



Warszawa, 11 kwietnia 2024 r.

Dr hab. Oskar Głowacki, prof. IGF PAN
Zakład Badań Polarnych i Morskich
Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk

**Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr Anny Osieckiej
pt. „Zachowanie wokalne i kodowanie informacji u pelagicznego ptaka
arktycznego, alczyka (*Alle alle*)”**

Przedmiotem niniejszej recenzji jest rozprawa doktorska Pani mgr Anny Osieckiej pt. „Zachowanie wokalne i kodowanie informacji u pelagicznego ptaka arktycznego, alczyka (*Alle alle*)”. Recenzję sporządzono w odpowiedzi na prośbę Wysokiej Rady Dyscypliny Nauki biologiczne Uniwersytetu Gdańskiego z dnia 14 marca 2024 r. Podstawą dla wykonania recenzji jest Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668 z późn. zm., art. 187). W skład rozprawy wchodzi cztery artykuły naukowe opublikowane w czasopismach branżowych oraz jeden nierecenzowany manuskrypt artykułu:

1. **Osiecka, A. N.**, Briefer, E. F., Kidawa, D., Wojczulanis-Jakubas, K. (2023). Seabird’s cry: repertoire and vocal expression of contextual valence in the little auk (*Alle alle*), *Scientific Reports* 13, 8623, <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35857-3>.
2. **Osiecka, A. N.**, Briefer, E. F., Kidawa, D., Żurawska, F., Wojczulanis-Jakubas, K. (2024). Calls of the little auk (*Alle alle*) chicks reflect their behavioural contexts, *PLoS ONE* 19(2): e0299033, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299033>.
3. **Osiecka, A. N.**, Briefer, E. F., Kidawa, D., Wojczulanis-Jakubas, K. (2023). Social calls of the little auk (*Alle alle*) reflect body size and possibly partnership, but not sex, *Royal Society Open Science*, 10(9), 230845, <https://doi.org/10.1098/rsos.230845>.

4. **Osiecka, A. N.**, Briefer, E. F., Kidawa, D., Wojczulanis-Jakubas, K. (2024). Strong individual distinctiveness across the vocal repertoire of a colonial seabird, the little auk (*Alle alle*), *Animal Behaviour*, <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2024.02.009>.
5. **Osiecka, A. N.**, Bryndza, P., Briefer, E. F., Wojczulanis-Jakubas, K. Long distance calls: negligible information loss of seabird social vocalizations over propagation down to the hearing threshold (manuskrypt przed recenzjami udostępniony publicznie na platformie bioRxiv w dniu 8 marca 2024 r.).

Cztery artykuły ukazały się w dobrych lub bardzo dobrych czasopismach o wysokim współczynniku wpływu (IF). Większość z tych czasopism ma znacznie szerszy zasięg tematyczny niż same badania ekologiczne (1-3). Należy zauważyć, że Doktorantka jest wiodącą autorką wszystkich wymienionych prac. Potwierdzają to jednoznacznie załączone do rozprawy oświadczenia współautorów.

Przedmiotem rozprawy jest wieloaspektowa analiza sygnałów wokalnych generowanych przez alczyki, która uwzględnia także zakres kodowanych w tych dźwiękach informacji statycznych (wielkość, płeć, tożsamość) oraz dynamicznych (konteksty behawioralne i emocjonalne). W pracach badawczych wykorzystano rejestracje akustyczne wykonane w kolonii zlokalizowanej w południowej części Spitsbergenu – największej wyspy archipelagu Svalbard. Zgodnie z przygotowanym streszczeniem rozprawy, Doktorantka postawiła sobie za cel znalezienie odpowiedzi m. in. na następujące pytania: 1. Jaki jest repertuar wokalny gatunku, tj. jakie wokalizacje produkują alczyki?, 2. W jakich kontekstach alczyki produkują te wokalizacje i czy sygnały wokalne odzwierciedlają behawioralne i emocjonalne konteksty produkcji?, 3. Jeśli tak - czy takie dynamiczne informacje są obecne także u młodych piskląt?, 4. Czy wokalizacje niosą statyczne informacje o nadawcy?, a także 5. Jak dobrze informacje te niosą się w ich środowisku?

Pierwszy rozdział rozprawy doktorskiej (Osiecka i in., 2023; *Scientific Reports*) dotyczy repertuaru sygnałów wokalnych generowanych przez alczyki w dwóch okresach: godowym oraz inkubacyjnym. Badania opierały się na analizie danych akustycznych zgromadzonych w latach 2019-2021. W pracy zidentyfikowano i opisano w sposób jakościowy oraz ilościowy osiem różnych typów wokalizacji, co **stanowi istotny wkład do lepszego zrozumienia krajobrazu akustycznego Arktyki**. Wyznaczono szereg parametrów opisujących generowany sygnał akustycznych, a następnie przeanalizowano wpływ domniemanej reakcji organizmu na

działanie czynników środowiskowych (tj. walencji) na te parametry. Badania wykazały, że wokalizacje przypisywane walencji pozytywnej (zaangażowanie) cechują się innymi właściwościami niż te związane z domniemanym unikaniem bodźców (o walencji negatywnej). Tym samym, jak to opisują Autorzy pracy opublikowanej w czasopiśmie *Scientific Reports*, **po raz pierwszy zbadano i wykazano różnice w wokalnejskiej ekspresji stanów emocjonalnych u ptaków morskich. Jest to bezsprzecznie znaczące osiągnięcie wykraczające swoim zakresem poza badania jednego gatunku ptaków - alczyka.**

Ciekawym dalszym rozwinięciem tych prac byłoby opracowanie narzędzi do automatycznej detekcji rozpatrywanych typów wokalizacji z ich jednoczesną klasyfikacją. Należy to jednak traktować bardziej jako rekomendację, niż uwagę krytyczną do wykonanych analiz. Oczywiście – jak wspomina Doktorantka i Współautorzy artykułu – mamy do czynienia z niepewnością, jeżeli chodzi o ocenę walencji towarzyszącej emitowanym sygnałom. Myślę jednak, że w pracy wystarczająco zminimalizowano wpływ tej niepewności poprzez wybór tylko tych wokalizacji, dla których walencję można ocenić z dużym prawdopodobieństwem.

W drugim rozdziale rozprawy doktorskiej (Osiecka i in., 2024; *PLoS ONE*) Doktorantka powiązuje wokalizacje piskląt alczyków na wczesnym etapie ontogenezy, tj. w czasie pierwszego tygodnia po wykluciu, z ich kontekstami behawioralnymi. W tym celu wykorzystane zostały nagrania dźwięku pozyskane w czasie dwóch sezonów lęgowych: w roku 2017 skupiono się na wokalizacji generowanej w czasie interakcji piskląt z rodzicami (kontekst pozytywny), natomiast rejestracje z 2021 roku wykonywano w czasie zabiegów ornitologicznych (tj. ważenia osobników; kontekst negatywny). Poprzez analizę statystyczną właściwości generowanych sygnałów akustycznych, Doktorantka wykazała, że wokalizacje piskląt można z bardzo wysoką dokładnością przypisać do kontekstu afektywnego. **Wyniki badań wskazują, że piskląta alczyków efektywnie przekazują komunikaty istotne pod kątem społecznym już na wczesnym etapie swojego rozwoju. Przedstawione rezultaty stanowią więc dowód na to, że ekspresja emocjonalna – wyrażona poprzez wokalizację – występuje u piskląt ptaków morskich.**

Pewnym mankamentem pracy jest fakt, że rozpatrywano tylko dwa konteksty behawioralne, a jednocześnie w danym roku analizowano tylko jeden kontekst wokalizacji (pozytywny lub negatywny). W artykule wytłumaczono jednak w sposób nie budzący zastrzeżeń, z czego wynikają te ograniczenia.

Kolejny rozdział rozprawy (Osiecka i in., 2023; *Royal Society Open Science*) dotyczy poszukiwania akustycznych wskaźników płci, wielkości, a także partnerstwa. W tym celu wykorzystano rejestracje akustyczne pozyskane w czasie dwóch następujących po sobie sezonów lęgowych, tj. 2019 i 2020. Wyodrębniono dwa różne typy wokalizacji: krótką jednosylabową oraz długą, o złożonej strukturze formantowej. Zgodnie z przewidywaniami, analizowane właściwości wokalizacji nie niosły informacji o płci. **Wykazano natomiast, że częstotliwość podstawowa krótkich jednosylabowych sygnałów niesie informacje o wielkości badanych osobników.** Zauważono również pewne (dość słabe) tendencje do pokrywania się niektórych charakterystyk generowanych sygnałów w obrębie związków partnerskich, jednak niewielki rozmiar próby nie pozwolił na szczegółową analizę tego zjawiska. **Zrealizowane badania sugerują, że inne czynniki niż wskazówki głosowe odgrywają dominującą rolę w doborze partnerów. Uważam, że jest to bardzo cenna i najważniejsza konkluzja wynikająca z artykułu.**

Podobnie jak w poprzednim rozdziale rozprawy, drobne wątpliwości budzi niewielki rozmiar próby. Wydaje się jednak, że zastosowana metodyka jest dostosowana do takich sytuacji. W dyskusji wkraśl się drobny błąd edytorski, tzn. występuje stwierdzenie o wzroście f_0 wraz ze zwiększeniem rozmiaru osobnika (strona 92 rozprawy, linia 4 dyskusji).

Przedmiotem czwartego rozdziału rozprawy (Osiecka i in., 2024; *Animal Behaviour*) jest kodowanie tożsamości (indywidualności) w procesie wokalizacji. Analizy obejmowały swoim zakresem rejestracje akustyczne pozyskane wewnątrz gniazd alczyków w okresie wylęgania w latach 2019 i 2020. Rozpatrzono szereg parametrów charakteryzujących pięć różnych typów wokalizacji. Przeprowadzone badania **wykazały indywidualny charakter generowanego dźwięku, przy czym najbardziej charakterystyczne dla danych osobników okazały się złożone, wielosylabowe wokalizacje.** Uzyskane wyniki sugerują więc, że ten typ wokalizacji może być uznawany za „akustyczny identyfikator” pojedynczych alczyków. Mimo, że na tym etapie trudno stwierdzić jak te informacje są odbierane i wykorzystywane przez członków kolonii, **rezultaty analiz dowodzą, że alczyki mogą dysponować efektywnym systemem identyfikacji opartym o wokalizację.**

Moim zdaniem te badania są potencjalnie najbardziej obciążone niewielkim rozmiarem próby. Ustalenie progu ilości wokalizacji danego typu na zaledwie pięć wystąpień wydaje się być niewystarczające w przypadku ilościowych analiz. Rozumiem jednak ograniczenia wynikające z metodyki eksperymentów.

Ostatni rozdział rozprawy (Osiecka i in., *manuskrypt*) dotyczy propagacji dźwięków generowanych przez alczyki w procesie wokalizacji. Do badań wybrano te dwa typy sygnałów zarejestrowanych w latach 2019-2020 w okresie inkubacji, które potencjalnie niosą najwięcej informacji o tożsamości osobników. Określono poziomy hałasu generowanego w źródle, do czego niezbędna była kalibracja używanego systemu rejestrującego dźwięki. Następnie, wykorzystano dane meteorologiczne z Polskiej Stacji Polarnej w Hornsundzie do wyznaczenia prostego modelu propagacji sygnałów akustycznych. Przy wykorzystaniu metod statystycznych oraz algorytmu uczenia maszynowego SVM określono, że wokalizacje mogą być przypisywane do pojedynczych osobników nawet w przypadku odległości pomiędzy źródłem i odbiornikiem wynoszących 1000 m.

Bardzo cieszy uwzględnienie efektów propagacji i próba określania poziomu hałasu w źródle w badaniach ekologicznych, jednak z punktu widzenia akustyka podejście zastosowane w pracy wzbudza pewne wątpliwości. Po pierwsze, proces „propagowania” wokalizacji poprzez operację matematyczną i wykorzystywania rezultatów w kontekście oceny stopnia utraty przekazywanej informacji nie uwzględnia podstawowego problemu, jakim jest zmniejszanie się stosunku sygnału do szumu wraz z odległością. To zmniejszenie wynika nie tylko z samych strat sygnału (które w pewnym zakresie zostały uwzględnione), ale także z występowania hałasu otoczenia (tła akustycznego), na który składają się wokalizacje innych alczyków oraz aktywność pozostałych źródeł. Moim zdaniem dane przedstawione w tabelach 5 i 6 należy więc traktować z bardzo dużą ostrożnością. Jednocześnie zauważam, że – chociaż w niewystarczającym stopniu – problem z brakiem uwzględnienia efektów maskowania sygnałów jest poruszany w manuskrypcie. Praca bardzo by zyskała na wartości, gdyby jednak w pewien sposób uwzględniony został efekt tła akustycznego. Można to zrobić na przykład poprzez podanie kontekstu w postaci średniego natężenia dźwięku w kolonii alczyków, jednak poza wnętrzem gniazd. Kolejnym problemem jest ocena poziomu hałasu emitowanego przez alczyki w standaryzowanej odległości 1 m. Wykonywanie rejestracji w odległości kilkudziesięciu centymetrów od źródła powoduje, że znajdujemy się w polu bliskim, gdzie występują duże wahania ciśnienia akustycznego (pole nie jest w pełni ukształtowane). Trzeba jednak podkreślić, że w pracy dostrzeżony jest ten problem i rozumiem, że jego uniknięcie wymagałoby umieszczenia mikrofonu poza gniazdem (co nie było wskazane w tym przypadku). W kontekście oceny poziomu sygnału w źródle zastanowiłbym się jeszcze nad efektem odbić sygnału od skał i innych nierówności powierzchni. Podobne problemy występują w akustyce morza podczas wykonywania eksperymentów w basenach i innych niewielkich

zbiornikach wodnych (np. akwaria). Na szczęście w rozpatrywanym przedziale częstotliwości - tj. zwykle poniżej 5 kHz – to najprawdopodobniej nie będzie znaczący efekt. Zastanawiam się również, na ile reprezentatywne są dane meteorologiczne z Polskiej Stacji Polarnej Hornsund w kontekście sytuacji panującej w kolonii. Spodziewałbym się szeregu lokalnych efektów wynikających chociażby ze struktury podłoża (np. procesy parowania, ogrzewania i wychładzania tundry). **Generalnie uważam, że mimo wymienionych przeze mnie mankamentów metodologicznych, ostatni rozdział rozprawy wciąż wnosi interesujący wkład do dyskusji nad wokalizacją alczyków. Przede wszystkim stanowi ważny pierwszy krok w ocenie strat sygnałów i wynikającej z nich potencjalnej utracie informacji zakodowanych w wokalizacji.**

Mocne strony rozprawy

Podjęta przez Doktorantkę problematyka badawcza jest nie tylko aktualna i oryginalna, lecz również wysoce interdyscyplinarna. Osiągnięcie zaprezentowanych w rozprawie rezultatów wymagało połączenia wiedzy i umiejętności z zakresu badań ekologicznych oraz akustycznych, które zostały z sobą powiązane poprzez połączenie obserwacji terenowych, wieloaspektowej analizy sygnałów i zastosowania różnych metod statystycznych oraz klasyfikacyjnych. Cykl opisywanych prac jest spójny, a elementy składowe wzajemnie się uzupełniają pod kątem tematycznym. Jest to bardzo istotne w przypadku rozpraw doktorskich opartych o publikacje. Chciałbym również mocno podkreślić, że każdy rozdział rozprawy jest zakończony krytyczną dyskusją, w której wymieniane są ograniczenia związane z prowadzonymi badaniami i potencjalne problemy z nich wynikające. Świadczy to o dojrzałości badawczej i profesjonalnym podejściu do rozwiązywania często trudnych i złożonych problemów naukowych. **Moim zdaniem nie ulega najmniejszej wątpliwości, że rozprawa wnosi znaczący wkład nie tylko w lepsze zrozumienie właściwości i kontekstów wokalizacji ptaków morskich, ale również wzbogaca naszą wiedzę na temat krajobrazu akustycznego obszaru Arktyki.**

Słabsze strony rozprawy

Mimo ogólnej bardzo wysokiej jakości rozprawy, nie udało się uniknąć pewnych uchybień czy problemów. Wystąpienie części z nich jest uzasadnione samym charakterem prowadzonych badań. Jednym z przykładów jest niewielki rozmiar próby, który wynika bezpośrednio z trudności prowadzenia pomiarów w terenie, jak również ze zwyczajnej troski o dobrostan

alczyków znajdujących się w kolonii (tzn. minimalizacji antropogenicznych czynników stresogennych). Kolejnym takim przykładem jest wyznaczanie poziomów hałasu na standaryzowanej odległości 1 m z użyciem rejestracji pozyskanych w akustycznym polu bliskim. Tutaj – jak rozumiem – czynnikiem wymuszającym jest geometria eksperymentu, tj. w tym przypadku rozmiary gniazd. Chciałbym również wspomnieć, że niestety w rozprawie nie ma kompleksowych wyjaśnień w zakresie wykorzystywanych metod i narzędzi. Oczywiście wynika to z formatu artykułów naukowych, w których często opis danej metody sprowadza się do podania źródła literaturowego i ewentualnego bardzo skróconego opisu. Jestem przekonany, że publiczna obrona będzie doskonałą okazją dla Doktorantki do zwięzłego omówienia i umotywowania wyboru wykorzystywanych przez siebie, często dość skomplikowanych metod. **Moje główne zarzuty dotyczą jednak sposobu interpretacji obliczeń propagacyjnych. Brak uwzględnienia efektów maskowania sygnałów, który wynika ze spadku stosunku sygnału do szumu, istotnie ogranicza wagę rezultatów omówionych w ostatnim rozdziale rozprawy. Szkoda, że Doktorantka nie pokusiła się o próbę oceny – ilościowej lub jakościowej – wpływu aktywności pozostałych źródeł (w tym innych alczyków) na „nośność” informacji o tożsamości osobniczej w procesie wokalizacji.**

Kwestie warte dalszego wyjaśnienia

Myślę, że wartościowe byłoby udzielenie odpowiedzi na następujące pytania:

1. Jakie aspekty poruszanych zagadnień badawczych warunkowały wybór narzędzi analizy sygnałów oraz metod statystycznych?
2. Czy zrealizowane badania mogą być traktowane jako zaczątek przyszłego akustycznego monitoringu alczyków? Jeżeli tak – w jakim zakresie?
3. Jaki jest potencjalny wpływ stosunkowo niewielkiego rozmiaru próby – zarówno ilości badanych osobników jak i liczby wokalizacji danego typu – na najważniejsze rezultaty przedstawionych badań?

Rekomendacje

Treść końcowego fragmentu rozprawy – będącego pewnego rodzaju podsumowaniem i zarazem dyskusją nad dalszym rozwojem podejmowanej problematyki badawczej – sugeruje, że Doktorantka zamierza kontynuować akustyczne badania alczyków (lub innych gatunków

ptaków). W związku z tym, pozwolę sobie udzielić kilku rekomendacji w zakresie wykorzystania akustyki pasywnej w badaniach:

1. Na przyszłość zachęcałbym do automatyzacji procesu detekcji interesujących sygnałów oraz wyznaczania ich początku oraz końca. Ręczne wyodrębnianie wokalizacji alczyków jest z pewnością nie tylko czasochłonne, ale również zawsze w mniejszym lub większym zakresie subiektywne. Przy okazji namawiam Doktorantkę do rozwoju własnych metod analizy sygnałów opracowanych w wybranym przez siebie języku programowania (np. Python, Matlab).
2. Lektura rozprawy stymuluje do zadawania pytań o możliwość akustycznego monitoringu kolonii alczyków, w tym np. określonych zachowań czy kondycji osobników. Może to mieć szczególne znaczenie, zważywszy na potrzebę ograniczenia bezpośredniego kontaktu z tymi zwierzętami. Metody akustyczne pozwalają na pomiary bezkontaktowe z dużej odległości, co stwarza unikalne możliwości monitoringowe.
3. Bardzo cieszy uwzględnienie efektów propagacyjnych w rozprawie. Zachęcam do rozwijania tego tematu, gdyż może się okazać kluczowy w interpretacji tych oraz przyszłych rezultatów. Dotyczy to szczególnie uwzględnienia efektów maskowania, związanych ze zmieniającym się na niekorzyść stosunkiem sygnału do szumu wraz z odległością od źródła.
4. W przyszłości bardzo pomocne może być zastosowanie zestawu kilku mikrofonów, co pozwoliłoby w sposób jednoznaczny (i automatyczny) określać źródła wokalizacji. Być może krajobraz akustyczny kolonii alczyków charakteryzuje się silną kierunkowością. Możliwe, że istnieje dysproporcja w emisji dźwięku pomiędzy gniazdami nie tylko pod kątem poziomów hałasu, ale także struktury czasowej wokalizacji.
5. W akustyce często wykorzystuje się widmo amplitudowo-częstotliwościowe sygnału w celu analizy uśrednionej energii akustycznej dla różnych częstotliwości. W pracach zabrakło mi nieco wizualizacji widm sygnałów dla różnych typów wokalizacji. Co więcej, można by się pokusić o analizę hałasu w źródle (na 1 m) jako funkcji częstotliwości.
6. Bardzo ciekawym aspektem przyszłych badań mogłoby być przyjrzenie się zmienności parametrów wokalizacji alczyków w zależności od hałasu otoczenia (innymi słowy, stosunku sygnału do szumu). Rozumiem, że wymuszony troską o zwierzęta i trudnością w pozyskaniu materiału akustycznego typowy niewielki rozmiar próby jest dużym

ograniczeniem, jednak sprawa może wyglądać inaczej w przypadku zastosowania długoterminowego monitoringu (patrz punkt 2).

7. Zachęcam Doktorantkę do weryfikacji rezultatów swoich badań także w czasopismach naukowych poświęconych konkretnie akustyce. Ze swojej strony chciałbym zasugerować *Journal of the Acoustical Society of America*, które – pomimo stosunkowo niskiego współczynnika wpływu IF – jest postrzegane jako najbardziej prestiżowe czasopismo w zakresie akustyki.

Oczywiście są to tylko przykładowe rekomendacje. Chętnie udzielę dalszych rekomendacji i praktycznych porad w kontekście wykorzystania akustyki pasywnej, jeżeli spotka się to z zainteresowaniem i potrzebami Doktorantki w czasie przyszłych badań naukowych.

Wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr Anny Osieckiej **spełnia wszystkie wymagania** określone w art. 187 ust. 1 i 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.). Przedstawione osiągnięcia Doktorantki dotyczą oryginalnego rozwiązania problemu naukowego i dokumentują ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. W związku z powyższym, **zwracam się do Wysokiej Rady Dyscypliny Nauki biologiczne Uniwersytetu Gdańskiego z wnioskiem o dopuszczenie Pani mgr Anny Osieckiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

Cztery artykuły wchodzące w skład rozprawy doktorskiej zostały opublikowane w prestiżowych, recenzowanych czasopismach naukowych. Zważywszy na ten fakt, a także doceniając ogólne wysokie walory pracy – w tym przede wszystkim trafność i oryginalność podjętego zagadnienia badawczego oraz spójność, a także jakość przedstawienia założeń i wyników – **zwracam się do Wysokiej Rady Dyscypliny Nauki biologiczne Uniwersytetu Gdańskiego o wyróżnienie recenzowanej przeze mnie rozprawy.**