

Załącznik 2

AUTOREFERAT
dr Wojciech Solarz

Instytut Ochrony Przyrody
Polskiej Akademii Nauk

Kraków 2019

Imię i nazwisko

Wojciech Solarz

1. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

1995 – stopień magistra biologii; Wydział Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie;

Praca magisterska pt. „Awifauna lęgowa kamieniołomów kielecczyzny”

Promotor: dr hab. Jacek Wasilewski

2003 – stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk biologicznych, specjalność: biologia; Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk w Krakowie;

Rozprawa doktorska pt. „Demografia i behawior w populacji rokitniczki *Acrocephalus schoenobaenus* L. w dolinie Nidy”

Promotor: prof. dr hab. Zbigniew Witkowski

2. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Od 1.09.1999 r. – Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

3. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (DZ.U. nr 65, poz.595 ze zm.):

a) Tytuł osiągnięcia naukowego:

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

Obcość i inwazyjność gatunków – analiza kluczowych problemów nauki o inwazjach biologicznych

b) Wykaz autorskich publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe

autor korespondencyjny

H1. Wilk-Woźniak E., **Solarz W.**[✉], Najberek K., Pocięcha A. 2016. Alien cyanobacteria: an unsolved part of the “expansion and evolution” jigsaw puzzle? *Hydrobiologia* 764, 65-79.

[IF₂₀₁₆: 2,056; IF_{5-letni}: 2,447; punkty MNiSW: 30]

H2. Pocięcha A., **Solarz W.**✉, Najberek K., Wilk-Woźniak E. 2016. Native, alien, cosmopolitan, or cryptogenic? A framework for clarifying the origin status of rotifers. *Aquatic Biology* 24: 141–149.

[IF₂₀₁₆: 1,600; IF_{5-letni}: 1,645; punkty MNiSW: 25]

H3. **Solarz W.**✉, Najberek K., Pocięcha A., Wilk-Woźniak E. 2017. Birds and Alien Species Dispersal: on the Need to Focus Management Efforts on Primary Introduction Pathways. Comment on Reynolds et al. and Green. *Diversity and Distributions* 23: 113-117.

[IF₂₀₁₇: 4,614; IF_{5-letni}: 4,777; punkty MNiSW: 45]

H4. **Solarz W.**✉, Najberek K. 2017. Alien Parasites May Survive Even if Their Original Hosts Do Not. *EcoHealth* 14: S3-S4.

[IF₂₀₁₇: 2,649; IF_{5-letni}: 3,000; punkty MNiSW: 30]

H5. Biedrzycka A., **Solarz W.**, Okarma H. 2012. Hybridization between native and introduced species of deer in Eastern Europe. *Journal of Mammalogy* 93: 1331-1341.

[IF₂₀₁₂: 2,308; IF_{5-letni}: 1,765; punkty MNiSW: 35]

H6. Najberek K., Nentwig W., Olejniczak P., Król W., Baś G., **Solarz W.**✉ 2017. Factors limiting and promoting invasion of alien *Impatiens balfourii* in Alpine foothills. *Flora* 234: 224–232.

[IF₂₀₁₇: 1,365; IF_{5-letni}: 1,633; punkty MNiSW: 25]

- c) Omówienie celu naukowego wyżej wymienionych prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich wykorzystania

Prace wchodzące w skład niniejszego osiągnięcia, poruszają dwa ściśle ze sobą powiązane zagadnienia, które stanowią kluczowe elementy badań dotyczących inwazji biologicznych obcych gatunków. Pierwszym z nich jest parametr określający to, czy ich występowanie na danym obszarze jest wynikiem procesów naturalnych (gatunki rodzime), czy też wynikiem działalności człowieka (gatunki obce). Zmienna ta jest w literaturze anglojęzycznej określana jako *alienness*, natomiast nie doczekała się dotychczas precyzyjnego określenia w języku polskim. Najbardziej odpowiednim polskim odpowiednikiem tego terminu wydaje się słowo „obcość”. Natomiast drugim zagadnieniem analizowanym w prezentowanych publikacjach jest inwazyjność (ang. *invasiveness*) gatunków, definiowana jako ich negatywny wpływ na rodzimą przyrodę, gospodarkę, a także zdrowie i życie ludzi.

Celem tych publikacji była analiza przyczyn, dla których dotychczasowe naukowe podejście do obcości i inwazyjności gatunków nie było wystarczająco spójne. Analizie poddano również skutki braku dostatecznego rygoru w tym zakresie, dla wiarygodności wnioskowania o podstawowych procesach zachodzących w przyrodzie. W oparciu o wyniki tych analiz opracowano naukowe podstawy zwiększające spójność badań nad obcością i inwazyjnością.

Zarówno problemy, jak i ich rozwiązania przedstawione w publikacjach, mają charakter uniwersalny: mogą być one stosowane niezależnie od pozycji systematycznej organizmów poddanych analizie. Z tego powodu, powyższe cele były w tych publikacjach realizowane w oparciu o badania szerokiego spektrum organizmów, różniących się zarówno pod kątem pozycji systematycznej, jak i funkcji jakie pełnią w ekosystemach. Spektrum to obejmuje cyjanobakterie, wrotki, gatunki rozprzestrzeniane przez ptaki, pasożyty i ich nosiciele, a także gatunek rośliny oraz ssaka. Mimo tak wielkiej różnorodności, w kontekście inwazji biologicznych wszystkie badane organizmy łączą kontrowersje odnośnie ich obcości, inwazyjności lub obu tych cech.

Zastosowanie zaproponowanych rozwiązań przyczyni się do redukcji „szumu” obecnego w wynikach badań prowadzonych w oparciu o niejednorodne kryteria wyróżniania gatunków obcych i inwazyjnych.

Wprowadzenie do problemu badawczego

W czasie ostatnich trzech dekad badania nad inwazjami biologicznymi obcych gatunków bardzo dynamicznie się rozwijają. Jest to w dużej mierze związane z potrzebą znalezienia skutecznych sposobów ograniczania zagrożenia ze strony tych gatunków, zarówno w kontekście ochrony przyrody (spadek różnorodności biologicznej, modyfikacja funkcjonowania ekosystemów), jak i ekonomii (straty w gospodarce, negatywny wpływ na usługi ekosystemowe) i zdrowia, a nawet życia ludzi (przenoszenie pasożytów i chorób, alergie, zatrucia, poparzenia). Jednak introdukcje obcych gatunków stały się również niezamierzonym eksperymentem biologicznym na ogromną skalę. Stworzyło to szerokie pole do prowadzenia badań naukowych – na wszystkich szczeblach organizacji życia i w każdej skali przestrzennej. Dzięki temu eksploracja zagadnienia inwazji biologicznych zaowocowała sformułowaniem szeregu nowych hipotez, a wyniki ich testowania mają bardzo duże znaczenie poznawcze dla fundamentalnych dziedzin biologii, m. in. systematyki, ewolucji, genetyki, fizjologii, biologii i ekologii gatunków, a także biogeografii, ewolucji oraz ekologii populacji i ekosystemów (Jeschke 2014).

Rozwój wiedzy o inwazjach biologicznych pokazuje jednocześnie jak bardzo złożony jest to proces i jak trudne jest rozwiązywanie problemów, które z niego wynikają. Przyczynia się do tego duża różnorodność obcych gatunków, sposobów ich wprowadzania na nowe obszary oraz środowisk, które są przez nie kolonizowane. Ponadto w dalszym ciągu nie udało się uzyskać odpowiedzi na pytanie dlaczego niektóre obce gatunki po introdukcji w nowe

miejsca nie wykazują właściwości inwazyjnych, podczas gdy inne zagrażają lokalnej florze i faunie. Jak dotąd nie udało się również wypracować spójnych metod oceny stopnia negatywnego wpływu obcych gatunków, a mechanizmy tego wpływu są w wielu przypadkach słabo poznane.

Dwie najważniejsze przyczyny, które z zasadniczy sposób utrudniają uzupełnienie braków w wiedzy o inwazjach biologicznych, leżą u samych podstaw tego problemu. Po pierwsze, bardzo dużym wyzwaniem jest wyznaczenie kompletnej puli obcych gatunków występujących na danym obszarze. Po drugie, bardzo trudno jest określić ich inwazyjność, czyli stopień negatywnego wpływu na rodzimą przyrodę, lokalną gospodarkę, a także zdrowie lub życie ludzi.

Pula obcych gatunków występujących na danym terenie jest bardzo trudna do wyznaczenia dlatego, że stale zmienia się ona w czasie, głównie w rezultacie introdukcji kolejnych gatunków (a w mniejszym stopniu – wskutek ustępowania gatunków wprowadzonych w przeszłości). Jednak jeszcze większą trudność stanowi w wielu przypadkach jednoznaczne rozróżnienie, które spośród gatunków występujących na danym obszarze, są gatunkami obcymi, a które rodzimymi (Essl i in. 2018). Tymczasem dokładne zidentyfikowanie roli, jaką odgrywa człowiek w rozmieszczeniu gatunków (umożliwiające określenie czy gatunek jest rodzimy czy obcy), jest kluczowym elementem dla zrozumienia mechanizmów rządzących biogeografią, tak w skali lokalnej, jak i globalnej. Jest to szczególnie ważne w kontekście zmian klimatycznych, które mogą prowadzić do dynamicznych zmian zasięgów gatunków rodzimych, często trudnych do odróżnienia od skokowego rozprzestrzeniania się gatunków obcych wskutek bezpośrednich introdukcji przez człowieka. Określenie czy dany gatunek jest rodzimy czy obcy, może ponadto mieć istotne konsekwencje dla dotychczasowych poglądów o ewolucji samych gatunków, jak również o ewolucji oddziaływań między nimi, takich jak konkurencja czy pasożytnictwo. Zatem wyniki dokładnych analiz statusu rodzimy / obcy, czyli obcości gatunków, mogą w konsekwencji wpłynąć na fundamentalną rewizję dotychczasowego wnioskowania o tym, w jaki sposób ewoluują i funkcjonują ekosystemy (Zenetos i in. 2017, Jarić i in. 2019).

Trudności związane z określaniem obcości gatunków ulegają dalszemu pogłębieniu przy rozpatrywaniu problemu ich inwazyjności. O ile nie ma wątpliwości, że jedynie niewielka część z puli gatunków obcych stanowi zagrożenie na obszarach, na które zostały one wprowadzone (Jeschke 2014), to naukowe podstawy wyróżniania wąskiej grupy szkodliwych, inwazyjnych gatunków obcych, w dalszym ciągu stanowią temat ożywionych dyskusji (np. Hawkins i in. 2015, Bacher i in. 2018). Szczególne wyzwanie w tego typu badaniach stanowi określanie inwazyjności takich gatunków, które z jednej strony zagrażają różnorodności biologicznej, jednak z drugiej strony – przejęły kluczowe role w funkcjonowaniu zagrożonych ekosystemów (niekiedy zastępując wyparte przez siebie gatunki rodzime). Ponadto, obecność niektórych szkodzących rodzimej przyrodzie gatunków obcych, przynosi znaczne korzyści ekonomiczne lub nabiera ważnego znaczenia społecznego,

ponieważ są to gatunki „charyzmatyczne”, które na trwałe wpisują się w lokalną kulturę, sztukę czy wierzenia (Beever i in. 2019). Jednocześnie uznanie gatunku obcego za inwazyjny może nieść ze sobą poważne konsekwencje praktyczne, np. w postaci wprowadzenia obligatoryjnych, kosztownych i drastycznych rozwiązań (np. zakaz importu towarów, masowy odstrzał), mających na celu jego zwalczanie (Rozporządzenie 2014).

Problemy badawcze dotyczące obcości i inwazyjności gatunków są podstawowym wyzwaniem przy analizach dynamiki inwazji biologicznych w Polsce, które prowadzę od 1999 r. Przyjęte wówczas podejście do zagadnienia inwazji biologicznych było w naszym kraju nowatorskie. Wcześniejsze badania były bowiem prowadzone z perspektywy poszczególnych grup organizmów: gatunki obce stanowiły część (z reguły niewielką) wszystkich gatunków w obrębie taksonów, którymi zajmowali się eksperci. Stosowane przez poszczególnych specjalistów metody badań, w tym kryteria wyróżniania gatunków obcych i rodzimych, były często niejasne i niespójne. Jakkolwiek wyniki takich badań były bardzo cenne, to brak było ich syntezy, która umożliwiłaby wszechstronną analizę problemu inwazji biologicznych w naszym kraju. Zastosowane przeze mnie podejście opierało się natomiast o zastosowanie spójnego systemu oceny obcości i inwazyjności gatunków, niezależnie od ich pozycji systematycznej. Na tej podstawie została przeprowadzona kompleksowa krytyczna rewizja wcześniejszych poglądów dotyczących tego, czy poszczególne gatunki są w Polsce rodzime czy obce oraz analiza ich negatywnego wpływu. Byłem współautorem pierwszej koncepcji tej syntezy, a następnie rozwijałem ją samodzielnie, tworząc w 2003 r. bazę danych „Gatunki obce w Polsce” www.iop.krakow.pl/ias.

Takie podejście do tematu badawczego, w którym podstawowym kryterium definiującym jego zakres nie jest ani pozycja systematyczna badanych organizmów ani funkcja, jaką pełnią one w ekosystemach, lecz obcość i inwazyjność gatunków, stało się osobną specjalnością nauk biologicznych, określaną jako biologia inwazji (ang. *invasion biology*). Ponieważ analizami objąłem dotychczas około 3000 gatunków, reprezentujących całe spektrum taksonomiczne i funkcjonalne, sprawia, że moją specjalnością stała się właśnie biologia inwazji.

W wyniku tych analiz, do bazy "Gatunki obce w Polsce" zostało dotychczas włączonych niemal 1800 gatunków, począwszy od prokariotów, a skończywszy na ssakach. W tego typu analizach, poza wiedzą z zakresu szeroko pojętej systematyki, biologii i ekologii, konieczne jest uwzględnienie elementów nauk o Ziemi i środowisku (klimatologia), nauk rolniczych (leśnictwo, ogrodnictwo, zootechnika i rybactwo), weterynarii i medycyny (parazytologia, epidemiologia), a nawet ekonomii i finansów (obróć towarami), nauk socjologicznych i psychologicznych (motywy działań), nauk prawnych (krajowe i międzynarodowe regulacje dotyczące m. in. importu) czy historii (np. migracje ludności w przeszłości). Jeżeli mimo uwzględnienia tak szerokiego spektrum czynników, aktualny stan wiedzy nie pozwala na rozstrzygnięcie tych wątpliwości, to gatunek należy uznać za kryptogeniczny, czyli taki,

o którym nie można z całą pewnością powiedzieć, czy na danym obszarze jest rodzimy czy obcy.

Interdyscyplinarność podejścia stosowanego w biologii inwazji stanowi bardzo duże wyzwanie badawcze. Jednak taka szeroka perspektywa daje równocześnie wyjątkowe możliwości dostrzegania mało oczywistych na pierwszy rzut oka synergii, na przykład między organizmami, które pod wieloma względami różnią się od siebie. Problemy przedstawione w publikacjach wchodzących w skład mojego osiągnięcia naukowego są wynikiem moich doświadczeń w tym zakresie. Dotyczą one zagadnień fundamentalnych dla nauki o inwazjach biologicznych, które zostały przedstawione na przykładach organizmów należących do bardzo różnych grup taksonomicznych i funkcjonalnych.

Jednym z elementów łączących wszystkie badane przeze mnie grupy gatunków jest brak spójnego podejścia do określania ich obcości i inwazyjności. Skutkuje to m. in. „zaniedbanie” całych grup organizmów, zarówno na polu naukowego, jak i praktycznego podejścia do inwazji biologicznych. Przykładem takiej grupy są mikroorganizmy. Mimo tego, że pełnią one kluczową rolę w każdym ekosystemie, to w naukowym dyskursie na temat inwazji biologicznych są one słabo reprezentowane np. DAISIE 2009, Roy i in. 2017, Roy i in. 2018). Co więcej, kwestionowana bywa już sama zasadność badania biogeografii mikroorganizmów, a zatem dzielenia ich na gatunki rodzime i obce. Wynika to z przekonania, że możliwości pasywnego rozprzestrzeniania się przedstawicieli tej grupy przy wykorzystaniu naturalnych wektorów, takich jak wiatr, prądy morskie, czy migrujące ptaki, są na tyle duże, że w rzeczywistości są to gatunki kosmopolityczne (Finlay 2002, Fenchel i Finlay 2004, de Wit i Bouvier 2006, O'Malley 2007).

Skrupulatność, z jaką traktuje się kwestię wyróżniania rodzimych i obcych mikroorganizmów, wydaje się niewystarczająca, a potencjał do rewizji stanu wiedzy w tym zakresie jest bardzo duży. Wniosek taki wysnułem analizując biogeografię mikroorganizmów, które zostały w Polsce w ostatnich latach stwierdzone po raz pierwszy. O ile są gatunki, dla których dane o rozmieszczeniu rzeczywiście są szczątkowe, to nie brak i takich, dla których globalny rozkład stwierdzeń w czasie i przestrzeni, w połączeniu z innymi informacjami, mógłby być z powodzeniem wykorzystany do przeprowadzenia kompleksowej analizy ich statusu rodzimy/obcy w poszczególnych obszarach świata.

Analiza obcości mikroorganizmów jest tematem dwóch publikacji, wchodzących w skład niniejszego osiągnięcia (Wilk-Woźniak i in. 2016, H1; Pocięcha i in. 2016, H2).

Kolejnym wnioskiem z moich badań było to, że kontrowersje dotyczące obcości gatunków nie ograniczają się jedynie do słabo zbadanych mikroorganizmów, w przypadku których trudności z ustaleniem czy dany gatunek jest rodzimy czy obcy, wynikają przede wszystkim z braku możliwości jednoznacznego określenia sposobu, w jaki znalazł się on na danym obszarze. Trudności w tego typu analizach dotyczą także sytuacji, w których wektor

odpowiedzialny za rozprzestrzenianie się gatunku jest bardzo dobrze zdefiniowany, i to nawet w przypadku, gdy rozmiary tego gatunku są stosunkowo duże, a wiedza o jego biologii czy rozmieszczeniu wydaje się satysfakcjonująca. Jest to w badaniach inwazji biologicznych kolejny przykład uniwersalnej zasady, która sprawdza się niezależnie od pozycji systematycznej gatunków. Niejasności dotyczą między innymi roli, jaką w rozprzestrzenianiu się organizmów odgrywają zmiany klimatyczne, a także naturalne wektory, takie jak migrujące ptaki, wiatr, deszcz, prądy morskie czy fale tsunami. Takie wektory mogą transportować osobniki na bardzo duże odległości, na obszary, w których dany gatunek nigdy wcześniej nie był stwierdzony. Część badaczy utożsamia taki sposób ekspansji z inwazją gatunków obcych, podczas gdy inni uznają takie przypadki za zjawiska naturalne (CBD 2002, Walther i in. 2009, Webber i Scott 2012, Greene 2015, Reynolds i in. 2015, Incagnone i in. 2015). W konsekwencji braku spójności w tym zakresie część kompleksowych syntez i metaanaliz przyczyn i skutków inwazji, może być prowadzona w oparciu o zbiory danych, które zostały zebrane przy zastosowaniu zupełnie różnych i często niejasno sformułowanych kryteriów uznawania gatunków za obce (np. Reynolds i in. 2015, Stoyneva 2016). Wyniki tego typu prac nie są zatem ani w pełni wiarygodne, ani nie mogą być między sobą porównywane.

Nieuprawniona nadreprezentacja obcych gatunków w wynikach takich badań, wynikająca z nadawania tego statusu gatunkom rozprzestrzenianym przez wektory naturalne, może również mieć konsekwencje praktyczne. Wiążą się one na przykład z zaniżaniem oceny rzeczywistego stopnia naturalności i wartości przyrodniczej poszczególnych obszarów i rezygnacją z objęcia ich ochroną. Co więcej, wyniki takie nie dają mocnych podstaw naukowych do podejmowania wysiłków w celu ograniczania skutków inwazji biologicznych. W skrajnych przypadkach może to grozić podjęciem mylnych decyzji o zwalczaniu takich gatunków, które bez wątplenia przybyły na dany obszar wskutek działania czynników naturalnych, lecz mylnie zostały uznane za niepożądane gatunki obce (Simberloff 2012).

Analiza znaczenia naturalnych wektorów rozprzestrzeniania gatunków dla ich obcości, została przedstawiona we wchodzących w skład niniejszego osiągnięcia naukowego artykułach dotyczących rozprzestrzeniania organizmów przez ptaki (Solarz i in. 2017, H3) oraz rozprzestrzeniania się pasożytów wraz z ich gospodarzami (Solarz i Najberek 2017, H4). Artykuły te poruszają jednocześnie problem inwazyjności gatunków obcych.

Wyniki moich badań wskazywały, że w środowisku naukowym związek przyczynowo skutkowy między zdolnościami obcych gatunków do ekspansji, a ich inwazyjnością (Blackburn i in. 2011, Lenda i in. 2015) utrwalił się na tyle mocno, że terminy „ekspansywny” i „inwazyjny” często są używane zamiennie. W konsekwencji, za inwazyjne (czyli wykazujące negatywny wpływ) uznawane są z przede wszystkim te gatunki, których ekspansja doprowadziła do opanowania dużego obszaru. Natomiast zagrożenia wynikające z obecności gatunków występujących efemerycznie, są z reguły bagatelizowane, a gatunki takie nie są uznawane za inwazyjne. Podobnie jak w przypadku niejednoznacznych kryteriów

stosowanych dla gatunków rozprzestrzenianych przez ptaki, zagadnienie to dotyczy organizmów w całym przekroju taksonomicznym.

Tymczasem przenoszenie przez obce gatunki pasożytów stwarza ryzyko wywołania groźnych epidemii, nawet w przypadku gdy w środowisku naturalnym przebywa tylko jeden zarażony nosiciel, i to przez bardzo krótki okres (Solarz i Najberek 2017; H4). Ponadto nawet pojedyncze osobniki gatunku obcego mogą się krzyżować ze spokrewnionymi gatunkami rodzimymi. Kolejnym uniwersalnym dla inwazji biologicznych wszystkich organizmów zagadnieniem jest wpływ zmian w środowisku, takich jak ocieplenie klimatu, na inwazyjność gatunków.

Analiza inwazyjności gatunków obcych, które nielicznie występują w środowisku naturalnym, kontynuowana jest we wchodzących w skład niniejszego osiągnięcia naukowego publikacjach dotyczących krzyżowania się azjatyckiego jelenia sika *Cervus nippon* z jeleniem szlachetnym *C. elaphus* (Biedrzycka i in. 2012, H5) oraz czynników wpływających na ekspansję mała inwazyjnego azjatyckiego niecierpka Balfoura *Impatiens balfourii* (Najberek i in. 2017, H6).

Omówienie uzyskanych wyników

H1. Wilk-Woźniak E., Solarz W.✉, Najberek K., Pocięcha A. 2016. Alien cyanobacteria: an unsolved part of the “expansion and evolution” jigsaw puzzle? *Hydrobiologia* 764, 65-79.

W publikacji tej w została przeprowadzona analiza obcości i dróg ekspansji 3 gatunków sinic. Mimo kluczowej roli w funkcjonowaniu ekosystemów i mimo wywoływania groźnych w skutkach zakwitów, ta jedna z najstarszych grup organizmów jest zaskakująco słabo obecna w badaniach inwazji biologicznych. W artykule analizie zostały poddane 3 gatunki sinic uznawanych przez większość badaczy za obce w strefie umiarkowanej w Europie: *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Raphidiopsis mediterranea* i *Cuspidothrix issatschenkoi*. Przy braku bezpośrednich dowodów na udział człowieka w rozprzestrzenianiu się tych gatunków, analizie poddano czasoprzestrzenny wzorec ich globalnego rozmieszczenia, włącznie z dostępnymi danymi paleolimnologicznymi, a także informacje o morfologii, genetyce, taksonomii i ekologii badanych gatunków. Jednocześnie wzięto pod uwagę charakterystykę kolonizowanych przez nie środowisk. Analiza ta zapewniła szerszy kontekst do rozważań dla procesów ekspansji i ewolucji sinic.

Do chwili obecnej każdy z 3 badanych gatunków został stwierdzony niemal na wszystkich kontynentach i w różnych strefach klimatycznych. W artykule dokonano analizy dróg rozprzestrzeniania się tych gatunków. Dla *C. raciborskii* zostały zidentyfikowane następujące drogi ekspansji: (1) z Afryki centralnej do Afryki północnej, (2) z Afryki północnej do Europy, (3) z Jawy do wschodniej Australii, (4) z Jawy przez południową Azję do Europy, (5) z Australii do południowej Afryki i dalej do wschodniej części obu Ameryk. Zidentyfikowane drogi ekspansji

dla *R. mediterranea* przedstawiają się następująco: (1) z południowej Europy na północ i zachód kontynentu, (2) z południowej Europy do północnej Afryki, (3) z Europy na wschodnie wybrzeże Ameryki Północnej. Status stwierdzeń w południowej Azji i Australii nie jest jasny. Możliwe jednak, że z obszarów tych gatunek rozprzestrzenił się na wschodnie wybrzeże Ameryki Południowej. Natomiast proponowane drogi ekspansji *C. issatschenkoii* obejmują następujące kierunki: (1) z zachodniej Azji do Europy, (2) z Europy na wschodnie wybrzeże Ameryki Północnej, (3) z Nowej Zelandii i Australii do wschodniej Azji, (4) z Nowej Zelandii i Australii do południowej Afryki i dalej na wschodnie wybrzeże Ameryki Południowej.

Wyniki przeprowadzonych analiz wskazują, że nawet w przypadku słabo zbadanych mikroorganizmów, należy rozpatrywać ich biogeografię nie tylko w kontekście statycznego wzorca ich aktualnego rozmieszczenia, lecz przede wszystkim przy uwzględnieniu aspektu czasoprzestrzennego. Poza nowatorską propozycją odtworzenia dróg rozprzestrzeniania, skrupulatnie przeprowadzona analiza umożliwiła wysnucie wniosków dotyczących ścisłego sprzężenia między procesami ekspansji i ewolucji, zwłaszcza w kontekście wpływu człowieka na tempo obu tych procesów. Niezależnie od przyczyny pojawienia się badanych organizmów na nowych obszarach, ich lokalny sukces można bez wątpliwości przypisać ich dużemu zróżnicowaniu fenotypowemu i genetycznemu. Umożliwia ono szybką adaptację i przetrwanie w nowych warunkach, co wobec izolacji geograficznej nowych populacji – sprzyja specjacji. Jedną z konsekwencji wprowadzania przez człowieka gatunków na obszary, na które same nie byłyby się one w stanie dostać, może być zatem przyspieszenie tempa ewolucji. Jest to istotne zwłaszcza w przypadku mikroorganizmów, takich jak sinice, gdzie proces specjacji może zachodzić stosunkowo szybko.

Należy jednak zwrócić uwagę na to, że o ile wnioskowanie o drogach ekspansji badanych gatunków jest uzasadnione danymi o ich rozmieszczeniu jak i o genetyce, to jednoznacznie określenie roli, jaką w każdym przypadku odegrał człowiek, nie jest możliwe. Zatem przy obecnym poziomie wiedzy, badanych sinic nie można uznać za gatunki z całą pewnością obce w Europie. Jednak nawet w przypadkach, w których ilość dostępnych informacji o gatunku jest bardzo mała albo trudna do weryfikacji, postulowanie jego niejasnego pochodzenia nie może być wynikiem jedynie powierzchownej oceny dostępności danych i nawet taki status gatunku powinien być każdorazowo udokumentowany wynikami systematycznej analizy.

H2. Pocięcha A., Solarz W.✉, Najberek K, Wilk-Woźniak E. 2016. Native, alien, cosmopolitan, or cryptogenic? A framework for clarifying the origin status of rotifers. Aquatic Biology 24: 141–149.

Doświadczenia zebrane w czasie analiz biogeografii sinic (Wilk-Woźniak i in. 2016; H1) potwierdziły, że transparentne i rygorystyczne podejście metodologiczne do problemu obcości gatunków należy stosować nawet w przypadkach, w których ilość dostępnych

informacji jest bardzo ograniczona. Problematyka statusu mikroorganizmów była przeze mnie kontynuowana w publikacji dotyczącej słodkowodnych wrotków występujących w Europie. W pracy tej został przedstawiony kompleksowy system oceny obcości gatunków. Dzięki zastosowaniu sformalizowanej procedury, system ten w maksymalnym stopniu zwiększa efektywność wykorzystania dostępnych informacji o rozmieszczeniu i biologii gatunków, a także o scenariuszach ich ekspansji w skali lokalnej. Zarówno istniejące dane, jak i ich całkowity brak podlegają rygorystycznej ocenie i mają równorzędny wpływ na ostateczne decyzje odnośnie statusu rodzimy / obcy. Podstawą tego systemu był schemat określania obcości morskich skorupiaków, składający się z 10 atrybutów charakteryzujących obce gatunki (Chapman i Carlton 1991). Dla zweryfikowania statusu słodkowodnych wrotków dokonano oceny przydatności tych atrybutów. Zmodyfikowano 8 z nich i dodano 1 nowy. Ponadto do oceny wprowadzona została miara stopnia pewności, z jaką została ona przeprowadzona. Analizowane atrybuty obejmowały: (1) pojaw na obszarach, na których gatunek nie był dotychczas stwierdzony; (2) wzrost liczby lokalnych stwierdzeń na obszarach, na których gatunek się pojawił; (3) powiązanie z antropogenicznymi sposobami rozprzestrzeniania; (4) powiązanie z innymi gatunkami obcymi; (5) powiązanie ze środowiskami przekształconymi przez człowieka; (6) niewielki zasięg występowania na analizowanym obszarze w porównaniu ze spokrewnionymi gatunkami rodzimymi; (7) izolowane populacje występujące na różnych kontynentach; (8) lokalny brak spokrewnionych gatunków; (9) stopień naturalności siedlisk, w których dokonano najwcześniejszych stwierdzeń gatunku na analizowanym obszarze. Dla każdego atrybutu zostały określone szczegółowe warunki, wskazujące na to, że gatunek jest rodzimy lub obcy.

Skalibrowany w ten sposób system został przetestowany na próbie 16 gatunków wrotków, które we wcześniejszych publikacjach były określane jako gatunki obce lub nowe w Europie, a także jako gatunki kosmopolityczne lub tropikopoliczne (występujące w strefie międzywrotnikowej). Każdy z tych gatunków został poddany szczegółowej analizie, polegającej na przypisaniu odpowiedniej wartości dla 9 wyróżnionych atrybutów statusu. Wartość ta wskazywała na rodzime lub obce pochodzenie gatunku, a w razie niemożliwych do rozstrzygnięcia wątpliwości oraz w przypadku zupełnego braku danych – na status kryptogeniczny. Na podstawie sumarycznego wyniku uzyskanego dla wszystkich wziętych pod uwagę atrybutów, ustalony został status gatunku, wraz z miarą pewności tej oceny.

Za obce w Europie uznano 11 gatunków wrotków, dla których co najmniej połowa z analizowanych atrybutów uzyskała wartości wskazujące na udział człowieka w ich wprowadzeniu na kontynent europejski. Status 4 spośród tych gatunków ustalono z dużą pewnością, kolejnych 4 – ze średnią, a 3 – z niską pewnością. Co ciekawe, we wcześniejszych publikacjach jedynie 3 spośród tych gatunków były uznawane za obce. Wyniki uzyskane dla pozostałych 5 spośród 16 badanych gatunków nie pozwoliły na jednoznaczne ustalenie czy są to wrotki obce czy rodzime w Europie, dlatego zostały one zaliczone do gatunków kryptogenicznych, przy dużej pewności tej oceny. Jeden spośród tych wrotków był wcześniej uznawany za gatunek obcy w Europie. Spośród ocenianych atrybutów, najbardziej

efektywnymi predyktorami wskazującymi na obce pochodzenie było „niespodziewane” wykrycie gatunku na dobrze zbadanych obszarach, na których nie występował on wcześniej, a także niewielki obszar występowania na analizowanym obszarze, w porównaniu z gatunkami rodzimymi.

Należy zwrócić uwagę, że w wyniku zebrania i szczegółowej analizy rozproszonych wcześniej danych, został zmieniony dotychczasowy status aż 3/4 spośród badanych gatunków. Taki wynik wskazuje na konieczność krytycznej rewizji aktualnych, w dużej mierze arbitralnych poglądów na pochodzenie mikroorganizmów, którą należy przeprowadzić z wykorzystaniem przejrzystej i powtarzalnej metodyki. Zaletą zaproponowanego podejścia jest jego prostota: nie wymaga ono nakładów finansowych na prowadzenie nowych badań w celu uzupełniania brakujących informacji – należy jedynie zintegrować zebrane wcześniej, lecz rozproszone dane, a także ocenić stopień ich kompletności. W razie potrzeby, wyniki przeprowadzonej w ten sposób oceny mogą być następnie weryfikowane przy użyciu bardziej skomplikowanych i kosztownych metod, takich jak badania genetyczne. Kolejną zaletą zaproponowanej metodyki jest jej wszechstronność, bowiem może ona być zastosowana nie tylko do mikroorganizmów wodnych, ale zarówno do innych grup gatunków, jak i do innych środowisk. Może to wymagać modyfikacji zaproponowanych kryteriów, włącznie z pominięciem niektórych spośród nich, bądź z zaproponowaniem nowych.

Przed wszystkim jednak sformalizowanie procesu oceny obcości mikroorganizmów stwarza, w odróżnieniu od oceny arbitralnej, platformę do merytorycznej dyskusji zarówno nad poszczególnymi elementami analizy, jak i nad jej końcowymi wynikami. W miarę pojawiania się wyników nowych badań lub po uwzględnieniu informacji, które nie zostały wcześniej wzięte pod uwagę, dotychczasowy schemat oceny może zostać w prosty sposób uzupełniony. Dzięki temu wcześniejsze wnioskowanie może być potwierdzone lub podważone, włącznie z całkowitą rewizją aktualnych poglądów na temat pochodzenia gatunku na obszarze poddanym analizie.

H3. Solarz W. , Najberek K., Pociecha A., Wilk-Woźniak E. 2017. Birds and Alien Species Dispersal: on the Need to Focus Management Efforts on Primary Introduction Pathways. Comment on Reynolds et al. and Green. Diversity and Distributions 23: 113-117.

Artykuł ten jest kontynuacją moich zainteresowań problematyką obcości mikroorganizmów, (Wilk-Woźniak i in. 2016; H1, Pociecha i in. 2016; H2). Jednocześnie stanowi on głos w dyskusji, toczącej się na łamach czasopisma „Diversity and Distributions”, dotyczącej roli naturalnych wektorów w przenoszeniu obcych gatunków. Dyskusja ta została zapoczątkowana artykułem o roli ptaków wodnych w zawlekanii obcych gatunków (Reynolds i in. 2015), który został następnie krytycznie uzupełniony przez Green’a (2015). Wraz ze współpracownikami, z którymi zajmowałem się wcześniej zagadnieniem statusu mikroorganizmów, podjąłem polemikę z tezami przedstawionymi w obu tych artykułach. To z kolei spotkało się ze wspólną odpowiedzią (polemizujących dotychczas między sobą)

autorów obu wcześniejszych prac, (Reynolds i in. 2017), którzy w dużej mierze zgodzili się z przedstawionymi przeze mnie tezami.

Zarówno Reynolds i in. (2015) jak i Green (2015) słusznie zauważają, że rola ptaków jest często pomijana w analizach dotyczących sposobu rozprzestrzeniania się obcych gatunków. Autorzy uznali to za poważne uchybienie, obniżające skuteczność wysiłków mających na celu ograniczenie problemu inwazji biologicznych. Jednak moje doświadczenia zebrane w czasie analiz obcości gatunków wskazują, że podstawowym powodem braku ptaków w ocenach dróg inwazji biologicznych jest fakt, że w rzeczywistości ich naturalne migracje nie odgrywają istotnej roli jako pierwotna przyczyna introdukcji gatunków obcych na nowe obszary.

Niesłuszne według mnie przekonanie, że rola ta może być ważna, wynika z nieprawidłowej interpretacji dwóch procesów. Po pierwsze, nowe gatunki rozprzestrzeniane na duże odległości przez ptaki, mylnie bywają traktowane jako gatunki obce. Tymczasem, z racji tego, że migracje rodzimych gatunków ptaków są zjawiskiem zupełnie naturalnym, wszystkie zawlekane przez te ptaki gatunki należy konsekwentnie traktować jako rodzime. Nawet jeśli pochodzą one z bardzo odległych, „egzotycznych” obszarów, to człowiek nie odegrał żadnej roli w ich rozprzestrzenieniu, zatem nie ma jakichkolwiek podstaw do uznania ich za gatunki obce. Po drugie, choć w skali lokalnej ptaki rzeczywiście mogą zwiększać tempo inwazji biologicznych, dotyczy to wyłącznie przenoszenia tych gatunków obcych, które zostały tu już wcześniej introdukowane wskutek rozmaitych przejawów działalności człowieka. W tym przypadku rola ptaków w inwazjach biologicznych, jakkolwiek istotna, jest zatem wtórna w stosunku do roli człowieka.

Jednak w szczególnych sytuacjach nowe gatunki zawlekane przez migrujące ptaki, należy w istocie uznać za gatunki obce. Zaprezentowane w omawianej publikacji kryteria takich decyzji, są całkowicie nowatorskim aspektem dyskusji nad ustalaniem statusu gatunków. Kryterium to jest spełnione w przypadku, gdy nowy gatunek został zawleczony na dany obszar przez taki gatunek ptaka, który sam jest na tym terenie obcym gatunkiem – na przykład uciekł z hodowli lub został celowo wsiedlony na odległym obszarze. Jeżeli ptak o takim właśnie pochodzeniu staje się wektorem przynoszącym na dany obszar jakieś nowe gatunki, to również i ich pojaw należy wówczas uznać za pośredni skutek działania człowieka. Kryterium to jest również spełnione wtedy, gdy taki nowo zawleczony organizm jest gatunkiem obcym już w „miejscu startowym”, z którego został zabrany przez rozpoczynającego przelot ptaka. Przeprowadzona przeze mnie analiza dostępnych informacji wykazała, że nie są znane przykłady, które mogłyby zilustrować powyższe scenariusze. Może to wynikać z faktu, że wobec dotychczasowego braku jednoznacznych kryteriów rozstrzygnięcia statusu gatunków zwlekanych przez ptaki, zagadnienie to w ogóle nie było uwzględniane we wcześniejszych badaniach.

W pracy przedstawiono również wyniki analizy sposobów zarządzania ryzykiem lokalnego zwiększania tempa inwazji wskutek rozprzestrzeniania przez ptaki takich gatunków obcych, które zostały na dany obszar introdukowane przez człowieka w przeszłości. Zarówno

Reynolds i in. (2015), jak i Green (2015) wskazują na konieczność prowadzenia dalszych podstawowych badań nad tego typu dyspersją. Polemizując z tym stwierdzeniem wykazałem, że wobec niemal nieograniczonej skali czasowej i przestrzennej, w jakiej operuje ten wektor (podobnie jak inne naturalne wektory, takie jak wiatr czy prądy morskie), poprawa stanu wiedzy w tym zakresie nie przełoży się na zwiększenie skuteczności działań prowadzonych w celu ograniczenia zagrożenia. Niezależnie od stanu tej wiedzy, podstawową zasadą postępowania pozostanie trzystopniowe podejście, rekomendowane przez Konwencję o Różnorodności Biologicznej (CBD 2002). Podejście to zostało w publikacji szczegółowo przeanalizowane w kontekście rozprzestrzeniania gatunków przez ptaki, z podaniem celu działań, sposobu jego realizacji, wraz z przykładami. Najbardziej skuteczną metodą jest zapobieganie nowym introdukcjom obcych gatunków, które następnie mogłyby być rozprzestrzenione przez ptaki. Drugą linią obrony jest wczesne wykrywanie przypadków nowych introdukcji i podejmowanie szybkich działań zapobiegających zadomowieniu i rozprzestrzenieniu się obcych gatunków. Jeżeli się to nie uda, należy dążyć do długoterminowej kontroli liczebności takich gatunków, zwłaszcza na obszarach przyrodniczo cennych. Natomiast głównym celem badań powinno być wyznaczanie obszarów, które mogą odgrywać kluczową rolę, jako źródła lokalnych inwazji wywoływanych migracjami ptaków.

Zastosowanie wyników tych badań w praktyce zapewni wyższą efektywności działań mających na celu kontrolę gatunków obcych.

H4. Solarz. W. , Najberek K. 2017. Alien Parasites May Survive Even if Their Original Hosts Do Not. EcoHealth 14: S3-S4.

Jest to kolejna z serii prac analizujących zagadnienie obcości gatunków i roli naturalnych wektorów w ich rozprzestrzenianiu. Stanowi ona bezpośredni głos w dyskusji na łamach czasopisma „EcoHealth” (Blackburn i Ewen 2017) i w sposób nowatorski porusza aspekty, które wcześniej były pomijane w kontekście inwazji biologicznych. Zgodnie z dotychczasowymi opiniami, obce gatunki pasożytów mają mniejsze szanse na odniesienie sukcesu po wprowadzeniu na nowe obszary niż gospodarze, z którymi się tu dostały. Ma to być konsekwencją faktu, że jeżeli gospodarzom nie uda się zadomowić na nowych obszarach, to taki sam los każdorazowo spotka przenoszone przez nich pasożyty (Blackburn i Ewen 2017). Podjąłem polemikę z tym poglądem, argumentując, że przetrwanie obcego pasożyta i zarażenie przez niego rodzimego gospodarza jest możliwe nawet wtedy, gdy jego pierwotny gospodarz zginie wkrótce po introdukcji. Analizie zostały poddane przyczyny, dla których takiego scenariusza nie można pomijać w ocenach ryzyka ze strony obcych gatunków. Została również przeprowadzona diagnoza przyczyn, dla których dowody na poparcie przedstawionych przeze mnie tez są z definicji trudne, choć jak świadczą przedstawione przykłady – możliwe do zebrania. Zwróciłem również uwagę na konsekwencje braku rygorystycznego podejścia przy ustalaniu statusu nowo wykrywanych gatunków pasożytów, zarówno dla teoretycznych aspektów biogeografii i taksonomii, jaki i dla praktycznego rozwiązywania problemu inwazji biologicznych. Artykuł ten traktuje jednocześnie

o kontrowersjach przy uznawaniu za inwazyjne takich gatunków obcych, których występowanie w środowisku ma charakter jedynie efemeryczny.

Jak wykazałem, zarażenie rodzimego gatunku przez obcego pasożyta, którego pierwotny gospodarz zginął po introdukcji, możliwe jest między innymi dlatego, że złożony cykl rozwojowy niektórych pasożytów obejmuje wolnożyjące larwy, jak również jaja i stadia spoczynkowe (na przykład cysty). Dzięki temu, po śmierci pierwotnego gospodarza mogą one przeżyć w środowisku na tyle długo, aby znaleźć i zarazić nowego gospodarza. Ponadto niektóre pasożyty mogą być mniej podatne na działanie czynników, które spowodowały szybką śmierć ich pierwotnych gospodarzy tuż po introdukcji na nowe obszary. Na przykład wewnętrzne pasożyty egzotycznych ptaków i ssaków, nawet po introdukcji na obszary o klimacie zabójczym dla ich gospodarzy mogą znaleźć odpowiednie warunki do dalszego rozwoju wewnątrz nieznanymi im dotychczas stałocieplnych, rodzimych gatunków gospodarzy. Obce pasożyty mają większe szanse na zadomowienie się niż ich pierwotni gospodarze również dlatego, że ich sukces w mniejszym stopniu zależy od liczby przypadków introdukcji i liczby introdukowanych osobników. Wynika to z faktu, że rozmnażanie bezpłciowe i hermafrodytyzm są wśród pasożytów bardziej powszechne niż u ich gospodarzy. Zatem o ile niezbędnym warunkiem rozmnażania się gospodarza, a następnie jego ewentualnego zadomowienia się i ekspansji, jest z reguły wprowadzenie na ten sam obszar i w tym samym czasie co najmniej jednego samca i jednej samicy, o tyle inwazja pasożytów może nastąpić nawet w przypadku introdukcji zaledwie jednego zarażonego gospodarza, i to niezależnie od jego płci, wieku, czy kondycji. Może wówczas dojść nawet do inwazji pasożytów rozdzielnopłciowych, bo jeden zarażony gospodarz z dużym prawdopodobieństwem jest nosicielem zarówno pasożytujących w nim samic, jak i samców.

W publikacji przeanalizowano kilka przykładów na opisane powyżej scenariusze. Niewielka liczba znanych przypadków wynika według mnie przede wszystkim z tego, że szansa na ich udokumentowanie jest odwrotnie proporcjonalna do czasu, w którym obcy gatunek gospodarza jest w stanie przeżyć po introdukcji na nowy obszar. W wielu przypadkach ten czas jest tak krótki, że gospodarz ginie jeszcze zanim jego obecność zostanie wykryta. W tej sytuacji nie ma żadnych przesłanek aby przypuszczać, że ten gatunek gospodarza w ogóle występował w środowisku, nie mówiąc o tym, że był on wektorem nowego pasożyta. Dotyczy to zwłaszcza gatunków przypadkowo zawleczonych (brak jakiegokolwiek dokumentacji dotyczącej introdukcji), a także takich, które należą do słabo zbadanych grup (trudności w wykryciu i identyfikacji gatunku) lub zostały introdukowane w słabo zbadanych obszarach. Również introdukcje, które miały miejsce w odległej przeszłości, są z reguły słabo udokumentowane, nawet jeżeli zakończyły się sukcesem. Powiązanie nowo wykrytych pasożytów z obecnością gospodarza, o którego występowaniu nic nie wiadomo, może być w tej sytuacji bardzo trudne.

Jednak do słabego stanu wiedzy o nowych układach obcy pasożyt – rodzimy gospodarz przyczynia się również ignorowanie informacji o obserwacjach egzotycznych gatunków przez naukowców zajmujących się inwazjami biologicznymi. Wprawdzie stwierdzenia takich

gatunków są często nagłaśniane przez media, zwłaszcza w przypadku gatunków atrakcyjnie wyglądających lub niebezpiecznych, jednak z racji tego, że takie egzotyczne gatunki nie mają żadnych szans na zadomowienie się, są traktowane jako nieinwazyjne i rzadko wchodzą w zakres zainteresowania nauki.

Zaprezentowane wyniki mają duże znaczenie praktyczne przede wszystkim przy analizach ryzyka ze strony gatunków obcych, skutkujących na przykład obejmowaniem ich regulacjami prawnymi.

Pasożyty są kolejną po sinicach (Wilk-Woźniak i in. 2016; H1) i wrotkach (Pociecha i in. 2016; H2) grupą, w przypadku której zwróciłem uwagę na konieczność skrupulatnego podejścia do rozstrzygnięcia tego, czy są to gatunki rodzime, obce, czy też kryptogeniczne. Zachowanie ścisłego rygoru jest w tym przypadku niezbędne, ponieważ jeżeli u rodzimego gospodarza zostaje wykryty nieznany dotychczas pasożyt, którego pierwotny, obcy gospodarz zginął na tyle szybko, że jego obecność w środowisku w ogóle nie została zauważona i udokumentowana, to często brak jakichkolwiek przesłanek wskazujących, że taki nowy pasożyt może być gatunkiem obcym. Może on zatem zostać błędnie zaliczony do lokalnej, rodzimej parazytofauny. Co więcej, nowy dla wiedzy gatunek odkryty w wyniku takiego scenariusza, może zostać mylnie opisany jako rodzimy w swoim *locus typicus*. Z kolei takie błędne decyzje dotyczące obcości gatunków skutkują „falszowaniem” rzeczywistej struktury, ewolucji i funkcjonowania ekosystemów. Błędy takie mogą również wpływać na mylne decyzje dotyczące minimalizacji negatywnego wpływu gatunków, które mylnie zostały uznane za obce, na przykład w zakresie ich zwalczania lub zarządzania drogami ich introdukcji.

H5. Biedrzycka A., Solarz W., Okarma H. 2012. Hybridization between native and introduced species of deer in Eastern Europe. Journal of Mammalogy. 93: 1331-1341.

Jak wykazałem w publikacji dotyczącej pasożytów (Solarz i Najberek 2017; H4), negatywne skutki obecności obcych gatunków gospodarzy mogą być widoczne nawet po ich wyginięciu. Zatem w niektórych przypadkach inwazyjność obcych gatunków, zdefiniowana jako ich szkodliwość, nie jest bezpośrednio zależna od ich liczebności w środowisku przyrodniczym. Kolejny artykuł mojego współautorstwa, który potwierdza tę tezę, dotyczy inwazyjności azjatyckiego jelenia sika *Cervus nippon*. Choć stanowi on stały element w faunie Polski już od ponad stu lat (Solarz 2011), to w całym tym okresie występowały w naszym kraju jedynie dwie małe populacje – w okolicach Pszczyny i nad Zalewem Wiślanym. W związku z niewielką liczebnością i ograniczonym obszarem występowania, do niedawna jelen sika uchodził w Polsce za nieinwazyjny gatunek obcy (Solarz 2011). Natomiast w krajach, w których jego liczebność jest duża, takich jak Wielka Brytania, stwierdzono, że krzyżuje się on z jeleniem szlachetnym *C. elaphus* (Goodman i in. 1999, McDevitt i in. 2009, Senn i Pemberton 2009).

Podobnie jak w przypadku innych przejawów obecności obcych gatunków, uznaje się, że hybrydyzacja z gatunkami rodzimymi jest groźna, jeżeli liczebność obcego gatunku jest duża

(Schierenbeck 2011). Tymczasem przeprowadzone przy moim udziale, w ramach projektu finansowanego przez Komitet Badań Naukowych, szczegółowe analizy genetyczne jeleni szlachetnych i jeleni sika, jednoznacznie potwierdziły, że zagrożenie to jest duże nawet wtedy, gdy liczebność obcego gatunku jest bardzo niewielka. Co więcej, wykryta skala hybrydyzacji (15,5% mieszańców, wliczając osobniki z Litwy i Obwodu Kaliningradzkiego) była znaczenie wyższa niż na Wyspach Brytyjskich (średnio poniżej 10%; Goodman i in. 1999, McDevitt i in. 2009, Senn i Pemberton 2009). W większości przypadków byki jeleni sika krzyżowały się z łaniami jeleni szlachetnych. Obecność mieszańców stwierdzono nie tylko w rejonie stałego, choć nielicznego występowania jeleni sika, ale nawet w miejscu, gdzie sporadycznie obserwowano tylko pojedyncze osobniki. Można przypuszczać, że do hybrydyzacji dochodziło okresie całego stulecia po introdukcji jeleni sika do Polski. Jednak skalę tego zagrożenia wykazały dopiero badania genetyczne. Wcześniejsze obserwacje terenowe nigdy nie potwierdziły, że do krzyżowania między oboma gatunkami jeleni w ogóle dochodziło, ponieważ mieszańce były niemożliwe do zidentyfikowania na podstawie cech fenotypowych.

W pracy przedstawione zostały rekomendacje dotyczące zmniejszenia zagrożenia ze strony jeleni sika. Konieczne jest ograniczanie celowych introdukcji i uciezek tego gatunku z hodowli, a także kontrola liczebności wolnożyjącej populacji.

H6. Najberek K., Nentwig W., Olejniczak P., Król W., Baś G., Solarz W. ✉ 2017. Factors limiting and promoting invasion of alien *Impatiens balfourii* in Alpine foothills. *Flora*. 234: 224–232

Kolejna praca na temat zagrożenia ze strony gatunków obcych, których liczebność jest obecnie niewielka, dotyczy niecierpka Balfoura *Impatiens balfourii*. Jest to pochodząca z Azji roślina, która na początku XX wieku została sprowadzona do Europy w celach ozdobnych (Adamowski 2009). W odróżnieniu od blisko spokrewnionego niecierpka gruczołowatego (*I. glandulifera*), który jest jednym z najbardziej inwazyjnych gatunków obcych w Europie (Rozporządzenie 2011, 2014), niecierpek Balfoura jest uznawany za gatunek inwazyjny jedynie lokalnie a jego zasięg występowania w Europie jest ograniczony (Banfi i Galasso 2010; Fried i in. 2014). W Polsce gatunek ten nie został dotychczas odnotowany (Tokarska i in. 2012). Jednak wobec wprowadzenia ograniczeń w posiadaniu i obrocie inwazyjnym niecierpkem gruczołowatym, istnieje ryzyko, że niecierpek Balfoura, jako gatunek zastępczy, pojawi się w handlu i uprawie, a w konsekwencji – w środowisku przyrodniczym. W eksperymencie przeprowadzonym w stacji terenowej IOP PAN w Zakopanem, wraz ze współpracownikami wykazałem, że gatunek ten z powodzeniem można uprawiać w naszym kraju nawet na obszarach podgórskich, o surowym klimacie.

Poznanie mechanizmów nabierania cech inwazyjnych przez gatunki, które aktualnie nie stanowią zagrożenia, jest ważne zarówno dla teoretycznych aspektów inwazji biologicznych, jak i dla oceny przyszłego ryzyka ze strony nieinwazyjnych gatunków i wypracowania

sposobów jego ograniczania. Badania, których głównym celem była analiza przyczyn powolnej ekspansji niecierpka Balfoura, zostały przeprowadzone w Insubrii, na granicy Szwajcarii i Włoch. Badano preferencje siedliskowe gatunku i kondycję osobników rosnących na różnych stanowiskach, a także poziom presji ze strony chorób i szkodników.

Ponad 3/4 spośród 70 wykrytych stanowisk gatunku było zlokalizowanych we Włoszech, przy czym po stronie włoskiej niemal wszystkie stanowiska były rozmieszczone wzdłuż dróg. Ten wzorec rozmieszczenia zmieniał się wyraźnie po stronie szwajcarskiej, gdzie przy zbliżonym wysiłku włożonym na poszukiwania, wykryto jedynie 4 przydrożne stanowiska. Jednocześnie nie wykazano żadnych różnic pod względem fizjografii badanego terenu po obu stronach granicy. Powierzchnia przydrożnych stanowisk była pozytywnie skorelowana z obecnością budynków, natomiast nie zależała ani od odległości od drogi, ani od wysokości nad poziomem morza. Jednak analiza zero-jedynkowa (brak vs występowanie gatunku) wykazała, że wysokość ta, podobnie jak nasłonecznienie, ma limitujący wpływ na niecierpka Balfoura (maksymalna wysokość wykrytego stanowiska to zaledwie 477 m n.p.m.).

Osobniki rosnące wzdłuż dróg charakteryzowały się największymi wymiarami, natomiast najcięższe nasiona były produkowane przez rośliny rosnące w siedliskach ruderalnych. Osobniki rosnące w lasach produkowały najlżejsze nasiona i miały najmniej kwiatów. Spośród ponad 8500 skontrolowanych liści, 39% było uszkodzonych, głównie przez choroby: rdze i plamy odpowiadały za 57% uszkodzeń. Choroby w najmniejszym stopniu dotyczyły osobniki rosnące wzdłuż dróg. Natomiast jedynie 16% spośród 226 stwierdzonych na roślinach bezkręgowców było szkodnikami roślin (były to głównie ślimaki). Poziom presji z ich strony był we wszystkich siedliskach zbliżony.

Ponieważ ogólny poziom presji ze strony chorób, a zwłaszcza ze strony szkodników, należy uznać za bardzo niski, wydaje się, że nie jest to kluczowy czynnik limitujący inwazyjność niecierpka Balfoura. Natomiast niska tolerancja na niewielkie zmiany w wysokości nad poziomem morza wskazuje, że czynnikiem takim może być w chwili obecnej temperatura. Zatem synergiczny wpływ ewolucji cech ułatwiających inwazję (zwiększenie tolerancji na niskie temperatury) oraz zmian warunków klimatycznych, może w przyszłości doprowadzić do zwiększenia tempa inwazji i zagrożenia ze strony tego nielicznego i niegroźnego obecnie gatunku, także na obszarach, na których w ogóle nie występuje on w chwili obecnej.

Istotne w tym kontekście wnioski można wysnuć z różnic w rozmieszczeniu niecierpka na sąsiadujących ze sobą obszarach po stronie włoskiej i szwajcarskiej, identycznych pod względem fizjografii. Po stronie szwajcarskiej gęstość zabudowy wzdłuż dróg była wyższa, co mogło zwiększać skalę ucieczek osobników z przydomowych ogródków dzięki balistycznemu rozsiewaniu nasion przez ten gatunek. Mimo to był on praktycznie nieobecny wzdłuż dróg. Bez wątpliwości jest to wynikiem różnic w sposobie utrzymywania poboczy, które po stronie szwajcarskiej są koszone często i na całej długości, podczas gdy po stronie włoskiej zabieg ten jest przeprowadzany rzadziej i tylko na odcinkach przebiegających w terenach zabudowanych. Wskutek tego, po stronie szwajcarskiej pobocza stanowią dla niecierpka Balfoura swego rodzaju pułapkę ekologiczną. Mimo że do siedliska tego stale dostają się

nasiona z przydomowych ogródków i że jako struktura liniowa sprzyja ono rozprzestrzenianiu się gatunku od strony włoskiej, a ponadto osiąga tu on duże rozmiary i skutecznie uwalnia się od chorób i szkodników, to dostosowanie większości osobników, które zdołały tu wykiełkować, jest równe zeru: nie udaje im się wkroczyć w fazę kwitnienia i wyprodukować nasion, będących jedyną szansą na potomstwo u tego gatunku. Na tej podstawie można zatem uznać, że koszenie jest obecnie bardzo skutecznym sposobem na dalsze ograniczanie inwazyjności niecierpka Balfoura. Jednak wyniki badań wskazują jednocześnie, że zmiany klimatu mogą spowodować, że gatunek ten rozprzestrzeni się w stopniu, w którym jego dalsza kontrola będzie niemożliwa.

Podsumowanie i omówienie wykorzystania wyników

Za najważniejszy wynik mojego osiągnięcia naukowego uważam wprowadzenie nowatorskich aspektów do toczącego się dyskursu naukowego, dotyczącego obcości i inwazyjności gatunków. Moim zdaniem dotychczas zbyt mało uwagi w tym kontekście poświęcano przede wszystkim mikroorganizmom oraz gatunkom rozprzestrzeganym przez wektory naturalne, takim jak migrujące ptaki czy nosiciele pasożytów. Brak wystarczającego rygoru w tym względzie może mieć znaczące konsekwencje dla fundamentalnych dziedzin biologii, wprowadzając trudny do oszacowania „szum”, który ma wpływ na wiarygodność wnioskowania o procesach ewolucji gatunków, ich biogeografii i oddziaływań między nimi, a w konsekwencji – także o ewolucji i funkcjonowaniu całych ekosystemów. Praktycznym skutkiem niedostatków na polu naukowym jest obniżenie skuteczności rozwiązań mających na celu łagodzenie problemu inwazji biologicznych.

W swoich artykułach nie tylko zwróciłem uwagę na ten problem, ale zaproponowałem jego rozwiązanie w postaci naukowych podstaw analizy obcości mikroorganizmów – grupy, która pełni podstawową rolę w ekosystemach, a mimo to w badaniach nad inwazjami biologicznymi jest słabo reprezentowana. Oceny obcości mikroorganizmów z reguły były we wcześniejszych badaniach marginalizowane lub polegały na arbitralnej ocenie. Natomiast zaproponowane przeze mnie podejście ma właściwy badaniom naukowym rygor, dzięki czemu otrzymane wyniki są przejrzyste i umożliwiają merytoryczną dyskusję. Ponadto podejście takie może być wykorzystane do efektywnego uzupełnienia „białych plam” dotyczących biogeografii gatunków, ponieważ wykorzystuje ono zebrane już wcześniej informacje, które wymagają jedynie usystematyzowania i analizy. Braki w wiedzy w tym zakresie są szczególnie wyraźne wśród mikroorganizmów, ale zaproponowane przeze mnie podejście jest bardzo elastyczne i może być dostosowane do różnych grup organizmów i różnych środowisk. Wypracowana przeze mnie metodyka jest wykorzystywana przy analizach statusu gatunków na potrzeby bazy danych „Gatunki obce w Polsce”.

Ponadto poddałem krytycznej rewizji dotychczasowe podejście do organizmów rozprzestrzeganych na nowe obszary przez wektory naturalne, takie jak migrujące ptaki. Wobec nieporozumień polegających na częstym utożsamianiu przenoszonych w ten sposób

gatunków z gatunkami obcymi, zaproponowałem kryteria, które w jednoznaczny sposób pozwalają na odróżnienie gatunków rodzimych i obcych. Wykorzystanie moich wyników zapewni spójność badań nad naturalnymi wektorami rozprzestrzeniania gatunków. Wskazałem również na konieczność zwiększenia użyteczności tych badań, poprzez rezygnację z analiz związków między poszczególnymi gatunkami a przenoszącymi je wektorami, na rzecz syntez określających priorytetowe obszary będące źródłami lokalnych inwazji. Zastosowanie wyników moich badań w praktyce przyczyni się zatem do zwiększenia efektywności działań mających na celu kontrolę gatunków obcych.

Krytycznej analizie poddałem również dominujący pogląd o zależności między inwazyjnością gatunków obcych, a ich liczebnością i szerokim rozprzestrzenieniem. Wykazałem, że gatunki obce mogą być groźne nawet w przypadku, gdy ich populacje są małe, a nawet wtedy, gdy w ogóle nie tworzą one trwałych populacji. Całkowicie nowatorskim aspektem tych badań było wykazanie, że negatywny wpływ obcych gatunków, które są nosicielami pasożytów, może się ujawnić nawet dopiero po tym, gdy zupełnie wyginą one na obszarze, na którym były introdukowane – zawleczone przez nie pasożyty mogą przez długi czas przetrwać i zarażać gatunki rodzime. Analiza przyczyn, dla których wykrycie takiego mechanizmu jest bardzo trudne, wskazała, dlaczego jest on niemal całkowicie ignorowany zarówno w dotychczasowych badaniach nad inwazjami biologicznymi, jak i w praktycznych wysiłkach podejmowanych w celu ograniczenia ich skutków.

Wyniki moich badań zostały wzięte pod uwagę m. in. przy opracowywaniu ocen ryzyka ze strony obcych gatunków, na potrzeby Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) o inwazyjnych gatunkach obcych. Wyniki badań dotyczących hybrydyzacji między jeleniem sika i jeleniem szlachetnym znalazły bezpośrednie zastosowanie w praktyce jeszcze przed ich opublikowaniem. Po przekazaniu raportu z badań do Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska, jelenia sika zaliczono do 52 inwazyjnych gatunków obcych, w stosunku do których zostały w Polsce wprowadzone ograniczenia dla posiadania i obrotu (Rozporządzenie 2011). W konsekwencji, Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska zdecydowała o przygotowaniu strategii postępowania z tym gatunkiem w Polsce, której jestem współautorem (Solarz i Okarma 2014), a Naczelna Rada Łowiecka Polskiego Związku Łowieckiego zaleciła eliminację jelenia sika z miejsc występowania (PZŁ 2015).

Wykazałem również, że w przyszłości, między innymi na skutek zmian klimatu, nieliczne i uznawane obecnie za niegroźne gatunki obce, mogą nabrać cech inwazyjnych. Wyniki tych badań zostały w praktyce wykorzystane w czasie przygotowywania krajowej strategii postępowania z gatunkami obcymi (Solarz i in. 2018).

4. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych (artystycznych)

Szczegółowy wykaz dotychczasowych osiągnięć naukowych, dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzatorskich został zamieszczony w Załączniku 6. Podana poniżej numeracja publikacji, projektów i ekspertyz, odpowiada numeracji podanej w Załączniku 6. Publikacje te nie zostały natomiast włączone do spisu literatury na końcu niniejszego autoreferatu.

Osiągnięcia przed uzyskaniem stopnia doktora

Konsekwencją moich zainteresowań ptakami były studia biologiczne, w czasie których byłem przewodniczącym Sekcji Ornitologicznej Koła Przyrodników Studentów Uniwersytetu Jagiellońskiego. Moja praca magisterska dotyczyła czynników kształtujących awifaunę w kamieniołomach, a jej wyniki zostały przedstawione w pierwszej publikacji naukowej mojego autorstwa (Solarz 1997 P25). Jako doktorant Instytutu Ochrony Przyrody PAN uzyskałem finansowanie przez Komitet Badań Naukowych (KBN) projektu, w którym jako kierownik badałem ekologię populacji rokitniczki *Acrocephalus schoenobaenus* w układzie źródło-ujście (Załącznik 6, projekt G1). W oparciu o wyniki tego projektu powstała moja rozprawa doktorska oraz kilka publikacji, w których jestem autorem i współautorem (Król i in. 2002 P01, Zajac i in. 2003 P28, Solarz 1998 P26, Solarz i Zajac 1998 P27). Zaproponowane przeze mnie terminy „źródło-ujście” dla angielskich odpowiedników *source-sink* (Solarz 1998 P26), na stałe weszły do słownika polskiej ekologii.

W 1999 r. po raz pierwszy zetknąłem się z tematyką inwazji biologicznych, wchodząc w skład zespołu koordynującego, który dla Ministerstwa Środowiska przeprowadził całościowe analizy zagrożenia ze strony obcych gatunków w Polsce. Było to pionierskie podejście do tego tematu w naszym kraju.

Osiągnięcia po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora kontynuowałem badania populacji rokitniczki i uczestniczę w nich do chwili obecnej. W tym okresie byłem wykonawcą w 4 projektach finansowanych przez KBN i Narodowe Centrum Nauki (NCN), które dotyczyły różnych aspektów ekologii tego gatunku (Załącznik 6, projekt G3, G7, G12) oraz jego siedliska (projekt G2), a także współautorem szeregu publikacji na ten temat (Zajac i in. 2006 P03, 2008a P05, 2008b P06, 2011 P12, 2015 P13, Biedrzycka i in. 2017 P19, Biedrzycka i in. 2018 P23, Bielański i in. 2005 P32, 2017 P18). Wyniki tych badań były również prezentowane na szeregu krajowych i międzynarodowych konferencji (Załącznik 6, pkt IIK i IIIB).

Jednak podstawowym zagadnieniem, którym się zajmuję po uzyskaniu stopnia doktora, są inwazje biologiczne gatunków obcych. Od 2003 r. jestem odpowiedzialny za prowadzenie kompleksowych analiz dynamiki inwazji biologicznych w Polsce. W tym czasie przeprowadziłem analizę występowania niemal 3000 gatunków, z których prawie 1800 zostało przeze mnie uznanych za gatunki obce w Polsce i wprowadzone do bazy danych. Jestem autorem koncepcji tej bazy oraz jej redaktorem i administratorem. Jednocześnie

nawiązałem współpracę naukową z około 100 ekspertami z około 30 jednostek naukowych w Polsce. Dzięki temu powstała sieć współpracowników, którzy zajmują się w bazie poszczególnymi gatunkami. Wyniki tych badań są na bieżąco komunikowane z resortem środowiska, między innymi w ramach wczesnego ostrzegania o możliwości inwazji w Polsce nowych gatunków obcych lub o stwierdzeniu ich negatywnego wpływu.

W 2003 r. nawiązałem współpracę z Departamentem Stanu USA i uzyskałem dofinansowanie projektu (Załącznik 6, projekt G18), dzięki któremu informacje te zostały udostępnione w Internecie jako baza danych Gatunki Obce w Polsce (www.iop.krakow.pl/ias). Stanowi ona najbardziej kompleksowe źródło informacji na ten temat w naszym kraju. W 2009 r. jej struktura została rozbudowana i od tego czasu baza ta miała ponad 920 000 odślon (szacowana całkowita liczba odślon w latach 2003-2019 wynosi 1 500 000). Przy współpracy z resortem środowiska odpowiadam również za integrację informacji z Polski na potrzeby analiz na poziomie regionalnym (NOBANIS www.nobanis.org), europejskim (DAISIE www.europe-aliens.org), w tym dla Komisji Europejskiej (EASIN <https://easin.jrc.ec.europa.eu/>), a także w skali globalnej (GRIIS www.griis.org).

Wyniki tych badań przyczyniły się do powstania kilkunastu publikacji mojego autorstwa i współautorstwa. Szczególnie znaczenie ma w tym kontekście mój udział w dwóch projektach VI Programu Ramowego UE (Załącznik 6, projekt G5, G6), a także w projekcie COST (projekt G16). W projektach tych brałem udział w kompleksowych analizach obejmujących szerokie spektrum organizmów i środowisk. Dotyczyły one m. in. dróg inwazji (Hulme i in. 2008 P07, Kark i in. 2009 P39, Pyšek i in. 2010a P10), wpływu klimatu na obce gatunki (Walther i in. 2009 P09), wpływu czynników środowiskowych i antropogenicznych na inwazje (Pyšek i in. 2010b P11, Solarz i in. 2010 P41), a także ich skutków (Vilà M. i in. 2006 P35), sposobów analizy ryzyka (Roy i in. 2017a P16) oraz zagrożenia ze strony obcych pasożytów (Roy i in. 2017b P17), i gatunków których nie ma jeszcze w Europie lub tworzą tu jedynie niewielkie populacje (Roy i in. 2018 P22).

W 2004 r. wszedłem w skład zespołu koordynującego projekt KBN, w którym w kompleksowy sposób oceniane były zagrożenia ze strony inwazyjnych gatunków obcych zwierząt w Polsce (Załącznik 6, projekt G4). Wyniki tego projektu zostały przedstawione w dwutomowej monografii. Byłem współredaktorem jednego z tomów (Głowaciński i in. 2011 P42) oraz autorem i współautorem 11 rozdziałów (Głowaciński i Solarz 2011 P49, Głowaciński i in. 2011 a,b P50-51, Najberek i Solarz 2011 a,b P52-53, Solarz 2011 a,b,c,d,e P43-47 Solarz i Okarma 2011 P48). W 2011 r. wyniki tych badań zostały zamieszczone w Internecie (www.iop.krakow.pl/gatunkiobce). Szacowana liczba odślon tego portalu do chwili obecnej wynosi 700 000.

Ponadto uczestniczyłem w 5 innych projektach dotyczących inwazji biologicznych, finansowanych przez NCN. Jako kierownik realizowałem projekt analizujący czynniki determinujące inwazję nawłoci w polskich Karpatach (Załącznik 6, projekt G15) oraz wpływ parametrów klimatu, siedliska i antropopresji na rozmieszczenie roślin i ptaków w Małopolsce (projekt G10). Natomiast jako wykonawca realizowałem projekt weryfikujący

hipotezę uwolnienia od wrogów na wybranych gatunkach roślin rodzimych i obcych we florze Polski (projekt G11), projekt analizujący postawy społeczne osób związanych z ochroną przyrody odnośnie postępowania z gatunkami obcymi w Polsce (projekt G9), a także projekt dotyczący fauny ssaków (projekt G13). W wyniku realizacji tych projektów powstało szereg publikacji (Najberek i Solarz 2016 P61, Najberek i in. 2016 P15, 2017 P20, 2018 P24; Olszańska i in. 2016 P14) oraz internetowy Atlas Ssaków Polski (www.iop.krakow.pl/ssaki).

Jestem również autorem i współautorem kilkudziesięciu innych prac dotyczących inwazji biologicznych, opublikowanych jako artykuły w czasopismach recenzowanych oraz rozdziały w monografiach i podręcznikach akademickich, a także autorem 9 innych publikacji (Załącznik 6, P25-61.)

Wyniki moich badań dotyczących gatunków obcych zostały przedstawione na ponad 50 międzynarodowych i krajowych sympozjach, konferencjach i warsztatach, a także na zaproszenie zagranicznych (m. in. Uniwersytet w Tsukubie, Uniwersytet w Bernie, Centre for Ecology & Hydrology w Wallingford), i krajowych (m. in. UJ, UŚ, UAM, UW) ośrodków naukowych (Załącznik 6, pkt IIK i IIIB, IIIN).

Uczestniczyłem w organizacji 2 międzynarodowych i 2 krajowych konferencji poświęconych temu tematowi (Załącznik 6, pkt IIIC).

Jestem autorem 11 recenzji publikacji i 1 międzynarodowego projektu poświęconego inwazjom biologicznym (Załącznik 6, pkt IIIO,P).

Byłem promotorem pomocniczym w 1 przewodzie doktorskim (Załącznik 6, pkt IIIK), oraz promotorem 3 prac magisterskich i 9 prac licencjackich studentów UJ, które dotyczyły gatunków obcych. Ponadto sprawowałem opiekę nad 11 studentami odbywającymi praktyki w IOP PAN (Załącznik 6, pkt IIJJ).

W latach 2009-2014 i 2014-2015 byłem członkiem Państwowej Rady Ochrony Przyrody, odpowiedzialnym m. in. za sprawy związane z inwazjami biologicznymi. W ramach prac PROP przygotowałem szereg opinii i ekspertyz dotyczących tego tematu.

Jestem członkiem niemal 30 międzynarodowych i krajowych konsorcjów, sieci badawczych, organizacji i towarzystw naukowych (Załącznik 6, pkt IIIE,F,H). Jedną z nich jest grupa ekspertów Konwencji Berneńskiej do spraw inwazyjnych gatunków obcych. Jestem jej członkiem od 2003 r. W latach 2011-2015 byłem jej wiceprzewodniczącym, a od 2015 r. jestem jej przewodniczącym. W ramach prac tej grupy uczestniczyłem m. in. w przygotowaniu „Europejskiej strategii o inwazyjnych gatunkach obcych” (Genovesi i Shine 2004), a także szeregu rekomendacji dla rządów oraz 11 kodeksów dobrych praktyk dotyczących inwazyjnych gatunków obcych. W 2004 r., jako pierwszy ekspert z Polski, zostałem zaproszony do członkostwa w Invasive Species Specialist Group IUCN (www.issg.org) i dotychczas pozostaję w tej grupie jedynym reprezentantem z naszego kraju. Jednym z moich zadań w ramach prac tego zespołu jest wymiana informacji o gatunkach obcych w skali globalnej (www.griis.org). Od 2004 r. jestem również członkiem NEOBIOTA –

European Group on Biological Invasions, a od 2008 r. wchodzę w skład Rady tej grupy. Od 2014 r. wchodzę w skład międzynarodowego zespołu naukowców, który prowadzi dla Komisji Europejskiej analizy ryzyka wprowadzenia, zadomowienia i rozprzestrzeniania się w Europie nowych gatunków obcych. Poza przygotowywanymi dla Komisji dokumentami o charakterze strategicznym, w wyniku prac tego zespołu powstają również publikacje naukowe (Roy i in. 2017 a,b P16-17, Roy i in. 2018 P22). W latach 2007-2010 byłem członkiem Rady Naukowej Instytutu Ochrony Przyrody PAN.

Inwazje biologiczne stały się moją zawodową pasją nie tylko ze względu na to, że umożliwiają mi prowadzenie ciekawych, interdyscyplinarnych badań naukowych. Równie satysfakcjonujące jest to, że w mojej pracy nauka i praktyka przenikają się na zasadzie sprzężenia zwrotnego. Moje naukowe osiągnięcia wielokrotnie stanowiły naukowe podstawy do wprowadzania rozwiązań praktycznych zarówno w kraju, jak i na arenie międzynarodowej. Z kolei zaangażowanie w tego typu działania praktyczne zapewniło mi możliwość prowadzenia badań naukowych. Moje doświadczenia w tym zakresie sięgają 1999 r., od kiedy współpracuję z resortami środowiska, rolnictwa i spraw zagranicznych. Wyniki moich badań nad gatunkami obcymi w bezpośredni sposób zostały przełożone na szereg analiz i opracowań przygotowanych przeze mnie dla tych resortów (Załącznik 6, pkt IIE i IIIM). Brałem udział w pracach podkomisji sejmowej nad ustawą o ochronie przyrody, m. in. proponując wdrożenie do ustawy terminów „gatunek obcy” i „inwazyjny gatunek obcy” (Ustawa 2004). Na podstawie dwóch opracowań mojego autorstwa (Solarz i in. 2005 E2, Solarz 2008 E3) zostało przygotowane rozporządzenie Ministra Środowiska, wprowadzające ograniczenia dla najgroźniejszych gatunków obcych w Polsce (Rozporządzenie 2011). Kierowałem również zespołem ekspertów, który opracował zasady wdrażania tego rozporządzenia (Solarz i in. 2012 E7). Ponadto byłem współautorem programów postępowania z jeleniem sika (Solarz i Okarma 2014 E9) i z obcymi gatunkami żółwi (Kepel i in. 2015 E13). Opracowałem również analizy dotyczące wdrożenia w Polsce rozporządzenia UE o inwazyjnych gatunkach obcych na poziomie administracyjnym (Solarz 2014a E10) i prawnym (Solarz 2015b E11). Natomiast od 2016 r. wchodzę w skład kilkuosobowego panelu ekspertów IUCN powołanego przez Komisję Europejską w celu wsparcia we wdrażaniu tego rozporządzenia na poziomie całej Unii. Na podstawie przeprowadzonych przeze mnie dla Komisji Europejskiej analiz ryzyka (Mazurska i Solarz 2016 E15, Solarz 2016 E16), do rozporządzenia UE została w 2017 r. włączona gęsiówka egipska *Alopochen aegyptiacus*, a bizon *Bison bison* został w Europie uznany za jeden z najgroźniejszych niezadomowionych gatunków obcych ssaków (Roy i in. 2018 P22). Uczestniczyłem także w powstawaniu zasad wykorzystywania obcych gatunków roślin w ogrodnictwie (GDOŚ 2014). Ponadto przygotowałem kilka innych ekspertyz i opinii, m. in. dla Ambasady USA w Warszawie (Solarz 2004 E30), Europejskiej i Śródziemnomorskiej Organizacji Ochrony Roślin EPPO (Solarz 2007a,b E33-34) i Sekretariatu Konwencji o Różnorodności Biologicznej CBD (Solarz 2007c E38).

Szczególnie ambitnym zadaniem łączącym prowadzenie badań naukowych z wdrażaniem ich do praktyki było przygotowanie dla GDOŚ krajowej strategii postępowania z gatunkami obcymi w perspektywie do 2030 r. (Załącznik 6, projekt G20). W ramach tego projektu nawiązałem współpracę z ponad 100 ekspertami z około 30 ośrodków naukowych. Współkierując całym zespołem badawczym, byłem odpowiedzialny za opracowanie metodyki obejmującej analizy inwazyjności, stopnia rozprzestrzenienia i dynamiki gatunków, ich wpływu na środowisko przyrodnicze, gospodarkę, zdrowie człowieka, usługi ekosystemowe, wpływu przewidywanych zmian klimatu na inwazyjność, a także metodyki analizy dla priorytetowych gatunków, i priorytetowych dróg ich introdukcji do Polski. Ponadto jestem współautorem całej strategii postępowania z gatunkami obcymi (Solarz i in. 2018a E17), a także kompleksowego planu działań (Solarz i in. 2018b E18), ocen ryzyka i kart informacyjnych dla 30 gatunków (Solarz 2018a,b E19-20) oraz planów zarządzania najgroźniejszymi drogami ich wnikania (Solarz i in. 2018c,d E21-22). Te strategiczne opracowania będą sukcesywnie wprowadzane w życie w perspektywie do 2030 r., nie tylko przez resort środowiska, ale także przez inne resorty, w kompetencji których znajduje się rozwiązywanie problemu obcych gatunków (m.in. resort rolnictwa, gospodarki, sprawiedliwości, spraw wewnętrznych). Opracowania te zostały wykorzystane m. in. do przygotowanie ustawy o gatunkach obcych, której przyjęcie zaplanowane jest w 2019 r.

Jako ekspert Ministerstwa Środowiska i GDOŚ, od 2001 r. jestem członkiem zespołów naukowych, które w ramach kilku międzynarodowych Konwencji – o Różnorodności Biologicznej (CBD), Bońskiej (CMS), Waszyngtońskiej (CITES), Międzynarodowej Konwencji Ochrony Roślin (IPPC), oraz w ramach działań Komisji Europejskiej, zajmują się zagadnieniem inwazji biologicznych. W tym czasie dwudziestokrotnie byłem delegatem resortu środowiska na spotkania Konwencji i Komisji (Załącznik 6, pkt IIIN), a także przygotowałem ponad 20 ekspertyz, stanowisk i opinii prezentowanych przez stronę polską na takich spotkaniach (Załącznik 6, punkt IIIM). Uczestnicząc w pracach Konwencji CBD, opracowywałem definicje gatunku obcego oraz inwazyjnego gatunku obcego. Brałem również udział w przygotowywaniu dokumentów, które zostały następnie przyjęte jako wiążące decyzje Konferencji Stron tej Konwencji. W czasie polskiego przewodnictwa w Radzie Unii Europejskiej w 2011 r. byłem ekspertem rządowym, m. in. przewodnicząc negocjacji krajów unijnych dotyczącym aktu prawnego, który został przyjęty w 2014 r. jako Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 1143/2014 o inwazyjnych gatunkach obcych. Od 2014 r. reprezentuję Polskę w Forum Naukowym powołanym przez Komisję Europejską dla zapewnienia wsparcia merytorycznego dla wdrażania tego Rozporządzenia.

Problematykę gatunków obcych prezentowałem w czasie ponad 100 godzin wykładów dla doktorantów biologii UJ oraz doktorantów Studium Nauk Przyrodniczych Polskiej Akademii Nauk w Krakowie przy Instytucie Botaniki PAN i Instytucie Systematyki i Ewolucji Zwierząt PAN, a także dla studentów biologii i ochrony środowiska UJ, słuchaczy podyplomowych

studiów „Akademia Ochrony Przyrody” i „Ochrona przyrody - podstawy naukowe, uwarunkowania prawne i praktyczne zastosowanie w działalności zawodowej” (Załącznik 6, pkt III I1) .

Ponieważ według mnie główną przeszkodą w skutecznym rozwiązywaniu problemu obcych gatunków jest bardzo słaba wiedza ogółu społeczeństwa na ten temat, popularyzację moich osiągnięć naukowych traktuję jako bardzo ważny element mojej działalności.

Wiedzę o gatunkach obcych upowszechniałem w mediach, udzielając około 20 wywiadów w stacjach telewizyjnych (m. in. TVP1, TVP Gdańsk, TVN, TVN24, Polsat News) i radiowych (m. in. PR I, PR III, Radio Kraków, Radio Opole, ToK FM) oraz około 40 wywiadów dla prasy (m.in. PAP, Wprost, Newsweek, Gość Niedzielny, Rzeczpospolita, Gazeta Wyborcza, Gazeta Polska, Polska the Times, National Geographic) i portali internetowych m. in. WP, Interia, Onet, PAN, Nauka w Polsce, Odkrywcy, Farmer). Jestem także autorem 9 publikacji popularyzujących ten temat w prasie (Załącznik 6, pkt III I2).

Poprowadziłem kilkadziesiąt godzin zajęć o inwazjach biologicznych na zaproszenie przedszkoli, szkół podstawowych i ponadpodstawowych w województwach małopolskim świętokrzyskim i podkarpackim, a także w Szpitalu Dziecięcym Św. Ludwika w Krakowie oraz wśród słuchaczy Małopolskiego Uniwersytetu dla Dzieci w Chrzanowie i Dziecięcego Uniwersytetu w Krzeszowicach. Od 2012 r. corocznie prowadzę zajęcia na ten temat dla dzieci i młodzieży w ramach Festiwalu Nauki w Krakowie (Załącznik 6, pkt III I1). Artykuł mojego współautorstwa (Najberek i Solarz 2016 P61) został zalecony przez Kuratorium Oświaty w Krakowie jako literatura wymagana dla uczniów gimnazjów startujących w olimpiadzie biologicznej.

Ponadto poprowadziłem kilkadziesiąt godzin zajęć o obcych gatunkach na zaproszenie organizacji pozarządowych (m.in. Polskiego Towarzystwa Nauk Weterynaryjnych, Polskiego Związku Łowieckiego, Polskiego Klubu Ekologicznego, Polskiego Towarzystwa Ochrony Ptaków) i administracji parków narodowych (m. in. Biebrzańskiego, Słowińskiego, Kampinoskiego, Drawieńskiego) (Załącznik 6, pkt III I1).

Poza inwazjami biologicznymi i ekologią ptaków, interesują mnie zagrożenia wynikające ze spadku liczby owadów zapylających, zwłaszcza trzmielowatych. Jestem współautorem kilku prac dotyczących tego tematu (Kosior i in. 2003 P29, 2007 P04, 2008 P08, Palik i in. 2005 P33).

5. Plany na przyszłość

Chciałbym, aby w przyszłości inwazje biologiczne pozostały podstawowym tematem moich badań, choć zamierzam również kontynuować badania nad ekologią populacji ptaków i zagrożeniami dla owadów zapylających.

Najbardziej ambitnym długofalowym celem, jaki sobie stawiam, jest pełne wykorzystanie ogromnego naukowego potencjału, jaki został stworzony w czasie pracy nad strategią postępowania z gatunkami obcymi w Polsce, przygotowaną dla GDOŚ w 2018 r. Dla wielu spośród uczestniczących w tym przedsięwzięciu ekspertów, gatunki obce stanowiły jedynie niewielką część zawodowych zainteresowań. Dlatego koordynowana przez mnie praca nad strategią ułatwiła nawiązanie współpracy między naukowcami, którzy wcześniej nie mieli do tego okazji. Dzięki integracji środowiska naukowego (ponad 100 ekspertów z ponad 30 ośrodków) możliwe było stworzenie bezprecedensowego w Polsce zbioru danych, obejmującego m. in. informacje dotyczące biologii gatunków obcych, historii ich introdukcji, dynamiki populacji, wpływu na rodzimą przyrodę, usługi ekosystemowe, gospodarkę, zdrowie człowieka, wpływ klimatu i występowanie (niemal 600 000 rekordów). Dane te stanowią doskonały materiał do wszechstronnych analiz.

Jednak potencjał tego zespołu badawczego może być jeszcze lepiej wykorzystany poprzez podejmowanie nowych wyzwań, przede wszystkim w postaci realizacji kolejnych projektów i tworzenia publikacji. W tym celu chciałbym w dalszym ciągu integrować środowisko osób zajmujących się różnymi aspektami inwazji biologicznych, m. in. przy rozwoju bazy danych Gatunki obce w Polsce w ramach projektu z Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa, o który z ramienia IOP PAN ubiegam się jako jeden z członków konsorcjum złożonego z 18 instytucji naukowych. Planuję również stworzyć platformę wymiany informacji dla ekspertów, którzy zajmują się różnymi aspektami inwazji biologicznych. Jestem przekonany, że wobec stopnia złożoności tego problemu, ma to kluczowe znaczenie dla znajdowania synergii i nawiązywania współpracy, a co za tym idzie – dla rozwoju potencjału naukowego.

W najbliższym czasie, w ramach dotychczasowej współpracy międzynarodowej, zamierzam kontynuować moje badania nad zagrożeniami wynikającymi z obecności takich gatunków obcych, których liczebność jest niska. W trakcie recenzji oraz w ostatniej fazie przygotowania do publikacji znajdują się kolejne prace dotyczące inwazyjności niecierpka Balfoura. Badania nad tym gatunkiem zamierzam kontynuować w ramach projektu NCN, o który aplikowałem w 2018 r. W trakcie przygotowania do publikacji znajduje się również artykuł kompleksowo analizujący występowanie w Polsce obcych gatunków zwierząt, które uciekły lub zostały uwolnione z hodowli, a także obcych gatunków ptaków.

Kolejnym tematem moich badań będzie rola siedlisk silnie przekształconych przez człowieka w inwazjach biologicznych. Szczególną uwagę zamierzam poświęcić wodom, których termika jest silnie zaburzona. Dotychczasowe wyniki moich badań wskazują, że miejsca takie są w Polsce centrami inwazji.

Będę się także zajmował socjologicznym aspektem inwazji biologicznych. Nowatorskim elementem będzie w tym kontekście problem, który roboczo nazwałem *ecosystem disservice by alien species through landscape pollution*. Dotyczy on wielkoskalowego negatywnego wpływu szeroko rozpowszechnionych gatunków obcych, które powszechnie są uznawane za nieinwazyjne. W końcowej fazie przygotowania do publikacji jest ponadto artykuł dotyczący postrzegania problemu inwazji biologicznych przez Polaków zamieszkujących Wyspy

Brytyjskie. Ze względu na skalę związanego z tą emigracją przepływu osób i towarów, wyniki tych badań będą miały istotne znaczenie zarówno z perspektywy Polski, jak i Wielkiej Brytanii i Irlandii.

W 2019 r. zaplanowane jest w Polsce przyjęcie ustawy o gatunkach obcych. W ciągu najbliższych lat będzie się to z pewnością wiązało z nowymi wyzwaniami na polu wprowadzania tych przepisów w życie. Dlatego jako główny autor krajowej strategii dotyczącej gatunków obcych, zamierzam kontynuować zarówno współpracę z instytucjami rządowymi we wdrażaniu wyników badań naukowych do praktyki, jak i prowadzenie działań edukacyjnych w tym zakresie.

Dane bibliometryczne (stan na 9.04.2019):

- liczba opublikowanych prac naukowych: **66** (w tym **30** artykułów z listy JRC)
- sumaryczny Impact Factor (zgodny z rokiem opublikowania) dla wszystkich pozycji literaturowych: **100,848**
- sumaryczna liczba cytacji indeksowanych w bazie Web of Knowledge: **1536** (bez autocytacji)
- indeks Hirscha (wg. Web of Science): **10**
- sumaryczna liczba punktów MNiSW: **1044** (w tym **982** punkty za publikacje w czasopiśmie indeksowanych w JCR).

Literatura

- Adamowski W. 2009. *Impatiens balfourii* as an emerging invader in Europe. *Neobiota* 8: 183–194.
- Bacher S., Blackburn T.M., Essl F., Genovesi P., Heikkilä J., Jeschke J.M., Jones G., Keller R., Kenis M., Kueffer C., Martinou A.F., Nentwig W., Pergl J., Pyšek P., Rabitsch W., Richardson D.M., Roy H.E., Saul W.C., Scalera R., Vilà M., Wilson J.R.U., Kumschick S. 2018. Socio-economic impact classification of alien taxa (SEICAT). *Methods in Ecology and Evolution* 9: 159–168.
- Beever E.A., Simberloff D., Crowley S.L., Al-Chokhachy R., Jackson H.A., Petersen S.L. 2019. Social–ecological mismatches create conservation challenges in introduced species management. *Front Ecol Environ* doi:10.1002/fee.2000
- Blackburn T.M., Pyšek P., Bacher S., Carlton J.T., Duncan R.P., Jarošík V., Wilson J.R.U., Richardson D.M., 2011. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends Ecol. Evol* 26: 333–339.
- Carlton J.T. 1996. Biological invasions and cryptogenic species. *Ecology* 77: 1653–1655.
- CBD. 2002. COP 6 Decision VI/23: Alien species that threaten ecosystems, habitats or species. Sixth Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity, 7–19 April 2002, The Hague.
- CBD. 2014. Convention on Biological Diversity's Strategic Plan for Biodiversity.
- Chapman J.W., Carlton J.T. 1991. A test of criteria for introduced species: the global invasion by the isopod *Synidotea laevidorsalis* (Miers, 1881). *J Crustac Biol.* 11: 386–400.
- de Wit R., Bouvier T. 2006. 'Everything is everywhere, but, the environment selects'; what did Baas Becking and Beijerinck really say? *Environ Microbiol* 8: 755–758.
- Essl F., Bacher S., Genovesi P., Hulme P.E., Jeschke J.M., Katsanevakis S., Kowarik I., Kühn I., Pyšek P., Rabitsch W., Schindler S., van Kleunen M., Vilà M., Wilson J.R.U., Richardson D.M. Which Taxa Are Alien? Criteria, Applications, and Uncertainties. *BioScience* 68: 496–509.
- Fenchel T., Finlay J.B. 2004. The ubiquity of small species: patterns of local and global diversity. *Bioscience* 54: 777–784.
- Finlay B.J. 2002. Global dispersal of free-living microbialeukaryote species. *Science* 296: 1061–1063.
- GDOŚ 2014. Kodeks dobrych praktyk „Ogrodnictwo wobec roślin inwazyjnych obcego pochodzenia”. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa. 76 ss.
- Genovesi P., Shine C. 2004. European strategy on invasive alien species: Convention on the Conservation of European Wildlife and Habitats (Bern Convention) (No. 18-137). Council of Europe.

Goodman S.J., Barton N.H., Swanson G., Abernethy G.K., Pemberton J. 1999. Introgression Through Rare Hybridization: A genetic study of a hybrid zone between red deer and sika deer (Genus *Cervus*) in Argyll, Scotland. *Genetics* 152: 355-371.

Green A.J. 2015. The importance of waterbirds as an overlooked pathway of invasion for alien species. *Diversity and Distributions* 22: 239–247.

Hawkins C.L., Bacher S., Essl F., Hulme P.E., Jeschke J.M., Kühn I., Charlotte L. Hawkins Sven Bacher Franz Essl Philip E. Hulme Jonathan M. Jeschke Ingolf Kühn Kumschick S., Nentwig W., Pergl J., Pyšek P., Rabitsch W., Richardson D.M., Vilà M., Wilson J.R.U., Genovesi P., Blackburn T.M. 2015. Framework and guidelines for implementing the proposed IUCN Environmental Impact Classification for Alien Taxa (EICAT). *Diversity and Distributions*, 21(11), 1360-1363.

Incagnone G., Marrone F., Barone R., Robba L., Naselli-Flores L. 2015. How do freshwater organisms cross the 'dry ocean'? A review on passive dispersal and colonization processes with a special focus on temporary ponds. *Hydrobiologia* 750: 103–123.

Jarić I., Heger T., Monzon F.C., Jeschke J.M., Kowarik I., McConkey K.R., Pyšek P., Sagouis A., Essl F. (2019). Crypticity in Biological Invasions. *Trends in ecology & evolution*.

Jeschke J.M. 2014. General hypotheses in invasion ecology. *Divers. Distrib.* 20:1229–1234. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.12.008>

Lenda M., Zagalska-Neubauer M., Neubauer G., Skórka P. 2010. Do invasive species undergo metapopulation dynamics? A case study of the invasive Caspian gull, *Larus cachinnans*, in Poland. *Journal of biogeography* 37: 1824-1834.

Lymbery A.J., Morine M., Kanani H.G., Beatty S.J., Morgan D.L. 2014. Co-invaders: the effects of alien parasites on native hosts. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* 3: 171-177.

McDevitt A.D., Edwards C.J., O'Toole P., O'Sullivan P., O'Reilly C., Cardene R.F. 2009. Genetic structure of and hybridization between red (*Cervus elaphus*) and sika (*Cervus nippon*) deer in Ireland. *Mammalian Biology* 74:263-273.

O'Malley M.A. 2007. The nineteenth-century roots of 'everything is everywhere'. *Nat Rev Microbiol* 5: 647–651.

PZŁ 2015. Uchwała 14/2015. Naczelnej Rady Łowieckiej w sprawie przyjęcia zasad selekcji populacyjnej i osobniczej zwierząt łownych w Polsce oraz zasad postępowania przy ocenie zgodności odstrzału.

Reynolds C., Miranda, N.A., Cumming G.S. 2015. The role of waterbirds in the dispersal of aquatic alien and invasive species. *Diversity and Distributions* 21: 744–754.

Reynolds C., Cumming G.S., Vilà M., Green A.J. 2017. Birds as key vectors for the dispersal of some alien species: Further thoughts. *Diversity and Distributions*, 23: 577-580.

Rozporządzenie 2011. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 9 września 2011 r., w sprawie listy roślin i zwierząt gatunków obcych, które w przypadku uwolnienia do środowiska

przyrodniczego mogą zagrozić gatunkom rodzimym lub siedliskom przyrodniczym. Dz. U. Nr 210 poz. 1260.

Rozporządzenie 2014. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1143/2014 z 22 października 2014 r. w sprawie działań zapobiegawczych i zaradczych w odniesieniu do wprowadzania i rozprzestrzeniania inwazyjnych gatunków obcych. Official Journal of the European Union 317 (2014): 35-55.

Roy H.E., Rabitsch W., Scalera R., Stewart A., Gallardo B., Genovesi P., Essl F., Adriaens T., Booy O., Branquart E., Brunel S., Copp G.H., Dean H., D'hondt B., Josefsson M., Kenis M., Kettunen M., Linnamagi M., Lucy F., Martinou A., Moore N., Nieto A., Pergl J., Peyton J., Schindler S., Solarz W., Stebbing P.D., Trichkova T., Vanderhoeven S., van Valkenburg J., Zenetos A. 2017. Developing a framework of minimum standards for the risk assessment of alien species. *Journal of Applied Ecology*. 55: 526-538.

Roy H.E., Bacher S., Essl F., Adriaens T., Aldridge D.C., Bishop J.D.D., Blackburn T.M., Branquart E., Brodie J., Carboneras C., Cottier-Cook E.J., Copp G.H., Dean H.J., Eilenberg J., Gallardo B., Garcia M., García-Berthou E., Genovesi P., Hulme P.E., Kenis M., Kerckhof F., Kettunen M., Minchin D., Nentwig W., Nieto A., Pergl J., Pescott O.L., Peyton J.M., Preda C., Roques A., Rorke S.L., Scalera R., Schindler S., Schönrogge K., Sewell J., Solarz W., Stewart A.J.A., Tricarico E., Vanderhoeven S., van der Velde G., Vilà M., Wood C.A., Zenetos A., Rabitsch W. 2018. Developing a list of invasive alien species likely to threaten biodiversity and ecosystems in the European Union. *Global Change Biology*: 1–17. DOI: 10.1111/gcb.14527

Roy H.E., Bacher S., Essl F., Adriaens T., Aldridge D.C., Bishop J.D.D., Blackburn T.M., Branquart E., Brodie J., Carboneras C., Cottier-Cook E.J., Copp G.H., Dean H.J., Eilenberg J., Gallardo B., Garcia M., García-Berthou E., Genovesi P., Hulme P.E., Kenis M., Kerckhof F., Kettunen M., Minchin D., Nentwig W., Nieto A., Pergl J., Pescott O.L., Peyton J.M., Preda C., Roques A., Rorke S.L., Scalera R., Schindler S., Schönrogge K., Sewell J., Solarz W., Stewart A.J.A., Tricarico E., Vanderhoeven S., van der Velde G., Vilà M., Wood C.A., Zenetos A., Rabitsch W. 2018. Developing a list of invasive alien species likely to threaten biodiversity and ecosystems in the European Union. *Global Change Biology*: 1–17. DOI: 10.1111/gcb.14527

Senn H.V., Pemberton J.M.. 2009. Variable extent of hybridisation between invasive sika (*Cervus nippon*) and native red deer (*C. elaphus*) in a small geographical area. *Molecular Ecology* 18: 862–876.

Schierenbeck K. 2011. Hybridization and introgression. W: *Encyclopedia of Biological Invasions*. Simberloff D., Rejmanek M. (red.). University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California. ss. 342–346.

Simberloff D. 2012. Nature, natives, nativism, and management: worldviews underlying controversies in invasion biology. *Environmental Ethics* 34: 5-25.

Solarz W., Okarma H. 2014. Program zarządzania populacją jelenia sika *Cervus nippon* na terenie Polski. Ekspertyza dla Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska. 78 ss.

Solarz W., Mazurska K., Dajdok Z., Król W., Najberek K., Olszańska A., Urbisz A., Zarychta A., Krzysztofiak A., Krzysztofiak L., Okarma H., Tokarska-Guzik B. 2018. Strategia na rzecz zwalczania inwazyjnych gatunków obcych w Polsce. Ekspertyza dla Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska. 180 ss.

Stoyneva M.P. 2016. Allochthonous planktonic algae recorded during the last 25 years in Bulgaria and their possible dispersal agents. *Hydrobiologia* 764: 53–64.

Tokarska-Guzik B., Dajdok Z., Zając M., Zając A., Urbisz A., Danielewicz W., Hołdyński C. 2012. Rośliny obcego pochodzenia w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem gatunków inwazyjnych. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa. 197 ss.

Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz. U. z 2018 r. poz. 142, z późn. zm.).

Walther G.R., Roques A., Hulme P.E., Sykes M.T., Pyšek P., Settele J., Bacher S., Botta-Dukát Z., Bugmann H., Czúcz B., Dauber J., Hickler T., Jarosik V., Kenis M, Klotz S., Kühn I., Minchin D., Moora M., Nentwig W., Ott J., Panov V., Reineking B., Robinet C., Semchenko V., Solarz W., Thuiller W., Vilà M., Vohland K., Zobel M. 2009. Alien species in a warmer world – risks and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution*: 24: 686-693.

Zenetos A., Çinar M.E., Crocetta F., Golani D., Rosso A., Servello G., Shenkar N., Turon X., Verlaque M. 2017. Uncertainties and validation of alien species catalogues: The Mediterranean as an example. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 191: 171-187.

Kraków, 9.04.2019


Wojciech Solarz