity* (IF 2.4), oraz *Review Editor* w czasopiśmie *Frontiers in Bird Science*.

W latach 2013–2023 recenzowałem 47 prac naukowych dla takich czasopism jak: *Acta Ethologica*, *Acta Ornithologica*, *Animal Behaviour*, *Animals*, *Avian Research*, *Australian Journal of Zoology*, *Behavioral Ecology and Sociobiology*, *Behavioural Processes*, *Bioacoustics*, *Bird Study*,

Birds, Conservation Science and Practice, Current Zoology, Diversity, Ecological Indicators, Ecology & Evolution, Emu Austral Ornithology, Ethology Ecology & Evolution, Ibis, Italian Journal of Ethology, Journal of Avian Biology, Journal of Ornithology, Journal of Zoology, Oikos, Ornis Polonica, Plos One, Ptaki Pomorza, Remote Sensing in Ecology and Conservation, The European Zoological Journal.

Byłem recenzentem pięciu prac licencjackich oraz czterech prac magisterskich.

7.5 Nagrody i wyróżnienia

- | | |
|-----------|--|
| 2020–2022 | Wsparcie najbardziej produktywnej naukowo młodej kadry w ramach projektu „Inicjatywa doskonałości – Uczelnia Badawcza” |
| 2020 | Nagroda zespołowa III stopnia Rektora UAM |
| 2015 | Nagroda Prezesa Rady Ministrów za wyróżnioną rozprawę doktorską |
| 2015 | Nagroda zespołowa III stopnia Rektora UAM |
| 2014 | Nagroda zespołowa III stopnia Rektora UAM |
| 2012 | Nagroda Zespołowa Wydziału II Nauk Biologicznych i Rolniczych PAN za cykl prac badawczych na temat „Eksperymentalne wyjaśnienie mechanizmów zapewniających wiarygodność agresywnych sygnałów dźwiękowych w doborze wewnątrzplciowym derkacza (<i>Crex crex</i>)” |

.....

(podpis wnioskodawcy)