

MARCIN K. DYDERSKI, AGNIESZKA BIEGAŃSKA, KATARZYNA KRÓLIK, SABINA RYDZIŃSKA, AGNIESZKA ŻYCHLIŃSKA, ROBERT KAMIENIARZ, JACEK SKUBIS

Przydatność danych z wyszukiwarki internetowej do analizy intensywności inwazji biologicznej na przykładzie szopa pracza

Potential of data from the Internet search engine to analyze of biological invasion intensity on the example of *Procyon lotor*

ABSTRACT

Dyderski M. K., Biegańska A., Królik K., Rydzińska S., Żychlińska A., Kamieniarz R., Skubis J. 2016. Przydatność danych z wyszukiwarki internetowej do analizy intensywności inwazji biologicznej na przykładzie szopa pracza. Sylwan 160 (10): 822-828.

Biological invasions are one of the most important problems of nature conservation, which affect several branches of forestry and game management. In case of recent invasions, there is a problem with assessment of invasion intensity due to insufficient quantity of data. In Poland, eight of 31 game species are alien and three small predators are serious threat to biological diversity. The most recent of them is raccoon (*Procyon lotor* L.). Similarly to studies about rodents and flu, we tested potential of Google search engine to assess whether it may be used as a proxy for species abundance, by downloading search index of phrase 'szop pracz' (i.e. raccoon). We decomposed time series of search intensity in weak intervals into trend, seasonal and remainder, and identified sources of variability within these elements. We also proved, that this time series may be modeled using four moving average model, according to ARIMA technique. Seasonal element was connected with species biology – raccoon was recorded less frequently in winter, due to its lower activity in this time. Remainder was connected with entertainment and law regulation news in most popular websites, which resulted the peak of search index in 2009, when there was a change in length of hunting season for raccoon. Moreover, we proved that annual sums of search indices were positively correlated with hunting gain of raccoon ($p < 0.05$; $R^2 = 0.34$), thus studied time series is connected with biological phenomena of raccoon invasion. Our results show that search engine queries may be useful in predicting and reconstruction of biological invasions.

KEY WORDS

raccoon, invasive species, predators, hunting, ARIMA

ADDRESSES

Marcin K. Dyderski ^(1,3) – e-mail: Marcin.Dyderski@gmail.com
Agnieszka Biegańska ⁽²⁾ – e-mail: abieganska0601@gmail.com
Katarzyna Królik ⁽²⁾ – e-mail: kkrolik5@wp.pl
Sabina Rydzińska ⁽²⁾ – e-mail: rydzynska_sabina@op.pl
Agnieszka Żychlińska ⁽²⁾ – e-mail: a.zychlinska99@wp.pl
Robert Kamieniarz ⁽³⁾ – e-mail: kamieniarzrobert1@gmail.com
Jacek Skubis ⁽³⁾ – e-mail: skubisjac@gmail.com

⁽¹⁾ Instytut Dendrologii, Polska Akademia Nauk; ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik

⁽²⁾ Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza; ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań

⁽³⁾ Katedra Łowiectwa i Ochrony Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; ul. Wojska Polskiego 71c, 60-625 Poznań

Wstęp

Współcześnie uważa się, że inwazje biologiczne są jednym z głównych zagrożeń dla różnorodności biologicznej [Elton 1958; Vitousek 1990; Lövei 1997; Lonsdale 1999; Mack i in. 2000]. Gatunki obce to takie, które zostały introdukowane, czyli przemieszczone w wyniku działalności człowieka poza obszar ich naturalnego występowania. Rozprzestrzenianie się takich taksonów powoduje wypieranie rodzimej fauny i flory ze względu na ich szerszy zakres tolerancji ekologicznej oraz szybkość ekspansji. Według Macka i in. [2000] inwazje biologiczne powodują w światowej gospodarce straty w wysokości 1,4 biliona dolarów rocznie. W przypadku inwazji biologicznych okres pomiędzy pojawieniem się gatunku a gwałtownym wzrostem jego liczebności jest rozciągnięty w czasie. Wtedy najczęściej zagrożenie ze strony danego gatunku nie jest dostrzegane, a okres ten nazywany jest czasem lub fazą opóźnienia (lag phase). Może on trwać od kilku do kilkuset lat [Kowarik 1995; Lonsdale 1999; Głowiański 2010; Kowarik i in. 2013]. Co więcej, pojawienie się gatunków inwazyjnych może zachodzić równolegle, dodatkowo w stosunkowo krótkim czasie. Na przykład bogactwo gatunkowe dendroflory doliny Warty w Poznaniu wzrosło w ciągu 30 lat z 76 do 116 gatunków, a udział gatunków obcych zwiększył się z 29,3 do 45,7% [Dyderski i in. 2015]. Z tego względu wszystkie informacje o rozprzestrzenianiu się danego gatunku obcego są niezwykle cenne.

Obecnie spośród 31 gatunków zwierząt łownych 8 to gatunki uznane za obce w naszej faunie. Jednym z nich jest pochodzący z Ameryki Północnej szop pracz *Procyon lotor* L. [Kamieniarz, Panek 2008; Budny i in. 2010; Głowiański 2010]. Introdukcje, które miały największy wpływ na występowanie szopa pracza w Polsce, dotyczą terenu Niemiec [Goretzki 2005]. Pierwsze osobniki tego gatunku odnotowano w latach 50.-60. XX wieku, natomiast regularnie zaczęto go obserwować w latach 90. XX. wieku. Obecnie zasięg występowania oraz liczebność szopa pracza w Polsce są słabo poznane. Najczęściej występowanie tego gatunku rejestrowano w północno-zachodniej części naszego kraju [Kamieniarz, Panek 2008; Okarma i in. 2012].

Szop pracz jest drobnym drapieżnikiem, który według bazy DAISIE (<http://www.europe-aliens.org>) zaliczany jest do 100 najgroźniejszych gatunków obcych w Europie. Uznawany jest za gatunek potencjalnie synantropijny, a jego optymalnym siedliskiem są tereny podmiejskie i przedmieścia [Okarma i in. 2012]. Główne źródło pokarmu szopa pracza stanowią drobne ssaki. Jego obecność może być niebezpieczna także dla ptaków, zarówno gniazdujących na powierzchni ziemi, jak i na drzewach. Ptaki, płazy, ryby oraz owady stanowią jednak mniejszą część jego diety [Bartosiewicz i in. 2008; Okarma i in. 2012]. W Polsce został umieszczony na liście gatunków, których uwolnienie do środowiska może spowodować szkody przyrodnicze [Rozporządzenie... 2011]. Od 2005 roku szop jest zwierzęciem łownym – najpierw miał okres ochronny trwający od początku kwietnia do końca czerwca, natomiast od 2009 można na niego polować przez cały rok [Rozporządzenie... 2009; Solarz 2011]. Zwierzęta te docierają na terytorium Polski z Niemiec, gdzie ekspansja tego gatunku jest bardzo intensywna. Najliczniejsze populacje występują w Hesji, na obszar której szopy zostały introdukowane w latach 30. XX wieku, oraz w Brandenburgii – zwłaszcza w okolicach Berlina, dokąd zostały przywiezione po II wojnie światowej przez żołnierzy amerykańskich [Goretzki 2005; Kamieniarz, Panek 2008]. Występuje ujemna korelacja pomiędzy zagęszczeniem szopów praczy a wielkością ich arealów osobniczych: na siedliskach lasowych

arealty osobnicze są większe, natomiast odwrotnie na przedmieściach, gdzie baza pokarmowa jest największa, a zagęszczenie wysokie [Okarma i in. 2012].

Jednym z najnowszych sposobów zbierania danych o sytuacji danego gatunku może być wykorzystywanie informacji o aktywności użytkowników wyszukiwarek internetowych. Stwierdzono na przykład silny związek pomiędzy danymi dotyczącymi częstotliwości wyszukiwania słowa „grypa” a danymi z ośrodków medycznych o występowaniu tej choroby. Na tej podstawie zbudowano narzędzie do analizowania nasilenia epidemii grypy [Ginsberg i in. 2009]. Tego typu dane mogą również służyć do aproksymacji wskaźników niemożliwych do uzyskania tradycyjnymi metodami. Szymkowiak i Kuczyński [2015] wykorzystali częstotliwość wyszukiwania frazy „na myszy” jako wskaźnik liczebności gryzoni w skali kraju.

Celem pracy było określenie przydatności danych uzyskanych z wyszukiwarek internetowych do określania przebiegu inwazji biologicznej na przykładzie liczebności szopa pracza. Dodatkowym celem pracy było sprawdzenie możliwości przewidywania trendu i porównanie z danymi dotyczącymi pozyskania łowieckiego badanego gatunku.

Material i metody

Dane dotyczące częstości wyszukiwania frazy „szop pracz” w wyszukiwarce Google na terenie Polski z okresu od 01.01.2004 roku do 31.03.2015 roku pozyskano z serwisu Google Trends (<http://www.google.com/trends>). Dane te przedstawiały tygodniowy indeks liczby zapytań, gdzie 100% oznacza maksymalną liczbę zapytań w całym badanym okresie. W celu uniknięcia zakłóceń w wynikach plik został pobrany przed poszukiwaniami literatury. Dane te zostały wczytane do programu R (www.r-project.org), a następnie przy pomocy funkcji *stl()* dokonano ich dekompozycji w celu określenia roli poszczególnych elementów – trendu, sezonowości oraz efektu losowego w kształtowaniu się wartości szeregu czasowego. Przeszukano najpopularniejsze serwisy internetowe (np. obrazki.jeja.pl, kwejk.pl, demotywatory.pl, tvp.pl, tvn24.pl, joemonster.org, cda.pl, zszywka.pl, bezuzyteczna.pl, youtube.com) w celu znalezienia informacji o zamieszczonych materiałach rozrywkowych zawierających treści związane z *P. lotor*, w celu sprawdzenia, czy generują one fluktuacje w częstości wyszukiwania frazy „szop pracz”. Poddano również analizie publikacje naukowe dotyczące badanego gatunku oraz akty prawne dotyczące *P. lotor* jako gatunku łownego.

Uzyskany szereg czasowy został podzielony na dwie części – na „zbiór uczący” i „zbiór testowy”, a cezurą dzielącą te dwa zbiory był początek roku 2013. Podział ten został wykorzystany do określenia wiarygodności zbudowanego modelu i uniknięcia testowania modelu na danych wykorzystanych do jego budowy. Na podstawie zbioru uczącego za pomocą funkcji *auto.arima()* z pakietu *forecast* [Hyndman 2015] wybrano najlepsze parametry modelu ARIMA w oparciu o kryterium informacyjne Akaikego (AIC). W ten sposób wykonano predykcję oraz sprawdzono zgodność szeregu wygenerowanego na tej podstawie z danymi rzeczywistymi. Dodatkowo za pomocą pakietu *dplyr* [Wickham, Francois 2015] zsumowano tygodniowe indeksy zapytań dla każdego roku i porównano z danymi dotyczącymi pozyskania łowieckiego *P. lotor* w całym kraju opracowanymi przez Stację Badawczą PZŁ w Czempiniu [Zestawienie... 2014] za pomocą regresji liniowej.

Wyniki

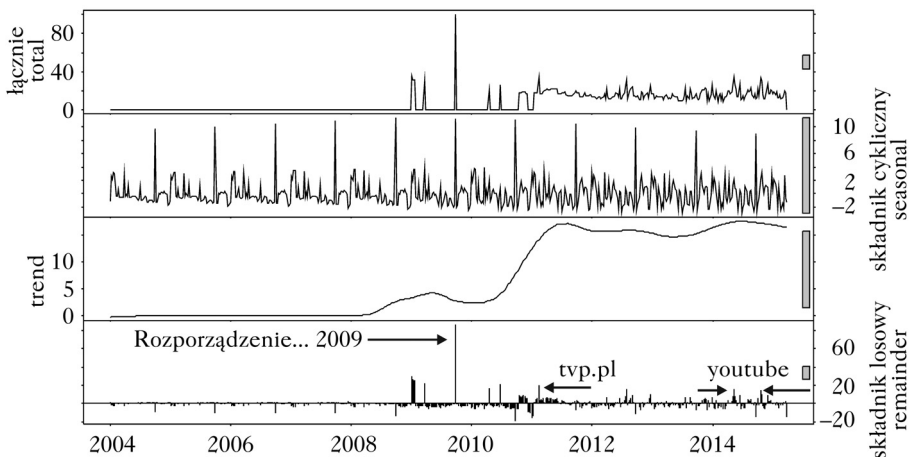
Tygodniowy indeks liczby zapytań „szop pracz” w badanym okresie wynosił średnio $6,9 \pm 9,7$. Pierwsze zapytania pojawiły się w roku 2009, osiągając maksimum między 27 września a 3 października 2009 roku (ryc. 1). W cyklu rocznym największe wartości elementu sezonowego

notowano na jesieni. Trend wykazuje tendencje rosnące, jednak w sposób niemonotoniczny – od początku roku 2009 następuje wzrost, następnie lekki spadek i od roku 2011 gwałtowny wzrost trendu, który fluktuuje na poziomie około 15. Największą zmiennością cechuje się składnik losowy, który w największym stopniu odpowiada za zmienność w latach 2009-2011, gdy informacje o badanym gatunku były rzadko wyszukiwane.

Na składnik losowy miało wpływ pojawienie się informacji o szopie praczu w różnych serwisach internetowych, np. na stronie TVP (<http://www.tvp.pl/wiedza/aktualnosci/szopy-pracze-przenosza-sie-z-niemiec-do-polski/4474724>) czy w serwisie YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=D3LpQkOpD20>), co widoczne jest w postaci zwiększonych wartości składnika losowego (ryc. 2). Model wygenerowany dla zbioru testowego zawierał średnie ruchome z czterech okresów (tab. 1). Predykcja wykonana na jego podstawie była w dużym stopniu zgodna z danymi rzeczywistymi (ryc. 2). Co więcej, roczne sumy indeksów zapytań były dodatnio skorelowane z danymi dotyczącymi pozyskania łowieckiego szopów praczu ($p < 0,05$; $r^2 = 0,34$), mimo braku danych w niektórych latach (ryc. 3).

Dyskusja

Wyniki uzyskane w niniejszych badaniach pokazują, że informacje o częstotliwości wyszukiwania frazy „szop pracz” są związane w głównej mierze z jego występowaniem. Czynniki losowy łączy się z umieszczaniem w internecie treści rozrywkowych i informacyjnych związanych z szopem



Ryc. 1.

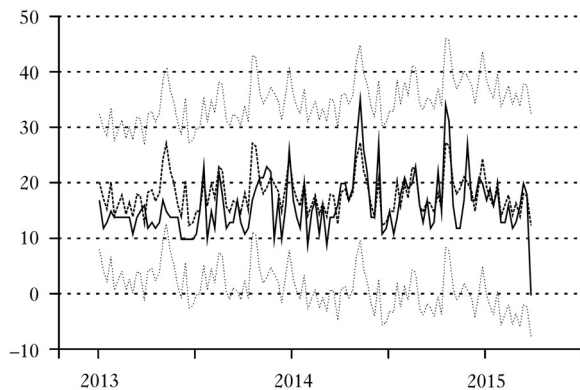
Dekompozycja szeregu czasowego zapytań „szop pracz” w wyszukiwarce Google w Polsce
Time series decomposition of ‘szop pracz’ queries in Google in Poland

Tabela.

Parametry modelu ARIMA zawierającego cztery elementy modelowane średnią ruchomą ($\sigma^2=41,2$; AIC=3086,31)

Parameters of the ARIMA model containing four moving average elements

	MA1	MA2	MA3	MA4
Wartość parametru Estimate	-0,714	-0,0537	-0,0468	-0,7960
Błąd standardowy Standard error	0,046	0,0559	0,0559	0,0454

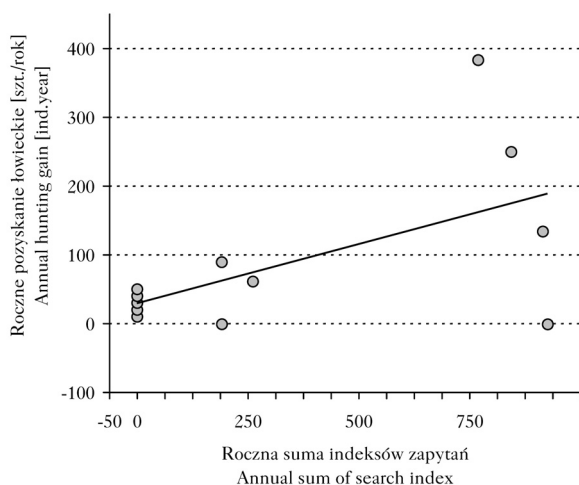


Ryc. 2.

Tygodniowy indeks wyszukiwań oraz predykcja na bazie modelu ARIMA (tab.)

Weekly search index and ARIMA prediction (tab.)

linia ciągła – wartości obserwowane, linia kropkowana ciemna – prognoza, linia kropkowana jasna – 95-procentowy przedział ufności
solid line – observed values, dark dotted line – predicted values, light dotted line – 95% confidence interval



Ryc. 3.

Zależność pozyskania łowieckiego szopa pracza od rocznych sumy indeksów wyszukiwań frazy „szop pracz” ($y=30,19512+0,17156 \cdot x$; $p=0,0461$; $R^2=0,34$)

Relationship between racoon hunting gain and sums of search index of 'szop pracz' queries ($y=30.19512+0.17156 \cdot x$; $p=0.0461$; $R^2=0.34$)

praczem, jednak jego znaczenie jest niewielkie. Na podstawie tego źródła można przewidywać przyszłe zainteresowanie tematem szopa pracza w Polsce. Informacje dotyczące zainteresowania tym gatunkiem mogą stać się źródłem informacji o jego aktywności, podobnie jak informacje o liczbie wyszukiwań frazy „grypa” są dobrym predyktorem rozwoju tej epidemii [Ginsberg i in. 2009].

Trend widoczny po dekompozycji badanego szeregu czasowego wskazuje na nagły wzrost liczby zapytań „szop pracz”. Ponieważ można oczekiwać, że liczba wyszukiwań informacji o danym organizmie jest skorelowana z jego aktywnością i liczebnością [Szymkowiak, Kuczyński 2015], zaobserwowany trend odzwierciedla prawdopodobnie dynamikę inwazji badanego gatunku. Taki typ przebiegu wzrostu liczebności w czasie jest typowy dla gatunków inwazyjnych, które przechodzą z fazy opóźnienia (lag phase) do fazy wykładniczego wzrostu liczebności (log phase), czyli momentu, w którym gatunek zaczyna się dynamicznie rozprzestrzeniać [Pyšek, Prach 1993; Kowarik 1995; Kowarik i in. 2013]. Element sezonowy analizowanego szeregu czasowego odzwierciedla biologię gatunku, gdyż najmniejsze wartości indeksu wyszukiwań stwierdzono na początku roku, w okresie najniższej aktywności szopów. Widoczna sezonowość zgadza się z biologią *P. lotor*, który w zimie jest najmniej aktywny [Okarma i in. 2012]. Najprawdopodobniej zimą ludzie rzadziej spotykają szopy, dlatego częstość zapytań o nie w internecie jest mniejsza.

Przydatność tej metody ma swoje ograniczenia – indeks wyszukiwań zależy także od treści rozrywkowych, które powodują wprowadzenie błędów. Biorąc jednak pod uwagę niewielkie wahania tych wartości i dużą zgodność modelu z danymi rzeczywistymi, można przyjąć model za wiarygodny. Największe odchylenie od trendu spowodowało ukazanie się Rozporządzenia... [2009], które zmieniało zasady polowań na *P. lotor*, co stało się przyczyną większego zainteresowania myśliwych i zarządców oraz dzierżawców obwodów łowieckich, którzy musieli uwzględnić nowe przepisy w tworzeniu rocznych i wieloletnich planów łowieckich. Obecnie, wobec uznania szopa pracza za gatunek niepożądany [Budny i in. 2010; Rozporządzenie... 2011], w planach łowieckich zakłada się w celu eliminacji szopów odstrzał na poziomie 150-200% wiosennego przyrostu populacji.

Zgodność rocznych sum wskaźników wyszukiwań z danymi dotyczącymi pozyskania łowieckiego *P. lotor* wskazuje, że analizowany szereg czasowy odzwierciedla w pewien sposób liczebność badanego gatunku. Ze względu na dużą zmienność i brak części obserwacji współczynnik $r^2=0,34$ świadczy o umiarkowanej korelacji między analizowanymi zmiennymi. Wskazuje to na przydatność uzyskanych danych z punktu widzenia planowania działań dotyczących monitoringu i zwalczania gatunków inwazyjnych.

W Polsce zasięg występowania oraz liczebność szopa pracza są ograniczone, dlatego od szybkości podjęcia działań łowieckich zależy, czy uda się zmniejszyć dynamikę ekspansji tego niebezpiecznego gatunku [Solarz 2011]. Procedurą, która umożliwi regulację rozprzestrzeniania się gatunku obcego na terenie Polski, jest wpisanie go do planów łowieckich. Ze względów etycznych, humanitarnych, a także w obliczu protestów społecznych wobec planów walki z gatunkami inwazyjnymi optymalna wydaje się być wzmocniona ochrona rodzimych gatunków będących ich naturalnymi wrogami [Głowiaciński 2010; Solarz 2011]. Problemem może być np. ograniczenie wścieklizny, które w Niemczech spowodowało wzrost liczebności innego obcego gatunku – jenota [Goretzki 2005]. Zalewski [2012] uważa, że głównym powodem sukcesu gatunków inwazyjnych jest brak procedur umożliwiających swobodną ich redukcję bez potrzeby upoważnienia do wykonania odstrzału indywidualnego, także w przypadku braku ujęcia gatunku w rocznym planie łowieckim. Wobec takich warunków bieżące monitorowanie inwazji szopa pracza staje się jednym z podstawowych zadań w walce w inwazją tego gatunku [Kamieniarz, Panek 2008; Budny i in. 2010].

Wnioski

- ✦ Uzyskane wyniki wskazują na przydatność wykorzystania częstości wyszukiwań frazy „szop pracz” w ocenie dynamiki jego inwazji w Polsce.
- ✦ Trend indeksu wyszukiwań frazy „szop pracz” wskazuje na przebieg inwazji podobny do momentu przechodzenia z fazy powolnego wzrostu liczebności w fazę wzrostu wykładniczego, co sugerowałoby zwiększenie dynamiki inwazji *P. lotor*.
- ✦ Element sezonowy analizowanego szeregu czasowego odzwierciedla biologię gatunku i jego sezonową aktywność.
- ✦ Zamieszczane w internecie treści rozrywkowe mają wpływ na element losowy szeregu czasowego – powodują jego zakłócenia, jednak w skali całego badanego okresu nie są to istotne odchylenia od trendu.
- ✦ Uzyskane wyniki są pozytywnie skorelowane z danymi dotyczącymi pozyskania łowieckiego szopa pracza, co świadczy o przydatności metody opartej o częstość wyszukiwań w badaniach nad gatunkami inwazyjnymi.

Podziękowania

Pragniemy podziękować Panu prof. Lechosławowi Kuczyńskiemu (Wydział Biologii UAM w Poznaniu) za życzliwe uwagi do pierwszej wersji pracy oraz zachętę do pogłębienia tematu.

Literatura

- Bartosiewicz M., Zalewski A., Okarma H., Szczęśna J., Popiołek M. 2008. Szop pracz *Procyon lotor* w Europie – adaptacje i wpływ na środowisko. W: Nauka Łowiectwu. Część 3. Drapieżnictwo na zwierzynie drobnej. Samorząd Województwa Mazowieckiego, Warszawa. 68-78.
- Budny M., Bresziński W., Kamieniarz R., Kolanos B., Mąka H., Panek M. 2010. Sytuacja zwierząt łownych w Polsce w latach 2009-2010 (wyniki monitoringu). Biuletyn Stacji Badawczej w Czempiniu 7: 1-62.
- Dyderski M. K., Gdula A. K., Jagodziński A. M. 2015. 'The rich get richer' concept in riparian woody species – A case study of the Warta River Valley (Poznań, Poland). Urban Forestry & Urban Greening 14: 107-114.
- Elton C. S. 1958. The Ecology of Invasions by Animals and Plants. University of Chicago Press, Chicago.
- Ginsberg J., Mohebbi M. H., Patel R. S., Brammer L., Smolinski M. S., Brilliant L. 2009. Detecting influenza epidemics using search engine query data. Nature 457: 1012-1014.
- Głowaciński Z. 2010. Introdukcja i mechanizmy sprzyjające inwazji zwierząt. W: Głowaciński Z., Okarma H., Pawłowski J., Solarz W. [red.]. Księga gatunków obcych inwazyjnych w faunie Polski. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków. 653-670.
- Goretzki J. 2005. Entwicklung der Jagdstrecken von Waschbär, Marderhund und Norameikanischen Nerz in Deutschland. W: Bartel M., Grauer A., Greiser G., Hoffmann D., Klein R., Nösel H., Strauß E., Winter A. [red.]. Wildtier-Informationssystem Der Länder Deutschlands. Status Und Entwicklung Ausgewählter Wildtierarten in Deutschland (2002-2004), Jahresbericht 2004. Deutscher Jagdschutz-Verband e.V., Bonn. 60-64.
- Hyndman R. J. 2015. Forecasting functions for time series and linear models. R package version 5.9. <https://cran.r-project.org/web/packages/forecast/index.html>
- Kamieniarz R., Panek M. 2008. Zwierzęta łowne w Polsce na przełomie XX i XXI wieku. Stacja Badawcza – OHZ PZŁ w Czempiniu.
- Kowarik I. 1995. Time lags in biological invasions with regard to the success and failure of alien species. W: Pyšek P., Prach K., Rejmánek M., Wade M. [red.]. Plant Invasions – General Aspects and Special Problems. SPB Academic Publishing, Amsterdam. 15-38.
- Kowarik I., Lippe M., Cierjacks A. 2013. Prevalence of alien versus native species of woody plants in Berlin differs between habitats and at different scales. Preslia 85: 113-132.
- Lonsdale W. M. 1999. Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. Ecology 80: 1522-1536.
- Lövei G. L. 1997. Biodiversity: global change through invasion. Nature 388: 627-628.
- Mack R. N., Simberloff D., Lonsdale W. M., Evans H., Clout M., Bazzaz F. A. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. Ecological Applications 10: 689-710.
- Okarma H., Zalewski A., Bartoszewicz M., Biedrzycka A., Jędrzejewska E. 2012. Szop pracz *Procyon lotor* w Polsce – ekologia inwazji. Studia i Materiały CEPL 14 (33): 296-303.
- Pyšek P., Prach K. 1993. Plant Invasions and the Role of Riparian Habitats: A Comparison of Four Species Alien to Central Europe. Journal of Biogeography 20: 413-420.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 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. 2011. Dz. U. Nr 210, poz. 1260.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 września 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie określenia okresów polowań na zwierzęta łowne. 2009. Dz. U. Nr 163, poz. 1303.
- Solarz W. 2011. Drobne inwazyjne obce drapieżniki w Polsce. Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Animal Science 50: 73-81.
- Szymkowiak J., Kuczyński L. 2015. Avoiding predators in a fluctuating environment: responses of the wood warbler to pulsed resources. Behavioral Ecology: aru237.
- Vitousek P. M. 1990. Biological Invasions and Ecosystem Processes: Towards an Integration of Population Biology and Ecosystem Studies. Oikos 57: 7-13.
- Wickham H., Francois R. 2015. A Grammar of Data Manipulation. R package version 0.4.1. <https://cran.r-project.org/web/packages/dplyr/index.html>
- Zalewski D. 2012. Strategia Polskiego Związku Łowieckiego w postępowaniu z gatunkami obcymi w ekosystemach leśnych. Studia i Materiały CEPL 14 (33): 304-318.
- Zestawienie danych sprawozdawczości łowieckiej za rok 2014. 2014. Stacja Badawcza – OHZ PZŁ w Czempiniu.