

STRESZCZENIE

Drogi są wszechobecnym atrybutem ludzkiej cywilizacji, ale ich ekspansja odbywa się kosztem bioróżnorodności i integralności ekosystemów. Negatywny wpływ dróg na funkcjonowanie ekosystemu jest wieloraki, począwszy od skutków bezpośrednich, takich jak fragmentacja siedlisk, śmiertelność dzikich zwierząt i zanieczyszczenie środowiska, a kończąc na skutkach pośrednich, takich jak wylesianie, zmiany w zachowaniu dzikich zwierząt i zaburzenie procesów ekologicznych. W rezultacie zachowanie obszarów bezdrożnych staje się podstawowym narzędziem ochrony przyrody. Głównym celem niniejszej rozprawy doktorskiej jest kompleksowa ocena, czy bezdroża mogą stanowić ekonomicznie opłacalne cele ochrony i być wskaźnikami funkcjonalnych ekosystemów. Poprzez kompleksową syntezę istniejącej literatury i oryginalnych badań, niniejsza rozprawa ma na celu zbadanie ekologicznych i politycznych implikacji ochrony bezdroży. Oceniając ich zasięg w skali globalnej i ich jakość, dążę do lepszego zrozumienia roli bezdroży w zachowaniu różnorodności biologicznej i funkcjonalności ekosystemów. Bezdroża, charakteryzujące się brakiem dróg lub infrastruktury ludzkiej, są (częściowo) wolne od wpływu dróg i mogą pełnić kluczową rolę w utrzymaniu integralności ekologicznej i funkcjonowania ekosystemu. Bezdrożne przestrzenie mogą służyć jako ważne ostoje różnorodności biologicznej i zapewniać podstawowe usługi ekosystemowe na całym świecie.

W pierwszym artykule bezdrożna zostały zdefiniowane jako obszary oddalone o co najmniej 1 km od wszelkiego rodzaju dróg, po dokładnym zbadaniu przestrzennego zasięgu wpływu dróg. Korzystając z ogólnodostępnego zbioru danych drogowych (OpenStreetMap 2013), przeprowadziłam globalną oszacowanie ich zasięgu i oceniłam ich status, jakość i pokrycie obszarami chronionymi. Mimo że około 80% powierzchni lądowej Ziemi stanowiły obszary bezdrożne, była ona pofragmentowana na około 600 000 płątów; ponad połowa z nich była mniejsza niż 1 km², a tylko 7% przekraczało 100 km². Ponadto z badałam udział obszarów bezdrożnych o różnej kwalifikacji statusu ochrony i opracowałam wskaźnik (wskaźnik wartości ekologicznej obszarów bezdrożnych, EVIRA) obejmujący trzy wskaźniki (wskaźnik funkcjonalności ekosystemu, wielkość obszaru bezdrożnego i łączność obszarów bezdrożnych przy użyciu poligonów Thiessena) w celu oszacowania jakości tych obszarów. Chociaż obszary chronione na świecie obejmują 14% powierzchni lądowej, tylko 9% bezdroży znajdowało się w ich obrębie. Duże połacie niechronionych bezdroży o wysokich wartościach EVIRA występują zarówno w lasach tropikalnych, jak i borealnych. Afryka i Azja mają

najniższy poziom ochrony obszarów bezdrożnych o wysokiej wartości. Jedynym kontynentem ze ściśle chronionymi bezdrożami wykazującymi wysokie wartości EVIRA jest Australia. Bezdroża charakteryzujące się niskim EVIRA obejmują 35% całkowitej powierzchni, głównie ze względu na ich niewielki rozmiar, fragmentację, izolację lub wysoki poziom zaburzeń spowodowanych przez człowieka. Prawie dwie trzecie wszystkich bezdroży miało średnie lub wysokie wartości EVIRA. Ochrona obszarów bezdrożnych jest zgodna z niektórymi Celami Zrównoważonego Rozwoju ONZ, w szczególności z celami 15 i 9.

Drugi artykuł zgłębia kwestie znaczenia ekologicznego i wyzwań związanych z ochroną obszarów bezdrożnych, skupiając się w szczególności na ekosystemach leśnych w dużych, niepofragmentowanych regionach, takich jak Amazonia, dorzecze Kongo oraz Azja Wschodnia i Południowo-Wschodnia. Obszary te odgrywają kluczową rolę w regulowaniu usług ekosystemowych, w tym dostępności siedlisk, utrzymania różnorodności genetycznej, retencji wody i ochrony gleby. Przyczyniają się do sekwestracji i magazynowania dwutlenku węgla oraz służą jako lokalne bufony klimatyczne. Są one jednak również miejscami eksploatacji zasobów, co stwarza znaczący konflikt między krótkoterminowymi interesami gospodarczymi a długoterminowymi celami ochrony przyrody. W badaniach tych, wraz ze współautorami, zwracam uwagę na obszary bezdrożne jako istotne wskaźniki dziewiczych ekosystemów i podkreślam ich znaczenie dla integralności ekosystemu. Liczba bezdroży zmniejszyła się o ponad 30% w latach 2013-2018, szczególnie w Afryce i Azji Południowo-Wschodniej, prawdopodobnie z powodu zwiększonych wysiłków w zakresie mapowania, ale także z powodu rozbudowy infrastruktury drogowej. Istnieją istotne dowody świadczące o ważnym ekologicznym znaczeniu obszarów bezdrożnych ze względu na to, że nie występują na nich złożone, wzajemnie oddziałujące czynniki antropogeniczne, które bezpośrednio lub pośrednio wpływają na ekosystemy. Rekomendujemy priorytetowe traktowanie ochrony obszarów bezdrożnych, włączenie bezdroży jako kryterium planowania zrównoważonego rozwoju, zmianę tras planowanych dróg oraz rozważanie alternatywnych sposobów transportu w celu zmniejszenia wpływu dróg na ekosystemy.

W artykule trzecim dokonałam, wraz ze współautorami, kompleksowej oceny obszarów bezdrożnych przy użyciu danych drogowych OpenStreetMap 2020 w dwóch regionach o kontrastujących poziomach wpływu człowieka: borealnym regionie Kanady i umiarkowanej Europie Środkowej. Wykorzystując zdjęcia satelitarne o wysokiej rozdzielczości, dokonałam wizualnej interpretacji i ręcznie naniosłam niezmapowane drogi w losowo wybranych

obszarach bezdrożnych. Przeanalizowałam poziom kompletności map drogowych i jego związek z czynnikami antropogenicznymi, w tym gęstością dróg, czasem podróży do głównych miast, wskaźnikami wpływu człowieka (Human Footprint Index) i przekształcenia antropogenicznego (Human Modification Index) na 1000 losowo wyznaczonych obszarach w obu regionach. W pracy tej wykazałam duże różnice w kompletności mapowania dróg między dwoma regionami, przy czym Europa Środkowa wykazuje znacznie wyższy poziom zmapowanych dróg. Całkowicie zmapowałam drogi na 3% wybranych obszarów w borealnej Kanadzie, oraz na 40% w Europie Środkowej. Niższe wartości wskaźnika wpływu człowieka i gęstości dróg wiązały się z mniejszą kompletnością mapowania dróg, co podkreśla wpływ działalności człowieka na jakość mapowania. Po ręcznym uzupełnieniu wcześniej niezamapowanych dróg w 30 losowo wybranych obszarach bezdrożnych, stwierdziłam porównywalne zmniejszenie się obszaru bezdroży zarówno w borealnej Kanadzie, jak i Europie Środkowej (odpowiednio o 27% i 28%). Podczas gdy w borealnej Kanadzie brak było dróg na 70% losowo wybranych obszarów, w Europie Centralnej żaden z wybranych obszarów nie był wolny od dróg. W badaniu tym wskazujemy, pilną potrzebę udoskonalenia technologii mapowania dróg dla wsparcia badań nad bezdrożami i zrozumienia roli tych obszarów jako celów ochrony.

Niniejsza praca doktorska podkreśla wyłaniający się temat obszarów bezdrożnych i stanowi ważny wkład w naukę o ochronę przyrody. Praca ta zwraca uwagę na znaczenie obszarów bezdrożnych jako celów ochrony i przyczynia się do stworzenia podstaw dla powstania i rozwoju „ekologii bezdroży” w celu dalszego badania ich pozytywnego wkładu w zachowanie różnorodności biologicznej i funkcjonalności ekosystemów.