

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE

FRAGMENTACE KRAJINY ZPŮSOBENÁ
DOPRAVNÍ INFRASTRUKTUROU
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Keken, Ph.D.

Bakalant: Tomáš Vršecký

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Vršecký

Územní technická a správní služba

Název práce

Fragmentace krajiny způsobená dopravní infrastrukturou

Název anglicky

Landscape fragmentation caused by transport infrastructure

Cíle práce

Cílem práce je vypracování rešerše týkající se problematiky vlivu liniiových staveb na životní prostředí se zaměřením na fragmentaci krajiny. Rešerše by měla obsahovat stručné retrospektivní pozadí vývoje páteřní dopravní infrastruktury ČR, její současný stav a perspektivy do budoucna v kontextu krajinné zranitelnosti a dopadu na úroveň fragmentace.

Metodika

Jedná se o rešeršní formu BP u které dle platných Metodických pokynů pro zpracování BP na FŽP není metodika součástí.

Doporučený rozsah práce

40 stránek

Klíčová slova

silniční doprava, road ecology, barierový efekt, zábor biotopů

Doporučené zdroje informací

- Anděl P., Andreas M., Bláhová A., Gorčicová I., Hlaváč V., Mináriková T., Romportl D., Strnad M., 2010: Ochrana průchodnosti pro velké savce. Evernia s.r.o., Liberec, 137 s.
- Anděl P., Gorčicová I., Hlaváč V., Miko L., Andělová H., 2005b: Zhodnocení fragmentace krajiny dopravou. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 67 s.
- Bennett V. J., Smith W. P., Betts M. G., 2011: Toward Understanding the Ecological Impact of Transportation Corridors. United States Department of Agriculture, Portland, 40 s.
- Forman R. T. T., Alexander L. E., 1998: Roads and Their Major Ecological Effects. Annual Review of Ecology and Systematics Volume 29. P. 207–231.
- Hlaváč V., Anděl P., 2001: Metodická příručka k zajišťování průchodnosti dálničních komunikací pro volně žijící živočichy. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 51 s.
- Lipský Z., 2000: Sledování změn v kulturní krajině. ČZÚ Praha, Praha, 71 s.
- Montis A., Martín B., Ortega E., Ledda A., Serra V., 2017: Landscape fragmentation in Mediterranean Europe: A comparative approach. Land Use Policy Volume 64. P. 83-94.
-

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Keken, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2018

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 15. 04. 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Zdeňka Kekena, Ph.D. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém ČZU v Praze.

V Praze 25. 04. 2018

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Zdeňku Kekenovi, Ph.D. za poskytování odborných rad, věcných připomínek, ochotu a vstřícný přístup během zpracování této práce.

Zvláštní poděkování náleží také mé manželce a rodině za podporu, a to nejen po dobu zpracování bakalářské práce, ale i po dobu celého mého studia.

Abstrakt

Výstavba dálnic, silnic a další infrastruktury představuje jeden z nejdůležitějších vlivů na krajinu i živočichy v negativním slova smyslu. A to zejména antropogenně. Tyto lineární stavby vytváří v okolní krajině stále rostoucí a rozšiřující se bariéry pro žijící živočichy, jelikož tento typ bariér se pro některé z nich stává nepřekonatelným i přes výskyt nadchodů a podchodů určených pro jejich přecházení. S budováním silnic a dálnic také souvisí fragmentace krajiny, což znamená štěpení krajiny do stále menších a menších částí, což též k zachování přírody a životu v ní kladně nepřispívá.

Tato bakalářská práce popisuje a vysvětluje pojmy jako fragmentace krajiny, migrační bariéra a jejich efekt a pomocí již provedených studií přímo dokazuje negativní vlivy, jež se vlivem staveb nadále zvětšují. Rovněž poskytuje přehled o již publikovaných výsledcích v průběhu zkoumání různých živočišných druhů, jak v České republice, tak v zahraničí. A to zejména ve smyslu zkoumání vlivu výstavby dopravních komunikací na migraci savců a jejich nároků na habitaty a využívání migračních přechodů. Dále posuzuje vliv změny krajiny v okolí dopravní komunikace na migraci zvěře a její mortalitu způsobenou vlivem střetu zvěře a motorových vozidel.

Cílem práce je analýza současné míry fragmentace liniovými bariérami a prostupnosti krajiny pro savce.

V závěru jsou navrženy a shrnuty základní druhy opatření.

Klíčová slova

silniční doprava, road ecology, barierový efekt, zábor biotopů

Abstract

Construction of motorways, roads, and other infrastructure, especially anthropogenically, represents one of the most major negative influences on land and animals. These linear structures create continuously increasing and expanding barriers for animals living on land. These types of barriers become impenetrable for some of them, despite the presence of overpasses and subways constructed for their safe passage. Construction of roads and motorways is also related to landscape fragmentation, which means the splitting of the landscape into smaller and smaller parts, which does not contribute favorably to the preservation of nature and wildlife. This bachelor thesis describes and explains concepts such as landscape fragmentation, migration barrier and their effects, and according to surveys which have been previously carried out, it directly demonstrates the negative influences which are still increasing due to such construction. The thesis also provides a summary of results which have already been published during various types of animal research in the Czech Republic, and even abroad. All of these are especially focused on the influence of the construction of transport roads on animal migration and its mortality caused by collisions with motor vehicles.

The aim of the thesis is to analyze the current rate of fragmentation caused by linear barriers and the land permeability for mammals.

At the end, the basic types of precautions are proposed and summarized.

Keywords

road transportation, road ecology, barrier effect, annexation of biotopes

1. Úvod	1
2. Cíle práce	3
3. Literární rešerše	4
3.1 Rozvoj infastruktury	4
3.1.1 Historický vývoj dopravní infrastruktury na území ČR	4
3.1.2 Rozvoj dálnic na území Československa	5
3.1.3 Rozdělení dálnic a silnic a jejich současný stav	6
3.2 Fragmentace krajiny	9
3.2.1 Krajina	9
3.2.2 Fragmentace krajiny	10
3.2.3 Fragmentace krajiny na území ČR	10
3.2.4 Příčiny fragmentace	15
3.2.5 Důsledky fragmentace	16
3.3 Migrační bariéra ve vztahu k živočichům	17
3.3.1 Habitatové nároky živočichů	18
3.3.2 Migrační chování velkých savců	20
3.4 Migrační bariéry	21
3.4.1 Doprava jako migrační bariéra	22
3.4.2 Intenzita dopravy a její vliv na živočichy	24
3.4.3 „Road affected area“ a její vztah k fauně	26
3.4.4 Mortalita zvěře na pozemních komunikacích	27
3.4.5 Dopravní situace v České republice	28
3.4.6 Chování živočichů při styku s dálnicí	29
3.4.7 Hlavní typy možných opatření	31
4. Závěr	35
5. Přehled literatury a použitých zdrojů	37
5.1 Odborné publikace	37
5.2 Legislativní zdroje	44
5.3 Internetové zdroje	44
5.4 Seznam obrázků a tabulek	44

Seznam použitých zkratk

ČR – Česká republika

ČSR – Československá republika

ČSSR – Československá socialistická republika

PUPFL – pozemek určený k plnění funkcí lesa

ZPF – zemědělský půdní fond

1. Úvod

Výstavba silničních a dálničních staveb má značný vliv na krajinu vyskytující se v jejím okolí i na živočichy v ní žijících. Jedním z nejzávažnějších dopadů je fragmentace krajiny. Pojem fragmentace pochází z latinského slova „fragmentum“, což v překladu znamená zlomek, úlomek. Fragmentace krajiny je tedy proces, při kterém dochází k dělení souvislých biotopů na stále menší a izolovanější části, které tímto dělení tak ztrácí svou původní kvalitu (Andrén 1994).

Krajina je dělena na menší celky i přirozeně, a to výskytem přirozených bariér, jako jsou například řeky, pohoří nebo hory. Postupným vývojem se ale některé organismy fragmentovanému prostředí dokáží přizpůsobit a jsou schopny v něm přežít. Ovšem s bariérami vytvořenými antropogenním vlivem, tedy rukou člověka, kam řadíme například dálnice a silnice, je situace komplikovanější. Vlivem jejich liniového charakteru omezují či dokonce často úplně znemožňují volný pohyb živočichů v krajině (Forman a Alexander 1998). Pohyb má ale pro žijící živočichy až životní význam (např. potravní zdroj, rozmnožování, nárůst či pokles početnosti populace, narušení životního prostředí, výskyt predátorů) a jakékoli přerušení s sebou může přinášet až fatální následky (Karlson a Mörtberg 2015). Důsledkem výskytu rozsáhlých dopravních sítí je tak nejen fragmentace krajiny, ale i fragmentace jednotlivých populací, které tuto krajinu obývají (Hlaváč a Anděl 2001). Jevo označovaný jako fragmentace krajiny se stává závažným a také velmi složitým problémem ochrany přírody a krajiny ve 21. století, což může mít v budoucnu katastrofické následky na struktury biotopů i celých ekosystémů. Proto je snahou chránit celistvost území pomocí různých legislativních nástrojů (Hlaváč a Anděl 2001).

Citlivost druhů k fragmentaci krajiny a dalším vlivům dopravních komunikací je různá. Některé druhy jsou ovlivňovány více než jiné. Vše ale závisí zejména na jejich schopnosti se pohybovat v prostředí (velikost domovského okrsku, migrace) a na jejich nárocích na prostředí (např. specializace jen na určitý typ prostředí) (Carr a Fahrig 2001).

Pro zmírnění negativního vlivu dopravních komunikací jsou navrhována různá opatření. Obecně je lze rozdělit na dvě hlavní skupiny: 1) opatření k umožnění migrace, 2) opatření ke snížení mortality. Pro umožnění migrace slouží různé typy migračních objektů, ať už speciálně projektované pro migraci zvířat (tzv. ekodukty),

nebo různé víceúčelové stavby (mosty, tunely apod.). Mezi hlavní opatření pro snížení mortality pak patří oplocení nebo různé varovné systémy (Hlaváč a Anděl 2001). Díky rozsáhlému výzkumu již dnes existují metodické příručky, které obsahují návody a soupisy opatření, která jsou potřebná při výstavbě nových dopravních komunikací s cílem zajistit jejich průchodnost pro volně žijící živočichy a snížit počet dopravních nehod způsobených střetem přebíhajících zvířat s vozidly, např. Hlaváč a Anděl 2001. V roce 2003 vyšla jako výsledek projektu COST 341 (Evropský výzkumný program “Fragmentace prostředí v důsledku dopravní infrastruktury”) evropská příručka, na jejímž vzniku se podíleli odborníci z 16 evropských států, včetně České republiky. V příručce jsou shrnuty dosavadní poznatky o vlivech dopravní infrastruktury na fragmentaci biotopů, dále popisuje důsledky fragmentace pro populace zvířat nebo jednotlivá optimalizační opatření. Svým obsahem je přínosem pro řadu uživatelů.

Problematika fragmentace krajiny a vlivu dopravní infrastruktury na migraci savců je velmi rozsáhlá. V rámci své bakalářské práce jsem literární rešerši na toto téma zaměřil na aktuální problematiku fragmentace krajiny v důsledku bariérového efektu pozemních komunikací. Vychází z historických i současných dat o dálniční a silniční síti a jejím vlivu na okolní krajinu a živočichy.

2. Cíle práce

Cílem této práce je shrnutí dosavadních poznatků o fragmentaci krajiny, migraci živočichů a jejich vlivech na kvalitu života a přežití jedinců. Rešerše se zabývá zhodnocením vlivu výstavby dopravní infrastruktury na okolní krajinu a živočichy žijící v dané lokalitě. Práce se také zabývá kolizemi vozidel se zvěří, jejich frekvencí a možnými opatřeními.

V rámci literární rešerše je téma rozděleno do čtyř hlavních skupin, a to: historie a vývoj dopravní infrastruktury na území České republiky, fragmentace krajiny a její příčiny a důsledky, migrační bariéra ve vztahu k živočichům, doprava jako migrační bariéra.

3. Literární rešerše

3.1 Rozvoj infrastruktury

3.1.1 Historický vývoj dopravní infrastruktury na území ČR

Doprava byla pro lidstvo důležitá už odjakživa. Hned po osídlení se začaly zřizovat pozemní komunikace, které sloužily nejen k přepravě nákladů, ale také jako kontaktní článek mezi jednotlivými částmi země nebo zeměmi sousedními (Čihák a kol. 2013). Začaly tak vznikat první stezky, po kterých člověk nosil náklady na svých bedrech a tahal je na primitivních dopravních prostředcích – smycích, saních a válcích z kamenů, které si sám vyhotovil (Musil 1987).

Zásadní význam v rozvoji komunikací hrálo objevení kola a domestikace zvířat (Žalud 1961).

Vozovky, které zajišťovaly větší bezpečnost, se budovaly za vlády Karla IV. Jednalo se o vozovku zemského typu, jejíž šířka cca 5 m, měla umožnit vyhnutí dvou čtyřkolových vozů s těžkým nákladem (Čihák a kol. 2013).

Za zásadní změnu ve výstavbě silnic bylo považováno ustanovení repatriační komise roku 1726, za vlády Karla VI. Jejím úkolem bylo zajistit silniční reformu. Následně došlo ke schválení výstavby státních silnic, které spojovaly Prahu s Vídní, Lipskem, Vratislaví, Norimberkem, Lincem a Žitavou. Rovněž došlo i k uplatnění nové konstrukce vozovek, jež byla tvořena kamenným štětem, vrstvou menších kamenů, štěrkem a písečným posypem (Čihák a kol. 2013).

Výstavba hlavních silnic počala roku 1727 na Moravě, a to stavbou Slezské silnice v trase Vídeň – Brno – Opava a v Čechách v roce 1738 stavbou Vídeňské a Lipské silnice. V roce 1765 byla jako první v celé délce dokončena výstavba Vídeňské silnice vybudované v trase Praha – Český Brod – Kolín – Jihlava – Vídeň (Čihák a kol. 2013). Po roce 1804 došlo k povolení stavovských příspěvků na výstavbu státních silnic, čímž došlo k podstatnému urychlení výstavby. Pro srovnání délka dopravní sítě v Čechách činila v roce 1804 pouze 609 km, v roce 1829 to bylo již 2 713 km a v roce 1848 pak 3 827 km. Na Moravě a ve Slezsku se zvýšila délka sítě státních silnic od 212 km v roce 1749 na 1 131 km v roce 1848 (Čihák a kol. 2013).

V období 1865 až 1918 bylo jen v Čechách vybudováno cca 25 500 km nových okresních silnic (Čihák a kol. 2013).

K výraznější úpravě vozovek silnic došlo až po vzniku státního silničního fondu v roce 1927, kdy v roce 1938 cca 34 % státních silnic v Československu mělo těžkou nebo střední vozovku a 31,5 % bylo opatřeno povrchovým nátěrem (Čihák a kol. 2013).

3.1.2 Rozvoj dálnic na území Československa

K úřednímu zavedení názvu „dálnice“ došlo v prosinci roku 1938, kdy bylo vydáno vládní nařízení č. 372 o československých dálnicích (Čihák a kol. 2013).

Tímto vládním nařízením se vláda ČSR odhodlala vybudovat první československou dálnici Praha – Brno – Zlín – Ružomberok – Prešov – Chust – rumunské hranice, odkud měla vést až k Černému moři (Musil 1987). Vlastní výstavba dálnice započala 2. května 1939 (Lídl a Janda 2006).

Poté byly v Čechách postupně rozestavěny úseky mezi Prahou a Humpolcem v délce téměř 60 km, na Moravě u Brna a ve Chřibech úseky o délce asi 18 km (Musil 1987). Roku 1941 však došlo k zavádění řízeného hospodářství a zákazu novostaveb. Tento zákaz se týkal i stavby dálnic, které sice dostaly výjimku, ale nemohlo se pokračovat v jejich výstavbě plnohodnotně (Lídl a kol. 2009).

Z tohoto důvodu se provedly alespoň konzervační práce, které měly zajistit konstrukce před možným vznikem později těžko napravitelných škod (Musil 1987).

Po skončení 2. světové války došlo k nápravě škod na silnicích, konzervaci objektů a odstranění prašnosti silnic (Musil 1987).

I přes poměrně skromné poválečné investorské poměry, a to dokonce dekretem prezidenta Beneše, byla v omezeném rozsahu obnovena výstavba již rozestavěné dálnice na trase Praha – Brno – slovenská hranice, jež měla pro Československo největší význam (Musil 1987).

Roku 1963 se určujícím dokumentem stalo usnesení vlády č. 286, kdy se vymezila dálniční síť o celkové délce více než 1 700 km a stanovily se směry jednotlivých tahů dálnic. Roku 1966 došlo Státní komisí pro techniku studie ke schválení dálničního tahu Praha – Brno – Bratislava. Tah měl být realizován jako první, a to v délce 316 km, kdy samotná výstavba začala 8. září 1967.

V roce 1967 také došlo k založení Ředitelství dálnic Praha, které v současné době nese název Ředitelství silnic a dálnic ČR (Kyncl a kol. 2006). Plány na vznik nové organizace však vznikly již v roce 1966. V tehdejší Středisku pro rozvoj silnic a dálnic sice již fungoval dálniční odbor, který zajišťoval investorskou přípravu

výstavby dálnice, avšak z důvodu stálého nárůstu prací na přípravě a blížícího se začátku vlastní výstavby se počítalo se zřízením Ředitelství dálnic (Prášil 2007).

Dne 12. července 1971 bylo uvedeno do provozu prvních 21 km československé dálnice, a to v úseku mezi Prahou a Mirošovicemi (Musil 1987).

Po třinácti letech výstavby, v roce 1980, byl na tomto dálničním tahu otevřen poslední úsek Hustopeče – Břeclav – hranice národních republik a tím skončila první etapa výstavby dálniční sítě ČSSR (Musil 1987).

Do roku 1990 se modernizovaly a stavěly především přeložky silnic I. tříd a projektovaly se silnice, které měly zlepšovat dostupnost do rekreačních středisek na území ČSSR (Brázdil a kol. 2009).

Se vznikem České republiky, 1. ledna 1993, vzniklo i Ministerstvo dopravy, které přebralo kompetence od rušeného federálního Ministerstva dopravy (Kyncl a kol. 2006).

Do roku 2005 byl další rozvoj dálnic a silnic ustanoven usnesením vlády č. 631 z roku 1993, přičemž plány výstavby byly pravidelně aktualizovány (Prášil 2017).

V lednu roku 2013 byla Ministerstvem dopravy navrhována novelizace zákona č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, aby byly některé rychlostní silnice či jejich úseky přeřazeny do kategorie dálnic. Tento návrh byl později rozšířen tak, aby do kategorie dálnic byla přeřazena naprostá většina rychlostních silnic. Ke schválení návrhu novelizace došlo 15. září 2015 a účinnosti nabyl ke dni 31. prosince 2015. Síť dálnic byla rozšířena o 438 km a kategorie rychlostních silnic byla zrušena (Ředitelství silnic a dálnic ČR ©2016).

3.1.3 Rozdělení dálnic a silnic a jejich současný stav

Dálnice a nejvýznamnější silnice přenášejí největší podíl dopravního výkonu a spojují nejdůležitější politická a hospodářská centra i rekreační území (Čihák a kol. 2013).

V současné době se při klasifikaci silnic vychází z ustanovení dle § 2 zákona č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, v platném znění, který vymezuje základní kategorie silnic. Pozemní komunikace dělí na dálnice, silnice, místní komunikace a účelové komunikace.

Dle § 4 citovaného zákona je dálnice pozemní komunikace určena pro rychlou dálkovou a mezistátní dopravu silničními motorovými vozidly, která je budována bez

úrovňových křížení, s oddělenými místy napojení pro vjezd a výjezd a která má směrově oddělené jízdní pásy.

Dle svého určení a dopravního významu se rozdělují na dálnice I. třídy a II. třídy, které jsou přístupné pouze silničním motorovým vozidlům, jejichž nejvyšší povolená rychlost není nižší, než stanoví zvláštní předpis (zákon č. 13/1997 Sb.).

Dálniční těleso se na rozdíl od ostatních komunikací vyznačuje především velkou intenzitou dopravy, četnými zábranami mechanického charakteru, téměř souvislým celodenním a celonočním provozem a s tím spojenými vizuálními a hlukovými disturbancemi (Iuell a kol. 2003).

Dle § 5 citovaného zákona je silnice veřejně přístupná pozemní komunikace určena k užití silničními a jinými vozidly a chodci. Rozděluje se do tříd dle svého určení a dopravního významu

- I. třída je určena zejména pro dálkovou a mezistátní dopravu.

Silnice této třídy mohou obsahovat technické překážky, násypy různého typu a postranní i středová svodidla. Intenzita denní dopravy se pohybuje okolo 10 až 30 tisíc aut (Anděl a kol. 2010).

- II. třída pro dopravu mezi okresy.

Intenzita dopravy u silnic II. třídy je mnohem nižší než u silnic I. třídy. Na těchto silnicích většinou projede 5-10 tisíc vozidel za den (Anděl a kol. 2010). Postranní svodidla mohou působit jako negativní faktor. Pro větší obratlovce ale nejsou zásadní bariérou (Hlaváč a Anděl 2001).

- III. třída je určena k vzájemnému spojení obcí nebo jejich napojením na ostatní pozemní komunikace.

Tento typ silnic je téměř bez technických bariér a intenzita provozu je zde nejnižší, většinou pod 5 tisíc aut za den (Anděl a kol. 2010). Ve srovnání s ostatními typy komunikací jsou pro živočichy nejlépe překonatelnou překážkou (Hlaváč a Anděl 2001).

Dle § 6 citovaného zákona je místní komunikace veřejně přístupná pozemní komunikace, která slouží převážně místní dopravě na území obce a rozděluje se podle dopravního významu, určení a stavebně technického vybavení do tříd.

- místní komunikace I. třídy;

- místní komunikace II. třídy - dopravně významná sběrná komunikace s omezením přímého připojení sousedních nemovitostí;
- místní komunikace III. třídy - obslužné komunikace;
- místní komunikace IV. třídy - komunikace nepřístupná provozu silničních motorových vozidel, nebo na které je umožněn smíšený provoz.

Dle § 7 citovaného zákona je účelová komunikace pozemní komunikace, která slouží:

- ke spojení jednotlivých nemovitostí pro potřeby vlastníků těchto nemovitostí;
- ke spojení těchto nemovitostí s ostatními pozemními komunikacemi;
- k obhospodařování zemědělských a lesních pozemků.

Účelovou komunikací je i pozemní komunikace v uzavřeném prostoru nebo objektu, která slouží potřebě vlastníka nebo provozovatele uzavřeného prostoru nebo objektu. Tato účelová komunikace není přístupná veřejně, ale v rozsahu a způsobem, který stanoví vlastník nebo provozovatel uzavřeného prostoru nebo objektu.

Dle § 2 zákona č.13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, v platném znění, se dálnice označuje jako komunikace určena pro rychlou dálkovou a mezistátní dopravu silničními motorovými vozidly. Je budována bez úrovnových křížení, s oddělenými místy napojení pro vjezd a výjezd a která má směrově oddělené jízdní pásy.

Dálniční těleso se na rozdíl od ostatních komunikací vyznačuje především velkou intenzitou dopravy, četnými zábranami mechanického charakteru, téměř souvislým celodenním a celonočním provozem a s tím spojenými vizuálními a hlukovými disturbancemi (Iuell a kol. 2003).

Na území České republiky bylo k 1. červenci 2017 v provozu 1231,9 km dálnic, 5832,4 km silnic I. třídy, 14 584,5 km II. třídy, 34 121,1 km III. třídy. To znamená, že celkem bylo v České republice 55 769,9 km silnic a dálnic, čímž se v Evropě řadíme hustotou 0,7 km silnic na 1 km² plochy na jedno z předních míst v Evropě (Ředitelství silnic a dálnic ČR ©2018).



Obrázek 1: Dálniční síť k 1.1.2018 (Ředitelství silnic a dálnic ČR ©2018).

3.2 Fragmentace krajiny

3.2.1 Krajina

Existuje mnoho pohledů, z jakých lze krajinu definovat. Dle geografického pojetí definována jako určitá část zemského povrchu, která dle svých vnitřních a vnějších vztahů polohy a vzájemného působení jevů tvoří prostorovou jednotku určitého charakteru, která na svých geografických hranicích přechází v krajiny charakteru odlišného (Sklenička 2003).

Základním rysem každé krajiny je její prostorová heterogenita, která je vyjádřena krajinnou strukturou. Ta má rozhodující vliv na její funkční vlastnosti. Jakákoliv změna v její struktuře, ať už se jedná o zvětšování zemědělských ploch nebo výstavbu komunikačních sítí, má vliv na energomateriální toky v krajině, mění její ekologickou stabilitu, ovlivňuje průchodnost a obyvatelnost krajiny a mění i další charakteristiky a vlastnosti. Těmito vlivy pak dochází k fragmentaci krajiny a bariérovému efektu (Lipský 2000).

3.2.2 Fragmentace krajiny

Fragmentací krajiny se rozumí nepříznivý jev, při kterém odchází k rozdělování původně komplexně fungující přírodní části krajiny (biotopů), na stále zmenšující se části zhoršující kvalitu života (Miko a Hošek 2009).

Krajina tak zároveň ztrácí svou konektivitu, tak i permeabilitu. Pokud je zaplněna mnoha bariérami, nemůže plnohodnotně zajišťovat potřeby populací, jelikož neplní svou funkci jako souvislý a funkční celek (Miko a Hošek 2009).

V průběhu posledních desetiletí způsobilo rozšíření lidských potřeb dramaticky vyšší spotřebu zdrojů planety, což má za následek obrovské dopady na změny ve využívání půdy a rovněž je zřejmá značná ztráta biotopů a biologické rozmanitosti (Montis a kol. 2017).

Z důvodu extrémního nárůstu antropogenních bariér v krajině v průběhu několika desetiletí, se problematika krajiny stává aktuálním tématem (Anděl a kol. 2010).

3.2.3 Fragmentace krajiny na území ČR

Jedním z nejvýznamnějších faktorů, který má za následek fragmentaci krajiny je dopravní lineární infrastruktura. Z pochopitelných důvodů ale existuje zásadní rozdíl mezi bariérovým efektem drobné okresní silnice a dálnice. Proto jsou za oblasti nefragmentované silniční dopravou většinou považovány ty části krajiny, které mají určitou minimální velikost a po obvodu jsou ohraničeny silnicemi od určité intenzity silničního provozu. Metoda stanovení tzv. oblastí nefragmentovaných dopravou (UAT; z anglického Unfragmented Areas by Traffic) počítá s vyšší intenzitou dopravy, než je 1000 vozidel/24 h a s rozlohou území větší než 100 km² (Mertl a kol. 2016).



Obrázek 2: Praha - Letňany v roce 1953 (<https://kontaminace.cenia.cz> upravil Vršecký 2018).

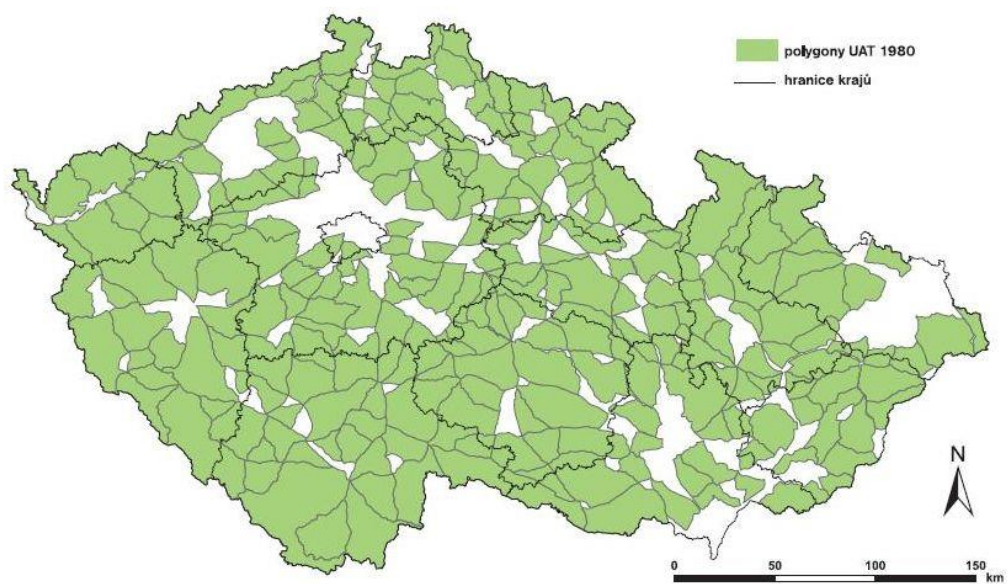


Obrázek 3: Praha - Letňany v roce 2010 (<https://kontaminace.cenia.cz> upravil Vršecký 2018).

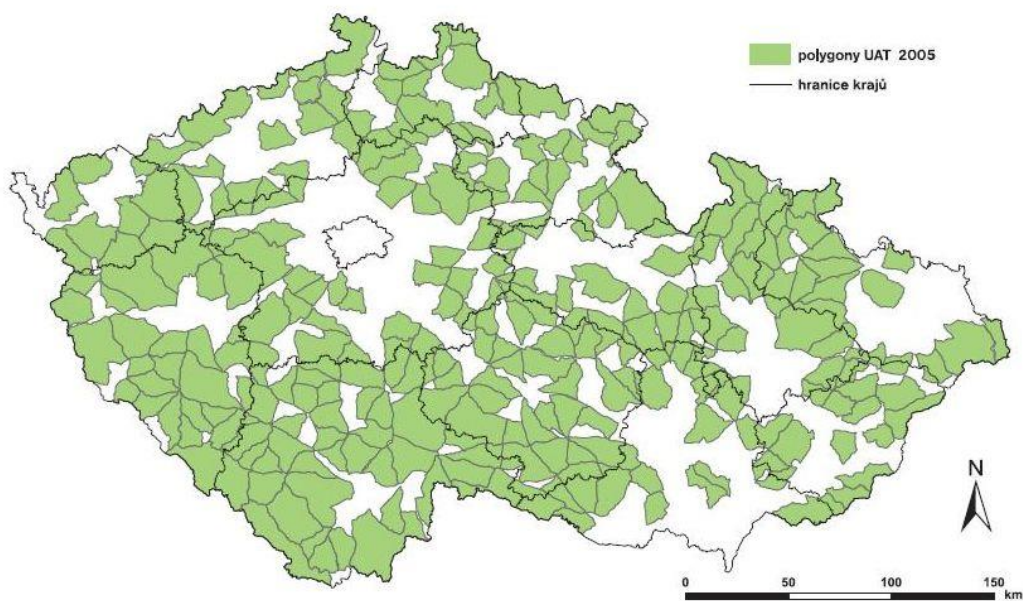
V roce 1980 činil podíl nefragmentované krajiny na území České republiky 81 % a v průběhu dalších let postupně klesal. V letech 2000–2010 rozloha nefragmentované krajiny klesla z 54 tis. km² (což je 68,6 % z celkové rozlohy ČR) až na 50 tis. km² a pokrývala tak 63,4 % celkové rozlohy ČR (Mertl a kol. 2016).

Rychlost poklesu se v posledních 5hodnocených letech (2005-2010) snížila na 2,4 %, ale i přesto fragmentace krajiny dopravou v ČR nadále pokračuje, přičemž úbytek nefragmentovaných ploch zpomaluje (Mertl a kol. 2016).

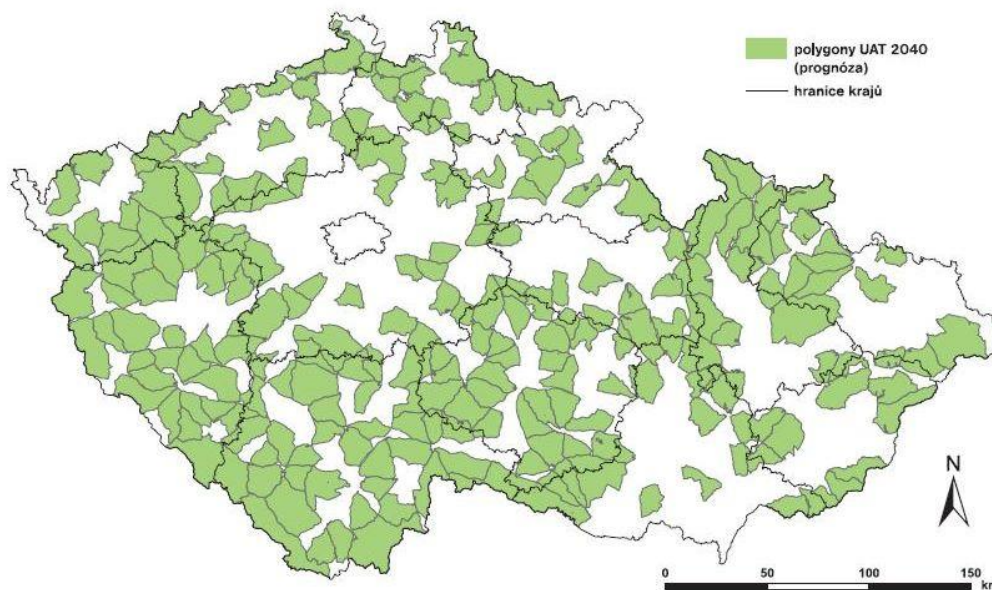
Dle prognózy zpracované společností CityPlan na základě dopravního modelu, by rozpad krajiny v roce 2040 klesal až na 53 %. Tato prognóza není do budoucna optimistická a odráží se v ní dosavadní vývoj i v zemích západní Evropy, jako Německo, Francie, Itálie a Portugalsko (Miko a Hošek, 2009).



Obrázek 4: Fragmentace krajiny v ČR na základě metodiky UAT v roce 1980 (Mertl a kol. 2016).



Obrázek 5: Fragmentace krajiny v ČR na základě metodiky UAT v roce 2005 (Mertl a kol. 2016).



Obrázek 6: Fragmentace krajiny v ČR na základě metodiky UAT podle prognózy v roce 2040 (Mertl a kol. 2016).

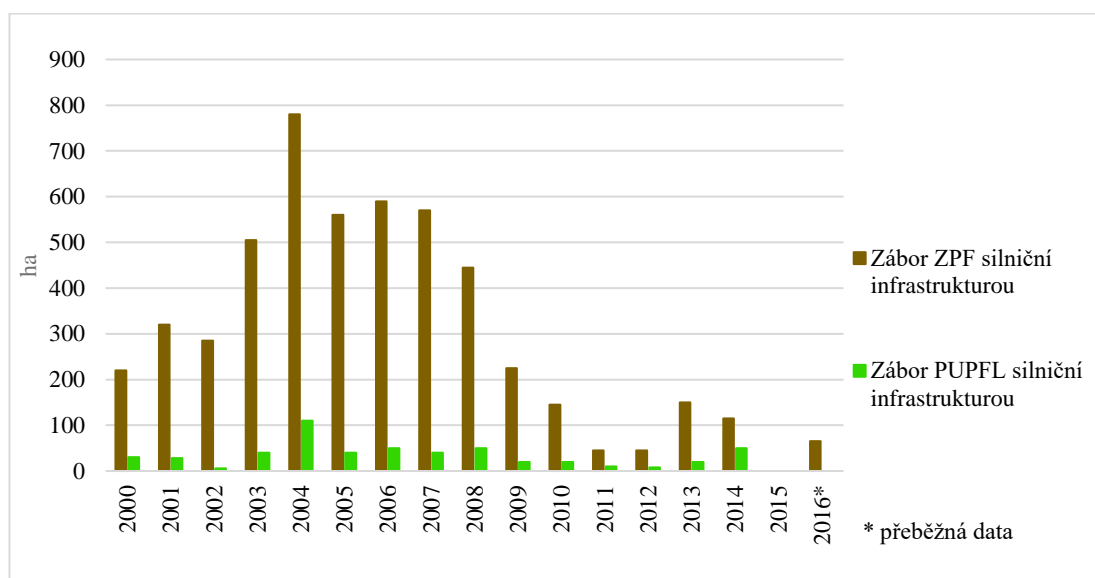
Stupeň fragmentace krajiny dopravou je kromě geomorfologických podmínek dán především celkovým rozvojem v oblasti silniční dopravy. V porovnání se zeměmi západní Evropy je z tohoto pohledu současný stav fragmentace na území České republiky mnohem lepší. Ale vzhledem ke stále rostoucímu objemu dopravy se lze oprávněně obávat, že současná výhoda naší země ve srovnání se západními státy Evropské unie se bude vytrácet za předpokladu, kdy nebudou včas přijata odpovídající opatření na určité strategické úrovni, například zohlednění již existujících bariér v okamžiku projekce nové infrastruktury nebo odstraňování bariérového efektu pomocí vhodných kompenzačních opatření (Miko a Hošek, 2009).

Dle prognózy se v důsledku změny v socioekonomické skladbě k roku 2050 poklesne celkový počet cest lidí za prací a služebních cest o celých 11 %. Počet cest s destinací za vzděláním zůstane neměnný. Počet cest s cílem za volnočasovými aktivitami, kdy se jedná o kratší cesty, stoupne o 11 % a počet cest za rekreací naopak klesne o 2 % (Ministerstvo dopravy ©2013).

Na území České republiky je nejvyšší fragmentace krajiny zaznamenána v krajích Středočeském, Jihomoravském a Moravskoslezském, které současně řadíme mezi kraje, kde nacházíme nejvyšší úbytek nefragmentovaných ploch za období v letech 2005–2010 (Mertl a kol. 2016).

Jako příčina vysokého nárůstu fragmentace je uvedeno územně nekompaktní rozšiřování zastavěných ploch v rámci pokračující urbanizace území a v důsledku rozvoje dopravní infrastruktury, která zejména zahrnuje výstavbu městských okruhů, rychlostních a dálničních komunikací. Plzeňský kraj a Jihočeský kraj se naopak řadí mezi kraje s nejvyšší rozlohou nefragmentovaných ploch. Zde je vlivem členitějšího reliéfu a větší plochy velkoplošných chráněných území nižší hustota osídlení, a tím pádem i nižší potřeba dopravní obslužnosti (Mertl a kol. 2016).

V následujícím grafu je patrné, že v letech 2000–2016 bylo v České republice zabráno přibližně 5 109 ha zemědělské půdy a přibližně 509 ha lesní půdy. To vše vlivem výstavby dopravních komunikací (Mertl a kol. 2016).



Obrázek 7: Vývoj záborů ZPF a PUPFL silniční infrastrukturou v ČR v letech 2000-2016 (Mertl a kol. 2016).

Mezi lety 2000–2016 došlo k nejvýznamnějšímu úbytku zemědělské půdy ve Středočeském a Jihočeském kraji, zejména vlivem pokračující přípravy a výstavby dálnice D1 a D3. S výstavbou pražského okruhu, který propojuje dálnice D1 a D5, došlo k záborům zemědělské půdy ve Středočeském kraji. Mezi lety 2015–2016 pak došlo ke zvýšení záboru zemědělské půdy ve Středočeském, Libereckém a Olomouckém kraji. K záboru lesní půdy došlo v období 2015–2016 pouze v Libereckém kraji (Mertl a kol. 2016).

Na České republice a její síti silniční komunikace je pozitivní to, že i přes svou hustotu se zde vyskytuje relativně malé procento rychlostních silnic a dálnic, tudíž se v budoucnu mohou projekty staveb řešit odpovídajícím způsobem v zájmu ochrany životního prostředí a minimalizace negativních dopadů (Anděl a kol. 2010).

3.2.4 Příčiny fragmentace

Fragmentace krajiny může být zapříčiněna mnoha faktory, nejčastěji se však jedná o sídelní, průmyslové či dopravní výstavby (Anděl a kol. 2010).

Dopravní infrastruktura a neustálé rozšiřování obytné zástavby patří mezi hlavní faktory fragmentace biotopů v hustě osídlených oblastech, což mimo jiné přispívá k nepropustnosti krajiny během pohybu volně žijících zvířat (Frantz a kol. 2012).

Konkrétně silnice mohou být považovány za zdroj fragmentace, za překážku pro většinu příbuzných druhů a jako příčinu degradace funkce krajiny (Liu a kol. 2014).

To je mimořádně patrné zejména v městských oblastech včetně osad, jejichž hlavní ekologické dopady zahrnují ztrátu stanovišť, došlo ke zvýšení úmrtnosti rostlin a izolaci živočišných a rostlinných druhů (Montis a kol. 2017).

Mezi hlavní rizikové faktory, které fragmentaci prohlubují, jak se zmiňuje Anděl a kol. (2005), patří:

- průmyslové areály, které jsou často situovány mimo vnitřní části obcí a jsou určeny k zástavbě a bydlení;
- zemědělství – pastevní areály, chemicky ošetřované rozsáhlé plochy, oplocené pozemky;
- obytné oblasti a doprovodné infrastruktury – satelitní městečka i individuální obytné stavby, obchodní zóny a na ně navazující dopravní infrastruktura;
- dopravní infrastruktura – silniční a železniční komunikace;
- produktovody – potrubí přepravující kapalný a plynný materiál.

Je ale třeba zmínit, že v současné době je příprava i samotná výstavba silnic a dálnic šetrnější k okolnímu prostředí ve srovnání s tím, jak tyto procesy probíhaly v 70. až 80. letech. Ke stavbám se aktuálně přistupuje v maximální možné míře šetrnosti k životnímu prostředí. V souladu s tím jsou vynakládány vysoké náklady na opatření například na výstavbu protihlukových bariér, ochranu povrchových i podzemních vod,

na vegetační a protierozní úpravy i to, aby se trasa vyhýbala zástavbě nebo přírodně cenné lokalitě (Šimonovský 2010).

3.2.5 Důsledky fragmentace

Vlivem výstavby dopravní, průmyslové a sídelní infrastruktury se v krajině vytvářejí bariéry, které brání volnému pohybu živočichů. Tímto je způsobeno štěpení biotopů na stále menší a menší části a v krajině tak vznikají izolované části, které trpí nedostatečnou komunikací s okolím (Anděl 2010). Soubor vlivů, který takto působí na izolované populace bývá označován jako „ostrovni efekt“ (Anděl a kol. 2005a).

Výstavba silnice má za následek okamžitou a přímou ztrátu stanoviště (Chen a Teknomo 2016). Stavba silnice a okraje vozovky tak často trvale zmenšují stanoviště (Mäki a kol. 2001). V některých případech se může jednat o dočasnou záležitost, nicméně v jiných to znamená odlesňování a vypouštění mokřadních biotopů až na 60 m po obou stranách silnice (Bennett a kol. 2011).

V současné době je migrace stále více omezována stavbou pozemních komunikací, které následně krajinu rozdělují na stále menší části a tím dochází ke tzv. bariérovému efektu (Loro a kol. 2015). Přítomnost pozemních komunikací a stále narůstající silniční doprava vytváří pro jednotlivé druhy jen těžko překonatelné překážky (Chen a Koprowski 2016).

Dopady fragmentace se při určité hustotě mohou stát jednou z hlavních příčin, které ohrozí některé, zejména citlivější druhy živočichů (Hlaváč a Anděl 2001).

Fragmentace krajiny také může omezit možnost prozkoumání a výběr vhodného stanoviště a někteří živočichové se s ním musí vyrovnat méně kvalitním stanovištěm, což vede k omezení pohybu a snížení fyzické kondice jedinců. Stoupající fragmentace omezuje rozložení druhů a má za následek nižší reprodukční výkon. To může vést až k zániku populací, zejména v případech, kdy se v méně vhodném stanovišti vyskytuje více jedinců (Langevelde 2015).

Z dlouhodobého hlediska může u těchto populací docházet ke snížení genetické rozmanitosti následkem příbuzenského křížení, což vzhledem k rozmnožování, populační dynamice, etologii atd., má negativní vliv na přežití organismů (Anděl a kol. 2005b).

Základním předpokladem pro zachování druhové diverzity a genetické rozmanitosti je migrace jedinců. Celkový význam bariérového efektu tak závisí na schopnosti jedinců tyto překážky překonat (Iuell a kol. 2003).

Při studiu vlivu nové dálnice E4 na migraci losa ve Švédsku bylo zjištěno, že losi jsou vůči výstavbě bariér velmi citliví. Počet srážek s automobily sice až o 90 % snížilo oplocení dálnice, nicméně minimalizovalo i migrace losů mezi oběma stranami dálnice. Současně s postupujícím časem možná i vzrůstá bariérový efekt komunikace, což může být zapříčiněno tím, že losi si na její přítomnost přivyknou, přestávají ji překonávat a postupně ji považují za přirozenou a zároveň nepřekonatelnou hranici domovského okrsku (Anděl a kol. 2010).

Živočichové na fragmentaci krajiny reagují různě. Například druhy, které nejsou fragmentací vážně ohroženy jsou srnec obecný, prase divoké nebo veverka obecná (Anděl a kol. 2005b).

Naopak fragmentace krajiny, která vznikla vinou výstavby dálniční sítě, má za následek postižení druhů středních a velkých savců. Malé druhy savců mají několikero možností, jak komunikaci překonat, například trubními propustmi. Z důvodu početných populací jsou schopny přežít na izolovaných krajinných celcích způsobených fragmentací (Hlaváč a Anděl 2001).

U některých volně žijících živočichů např. kopytníků bylo prokázáno, že projít přes liniovou stavbu, jejíž součástí je i oplocení, je prakticky nemožné, zatímco pro jiné skupiny živočichů, jako jsou masožravci, se může jednat o propustnost pouze sníženou (Hepenstrick a kol. 2012).

3.3 Migrační bariéra ve vztahu k živočichům

Nejtěžším úkolem je zajistit průchodnost krajiny pro velké savce. Na našem území se jedná o druhy: rys ostrovid (*Lynx lynx*), vlk obecný (*Canis lupus*), medvěd hnědý (*Ursus arctos*), los evropský (*Alces alces*) a jelen lesní (*Cervus elaphus*). Tito velcí savci nejen obývají rozsáhlá území, ale při dálkových migracích vyžadují minimum rušivých antropogenních vlivů (Anděl a kol. 2010).

Jedince je pro větší přehlednost nutné alespoň částečně kategorizovat. Za vhodnou modelovou skupinu (kategorie A), jsou považováni velcí savci. Ti jsou vzhledem

k nárokům na velikost svého areálu a charakteristickým dálkovým migracím fragmentací krajiny ohroženi nejvíce (Anděl a kol. 2010). Savci menšího rozměru nejsou bariérami v krajině ovlivněni tak negativně. Pro jejich existenci postačují výseky krajiny mezi dálnicemi (Hlaváč a Anděl 2001). Menší savci navíc oproti savcům větším migrují na kratší vzdálenosti. Zároveň býložravci migrují na kratší vzdálenosti než masožravci, kteří jsou kvůli potravě nuceni urazit až desítky kilometrů denně (Anděl a kol. 2010).

Mezi druhy, které řadíme do kategorie A, na našem území řadíme: i) velké šelmy jako je rys ostrovid, vlk obecný nebo medvěd hnědý, ii) velké kopytníky, mezi které se řadí los evropský a jelen lesní. Z toho se rys ostrovid, vlk obecný, medvěd hnědý i los evropský, řadí na základě české legislativy ochrany přírody a krajiny mezi zvláště chráněné druhy (zákon č. 114/1992 Sb).

Zároveň se jedná o reprezentanty lesních ekosystémů, tudíž se předpokládá, že bude-li zajištěna průchodnost krajiny pro tyto velké savce, bude dostatečná i pro další druhy obývající daný biotop (Miller a kol. 2001).

3.3.1 Habitatové nároky živočichů

Skupina velkých lesních savců je z hlediska svých nároků na teritorium a způsobu života k fragmentaci velmi citlivá. Obývá přírodní prostředí v zachovalém stavu, zejména rozsáhlé lesnaté oblasti. V rámci svého stálého okrsku, který dlouhodobě obývá a který často dosahuje až několik stovek kilometrů čtverečních, se jedinci přesouvají v rozsahu krátkých vzdáleností např. mezi potravními stanovišti, stanovišti s vodními zdroji, stabilními nocovišti nebo odpočinkovými místy. Ale např. v období říje se rysí samci přesunují na dlouhé vzdálenosti, což může činit až 100 km, kdy obcházejí domovské okrsky samic a páří se s nimi (Anděl a kol. 2017).

Již zmíněný zástupce, rys ostrovid, preferuje smíšené lesy ve středních a vyšších polohách, kde se nachází bohatý podrost a skalní útvary (Anděra a Červený 2009). Využívaný biotop se ale podstatně liší během lovu. Rysové z Bělověžského pralesa neměli vyhraněné nároky na typ lesa, ve kterém lovili. K lovu si vybírali místa nepřehledného terénu (padlé klády a větve, husté křoviny), kde mohli z úkrytu pozorovat svou kořist. Během odpočinku využívali naopak odlehlá místa členitého terénu s velkým množstvím přirozených úkrytů (Podgórski a kol. 2008).

Na území České republiky je populace rysa vázána na dvě hlavní oblasti: oblast západních Čech (Šumava, Český les, Blanský les a Novohradské hory) a Beskydy (Moravskoslezské Beskydy, Javorníky, Vsetínské vrchy a Bílé Karpaty) (Anděra a Gaisler 2012). Z hlediska zákona č. 449/2001 Sb., o myslivosti, v platném znění, je rys považován za zvěř, kterou nelze lovit.

Naproti rysovi se vlk obecný dokáže přizpůsobit širokému spektru biotopů. Ale přesto upřednostňuje horské lesnaté prostředí, zejména se smrkovými porosty (Anděra a Gaisler 2012). V období rozmnožování hledá vlk území z lesnatostí až 70 % (Anděl a kol. 2010). Vlci se naučili rychle koexistovat s člověkem a přizpůsobili se tak jeho aktivitám či sezónnímu chování (Anděra a Gaisler 2012). Stav populace vlka obecného v České republice je však stále závislý na migraci vlků ze sousedního Polska a Slovenska (Anděl a kol. 2010).

Největší šelmou je medvěd hnědý, který obývá hlavně pralesovité porosty v odlehlejších částech hor. Za potravou však vychází i do vzdálenějšího okolí. V České republice je medvěd hnědý trvale ohrožen. Trvale obývá jen oblasti Javorníků a Vsetínských vrchů a Moravskoslezských Beskyd. Populace medvěda je tak zcela závislá na jedincích migrujících ze sousedního pohraničí se Slovenskem a Polskem. (Anděl a kol. 2010).

Zalesněné oblasti také obývá druh zvaný jelen lesní. Jeho výskyt se mapuje v nejnižších polohách (150-160 m n. m.) až po horní hranici lesa (100-1400 m n. m.). Jeho habitat je velice často prostoupen pastvinami, pasekami nebo jinými dalšími volnými plochami. Je velmi plachý, a tak se přes den ukrývá v hustším porostu a na pastvě se vyskytuje zvečera (Anděra a Gaisler 2012).

Za to los evropský dává přednost bažinatým lesům nížin a pahorkatin, přičemž ideální jsou oblasti mokřadů a rašelinišť. Do sušších lesních porostů migruje s příchodem mrazů, kde vyhledává paseky s listnatými dřevinami a borové mlaziny (Homolka 2000). Na území České republiky přicházejí zejména jedinci, kteří migrují z Polska. Za hlavní migrační koridory, kudy se losi dostávají na naše území, lze považovat území mezi Frýdlantským výběžkem a Náchodem. Na Moravě je to potom téměř celá česko-polská hranice od Vidnavy po Jablunkov (Anděl a kol. 2010).

3.3.2 Migrační chování velkých savců

Pro velké svace jsou typické migrace dálkové. Nejčastěji jde o jedince vytlačovaných z rodičovských okrsků, ale migrovat mohou i dospělí jedinci. Vzdálenost, kterou mohou jednotlivé druhy při migraci urazit, se pohybuje v rozmezí od desítek až po stovky kilometrů (Anděl a kol. 2010).

Známým případem je migrace losa evropského, který při svých cestách ze severu Evropy může urazit až stovky kilometrů i přes výskyt hustě osídlených území. Nejdále migrují jedinci, kteří obývají vyšší nadmořské výšky (Anděl a kol. 2010).

Naproti tomu jelen lesní migruje spíše na střední vzdálenosti, z čehož se nejčastěji jedná o přesuny mezi letními a zimními stanovišti (Anděl a kol. 2010). Jeleni obecně migrují následujícíma dvěma způsoby. A to sezónní migrací za potravou nebo se jedná o přesuny v době říje. V obou případech se jedná o přesuny ne delší než 50-60 km (Anděl a kol. 2005b).

Migraci na delší vzdálenosti a hledání vhodného teritoria podstupují zejména mladší jedinci rysa ostrovida, kteří jsou na jaře vyhnáni z rodičovského okrsku. A tak migrační vzdálenost, kterou urazí, je dost individuálně a značně se liší (Anděl a kol. 2010). Tyto rozdíly jsou způsobeny především zásadními biotopovými a bariérovými omezeními, které komplikují migraci mezi subpopulacemi (Zimmermann a kol. 2005). Patrné je však ale to, že samice hledají častěji nové teritorium blíže matce a samci migrují na dlouhou vzdálenost (Anděl a kol. 2010).

Rys ostrovid je zároveň druhem, který během migrace nejméně snižuje své habitatové nároky. To potvrzuje telemetrické sledování rysa Benjamina na Šumavě. Ten se v průběhu migrace pohyboval jen v striktně lesním prostředí, popřípadě využíval přirozených migračních koridorů tvořených křovinami či rozptýlenou zelení (Červený a kol. 2006).

Více tolerantní ke změnám biotopu jsou během svých migrací medvědi nebo vlci, kteří běžně překonávají jak otevřenou zemědělskou krajinu, tak dálnice nebo železnice (Anděl a kol. 2010).

Například vlci některé lesní cesty využívají jako koridory, a to buď v nočních hodinách nebo v zimní sezóně, kdy antropogenní aktivita na horách není tak vysoká (Anděl a kol. 2010).

3.4 Migrační bariéry

Migrační bariéry se označují jako struktury přírodního i antropogenního charakteru, které původně souvislou krajinu rozdělují na nesouvislé fragmenty a v důsledku toho brání volnému pohybu živočichů (Anděl a kol. 2005b).

Bariéry přírodního charakteru, jako jsou například horské celky nebo řeky, nepředstavují pro migrující zvěř až takový problém, protože se vyvíjely již za jejich přítomnosti. Přesto do jisté míry ovlivňují genetický tok a pohyb druhů, čímž se fragmentace prohlubuje (Anděl a kol. 2005a).

Zásadním problémem jsou však bariéry tvořené antropogenně (Anděl a kol. 2010). Lidé ale i přesto nadále různými způsoby upravují přírodní ekosystémy, což má negativní důsledky na biodiverzitu a přírodní kapitál. (Mitchell a kol. 2015).

Nezbytné je ale každý případ posuzovat odděleně. Při hodnocení vlivu dvou odlišných typů bariér (řeky Dvera a čtyřproudé dálnice) na rozšíření vlků na severu Španělska se zjistilo, že v tomto případě má větší negativní vliv řeka, jelikož je poměrně široká (50-100 m) a zároveň se v její blízkosti vyskytují železnice, silnice, kanály apod., takže dochází ke kumulaci bariér (Mitchell a kol. 2015).

Antropogenní bariéry můžeme rozdělit na plošné a liniové překážky, které brání zvěři ve volném pohybu. Mezi plošné bariéry se řadí ohradníky a ploty, osídlení a uměle vytvořené bezlesí. Liniovými bariérami jsou dálnice a silnice, železnice, vodní toky (Anděl a kol. 2010). Vodní toky a vodní plochy ale nepředstavují pro skupinu velkých savců ve většině případů nepřekonatelnou překážku, podobně jako bezlesí, i když schopnost překonat bariéry tohoto typu je do značné míry pro jednotlivé druhy specifická (Anděl a kol. 2017).

Největší dopad na krajinu i na jedince v ní žijící mají bariéry trvalého charakteru, které změní území na dobu 50-100 let, jako jsou například sídla nebo dopravní infrastruktura. Naproti tomu ploty a ohradníky jsou pouze dočasnou strukturou (Anděl a kol. 2010).

Migrační bariéry lze také kategorizovat za pomoci tří faktorů. Jedná se o dobu působení, zohlednění kumulativního typu bariér a typ objektu v krajině. Dobu působení jednoduše rozlišujeme na trvalou či přechodnou. V zohlednění

kumulativního efektu bariér se počítá s nahromaděním jednotlivých druhů překážek a jejich následné riziko. Například propustné překážky nepředstavují závažný problém, ale při jejich soustředění ve větším počtu na malé ploše už vede k potížím, které je nutno řešit (Anděl a kol. 2010).

Bariéry v neposlední řadě vytváří i zemědělská výroba, kdy se během jejího průběhu uplatňuje hospodaření na rozsáhlých plochách orné půdy nebo v rozlehlých oplocených sadech a vinicích. Takto vytvořené bariéry snižují prostupnost krajiny více, než je znát na první pohled. Druhá pestrost a různorodost krajinných prvků v intenzivně obdělávané půdě dramaticky klesají (Miko a Hošek 2009).

Ušetřeny nejsou ani vodní toky, které jsou fragmentovány zejména příčnými stavbami a dalšími typy překážek (Miko a Hošek 2009).

3.4.1 Doprava jako migrační bariéra

Zásadní migrační bariérou je dopravní infrastruktura, zejména dálniční a silniční síť. Mezi významné migrační bariéry patří dálnice, rychlostní silnice a vybrané silnice I. třídy, které jsou charakteristické vozovkou s více jízdními pruhy, vysokou intenzitou provozu a doprovodným technickým opatřením (oplocení, protihlukové stěny, terénní zářezy). Jediný způsob, jak tento typ komunikací překonat, je mostní či tunelová konstrukce řešící terénní nerovnosti, případně stavba migračního objektu (nadchod, podchod) (Anděl a kol. 2017).

Někdy se mezi významné bariéry řadí silnice I. třídy s klasickým pojetím jízdních pruhů, ale s vysokou intenzitou provozu. Ostatní silnice (I., II., III., třídy) jsou považovány za jednu z kumulativních bariér (Anděl a kol. 2017).

Kategorie	Kategorie silnice	Technické řešení
Průchodné	Silnice I., II. a III. tříd s nízkou intenzitou provozu	Bez technických bariér
Kritické místo	Silnice I. třídy, dálnice	Významné technické překážky (svodidla), vysoké násypy a zářezy, protihlukové stěny, kamenné zdi atd.

Tabulka 1: Průchodnost silnic a dálnic (Anděl a kol. 2017).

Míra účinku bariérového efektu je také značně ovlivněn základními technickými parametry komunikace, jak se zmiňuje Anděl a kol. (2011):

- počtem jízdnic pruhů, šířkou komunikace;
- mostními objekty – využívané i jako migrační objekty;
- technickými překážkami – oplocení, svodidla, opěrné zdi, protihlukové clony

Tyto prvky však můžeme použít i v situacích kdy chceme cíleně živočichům vstoupit na pozemní komunikaci (Anděl a kol. 2011).

Do jaké míry bariérový efekt působí, je dáno kombinací skupin tří faktorů, a to technický řešení komunikace, intenzitou dopravy a disturbancí (rušením). Všechny uvedené faktory jsou vzájemně propojeny a ovlivňují se. V důsledku toho se i bariérový efekt může na různých místech jedné komunikace výrazně lišit (Iuell a kol. 2003).

Silniční systémy jsou tak zdrojem biotických a abiotických vlivů na okolní krajinu. Rozsáhlé plochy, které komunikace zabírají, a ekologické dopady těchto komunikací na volně žijící živočichy znamenají, že jsou příliš důležité na to, aby byly při plánování, výstavbě a probíhajících řízení silničních systémů opomíjeny (Ree a kol. 2015).

Nicméně ochránci volně žijících živočichů a manažeři silničních systémů musí dále zkoumat a provádět konkrétní opatření ke snížení izolačních účinků silnic, které rozděluje přirozené prostředí tak, aby se snižovala mortalita zvířat na silnicích a omezovalo se narušení okolního prostředí (Cooper 1992).

3.4.2 Intenzita dopravy a její vliv na živočichy

Objem dopravy má na populace živočichů větší dopad než samotná šířka komunikace (Jaeger a kol. 2005). Silnou bariéru představují komunikace s hustotou provozu i pod 4 000 vozidel denně (Anděl a kol. 2006).

Bariérový efekt komunikací obecně klesá od dálnic k silnicím III. třídy (Anděl a kol. 2011).

Intenzita dopravy vozidla/den	Propustnost komunikace a charakteristika
< 1 000	propustná pro většinu volně žijících druhů; nízká intenzita dopravy není dostatečným varováním, zvířata se snaží komunikaci překonat - velká mortalita
1 000 – 4 000	propustná pro některé druhy, bariéra pro citlivé druhy; tato komunikace již částečně odrazuje zvířata od překonání komunikace
4 000 – 10 000	silná bariéra, hluk, emise; komunikace je v některých případech možné přejít, proto i zde dochází k častým střetům s vozidly
> 10 000	nepropustná pro většinu druhů, velká míra fragmentace populací; vysoká intenzita dopravy má většinou na zvířata silně odpuzující účinek, překonávají situaci pouze ve stresových situacích – malá mortalita

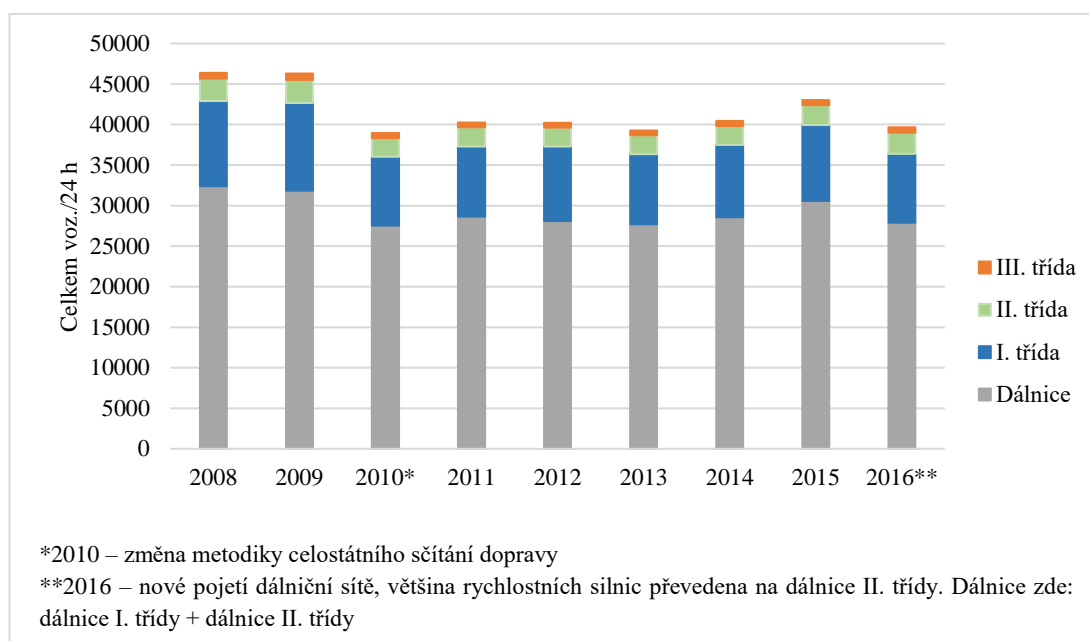
Tabulka 2: Intenzita dopravy ve vztahu k propustnosti komunikace (Iuell a kol. 2003).

V rámci intenzity dopravy je z hlediska živočichů důležitým parametrem průměrný časový interval mezi jednotlivými vozidly, která projíždějí v obou směrech. Významně se liší nejen podle typu komunikace, ale kolísá i během 24 hodin. To je důležité, protože ani migrace živočichů není během dne rovnoměrná. Nečetnější je v ranních a pozdních večerních hodinách (Anděl a kol. 2005b).

Dle studie Alexandera a kol. (2005) se v případě navýšení objemu provozu stává silnice pro masožravce výrazně méně propustná. Pohyby jedinců přes silnici slučují do dvou úrovní: nízké/střední a vysoké/velmi vysoké. A to v závislosti na intenzitě provozu. Objem dopravy mezi střední a vysokou intenzitou se může stát prahem

propustnosti pro masožravce. Hraniční hodnoty byly určeny na 300-5000 vozidel na den.

Během devadesátých let bylo ve Švédsku policií zaznamenáno přibližně 4500 kolizí vozidla s losem a 22 000 případů srážky vozidla s vysokou zvěří. To bylo způsobeno jak vlivem nárůstu intenzity dopravy, tak současně i nárůstem počtu vozidel oproti minulým rokům. Počet srážek ale může být až dvakrát vyšší, jelikož mnohé jsou neohlášené (Olsson a kol. 2008).



Obrázek 8: Vývoj průměrné intenzity dopravy v ČR v letech 2008-2016 (Ředitelství silnic a dálnic ČR ©2018).

Negativní vliv mají i různé druhy disturbancí, jež mezi základní Iuell a kol. 2003 řadí chemické znečištění (výfukové plyny automobilů, solení, prach atd.), vibrace a hluk, osvětlení a vizuální rušení.

Šířka fragmentační bariéry je významně ovlivněna i mírou disturbance (především hlukem z komunikací). To znamená, že i přes to, že vozovka může být reálně široká cca 20–30 m, intenzita hluku může být ale natolik silná, že brání výskytu určitých druhů i v rádech několika metrů v okolí dané vozovky (Anděl a kol. 2005b). Plocha přímého ovlivnění okolní přírody, která začíná od konce vozovky, tak může činit několik desítek až tisíce metrů (Forman a Alexander 1998).

Míra ovlivnění hlukem také závisí na schopnosti adaptace jednotlivých druhů. Většina savců si na hluk dokáže rychle zvyknout (Anděl a kol. 2005b) a někteří savci, zejména šelmy, mohou dopravní komunikace vyhledávat za účelem získání potravy. Příkladem může být liška obecná, která často sbírá sražené kusy zvěře podél silnic a dálnic (Reichholf 2006).

Intenzita dopravy je důležitým faktorem v případě dálnic a silnic. Zde intenzita dosahuje vysokých hodnot a má silný rušivý účinek. Obecně se zdá, že je ale důležitějším faktorem vzorec chování jednotlivých živočichů. Nejvyšší výskyt srážek zvěře s vozidly je v době, kdy jsou jedinci nejaktivnější, což je při východu a západu slunce (Kušta a kol. 2017).

Naopak v méně obydlených oblastech, jako jsou tropické lesy, kde je intenzita dopravy nízká, nemusí zvířata riskovat to, že během přebíhání budou sraženi či usmrceni vozidlem (Coffin 2007).

3.4.3 „Road affected area“ a její vztah k fauně

Automobilový provoz a dopravní infrastruktura se stávají jedním z významných faktorů, které ohrožují existenci mnoha druhů živočichů nejen v České republice, ale v celé Evropě (Poledník a kol. 2017).

Některé studie se pod pojmem fragmentace zabývají negativními dopady silniční infrastruktury na krajinu. Čínští vědci potvrzují vliv bariér na konektivitu krajiny v oblasti severovýchodní Číny. Společné působení fragmentačního efektu a bariérového vlivu silnice se konektivita krajiny snižuje o desítky procent (Fu a kol. 2010).

Změna přírodního prostředí může vést ke snížení životaschopnosti původních druhů (Bennet a kol. 2011).

Dle studie provedené v Mohavské poušti o vlivu existence dálnice na populaci želv, jsou patrné staticky významné rozdíly s ohledem na vzdálenost dálnice o 0, 400, 800 a 1600 metrů od teritoria uvedeného živočišného druhu. Tato studie potvrzuje předpoklad, kdy je patrné snížení aktivity populace želv „road affected area“ nejméně 400 m od dopravní komunikace (Boarman a Sazaki 2006).

I u čtyř ze sedmi pozorovaných druhů žab byla během výzkumu zpozorována snížená hustota populací ve vzdálenosti 250–1000 km od pozemní komunikace (Eigenbrod a kol. 2009).

Jak obě tyto studie dokazují, existuje určitá úměra mezi žijící populací živočišných druhů a vlivem výstavby pozemních komunikací v jejich okolí.

3.4.4 Mortalita zvěře na pozemních komunikacích

Mortalita je pravděpodobně nejviditelnější vliv dopravy na volně žijící druhy zvířat (Anděl a kol. 2005b) a považuje se za jeden z nejzávažnějších efektů fragmentace krajiny (Dufek a kol. 2012).

Dopravní úmrtnost u běžných druhů, jako jsou např. lišky, hlodavci nebo běžní pěvci, tvoří pouze přibližně asi 1–4 % z celkové úmrtnosti. Na tu jsou sensitivní zejména vzácné druhy s nespočetnými lokálními populacemi. Další ohroženou skupinou jsou druhy, které intenzivně migrují mezi jednotlivými lokalitami, což jsou např. obojživelníci a mnoho druhů plazů, dále populace ve zvláště chráněných územích, kde se nachází vyšší hustota dopravní sítě. V České republice je tomu tak např. v Českém středohoří (Dufek a kol. 2008).

Mezi ohrožené druhy může být považována i skupina ptáků, a to zejména v případech, kdy se při okrajích vozovek vyskytuje nízká vegetace nebo keře bobulovitého charakteru, ve kterých se často objevují skupinky hlodavců. S cílem získání potravy se tak vystavují riziku střetu s dopravním prostředkem. Pokud se ale na tomto místě také nachází oplocení, keř pak lze považovat za vhodný doplněk. Pokud se správně zvolí výsadba vhodných keřů, lze tak snížit možnost výskytu situací, kdy zvěř bude mít důvod plot překonávat (Anděl a kol. 2005b).

Mortalita na silnicích výrazněji postihuje zejména vzácné druhy s malými lokálními populacemi a rozsáhlými individuálními teritorii (velké šelmy). Zároveň také druhy, které denně nebo sezónně migrují mezi lokálními biotopy, což jsou například obojživelníci nebo kopytníci. A druhy s dlouhými migracemi z letních do zimních teritorií (Anděl a kol. 2005b).

Střet zvěře s vozidly hraje důležitou roli například v úmrtnosti losů. Na základě různých údajů z Česka, Slovenska a Rakouska měl právě střet s vozidlem fatální následky v 38 % případů (Homolka 2000).

Úmrtnost na silnicích závisí na mnoha faktorech, a to např. na teplotě, četnosti atmosférických srážek, ročním období a denní či noční době. Sezónní úmrtnost se indikuje dle doby rozmnožovacího období, doba péče o mláďata, migrace právě dospělých mláďat, hledání nových teritorií, sezónní migrace a lovecké sezóně (Dufek a kol. 2008).

Sezónní rozdíly v intenzitě úmrtnosti na silnicích byly zřetelné i na západě Rumunska, a to zejména v případech obratlovců v důsledku jejich životního cyklu a klimatickými podmínkami. Podobně tomu bylo tak i u bezobratlých (Ciolan a kol. 2017).

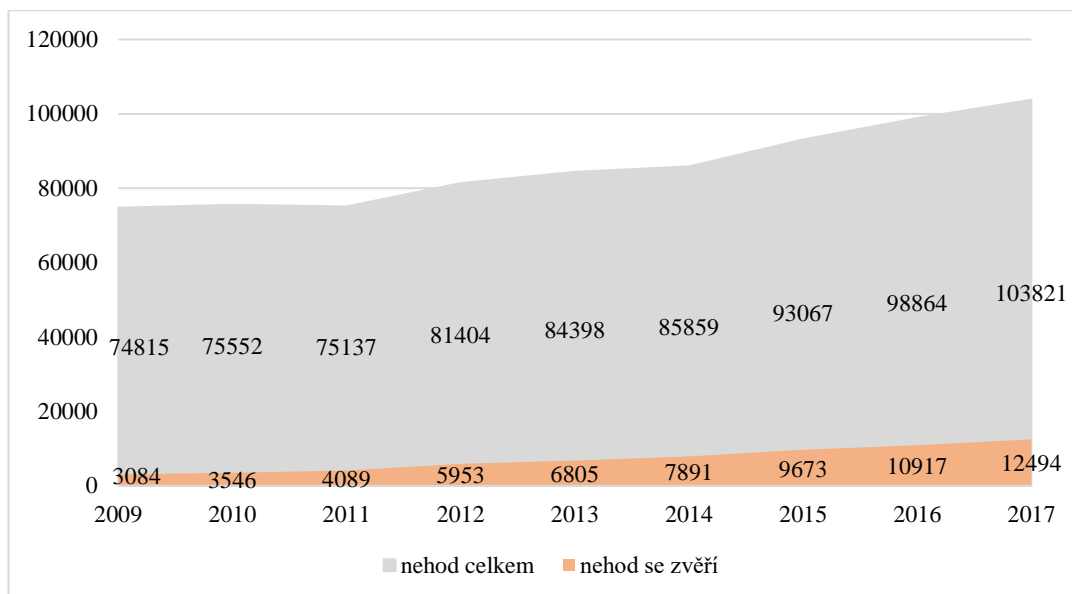
Ukázalo se, že při kolizi s vozidly hyne 92 % zvířat (Seiler 2004).

3.4.5 Dopravní situace v České republice

Každý rok jsou při střetech s vozidly usmrceny miliony živočichů. V současné době je dopravní síť tak hustá, že představuje pro faunu i člověka samotného značné riziko. Zejména kolize s velkými savci obvykle vedou k poranění nebo smrti zúčastněných zvířat, značné škody na vozidlech a v některých případech zranění či smrt člověka jedoucího ve vozidle (Huijser a kol. 2016)

Tomu, že je situace v České republice vážná, nasvědčuje policejní statistika o nehodovosti na pozemních komunikacích. Dopravních nehod při střetu s lesní zvěří ve srovnání s rokem 2016 přibylo 1 595 nehod. Při těchto nehodách však byla usmrcena pouze 1 osoba. (Policejní prezidium České republiky ©2018).

V roce 2017 Policie České republiky vyšetřovala 103 821 případů dopravních nehod. Při těchto nehodách bylo 502 osob usmrceno, 2 339 osob těžce zraněno a 24 740 osob zraněno lehce. Celková hmotná škoda odhadnutá policisty na místě dopravní nehody dosáhla 6 316,3 milionů Kč. Od roku 2009 se tak jedná o nejvyšší číslo dopravních nehod (Policejní prezidium České republiky ©2018).



Obrázek 9: Statistika celkových nehod v porovnání s nehodami se zvířeti v letech 2009-2017 (Policejní prezidium České republiky ©2018).

Doprava je zkrátka hlavní příčinou úmrtnosti ohrožených druhů nejen u nás, ale na celé Zemi. Kolize mezi vozidly a volně žijícími jedinci je rovněž důležitý bezpečnostní dopravní problém (Ree a kol. 2015).

3.4.6 Chování živočichů při styku s dálnicí

Účastníci silničního provozu musí být pozorní nejen k sobě navzájem a vyhnout se tak případné kolizi, ale také musí dávat pozor na nebezpečí zvířat na silnici (Lima a kol. 2015).

Mimo vlastních migrací existují i přesuny na kratší vzdálenosti. Tento druh přesunů se nepovažuje za skutečnou migraci, ale i přesto jsou jedinci omezováni dálnicemi.

Pokud migrující jedinec během své cesty přijde do kontaktu s dálnicí, může to řešit následujícími způsoby, jak se zmiňuje Hlaváč a Anděl (2001):

- změni směr svého pohybu a opustí okolí dálnice;
- sleduje dění na dálnici do doby, než nalezne vhodný a bezpečný průchod;
- přeběhne pozemní komunikaci vrchem.

Tyto pokusy, kdy se zvíře snaží přeběhnout silnici, s sebou přinášejí rizika střetů s vozidly. Na frekvenci přebíhání má vliv spousta faktorů. To je například charakter

krajiny a koncentrace zvěře v okolí, šířka komunikace, stáří silnice, oplocení dálnice a svodidla. (Hlaváč a Anděl 2001).

Bylo zjištěno, že například liška pozemní komunikaci přebíhá v nočních hodinách a její přeběhy se setkávají s úspěchem, čemuž vděčí nižší intenzitě dopravy během této doby. Naproti tomu se vysoká zvěř také pohybuje v blízkosti pozemní komunikace, ale k samotnému jejímu překonání dochází spíše výjimečně. (Hlaváč a Anděl 2001). Neexistuje žádný spolehlivý způsob, jak zvířata udržet stranou od rušných silnic. Největší riziko představuje zejména vysoká zvěř, jelikož po střetu s vozidlem většinou způsobí rozsáhlé škody na dopravním prostředku a rovněž vážné nebo smrtelné zranění (Langbein a kol. 2011).

Každý živočišný druh reaguje na styk s pozemní komunikací jiným způsobem.

- jelen evropský

Jelen převážně migruje v noci s tím, že pozemní komunikaci překonává zvolna a rozvahou. Na vozidla v pohybu reaguje zastavením v daném místě a následně tím, že odběhne. Pokud dojde ke srážce mezi vozidlem a tímto jedincem, téměř vždy se jedná o kolizi s vážnými následky vzhledem k jeho výšce a hmotnosti. Většinou dojde ke zranění posádky nacházející se ve vozidle (Martolos a kol. 2014).

- srnec obecný

U srnce k migrační aktivitě dochází v průběhu celého dne a pouze ve večerních a nočních hodinách se tato aktivita zvyšuje. Srnec se, stejně jako jelen, vyskytuje jak samostatně, tak ve skupinách. Jeho reakce je s ním taktéž srovnatelná (Martolos a kol. 2014).

- prase divoké

U prasete divokého převažuje spíše noční aktivita. Vyskytuje se zejména ve skupinách, které čítají zhruba okolo 20 jedinců, ve výjimečných případech se jich může vyskytnout až 50. Na vozidlo reaguje odběhnutím, stejně jako jelen a srnec. Následky srážky s prasetem jsou s ohledem na jeho hmotnost velké, nicméně z důvodu jeho nízké výšky nedochází k ohrožení posádky vozidla (Martolos a kol. 2014).

- liška obecná

Liška migruje převážně ve večerních a nočních hodinách jako samostatný jedinec. Pozemní komunikaci překonává přeběhnutím, a jakmile projíždějí

vozidlo zaregistruje, odběhne. Samotné následky při kolizi jsou pro posádku ve většině případů méně závažné (Martolos a kol. 2014).

- zajíc polní

Migrační aktivita zajíce je taktéž zvýšena během večerních a nočních hodin. Jako liška se také vyskytuje samostatně. Pozemní komunikaci překonává pozvolným během a na vozidla reaguje rychlým úprkem ve směru jízdy vozidla. Samotné následky kolize jsou rovněž minimální (Martolos 2014).

3.4.7 Hlavní typy možných opatření

Odstranit negativní dopady dopravy v plném rozsahu nelze, nicméně je možné je alespoň do značné míry omezit. A to pomocí různých opatření, která mají za úkol zvýšit propustnost jednotlivých komunikací a snížit mortalitu zvěře na silnicích (Hlaváč a Anděl 2001). Ovšem oba tyto požadavky jsou ve vzájemném protikladu. Snížit mortalitu zvěře by bylo možno teoreticky dosáhnout úplnou izolací komunikace, čímž se ale na druhé straně zvýší izolovanost populace a její fragmentace (Anděl a kol. 2005b). Na místech, kde není možné účinky fragmentace omezit, je žádoucí učinit kompenzační opatření nahrazením ztracených stanovišť nebo zlepšením okrajových stanovišť prostřednictvím vhodných forem, které následně povedou ke zlepšení kvality životního prostředí (Bohemen 1998).

Migrace zvěře i technické řešení komunikace představují složité systémy a každé vzájemné křížení představuje vlastní specifika. Proto je základním principem technických podmínek individuální přístup ke každému návrhu křížení, kdy bude uplatněna snaha respektovat místní podmínky v maximální možné míře. Technické podmínky jsou koncipovány ve smyslu otevřeného systému, kdy je umožněno průběžně navržené parametry upřesňovat na základě odborné diskuze, literatury a verifikace za pomoci biologických průzkumů na již realizovaných přechodech. Toto upřesňování musí probíhat postupně v souladu s fázemi projektové přípravy stavby, a to za spolupráce projektanta komunikace a biologa-ekologa pro upřesňování místa nadchodu či podchodu (Anděl a kol. 2006).

V zásadě opatření na komunikacích dělíme do třech základních skupin, a to:

- 1) opatření podporující migraci živočichů - migrační objekty

Jedná se o stavební objekty na komunikaci (např. tunely, mosty), pomocí kterých je možné bezpečně komunikaci překonat. Typy těchto objektů ale nejsou v naprosté většině prvotně realizovány za účelem migrace zvířete (převedení údolí, vodních toků, silnic nižších tříd, polních a lesních cest), ale umožňují ji jako druhotný jev. V současné době se jedná o stěžejní opatření, které umožňuje živočichům bezpečný pohyb v dopravou fragmentované krajině (Anděl a kol. 2017).

- 2) opatření zabraňující vstup živočichům na komunikaci - mechanické bariéry
Zde se jedná o plocení, protihlukové clony i ostatní bariéry (Anděl a kol. 2017). V případě plocení se jedná o jedno z neefektivnějších opatření k zamezení střetu s projíždějícími automobily. Mezi jeho nevýhody patří zvýšení bariérového efektu a složitá údržba (Bennet 1991). Plocení bývá budováno na místech s vysokou intenzitou dopravy, a tedy vysokou mortalitou zvířete (Iuell a kol. 2003).

Naopak někteří jedinci jsou ale vůči bariérám tohoto typu citliví, jak se ukázalo během studia vlivu nově vybudované dálnice E4 na migraci losa ve Švédsku. Oplocení dálnice snížilo počet srážek losů s vozidly, nicméně se ale minimalizoval počet migrací losů mezi oběma stranami dálnice (Niemi a kol. 2017).

- 3) opatření pro řidiče

Tato opatření ovlivňují bezpečnost ve smyslu provozu na komunikacích ve vztahu k živočichům. Jedná se o jednak o opatření, která modifikují rychlost dopravy a upozorňují řidiče na výskyt živočichů (dopravní značky), jednak o opatření zvyšující viditelnost a přehlednost komunikace (Anděl a kol. 2017).

O celkové funkčnosti a účinnosti shora uvedených opatření rozhoduje řada technických a ekologických faktorů. U migračních objektů se jedná o čtyři základní skupiny faktorů, jak se zmiňuje Anděl a kol. (2017):

- 1) základní koncepce řešení

- a) podchody – propusty, mosty na silnici

Ve srovnání s ekodukty jsou podchody na výstavbu méně náročné a z hlediska využití praktičtější. Mohou být využívány jak migrující zvířata, tak k protékání vodních toků.



Obrázek 10: Podchod u D 0804 u Lovosic (Anděl a kol. 2010).

b) nadchody – mosty přes silnici, tunely (Anděl a kol. 2005b)

U nadchodů je problémem šířka, která se považuje za limitující faktor pro velké savce. Doporučení standartní šířky je 40-50 m (Iuell a kol. 2003). Ovšem například pro jelena nebo losa může být tato šíře nedostačující. Ekodukty širšího rozměru 60 m využívají velcí savci mnohem častěji než ty o šířce 50 m (Anděl a kol. 2010).



Obrázek 11: Migrační objekt u Lipníku nad Bečvou (Anděl a kol. 2010).

2) rozměry migračních objektů (délka, šířka, výška objektu)

Zde se nároky živočichů značně liší. Skupina velkých savců má na rozměry objektů nejvyšší nároky.

3) začlenění objektů do okolí

Zde se jedná o typ povrchu objektu, vegetační a terénní úpravy, naváděcí prvky apod.

4) ochrana proti rušivým vlivům provozu (osvětlení, hluk, vizuální kontakt) na komunikaci (např. protihlukové stěny)

Shora uvedené zásady jsou především platné pro již uvedenou skupinu velkých savců, nicméně řada zmíněných pravidel je obecná a lze ji aplikovat i na menší savce či další skupiny jedinců (Anděl a kol. 2017).

4. Závěr

S výstavbou dálnic a silnic vzniká velká pravděpodobnost rozvoje antropogenních ploch, jelikož vzniká průmyslová i obytná zástavba v jejím okolí. To na jednu stranu kladně přispívá k ekonomickému růstu dané lokality, nicméně výstavba těchto liniových staveb s sebou přináší nemálo negativních vlivů na krajiny a přírodu. Mezi hlavní efekty silničních a dálničních staveb se řadí přímý zábor biotopů, fragmentace krajiny a populací, bariérový efekt a znečišťování prostředí a nejrůznější typy rušení (hlučnost apod.). Dalšími významnými efekty jsou i nepřímé vlivy dopravních staveb, a to například zvýšení civilizačního tlaku a doprovodná výstavba kolem komunikací. To vše patří v dnešní době k rozhodujícím činitelům, které ve velké míře limitují přežívání řady živočišných druhů. Dle výzkumů je patrné, že fragmentace krajiny se vlivem výstavby neustále zvyšuje a vznikají tak nové a nové migrační bariéry. Výzkumy rovněž dokazují, že život či pobyt v blízkosti těchto liniových staveb je pro jedince obtížný až nemožný. Adaptace je vzhledem k různorodosti jedinců odlišná, nicméně pro mnoho z nich se stávají tyto překážky nepřekonatelnými. Pohyb jedinců hraje důležitou roli pro jejich přežití, jelikož migrují za účelem hledání potravy či rozmnožování. Vlivem migrace a následného přebíhání přes dálnice a silnice dochází často ke střetům jedinců s vozidly a úmrtnost na silnicích a dálnicích je až alarmující. Velmi podstatnou podmínkou pro přežití a zachování populací do budoucna, je minimalizovat bariérový efekt, tedy zajistit možnost pohybu pro všechny skupiny živočichů a vyhnout se tak častým kolizím zvěře s dopravními prostředky.

Při výstavbě komunikace je potřeba klást důraz na správnost výběru trasy s ohledem na prostředí, kterým by měla komunikace vést. Zároveň zajistit dostatečné množství správně dimenzovaných a správně umístěných nadchodů a podchodů. Monitoring má za úkol zajistit dostatek informací o tom, jak jsou uvedené nadchody a podchody jedinci využívány.

Dopravní inženýři ve spolupráci s ekology se snaží těmito pravidly při navrhování dálničních staveb řídit. Velkou pomocí jsou jim výsledky různých výzkumů, které se zabývají efektivností ve využívání nadchodů či podchodů zvěří nebo faktory ovlivňujícími úmrtnost různých druhů zvěře při kolizích s vozidly. Je velmi důležité na těchto výzkumech neustále pracovat a zdokonalovat je, a to například pomocí relativně nových metod sledování (fotopasti, kamerový systém), poněvadž otázka využívání různých typů migračních objektů stále ještě není zcela ujasněna. Poznatky

plynoucí z těchto výzkumů mohou následně využívat různé projekční organizace, pracovníci státní nebo okresní správy i pracovníci ochrany životního prostředí.

Problematice, která se zabývá zajištěním prostupností krajiny, zejména pro druhy s velkými prostorovými nároky, se věnuje bezpočet knih (Hlaváč a Anděl, Anděl a kol. 2006). I pro navrhování dopravních staveb byla zpracována metodika hodnotící fragmentaci krajiny a migraci živočichů. Tyto metodické postupy se ale v praxi zřídka uplatňují a realizace potřebných opatření také není příliš častá. Proto je hlavně v silách a moci člověka, aby k přírodě a životu v ní přistupoval co nejzodpovědněji, protože příroda sama člověku také poskytuje mnoho důležitého pro přežití.

Smyslem mé bakalářské práce bylo poukázat na negativní vlivy výstavby liniových staveb, a to hlavně ve smyslu fragmentace krajiny a migrace jedinců. Mnohé z těchto vlivů jsou škodlivé a tendence fragmentace díky výstavbě dalších a dalších liniových staveb má vzrůstající charakter. Bohužel není v silách člověka těmto vlivům celoplošně zabránit, nicméně některé z nich se dají alespoň minimalizovat.

5. Přehled literatury a použitých zdrojů

5.1 Odborné publikace

Alexander S. M., Waters N. M., Paquet P. C., 2005: Traffic volume and highway permeability for a mammalian community in the Canadian Rocky Mountains. *The Canadian Geographer/Le Géographe Canadien* Volume 49, Issue 4. P. 321-331.

Anděl P., Gorčicová I., Bradáčová L., Andělová H., 2005a: Zhodnocení problematiky migrace živočichů na území Karlovarského kraje. *Evernia, Liberec*, 12 s.

Anděl P., Gorčicová I., Hlaváč V., Miko L., Andělová H., 2005b: Zhodnocení fragmentace krajiny dopravou. *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha*, 67 s.

Anděl P., Hlaváč V., Lenner R., 2006: Migrační objekty pro zajištění průchodnosti dálnic a silnic pro volně žijící živočichy. *Evernia, Liberec*, 92 s.

Anděl P., Andreas M., Bláhová A., Gorčicová I., Hlaváč V., Mináriková T., Romportl D., Strnad M., 2010: Ochrana průchodnosti krajiny pro velké savce. *Evernia, Liberec*, 137 s.

Anděl P., Gorčicová I., Belková H., Semerádová L., Zýka V., Romportl D., Hlaváč V., Strnad M., Věrovcová J., Sladová M., 2017: Metodika na ochranu krajiny před fragmentací z hlediska druhů lesních ekosystémů. *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha*, 42 s.

Anděra M., Červený J., 2009: Velcí savci v České republice: Rozšíření, historie a ochrana. 2. Šelmy (*Carnivora*). *Národní muzeum, Praha*, 216 s.

Anděra M., Gaisler J., 2012: Savci České republiky: Popis, rozšíření, ekologie, ochrana. *Academia, Praha*, 285 s.

Andrén H., 1994: Effects of Habitat Fragmentation on Birds and Mammals in Landscapes with Different Proportions of Suitable Habitat: A Review. *Wiley on behalf of Nordic Society Oikos* Volume 71, Issue 3. P. 355–366.

Bennett V. J., Smith W. P., Betts M. G., 2011: Toward Understanding the Ecological Impact of Transportation Corridors. United States Department of Agriculture, Portland, 40 s.

Boarman W. I., Sazaki M., 2006: A highway's road-effect zone for desert tortoises (*Gopherus agassizii*). Journal of Arid Environments Volume 65, Issue 1. P. 94–101.

Bohemen H. D., 1998: Habitat fragmentation, infrastructure and ecological engineering. Ecological Engineering Volume 11. P. 199-207.

Brázdil T., Brunclík A., Vorel V., 2009: Pátevní síť dálnic a rychlostních silnic v ČR. Agentura Lucie, Praha, 148 s.

Carr L. W., Fahrig L., 2001: Effect of Road Traffic on Two Amphibian Species of Differing Vagility. Conservation Biology Volume 15, Issue 4. P. 1071–1078.

Ciolan E., Cicort-Lucaciu A. Ş., Sas-Kovács I., Ferenti S., Covaciu-Marcov S. D., 2017: Wooded area, forest road-killed animals: Intensity and seasonal differences of road mortality on a small, newly upgraded road in western Romania. Transportation Research Part D Volume 55. P. 12-20.

Coffin A. W., 2007: From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. Journal of Transport Geography Volume 15. P. 396-406.

Cooper J. W., 1992: Nature conservation 2: the role of corridors. Biological Conservation Volume 60, Issue 2. P. 145.

Červený J., Koubek P., Bufka, L., 2006: Velké šelmy v České Republice: IV. Rys ostrovid. Vesmír 85. S. 86–94.

Čihák M., Hak F., Hladká J., Horníček K., Kubešová S., Mátl R., Michková V., Šrajerová J., Vorel V., 2013: Pátevní síť silnic a dálnic. Agentura Lucie, Praha, 164 s.

Dufek J., Jedlička J., Adamec V., 2008: Fragmentace lokalit dopravní infrastrukturou – ekologické efekty a možná řešení v projektu COST 341. Centrum dopravního výzkumu, Brno, 5 s.

Eigenbrod F., Hecnar S. J., Fahrig L., 2009: Quantifying the Road-Effect Zone: Threshold Effects of a Motorway on Anuran Populations in Ontario, Canada. *Ecology and Society* Volume 14, Issue 1. P. 24.

Forman R. T. T., Alexander L. E., 1998: Roads and Their Major Ecological Effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* Volume 29. P. 207–231.

Frantz A. C., Bertouille S., Eloy M. C., Licoppe A., Chaumont F., Flamand M. C., 2012: Comparative landscape genetic analyses show a Belgian motorway to be a gene flow barrier for red deer (*Cervus elaphus*), but not wild boars (*Sus scrofa*). *Molecular Ecology* Volume 21, Issue 14. P. 3445-3457.

Fu W., Liu S., Degloria S. D., Dong S., Beazley R., 2010: Characterizing the “fragmentation – barrier“ effect of road networks on landscape connectivity: A case study in Xishuangbanna, Southwest China. *Landscape and Urban Planning* Volume 95, Issue 3. P. 122-129.

Hepenstrick D., Thiel D., Holderegger R., Gugerli F., 2012: Genetic discontinuities in roe deer (*Capreolus capreolus*) coincide with fenced transportation infrastructure. *Basic and Applied Ecology* Volume 13, Issue 7. P. 631-638.

Hlaváč V., Anděl P., 2001: Metodická příručka k zajišťování průchodnosti dálničních komunikací pro volně žijící živočichy. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 51 s.

Homolka M., 2000: Los (*Alces alces*) v ČR a jeho šance na přežití v kulturní krajině. *Ochrana přírody* 55. S. 195–199.

Huijser M. P., Fairbank E. R., Camel–Means W., Graham J., Watson V., Basting P., Becker D., 2016: Effectiveness of short sections of wildlife fencing and crossing structures along highways in reducing wildlife–vehicle collisions and providing safe crossing opportunities for large mammals. *Biological Conservation* Volume 197. P. 61–68.

Chen H. L., Koprowski J. L., 2016: Barrier effects of roads on an endangered forest obligate: influences of traffic, road edges, and gaps. *Biological Conservation* Volume 199. P. 33-40.

Chen Y., Teknomo K., 2016: Road Reconstruction and Redundancy Analysis on the Road Network: A Case Study of the Ateneo de Manila University Network. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* Volume 218. P. 56-75.

Iuell B., Bekker H., Cuperus R., Dufek J., Fry G., Hicks C., Hlaváč V., Keller V., Rosell C., Sangwine T., Tørsløv N., Wandall B., 2003: *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*. KNNV Publishers, Brussels, 176 s.

Jaeger J. A. G., Bowman J., Brennan J., Fahrig L., Bert D., Bouchard J., Charbonneau N., Frank K., Gruber B., Toschanowitz K. T., 2005: Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. *Ecological Modelling* Volume 185, Issue 2-4. P. 329-348.

Karlson M., Mörtberg U., 2015: A spatial ecological assessment of fragmentation and disturbance effects of the Swedish road network. *Landscape and Urban Planning* Volume 134. P. 53-65.

Kušta T., Keken Z., Ježek M., Holá M., Šmíd P., 2017: The effect of traffic intensity and animal activity on probability of ungulate-vehicle collisions in the Czech Republic. *Safety Science* Volume 91. P. 105-113.

Kyncl J. a kol., 2006: *Historie dopravy na území České republiky*. Nakladatelství Vladimír Kořínek, Praha, 146 s.

Langbein J., Putman R. J., Pokorný B., 2011: Traffic collision involving deer and other ungulates in Europe and available measures for mitigation. In: Putman R. J., Apollonio M., Andersen R. (eds.): Ungulate Management in Europe: Problems and Practices. Cambridge University Press, Cambridge. P. 215-259.

Langevelde F., 2015: Modelling the negative effects of landscape fragmentation on habitat selection. *Ecological Informatics* Volume 30. P. 271-276.

Lídl V., Janda T., 2006: Stavby, kterým doba nepřála. Ředitelství silnic a dálnic ČR, Praha, 118 s.

Lídl V., Pospíšil P., Svoboda L., Šejna P., Švarc J., Vorel V., 2009: Silnice a dálnice v České republice. Agentura Lucie, Praha, 376 s.

Lipský Z., 2000: Sledování změn v kulturní krajině. ČZÚ Praha, Praha, 71 s.

Liu S., Dong Y., Deng L., Liu Q., Zhao H., Dong S., 2014: Forest fragmentation and landscape connectivity change associated with road network extension and city expansion: A case study in the Lancang River Valley. *Ecological Indicators* Volume 36. P. 160-168.

Loro M., Ortega E., Arce R. M., Geneletti D., 2015: Ecological connectivity analysis to reduce the barrier effect of roads. An innovative graph-theory approach to define wildlife corridors with multiple paths and without bottlenecks. *Landscape and Urban Planning* Volume 139. P. 149-162.

Mäki S., Kalliola R., Vuorinen K., 2001: Road construction in the Peruvian Amazon: process, causes and consequences. *Environmental Conservation* Volume 28, Issue 3. P. 199-214.

Martolos J., 2014: Metodika optimalizace návrhu opatření k usměrnění pohybu živočichů přes pozemní komunikace. EDIP, Plzeň, 83 s.

Mertl J., Myšková T., Pernicová H., Pokorný J., Ponocná T., Rollerová M., Vlčková V., 2016: Zpráva o životním prostředí České republiky 2016. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 321 s.

Miko L., Hošek M., 2009: Příroda a krajina České republiky: Zpráva o stavu 2009. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 102 s.

Miller B., Dugelby B., Foreman D., Río C. M., Noss R., Phillips M., Reading R., Soulé M. E., Terborgh J., Willcox L., 2001: The Importance of Large Carnivores to Healthy Ecosystems. *Endangered Species UPDATE* Volume 18. P. 202-210.

Ministerstvo dopravy, 2013: Dopravní sektorové strategie 2. fáze. Ministerstvo dopravy ČR, Praha, 305 s.

Mitchell M. G. E., Suarez-Castro A. F., Martinez-Harms M., Maron M., McAlpine C., Gaston K. J., Johansen K., Rhodes J. R., 2015: Reframing landscape fragmentation's effects on ecosystem services. *Trends in Ecology & Evolution* Volume 30, Issue 4. P. 190-198.

Montis A., Martín B., Ortega E., Ledda A., Serra V., 2017: Landscape fragmentation in Mediterranean Europe: A comparative approach. *Land Use Policy* Volume 64. P. 83-94.

Musil J. F., 1987: Po stezkách k dálnicím. Nakladatelství dopravy a spojů, Praha, 216 s.

Niemi M., Rolandsen Ch. M., Neumann W., Kukko T., Tiilikainen R., Pusenius J., Solberg E. J., Ericsson G., 2017: Temporal patterns of moose-vehicle collisions with and without personal injuries. *Accident Analysis and Prevention* Volume 98. P. 167-173.

Olsson M. P. O., Widén P., Larkin J. L., 2008: Effectiveness of a highway overpass to promote landscape connectivity and movement of moose and roe deer in Sweden. *Landscape and Urban Planning* Volume 85. P. 133-139.

Podgórski T., Schmidt K., Kowalczyk R., Gulczyńska A., 2008: Microhabitat selection by Eurasian lynx and its implications for species conservation. *Acta Theriologica* Volume 53, Issue 2. P. 97–110.

Poledník L., Poledníková K., Beran V., Mináriková T., 2017: Průchodnost silnic z pohledu vydry říční. *Fórum ochrany přírody* 2/2017. S. 37-42.

Prášil M., 2007: *Dálnice 1967–2007*. Nákladem vlastním, 134 s.

Prášil M., 2017: *Padesát let 1967–2017. Ředitelství silnic a dálnic ČR*, Praha, 244 s.

Ree D. R., Smith D. J., Grilo C., 2015: *Handbook of Road Ecology*. John Wiley & Sons, Chichester, 552 s.

Reichholf J., 2006: *Savci*. Knižní klub, Praha, 287 s.

Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2016: *Silnice a dálnice v České republice 2016*. Ředitelství silnic a dálnic ČR, Praha, 23 s.

Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2018: *Silnice a dálnice v České republice 2017*. Ředitelství silnic a dálnic ČR, Praha, 23 s.

Seiler A., 2004: Trends and spatial patterns in ungulate-vehicle collisions in Sweden. *Wildlife Biology* Volume 10. P. 301–313.

Sklenička P., 2003: *Základy krajinného plánování*. Naděžda Skleničková, Praha, 321 s.

Zimmermann F., Breitenmoser-Würsten Ch., Breitenmoser U., 2005: Natal dispersal of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in Switzerland. *Journal of Zoology* Volume 267, Issue 4. P. 381-395.

Žalud J., 1961: *Silnice*. Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 245 s.

5.2 Legislativní zdroje

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění.

Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, v platném znění.

Zákon č. 449/2001 Sb., o myslivosti, v platném znění.

5.3 Internetové zdroje

Policejní prezidium České republiky, ©2018: Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice v roce 2017 (online) [cit. 2018.01.05], dostupné z <http://www.policie.cz/soubor/informace-o-nehodovosti-prosinec-2017-pdf.aspx>.

Šimonovský, M., 2010: Hustota silniční sítě je jednou z největších v Evropě, v případě dálnic máme co dohánět (online) [cit. 2010.02.18], dostupné z <http://www.konstrukce.cz/clanek/hustota-silnicni-site-je-jednou-z-nejvetsich-v-evrope-v-pripade-dalnic-mame-co-dohanet>.

5.4 Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Dálniční síť k 1.1.2018 (Ředitelství silnic a dálnic ČR ©2018).

Obrázek 2: Praha - Letňany v roce 1953 (<https://kontaminace.cenia.cz> upravil Vršecký 2018).

Obrázek 3: Praha - Letňany v roce 2010 (<https://kontaminace.cenia.cz> upravil Vršecký 2018).

Obrázek 4: Fragmentace krajiny v ČR na základě metodiky UAT v roce 1980 (Mertl a kol. 2016).

Obrázek 5: Fragmentace krajiny v ČR na základě metodiky UAT v roce 2005 (Mertl a kol. 2016).

Obrázek 6: Fragmentace krajiny v ČR na základě metodiky UAT podle prognózy v roce 2040 (Mertl a kol. 2016).

Obrázek 7: Vývoj záborů ZPF a PUPFL silniční infrastrukturou v ČR v letech 2000-2016 (Mertl a kol. 2016).

Obrázek 8: Vývoj průměrné intenzity dopravy v ČR v letech 2008-2016 (Ředitelství silnic a dálnic ČR ©2018).

Obrázek 9: Statistika celkových nehod v porovnání s nehodami se zvěří v letech 2009-2017 (Policejní prezidium České republiky ©2018).

Obrázek 10: Podchod u D 0804 u Lovosic (Anděl a kol. 2010).

Obrázek 11: Migrační objekt u Lipníku nad Bečvou (Anděl a kol. 2010).

Tabulka 1: Průchodnost silnic a dálnic (Anděl a kol. 2017).

Tabulka 2: Intenzita dopravy ve vztahu k propustnosti komunikace (Iuell a kol. 2003).