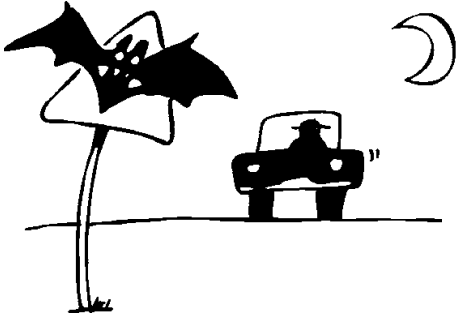


Grzegorz Gołębiak

BUDOWA DRÓG W POLSCE A OCHRONA NIETOPERZY – PRZYKŁADY DOBRYCH I ZŁYCH ROZWIĄZAŃ ORAZ MONITORING PRZED- I POREALIZACYJNY

Road construction in Poland and protection of bats – examples of good and bad solutions and pre- and post-construction monitoring



ABSTRAKT: W artykule została omówiona metodyka prowadzenia badań przy ocenie wpływu dróg na nietoperze. Przedstawiono zadania, na jakich należy się skupić podczas prowadzenia monitoringu przedrealizacyjnego i porealizacyjnego. Omówione zostały różne techniczne rozwiązania pozwalające zminimalizować negatywny wpływ budowanych dróg na nietoperze takie jak: droga biegnąca w wykopie, przejścia górne (mosty) i dolne (przepusty), bramownice, ekrany, odpowiednia aranżacja nasadzeń zieleni i oświetlenia.

SŁOWA KLUCZOWE: nietoperze, oceny oddziaływania na środowisko, inwestycje drogowe, minimalizacja oddziaływań, monitoring

ABSTRACT: The article discusses research methodology for assessment of the impact of roads on bats. Tasks to be focused on during pre- and post-construction monitoring are presented. Various technical solutions to minimize the negative impact of roads in construction on bats are presented. These include the following: roads in excavated areas, overpasses (bridges) and underpasses (culverts), road gantries, noise barriers, proper arrangement of greenery and lighting.

KEY WORDS: bats, environmental impact assessment, road investments, minimizing impact, monitoring

Wstęp

Jednym z najpoważniejszych ekologicznych problemów, jakie wiążą się z rozwojem infrastruktury drogowej jest ograniczenie swobodnego przemieszczania się organizmów w przestrzeni krajobrazowej przez tworzenie barier ekologicznych. W wyniku oddziaływań barierowych dochodzi do szeregu negatywnych skutków środowiskowych, z których większość wynika z trwałej fragmentacji siedlisk z utrudnionym kontaktem

pomiędzy zamieszkującymi je osobnikami, prowadzącej do:

- śmiertelności na skutek kolizji z pojazdami,
- izolacji populacji i terenów siedliskowych fauny,
- ograniczenia możliwości wykorzystywania areałów osobniczych zwierząt – poprzez zahamowanie migracji związanych ze zdobywaniem pożywienia, szukaniem bezpiecznego schronienia, dostępem do miejsc rozrodu,
- zahamowania lub ograniczania migracji i wędrówek dalekiego zasięgu oraz rozprze-

strzeniania się gatunków i kolonizacji nowych siedlisk,

- ograniczenia przepływu genów i obniżenia zmienności genetycznej w ramach populacji,
- zamierania lokalnych populacji i w efekcie obniżenia różnorodności biologicznej obszarów przeciętych drogami (Kurek 2007, Bohatkiewicz 2008).

Wyżej wymienione skutki dotyczą nie tylko samych nietoperzy, ale też innych zwierząt. Wobec samych nietoperzy natomiast drogi stanowią dodatkowe zagrożenie powodując:

- efekt przyciągania nietoperzy nad planowaną drogę.

Badania pod kątem śmiertelności nietoperzy na istniejących drogach w Polsce prowadzono w kilku zaledwie miejscach. Nasuwa się z nich teza, że istotnym czynnikiem mającym wpływ na poziom śmiertelności ma bezpośrednie otoczenie, w którym droga przebiega oraz prędkość pojazdów (Lesiński et al. 2011). Z kolei czynnikami, które odpowiadają za tworzenie efektu bariery ekologicznej jest natężenie ruchu pojazdów i generowany przez nie hałas (Siemers i Schaub 2011). Obecnie wymaga się, by budowane drogi były oceniane pod kątem wpływu na gatunki roślin, zbiorowiska jakie tworzą i zwierząt, w tym na nietoperze (Bohatkiewicz 2008). Okazuje się, że ruch kołowy na drogach może powodować istotną śmiertelność nietoperzy.

Metodyka oceny oddziaływania dróg na nietoperze przed realizacją inwestycji

Badania mające na celu przedstawić prognozowany wpływ dróg na nietoperze powinny być prowadzone na całych odcinkach dróg i zostać ukierunkowane na newralgicznych miejscach wykorzystywanych przez nietoperze, których przecięcie zakłada projekt planowanej inwestycji. Miejscami takimi są zbiorniki i cieki wodne (Gaisler et al. 2009), szpalery drzew, tereny leśne i zadrzewione, poblizłe budynków, które

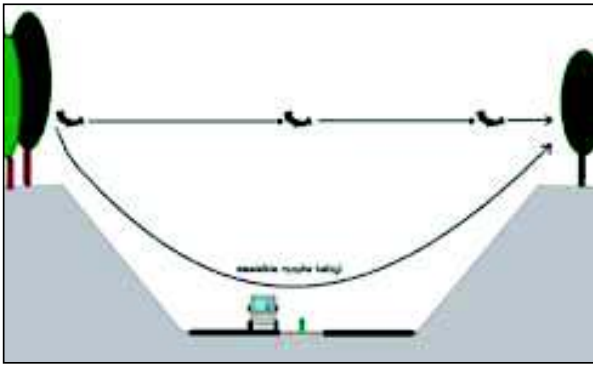
nietoperze mogą wykorzystywać jako kryjówki kolonii rozrodczych, w szerszej skali przestrzennej doliny rzeczne i tereny podmokłe, a także różne obiekty podziemne zarówno pochodzenia naturalnego, jak i sztuczne mogące stanowić zimowiska i miejsca jesiennego rojenia (Kowalski et al. 2008).

W miejscach newralgicznych powinno się prowadzić nasłuchy i obserwacje w oparciu o punkty nasłuchowe lub transekty liniowe. Te ostatnie nie powinny być dłuższe niż 4 km. Pozwala to skupić się podczas prowadzonych badań na krótkich odcinkach celem dokładnego poznania zagęszczenia nietoperzy i ich składu gatunkowego. Pozostałe odcinki drogi powinny być objęte monitoringiem w oparciu o transekty ze zwróceniem uwagi na kierunki przelotu poszczególnych gatunków.

Problemem jest brak ustalonych jednolitych założeń metodycznych, dotyczących sposobu oraz czasu prowadzenia badań. Założenia takie przyjęto jako wytyczne dla inwestycji związanych z farmami wiatrowymi (Rodrigues 2006, Kepel et al. 2011), które – podobnie jak drogi – mogą powodować znaczną śmiertelność nietoperzy. Jednak poprowadzone z dala od miejsc najintensywniej wykorzystywanych przez nietoperze, takie jak duże zimowiska czy kolonie rozrodcze oraz właściwie zaprojektowane wraz z systemem nasadzeń zieleni, mogą być w miarę bezpiecznie omijane i pokonywane przez te ssaki.

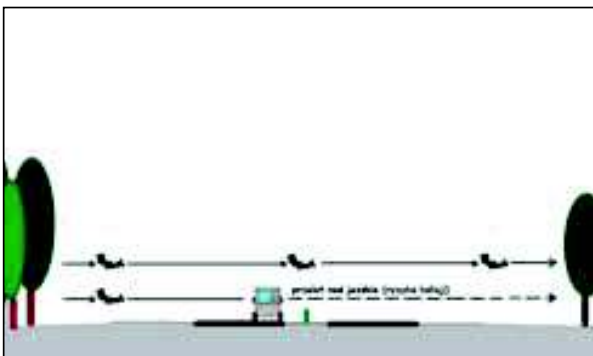
Śmiertelność nietoperzy na drogach zależy głównie od struktury krajobrazu oraz taktyki żerowania poszczególnych gatunków, jak również bliskości miejsc koncentracji dużej liczby osobników, takich jak kolonie rozrodcze i zimowiska (Capo et al. 2006, Lesiński 2006, 2008).

Badania powinny być prowadzone w nocy bez opadów atmosferycznych i przy niskiej prędkości wiatru. Badań nie należy prowadzić także podczas gęstej mgły. Warunki pogodowe znacząco wpływają na jakość wyników badań i mogą prowadzić do zaniżenia liczebności/aktywności, a przez to do niewłaściwej oceny miejsc newralgicznych.



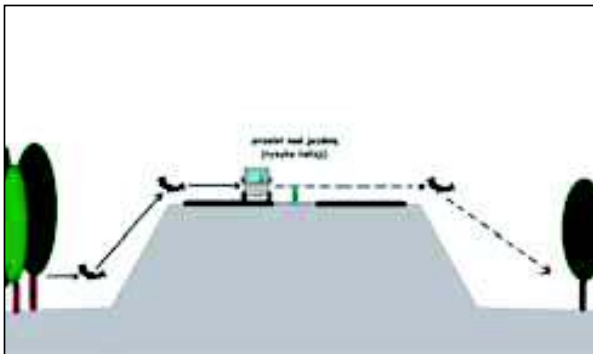
Ryc. 1. Posadowienie drogi w wykopie. Autor: Piotr Wasiak.

Fig. 1. A road foundation in a trench. Author: Piotr Wasiak.



Ryc. 2. Posadowienie drogi na poziomie gruntu. Autor: Piotr Wasiak.

Fig. 2. A road foundation on surface level. Author: Piotr Wasiak.



Ryc. 3. Posadowienie drogi na nasypie. Autor: Piotr Wasiak.

Fig. 3. A road foundation on an embankment. Author: Piotr Wasiak.

Badania należy prowadzić w oparciu o:

- nasłuchi i rejestrację sygnałów echolokacyjnych nietoperzy za pomocą szerokopasmowych detektorów ultradźwięków, pracujących w systemie *frequency division* lub *high frequency recording*, a także obserwacje aktywnych zwierząt;

- analizę nagranych sygnałów (celem m.in. oznaczenia gatunków) z wykorzystaniem programów (np. Avisoft SASLab, Raven, GoldWave, BatSound, SonoBat, AnaLook);
- ewentualne oznaczenie w terenie z wykorzystaniem detektorów pracujących w systemach heterodynowym i *time expansion* (np. Petersson D240x); system ten zwiększa również wiarygodność oznaczeń wielu gatunków w przypadku równoczesnego prowadzenia rejestracji w systemie *frequency division*.

Kontrole potencjalnych kryjówek:

1. letnich (strychy, poddasza, okiennice, dziuple, a także mosty i wiadukty)
2. zimowych (wszelkiego typu kryjówki podziemne, a także przepusty pod istniejącymi drogami).

Można również prowadzić badania w oparciu o modne ostatnio nagrania z wykorzystaniem kamer noktowizyjnych lub termowizyjnych, jednak na ich podstawie uzyskuje się informacje tylko o ilości przelatujących nietoperzy (sam zarys sylwetki bez możliwości oznaczenia osobników do rodzaju, do gatunku w ogóle). Przydaje się to na krótkich odcinkach, gdzie stwierdzono intensywny przelot wielu osobników nietoperzy, jednak właściwe rozpoznanie gatunku może nastąpić z wykorzystaniem nasłuchów ultradźwiękowych (najlepiej wykorzystywać do tego celu detektory z funkcją *time expansion* lub zdolnych do rejestracji nieprzetworzonych ultradźwięków – *high frequency recording*).

Strefa buforowa objęta badaniami powinna wynosić optymalnie 1 km po obu stronach pasa jezdni. Na Wyspach Brytyjskich dla wszystkich inwestycji drogowych obowiązuje zasada 2 km buforu po obu stronach pasa jezdni, ewentualne rozszerzenie jest oceniane indywidualnie dla każdej prowadzonej inwestycji liniowej (informacja ustna: J. Altringham). W Polsce zazwyczaj jest to 500-750 m w jedną stronę od osi pasa drogi. Niezależnie od tego powinno się także uwzględnić nawet do 15 km od pasa drogi duże zimowiska grupujące ponad 100 osobników lub

pojedyncze, rzadko występujące gatunki, jak chociażby nocek Bechsteina *Myotis bechsteinii*, nocek orzęsiony *Myotis emarginatus* czy nocek łydkowłosy *Myotis dasycneme*. Podobnie kolonie rozrodcze leżące średnio 2-4 km od pasa planowanej drogi mogą być narażone na negatywne oddziaływanie inwestycji tego typu. Wiedza o nich na etapie przedrealizacyjnym pozwoli na dobranie odpowiedniego wariantu przebiegającego z dala od zimowisk czy kolonii rozrodczych, zwłaszcza gatunków wrażliwych.

Co daje monitoring przedrealizacyjny?

Na podstawie danych zebranych podczas monitoringu przedrealizacyjnego posiadamy wiedzę, gdzie nietoperzy najwięcej przelatuje, gdzie żeruje, w jakiej odległości od planowanej drogi znajdują się zimowiska, kolonie rozrodcze oraz jaki jest ich skład gatunkowy.

Istnieje także potrzeba zebrania danych dotyczących rzeczywistego oddziaływania inwestycji na nietoperze i do tego niezbędny jest monitoring porealizacyjny, niezależnie od tego, czy zakładany przed realizacją jej wpływ był niski (nieznaczący) czy wysoki.

Reasumując: nie wykazanie znaczącego wpływu podczas monitoringu przed przystąpieniem do realizacji inwestycji, zwłaszcza liniowych, nie może być podstawą do zrezygnowania z monitoringu porealizacyjnego.

Znajomość biologii gatunków nietoperzy ma istotne przełożenie na rzetelność raportów oddziaływania na środowisko i na dalszym etapie prowadzi do konkretnych zapisów w decyzjach środowiskowych.

Monitoring przedrealizacyjny

Badania nietoperzy na etapie doboru najlepszego wariantu przebiegu drogi powinny być ukierunkowane na poznanie miejsc wykorzystywanych przez nietoperze podczas:

- migracji sezonowych (wiosenne – słabiej zaznaczone i wczesnojesienne – połączone z aktywnością godową),

- zajmowania kryjówek (kolonie rozrodcze i zimowiska),
- żerowania i przelotów między kryjówekami a żerowiskami,
- jesiennego rojenia (*swarming*), najczęściej wokół obiektów podziemnych.

Należy określić przestrzenne rozmieszczenie aktywności nietoperzy, znaleźć miejsca, w których przebiegają lokalne szlaki migracyjne (commuting flights), a także żerowiska i kryjówki.

Ważne jest, by na etapie specyfikacji istotnych warunków zamówienia (SIWZ) podawać jaką metodyką (ile kontroli itp.) należy prowadzić badania, ponieważ w obecnej sytuacji, gdy brak jest ogólnie przyjętych wytycznych oraz standardów, ograniczenie się do informacji, że ma być zbadany „wpływ na nietoperze”, skutkować będzie przyjmowaniem nierzetelnych opracowań zawierających np. samą analizę literatury bez rozpoznania realnego stanu w terenie, co jest niedopuszczalne.

Monitoring porealizacyjny

Zadaniem monitoringu porealizacyjnego jest zweryfikowanie zastosowanych rozwiązań minimalizujących negatywny wpływ danej drogi, ocena poziomu śmiertelności nietoperzy oraz określenie oddziaływania infrastruktury towarzyszącej autostradzie, takiej jak mosty i wiadukty, ekrany dźwiękochłonne oraz antyolśnieniowe i Miejsca Obsługi Podróżnych (MOP-y).

Zastosowanie nasadzeń, ekranów oraz wylesień całych połączeń leśnych pod zajęcie inwestycji liniowej może się wiązać ze zmianą (zaburzeniem) dotychczasowych szlaków migracyjnych, utratą żerowisk, a nawet stworzeniem nowych, których nie jest się w stanie przewidzieć przed realizacją przedsięwzięcia. Oczywiście również dochodzi do stworzenia w wielu miejscach bariery ekologicznej.

Aby ocenić właściwie podjęte działania minimalizujące, konieczne jest długofalowe prowadzenie monitoringu po zrealizowaniu inwestycji. Zaleca się, by monitoring porealizacyjny trwał przez minimum dwa lata, podczas które-



Fot. 1. Droga biegnąca po nasypie. Fot. Grzegorz Gołębnik.

Fot. 1. A road on embankment. Photo by Grzegorz Gołębnik.

go będzie się prowadzić nasłuchy detektorowe i zbierać martwe osobniki celem wyznaczenia miejsc kolizji nietoperzy z pojazdami, których nie jest się w stanie określić podczas monitoringu przedrealizacyjnego.

Takie podejście pozwala na skuteczne zaplanowanie właściwych działań minimalizujących śmiertelność w miejscach, gdzie rzeczywiście będzie ona występować.

Zbierając tylko martwe nietoperze nie można określić kierunków przelotów, jakiej liczbie osobników nietoperzy udaje się przelecieć górą, ile zawraca itp. Wymogiem powinno być badanie zarówno śmiertelności, jak i tras migracji oraz żerowisk zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie nowo wybudowanego lub poddanego modernizacji całego odcinka drogi. Pozwoli to określić konkretne działania minimalizujące w postaci przejść, ekranów, nasadzeń zieleni, czy miejsc w których nie należy wprowadzać nasadzeń, gdyż będą generowały dodatkową śmiertelność nietoperzy. Istotne jest, by jak najlepiej zbadać w ciągu dwóch-trzech lat dokładnie szlaki migracyjne i wykorzystanie otoczenia drogi przez nietoperze, by móc i rzetelnie opracować i wdrożyć odpowiednie rozwiązania celem zminimalizowania śmiertelności, której na etapie przedrealizacyjnym nie jest się w stanie precyzyjnie określić.



Fot. 2. Przepusty pod drogami budowane z kamienia i cegły z licznymi szczelinami mogą stanowić zimowisko nietoperzy. Fot. Grzegorz Gołębnik.

Fot. 2. Stone and brick culverts with numerous gaps may be used by bats as winter habitat. Photo by Grzegorz Gołębnik.

Metoda zbierania ofiar kolizji jest obarczona błędem ze względu na aktywność padlinożerców (np. koty, norki, lisy, jenoty, kuny, bezpańskie psy, ptaki szponiaste, krukowate, mewy itp.), które na bieżąco, także w nocy, potrafią zbierać martwe nietoperze nawet tuż przed przejściem osób, które będą zbierać padłe zwierzęta. W celu określenia skali zjawiska, należy prowadzić eksperymenty polegające na wykładaniu padliny i obserwowaniu tempa, w jakim znikną. Metodę tę stosuje się np. przy monitoringu porealizacyjnym na farmach wiatrowych. Uzyskuje się wówczas wskaźniki „znikomości” ciał ofiar, pozwalające skorygować wskaźniki śmiertelności (Rodrigues et al. 2006, Kepel et al. 2011).

Dlatego prowadzenie nasłuchów jest niezwykle ważne, by odpowiedzieć przede wszystkim na pytania:

- które nietoperze się przemieszczają nad drogą;
- które z dotychczasowych elementów przyciągają nietoperze i jest to:
 - a) pożądane (zorganizowane przejścia dolne, górne),



Fot. 3. Przepusty o gładkich ścianach mogą być wykorzystywane przez nietoperze do przelotów pod drogą. Fot. Grzegorz Gołębniak.

Fot. 3. Smooth wall culverts may be used by bats for subway passing. Photo by Grzegorz Gołębniak.

b) niepożądane (powodujące zauważalną śmiertelność);

- w których miejscach występuje płoszenie nietoperzy (wiąże się z tym np. utrata żerowisk, opuszczanie kolonii rozrodczych, zimowisk i zaproponować właściwe działania minimalizujące bądź od nich odstąpić.

Monitoring porealizacyjny należy przeprowadzić na całym nowo budowanym odcinku drogi, gdyż taka inwestycja oddziałuje na nietoperze nie tylko na etapie realizacji, ale także długofalowo na etapie eksploatacji. O ile podczas budowy dróg oddziaływanie jest krótkofalowe, to oddanie jej do użytku oddziałuje długoterminowo przez cały czas funkcjonowania. Dlatego tak ważne jest określenie miejsc newralgicznych na etapie po zrealizowaniu inwestycji, gdyż na skutek wprowadzonych zmian w siedliskach (żerowiska, korytarze migracyjne itp.) mogą one ulec zaburzeniom i istotnym zmianom. Monitoring porealizacyjny pozwoli na poznanie realnych miejsc, w których nietoperze są przepłaszane i nie podejmują prób przelotów nad drogą głównie przez brak zastosowanych rozwią-



Fot. 4 Przykład przejścia dolnego. Zauważalny jest brak zieleni naprowadzającej oraz brak ekranu antyolśnieniowego. Fot. Grzegorz Gołębniak.

Fot. 4. Example of underpass. Noticeable is lack of attracting greenery and anti-dazzling screens. Photo by Grzegorz Gołębniak.

zań minimalizujących nie tylko śmiertelność, ale także efekt bariery. Wybór potencjalnych miejsc na krótszych odcinkach, gdzie przed przystąpieniem do inwestycji istniały takie siedliska dla nietoperzy jest ryzykowne i nie należy ograniczać się tylko do miejsc, gdzie zostają przecięte doliny rzeczne, lasy czy obszary chronione.

Rozwiązania minimalizujące

Przy realizacji inwestycji liniowych stosuje się szereg technicznych rozwiązań, które pozwalają zminimalizować negatywny wpływ budowanych dróg na nietoperze. Do podstawowych z nich należy odpowiednio dobrana niweleta, czyli posadowienie drogi względem gruntu (droga biegnąca w wykopie, po poziomie gruntu lub po nasypie), budowanie przejść górnych i dolnych, wprowadzenie nasadzeń drzew i krzewów, głównie naprowadzających oraz instalowanie ekranów. Z kolei oświetlenie może przyciągać niektóre nietoperze w rejon drogi, natomiast inne – odstraszać od pasa drogowego.



Fot. 5. Często przyczyną śmiertelności nietoperzy w pobliżu kompleksów leśnych są zbyt krótkie ekrany na przejściach dolnych. Na zdjęciu martwy mopek *Barbastella barbastellus*. Fot. Albert Wiaderny.

Fot. 5. A frequent cause of bat mortality near forests are too short screens at underpasses. The photo shows a dead *barbastelle* *Barbastella barbastellus*. Photo by Albert Wiaderny.

Posadowienie drogi względem gruntu

1. Droga w wykopie

Rozwiązanie takie powinno powodować znaczące zminimalizowanie śmiertelności nietoperzy, zwłaszcza jeżeli na górnych krawędziach wykopu zostały wprowadzone bądź pozostawione zadrzewienia. Wówczas ułatwia się nietoperzom przelot ponad drogą (ryc. 1). Dodatkowo wprowadzenie przejść górnych, z których korzystają inne zwierzęta, zwłaszcza duże ssaki, dla których tego typu rozwiązania powszechnie się stosuje, sprzyjają pokonywaniu przeszkody, jaką stanowi dla nietoperzy szeroka droga, ale tylko pod warunkiem wprowadzenia nasadzeń w postaci krzewów i drzew na takich przejściach. Jednak należy pamiętać, że wprowadzając głęboki wykop zaburza się stosunki wodne i może dojść do odwodnienia

danego terenu, co dla nietoperzy może oznaczać utratę wodopoju i/lub żerowiska (jeśli zostanie osuszony zbiornik wodny). Rozwiązanie to jest jednak oparte na teoretycznym założeniu autora i wymaga badań naukowych o spójnej metodyce, która umożliwi jego praktyczny test.

2. Droga po poziomie gruntu

W miejscach stwierdzonych przelotów czy żerowisk nietoperzy nie należy stosować tego typu rozwiązań na drogach czteropasmowych (drogi ekspresowe, autostrady) ze względu na zbyt dużą odległość między obiema krawędziami drogi (ryc. 2). W podręcznikach brytyjskich (Nundt Ed. 2012, Highways Agency 2006, National Roads Authority 2005, JNCC 2001), holenderskim (Limpens et al. 2005) czy francuskim (Nowicki et al. 2008) (ryc. 2) można znaleźć opis nasadzeń prowadzących pod kątem prostym do drogi i drzew rosnących w pasie rozgraniczającym oba pasy jezdni. W Polsce proponuje się stosowanie metalowych bramownic, których efektywność jest dyskusyjna. Efektywność tych nasadzeń jest również dyskusyjna, natomiast badania Lesińskiego na temat śmiertelności na już istniejących dro-



Fot. 6. Właściwe rozwiązania znacząco minimalizują śmiertelność nietoperzy na drogach. Fot. Grzegorz Gołębiak.

Fot. 6. Proper solutions significantly reduce bat mortality on roads. Photo by Grzegorz Gołębiak.



Fot. 7. Bramownica. Fot. JacYk,
www.skyscrapercity.com

Fot. 7. Road gantry. Photo by JacYk,
www.skyscrapercity.com

gach, sugerują, że nasadzenie takie niczym nie różni się od przecięcia drogą starej alei – oznacza po prostu miejsce podwyższonej śmiertelności, gdyż liniowe zadrzewienia są szlakami lokalnych migracji. Proponowane rozwiązanie może więc doprowadzić do wzrostu negatywnego oddziaływania, zamiast go minimalizować. Z drugiej strony najłatwiej jest zminimalizować śmiertelność wprowadzając przejścia dolne, które są chętnie wykorzystywane przez nietoperze (Berthinussen i Altringham 2012).

3. Droga na nasypie

Z drogami biegnącymi po nasypie wiąże się największe zagrożenie dla nietoperzy. Niezależnie od ich wysokości czy tras migracji zwierząt droga poprowadzona w taki sposób stanowi wyraźną i trudną do pokonania barierę ekologiczną nie tylko dla nietoperzy, ale też dla innych zwierząt (fot. 1). Nietoperze próbują pokonywać tego typu przeszkody tuż nad samą jezdnią, jednak w takich miejscach są silnie narażone na kolizje z pędzącymi pojazdami (ryc. 3). Z tego względu niezbędne jest wprowadzanie na takich odcinkach ekranów antyolśnieniowych, akustycznych wraz z przejściami dolnymi i nasadzeniami naprowadzającymi na nie, co pozwoli zminimalizować śmiertelność, a także efekt bariery. Dopiero wówczas tego typu poprowadzenie drogi będzie w miarę bezpieczne dla nietoperzy.

Wykorzystywanie różnych rodzajów przejść dla zwierząt przez nietoperze

Przejścia dla nietoperzy powinny znajdować się dokładnie w lokalizacji znanych i stwierdzonych na etapie monitoringu przedrealizacyjnego korytarzy migracyjnych. Dotyczy to także położenia dna tunelu względem gruntu. Jeśli przejście zostanie umieszczone obok znanego korytarza migracyjnego, a nie dokładnie na nim, będzie nieskuteczne (Berthinussen i Altringham 2012).



Fot. 8. Widok od strony pobocza drogi na bramownicę Fot. JacYk,
www.skyscrapercity.com

Fot. 8. A view of road gantry from the road shoulder. Photo by JacYk,
www.skyscrapercity.com

1. Wiadukty nad drogami – przejścia górne dla nietoperzy

Skuteczność tego typu rozwiązań wykazano dla karlika małego *Pipistrellus pipistrellus*, borowców wielkich *Nyctalus noctula*, borowiaczka *Nyctalus leisleri* i mroczków późnych *Eptesicus serotinus*, a także nieoznaczonych do gatunku nocków *Myotis ssp.* (Lambrechts et al 2006). Jednak najczęściej nietoperze wykorzystują przejścia dolne.

Obiekty takie należy dostosowywać od razu (na etapie budowy) jako potencjalne miejsca przelotów nietoperzy w miejscach, gdzie wykazano ich lokalne korytarze migracyjne na etapie przedrealizacyjnym. W miejscach, gdzie przed przystąpieniem do budowy drogi stwier-



Fot. 9. Widok od strony pobocza drogi na bramownicę. Zwraca uwagę niewielka szerokość powierzchni po której mają przelatywać nietoperze fot: JacYk, www.skyscrapercity.com

Fot. 9. A view of road gantry from the road shoulder. Noticeable is small width of the area through which bats are to pass. Photo by JacYk, www.skyscrapercity.com



Fot. 10. Oświetlenie w bezpośrednim otoczeniu przejść dolnych może dodatkowo przyciągać nietoperze w rejon drogi zwiększając niepotrzebnie śmiertelność wśród nietoperzy. Fot. Grzegorz Gołębnik.

Fot. 10. Lighting in the direct vicinity of underpasses may additionally attract bats to the road area and thus unnecessarily increase their death rate. Photo by Grzegorz Gołębnik.

dzono tylko pojedyncze nietoperze (zwłaszcza borowce *Nyctalus spp.*, karliki *Pipistrellus spp.*, mroczki *Eptesicus spp.*, *Vespertilio murinus*) nie zaleca się sadzić krzewów i drzew w pobliżu drogi (20 m), gdyż może to je przyciągnąć bezpośrednio nad drogę, zwiększając ich śmiertelność. Z ekranami antyolśnieniowymi można się wstrzymać do wyniku monitoringu porealizacyjnego, chyba, że zachodzi inna konieczność ich postawienia. Należy pamiętać jednak, że ekrany antyolśnieniowe na przejściach górnych skutecznie ograniczają ich oświetlenie przez poruszające się po drodze pojazdy.

Przejścia górne muszą być obsadzone drzewami po obu krawędziach, co warunkuje ich wykorzystanie zarówno przez nietoperze, jak i inne zwierzęta. Nasadzenia te pełnią funkcję naprowadzającą.

2. Wiadukty pod drogami – przejścia dolne dla nietoperzy

Są najczęściej wykorzystywanym rozwiązaniem przez nietoperze podczas próby pokonania drogi szerokości autostrady lub drogi ekspresowej.

Przejście dolne nawet półmetrowej wysokości może przyciągać nietoperze i być przez nie wykorzystywane z trzech względów:

1. Potencjalne miejsce przelotu (fot. 3) – jest to podstawowa funkcja przejść dolnych. Korzysta z nich większość gatunków, zwłaszcza te o wolnym, niskim locie, przystosowane do polowania w pobliżu przeszkód. Najczęściej próby przelotu mają miejsce w wilgotnym, uwodnionym przepuszczeniu, dlatego zawsze warto je łączyć z nawet niewielkimi ciekami wodnymi, które zostają przecięte przez drogę. Na terenach górskich strumienie o spadzie, z wartkim, bystrym nurtem z bystrzami mogą utrudniać orientowanie się w przestrzeni za pomocą echolokacji. Można temu zaradzić przez zastosowanie szerokiej półki, nad którą nietoperze swobodnie przelecają. Tego typu rozwiązania są także chętnie wykorzystywane przez płazy i drobne ssaki. Niektóre gatunki, jak np. nocki *Myotis spp.* czy mopek *Barbastella barbastellus* wykorzystują nawet małe obiekty, o wysokości 1 m.

2. Potencjalne miejsce do odbycia godów (*swarming*), przy okazji którego może odbywać się także próba żerowania (zwłaszcza w środowisku wilgotnym, przyciągającym owady). Większość nietoperzy zimujących w kryjówkach podziemnych jesienią – a gacki również wiosną - odbywa loty w pobliżu wszelkich podziemnych i przyziemnych obiektów, czasem w lesie wystarczy ściana, np. po strzelnicy. Jest to swojego rodzaju lot godowy, któremu może towarzyszyć żerowanie. Podczas tego rojenia nietoperze wymieniają się także informacjami o zimowiskach (Dietz et al. 2009).
3. Potencjalne zimowisko (fot. 2). Zwłaszcza młode nietoperze, które dopiero zaczynają się orientować w przestrzeni rozglądają się po okolicy, w której przyszły na świat, dlatego tak ważne jest dla nich otoczenie wokół kolonii rozrodczych. Wyszukują żerowiska i kryjówki, w których mogą przetrwać zimę. Po przetrwaniu zimy następuje sytuacja podobna jak późnym latem ze znalezieniem zimowiska – znów szukają kryjówek, tyle że dziennych (budynki, dziuple) i żerowisk. Przy opuszczaniu zimowisk również jest ważne na co się natkną podczas przelotu: na nową autostradę, nowy budynek, nowy staw – wszystkie nowe elementy krajobrazu mają jakiś wpływ: negatywny albo pozytywny. Przy ruchliwej drodze takiej jak autostrady czy drogi ekspresowe może dochodzić do prób zimowania pojedynczych osobników, głównie mopków,nocków rudych *Myotis daubentonii*,nocków Natterera *Myotis nattereri*. Jednak nie należy montować w przepustach pod ruchliwymi drogami specjalnych kryjówek, np. w postaci pustaków, gdyż to powoduje przyciąganie nietoperzy w rejon inwestycji i nie jest to sposób na minimalizację, a w żadnym wypadku nie może być traktowane jako kompensacja utraconego zimowiska. Przejścia dolne mają służyć przede wszystkim jako miejsca przelotu.

Reasumując: Przejścia dolne są przede wszystkim wykorzystywane jako trasy przelotu przez nocki, gacki i mopki, również karliki – nietoperze nisko latające i najbardziej narażone na kolizje i efekt bariery (Bach et al. 2004). Jedne gatunki bardzo chętnie przelatują przejściami dolnymi (mopek), inne natomiast bardzo niechętnie i autostrada zawsze będzie stanowić dla nich trudną lub wręcz niemożliwą do zminimalizowania efekt bariery (nocek Bechsteina *Myotis bechsteinii*) (Kerth i Melber 2009). Ponadto przejścia dolne mogą wykorzystywać gatunki zimujące w obiektach podziemnych także podczas zachowań godowych, oraz okazjonalnie jako zimowiska, ale tylko w przypadku występowania odpowiednich szczelin, w których nietoperze będą mogły się schować przed potencjalnym drapieżnikiem czy przed mrozem i przeciągami.

Właściwa ocena tego, czy dany obiekt jest wykorzystywany przez nietoperze w jakikolwiek sposób jest możliwa podczas monitoringu porealizacyjnego. Obiekty, które są wyższe niż 2,5-3 m (w zależności od odległości od zimowisk, kolonii rozrodczych i ich wielkości) z zasady są wykorzystywane przez nietoperze jako potencjalne miejsce przelotu, podczas swarmingu (rojenia) oraz ewentualnie – o ile znajdą odpowiednie szczeliny lub kryjówki – jako zimowiska.

Co do działań dotyczących niskich obiektów (do 2,5 m wysokości) to ze względu na brak pewności, czy nietoperze będą się takimi małymi obiektami interesować, należy zadać pytanie czy w okolicy takiego obiektu istnieją jakieś korytarze migracyjne, kolonie rozrodcze czy zimowiska i jakich gatunków? Jeśli odpowiedź jest twierdząca, to należy je zabezpieczyć stawiając nad nimi ekran antyolśnieniowy o wysokości 5 m wraz z roślinnością naprowadzającą w postaci drzew i/lub krzewów, zależnie od uwarunkowań terenu po opinii chiropterologa, a wzdłuż drogi biegnącej po poziomie gruntu należy się wstrzymać z nasadzeniami do czasu uzyskania danych pochodzących z monitoringu porealizacyjnego. Jeśli

odpowiedź jest negatywna, to można dopuścić do nasadzeń naprowadzających służących innym zwierzętom, pamiętając o tym, by nie lokalizować drzew czy krzewów zbyt blisko drogi. Bezpieczną odległością dla autostrad i dróg ekspresowych jest 20 m od zewnętrznego skraju jezdni lub podstawy nasypu.

W przypadku konieczności budowy przejść dla nietoperzy w postaci wiaduktów (np. brak innych typów przejść, z których mogą korzystać nietoperze) – należy zawsze rozważyć możliwość ich połączenia z przejazdami gospodarczymi (Kurek 2010) (fot. 4). Najlepsze jednak zawsze są estakady nad szerokimi dolinami rzek.

Nasadzenia zieleni

Mając na względzie ochronę nietoperzy, należy tak planować nasadzenia wokół drogi, aby spełniały poniższe aspekty:

1. zakrzewienia powinny być lokalizowane nie bliżej niż 20 m od zewnętrznej skrajni drogi (oczywiście zasada ta nie dotyczy nasadzeń wokół przejść dolnych oraz na przejściach górnych),
2. nasadzenia powinny być niższe od poziomu jezdni, jeśli biegnie ona po nasypie,
3. przy nasadzeniach drzew wzdłuż dróg należy zapewnić ekranowanie celem wyeliminowania ryzyka przelotu nietoperzy poniżej korony drzew, co znacząco wpływa na zwiększenie śmiertelności u tych ssaków.

Pasa drogowego w ogóle nie powinno się obsadzać drzewami, poza otoczeniem przejść dolnych i górnych, gdzie zadrzewienia mają pełnić funkcje naprowadzające.

Nasadzenia biegnące wzdłuż drogi mogą przyciągać nietoperze w jej pobliże i zamiast zmuszać je do przelecenia górą ponad drogą, zwiększają ryzyko kolizji, które można by na tym etapie zminimalizować. By ocenić to ryzyko należy przeprowadzić monitoring nie tylko zwierząt, które ulegają kolizjom, lecz również

ocenić intensywność przelotów: gatunki nietoperzy (np. borowce *Nyctalus spp.*) latające wysoko mogą sobie poradzić, ze względu na charakterystykę lotu, a gatunki poruszające się w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień czy zakrzewień (podkowce *Rhinolophus spp.*, karliki *Pipistrellus spp.*, gacki *Plecotus spp.*, nocki *Myotis spp.* czy mopki *Barbastella barbastellus*) mogą – ze względu na wprowadzenie nasadzeń – próbować żerować bądź przelatywać na tyle nisko, by ulegać kolizjom. Przy tego typu rozwiązaniach należy wstrzymać się z nasadzeniami do czasu uzyskania danych dotyczących wykorzystania poszczególnych odcinków nowej drogi przez nietoperze, gdyż w zależności od gatunku i specyfiki przelotów (migracje, żerowiska, aktywność godowa), różnie będą reagowały: jedne będą przepłaszane, a inne przyciągane.

Wprowadzenie nasadzeń zieleni związanej z przystosowaniem przejść dolnych dla potrzeb nietoperzy:

- konieczne jest doprowadzenie zadrzewień naprowadzających do miejsca przekraczania drogi wraz z zastosowaniem odpowiednich działań minimalizujących kolizje z pojazdami,
- szpalerów drzew i krzewów wzdłuż krawędzi wiaduktów górnych - jeśli pozwalają na to uwarunkowania konstrukcyjne,
- ekranów antyolśnieniowych wzdłuż krawędzi wiaduktów górnych,
- szpalerów drzew i wysokich krzewów łączących przejście z układem zadrzewień (struktur liniowych, ukierunkowujących przemieszczanie się nietoperzy) w jego otoczeniu.

W przypadku konieczności dostosowania przejść dolnych dla potrzeb przemieszczania się nietoperzy, należy wprowadzić pod kątem prostym względem drogi rzędowe nasadzenia (szpaler) drzew i wysokich krzewów naprowadzających na te przejścia, które będą łączyć się z pasami zadrzewień w otoczeniu drogi i tworzyć ciągły układ przestrzenny.

Na powierzchni przejść górnych oraz w otoczeniu przejść górnych i dolnych, długość

i lokalizacja nasadzeń zależą będzie od przebiegu lokalnych tras przemieszczania się nietoperzy. W miejscach, gdzie brak jest możliwości wprowadzania nasadzeń drzew na powierzchni przebieg górnych (np. obiekty z blachy falistej) alternatywnym rozwiązaniem może być zastosowanie podwyższonych ekranów przeciwośluciennych (wysokość 2–4 m) obsadzonych roślinnością lub wykonanie ekranów w postaci wałów ziemnych obsadzonych krzewami (o łącznej wysokości 3–5 m); w przypadku przebieg dolnych (bez względu na wymiary) należy zawsze projektować ekrany przeciwośluciennowe. Zalecana wysokość ekranów dla ochrony nietoperzy powinna wynosić 5 m, by uniknąć kolizji z podmuchem powietrza wytwarzającym się za jadącymi dużymi i wysokimi pojazdami typu TIR.

Ekran

Ekranowanie na wszelkich przejściach dolnych mających służyć nietoperzom należy wprowadzać tak, by nietoperz skorzystał z przystosowanego dlań przepustu. W tym celu ekran powinien być lity (aby nietoperze nie były przepłaszane strumieniem światła) i o odpowiedniej długości, czyli minimum 50 metrów od końca wiaduktu w przypadku stwierdzonych na etapie monitoringu przedrealizacyjnym tras przelotu (fot. 5) oraz dłuższych, w zależności od miejsca, jeśli na etapie przedrealizacyjnego stwierdzono wzdłuż odcinka drogi żerowiska. Wszelkie wprowadzanie ekranów powinno być dostosowywane dla konkretnych gatunków (fot. 6).

Ekran pełni ważną rolę przeszkód, powinny zmuszać nietoperze do podwyższenia pułapu lotu (powyżej 5 m) nad drogą, w celu uniknięcia kolizji z pojazdami. Funkcję ekranu akustycznego i równocześnie elementu krajobrazowego podnoszącego pułap lotu mogą pełnić odpowiednio skomponowane z lokalnym krajobrazem zadrzewienia. Obniżenie poziomu hałasu można również uzyskać poprzez odpowiednie kształtowanie niwelety drogi, czy zastosowanie pasów zieleni (Kurek 2010). Wysokość 5 m jest tutaj istotna na drogach, po

których poruszają się samochody ciężarowe, zwłaszcza typu TIR, których wysokość oscyluje w granicach 4 m wysokości. Chodzi o to, by nietoperze przelatowały ponad pojazdami. Górne światła powodują dodatkowo efekt przepłaszania. Rozwiązanie to jest jednak teoretycznym założeniem autora, opartym na własnych obserwacjach i wymaga badań naukowych o spójnej metodyce, która umożliwi jego praktyczny test.

Osobną kwestią jest wprowadzanie zieleni – zwłaszcza pasów pnączy – na ekranach, co może powodować przyciąganie w ich rejon owadów i pośrednio nietoperzy, które zostaną zwabione na potencjalne żerowisko. Dlatego powinno się w takich przypadkach podchodzić indywidualnie i brać pod uwagę takie kwestie jak: otoczenie (las, teren otwarty, cieki wodne), stwierdzone gatunki na etapie przedrealizacyjnym i odległość od zimowisk oraz kolonii rozrodczych. Jeśli są znane lub stwierdzono w pobliżu drogi kolonie rozrodcze lub ważne zimowiska nietoperzy, to powinno się dokonać oceny wpływu tego typu rozwiązania na nietoperze. Jeśli ekrany mają być zlokalizowane w miejscach stwierdzeń żerowisk nietoperzy na etapie przedrealizacyjnym, to nie należy w takich miejscach obsadzać ich pnączami, gdyż tego typu ekran, postawiony tuż przy drodze, może przyciągać owady, a przez to nietoperze nad pas jezdni.

Bramownice

Konstrukcje metalowe (fot. 7) wzdłuż których nietoperze mają przelatywać nad drogą do tej pory stosowano w Wielkiej Brytanii i Holandii (Limpens et al. 2005). Na peryferiach miast z zabudową willową, gdzie natężenie ruchu jest zdecydowanie mniejsze niż na drogach ekspresowych czy autostradach, jak również szerokość jezdni jest znacznie węższa, takie rozwiązania mogą się sprawdzać dla podkowców *Rhinolophus spp.* Natomiast w przypadku szerszych dróg i o większym natężeniu pojazdów okazuje się, że są całkowicie bezużyteczne dla nietoperzy (Berthinussen i Altringham

2012). W Polsce obecnie znajduje się sześć tego typu rozwiązań, wszystkie w zachodniej części kraju, po trzy na dwóch odcinkach dróg: na drodze ekspresowej S3 na odcinku Szczecin - Gorzów Wielkopolski oraz na odcinku autostrady A2 w okolicach Trzciela. Zastosowano odmienną konstrukcję wobec bramownic zachodnioeuropejskich, jednak zwraca uwagę brak rozwiniętej zieleni naprowadzającej (fot. 8-9), brak ekranów antyolśnieniowych oraz zbyt wąskie jak dla nietoperzy przejścia. Prawdopodobnie przyczyną braku skuteczności tego typu rozwiązań jest relatywnie wąskie gardło, wzdłuż którego zakłada się przelot nietoperzy oraz podmuchy powietrza ciągnące się za pojazdami, zwłaszcza wielkogabarytowymi, typu TIR, które w przypadku przelotu nietoperzy ponad drogą mogą powodować zaburzenie lotu i uderzanie o powierzchnię drogi tych, bądź co bądź, lekkich zwierząt.

Oświetlenie

Istotnym problemem dla nietoperzy, których pokarm stanowią owady wabione przez światło jest zastosowanie lamp zwabiających owady. Problem dotyczy głównie wszystkich gatunków mroczków, karlików (zwłaszcza malutkiego) i borowca wielkiego (Rydell i Racey 1993). Sztuczne źródła światła instalowane w ramach modernizacji odcinków dróg zakłócają zachowanie wielu gatunków, w tym wędrownych, zaburzają migracje i mogą stać się dla zwierząt pułapką ekologiczną (Stone et al. 2009). Szczególnie sztucznie oświetlone fragmenty pasm dróg (głównie ekspresowych i autostrad) przebiegających przez obszary cenne przyrodniczo, działają niczym pułapka ekologiczna dla podążających za owadami nietoperzy, które giną w zderzeniach z rozjeżdżonymi samochodami (fot. 10). Jednak większość obecnie stosowanych latarni ulicznych nie stanowi już atrakcyjnego żerowiska dla nietoperzy, ze względu na niezbyt przyciągające owady źródło światła (lampy sodowe, pomarańczowe). Opisywane przez Rydella (1992), masowe pod koniec XX wieku zjawisko dotyczyło wysokociśnienio-

wych lamp rtęciowych o świetle białym – dziś na szczęście już coraz rzadziej stosowanych.

Kolejnym problemem, jakiego można się spodziewać ze względu na oświetlenie, jest powodowanie efektu bariery dla gatunków, które przy latarniach nie żerują, natomiast – jako latające nisko i powoli – unikają miejsc oświetlonych ze względu na presję drapieżniczą (gacki, nocki).

W celu ograniczenia niekorzystnego efektu przyciągania nietoperzy w rejon drogi zastosowane oświetlenie powinno być jak najmniej intensywne, o cieplej barwie i skierowane wyłącznie w kierunku elementu, który ma oświetlać. Dodatkowo należy stosować się do poniższych zaleceń:

- należy unikać pułapek na owady poprzez stosowanie zamkniętych obudów źródeł światła,
- okres trwania oświetlenia należy dostosować do pory roku,
- należy stosować lampy ze strumieniem światła skierowanym na określoną powierzchnię.

Problem wpływu oświetlenia na nietoperze może dotyczyć tylko okresu wiosna-lato-jesień. W okresie zimowym, kiedy to noce są najdłuższe, a w związku z tym czas koniecznego oświetlenia obiektów jest dłuższy, nietoperze generalnie zimują w swoich kryjówkach. Mogą jednak zdarzyć się przeloty w obrębie kompleksu między poszczególnymi zimowiskami, jak np. forty w Poznaniu (Bogdanowicz i Urbańczyk 1983) i na etapie doboru najkorzystniejszego wariantu należy wybrać ten przebiegający z dala od zimowisk.

Działania kompensacyjne

Działania kompensacyjne należy planować długookresowo, gdyż droga będzie oddziaływać przez kilkadziesiąt lat, jeśli nie dłużej. Należy je dobierać w taki sposób, aby rzeczywiście kompensowały utracone miejsce na skutek realizacji inwestycji drogowej. W ramach takich działań można zapropono-

wać przystosowanie obiektów podziemnych położonych z dala od drogi do hibernacji i odbywania godów połączonych z żerowaniem (*swarming*), przez co zapewni się nietoperzom miejsca zastępcze, które utracą na skutek budowy drogi, z dłuższą perspektywą czasową. Utracone kryjówki letnie w dziuplach drzew najlepiej skompensować przez rozwieszenie budek w lasach.

Działań kompensacyjnych nie należy jednak ograniczać do powieszenia drewnianych budek, gdyż jest to nietrwale rozwiązanie – budki rozpadną się po kilku latach, poza tym ktoś je musi czyścić, sprawdzać. Dla niektórych gatunków lepsze mogą się okazać dużo trwalsze skrzynki z trocinobetonu.

Podsumowanie

Większość obecnie istniejących dróg w Polsce nie jest przystosowana do pokonywania przez nietoperze. Wnioski, jakie się nasuwają prowadzą do tezy, że śmiertelność nietoperzy zależy od otoczenia drogi oraz że wraz ze wzrostem prędkości pojazdów rośnie śmiertelność nietoperzy na drogach. Można temu zaradzić wprowadzając w ramach działań minimalizujących wpływ dróg na nieto-

perze rozwiązania w postaci przejść dolnych i górnych. Jednak by były one wykorzystywane przez nietoperze, potrzebne są nasadzenia zieleni naprowadzającej do tych przejść. Z kolei, aby wyeliminować śmiertelność, należy wprowadzać ekrany, które powinny mieć odpowiednią wysokość oraz powinny być rozmieszczone na odpowiedniej długości wzdłuż drogi. Również wprowadzenie nasadzeń drzew i zakrzewień może – podobnie jak w przypadku ptaków – przyciągać nietoperze w rejon dróg i powodować wśród nich śmiertelność. Dlatego też istnieje potrzeba przeprowadzenia monitoringu na etapie przed przystąpieniem do realizacji drogi (przedrealizacyjny), którego zadaniem jest określenie gatunków i ich tras migracyjnych, żerowisk, zimowisk, kolonii rozrodczych i miejsc swarmingu nietoperzy, co ma przełożenie na ocenę wpływu drogi na nietoperze. Monitoring porealizacyjny z kolei ma ocenić zrealizowane działania minimalizujące, wykazać miejsca, w których dochodzi do kolizji nietoperzy z pojazdami oraz zawierać propozycje wprowadzenia rozwiązań prowadzących do wyeliminowania śmiertelności nietoperzy na drogach. Dzięki temu ochrona nietoperzy będzie mogła być realizowana bez uszczerbku w lokalnych populacjach.

LITERATURA

- BACH L., BURKHARDT P., LIMPENS H.J.G.A. 2004. Tunnels as a possibility to connect bat habitats *Mammalia* 68 (4): 411-420
- BERTHINUSSEN A., ALTRINGHAM J. 2012. Do bat gantries and underpasses help bats cross roads safely? *PLoS ONE* 7(6): e38775. Doi:10.1371/journal.pone.0038775.
- BOGDANOWICZ W., URBAŃCZYK Z. 1983. Some ecological aspects of Bats hibernating in city of Poznań. *Acta Theriol.* Vol. 28, 24: 371-385.
- BOHATKIEWICZ J. (Ed.). 2008. Podręcznik dobrych praktyk wykonywania opracowań środowiskowych dla dróg krajowych. Opracowanie na zlecenie Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad w Warszawie. Biuro Ekspertyz i Projektów Budownictwa Komunikacyjnego EKKOM, Kraków.
- CAPO G., CHAUT J.-J., ARTHUR L. 2006. Quatre ans d'étude de mortalité des chiropteres sur deux kilometres routiers proches d'un site d'hibernation. Article scientifique. *Symbioses* n°15. pp.45-46. 2 p.

- DIETZ CH., von HELVERSEN O., NILL D. 2009. Nietoperze Europy i Afryki północno-zachodniej. *Biologia, rozpoznawanie, zagrożenia*. Warszawa, Multico.
- HIGHWAYS AGENCY. 2006. Best practice in enhancement of highway design for bats. Halcrow Group Limited.
- JNCC. 2001. Habitat Management for Bats. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.
- KEPEL A., CIECHANOWSKI M., JAROS. 2011. Wytyczne dotyczące oceny oddziaływania elektrowni wiatrowych na nietoperze. Projekt. Warszawa, GDOŚ.
- KERTH G., MELBER M. 2009. Species-specific barrier effects of a motorway on the habitat use of two threatened forest-living bat species. *Biological Conservation* 142: 270-279
- KOWALSKI M., GOŁĘBNIAK G., FUSZARA E. 2008. Nietoperze Polski w: Czynna ochrona zwierząt - prezentacja multimedialna. Wydawnictwo Towarzystwa Przyrodniczego "Bocian", Siedlce.
- KUREK R. (Ed.). 2007. Ochrona dziko żyjących zwierząt przy inwestycjach drogowych w Polsce. Stowarzyszenie Pracownia na rzecz Wszystkich Istot, Bystra.
- KUREK R. 2010. Poradnik projektowania przejść dla zwierząt i działań ograniczających śmiertelność fauny przy drogach. Stowarzyszenie Pracownia na rzecz Wszystkich Istot, Warszawa.
- LAMBRECHTS J., VERLINDE R., VAN DER WIJDEN B., GORSSSEN J. 2006. Monitoring ecoduct 'De Warendé' over de N25 (Meerdaalwoud) in Bierbeek. Resultaten van het eerste jaar von onderzoek. Belgium: AEOLUS
- LESIŃSKI G. 2006. Wpływ antropogenicznych przekształceń krajobrazu na strukturę i funkcjonowanie zespołów nietoperzy w Polsce. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- LESIŃSKI G. 2007. Bat road casualties and factors determining their number. *Mammalia*: 138-142.
- LESIŃSKI G. 2008. Linear landscape elements and bat casualties on road – an example. *Ann. Zool. Fennici* 45: 277-280.
- LESIŃSKI G. 2011. Nietoperze zabijane przez pojazdy na drodze pomiędzy Warszawą a Nowym Dworem Mazowieckim. *Nietoperze* 12: 51-52
- LESIŃSKI G., GRYZ J., KRAUZE D. 2009. Nietoperze ginące na drodze w okolicy Rogowa (województwo łódzkie). *Nietoperze* 10: 70-72.
- LESIŃSKI G., SIKORA A., OLSZEWSKI A. 2011. Bat casualties on a road crossing a mosaic landscape. *Eur. J. Wildl. Res.* 57:217-223.
- LIMPENS H. J. G. A., Twisk P., Veenbaas G. 2005. Bats and road construction. Rijkswaterstaat, Dens Weg- en Waterbouwkunde, Delf; Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming, Arnhem.
- MYSŁAJEK R. W., NOWAK S. 2000. Notowania mroczków posrebrzanych *Vespertilio murinus* w Bielsku-Białej na Pogórzu Śląskim. *Przegląd Przyrodniczy* 11 (1): 95-97.
- MYSŁAJEK R.W. KUREK K. 2011. Nietoperze zabite w kolizjach z pojazdami w karpackiej części województwa Śląskiego (południowa Polska) *Nietoperze* 12: 40-42
- NATIONAL ROADS AUTHORITY. 2005. Best practice guidelines for the conservation of bats in the planning of National Road Schemes.
- NOWICKI F., DADU L., CARSIGNOL J., BRETAUD J-F., BIELSA S. 2008. Routes et chiroptères. Etat des connaissances. Rapport bibliographique. SÉTRA.
- NUNDT L. (Ed.) 2012 Bat Surveys: Good practice Guidelines, 2nd edition. Bat Conservation Trust.
- STONE E.L., JONES G., HARRIS S. 2009. Street lighting disturbs commuting bats. *Current Biology* 19:1-5.

- RODRIGUES L., BACH L., DUBOURG-SAVAGE M., GOODWIN J., HARBUSCH CH., 2006. Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. EUROBATS. Publication Series No.3
- RYDELL, J. 1992. Exploitation of insects around streetlamps by bats in Sweden. *Functional Ecology* 6:744–750.
- RYDELL J., RACEY P.A. 1993. Street lamps and the feeding ecology of insectivorous bats. *Recent Advances in Bat Biology Zool. Soc. Lond. Symposium abstracts*.
- SIEMERS, B.M., SCHAUB, A. 2011. Hunting at the highway: traffic noise reduces foraging efficiency in acoustic predators. *Proceedings of the Royal Society B*, 278 (1712): 1646-1652
- STONE E.L., JONES G., HARRIS S. 2009. Street lighting disturbs commuting bats. *Current Biology* 19:1-5.

Summary

The article presents state-of-the-art knowledge on the impact of roads on bats, both on the construction and usage stages. Roads exert a negative impact on bats through causing mortality and environmental barriers. That impact should be assessed at the pre- and post-construction stages. However, the issue is in the lack of uniform methodological premises upon which research is to be carried out. The guidelines for assessment of the impact of wind farms should not be applied in whole for assessment of roads as they fail to fit the evaluation of road investments on bat species.

Road investments should be carried out away from major wintering and breeding sites. They should be planned together with greenery planting system and a system of over- and underpasses.

Research is to be carried out at the time of adequate weather conditions by means of detector monitoring. Detectors recommended for research include the heterodyne and time expansion ones.

Considering bat conservation, the selection of optimum road route should focus on a study of the sites used by bats during: seasonal migrations (spring ones – less significant, and early autumn ones – when mating activity occurs), occupation of hiding places (breeding colonies and wintering sites), feeding and flights between hideouts and feeding grounds, autumnal swarming, most frequently around underground objects.

Spatial distribution of bat activity needs to be defined and locations of commuting flights as well as of feeding grounds and hiding sites need to be found. The optimum research buffer zone should be 1 km on both sides of the road while currently it is usually 500-750 m. The pre-construction monitoring enables determination of bat flights, feeding grounds, wintering sites, breeding colonies and species composition.

A failure to demonstrate a significant impact during the pre-construction monitoring of infrastructural investments, particularly the linear ones, may not be considered a basis for resignation from the post-construction monitoring.

The purpose of the post-construction monitoring is verification of the solutions applied to minimize bat mortality, assessment of bat mortality and the impact of the infrastructure accompanying the road. A number of technical solutions are used at linear investments which help minimize the negative impact of roads on bats. One of those is the grade line of the road: in a trench – the safest one for bats, but may lead to a disturbance of water ratios; on the ground – not to be used at confirmed flight ways or bat feeding grounds; on an embankment – the most hazardous, creates a barrier difficult or impossible to pass, though if underpasses with animal guiding greenery and anti-dazzling screens are used, both the mortality rate and the barrier effect may be minimized.

Underpasses are used by bats chiefly as their flight routes, mainly by bats *Myotis spp.*, long-eared bats *Plecotus spp.*, and barbastelles *Barbastella barbastellus* and also pipistrelles *Pipistrellus spp.* The overpasses (including landscape bridges) are used mainly by noctules *Nyctalus spp.*, pipistrelles *Pipistrellus spp.*, serotrine bats *Eptesicus spp.*, *Vespertilio murinus*.

The most advantageous solution for bats are flyovers.

Apart from animal passages, greenery planting should be done at a distance from express roads and motorways, minimum 20 m away from the outer edge of the road or embankment foot. If the road is to cross important bat feeding grounds, greenery planting should be abandoned.

Recommended height of anti-dazzling screens with respect of bat conservation should be 5 m in order to avoid collisions with air stream produced behind large and tall vehicles like HGVs. As concerns gantries, British research has shown them to be ineffective. The lighting should be as little intense as possible, of warm colour and directed exclusively on the element it is supposed to illuminate.

Any compensation activities should be subject to long-term planning. They must compensate for the locations which have actually been lost.

Adres autora:

Grzegorz Gołębniak
Klub Przyrodników Koło Poznańskie
Os. S. Batorego 20/62
60-687 Poznań
grzegorzgo@gmail.com