

## Wykorzystanie przejść dolnych przez ssaki na terenie Lasów Rogowskich

### The use of underpasses by mammals in the area of the Rogów Forests

Karolina D. Jasińska<sup>1</sup> , Jakub Gryz<sup>2</sup> , Dagny Krauze-Gryz<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Samodzielny Zakład Zoologii Leśnej i Łowiectwa, ul. Nowoursynowska 159, 02–776 Warszawa; <sup>2</sup>Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Ekologii Lasu, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3; 05–090 Raszyn.

\*Tel. +48 22 7150419, e-mail: j.gryz@ibles.waw.pl

**Abstract.** Wildlife passages are an important tool to reduce negative effects of transport infrastructure on habitat connectivity and animal population viability. The aim of our study was to evaluate the use of two underpasses by medium-sized mammals. Both underpasses are situated in the area of the Rogów Forests, Central Poland, one of which is located under a road and the other under railway tracks. We used camera traps to monitor every wildlife crossing between February 2016 and December 2017.

Four wild mammal species (roe deer, brown hare, red fox, martens) as well as domesticated cats and dogs were registered in the vicinity of the road underpass. Except for roe deer, the underpass was used (i.e. animals entered) by all of the listed species. The underpass was mainly used by brown hares in spring and by wild as well as domestic carnivores in autumn. Brown hares used the underpass mostly between 2 p.m. and 7 p.m., while foxes, cats and dogs at night. Near the underpass of the railway track, roe deer, wild boar, brown hare, red fox, raccoon dog, European badger, martens, European polecat as well as domestic dogs and cats were observed. Only wild boar and brown hare never entered the underpass. Roe deer used the underpass in May–June and September, wild carnivores in spring and dogs in summer. Only dogs used the underpass round the clock with roe deer, foxes, badgers and racoon dogs frequenting it at night. Domestic carnivores used both passages more often compared to wild mammals. Both underpasses were also heavily used by humans mostly in spring and at daytime.

The usage of the underpasses by wildlife was strongly seasonal which could be related to increased animal locomotory activity, i.e. during rut, dispersal of young. Furthermore, wild animals used the underpasses at night, when humans were less active indicating that human activity might have influenced the usage of the underpasses by wild mammals.

**Key words:** mitigation measures, road mortality, wildlife–vehicle collisions, wildlife crossing structures

**Słowa kluczowe:** sposoby zapobiegania kolizjom, śmiertelność na drogach, kolizje zwierząt z pojazdami, przejścia dla zwierząt

## 1. Wstęp

Przez ostatnich pięćdziesiąt lat nastąpił intensywny rozwój infrastruktury transportowej (Meijer et al. 2018), co pociągnęło za sobą m.in. niszczenie siedlisk i ich fragmentację, a w efekcie utratę ekosystemów (Trombulak, Frissell 2000; Fahrig, Rytwinski 2009; Benítez-López et al. 2010, van der Ree et al. 2015). Dużym problemem związanym z obecnością dróg i torów kolejowych są kolizje dziko żyjących zwierząt z pojazdami, w wyniku których dochodzi do redukcji liczebności populacji gatunków zwierząt biorących w nich udział (Forman, Alexander 1998; Trombulak, Frissell 2000). Ponadto zdarzenia drogowe z udziałem zwierząt powodują obrażenia, a nawet śmierć uczestników ruchu drogowego oraz generują straty finansowe wynika-

jące z naprawy pojazdów (Conover et al. 1995; Groot Bruinderink, Hazebroek 1996; Huijser et al. 2009). Nawet na drogach o znikomym natężeniu ruchu śmiertelność zwierząt może być znacząca (Gryz, Krauze 2008). Choć zjawisko kolizji zwierząt z pojazdami badane jest głównie na drogach, jest ono powszechne także na torach kolejowych (Krauze-Gryz et al. 2017; Jasińska et al. 2019; Jasińska et al. 2020), co w efekcie wymaga stosowania różnych rozwiązań ograniczających takie zdarzenia na obu typach szlaków transportowych.

Istnieje wiele metod ograniczania kolizji zwierząt z pojazdami, między innymi wykorzystywanie urządzeń odstrasżających (np. Babińska-Werka et al. 2015; Brieger et al. 2016), stawianie znaków ostrzegawczych, ograniczanie prędkości pojazdów czy wykaszanie roślinności na poboczach (Iuell

Wpłynęło: 28.04.2021 r., recenzowano: 26.05.2021 r., zaakceptowano: 16.06.2021 r.

et al. 2003; Rytwinski et al. 2016). Jednak prawdopodobnie najbardziej skuteczną metodą ograniczania liczby kolizji zwierząt z pojazdami jest grodzenie szlaków transportowych i budowa przejść dla zwierząt (Clevenger et al. 2001; Glista et al. 2009; van der Grift et al. 2013; Rytwinski et al. 2016). Budowa takich konstrukcji jest bardzo kosztowna (Kusiak, Hamerslag 2003; van der Grift 2005), dlatego niezwykle cenne są badania dotyczące efektywności górnych i dolnych przejść dla zwierząt oraz czynników wpływających na wykorzystanie przez nie tych konstrukcji. Większość badań poświęconych jest efektywności takich konstrukcji i dotyczy dużych ssaków oraz gadów i płazów (przegląd literatury w: Rytwinski et al. 2016), natomiast mało prac poświęconych jest przejściom dla średnich zwierząt.

Celem badań było sprawdzenie wykorzystania dwóch przejść dolnych dla zwierząt (pod drogą i pod torami) przez ssaki w warunkach mozaiki polno-leśnej centralnej Polski: (1) wskazanie gatunków wykorzystujących każde z przejść, (2) opisanie wykorzystania przejść w ciągu doby oraz (3) w poszczególnych miesiącach.

## 2. Teren badań

Badania prowadzono na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego SGGW, zlokalizowanego na terenie województwa łódzkiego, w okolicy wsi Rogów (51°49'17,98"N, 19°53'54,15"E). Teren ten znajduje się pod wpływem łagodnego klimatu oceanicznego Europy Zachodniej oraz surowego i suchego klimatu kontynentalnego Europy Wschodniej i Azji. Roczna suma opadów wynosi 600 mm, a średnia temperatura waha się od -4°C w styczniu do +18°C w lipcu. Okres wegetacyjny trwa około 210 dni (Gryz, Krauze-Gryz 2019).

W typowej dla tego terenu mozaice polno-leśnej największą część terenu stanowią grunty orne (59% powierzchni) oraz lasy – 25% powierzchni. Głównym gatunkiem lasotwórczym jest sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L., dominująca na 50% powierzchni leśnej. Udział dębów *Quercus* spp. wynosi ponad 20%, a buka *Fagus sylvatica* L. blisko 10%. Główne typy siedliskowe stanowią: las mieszany świeży i las świeży (łącznie 83% pow. leśnej). Pozostałą część terenu zajmują sady, trwałe użytki zielone i rozproszona zabudowa (Goszczyński et al. 2005; Gryz et al. 2013; Gryz, Krauze-Gryz 2019).

Badania prowadzone na terenie LZD wykazały, że występują tu 53 gatunki ssaków, z czego najwięcej stwierdzono nietoperzy – 13 gatunków i gryzoni – 16 (Gryz et al. 2011). Na danym terenie zarejestrowano 5 gatunków ssaków kopytnych – łosia *Alces alces* L., jelenia szlachetnego *Cervus elaphus* L., daniela *Dama dama* L., sarnę europejską *Capreolus capreolus* L., dzika *Sus scrofa* L. Spośród pozostałych ssaków odnotowano obecność m.in. zająca szaraka *Lepus europaeus* P., lisa *Vulpes vulpes* L., borsuka *Meles meles* L., wydry *Lutra lutra* L., kuny domowej *Martes foina* E., kuny leśnej *Martes martes* L., jenota *Nyctereutes procyonoides* G. (Gryz et al. 2011) oraz szopa pracza *Procyon lotor* L.

(Gryz, Krauze-Gryz 2015). Sarna i lis to najbardziej liczne spośród występujących tu ssaków kopytnych i drapieżnych. Na terenie LZD rejestrowano także obecność udomowionych drapieżników – psa *Canis familiaris* L. i kota *Felis catus* E. (Gryz et al. 2011; Krauze-Gryz et al. 2012; Krauze-Gryz, Gryz 2014).

Na terenie LZD znajdują się dwa przejścia dolne – przejście pod linią kolejową nr 1 relacji Warszawa Zachodnia – Katowice oraz przejście pod drogą krajową nr 72 relacji Rawa Mazowiecka – Łódź.

Przejście pod torami zlokalizowane jest pomiędzy dwoma kompleksami leśnymi (uroczyska Zimna Woda, Wilczy Dół i Doliska). Przejście dolne stanowi betonowy przepust o wysokości 1,3 metra i szerokości 1,8 metra. Ponadto przejście wyposażone jest w półkę o szerokości około 0,5 metra, która umożliwia poruszanie się zwierząt podczas zalania przejścia. Biegająca tu linia kolejowa jest dwutorowa, przeznaczona dla ruchu pasażerskiego i towarowego. Tory kolejowe na odcinku, gdzie zlokalizowane jest przejście, nie są ogrodzone.

Drugie przejście zlokalizowane jest przy uroczysku Rogów pod jednojezdniową drogą z nawierzchnią bitumiczną. Przejście jest zbudowane w formie tunelu z metalowych elementów o wymiarach: 1,5 metra wysokości i 2 metry szerokości. Droga na odcinku gdzie zlokalizowane jest przejście nie jest ogrodzona.

Przejścia o takich parametrach przeznaczone są do użytku małej oraz średniej wielkości zwierząt, takich jak: płazy, gady, jeże (*Erinaceus* spp.), gryznie, ssaki drapieżne – maksymalnie wielkości lisa (Jędrzejewski et al. 2006).

## 3. Metodyka

Do rejestracji ssaków przy szlakach transportowych oraz ssaków przechodzących przez przejścia dolne użyto fotopułapek firmy Reconyx. Na wprost każdego z przejść, w odległości 5 m od wejścia, zainstalowano jedną fotopułapkę, która wykonywała serię trzech zdjęć w przypadku wykrycia ruchu. Fotopułapki zainstalowano na drzewie na wysokości 1 m, aby monitorować całe wejście do przejścia oraz jego najbliższą okolicę. Przy przejściu pod drogą fotopułapka zainstalowana była od 29.02.2016 r. do 14.12.2017 r. W przypadku przejścia pod torami kolejowymi fotopułapka działała od 03.03.2016 r. do 13.12.2017 r.

Dla każdego zdjęcia notowano takie informacje jak: gatunek obserwowanego ssaka, datę i godzinę obserwacji. Zastosowana metoda pozwalała na rejestrację wyłącznie dużych i średniej wielkości ssaków. W pobliżu przejść obserwowano również ludzi – spacerujących samotnie, z psami lub przemierzających się w pojazdach. Wszystkie takie obserwacje sklasyfikowano jako obserwacje człowieka. Psy i koty bez towarzyszących im ludzi były rejestrowane jako odrębna kategoria.

Przeanalizowano jakie gatunki ssaków pojawiały się przy przejściach oraz które z nich korzystały z przejść dla zwierząt. Jako „korzystanie z przejścia” (lub „wykorzystanie przejścia”) zakwalifikowano sytuacje, gdy zwierzę weszło

do przejścia i nie zawróciło lub wyszło z przejścia, zakładając, że weszło z drugiej strony. Sprawdzono też dobowe i miesięczne wykorzystanie przejść przez ssaki. Godziny wschodu i zachodu słońca dla każdego dnia roku przyjęto na podstawie danych dla Łodzi, pozyskanych ze strony: <https://dateandtime.info/pl/citysunrisesunset.php?id=3093133&month=12&year=2017>. Obserwacje prowadzono przez około 22 miesiące (różnica czasu monitoringu dla przejść wynosiła kilka dni), przy czym monitoring tylko raz objął wszystkie miesiące zimowe (styczeń, luty i grudzień), dlatego w celu ujednoczenia wyników zastosowano względny wskaźnik częstości obserwacji wyrażony jako liczba obserwacji na 100 pułapkodni (Rovero, Marshall 2009; Cusack et al. 2015).

#### 4. Wyniki

W czasie badań zarejestrowano łącznie 176 obserwacji ssaków w pobliżu przejścia pod drogą, natomiast 584 obserwacje w przypadku przejścia pod torami. W pobliżu przejść często obserwowano ludzi lub pojazdy (przejście pod drogą – 32 przypadki, przejście pod torami – 221 przypadków). Fotopułapki zarejestrowały obecność czterech gatunków dziko żyjących ssaków przy przejściu pod drogą (sarny, zająca szaraka, lisa, kuny) oraz ośmiu gatunków przy przejściu pod torami (sarny, dzika, zająca szaraka, lisa, jenota, borsuka, kuny, tchórzka zwyczajnego *Mustela putorius* L.). W obu przypadkach zarejestrowano też obecność udomowionych drapieżników (psa i kota) (tab. 1).

**Tabela 1. Liczba wszystkich obserwacji ssaków, w tym ludzi, zarejestrowanych w pobliżu przejść dolnych dla zwierząt oraz wykorzystanie przejść (przypadki przechodzenia przez przejścia) na terenie LZD Rogów w latach 2016–2017**

Table 1. Number of all observations of mammals, incl. humans, registered near underpasses and use of underpasses (cases of animals crossing the structure) in the area of LZD Rogów in 2016–2017

Ssaki Mammals	Przejście pod drogą Crossing structure under the road		Przejście pod torami Crossing structure under the railway	
	N obserwacji N observations			
	wszystkie obserwacje all observations	wykorzystanie przejścia use of underpass	wszystkie obserwacje all observations	wykorzystanie przejścia use of underpass
<b>Sarna</b> / roe deer <i>Capreolus capreolus</i> L.	10	0	117	7
<b>Dzik</b> / wild boar <i>Sus scrofa</i> L.			11	0
<b>Zając szarak</b> / brown hare <i>Lepus europaeus</i> P.	24	4	2	0
<b>Lis</b> / red fox <i>Vulpes vulpes</i> L.	39	11	120	45
<b>Jenot</b> / racoon dog <i>Nyctereutes procyonoides</i> G.			14	11
<b>Borsuk</b> / badger <i>Meles meles</i> L.			33	23
<b>Kuny</b> / martens <i>Martes</i> spp.	3	1	3	2
<b>Tchórz zwyczajny</b> / European polecat <i>Mustela putorius</i> L.			2	1
<b>Kot</b> / cat <i>Felis catus</i> E.	48	24	9	1
<b>Pies</b> / dog <i>Canis familiaris</i> L.	20	7	52	30
<b>Ludzie</b> / people	32	4	221	96
<b>Razem</b> / in total	176	51	584	216

Z obu przejść dolnych – pod drogą i pod torami – najczęściej korzystały psy i koty (łącznie 46% i 51% przypadków przechodzenia przez przejście). Przejście pod drogą nie było wykorzystywane przez ssaki kopytne, natomiast przejście pod torami nie było wykorzystywane tylko przez zające. Ludzie wykorzystywali oba przejścia, natomiast częściej takie przypadki rejestrowano dla przejścia pod torami, niż pod drogą (tab. 1).

Zające wykorzystywały przejście pod drogą w godzinach 14:00–19:00, najczęściej o zmierzchu. Lisy korzystały z przejścia pod drogą w nocy, psy – szczególnie o świcie, natomiast koty najczęściej nocą. Ludzie wykorzystywali przejście pod drogą sporadycznie, jedynie w ciągu dnia (ryc. 1).

Sarny wykorzystywały przejście pod torami głównie w nocy, podobnie jak lisy, borsuki i jenoty. Psy korzystały z przejścia pod torami przez całą dobę, natomiast ludzie w czasie dnia, głównie w godzinach 6:00–12:00 (ryc. 2).

Przejście pod drogą wykorzystywane było przez zające głównie w marcu (4,8 obserwacji/100 pułapkodni). Lisy najczęściej wykorzystywały przejście pod drogą w listopadzie, psy w maju, a koty w październiku (odpowiednio 6,7; 6,5 i 16,1 obserwacji/100 pułapkodni). Najwięcej obserwacji ludzi korzystających z przejścia pod drogą zanotowano w kwietniu (3,3 obserwacji/100 pułapkodni) (ryc. 3A).

W przypadku przejścia pod torami najwięcej obserwacji saren zanotowano w maju, czerwcu i wrześniu (ok. 3 obserwacji/100 pułapkodni). Lisy najczęściej wykorzystywały przejście w kwietniu (26,7 obserwacji/100 pułapkodni), borsuki w marcu i maju (ok. 8 obserwacji/100 pułapkodni), a jenoty w maju (9,7 obserwacji/100 pułapkodni). Psy najczęściej wykorzystywały przejście w sierpniu (14,5 obserwacji/100 pułapkodni). Najwięcej obserwacji ludzi zarejestrowano w maju (30,6 obserwacji/100 pułapkodni). Przypadki wykorzystania przejścia przez ludzi od marca do listopada były częstsze niż przez którykolwiek gatunek ssaka (ryc. 3B).

## 5. Dyskusja

Wykorzystanie przejść przez zwierzęta zależy od różnych czynników, w tym wielkości, lokalizacji przejścia (Rodríguez et al. 1997; Grilo et al. 2008), pory dnia (Gagnon et al. 2011; Mysłajek et al. 2020) i pory roku (Mata et al. 2005).

Monitoring wykazał, że spośród dwóch przejść dolnych zlokalizowanych na terenie LZD Rogów przejście pod drogą było rzadziej wykorzystywane przez ssaki niż przejście pod torami. Prowadzone wcześniej badania pokazują, że zwierzęta chętniej korzystają z przejść pod drogą przy niższym natężeniu ruchu (Clevenger et al. 2001). Natężenie ruchu na drogach kołowych nie wynika z rozkładu jazdy, a w ciągu doby tylko nocą ruch pojazdów na drogach wyraźnie maleje. Z kolei ruch kolejowy jest specyficzny, odbywa się zgod-

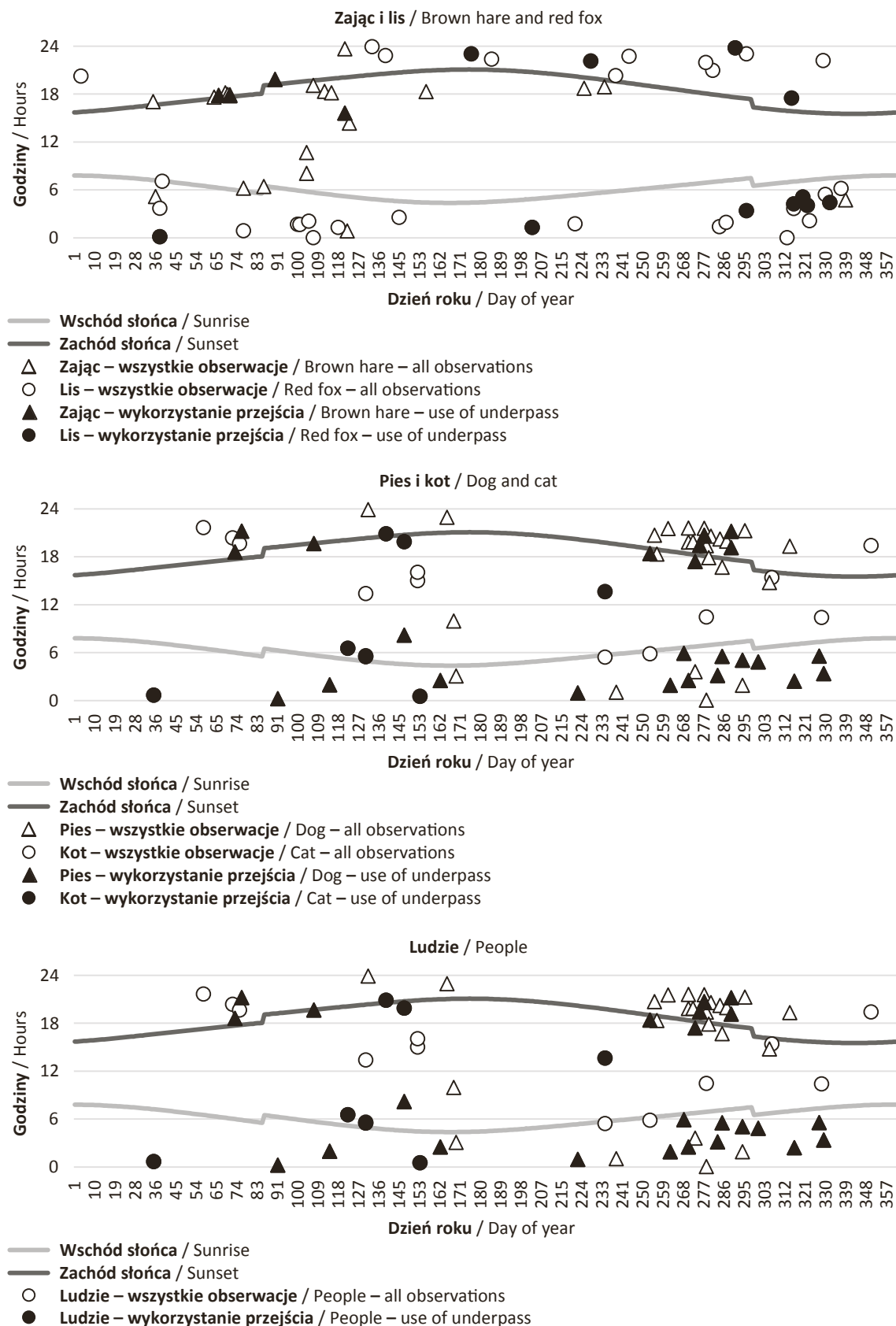
nie z rozkładem jazdy pociągów z często długimi okresami, kiedy po torowisku nie przejeżdża żaden pojazd. Co za tym idzie natężenie ruchu na drogach kołowych jest większe niż na torach kolejowych.

Monitoring przejść wykazał, że ludzie korzystali z przejść dolnych o innych porach niż zwierzęta zarejestrowane w trakcie badań. Psy wykorzystywały przejścia w ciągu całej doby, przy czym najwięcej takich obserwacji zanotowano o świcie. Ludzie korzystali z przejścia pod drogą głównie rano, natomiast z przejścia pod torami przez cały dzień. Dziko żyjące ssaki są aktywne głównie w nocy i również wtedy częściej wykorzystywały przejścia, natomiast człowiek jest aktywny głównie w dzień, stąd rozdział czasowy w wykorzystaniu przejść przez ludzi i dzikie zwierzęta (Mysłajek et al. 2020). Z drugiej strony Clevenger i Waltho (2000) pokazują, że aktywność człowieka może być głównym czynnikiem wpływającym na wykorzystanie przejść dolnych przez zwierzęta. Wykorzystanie przejść przez ludzi, ale też sama aktywność ludzi w pobliżu takich konstrukcji wpływa na wykorzystanie tych konstrukcji przez ssaki drapieżne i kopytne. Jak wykazano, ssaki drapieżne były bardziej wrażliwe na obecność człowieka i unikały przejść kiedy człowiek był aktywny w ich pobliżu. Natomiast ssaki kopytne przyzwyczajały się do obecności człowieka i korzystały z przejść, pomimo aktywności ludzi w ich pobliżu (Clevenger, Waltho 2000).

Nie zaobserwowano wpływu człowieka na wykorzystanie przejść przez zwierzęta w różnych miesiącach. Dziko żyjące zwierzęta bardziej aktywne są w pewnych okresach roku, takich jak ruja czy dyspersja młodych osobników, co łączy się z wędrówkami na większe odległości, a w efekcie powoduje częstsze przekraczanie szlaków transportowych i podnosi ryzyko kolizji z pojazdami (Krauze-Gryz et al. 2017). Najczęściej wykorzystywane przejścia pod torami przez sarny zanotowano późną wiosną oraz jesienią, kiedy zwierzęta te zaczynają tworzyć zimowe ugrupowania (Pielowski 1999). Zające najczęściej wykorzystywały przejścia na wiosnę. Rok w życiu zająca zdominowany jest przez rozród, gdzie ruja rozpoczyna się w styczniu, porody w marcu i trwają naprzemiennie aż do września (Pielowski 1979). W marcu i maju, kiedy zaobserwowano wykorzystanie przejścia przez te zwierzęta, trudno doszukiwać się konkretnego czynnika związanego z ich biologią, który mógłby wpływać na zwiększoną aktywność tego gatunku. Interpretację wyników utrudnia też mała liczba obserwacji tego gatunku. Ssaki drapieżne częściej wykorzystywały przejście pod torami wiosną, w okresie wychowu i karmienia młodych, natomiast przejście pod drogą było wykorzystywane przez dziko żyjące drapieżniki jesienią, w czasie dyspersji młodych osobników (Sumiński et al. 1993).

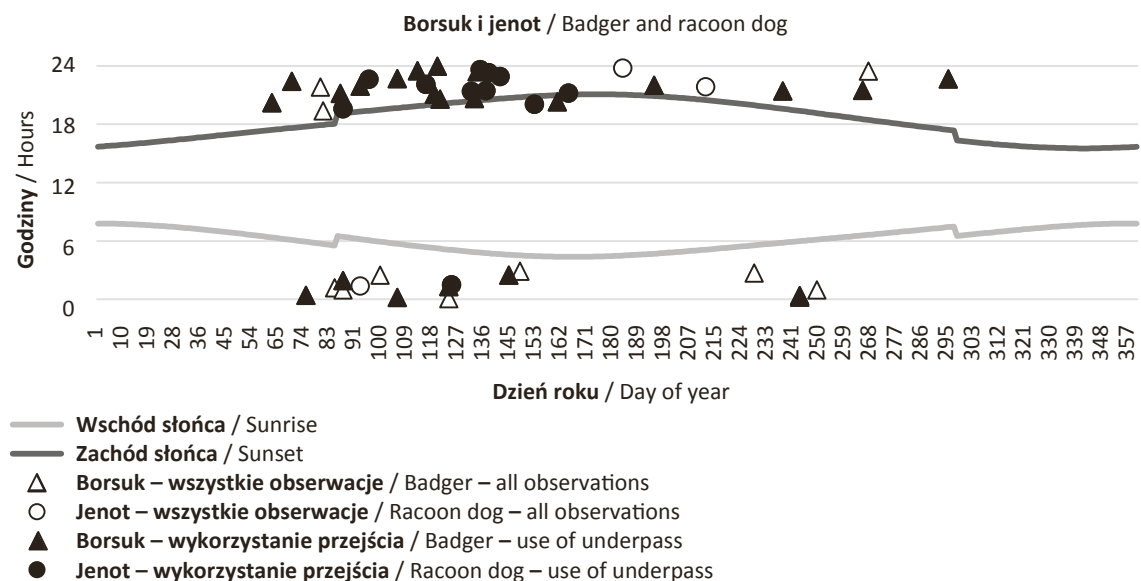
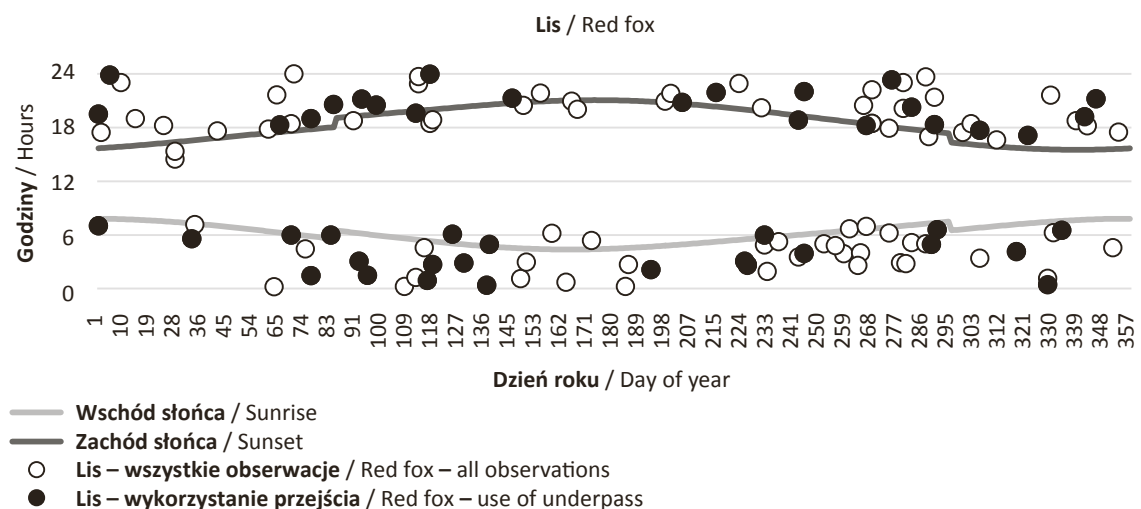
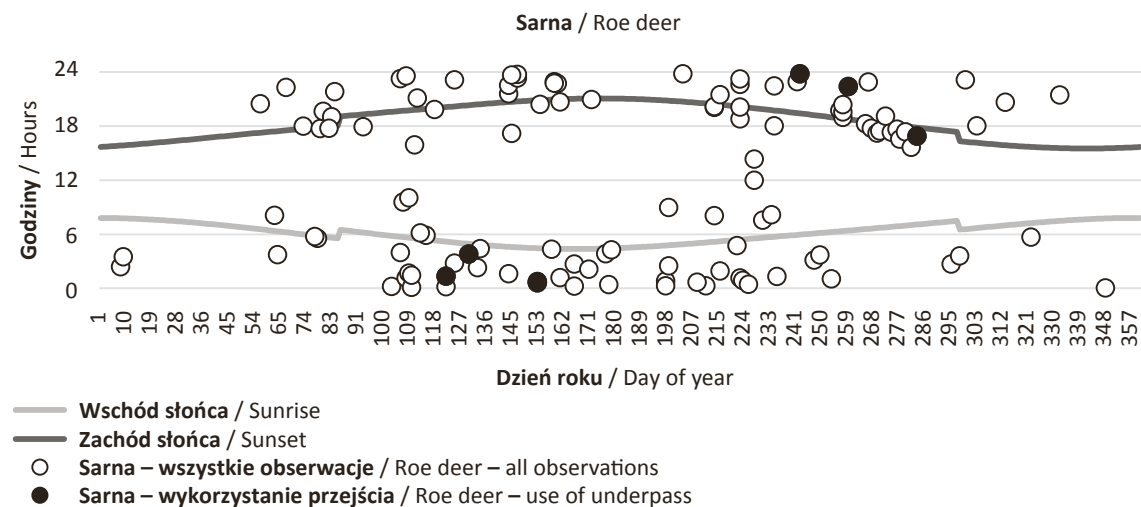
Z monitorowanych w trakcie badań przejść najczęściej korzystały psy i koty, które były także często rejestrowane zarówno przy drodze, jak i przy torach kolejowych.

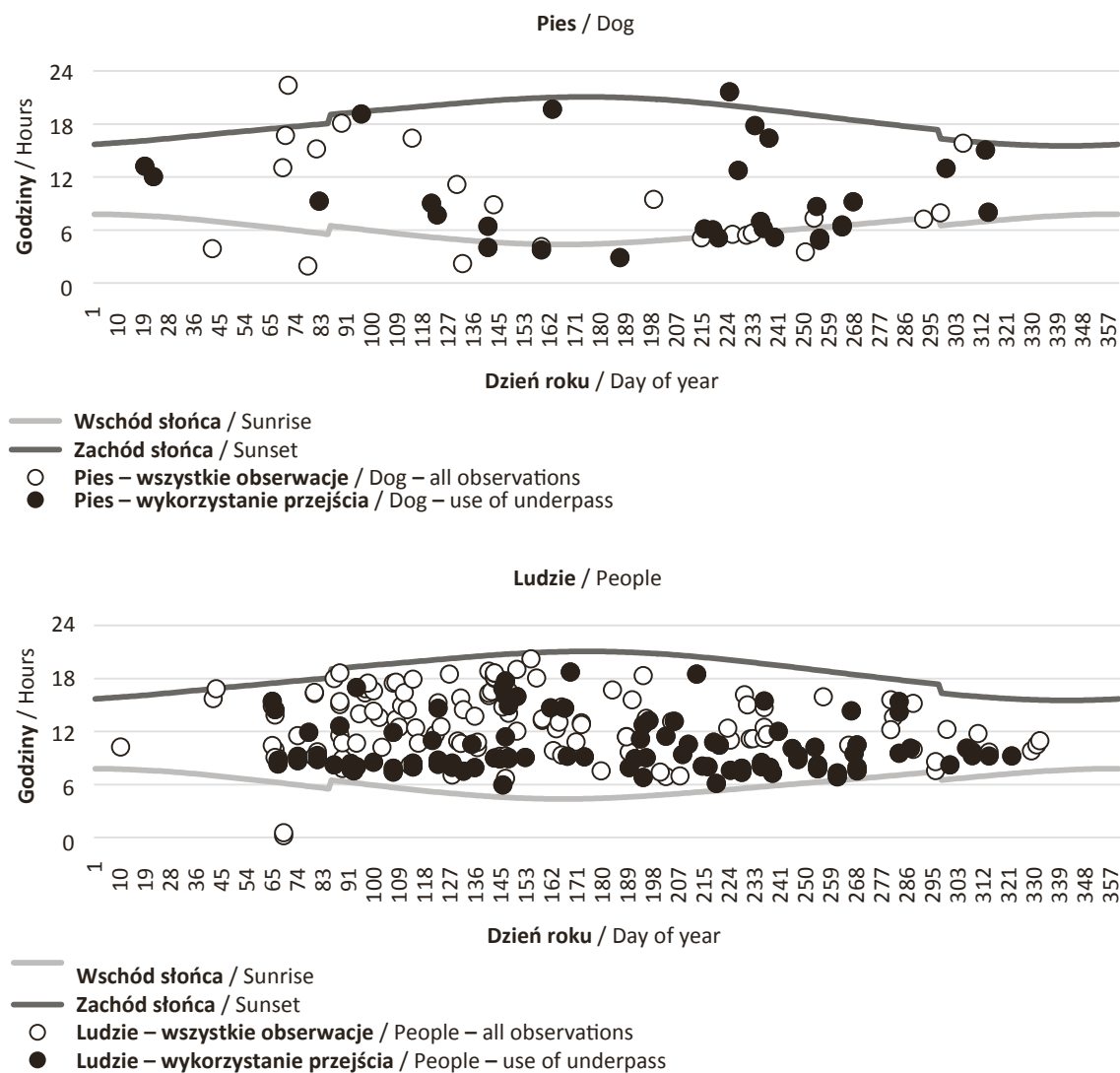




Rycina 1. Dobowe wykorzystanie w ciągu roku przejścia dolnego pod drogą na terenie LZD Rogów przez różne grupy ssaków w tym ludzi w latach 2016–2017

Figure 1. Daily use of underpass under the road during the year by various groups of mammals, incl. humans, in the area of LZD Rogów in 2016–2017





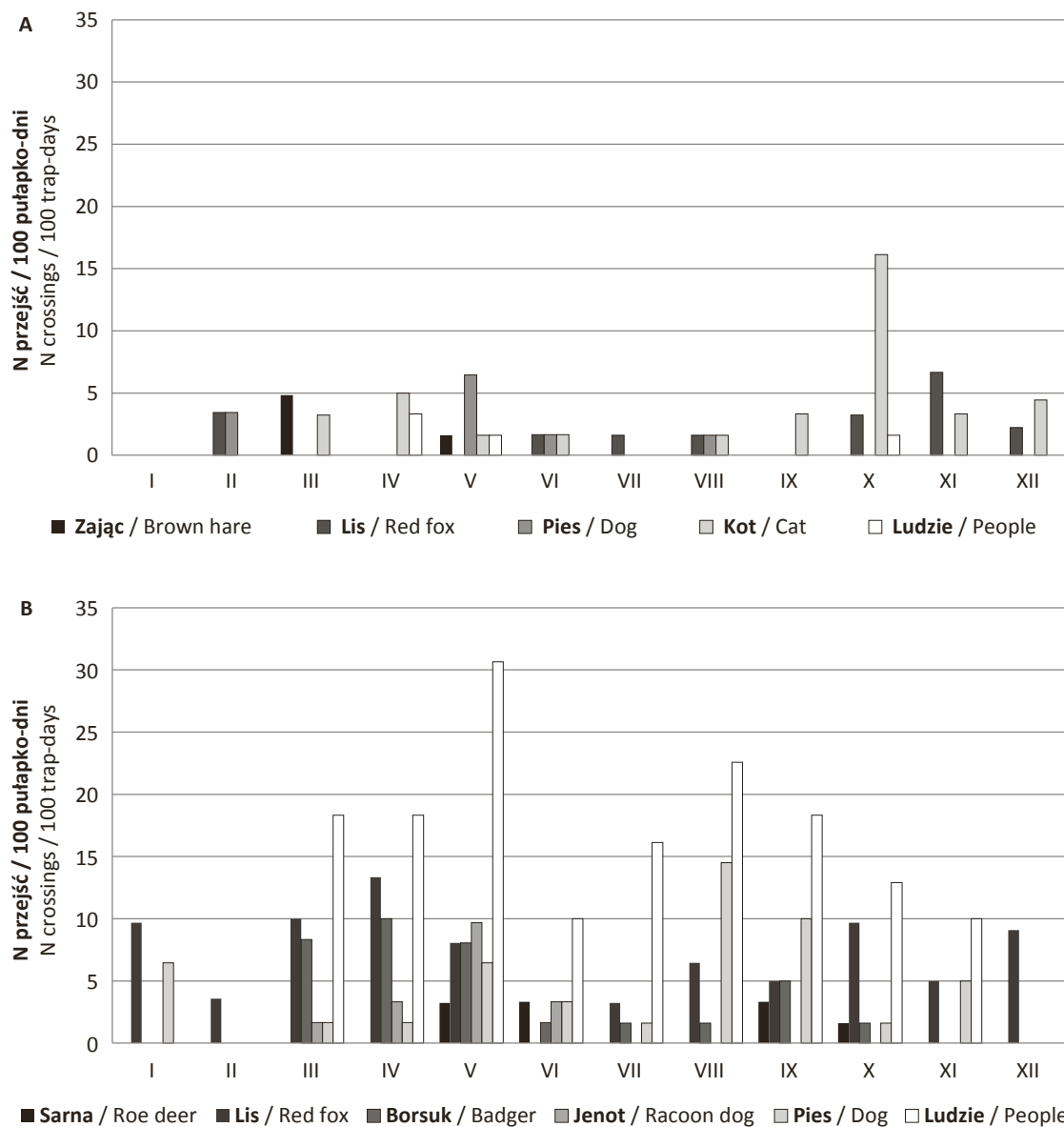
Rycina 2. Dobbwe wykorzystanie w ciągu roku przejścia dolnego pod torami na terenie LZD Rogów przez różne grupy ssaków, w tym ludzi w latach 2016–2017

Figure 2. Daily use of underpass under the railway during the year by various groups of mammals, incl. humans, in the area of LZD Rogów in 2016–2017

Prowadzone wcześniej badania wykazały, że psy i koty są często spotykane na terenie LZD Rogów i intensywnie penetrują cały jego obszar (Krauze-Gryz et al. 2012; Krauze-Gryz, Gryz 2014), wykorzystując w tym celu także przejścia dla zwierząt. Koty wykorzystywały przejście pod drogą głównie w październiku. Wcześniejsze badania prowadzone przez Krauze-Gryz i in. (2012) także wykazały wysoką aktywność kotów jesienią, która wynika prawdopodobnie z dużej liczebności gryzoni. Z kolei psy chętniej wykorzystywały przejście pod torami w sierpniu i wrześniu, natomiast według prowadzonych wcześniej badań, psy najintensywniej penetrowały teren LZD na przełomie zimy i wiosny (Krauze-Gryz et al. 2012; Krauze-Gryz, Gryz 2014). Częste wykorzystanie przejścia

przez psy latem i wczesną jesienią może być związane z okresem wakacji i gromadzeniem się porzuconych psów w okolicy pobliskiego domu studenckiego i Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej.

Na wykorzystanie przejść dolnych przez zwierzęta wpływa wiele czynników, m.in. natężenie ruchu drogowego, pora roku i pora doby, przy czym bardzo ważnym czynnikiem jest także aktywność człowieka. Prowadzony monitoring pokazał, że dzikie ssaki prawdopodobnie korzystały z przejść w okresach związanych z ich większą aktywnością, takich jak ruja i dyspersja młodych. Przejścia były również wykorzystywane przez ludzi, choć w innych godzinach (głównie w ciągu dnia) niż przez dziko żyjące zwierzęta, które korzystały z przejść głównie nocą.



Rycina 3. Wykorzystanie przejść dolnych dla zwierząt pod drogą (A) i pod torami (B) w kolejnych miesiącach na terenie LZD Rogów przez różne gatunki ssaków, w tym ludzi w latach 2016–2017

Figure 3. Use of underpass under (A) the road and under (B) the railway tracks by various groups of mammals, incl. humans, in the subsequent months in the area of LZD Rogów in 2016–2017

## Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

## Źródło finansowania badań i podziękowania

Badania sfinansowano ze środków własnych autorów. Autorzy serdecznie dziękują panu Mariuszowi Hańskiemu za pomoc przy analizie zdjęć z fotopułapek.

## Literatura

Babińska-Werka J., Krauze-Gryz D., Wasilewski M., Jasińska K. 2015. Effectiveness of an acoustic wildlife warning device using

natural calls to reduce the risk of train collisions with animals. *Transportation Research. Part D: Transport and Environment* 38: 6–14. DOI 10.1016/j.trd.2015.04.021.

Benítez-López A., Alkemade R., Verweij P.A. 2010. The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: A meta-analysis. *Biological Conservation* 143(6): 1307–1316. DOI 10.1016/j.biocon.2010.02.009.

Brieger F., Hagen R., Vetter D., Dormann C.F., Storch I. 2016. Effectiveness of light-reflecting devices: A systematic reanalysis of animal-vehicle collision data. *Accident Analysis & Prevention* 97: 242–260. DOI 10.1016/j.aap.2016.08.030.

Clevenger A., Chruszcz B., Gunson K. 2001. Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. *Journal of Applied Ecology* 38(6): 1340–1349. DOI 10.1046/j.0021-8901.2001.00678.x.



- Clevenger A., Waltho N. 2000. Factors Influencing the Effectiveness of Wildlife Underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology* 14(1): 47–56. DOI 10.1046/j.1523-1739.2000.00099-085.x.
- Conover M.R., Pitt W.C., Kessler K.K., DuBow T.J., Sanborn W.A. 1995. Review of human injuries, illnesses, and economic losses caused by wildlife in the United States. *Wildlife Society Bulletin* 23(3): 407–414.
- Cusack J.J., Dickman A.J., Rowcliffe J.M., Carbone C., Macdonald D.W., Coulson T. 2015. Random versus Game Trail-Based Camera Trap Placement Strategy for Monitoring Terrestrial Mammal Communities. *PLoS ONE* 10(5): e0126373. DOI 10.1371/journal.pone.0126373.
- Fahrig L., Rytwinski T. 2009. Effects of roads on animal abundance: An empirical review and synthesis. *Ecology and Society* 14(1): 21. DOI 10.5751/ES-02815-140121.
- Forman R.T.T., Alexander L.E. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 207–231. DOI 10.1146/annur.ev.ecols.ys.29.1.207.
- Gagnon J.W., Dodd N.L., Ogren K.S., Schweinsburg R.E. 2011. Factors associated with use of wildlife underpasses and importance of long-term monitoring. *The Journal of Wildlife Management* 75(6): 1477–1487. DOI 10.1002/jwmg.160.
- Glista D.J., DeVault T.L., DeWoody J.A. 2009. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape and Urban Planning* 91: 1–7. DOI 10.1016/j.landurbplan.2008.11.001.
- Goszczyński J., Gryz J., Krauze D. 2005. Fluctuations of a Common Buzzard *Buteo buteo* Population in Central Poland. *Acta Ornithologica* 40: 75–78. DOI 10.3161/068.040.0102.
- Grilo C., Bissonette J.A., Santos-Reis M. 2008. Response of carnivores to existing highway culverts and underpasses: Implications for road planning. *Biodiversity and Conservation* 17(7): 1685–1699. DOI 10.1007/s10531-008-9374-8.
- Groot Bruinderink G.W.T.A., Hazebroek E. 1996. Ungulate traffic collisions in Europe. *Conservation Biology* 10(4): 1059–1067.
- Gryz J., Krauze D. 2008. Road mortality of vertebrates on the road cross-cutting Biebrza river valley (NE Poland). *European Journal of Wildlife Research* 54: 709–714. DOI 10.1007/s10344-008-0200-0.
- Gryz J., Krauze-Gryz D. 2015. Pierwsze stwierdzenie szopa pracza *Procyon lotor* na terenie Nadleśnictwa Rogów. *Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody* 34(4): 97–98.
- Gryz J., Krauze-Gryz D. 2019. Pigeon and Poultry Breeders, Friends or Enemies of the Northern Goshawk *Accipiter gentilis*? A Long-Term Study of a Population in Central Poland. *Animals* 9: 141. DOI 10.3390/ani9040141.
- Gryz J., Krauze-Gryz D., Lesiński G. 2011. Mammals in the vicinity of Rogów (central Poland). *Fragmenta Faunistica* 54: 183–197.
- Huijser M.P., Duffield J.W., Clevenger A.P., Ament R.J., McGowen P.T. 2009. Cost-benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with large ungulates in the United States and Canada: A decision support tool. *Ecology and Society* 14(2): 15.
- Iuell B., Bekker G.J., Cuperus R., Dufek J., Fry G., Hicks C., Hlaváč V., Keller V., Rosell C., Sangwine T., Trøsløv N., le Wandall Maire B. 2003. Wildlife and traffic: a European handbook for identifying conflicts and designing solutions. KNNV Publishers, Utrecht, 176 s. ISBN 978-90-5011-186-7.
- Jasińska K.D., Bijak S., Child K.N., Rea R.V. 2020. Wzorce czasowe kolizji łośi z pociągami na terenie Kolumbii Brytyjskiej i ich wpływ na metody zapobiegające takim zdarzeniom. *Sylwan* 164(1): 32–40. DOI 10.26202/sylwan.2019135.
- Jasińska K.D., Żmihorski M., Krauze-Gryz D., Kotowska D., Werka J., Piotrowska D., Pärt T. 2019. Linking habitat composition, local population densities and traffic characteristics to spatial patterns of ungulate–train collisions. *Journal of Applied Ecology* 56: 2630–2640. DOI 10.1111/1365-2664.13495.
- Jędrzejewski W., Nowak S., Kurek R., Mysłajek R.W., Stachura K. 2006. Zwierzęta a drogi. Metody ograniczania negatywnego wpływu dróg na populacje dzikich zwierząt. Zakład Badań Ssaków PAN, Białowieża, 94 s. ISBN 83-907521-7-4.
- Krauze-Gryz D., Gryz J. 2016. Evaluation of a new wildlife overpass on S7 expressway (central Poland). *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW* 94: 224–230.
- Krauze-Gryz D., Gryz J. 2014. Free-ranging domestic dogs (*Canis familiaris*) in Central Poland: density, penetration range and diet composition. *Polish Journal of Ecology* 62: 183–193. DOI 10.3161/104.062.0101.
- Krauze-Gryz D., Gryz J., Goszczyński J., Chylarecki P., Żmihorski M. 2012. The Good, the Bad and the Ugly: space use and intraguild interactions among three opportunistic predators – cat *Felis catus*, dog *Canis familiaris* and fox *Vulpes vulpes* – under human pressure. *Canadian Journal of Zoology* 90: 1402–1413. DOI 10.1139/cjz-2012-0072.
- Krauze-Gryz D., Żmihorski M., Jasińska K., Kwaśny L., Werka J. 2017. Temporal pattern of wildlife–train collisions in Poland. *Journal of Wildlife Management* 81(8): 1513–1519. DOI 10.1002/jwmg.21311.
- Kusiak L., Hamerslag D. 2003. Together on the road to a mobile, safe and accessible Limburg. Rijkswaterstaat Limburg, Maastricht, The Netherlands za van der Grift E.A., van der Ree R., Fahrig L., Findlay S., Houlahan J., Jaeger J.A.G., Klar N., Madriñan L.F., Olson L. 2013. Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. *Biodiversity Conservation* 22: 425–448. DOI 10.1007/s10531-012-0421-0.
- Meijer J.R., Huijbregts M.A.J., Schotten K.C.G.J., Schipper A.M. 2018. Global patterns of current and future road infrastructure. *Environmental Research Letters* 13: 064006. DOI 10.1088/1748-9326/aab4d2.
- Mysłajek R.W., Olkowska E., Wronka-Tomulewicz M., Nowak S. 2020. Mammal use of wildlife crossing structures along a new motorway in an area recently recolonized by wolves. *European Journal of Wildlife Research* 66: 79. DOI 10.1007/s10344-020-01412-y.
- Pielowski Z. 1979. Zając. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 153 s. ISBN 83-09-00-073-1.
- Pielowski Z. 1999. Sarna. Oficyna Edytorska “Wydawnictwo Świat”, Warszawa, 142 s. ISBN 83-85597-71-9.
- Rodríguez A., Crema G., Delibes M. 1997. Factors affecting crossing of red foxes and wildcats through non-wildlife passages across a high-speed railway. *Ecography* 20: 287–294. DOI 10.1111/j.1600-0587.1997.tb00373.x.
- Rovero F., Marshall A.R. 2009. Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. *Journal of Applied Ecology* 46: 1011–1017. DOI 10.1111/j.1365-2664.2009.01705.x.
- Rytwinski T., Soanes K., Jaeger J.A.G., Fahrig L., Findlay C.S., Houlahan J., van der Ree R., van der Grift E.A. 2016. How Effective Is Road Mitigation at Reducing Road-Kill? A Meta-

- Analysis. *PLoS ONE* 11(11): e0166941. DOI 10.1371/journal.pone.0166941.
- Sumiński P., Goszczyński J., Romanowski J. 1993. Ssaki drapieżne Europy. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 296 s. ISBN 83-09-01483-X.
- Trombulak S.C., Frissell C.A. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14(3): 18–30. DOI 10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x.
- van der Grift E.A. 2005. Defragmentation in the Netherlands: a success story? *Gaia* 14(2): 144–147.

### **Wkład autorów**

K.J. – opracowanie danych, pisanie artykułu; J.G. – koncepcja, opracowanie metodyki, badania terenowe; D.K-G – opracowanie danych, pisanie artykułu.