Korzystanie z przejść dla dzikich zwierząt przez średnie i duże ssaki

Bertram Georgii[1], Elke Peters-Ostenberg[2], Michael Henneberg[3] & Felix Knauer[4]

[1]VAUNA e.V. Ludwig Lang Straße 12D-82487 Oberammergau, e-mail: b.georgii@t-online.de; [2]University of Rostock, Justus-v.-Liebig-Weg 6, D-18051 Rostock, elke.ostenberg@uni-rostock.de; [3]University of Rostock, Justus-v.-Liebig-Weg 6, D-18051 Rostock, michael.henneberg@ uni-rostock.de; [4]Arbeitsbereich für Wildtierökologie und Wildtiermanagement, Forstzoologisches Institut, Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften, Universität Freiburg, Tannebaner Strasse 4, 79106 Freiburg, felix.knauer@wildlife.uni-freiburg.de

Streszczenie. Przedmiotem badań przeprowadzonych zimą i wiosną 2004 i 2005 roku było korzystanie przez średnie i duże ssaki z 20 przejść górnych dla zwierząt (zielonych mostów) i 23 przejść dolnych (10 wiaduktów, 6 przejść przez rzeki lub przepustów, 7 przejść dolnych), jak również około 24 przejść dolnych dla małych ssaków, a także kilku przejść nieprzeznaczonych dla dzikich zwierząt. Badanie przeprowadzono na trzech autostradach, trzech drogach szybkiego ruchu i trzech głównych drogach krajowych w południowych Niemczech (Baden-Württemberg) i na jednej autostradzie w północnych Niemczech (Mecklenburg-Vorpommern). Wśród obserwowanych zwierząt były: jeleń szlachetny, daniel, sarna, dzik, zając europejski, lis, szop, borsuk, kuna domowa (jak również kuna leśna i tchórz) oraz wydra. Wyniki badań wykazują, że zielone mosty i większe wiadukty były używane najintensywniej (przez około 85% wszystkich zarejestrowanych zwierząt). Z mniejszych przejść przez rzeki, przepustów i przejść dolnych dla małych ssaków korzystało tylko 15% wszystkich zarejestrowanych zwierząt. Udział lisa, zająca i sarny stanowił około 72% (zapis wideo) i 89% (ślady) wszystkich przekroczeń zwierząt. Stosując różne analizy regresji wielokrotnej udowodniono, że osiem spośród około 28 niezależnych zmiennych ma w kilku przypadkach istotny wpływ na korzystanie z zielonych mostów przez badane gatunki: szerokość wykazała korelację pozytywną, natomiast długość i wiek mostów, wielkość powierzchni zalesionej na mostach, hałas, działalność człowieka, liczba dróg prowadzących do mostów i budynków w ich bezpośrednim sąsiedztwie wykazują korelację negatywną. Badany efekt bariery drogowej wydaje się być wystarczająco łagodzony przez budowle służące zwierzętom do przekraczania infrastruktury, chociaż wskaźnik przekraczania jest znacznie niższy niż przed budową drogi.

Słowa kluczowe: autostrady, drogi szybkiego ruchu, ssaki, wykorzystanie przejść dla zwierząt, Baden-Württemberg, Mecklenburg-Vorpommern

1. Wstęp

W ostatnich dwóch lub trzech dziesięcioleciach, w Europie większość rządowych agencji ochrony środowiska i ruchu drogowego oraz organizacji pozarządowych coraz bardziej uświadamia sobie wpływ dróg na dzikie zwierzęta (Bright 1993; Bennet 1997; Trombulak & Fissel 2000; Forman i in. 2002; Trocmé i in. 2003). Znaczne postępy w zrozumieniu tych oddziaływań i rozwój odpowiednich rozwiązań doprowadziły do powstania licznych podręczników, omawiających środki łagodzące wpływ dróg na dziką przyrodę (SETRA 1993; Hlavač & Andel 2002; Iuell i in. 2003; Carsignol i in. 2005; Iuell 2005; FGSV w przyg., itd.).

W międzyczasie większość krajów europejskich zrealizowała przejścia dla dzikich zwierząt, przynajmniej przy większych autostradach i drogach szybkiego ruchu. Niewiele jest jednak badań oceniających skuteczność różnego typu przejść dla fauny (Clevenger & Waltho 2005; Hardy

i in. 2003) lub ich wyniki są błędne z powodu pomijania maskującego wpływu nakładających się zmiennych (lokalizacja, rozmiar, konstrukcja, wiek, aktywność, hałas drogowy, przyzwyczajenie się zwierząt). Ponadto, większość badań skupiała się tylko na konkretnych przejściach dolnych lub górnych, a nie na porównaniu różnych typów przejść.

W ciągu ostatnich trzech lat w Niemczech przeprowadzono badanie, mające na celu ocenę wykorzystania różnych typów przejść górnych i dolnych (zarówno dla dzikich zwierząt jak i nieprzeznaczonych dla nich) przez średnie i duże ssaki (trzy dodatkowe badania dotyczyły koszatki, borsuka i nietoperzy; Herrmann 2006; Müller-Stieß 2006; Bach & Müller-Stieß 2006; pełny raport można znaleźć w Georgii i in. 2006). Badania były finansowane przez Federalne Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Urbanizacji, jak również agencje transportu kilku samorządów regionalnych. Wyniki wskazują na to, że tylko zielone mosty i większe wiadukty były używane intensywnie. W przypadku zielonych mostów, udowodniono istotne znaczenie statystyczne pewnych zmiennych, np. hałasu, aktywności ludzkiej i struktury roślinności.

2. Obszar i metody badań

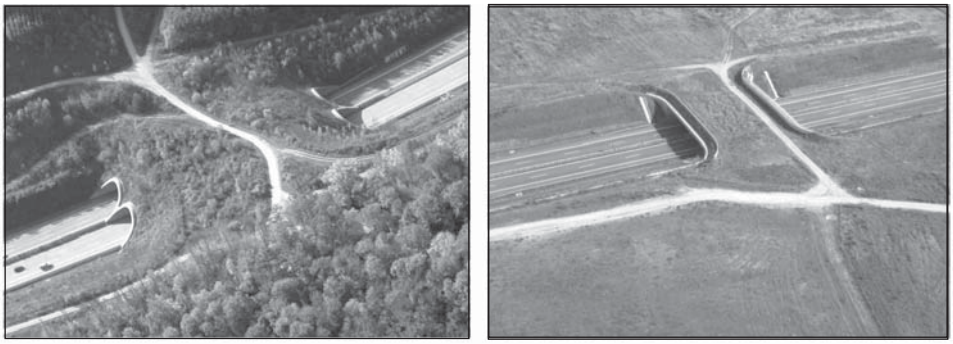
Jedną część badań przeprowadzono w południowych Niemczech (Baden-Württemberg) na trzech autostradach (A8, A96, A98), trzech drogach szybkiego ruchu (B31neu, B33neu, B464) i trzech głównych drogach krajowych (L113neu, L1100, L1207). Drugim obszarem badań był odcinek autostrady A20 w północnych Niemczech (Mecklenburg-Vorpommern). Obydwa obszary różnią się pod względem krajobrazowym (rys. 1): pierwszy jest terenem pagórkowatym, z małą mieszaniną łąk, pól i lasów, zaś drugi składa się głównie z wielkich obszarów rolniczych z niewielką ilością lasów. Do ważnych gatunków średnich lub dużych ssaków w obydwu rejonach należą: sarna (*Capreolus capreolus*), dzik (*Sus scrofa*), zając europejski (*Lepus europaeus*), lis (*Vulpes vulpes*), borsuk (*Meles meles*), szczególnie zaś kuna domowa (*Martes foina*), kuna leśna (*Martes martes*) i tchórz (*Mustela putorius*), szop (*Nyctereutes procyonoides*); w rejonie A20 również jeleń szlachetny (*Cervus elaphus*), daniel (*Dama dama*) i wydra (*Lutra lutra*). Wydra, tchórz i kuna leśna są gatunkami zagrożonymi (według czerwonej księgi dla Niemiec).

Średnia gęstość dróg w Badenii-Württembergii jest prawie dwukrotnie wyższa (0,78 km/km^2) niż w Mecklenburgii-Vorpommern (0,43 km/km^2). Natężenie ruchu na badanych drogach waha się od około 1700 do ponad 63000 pojazdów na dobę. Wszystkie autostrady i drogi szybkiego ruchu są ogrodzone, z wyjątkiem głównych dróg krajowych. Badaniem objęto 20 zielonych mostów, 10 wiaduktów, 7 przejść dolnych dla dużych zwierząt, około 20 przejść dolnych dla małych ssaków, 6 przepustów i przejść przez rzeki (rys. 2 i tab. 1) jak również przejścia górne i dolne nieprzeznaczone dla zwierząt (a wykorzystywane przez rolników, leśników lub pracowników dróg publicznych, n=38). Wiek tych obiektów waha się od trzech do szesnastu lat i odpowiada wiekowi dróg. Roślinność na zielonych mostach lub pod wiaduktami zmienia się od łąki, przez otwarty teren porośnięty krzewami, do pełnego zalesienia. Większość przejść obejmuje drogi żużlowe (w pewnych przypadkach również brukowane), używane przez ludzi.



Rys. 1. Zdjęcia lotnicze pokazujące typowe krajobrazy w regionie Baden-Württemberg (u góry) i Mecklenburg-Vorpommern (u dołu). Google Earth

Zielone mosty



Wiadukty

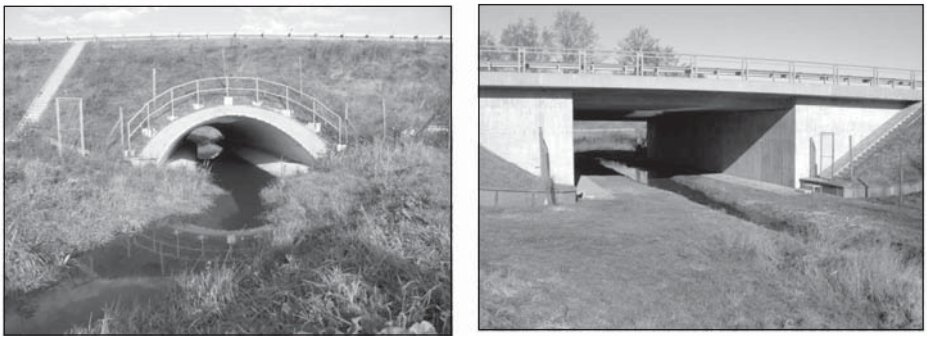


Duże przejścia dolne dla ssaków

Małe przejście dolne dla ssaków



Przepust i przecięcie drogi z rzeką



Rys. 2. Przykłady różnego typu badanych przejść dla zwierząt

Tabela 1. Główne typy przejść dla zwierząt uwzględnione w badaniach

typ przejścia	ilość (szt.)	szer.[1] (m)	wys. (m)	długość (m)	roślinność
zielone mosty (gb)	20	23-201	-	23-120	ubogie łąki, pełne zalesienie, mieszanki
wiadukty (vd)	10	58-440	5,5-55	*	nagie podłoże, głównie łąki, miejscami zalesienie
duże przejścia dolne ssaków (lu)	7	6-44	2,4-8	45-95	nagie podłoże, miejscami łąki
przepusty[2] (cu)	6	3,2-15	1,8-4,3	35-68	głównie nagie podłoże
małe przejścia dolne ssaków[2] (su)	20	0,8-2,0	0,8-2,0	35-55	nagie podłoże

Objaśnienia: [1]z perspektywy zwierząt (między ogrodzeniami lub murami); [2]w kształcie kolistym i okienka; *równy z drogą; (gb) i inne - skróty używane na wykresach

Przekraczanie dróg przez zwierzęta monitorowaliśmy przy użyciu kamer w podczerwieni, zapisując co najmniej cztery noce w marcu lub kwietniu 2004 i 2005 (na zielonych mostach i przy przejściach dolnych dla zwierząt) oraz zliczając ślady w ciągu co najmniej pięciu dni od grudnia do lutego w tychże latach (przy wszystkich przejściach). W pewnych przypadkach instalowano również podkłady z piaskiem oraz kamery cyfrowe (Cuddeback®, DeerCam®). Intensywność wykorzystania przejść zdefiniowaliśmy jako liczbę zwierząt z każdego gatunku na zapisach wideo każdej nocy lub liczbę śladów w śniegu na dobę. Dane dotyczące obserwowanych gatunków w pobliżu dróg były gromadzone na podstawie wywiadów z myśliwymi, leśnikami i innymi osobami znającymi dobrze lokalną sytuację, ponieważ szacunkowe określenie populacji w terenie byłoby zbyt czasochłonne i trudne do sfinansowania. Intensywność wykorzystania poboczy przez gatunki była zapisywana poprzez monitorowanie śladów wzdłuż transektów (odległość do krawędzi drogi lub ogrodzenia około dziesięć metrów).

Wykorzystując analizę regresji wielokrotnej (Zar 1999), zbadaliśmy wpływ 28 (sarna: 29) niezależnych zmiennych na korzystanie przez gatunki z 20 zielonych mostów (zmienne przedstawiono w tabeli 1 i 2 i dodatkowo np. lokalizację przejść, odległość od zarośli/lasu, itd.). Dla innych przejść, liczba zmiennych była zbyt mała lub wykorzystanie przez zwierzęta zbyt rzadkie by można je było opracować statystycznie. Używaliśmy modeli obejmujących całe grupy ssaków, jak również modele dotyczące tylko sarny, lisa i zająca (trzy najczęściej spotykane gatunki). Różnice pomiędzy średnimi wartościami były testowane za pomocą prostych lub sparowanych t-testów (Zar 1999), natomiast problemy wykorzystania struktur roślinnych poprzez analizę składowych (Aebischer i in. 1993). W pewnych przypadkach wyniki regresji wyjaśniają różnice w intensywności przekraczania przez zwierzęta przejść, z relatywnie wysokimi wartościami R^2 (0,56 to 0,86).

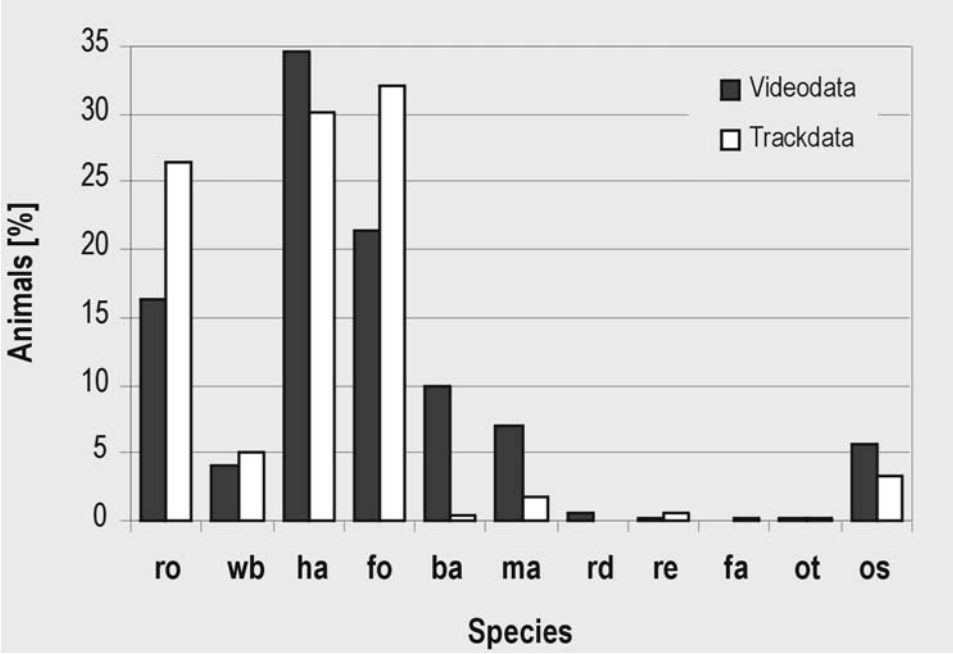
Dane gromadzono w latach 2004 i 2005; dla niektórych zielonych mostów dostępne są również dane z lat 1994 i 1995.

3. Wyniki

3.1. Gatunki

W sumie, w ciągu 117 nocy, w których wykonywano nagrania wideo i 43 dni śledzenia śladów, zapisaliśmy łącznie odpowiednio 1441 i 2126 zwierząt przekraczających różne typy przejść. Przejścia lisa, zająca i sarny stanowiły około 72% (zapis wideo) i 89% (ślady) wszystkich przekroczeń zwierząt (rys. 3). Kolejne, najczęściej obserwowane na przejściach zwierzęta to: borsuk,

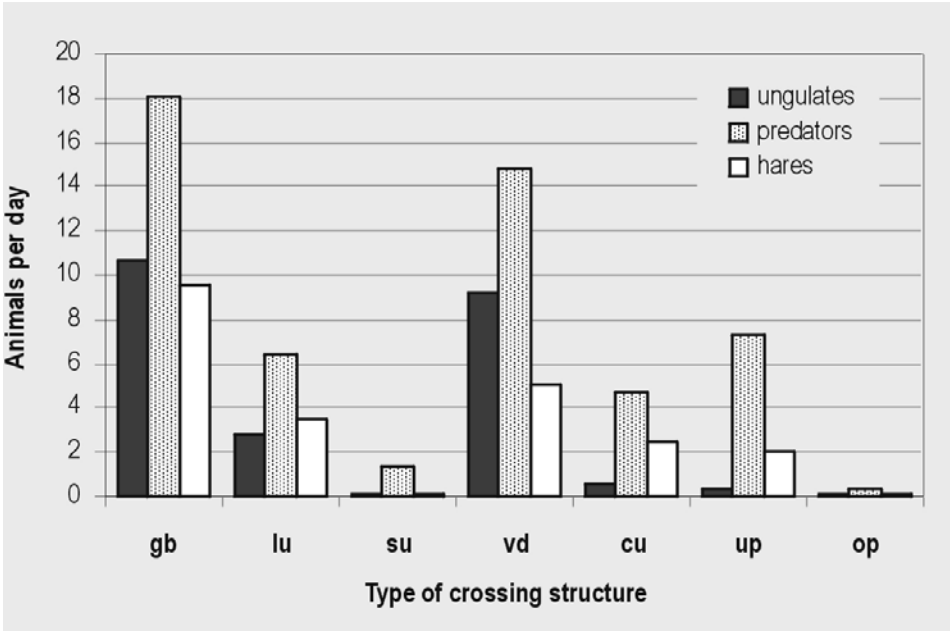
kuna (leśna i domowa, nie dokonano rozróżnienia pomiędzy tymi gatunkami) i dzik. Jeleń szlachetny, daniel, wydra i tchórz stanowiły tylko 2-3% wszystkich zarejestrowanych gatunków. Kategoria „inne" obejmuje głównie kota domowego.



Rys. 3. Sarna (ro), dzik (wb), zając (ha), lis (fo), borsuk (ba), kuna (ma), szop (rd), jeleń (re), daniel (fa), wydra (ot) i inne ssaki (os) – procent wszystkich obserwowanych zwierząt (re, fa, ot żyją tylko na powierzchni A20)

3.2. Wykorzystanie przejść różnego typu

Analizując zapis wideo i dane ze śladów stwierdzamy, że zarówno zielone mosty jak i wiadukty były przejściami najintensywniej wykorzystywanymi przez badane gatunki (rys. 4), mimo, iż wiadukty są budowane w innych celach. Nieoczekiwanym okazało się tylko umiarkowane korzystanie przez duże ssaki kopytne z przejść dolnych, chociaż te zostały zbudowane specjalnie dla tych gatunków. Z drugiej strony, wykorzystanie wszystkich przejść dolnych pokazuje, że drapieżniki (lis, borsuk, kuna, wydra) i w pewnych przypadkach również zające nie miały problemu z używaniem nawet najmniejszych przejść. W sytuacji, gdy kopytne korzystały z zielonych mostów głównie w celu przekraczania drogi, to zając, borsuk i lis używają je również jako żerowisko, a także zaobserwowano, że zostawiają one tam znaki zapachowe lub znaczą teren moczem.



Rys. 4. Wykorzystanie siedmiu typów przejść przez badane grupy gatunków:
Objaśnienia: ungulates – kopytne, predators – drapieżne i hares – zające; gb – zielone mosty, lu – duże przejścia dolne dla ssaków, su – małe przejścia dolne dla ssaków, vd – wiadukty, cu – przepusty, up – dolne przejścia nie przygotowane dla zwierząt, op – górne przejścia nie przygotowane dla zwierząt; na osi Y podano liczbę zwierząt/dzień

3.3. Wpływ cech konstrukcyjnych i środowiskowych zielonych mostów na ich wykorzystanie przez ssaki

W przypadku zielonych mostów, zebrana próba była wystarczająco duża do opracowania metodami statystycznymi. W przypadku 8 spośród 28 niezależnych zmiennych okazało się, że mają one istotny wpływ na wykorzystanie zielonych mostów przez badane gatunki (tab. 2).

3.3.1. Wiek

W przypadku danych z nagrań wideo, analiza regresji pokazała, że wiek zielonych mostów jest znaczącym czynnikiem wyjaśniającym wykorzystanie zielonych mostów przez wszystkie z obserwowanych gatunków ssaków ($p=0,016$): im młodsze były budowle, tym rzadziej były wykorzystywane przez zwierzęta. Potwierdziły to również tego typu dane na temat lisa ($p=0,004$). Z drugiej strony, istnieje silna korelacja pomiędzy wiekiem i wielkością powierzchni zalesionych na zielonych mostach ($r=0,802$): im starsze mosty, tym większa ich powierzchnia jest porośnięta lasem. Analiza regresyjna pokazała, że wpływa to na zależne od wieku wykorzystanie przejść górnych, ponieważ większy obszar zalesiony powoduje to, że mniej zwierząt przekracza zielone mosty ($p<0,001$).

Może to zniwelować efekt wieku tak dalece, że brak rozpoznawalnej różnicy pomiędzy wcześniejszymi i późniejszymi danymi dotyczącymi wydajności przejść. Okazało się to sprawą oczywistą, gdy porównaliśmy bieżące dane z danymi z lat 1994/95 dla tych samych siedmiu zielonych mostów (rys. 5). Niezależnie od dziesięciu lat różnicy w rozwoju roślinności, istnieje znacząca korelacja w liczbie przejść gatunków w latach 1994/95 i 2004/05 ($r=0,905$, $p<0,005$).

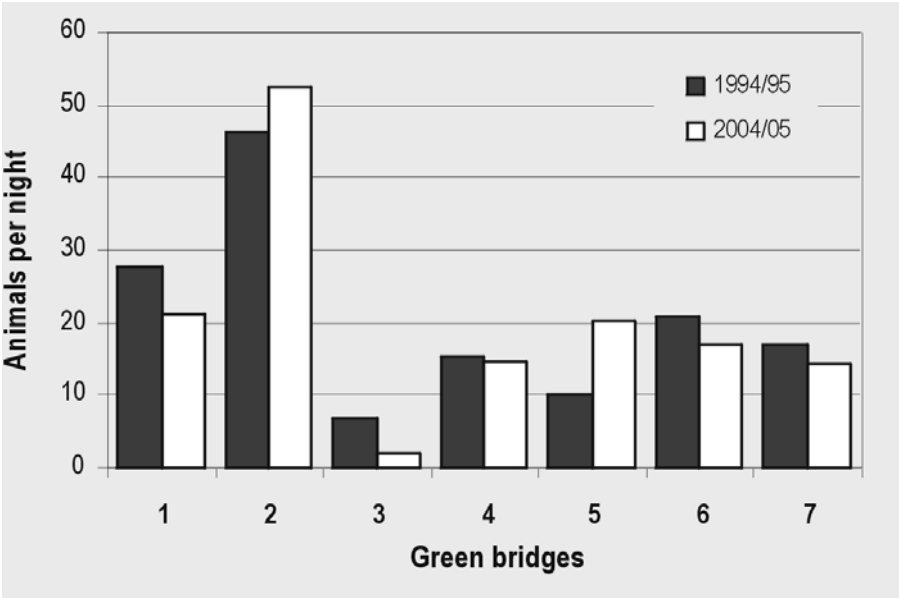
Tabela 2. Osiem spośród 28 zmiennych niezależnych mających istotny wpływ na wykorzystanie zielonych mostów przez średnie i duże ssaki (określonych na podstawie analizy regresji wielokrotnej); wszystkie pozostałe zmienne nie mają istotnego znaczenia statystycznego. Ranga opiera się na sumie kwadratów tych zmiennych (znaczenie relatywne).

Atrybuty	Dane z video			
	Beta	SE	P	Ranga
wszystkie gatunki	$R^2 = 0,56$			
gb_wiek[1]	-0,552	0,063	0,000	1
gb_las[2]	-0,042	0,007	0,000	2
anth_wykorzystanie[3]	-0,579	0,233	0,038	3
sarna	$R^2 = 0,76$			
road_liczba[3]	-0,722	0,235	0,013	1
gb_długość[4]	-0,040	0,014	0,020	2
build_środow.[5]	-0,149	0,074	0,074	3
lis	$R^2 = 0.65$			
gb_wiek[1]	-0,203	0,054	0,004	1
anth_wykorzystanie[3]	-0,804	0,301	0,023	2
Atrybuty	Dane ze śladów			
	Beta	SE	P	Ranga
wszystkie gatunki	$R^2 = 0,86$			
build_ środow. [5]	-0,086	0,027	0,009	1
road_liczba[6]	-0,449	0,147	0,012	2
gb_szerokość[7]	0,007	0,002	0,015	3
gb_hałas[8]	-0,041	0,017	0,040	4

[1]data budowy (1989, 1990, …); [2]wielkość zalesionej powierzchni na zielonych mostach (% całkowitej powierzchni); [3]liczba ludzi lub samochodów w ciągu doby w trzech kategoriach (1, 2, 3); [4]od wejścia do wyjścia; [5]liczba budynków w środowisku otaczającym zielone mosty; [6]liczba wybrukowanych lub niewybrukowanych dróg na zielonym moście; [7]w metrach między ogrodzeniami; [8]dB(A) w środku zielonych mostów

3.3.2. Roślinność i inne cechy strukturalne

Odmienny rodzaj wpływu roślinności, jak również innych struktur uwidocznił się, gdy porównaliśmy wykorzystanie różnych właściwości strukturalnych na zielonych mostach, takich jak powierzchnie zalesione, łąki, drogi i nasypy ziemne na obrzeżach. Tak więc, przykładowo, zwierzęta używały otwartych powierzchni zielonych mostów częściej zaś obszarów zalesionych rzadziej, niż można by oczekiwać z udziału procentowego tych struktur. Szczególnie zające, borsuki i lisy wolały wędrować po drogach żużlowych. Analiza składowa tych danych wskazała na wyraźne uszeregowanie preferencji różnych struktur ($p=0,0073$): części otwarte > drogi żużlowe > części zalesione > nasypy ziemne.



Rys. 5. Porównanie wykorzystania siedmiu zielonych mostów, [greenbridges] przez zwierzęta, badanego przy pomocy kamery video w latach 1994/95 i 2004/05. Na osi rzędnych podano liczbę zwierząt zarejestrowanych w ciągu nocy.

3.3.3. Szerokość

Pfister i in. (1997, 1999) byli pierwszymi, którzy wykazali, że intensywność wykorzystania zielonych mostów przez średnie i duże ssaki wzrasta wraz ze wzrostem szerokości budowli. W bieżącym badaniu można to było potwierdzić za pomocą analizy regresji kilku zmiennych przy użyciu danych ze śladów dla wszystkich gatunków (p=0,015, ale nie zapisów wideo). Gdy wykorzystywano dane ze śladów tylko saren, zauważono interesującą rzecz: ten gatunek wyjątkowo negatywnie reagował również na długość zielonych mostów (p=0,020).

Wydaje się, że istnieje również zależność pomiędzy intensywnością wykorzystania i szerokością także dla wszystkich innych przejść, jednak nie ma ona znaczenia statystycznego.

3.3.4. Hałas uliczny

Od dawna hałas uliczny uznawany jest za czynnik, który sprawia, że ptaki i ssaki unikają siedlisk w pobliżu dróg (Trocmé i in. 2003), jednak badania mierzące ten efekt są niewystarczajace. W ramach tego studium mierzyliśmy hałas na zielonych mostach i na brzegach dróg za pomocą ręcznych mierników natężenia dźwięku (Integrating Impulse Sound Level Meter, Typ 2226, Brüel & Kjaer, Dania) ze szczególnym uwzględnieniem nieregularnych skoków natężenia dźwięku (np. wyjątkowo hałaśliwe pojazdy szybkobieżne, ciężarówki). Z powodu wyciszającego efektu nasypów ziemnych lub ekranów na przejścia górne, te szczytowe wartości hałasu ulicznego były o około 17 do 39 dB(A) niższe niż na brzegu drogi (73-78 dB).

Zastosowanie analizy regresji do danych ze śladów wszystkich badanych gatunków pokazało, że cichsze zielone mosty były używane znacznie intensywniej niż głośniejsze (p=0,040). Zapis wideo pokazał, że ta relacja była tylko prawie znacząca (p=0,070).

3.3.5. Obecność ludzi

Większość zbadanych budowli poprzecznych (nawet zielone mosty) to przejścia zespolone, przeważnie o nawierzchni żużlowej, w niektórych przypadkach nawet z małym ruchem drogowym. Ponadto, w najbliższym sąsiedztwie większości przejść górnych i dolnych istniały dodatkowe dro-

gi i budynki, takie jak np. gospodarstwa rolne lub stodoły. Wszystko to zwiększa obecność ludzi przy przejściach.

W przypadku zielonych mostów, analiza regresji przy wykorzystaniu danych z zapisu wideo dla wszystkich gatunków wykazała, że zarejestrowane działania ludzkie na mostach mają istotnie negatywny wpływ na ich używanie przez zwierzęta dziko żyjące (p=0,038). Dotyczy to także lisa (p=0,023). Z drugiej strony, biorąc pod uwagę dane ze śladów, czyli wskaźniki bardziej pośrednie, okazuje się że efekt jest ten sam. Wyższa liczba dróg prowadzących do zielonych mostów lub więcej budynków w ich bezpośrednim sąsiedztwie powodowała niższe wykorzystanie mostów przez sarny (odpowiednio p=0,013 i p=0,074) jak również przez wszystkie gatunki (p=0,012 i p=0,009).

3.4. Łagodzenie efektu bariery drogowej przez połączenie różnych struktur poprzecznych

Oszacowanie efektu łagodzącego struktur poprzecznych jest raczej trudne, w szczególności z powodu braku danych ilościowych o przekroczeniach z okresów, gdy droga nie istniała lub, gdy nie było przejść dla zwierząt. W jednym przypadku naszych badań takie dane istniały. Była to droga B31neu, trzypasmowa autostrada w pobliżu jeziora Constance w Badenii-Württembergii (południowe Niemcy). Dane zebrano tam, gdy droga była dopiero budowana (Jenny i in. 1993) poprzez zliczanie śladów pozostawionych przez zwierzęta w wykopie pod budowę autostrady. Po zakończeniu budowy i otwarciu drogi dla ruchu było sześć zielonych mostów na odcinku zaledwie dziesięciu kilometrów autostrady B31neu (w odległości od 1000 do 2500 metrów i około 15 dodatkowych przejść dolnych dla małych ssaków jak również przejścia górne i dolne nieprzeznaczone dla zwierząt).

Podczas gdy średnia suma przekroczeń dziennie w roku 1993 wynosiła 680 zwierząt (te same zwierzęta co w niniejszym badaniu), liczba przekroczeń przez zwierzęta w latach 2004/05 wynosiła tylko około 125. Dane z dodatkowego badania dla borsuka w pobliżu autostrady B31neu (Herrmann i in. 1997; Hermann 2005) potwierdziły te wyniki. Pomimo dużej liczby przejść górą i dołem, wskaźnik przekraczania dla tego gatunku zmniejszył się z 4,6 osobników na kilometr w latach 1993/94 do 1,7 w latach 2004/05.

Nie należy jednak kierować się wyłącznie wskaźnikami przekraczania. Dane z autostrady A20 wskazują na to, że ważny jest też efekt łączenia różnych struktur do przekraczania: powiększa ono przepuszczalność drogi dla szerszego spektrum gatunków. Przykładowo, wydry nigdy nie zostały zarejestrowane na zielonych mostach, lecz na przylegających do nich przepustach.

4. Dyskusja

Ustalenia z tego studium potwierdzają, że odpowiednie wymiary przejść górnych i dolnych są jednym z najważniejszych czynników do spełnienia wymagań średnich i dużych ssaków, co wykazali już Pfister i in. (1999). Dotyczy to także przepustów, na co zwrócili wcześniej uwagę Clevenger i in. (2001, 2005). Dla badanej grupy gatunków wydaje się to ważniejsze niż sama konstrukcja. Wniosek taki wyciągamy na podstawie porównania danych dotyczących częstotliwości przekraczania drogi w latach 1994/95 i 2004/05 z których wynika, że nie było żadnych oczywistych efektów dziesięciu lat wzrostu udziału roślinności na zielonych mostach. Wzrost liczby przejść obserwowany u badanych gatunków wraz z wiekiem zielonych mostów jest prawdopodobnie spowodowany wyuczonym zachowaniem przekazywanym poszczególnym osobnikom. Nie ma jednak wątpliwości, że dla małych kręgowców lub bezkręgowców, wygodne siedliska na lub pod/w przejściach są bardzo ważne (Pfister i in. 1997). Zatem konstrukcję przejść należy dopasowywać bardziej do tych ostatnich gatunków niż do większych ssaków.

W połączeniu z szerokością zielonych mostów, aktywność ludzka i powiązane z nią czynniki, takie jak drogi w/lub w, pobliżu przejść, jak również budowle w ich bezpośrednim sąsiedztwie oraz hałas drogowy wydają się również ważnymi cechami wpływającymi na przekraczanie przez zwie-

rzęta dróg na przejściach dla fauny. Chociaż wpływ zakłóceń powodowanych przez ludzi na zachowanie zwierząt jest dobrze poznany (np. Bowles 1997; Herrmann 2001; Knight & Cole 1991), to jednak do dziś publikacje niewiele mówią na temat oddziaływania tych czynników na przekraczanie przejść używanych przez ssaki (Clevenger i in. 2001, 2005).

W naszym studium wszystkie pozostałe testowane zmienne nie wykazały znaczącego wpływu na wykorzystywanie przez zwierzęta różnych typów przejść. Możliwe, że spowodowane to było różnymi cechami pobliskich siedlisk, różnicami w gęstości obecnych populacji, szczególnym zachowaniem poszczególnych osobników lub innymi, nieznanymi nam czynnikami. Z tego samego powodu trudno jest przewidzieć w jaki sposób konkretny typ przejścia sprawdzi się w konkretnej sytuacji. W pewnych przypadkach niskie wykorzystanie przez gatunki przejść, szczególnie przejść dolnych dla dzikich zwierząt, było spowodowane problemami konstrukcyjnymi, takimi jak np. ogrodzenia przy wejściu, podtapianie w okresach mokrych lub brak pokrywy roślinnej w pobliżu. Ponadto, pewne gatunki zwierząt, takie jak np. jeleń szlachetny niechętnie korzystają z ograniczających je budowli (Reed i in. 1975; Ward 1982). Równie ważne jest to, że okresy pobierania prób wynoszące tylko cztery noce (zapis wideo) lub pięć dni (ślady) są zbyt krótkie, aby dać pełny obraz tego co się dzieje w przejściach (Malo i in. 2005).

Zdajemy sobie sprawę z tego, że niniejsza praca nie mówi nic o realnej skuteczności badanych przejść górnych i dolnych, chociaż właśnie to jest niewątpliwie najważniejszym i rzadko poruszanym problemem, jeśli chodzi o powodzenie stosowania środków łagodzących (wpływu na długofalową ochronę podzielonych populacji, wymianę materiału genetycznego poprzez drogę, powodzenie rekolonizacji, itd.). Zbadanie tych aspektów jest najpilniejszym zadaniem na przyszłość, ponieważ najskuteczniejsze środki łagodzące powinny być stosowane w celu efektywnego wykorzystania zasobów środowiska.

Podziękowania

Pragniemy podziękować ministerstwom i związanym z nimi agencjom za doskonałą współpracę oraz wszystkim, którzy pomogli nam w gromadzeniu danych w terenie.

Literatura

Bach L. & Müller-Stieß H. (2005). Fledermäuse an ausgewählten Grünbrücken. Fachbeitrag zu diesem Bericht; siehe CD.

Bennett A.F. (1997). Habitat fragmentation: The European dimension. In: Habitat fragmentation & infrastructure (Canters K. Ed.). Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands 474 pp.

Bright P.W. (1993). Habitat fragmentation – problems and predictions for British mammals. Mammal Rev. 23 (3/4): 1001-111.

Clevenger A.P. & Waltho N. (2005). Performance indices to identify attributes for highway crossing structures facilitating movement of large mammals. Biological Conservation 121: 453-464.

Carsignol J. (2005). Aménagements et mesures pour la petite faune. Sétra, Bagneux Cedex - Farnce. 264 pp.

FGSV (2006). Merkblatt zur Anlage von Querungshilfen für Tiere an Straßen. Forschungs-gesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Entwurfsfassung (in prep.).

Forman R.T.T. (Ed.) (2002). Road Ecology – Science and Solutions. Island Press, Washington, Covelo, London. 481 pp.

Georgii B., Peters-Ostenberg E., Henneberg M., Herrmann M., Müller-Stieß H. & Bach L. (2006). Nutzung von Grünbrücken und anderen Querungsbauwerken durch Säugetiere. Forschung Staßenverkehr und Straßenverkehrstechnik, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, (in press).

Hardi A., Clevenger A. & Huijser M. (2003). Evaluation of Highway Crossing Structures on US Highway 93. Habitat Fragmentation Due to Transportation Infrastructure & Presentation to the Cost 341 Action, Brussels, November 2003.

Herrmann M. (2005). Bedeutung von Grünbrücken an der B31neu für Dachse. In: Georgii, B., E. Peters-Ostenberg, M. Henneberg, M. Herrmann, H. Müller-Stieß & L. Bach. Nutzung von Grünbrücken und anderen Querungsbauwerken durch Säugetiere. Forschung Staßenverkehr und Straßenverkehrstechnik, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, (in press).

Herrmann M., Müller-Stieß H. & Trinzen M. (1997). Bedeutung von Grünbrücken für Dachse (*Meles meles*), untersucht an den Grünbrücken der B31neu zwischen Stockach und Überlingen. In: Pfister H.P., Keller V., Reck H. & Georgii B.. Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 756. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, Bonn.

Hlaváč V. & Anděl P. (2002). On the Permeability of Roads for Wildlife. A Handbook. Agency for Nature Conservation and Landscape Protection, Praha. 52 pp.

Iuell B. (2005). Veger og dyreliv. Håndbok 242. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Oslo, 136 pp.

Iuell B., Bekker G.J, Cuperus R., Dufek J., Fry G., Hicks C., Hlaváč V., Keller V., Rosell B., Sangwine C., Tørsløv T., Wandall N. & le marie B. (Eds.) (2003). Wildlife and Traffic. A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. Cost 341, Brussels.

Malo J.E., Hervás I., Herranz J., Mata C. & Suárez F. (2005). How many days to monitor a wildlife passage? Species detection patterns and the estimation of the vertebrate fauna using crossing structures at a motorway. OCOET 2005, proceedings 406-413.

Müller-Stieß H. (2005). Bilche auf der Grünbrücke Schwarzgraben. In: Georgii B., Peters-Ostenberg E., Henneberg M., Herrmann M., Müller-Stieß H. & Bach L. Nutzung von Grünbrücken und anderen Querungsbauwerken durch Säugetiere. Forschung Staßenverkehr und Straßenverkehrstechnik, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, (in press).

Pfister H.P., Keller V., Reck H. & Georgii B. (1997). Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 756. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn.

Pfister H.P., Heynen D., Keller V., Georgii B. & Lerber F.v. (1999). Häufigkeit und Verhalten ausgewählter Wildsäuger auf unterschiedlich breiten Wildtierbrücken (Grünbrücken). Schweizerische Vogelwarte Sempach.

Reed D.F., Woodard T.N. & Pojar T.M. (1975). Behavioural response of mule deer to a highway underpass. Journal of Wildlife Management 39: 361-367.

SETRA (1993). Passages pour la grande faune. Guide technique. Service d'Etudes Techni-ques des Routes et Autoroutes. Centre de la Sécurité et des Techniques Routières. Bagneux Cedex, France. 121 pp.

Trocmé M., Cahill S., de Vries H.J.G., Farrall H., Folkeson L., Fry G., Hicks C. & Peymen J. (2003). Habitat fragmentation due to transportation infrastructrure: The European Review. 251 pp. COST Action 341, European Commission, Directorate-General for Research, Brussels.

Trombulak S.C. & Frissell C. (2000). Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. Conservation Biology 14:19-29.

Ward A.L. (1982). Mule deer behaviour in relation to fencing and underpasses on interstate 80 in Wyoming. Transportation Research Record 859: 8-13.

Zar J.H. (1999). Biostatistical Analysis. 4. Ausgabe. Princeton Hall, New Jersey.