



Fakulta životního prostředí
Katedra aplikované ekologie

Analýza příčin a prevence střetů zvěře s dopravními prostředky v silničním provozu

Disertační práce

Obor: Aplikovaná a krajinná ekologie
Doktorand: Ing. Bc. Petr Šmíd, DiS.
Školitel : Doc. RNDr. Emilie Pecharová, CSc.

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma „**Analýza příčin a prevence střetů zvěře s dopravními prostředky v silničním provozu**“ vypracoval samostatně, pod odborným vedením doc. RNDr. Emilie Pecharové, CSc. Dále prohlašuji, že jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Leden 2018

.....
Ing. Bc. Petr Šmíd, DiS.

Zde bych rád poděkoval Policii České republiky a to zejména Policejnímu prezidiu, Ředitelství služby dopravní policie za poskytovaná data, která byla pro zpracování disertační práce nezbytná.

Dále bych rád poděkoval doc. RNDr. Emilii Pecharové, CSc. za odborné a metodické vedení disertační práce. Dále bych rád poděkoval všem mým kolegům, které jsem často žádal o radu, zejména pak RNDr. Ivaně Kašparové, PhD.

Můj dík patří také celé mojí rodině a přátelům za jejich podporu a trpělivost.

Anotace

Disertační práce se zabývá analýzou střetů zvěře s dopravními prostředky v silničním provozu na území celé České republiky. Kolize byly vyhodnocovány za období od roku 2007 do roku 2016 v souvislosti s podmínkami, při kterých k nim docházelo jako např. roční období, denní doba, povětrnostní podmínky, viditelnost apod. V práci je řešena prevence a následný účinek opatření, které by těmto střetům měly buď předcházet, nebo jim zcela zabránit.

Sledované kolize, které jsou v práci uvedeny, se většinou týkají pouze velkých živočichů, neboť střety s menší zvěří nejsou nikde evidovány zejména z důvodu malé škody vzniklé na majetku.

Klíčová slova: zvěř, kolize, pozemní komunikace, dopravní prostředek, bezpečnost provozu, prevence, migrace zvěře, bezpečnostní opatření, ekodukt

Abstrakt

This thesis analysis the conflicts of motor vehicles conflicts with animals in the area of the Czech Republic. Collisions were and will be evaluated for the period from 2007 to 2016 and under of conditions in which they occurred, such as season, day time, weather conditions or visibility. The work also addressed prevention of and the subsequent effect of the measure, which would allow these conflicts either prevent or completely prevented.

Collisions, which the work usually large mammals, because conflict with smaller animals never recorded because of the small property damage.

Keywords: animals, conflicts, roads, means of transport, traffic safety, migration animals, ecoduct, prevention, security

Obsah:

1. ÚVOD	7
2. CÍLE PRÁCE	9
2.1. Model výzkumu	9
3. REŠERŠE	11
3.1 Liniové stavby – fragmentace krajiny	11
3.2 Dopravní infrastruktura v ČR a její vliv na populaci živočichů	12
3.3 Dopravní komunikace jako bariéra	13
3.4 Migrace a mortalita živočichů	14
3.5 Hustota provozu a její vliv na mortalitu živočichů	20
4. METODIKA	22
4.1 Řešené území, rozdělení živočichů, data od PČR	22
4.2 Zpracování dat	25
4.3 Ukázka vyhodnocených dat	27
5. VÝSLEDKY A DISKUSE	28
5.1 Obecná výzkumní otázka č. 1	30
5.2 Obecná výzkumná otázka č. 2	31
5.3 Obecná výzkumná otázka č. 3	33
6. ZÁVĚR	40
7. SEZNAM LITERATURY	42
8. VAV ČINNOST	56
8.1 Publikace s IF (Publikované/Přijaté)	56
8.2 Publikace bez IF (SCOPUS)	56
8.3 Ostatní publikace	57
9. PEDAGOGICKÁ ČINNOST	58
9.1 Bakalářské práce – vedené, oponované	58
9.2 Výuka	59
10. AUTORSKÉ VÝSTUPY (PDF)	60

1. Úvod

V dnešní době je na našich silnicích stále více a více dopravních prostředků. Hustota silničního provozu se neustále zvyšuje a to takovým tempem, že na tento problém není možné adekvátně a rychle v plném rozsahu reagovat. Proto pod koly motorových vozidel zahyne každý den několik desítek možná i stovek kusů živočichů. Není možné zajistit, aby živočichové nebyli ohroženi při migraci - překonávání překážek v podobě pozemních komunikací. Neustále se zvyšující potřeba budování všech typů komunikací není dostatečně předem zvažována v kontextu fungování krajiny a následně naprojektována tak, aby byla zajištěna především bezpečnost přepravovaných osob ale i ochráněni volně žijící živočišné druhy. Významnou roli představuje také úprava terénu, která je velmi důležitá pro pohyb živočichů, protože pokud budou citlivě propojena místa migračních objektů s přílehlou krajinou, je velmi pravděpodobné jejich akceptace živočichy (Anděl et al. 2006).

Je také zapotřebí zvážit, jaké důsledky může mít naprostá izolace populací živočichů způsobená úplným oplocením a zabráněním vstupu na komunikaci. Na druhé straně, v případě existence migračních objektů, stále hrozí riziko střetu živočichů s motorovými vozidly. Jak dostatečné počty migračních objektů, tak oplocení komunikace mají svá opodstatnění. K jejich kombinaci je třeba přistupovat velmi obezřetně a se znalostí krajinných struktur i migračních tras (Gorčicová 2011).

V disertační práci je kladen důraz na porovnání stavu nehodovosti v souvislosti se střety zvěře s motorovými vozidly od roku 2007. Před tímto datem se kolizní události s živočichy nikde neevidovaly a pokud ano, např. z důvodu vzniku velké škody na majetku nebo vážného zranění osob, tak bylo vše dokumentováno pouze v papírové podobě, která je v současné době téměř nedohledatelná. Od roku 2007 se střety a nehody začaly digitálně zpracovávat, postupem času docházelo k upřesňování těchto dat zejména v podobě doplnění přesného místa události, viditelnosti v době nehody, povětrnostních podmínek, vzniklé škody apod. Do současné doby se však nikde neeviduje, s jakým živočichem ke střetu došlo. Po konzultaci s ředitelem dopravní policie zda by bylo možné přidat takovou informaci k uváděným datům, bylo sděleno, že ve většině případů se sražené zvíře nepodaří nalézt a v jiných případech by byla identifikace velmi obtížná. Porovnání zpracovaných dat v disertační práci se týká let v rozmezí 2007 – 2016 s tím, že tento problém bude nadále ve spolupráci s Policií České republiky sledován i následující roky.

Rozhodující bude také včasná a kvalitní medializace současné situace v ČR jako jedno z hlavních preventivních opatření, která budou moci omezit tyto kolize a zachránit desítky živočichů denně, nehledě na bezpečnost osob užívajících dopravní prostředky.

2. Cíle práce

Cílem disertační práce je získání co nejpodrobnějších, nejkvalitnějších a zároveň aktuálních dat o střetech zvěře s motorovými prostředky na pozemních komunikacích na celém území České republiky, dat o místech, kde nejčastěji dochází k migraci živočichů, vyhodnocení o jaké živočichy se jedná a zda je možné migraci odklonit jiným směrem. Získané údaje co nejpodrobněji vyhodnotit a následně zpracovat do grafické podoby za pomoci mapových podkladů v systému GIS. Navrhnout co možná nejúčinnější a nejjednodušší opatření k zabránění, nebo alespoň k významnému snížení kolizí. Po dohodě se zájmovými organizacemi nebo Policií České republiky aplikovat výsledky do metodických postupů PČR, veřejných databází a preventivních systémů. Přínosem disertační práce budou vědecké poznatky o migraci zvěře, o místech, kde nejčastěji dochází ke střetům s motorovými vozidly a návrhy řešení.

2.1. Model výzkumu

Výzkumná oblast

Nehodovost na pozemních silničních komunikacích v ČR v příčinném vztahu s výskytem živočichů

Výzkumné téma

Příčiny a prevence střetů motorových vozidel se zvěří

Obecné výzkumné otázky

- 1) Jaký je vztah mezi kvantitou a typem kolize dopravní nehody
 - 2) Jaký je vztah mezi vnějšími podmínkami, kvantitou a typem nehody
 - 3) Jaký je předpoklad vztahu mezi hodnotou materiální újmy před a po aplikaci navrhovaných preventivních opatření
-

Design výzkumu

Výzkumná oblast
Nehodovost na pozemních silničních komunikacích v ČR v příčinném vztahu s výskytem živočichů



Výzkumné téma
Příčiny a prevence střetů motorových vozidel se zvěří

Obecné výzkumné otázky

Jaký je vztah mezi kvantitou a typem kolize dopravní nehody

Jaký je vztah mezi vnějšími podmínkami, kvantitou a typem nehody

Jaký je předpoklad vztahu mezi hodnotou materiální újmy před a po aplikaci navrhovaných preventivních opatření

Specifické výzkumné otázky

- Jaký je vztah mezi kvantitou a nehodou s lehkým zraněním
- Jaký je vztah mezi kvantitou a nehodou s těžkým zraněním
- Jaký je vztah mezi kvantitou a nehodou s úmrtím

- Jaký je vztah mezi letním obdobím a kvantitou nehod
- Jaký je rozdíl mezi zimním obdobím a kvantitou nehod

- Jaký je vztah mezi hodnotou preventivního opatření a materiální újmou dopravní nehody
- Jaká je předpokládaná hodnota materiální újmy po instalaci preventivních opatření

3. Rešerše

3.1. Liniové stavby – fragmentace krajiny

Zkoumaným prvkem v této disertační práci je krajina České republiky fragmentovaná liniovými dopravními stavbami. Pod pojmem krajina si může každý člověk představit něco jiného. Jak uvádí Sklenička (2003), jinak vnímá krajinu architekt, jinak bude vnímat krajinu přírodovědec, jinak historik, ekonom, zemědělec, politik nebo umělec. Nejméně pozměněnými jsou krajiny horských holin a lesní krajiny, naopak nejvíce přeměněné jsou zemědělské a urbanizované krajiny (Matyáš, 2017). Problematika liniové fragmentace dopravní infrastrukturou je soustředěna především do zemědělské a urbanizované krajiny.

Podle zákona č. 114/1992 Sb. Zákona o ochraně přírody a krajiny ve znění pozdějších předpisů zní definice krajiny takto „*Krajina je část zemského povrchu s charakteristickým reliéfem, tvořená souborem funkčně propojených ekosystémů a civilizačními prvky*“. Liniové stavby, zejména dálničního a rychlostního typu, toto propojenost prakticky vylučují.

Definice krajiny lze podle Skleničky (2003) pojmut také jako: geomorfologické pojetí krajiny, geografické pojetí krajiny, ekologické (krajinně – ekologické) pojetí krajiny, architektonické (funkčně – estetické) pojetí krajiny, historické pojetí krajiny, demografické pojetí krajiny, umělecké pojetí krajiny, emocionální pojetí krajiny popř. jako chápání krajiny jako výrobního prostoru.

Nejlépe výstižnou definicí však dle mého názoru je ta, kterou jsem často slyšel na přednáškách, že krajina je obrazem lidí, kteří ji obývají.

Fragmentace krajiny patří k nejvýznamnějším faktorům, které negativně ovlivňují charakter krajiny a populace volně žijících živočichů. Jde o proces, při kterém dochází k rozdělení souvislých biotopů do menších a izolovanějších celků a zároveň ke tvorbě migračních bariér (Anděl, 2013, Jaeger, 2000, Edelhoff et al. 2016).

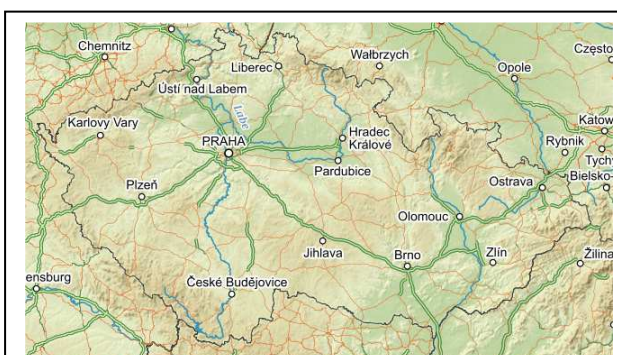
Fragmentace krajiny provází celou historii lidstva. Tento jev se prohloubil s rozšířením těžby nerostných surovin, rozvojem průmyslu a železniční a silniční dopravy. Zásadním problémem fragmentace je otázka její únosné míry. V současné době jsou hlavními rizikovými aktivitami výstavba obytných souborů mimo zastavěná území obcí a výstavba dopravní infrastruktury – nových dálnic, silnic a železnič-

ních koridorů. Rizika fragmentace je třeba zohlednit při plánování využití krajiny (Crooks et al. 2017, Gurrutxaga et Saura, 2014, Ahern, 2013).

Rychlá urbanizace se výrazně projevila na snížení zemědělské půdy. V důsledku toho jsou pozorovány výrazné změny krajinného rázu a jeho složení (Dewan et al. 2012). Lorencová et al. (2013) uvádí ve své práci podobné výsledky, že v České republice dochází k významnému snížení orné půdy. Fragmentace zemědělské půdy se tak stává v některých zemích limitujícím faktorem pro udržitelné hospodaření (Sklenička et al. 2014, Estreguil et al. 2013). Fragmentace krajiny má také velký vliv na zachování biologické rozmanitosti v Evropě (Chapron et al. 2014, Jaeger et al. 2011). Problémem fragmentace krajiny se ve svých výzkumech v České republice zabývají např. Tkadlec et al. (2012), Skokanová et al. (2012), Kušta et al. (2014), Divíšek et al. (2014), Štambergová (2017) Dufek et al. (2000), Stejskal (2005), Gdulová (2007), Trpák et al. (1984, 2001, 2002), Forman, et Colligne (1993), Mimra, Sklenička (1994).

3.2. Dopravní infrastruktura v ČR a její vliv na populaci živočichů

Rozvíjející se dopravní infrastruktura v ČR tvoří pro migraci živočichů v mnoha případech téměř nepřekonatelnou překážku (obr. 1). Jedná se zejména o silniční komunikace, ale v neposlední řadě i železniční síť. Dopravní infrastruktura je jedním z významných faktorů regionálního rozvoje, neboť zajišťuje spojení mezi lidmi a hospodářskými subjekty v prostoru. Silniční síť je nutné stále rozvíjet v souladu s rozvojem společnosti a hospodářsko-ekonomickými faktory. Jednou z možností je stávající komunikace buď modernizovat, nebo budovat nové, aby mohly převzít zátěž stávající sítě (Koš-



Obr. č. 1 - Síť hlavních silničních koridorů v ČR (www.mapy.cz)

ňovský 2014). Frekventované komunikace představují pro řadu organismů bariéry, které jim brání ve volné průchodnosti krajiny, k dalším vlivům patří přímý zábor biotopů při stavbě komunikací (Zikeš 2002). Je zřejmé (Trombulak 2003), že komunikace mají negati-

vní vliv na biologickou integritu suchozemských i vodních ekosystémů. Toto potvr-

zuje řada dalších autorů, např. Kraft (2012), Van der Ree et al. (2015), Back et al. (2017), Zimmermann et al. (2017).

Silnice mají negativní mnohostranný vliv na ekosystémy, včetně výrazných dopadů na pohyb volně žijících živočichů. Jelikož dlouhodobé změny v krajině vlivem dopravy představují velký problém, jsou v posledních letech předmětem mnoha studií a prací u nás i v zahraničí. Studie většinou vycházejí z historických pramenů, topografických map, leteckých a družicových snímků. Z tohoto důvodu byli ekologové v Evropě vyzváni, aby rozšířili studium bariérových dopadů jednotlivých silnic (Bischof et al. 2016). Dopravní infrastrukturou v České republice v souvislosti s bariérovými dopady se zabývá především např. Frantál et al. (2013) – jižní Morava, Kraft et al. (2014) – regionální města, Novosák et al. (2013) – Ostrava a okolí. Ve světě jsou to pak např. Arpaciket al. (2016), Mehrtash (2016), Sari et al. (2016), Petrovici et al. (2016), Ambroziak et al. (2013) další.

Za hlavní rizikové faktory pro populace živočichů je považováno především zemědělství (chemické ošetřování monokultur, vznik rozsáhlých pastevních areálů, oplocování pozemků), průmysl (výstavba průmyslových areálů a to většinou mimo dopravní infrastrukturu, těžba nerostných surovin), výstavba obytných souborů a doprovodné infrastruktury (výstavba individuálních objektů i celých satelitních městeček, obchodní zóny mimo zóny dosavadní dopravní infrastruktury), **dopravní infrastruktura** (problém výstavby nových dálnic, silnic a železnic) (Anděl, 2003).

3.3. Dopravní komunikace jako bariéra

Bariéru v krajině můžeme definovat jako určitou překážku, zábranu či hráz, která brání živočichům (popř. rostlinám) v překonání vzdálenosti z místa na místo. Bariéry mohou mít i roli ochrany živočichů při vstupu na pozemní komunikaci. Podstatné je určit, do jaké míry působí bariéra pro živočichy jako překážka – potenciální nebezpečí a do jaké míry jako ochrana před tímto nebezpečím (Martolos et al. 2014).

Jiné pojetí komunikace jako bariéry definuje Ascensao et al. (2017): bariéra je zvýšená hrana nebo omezení, které má negativní vliv na kontinuitu přírodních stanovišť, může podnítit bariérový účinek kvůli rušení a zvýšit tak úmrtnost živočichů. Může se jednat také o tzv. bariéry neviditelné tedy hlukové (Bendsten, 2009, Bennet 2017), které jsou pro živočichy stejně omezující, ale postupnou domestikací si na tento druh bariéry zvěř zvykne a následně ji přestává svými smysly vnímat (Ilgurel et

al. 2016). Na druhé straně se mnoho výzkumů zabývá tím, zda jsou bariéry zabraňující vstupu zvěře na komunikaci bezpečné i pro cestující ve vozidlech (Nycz 2016).

Člověkem uměle vytvořená bariéra představuje pro populaci volně žijících živočichů zásadní negativní fenomen, kterému se jednotlivé druhy nemohou a nestačí přizpůsobit. Zvláště vysoce frekventované komunikace, jako jsou dálnice a rychlostní silnice, jejichž hustota v krajině stále neúměrně roste, představují pro migraci živočichů mnoha druhů často nepřekonatelné překážky (Anděl et al. 2006, Jones et al. 2014).

Pro mnohé velké savce není dopravní bariéra nepřekonatelná, nebezpečnou ji dělá hustota provozu a rychlost vozidel (Aanen 1991).

3.4. Migrace a mortalita živočichů způsobená střety s dopravními prostředky

Za migraci živočichů je považován hromadný směrovaný pohyb velkého počtu jedinců daného druhu z jednoho místa na druhé (Sklenička 2003, Rivlud et al. 2016, Apollonio et al. 2017). V této práci především hromadný směrovaný pohyb velkých savců.

Migrace se dá také popsat jako souhrnný vektor veškerých pohybů volně žijících živočichů v krajině. Částečná migrace, v níž některé populace migrují sezónně, zatímco jiné nikoliv, jsou společnou strategií chování u migrujících druhů, včetně bezobratlých, ryb, ptáků a savců (Chapman et al. 2011). Migračním profilem se rozumí prostor, ve kterém dochází ke křížení migrační cesty s komunikací (Anděl et al. 2011, Panzacchi et al. 2016).

Migrace zvěře a silniční komunikace jsou velmi složité systémy, které by se měli při každém návrhu křížení navzájem respektovat a při svém plánování výstaveb zhodnotit místní podmínky pro maximální soulad krajiny s pozemní komunikací (Anděl et al. 2006). Ztráta, fragmentace a degradace stanovišť všude na Zemi vyvolává stále větší pozornost při identifikaci krajinných prvků, které podporují pohyb zvířat (koridory) nebo mu brání (překážkám).

Proč různé druhy savců každoročně neustále migrují, je velmi složité a doposud ne zcela jasné. Živočichové mohou migrovat z mnoha důvodů, jako je např. hledání potravy, rozmnožování, výskyt rušivých elementů. Tyto migrace se označují pohyby běžné, nebo denní (Garrah et al. 2015). Zvířata migrují jako jedinci i jako celé skupiny v různých ročních obdobích (Li et Yin 2014). Li et Yin (2014) rozdělili

a navrhli podle stávajících trendů dva způsoby migrací, které se snaží aplikovat v praxi. Došli k závěrům, že jedinec při migraci má daleko menší šanci na přežití než celá skupina živočichů, což po provedeném výzkumu v této disertační práci mohou spochybnit a to zejména při překonávání bariér v podobě pozemních komunikací.

Chování migrujících zvířat ve styku s dálnicí popsal také ve své práci Zikeš (2002), kde uvádí, že pokud migrující jedinec narazí na dálnici, může vzniklý problém řešit různými způsoby jako např.:

- Změní směr pohybu a opustí migrační trasu - k tomuto řešení se jedinec rozhodne, pokud nemá jasný cíl migrace,
- Může sledovat dálnici do té doby, dokud nenajde vhodný migrační objekt k překonání překážky,
- Přeběhne dálnici po jejím povrchu (pokud neexistuje bariéra), což může mít za následek střet s motorovým vozidlem.

Důležitou ochranou živočichů je také vegetace kolem pozemních komunikací, Desai (2012) uvádí, že je potřeba rostliny vysazovat a to nejen podél komunikací, ale i v místech, kde jsou průmyslové zóny. Identifikace vztahů mezi krajinou a typy mortalit živočichů na komunikacích je nezbytná pro vytváření prediktivních modelů a navrhování zmírňujících opatření, zejména v heterogenní krajině (Freitas et al. 2015), kde je široký rozsah účinků na ekologické procesy. Tyto vztahy mohou mít za následek pozitivní i negativní dopady na biologickou rozmanitost (Karlson et Mörtberg, 2015).

Pokud dojde ke střetu zvěře s motorovým prostředkem, v 99% to znamená smrt pro sražené zvíře a v mnoha případech také zranění pro osoby v příslušném vozidle. Od roku 2007 do roku 2016 zemřelo v důsledku střetů se zvěří na našich silnicích **14 osob**, 82 osob bylo těžce zraněno a 841 bylo zraněno lehce. Celkem se stalo 63 599 nehod. Z mého pohledu jsou to čísla velmi alarmující. Na japonských japonských silnicích se za rok stane přibližně 30 000 nehod se zvěří (Shinoda 2003). V Rusku tyto nehody činní cca 500 000 střetů se zvěří ročně (Groot et Hazebroek, 1996). Ve velké Británii je číslo střetů zvěře s motorovým vozidlem cca 30 000 až 50 000 ročně (Langbein et Pulman 2005). Dotazníkovou metodou došel Seiler (2004) k číslu kolizí se zvěří na švédských silnicích. Oproti České republice, kde jsou tyto střety evido-

vány až od roku 2007, je v Britské Kolumbii založen dotazový systém už více než 20 let (Sielecky, 2003). Zcela jistě nemohou za tyto střety jen zvířata, pokud by řidiči jezdili dle předepsaných předpisů a v nebezpečných úsecích předvídali takovýto střet, vedlo by to ke snížení nehodovosti.

Reakcí zvířete na kolizi s vozidlem se zabývá Lima (2015, 2016). Podle něho se zvířata v mnoha případech dokáží srážce vyhnout svými přirozenými schopnostmi. Závisí také samozřejmě na rychlosti jízdy, reakci řidiče popř. elektronické detekci vozidel. Dle jeho výsledků mají díky moderním systémům v automobilech savci větší šanci na přežití při překonávání komunikací. Ve světě jsou výzkumy zaměřené i na střety vodních savců s loděmi nebo naopak střety letadel s ptáky. Nebyl zaznamenán rozdíl střetu ve vysokých nebo v malých rychlostech letadel a pták tak nedokáže reagovat a střetu se vyhnout. Střety ptáků s vozidly na pozemních komunikacích a možnosti jejich snížení řeší experimentálně např. DeVault et al. (2017). Kolize ptáků s vozidly způsobují vážné bezpečnostní, finanční a ochranné situace po celém světě, ale příčiny takových srážek jsou špatně popsány. Pták nezpůsobí motorovému vozidlu fatální škodu, zůstává ležet u krajnice, popř. zaklíněn ve vozidle a řidič většinou tuto kolizi okamžitě nezaznamená.

Rytwinski et Fahrig (2013) se snaží prostřednictvím uměle vytvořených simulací zjistit, jak reaguje na projíždějící automobily zvěř a stejně jako DeVault et al. (2017) se snaží experimentálně přiblížit reálným podmínkám, jaké mohou nastat v přírodě. Oba autoři shodně potvrzují schopnost ptáků i zvířat reagovat na provoz na silničních komunikacích a uvažují o schopnosti návyku na nebezpečné situace. Borda-de-Agua et al. (2014) v Portugalsku zkoumali silniční mortalitu sovy pálené. Výsledky ukazují na fakt, že neustále rozšiřování dopravní infrastruktury může vést k postupnému vyhynutí sovy pálené. Vzhledem k množství jejího výskytu jsou čísla velmi vysoká a poukazuje na tento fakt Portugalské vládní orgány.

O'Shea et al. (2016) studuje, zda za významným úhynem netopýrů mohou být střety s vozidly. Ve svém výzkumu ovšem nenašel jediný případ, který by měl souvislost s automobilem, za velký počet uhynulých netopýrů mohou dle jeho výsledků větrné turbíny, intenzivní bouře, vlny veder a sucha.

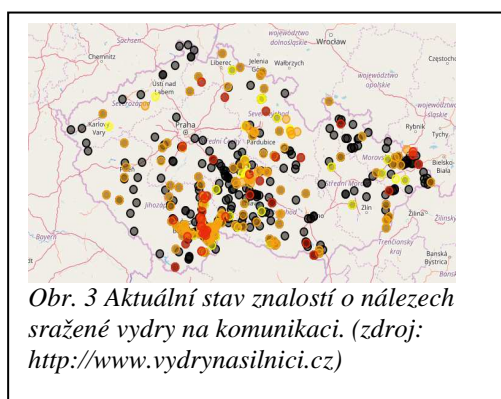
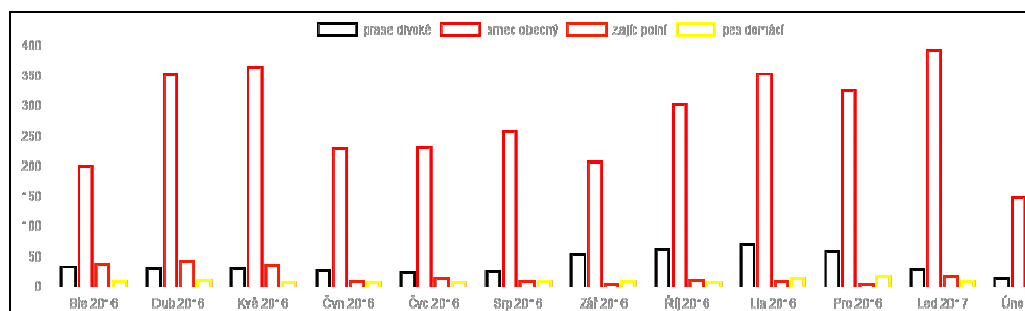
Nejčastější fatální kolizí jsou kolize s obratlovcem hmotnostně nad 10 kg. V České republice je nejčastěji straženou zvěří prase divoké (*Sus scrofa*), zajíc polní

(*Lepus europaeus*), liška obecná (*Vulpes vulpes*), srnec obecný (*Capreolus capreolus*) (Anděl et al. 2011, Šlajar, 2016).

V Brazílii zaznamenal Huijser et al. (2013) v souvislosti se silniční mortalitou 26 druhů savců na sedmi hlavních silnicích ve státě Sao Paulo. Jednalo se např. o psa hřivnatého (*Chrysocyon brachyurus*), ocelota stromového (*Leopardus tigrinus*), mravenčníka velkého (*Myrmecophaga tridactyla*) nebo kapybaru (*Hydrochoreus hydrochaeris*). Z jeho výzkumu je zřejmé, že vhodné oplocení v kombinaci s ekoduktem má významný vliv na snížení mortality zvěře. Je zřejmé, že ke skupinám živočichů nejvíce postižených fragmentací prostředí patří druhy, které využívají rozsáhlé areály a k jejichž biologické strategii patří dlouhé migrační přesuny. K takovým patří především velcí savci jako vlk, rys, medvěd nebo los a jelen (Hlaváč 2013).

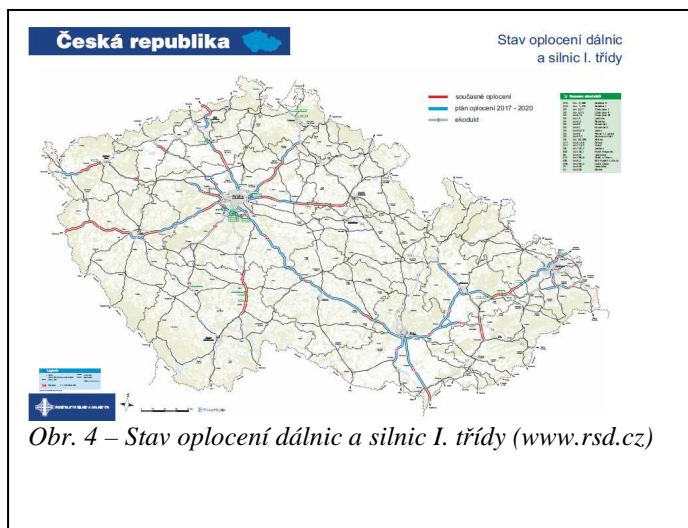
V České republice se problematikou mortality živočichů zabývá Centrum dopravního výzkumu, které na www stránkách <http://www.srazenazver.cz> publikuje aktuální údaje zpracovateli dostupné. Z publikovaných výsledků (Obr. č. 2) je však patrné, že zpracovaná data jsou značně nepřesná a neposkytují dostatečně verifikovatelnou informaci. Rozdělení kategorií zvířat na kategorii prase/srnec/zajíc/pes neodpovídá realitě kolizí se zvířaty na pozemních komunikacích.

Obr č. 2: Počet srážek s vybranými živočišnými druhy (převzato: <http://www.srazenazver.cz>)



Významným druhem, kterému je věnována pozornost zejména ochranou přírody ve světě i u nás, je vydra (*Lutra lutra*) (Hauer et al. 2002, Poledník et al. 2009, Kasalová, 2013, Hlaváč et al. 2017). Centrum dopravního výzkumu však tuto situaci neřeší.

V dnešní době se kolizní situace řeší nejčastěji oplocením silnic a dálnic, což má za následek znemožnění migrace zvěře. Největší nevýhodou ovšem je cenová náročnost a údržba (Kostečka et Prášil 2015).



Vlastním terénním šetřením byly zjištěny mnohé nedostatky, které z oplocení kolem pozemních komunikací nedělají „ochránce živočichů“, ale naopak jejich zabijáky. Není možné, aby oplocení bylo navrženo a následně zrealizováno tak, že je jeho

ukončení několik metrů před začátkem dalšího opatření v podobě např. svodidel. V takovéto mezeře vzniká smrtelné místo pro zvěř, která po vstupu na komunikaci, kde druhá strana je celoplošně oplocená, nemá nejmenší šanci najít cestu zpět, což samozřejmě v 99% končí srážkou s projíždějícími vozidly. Oplocení kolem silnic popisuje Ascenasao et al. (2013), kdy tvrdí, že je to nejúčinnější způsob jak zabránit těmto střetům, ovšem na druhou stranu tvrdí, že je tuto výstavbu potřeba dokonale naprojektovat, aby nedocházelo ke zbytečným úhynům díky špatné realizaci a následné údržbě. Velmi podobné nebo stejné výsledky ve svých pracích uvádějí i Shoemaker et al. (2014), Hussain et al. (2016), Ashwini et al. (2016), Clement et al. (2015), Wang et al. (2017).

Migrační objekty

Podle Anděla (2011) jsou migrační objekty takové části krajiny, které slouží živočichům k úspěšnému překonání bariéry, na které hrozí nebezpečí usmrcení zvířete. Patří tedy k významným opatřením, které mají za následek snížení bariérového efektu silnic a dálnic. Obecně lze tato opatření rozdělit na **podchody** (pod úrovní dopravy) a **nadchody – ekodukty** (nad úrovní dopravy).

Podchody slouží k migraci menších živočichů, naopak nadchody jsou určeny pro střední a velké živočichy (Anděl 2011). V praxi se však ukazuje, že toto rozdělení není zcela přesné (Garrag et al. 2015). Příklady z Národního parku Banff (Kanada)



je možné použít jako vzor vhodně provedených ekoduktů i podchodů (Rogala et al. 2011). Od vybudování dálnice do současnosti využilo umělé přechody a podchody 11 druhů savců, včetně medvědů hnědých, losů a pum nejméně ve 200 000 případech.

V současné době je v České republice věnována velká pozornost hlavně

ekoduktům a to nejen proto, že jsou nejdražšími migračními objekty. Jejich projektování není v České republice na dobré úrovni. Často dochází k tomu, že vznikne potřeba spojit dvě vesnice nebo dva zemědělské pozemky přemostěním přes komunikaci a k tomu se využijí dotace z Evropské unie vyčleněné na ekodukty. Následuje jeho výstavba, kde následně projíždějí automobily nebo zemědělská technika a na tokovém to „ekoduktu“ zvěř jen těžko spatříme. Vlastním šetřením na jednom z ekoduktů umístěném na novém obchvatu z D1 na letiště Václava Havla bylo za pomoci fotopasti zjištěno, že přes uvedený ekodukt nepřešlo jediné zvíře. Tento fakt mohl být ovlivněn vysokou hustotou provozu v dané oblasti, nebo nedostatečnou dobou pro adaptaci zvěře po výstavbě.

Problém výstavby těchto objektů má opět celosvětový dopad. Ovaskainen (2013), uvádí, že je třeba tyto objekty dostatečně předem plánovat a nasbírat adekvátní data pro jejich vhodné umístění. Dalšími autory, kteří se tímto problémem zabývají, jsou např. Prestamburgo et al. (2016), Candrea-Grigoras et Silvicultură, (2015), Martolos et al. (2014), Šťovíčková (2017), Křepelková (2014), Vlková (2017).

V České republice je v současné době realizováno několik ekoduktů, které jsou v provozu už několik let, např. Ekodukt Hrabůvka (od roku 2008), Ekodukt Kletné (od roku 2009), Ekodukt Žehuň (od roku 2005), Ekodukt Voleč (od roku 2006), Ekodukty Cholupice (od roku 2010), Ekodukt Šabatka (od roku 2010), Ekodukt Jenišov (od roku 2006), Ekodukt Dolní újezd (od roku 1999) a další.

Na základě jednání s pracovníky ŘSD v roce 2015 bylo zjištěno, že ŘSD začne při přípravě a výstavbě ekoduktů využívat novou metodiku, která bude spočívat

v posuzování kombinace ekologických variant řešení na silničních komunikacích. Do budoucna by tato změna měla vést k velké úspoře finančních prostředků a k významnému zdokonalení těchto staveb.

3.5. Hustota provozu a její vliv na mortalitu živočichů

Hustota neboli intenzita provozu je hlavním ukazatelem vytížení komunikace. Nejčastěji se udává tvz. roční průměr denních intenzit (www.ceskedalnice.cz).

V roce 2012 jsem terénním šetřením zjistil, že v úseku dálnice D1, 25 km - sjezd Mirošovice projede v době od 12 hod do 13 hod směr Praha cca 4000 automobilů, pokus byl prováděn v měsíci září. V roce 2016 projelo na tom samém úseku ve stejnou denní dobu cca dvojnásobné množství vozidel. V takovém provozu nemá zvíře šanci přejít komunikaci, aniž by nedošlo ke srážce. Účinek zábrany, které se v současné době instalují podél silnic, se ukáže až po několika měsících možná i letech. Pokud budou na tyto zábrany vhodně navazovat ekodukty, nadchody nebo podchody pro zvěř, pak mají velkou šanci na překonání těchto bariér a na přirozenou migraci (Swenson et al. 1193, 2000, Find'ò et al. 2007). Dále se monitoringu vlivu výstavby silnic na konkrétní druhy zvířat věnovali např. Konopka et Hell (2001) a Huber et Klusak (2006). Jako faktory, které mohou ovlivnit mortalitu zvěře, se nejčastěji uvádějí technické řešení komunikace, jako jsou např. šířka, svodidla, stáří komunikace, hustota dopravy, rychlost vozidel, typ a atraktivita navazujících biotopů, dále to pak může být např. motivace zvířat k překonání komunikace atd. (Iuell et al. 2003, Keller 1999). Střety se zvěří se v průběhu roku stávají nejčastěji za šera a úsvitu (Grenier 1973, Rattey et Turner 1991, Garrett et Conway 1999). Také podle Peeka et Bellise (1969) a Carbaugha et al. (1975) zvěř často využívá šera a tmy pro překonání pozemní komunikace. To, že silnice mohou ve výsledku vést k rozpadu populace divoké zvěře, potvrdili ve svých studiích např. Fahrning et Merriam (1994), Garrah et al. (2015), Bennet (2017). Saunders et Hobbs (1991) uvádí několik příkladů, proč jsou pozemní komunikace a doprava jako taková velkým prvkem při úmrtnosti divoké zvěře: migrační trasy jsou rozděleny pozemními komunikacemi, zvěř se střetává s dopravními prostředky, protože se pohybuje podél přístupných silničních koridorů, zvěř může nacházet na silnicích zdroje potravy jako např. zdechlina apod.

Sledováním dopadů dopravních komunikací na volně žijící savce se věnují např. Saeki et Macdonald (2004), Clevenger et Waltho (2005), Rico et al. (2007),

Sawyer et al. (2016). Vliv konkrétních pozemních komunikací, především frekventovaných dálnic a rychlostních silnic, řeší např. Alexander et Wateers (2000), Baofa et al. (2006), Huijser et al. (2016), Rytwinski et al. (2016). Metody sledování savců, jejich biotopové vazby a nároky na charakter prostředí při migraci vybraných druhů živočichů byly popsány jak v zahraničí (např. Aberg et al. 2000, Swenson et Angelstam 1993), tak i v České republice (např. Červený et al. 2007, Šustr et Jirsa 2007, Keken et al. 2011, Jurečka, 2017).

4. Metodika

4.1 Řešení území, rozdělení živočichů, data od PČR

Disertační práce je řešena v rozsahu České republiky. Česká republika svojí rozlohou 74 864 km² Dělí na 14 krajů, počet obyvatel je v současné době cca 10,5 mil. V České republice zabírá 41% orná půda, 11% pastviny, 34% lesy a 14% ostatní plochy. Délka železnice se uvádí 9 444 km a pozemních komunikací je cca 55 432 km. (www.czso.cz, www.sydos.cz).

Aby byl výzkum efektivní, bylo zapotřebí zkoumat všechny typy pozemních komunikací v celé České republice. Podle zákona 13/1997 Sb. Zákona o pozemních komunikacích se v ČR rozlišují čtyři kategorie:

- a) **Dálnice** – je pozemní komunikace určená pro rychlou dálkovou a mezistátní dopravu silničními motorovými vozidly, která je budována bezúrovňovým křížením s oddělenými místy napojená pro vjezd a výjezd, která má směrově oddělené jízdní pásy. Dálnice je přípustná pouze silničním motorovým vozidlům, jejichž nejvyšší povolená rychlost není nižší, než stanoví zvláštní předpis.
- b) **Silnice** – je veřejně přístupná pozemní komunikace určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci. Silnice tvoří silniční síť. Silnice se podle svého určení a dopravního významu rozdělují do těchto tříd:
 - **Silnice I. třídy**, která je určena zejména pro dálkovou a mezinárodní dopravu. Silnice I. třídy vystavěná jako rychlostní silnice je určena pro rychlou dopravu a je přístupná pouze silničním motorovým vozidlům, jejichž nejvyšší povolená rychlost není nižší, než stanoví zvláštní předpis. Rychlostní silnice má obdobné stavebně technické vybavení jako dálnice.
 - **Silnice II. třídy**, která je určena pro dopravu mezi okresy.
 - **Silnice III. třídy**, která je určena k vzájemnému spojení obcí nebo jejich napojení na ostatní pozemní komunikace.
- c) **Místní komunikace** – je veřejně přístupná pozemní komunikace, která slouží převážně místní dopravě na území obce. Místní komunikace se dále rozděluje

podle dopravního významu, určení a stavebně technického vybavení do čtyř tříd.

- d) Účelová komunikace** – je pozemní komunikace, která slouží ke spojení jednotlivých nemovitostí pro potřeby vlastníků těchto nemovitostí, nebo ke spojení těchto nemovitostí s ostatními pozemními komunikacemi, nebo k obhospodařování zemědělských a lesních pozemků (z. č. 13/1997 Sb.).

Data zahrnutá do výzkumu v disertační práci byla získána od Policie České republiky a vlastním terénním šetřením. V současné době policie nehody – střety zvěře s motorovými vozidly eviduje velmi detailním způsobem: je zjišťována poloha s přesností na 1 m, povětrnostní podmínky v době nehody, světelné podmínky a mnoho jiných atributů, které jsou poté velmi dobře využitelné při různých statistických a výzkumech. Bohužel jsou evidovány pouze ty kolize, při kterých došlo ke zranění osob, nebo vznikla škoda na majetku. Nikde není také evidováno, s jakým druhem zvěře ke střetu došlo. Vlastním šetřením bylo zjištěno, že se ve většině případů jedná o živočichy středních nebo velkých druhů, tedy druhů od velikosti zajíce, lišky, vydry nebo jezevce. Menší druhy zvěře při středu nezpůsobí téměř žádnou škodu, proto tyto události nejsou nikde evidovány.

Zájmové živočichy jsem pro potřeby výzkumu rozdělil do několika skupin, podle jejich vztahu ke kolizím v silniční dopravě:

Obojživelníci – jsou živočichové s jedinečným životním cyklem. Svým vývojem jsou vázáni na vodu (či alespoň velmi vlhké prostředí). Většina z nich prochází metamorfózou. Tato radikální přestavba těla umožňuje obojživelníkům přesídlit na souš. Obojživelníky nalezneme v tropech i za severním polárním kruhem v nížinách v okolí velkých řek i ve vysokohorských pásmech, trvalých jezerech i pouštních podmínkách (Vajnar 2017). Obojživelníci se dělí mezi ocasatí obojživelníky a žáby (Prach 2014). Tento druh živočichů má významný vliv na nehodovost vozidel. Mnohokrát se stalo, že při migraci žab došlo ke smyku vozidla a následné nehodě. Internetové zpravodajství www.idnes.cz uvedlo že: „*Tisíce obojživelníků v kraji teď v době jarního tahu putují, aby si založili nový život, umírají ale pod koly aut. Chybí dostatek zábran, které žáby navedou k propustkům nebo nádobám ochranářů. Někde dokonce ochranářské snahy zkrachovaly kvůli averzi místních.*“ Tento problém je především v blízkosti rybníků a mokřadů, bohužel opět mohu potvrdit, že za celou



dobu mého výzkumu jsem neregistroval opatření upozorňující na tento problém, přestože dopravní značka „pozor žáby“ je v platnosti od 1.1.2016 (obr. 6, 7). Jednou z výjimek je podkrušnohoří, kde byly tyto dopravní značky na několika místech uplatněny. Zde se však jedná pouze o komunikace nižší třídy.

Velcí a drobní savci – v České republice je nejčastěji straženou zvěří prase divoké (*Sus scrofa*), zajíc polní (*Lepus europaeus*), liška obecná (*Vulpes vulpes*), srnec obecný (*Capreolus capreolus*) (Anděl et al. 2011). Z důvodu velikosti zvířete jsou v práci zahrnuta zejména data, kdy došlo ke střetu právě s živočichem od velikosti zajíce nebo

lišky, jelikož menší zvěř nezpůsobí vozidlu téměř žádnou škodu, a tudíž není nehoda (střet) nikde hlášena a zaznamenána.

Ptáci jsou méně významnou příčinou nehod vozidel. Ke kolizím dochází většinou ve vysoké rychlosti vozidla, kdy pták nestihne komunikaci přeletět. Na dopravním prostředku pak způsobí škodu v podobě prasklého čelního skla nebo některého z plastových částí vozu. Střet v takovéto podobě má pro zvíře smrtelné následky. Na jednom km pozemní komunikace v ČR uhynie ročně cca 75 ptáků (Šafránek, 2000). Těmto střetům se dle zjištěných výsledků nedá jakýmkoli způsobem zabránit. Jediné co by mohlo pomoci je snížení rychlosti, což je vzhledem k rozložení druhů pozemních komunikací nemožné (Kociol et al. 2011).

Pro tuto studii byla použita data poskytnutá Policií České republiky, Policejní prezidium, Analytické oddělení od roku 2007 do roku 2016. Před rokem 2007 byly nehody evidovány pouze v papírové podobě, k těmto datům není v současné době přístup. V poskytnutých statistikách jsou zavedeny pouze ty kolize, které měly za následek buď zranění osob, nebo vznik škody na majetku. Velké množství událostí není v policejních statistikách zaevidováno vůbec - z důvodu nenahlášení střetu řidičem, neboť nevznikla žádná škoda, pokud šlo o malého živočicha tak si střetu řidič

v mnoha případech ani nevšimne. I přesto tyto kvalitní statistiky pomáhají v mapování těchto kolizí.

V práci jsou též použita data získaná vlastním terénním šetřením v místech, kde ke střetům docházelo nejčastěji nebo v místech, kde toto riziko hrozí a není zde žádné upozornění pro řidiče.

Ke grafickému znázornění a zpracování dat bylo pro přehlednější vykreslení použito vyhodnocení v GIS.

4.2 Zpracování dat

Zpracovávaná data jsem rozdělil do následujících skupin a podskupin:

Identifikátor (statistické číslo nehody)

- 1) 1-2 znak = kraj
- 2) 3-4 znak = okres
- 3) 5-6 znak = útvar
- 4) 7-8 znak = rok
- 5) 9-12 znak = pořadové číslo

• **Datum a čas**

• **Následky nehody** (stav do 24 hodin po události)

- 1) Kolik osob bylo usmrceno
- 2) Kolik osoby bylo těžce zraněno
- 3) Kolik osob bylo lehce zraněno

• **Celková hmotná škoda**

• **Povětrnostní podmínky v době nehody**

- 1) Neztížené
- 2) Mlha
- 3) Na počátku deště
- 4) Déšť
- 5) Sněžení
- 6) Námraza, náledí
- 7) Nárazový vítr (boční, vichřice apod.)
- 8) Jiné ztížené podmínky

• **Viditelnost**

- 1) Ve dne, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek
- 2) Ve dne, viditelnost zhoršená (svítání, soumrak)
- 3) Ve dne, zhoršená viditelnost vlivem povětrnostních podmínek

- 4) V noci, s veřejným osvětlením, nezhoršená povětrnostními podmínkami
- 5) V noci, s veřejným osvětlením, zhoršená povětrnostními podmínkami
- 6) V noci, bez veřejného osvětlení, nezhoršená povětrnostními podmínkami
- 7) V noci, bez veřejného osvětlení, zhoršená povětrnostními podmínkami

- **Druh pozemní komunikace**

- 0) Dálnice
- 1) Silnice 1. třídy
- 2) Silnice 2. třídy
- 3) Silnice 3. Třídy
- 4) Uzel (tj. křižovatka sledovaná ve vybraných městech)
- 5) Komunikace sledovaná ve vybraných městech
- 6) Komunikace místní
- 7) Komunikace účelová
- 8) Ostatní součásti komunikace

- **Číslo komunikace**

- **Staničení komunikace v kilometrech**

- **Druh vozidla**

- 0) Moped
- 1) Malý motocykl (do 50 ccm)
- 2) Motocykl (včetně sidecarů, skútrů, apod.)
- 3) Osobní automobil bez přívěsu
- 4) Osobní automobil s přívěsem
- 5) Nákladní automobil (včetně multikáry)
- 6) Nákladní automobil s přívěsem
- 7) Nákladní automobil s návěsem
- 8) Autobus
- 9) Traktor
- 10) Tramvaj
- 11) Trolejbus
- 12) Jiné motorové vozidlo (zemědělské stroje atd.)
- 13) Jízdní kolo
- 14) Povož, jízda na koni
- 15) Jiné nemotorové vozidlo
- 16) Vlák
- 17) Nezjištěno řidič ujel
- 18) Jiný druh vozidla

Tabulka 1: Ukázka vstupních dat PČR

Y	x	P 1	P 2a	P 2b	P 36	P 13 a	P 13 b	P 13 c	Kč	P 18	P 19
1054887	747355,3	002100160082	4.1.2016	225	5	0	0	0	22000	1	4
1039981	732580	002100160248	5.1.2016	2340	5	0	0	0	25000	1	4
1050269	728115,9	002100160471	9.1.2016	1910	6	0	0	0	6000	1	4
1041748	726399	002100160497	10.1.2016	2050	6	0	0	0	55000	1	4
1042911	728108,9	002100160685	13.1.2016	2125	5	0	0	0	15000	1	4
1050834	742027,7	002100160786	1.1.2016	2560	5	0	0	0	20000	1	1
1051338	732433,9	002100160886	17.1.2016	2100	6	0	0	0	6000	5	5
1043324	735704,3	002100160895	18.1.2016	730	5	0	0	0	7000	1	2
1050156	727749	002100160949	18.1.2016	1820	6	0	0	0	20000	5	5
1037380	733193,1	002100160953	18.1.2016	2120	6	0	0	0	6000	1	4
1049547	749457,8	002100161183	21.1.2016	1925	6	0	0	0	10000	1	6
1037073	739100,9	002100161194	22.1.2016	630	6	0	0	0	65000	1	4
1039214	731971,8	002100161267	22.1.2016	1855	5	0	0	0	15000	1	6
1053204	738768,9	002100161421	26.1.2016	1230	5	0	0	0	72000	1	1
1052363	749763,8	002100161496	27.1.2016	1800	5	0	0	0	25000	1	6
1050144	735116,4	002100161625	29.1.2016	2220	5	0	0	0	25000	1	4
1039598	733493,7	002100161653	31.1.2016	30	5	0	0	0	20000	1	4
1047573	730521,1	002100161926	4.2.2016	1745	6	0	0	0	10000	1	4
1043101	748095,2	002100161930	4.2.2016	1800	5	0	0	0	30000	4	5
1050443	746087,1	002100162055	7.2.2016	540	6	0	0	0	150000	1	4
1049174	747823,8	002100162210	9.2.2016	2135	5	0	0	0	83000	1	4
1043509	729729,6	002100162273	11.2.2016	900	5	0	0	0	10000	1	1
1051728	729671,2	002100163276	27.2.2016	745	5	0	0	0	50000	1	1
1048254	744523,8	002100163908	9.3.2016	1308	6	0	0	0	35000	1	1
1050196	734876,3	002100163953	10.3.2016	140	4	0	0	0	10000	1	4
1057700	746966,2	002100164144	14.3.2016	130	6	0	0	0	40000	1	4
1051476	732464,8	002100164213	14.3.2016	1855	5	0	0	0	26000	1	4
1045984	725816,2	002100164285	15.3.2016	2315	5	0	0	0	15000	1	4
1051128	731448,6	002100164441	17.3.2016	2100	6	0	0	0	41000	1	4
1043500	729893	002100165022	29.3.2016	30	5	0	0	0	70000	1	4
1050152	735023,5	002100165109	30.3.2016	120	5	0	0	0	1100	1	4
1043559	747340,1	002100165110	30.3.2016	605	5	0	0	0	10000	1	4
1047361	723587,6	002100165180	30.3.2016	2000	6	0	0	0	45000	1	2
1047729	728679,4	002100165212	31.3.2016	1000	5	0	0	0	10000	1	1
1049028	737112	002100165371	2.4.2016	520	5	0	0	0	30000	1	4
1057290	746869,4	002100165525	4.4.2016	2045	6	0	0	0	30000	1	4
1056058	747844,4	002100165608	6.4.2016	32	5	0	0	0	35000	1	4
1051327	731423,3	002100165609	6.4.2016	15	6	0	0	0	30000	1	4

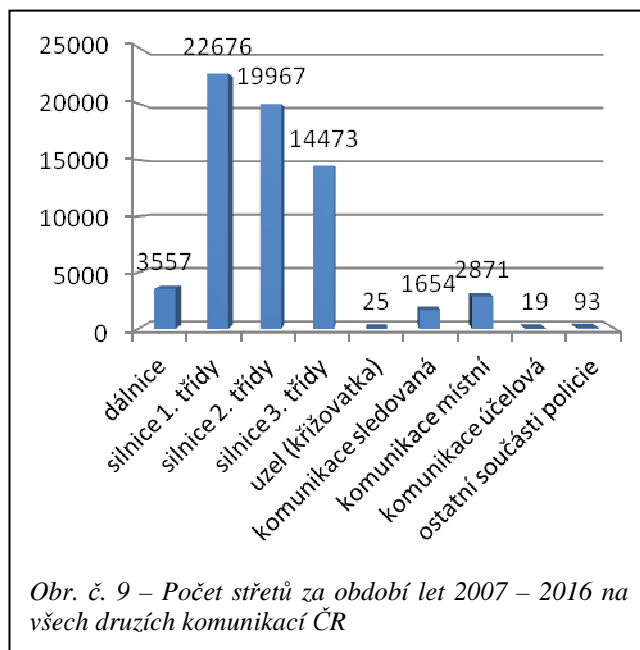
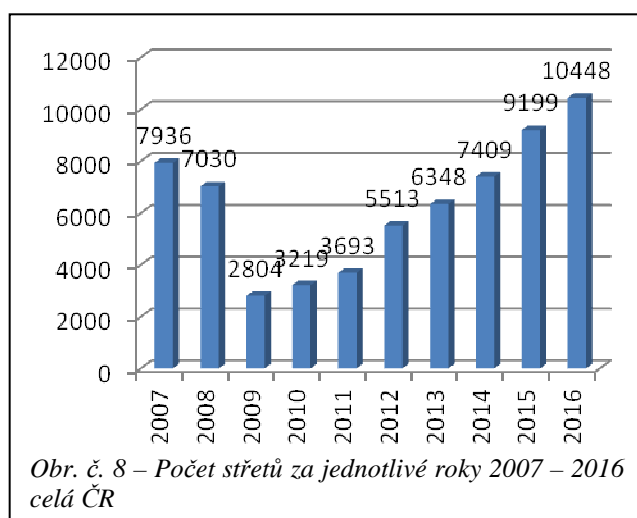
Vysvětlivky:

<p>Sloupec y, x - mapové souřadnice Sloupec n.p1- identifikátor (statistické číslo nehody) Sloupec p2a - datum Sloupec p2b - čas Sloupec p36 - druh pozemní komunikace Sloupec p37 - číslo komunikace Sloupec p38- staničení komunikace v kilometrech</p>	<p>Sloupec p44 - druh vozidla Sloupec p13a - usmrceno osob Sloupec p13b - těžce zraněno osob Sloupec p13c - lehce zraněno osob Sloupec p14*100 - celková hmotná škoda ve stokorunách Sloupec p18 - povětrnostní podmínky v době nehody Sloupec p19 - viditelnost</p>
---	--

5. VÝSLEDKY A DISKUSE

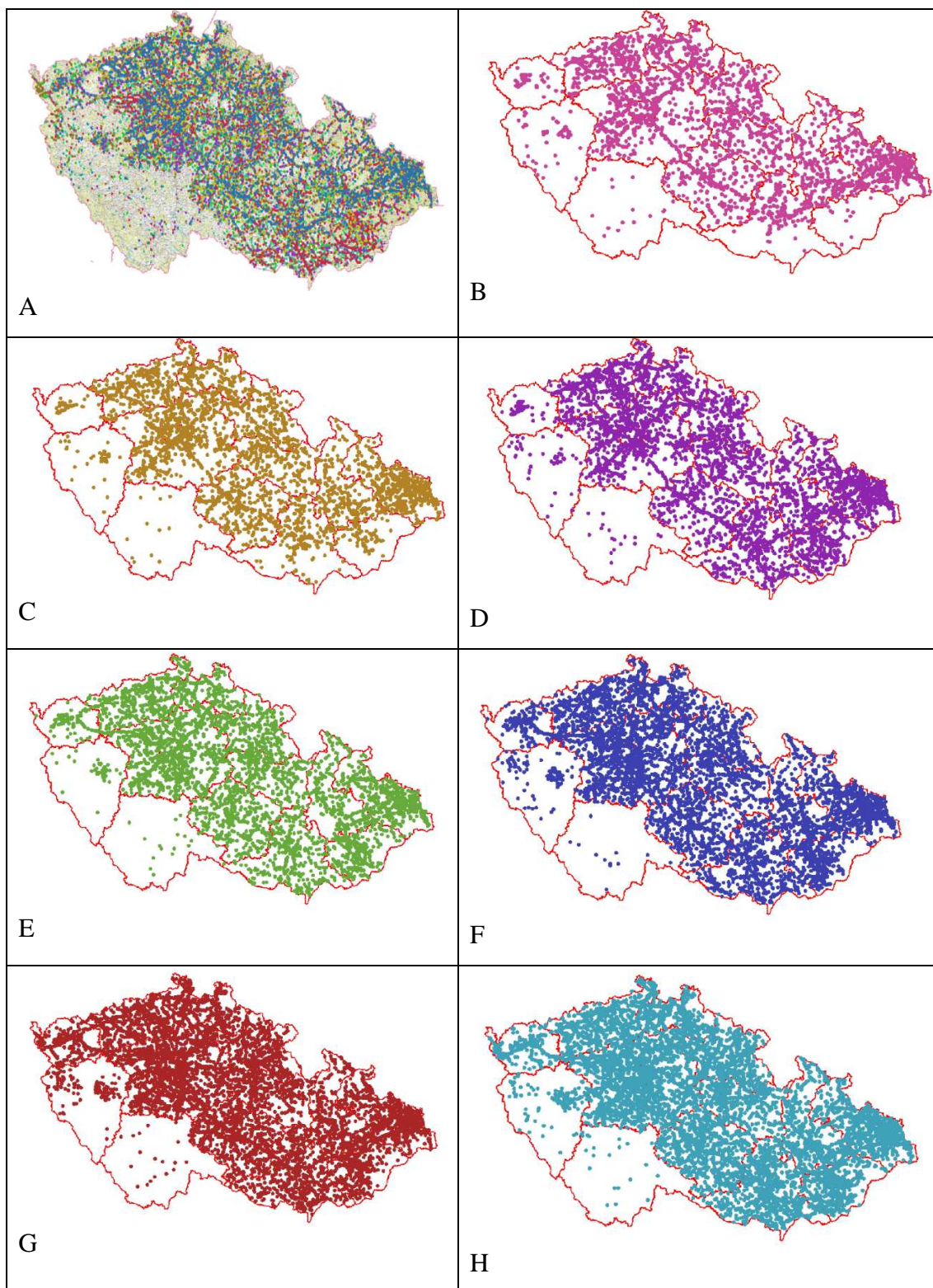
5.1. Obecné výsledky

Po zpracování surových dat do podoby k jejich využití bylo provedeno několik srovnání za jednotlivé roky v celé ČR. Nejvíce nehod bylo zaznamenáno v roce 2016, nejméně v roce 2009. Po roce 2008 měla nehodovost v podobě srážky se zvěří klesající tendenci, ovšem od roku 2010 se opět rapidně zvyšovala (obr. 8).



Dle dopravní policie za tuto situaci může neúměrný nárůst silničního provozu, který se každoročně zvyšuje takovým tempem, že na tento trend není možné reagovat v podobě bezpečnostních opatření nebo výstavbou dalších pozemních komunikací.

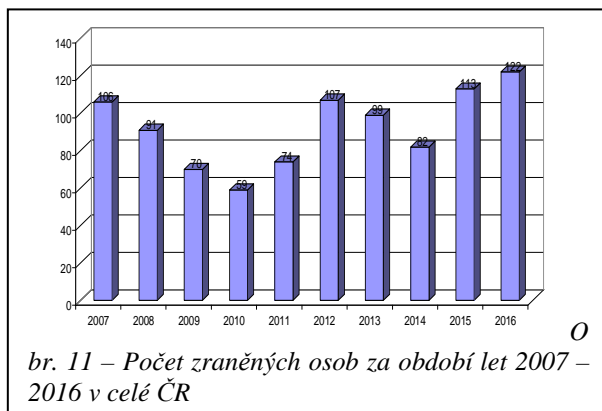
Nejvíce střetů v ČR bylo za uvedené období zaznamenáno na silnicích 1. třídy – 22 676. Při rozdělení pozemních komunikací podle zákona č. 13/1997 Sb. Zákona o pozemních komunikacích tvoří nejdelší část silniční sítě právě silnice 1. třídy, výsledek bude zcela jistě ovlivněn právě tímto faktorem. Druhým největším počtem střetů jsou označeny komunikace 2. třídy, jsou to tzv. okresní silnice, které jsou také hojně využívány do vesnic a malých měst (obr. 9).



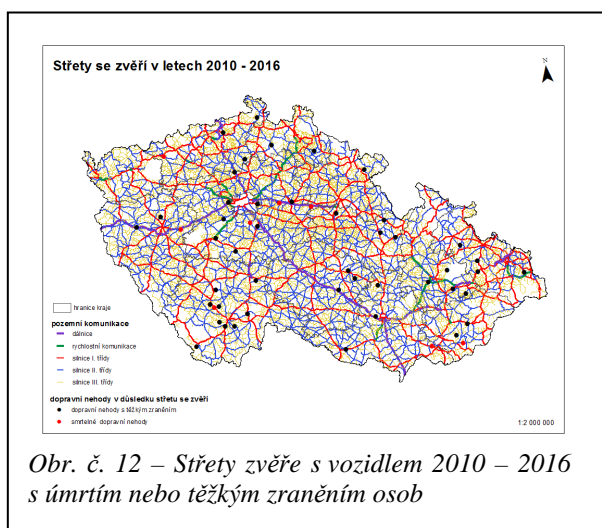
Obr. č. 10: A: Evidované střety se zvěří v letech 2010 – 2016 (celkový počet 45829), B: střety v roce 2010 (3219střetů), C: střety v roce 2011 (3693 střetů), D: střety v roce 2012 (5513 střetů), E: střety v roce 2013 (6348 střetů), F: střety v roce 2014 (7409 střetů), G: střety v roce 2015 (9199 střetů), H: střety v roce 2016 10448 střetů).

5.2. Obecné výzkumné otázky

5.2.1 Jaký je vztah mezi kvantitou a typem kolize dopravní nehody



Porovnání mezi kvantitou a typem dopravní kolize v letech 2007 až 2016 je vztah, který ukazuje na počty dopravních nehod v jednotlivých letech a následky dopravní nehody ve smyslu zranění osob. Následky jsou rozděleny do 3 skupin a to na nehody s lehkým zraněním, těžkým zraněním a úmrtím osob. Zkoumáno bylo také, v jakém ročním období se zranilo nejvíce osob. Za zkoumané období let 2007-2016 bylo **usmrceno 14 osob**, těžce zraněno bylo 82 osob a lehce zraněno bylo 841 osob, průměrně tedy došlo ke zranění každou 68 nehodu (obr. 12).



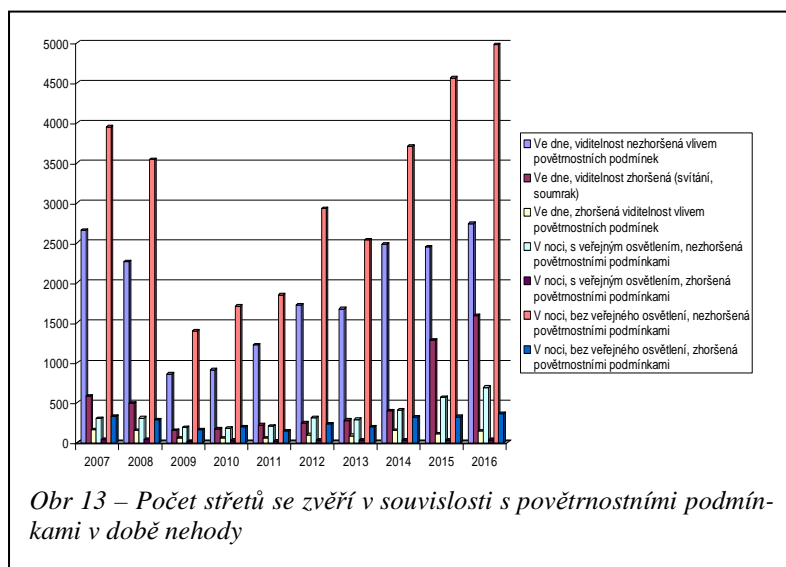
K nejvíce nehodám se zraněním v jednotlivých měsících docházelo:

- 2007 duben a říjen k usmrcení osoby došlo v dubnu a květnu
- 2008 duben a srpen k usmrcení osoby došlo v červenci a říjnu
- 2009 duben a červenec k usmrcení osoby v tomto roce nedošlo
- 2010 květen a srpen k usmrcení osoby došlo v červnu
- 2011 červen a září k usmrcení osoby došlo v červenci, srpnu a září
- 2012 květen a září k usmrcení osoby v tomto roce nedošlo
- 2013 červen a srpen k usmrcení osoby došlo také v červnu a srpnu
- 2014 červenec a srpen k usmrcení osoby v tomto roce nedošlo
- 2015 červenec srpen k usmrcení osoby došlo v srpnu
- 2016 květen a září k usmrcení osoby došlo v květnu

Velice zajímavé zjištění je, že nejvíce nehod se zraněním nebo dokonce s usmrcením osob docházelo v letních měsících ani jedna nehoda v zimních měsících neměla za následek zranění nebo usmrcení. Bližším vyhodnocením a konzultací s dopravní policií bylo zjištěno, že k nehodám v letních měsících dochází ve většině případů ve vysoké rychlosti a právě z tohoto důvodu se nehoda neobejde bez zranění.

5.2.2. Jaký je vztah mezi vnějšími podmínkami, kvantitou a typem nehody

Ve výzkumu bylo významné zaměření na údaj, kdy a za jakých podmínek docházelo k nehodám. Tento údaj přibližuje fakt, v jaké denní době a za jakých povětrnostních a viditelnostních podmínek ke střetům dochází a tedy i za jakých podmínek dochází k migraci zvěře. Podle těchto údajů mohou být následně navrhovány, projektovány a následně instalovány bezpečnostní prvky, které by mohly bránit střetům se zvířaty. Například, pokud ke střetům nejčastěji dochází ve dne za neztížených povětrnostních podmínek a za dobré viditelnosti nebude v tomto úseku instalován prvek, jehož činnost bude závislá na odrazu světla projíždějících vozidel. Pokud bude s vyšší frekvencí docházet ke střetům v noci a za ztížených povětrnostních



podmínek, nebude na těchto místech instalována např. pouze dopravní značka (která by mohla být lehce přehlédnuta), ale bude zde nějaký světelný (reflexní) prvek (obr 13).

Zjištěné údaje by tedy měly být jakousi příručkou

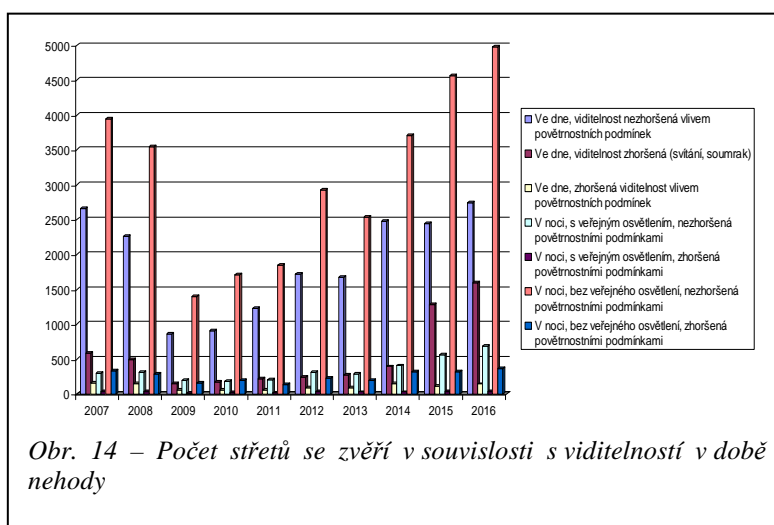
pro Policii České republiky při následném projektování bezpečnosti silničního provozu ve spolupráci různých organizací, jakými jsou BESIP, Ředitelství silnic a dálnic apod.

Tabulka č. 2 – Počet střetů se zvěří v souvislosti s povětrnostními podmínkami v době nehody

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Neztížené	7263	6373	2493	2829	3353	5017	4568	6676	8397	9416
Mlha	127	181	54	61	97	139	86	194	155	170
Na počátku deště	247	175	103	117	112	146	155	254	308	411
Děšť	312	259	125	140	117	184	178	284	306	366
Sněžení	48	43	42	72	22	49	67	27	73	97
Námraza, náledí	13	22	15	32	13	39	21	29	21	50
Nárazový vítr	9	7	2	1	0	4	5	9	7	4
jiné ztížené	10	21	4	5	7	15	15	19	27	30

Tabulka č. 3 – Počet střetů se zvěří v souvislosti s viditelností v době nehody

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ve dne, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek	2659	2262	859	912	1225	1722	1673	2480	2448	2740
Ve dne, viditelnost zhoršená (svítání, soumrak)	582	493	152	174	220	247	281	397	1286	1591
Ve dne, zhoršená viditelnost vlivem povětrnostních podmínek	165	155	60	59	61	97	88	152	111	144
V noci, s veřejným osvětlením, nezhoršená povětrnostními podmínkami	304	308	192	181	205	309	290	408	565	692
V noci, s veřejným osvětlením, zhoršená povětrnostními podmínkami	39	39	17	27	18	31	30	30	32	37
V noci, bez veřejného osvětlení, nezhoršená povětrnostními podmínkami	3949	3540	1396	1708	1849	2927	2532	3705	4562	4974
V noci, bez veřejného osvětlení, zhoršená povětrnostními podmínkami	331	284	162	196	143	233	201	320	326	366



Nejvíce nehod se dle vyhodnocených údajů stalo v noci, bez veřejného osvětlení a viditelnost nebyla nijak ovlivněna povětrnostními podmínkami (tab. 2). Překvapující byl zjištěný údaj, že velmi vysoký počet

nehod se stal ve dne, kdy viditelnost také nebyla nijak ovlivněna povětrnostními podmínkami.

Podle těchto zjištěných údajů mohou být následně navrhovány bezpečnostní prvky přímo konstruované pro dané podmínky.

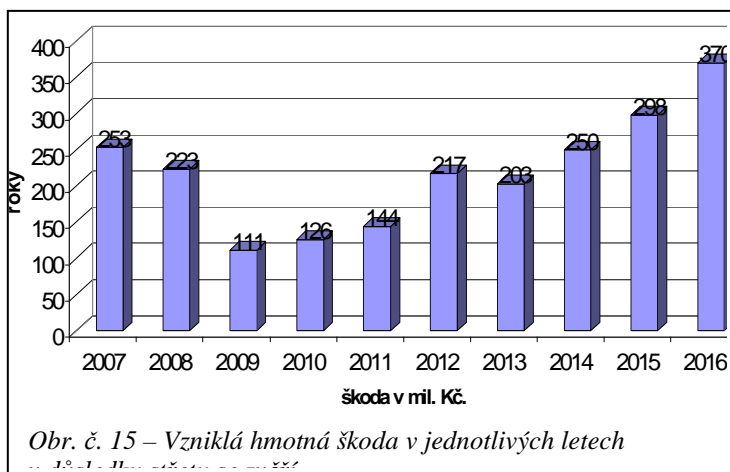
Obdobné výsledky pro střední Evropu uvádí např. Hothorn et al. (2012). Důvody mohou být nejen nižší denní intenzity dopravy, ale také horší jízdní podmínky a méně sjízdných silnic v zimním období, kdy se vozidla pohybují pomaleji (to platí zejména pro první, druhé a třetí třídy silnic a ostatních silnic). Nicméně jiní autoři tvrdí, že dochází k mírnému zvýšení výskytu kolizí se zvířaty právě v zimním období, například ve Švédsku (Wahlström a Liberg, 1995).

5.2.3. Jaký je předpoklad vztahu mezi hodnotou materiální újmy před a po aplikaci navrhovaných preventivních opatření

V posledních letech se problémem střetu se zvěří začalo zabývat více institucí jako je např. Centrum dopravního výzkumu, BESIP, nebo Policie České republiky. Kolem dálnic a rychlostních silnic se začalo s instalací oplocení nebo tzv. pachových oplocenek. Ředitelstvím silnic a dálnic ČR bylo vypsáno několik veřejných zakázek, které byly zveřejněné se např. zadáním „*Předmětem stavby je umístění oboustranného oplocení tělesa dálnice D1 v úseku 66,320 - 75,920. Stávající oplocení je již v nevyhovujícím stavu, případně zcela chybí. Součástí zakázky je v místě průběhu plotu odstranění všech pařezů. Vzhledem k tomu, že došlo k lokální změně vedení oplocení, není možné kompletní oplocení před obdobím vegetačního klidu realizovat, neboť je nutné danou část stromů vykácet. Objekt oplocení dálnic bude sloužit především k zamezení vstupu zvěře a osob do prostoru tělesa dálnice. Po dobudování oplocení by mělo dojít ke zvýšení bezpečnosti provozu. Oplocení je součástí stavebního povolení a je nutnou podmínkou pro úspěšnou kolaudaci stavby. Následně proběhne v období vegetačního klidu kácení stromů, které je součástí této zakázky.*“ Předpokládaná cena zakázky za uvedený úsek byla 22 mil. Kč (www.verejna-soutez.cz).

Zakázky byly vypsány v nedávné době a v současnosti teprve dochází k jejich dokončování. Zjistit nebo porovnat jaký mají účinek, tedy zabránění střetů zvěře s motorovými vozidly bude trvat minimálně několik měsíců, proto bude potřeba výzkum opět aktualizovat, aby bylo možné s jistotou zhodnotit účinek preventivních

opatření v podobě oplocení silničních komunikací. Už teď je ale zřejmé, že pro zvěř budou mít tyto migrační bariéry negativní dopad v podobě migrační bariéry, kterou nebude snadné překonat.



Za období výzkumu byly porovnány vzniklé hmotné škody, které způsobily nehody v podobě střetů se zvěří. Škoda byla vždy při šetření nehody odhadnuta policií, takže mohou uvádět pouze přibližné hodnoty, kdy po prohlídce vozidla a

následné opravě mohla škoda vzrůst nebo naopak klesnout. Největší škoda vznikla v roce 2016 a to 370 334 500 Kč při celkovém počtu nehod 10 448 (tab. 4. obr. 15). Tento rok byl zaznamenán značný nárůst nehod. Příčinou může být např. zvýšení hustoty dopravy a denní dojíždění až několik desítek kilometrů za prací. Naopak, nejmenší škoda byla v roce 2009 a to 111 985 900 Kč při celkovém počtu nehod 2804, kdy byl také zaznamenán prudký pokles dopravních nehod jako takových (tzn jak dopravních nehod způsobených střety se zvěří, tak klasických dopravních nehod). Toto mohlo být způsobené zavedením bodového systému v ČR a lidé si dávali „větší pozor“ při porušování silničních pravidel. Celkem za sledované období bylo nahláše- no 63599 nehod (srážek se zvěří), kdy byla vyčíslena celková hmotná škoda 2 201 824 300 Kč. Při získání dat z od pojišťovacích společností se dá předpokládat reálná hmotná škoda výrazně vyšší.

Tabulka č. 4 – Počet střetů se zvěří v souvislosti s viditelností v době nehody

Rok	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Škoda v Kč (mil)	253	223	111	126	144	217	203	250	298	370
Počet nehod	7936	7030	2804	3219	3693	5513	6348	7409	9199	10448
Průměr Kč (tis) škoda/nehoda	31938	31835	39937	39292	39208	39440	32110	33869	32475	35445



Obr. č. 16 – oplocení dálnice D1 (vlastní foto 2016)



Obr. č. 17 – oplocení dálnice D1 (vlastní foto 2016)



Obr. č. 18 – oplocení dálnice D1 (vlastní foto 2017)



Obr. č. 19 – oplocení dálnice D1 (vlastní foto 2017)

Na obrázku č. 16 a 17 je zachycen rovný úsek dálnice D1 na 68 km ve směru na Brno. Na tomto úseku byly v minulosti zaznamenány střety se zvěří velmi často a to i navzdory tomu, že jde o velmi přehledný úsek s viditelností na obě strany na několik stovek metrů. Bude velmi zajímavé porovnání, zda na tomto úseku dálnice počet nehod klesl, což lze vzhledem k instalovanému oplocení očekávat. Dle mého názoru, kde dojde ke snížení střetů, jinde dojde zase k jejich nárůstu, neboť migraci zvěře nelze zabránit. Pokud se ale zvíře nějakým způsobem dostane za tuto bariéru, nemá při dnešním hustém provozu sebemenší šanci na přežití.

Na první pohled je oplocení na obr. 18, 19 instalované velmi kvalitně, vždy po několika metrech jsou průchody (branky) pro údržbu nebo pro jiné účely potřebné kolem dálnice.

Oplocení je ve výborném stavu,

vybudované před několika roky.

U přemostění, jak je vidět na obrázku č. 20, je zakončení provedeno až ke zdi, takže větší zvíře nemá sebemenší šanci projít.

Naopak, jak je vidět na obrázku č. 21 úsek dálnice D1 kilometr 42 až



Obr. č. 20 – oplocení dálnice D1 (vlastní foto 2017)

43 je zcela bez jakéhokoli oplocení. Tento úsek je tedy pro zvěř jediným možným místem, kde mohou překonat bariéru v podobě silniční komunikace, pokud by ovšem na druhé straně nebylo oplocení již instalované. Proto může mít toto místo pro zvěř naprosto devastující následky

a samozřejmě je nebezpečné i pro řidiče v osobních automobilech.



Obr. č. 21 – oplocení dálnice D1 (vlastní foto 2017) – bez oplocení



Obr. č. 22 – Pozemní komunikace Říčany u Prahy směr Mukařov (vlastní foto 2012)

Po dobu mého výzkumu jsem téměř nikde nezaznamenal dopravní značení ke snížení rychlosti z důvodu výskytu zvěře na komunikaci, nebo dokonce značku upozorňující řidiče na zvýšený výskyt zvěře. Výjimkou je např. úsek z Říčan u Prahy do obce Mukařov a opačně, kde jsou dopravní značky upozorňující řidiče na možný výskyt zvěře a dopravní značka snižující maximální povolenou rychlost na 60km/hod. viz obr. č. 22 a 23 (Šmíd, 2012). V současné době v lokalitě tyto značky chybí a i když v daném místě dochází ke střetům stále, není zde žádné upozornění nebo varování, které by tyto nehody eliminovalo.



Na internetových stránkách (www.azznaky.cz) jsou uvedeny ceny za jednotlivé dopravní značení. Po-

rováním ceny za jednu dopravní značku cca 1500 Kč a následnou hmotnou škodou vzniklou v důsledku dopravní

nehody v průměru 32 tis. Kč je zřejmé, že nejlevnějším preventivním opatřením je instalace dopravního značení a to buď v podobě snížení rychlosti, nebo upozorňující řidiče na možnost výskytu zvěře na pozemní komunikaci.

Poté už by stačila změna podmínek havarijního pojištění, kdy by při nedodržení povolené rychlosti nebo nerespektování dopravního značení upozorňujícího na výskyt zvěře docházelo ke krácení pojistného plnění, jako je tomu v mnoha zemích např. Švédsko, Norsko (osobní konzultace pojišťovna Kooperativa a.s. Česká republika).



Sezónní bariéry proti migraci obojživelníků přes komunikaci (obr. 25) oplocení (v tomto případě žab v okrese Karlovy Vary) svádí migrující žaby do propustku – podchodu.

Pokud v tomto období migrují stovky žab, je nebezpečí na obou stranách: dochází k velké devastaci objži-

velníků při projetí automobilu (desítky jedinců), ale může dojít i ke vzniku smyku, což může mít za následek zranění osob ve vozidle a vzniku hmotné škody.



Na obr. č. 26 je demonstrována tristní situace - jak může dopadnout zvíře, které se bude snažit překonat při své migraci oplocení. Dovedeme si asi představit jak muselo trpět. Výška oplocení je zřejmě vyhovující, ale velikost jednotlivého „oka“ by měla být rozhodně menší, aby zde zvěř nemohla takovýmto způsobem uvíznout nebo naopak menší zvěř proběhnout.

Pozitivním příkladem pro řešení ochrany zvěře i účastníků silničního provozu by pro nás mohl být příklad kanadského národního parku Banff (obr. 27 A), kdy jsou řešeny nejen bariéry oplocení (obr. 27 B) viditelný rozdíl v provedení oplocení mezi ČR a Kanadou), nadchody a podchody pro zvěř, ale i eliminace vstupu zvěře na komunikaci v místech dopravních uzlů, reflexní výstražná upozornění i dopravní značení. Současně jsou návštěvníci národního parku upozorňováni informačními letáky na čerpacích stanicích, informačních centrech i recepcích hotelů o způsobu jízdy v oblasti bohaté na zvěř.



A: Rolovací zábrany proti vstupu zvěře na dopravní uzel





B: Vázané oplocení dálniční bariéry



C: Reflexní upozornění na silnici nižší třídy bez



D: Kapacitní podchod pod dálnicí

<p>oplocení</p>  <p>E: Večerní pozorování zvěře na silnici</p>	 <p>F: Běžné dopravní značení v místech s výskytem zvěře a omezenou viditelností (zatáčka)</p>
---	--

Obr. 27: Příklad řešení v Národním parku Banff- Kanada (foto: Pecharová, 2005).

6. ZÁVĚR

V práci jsem dospěl k jednoznačnému závěru - mortalita zvěře na pozemních komunikacích v ČR má neustále se zvyšující tendenci. Na začátku výzkumu, který jsem prováděl v rámci své diplomové práce v roce 2012 (Šmíd 2012) jsem zjistil, že naprostá většina silnic není nijak proti střetům se zvěří chráněna a ani na toto riziko řidič není upozorněn. Téměř nikde jsem neregistroval dopravní značení ke snížení rychlosti nebo dokonce značku upozorňující na možný výskyt zvěře. Tam, kde značka byla, v současné době není, i když jsou stále na těchto místech evidovány nehody.

V současné době je velký trend ohrazení dálnic oplocením, bohužel nejsou ještě všude dokončena a výsledek tohoto opatření bude zjištěn až následující roky. Podobným trendem jsou tzv. „pachové ohradníky“ u komunikací nižších tříd, které však vyžadují trvalou údržbu. Zvěř (zejména srnčí zvěř, černá zvěř) si na tento typ zábrany velmi rychle zvyká a přestává jí respektovat. Z tohoto důvodu není mým cílem zakončit výzkum disertační prací, ale pokračovat v něm i do budoucna. Data, která mám možnost získat od PČR jsou pro tento výzkum stěžejní a velmi precizní. Rozhodně je nelze nahradit vlastním terénním šetřením, ale vhodně je doplnit.

Nejvíce nehod se stalo na pozemních komunikacích 1. a 2. třídy, což je samozřejmě ovlivněno tím, že komunikací tohoto druhu je v ČR nejvíce (tab. 5). Celková délka silnic a dálnic v ČR je necelých 56 000 km z toho dálnice mají 1250 km, silnice 1. třídy 5811 km, silnice 2. třídy 14587 km, silnice 3. třídy 34130 km (www.rsd.cz).

Tabulka č. 5 – Počet střetů (2010 - 2016) přepočteno na 1 km celkové délky komunikací (vlastní výpočet)

Druh pozemní komunikace	Počet střetů se zvěří	Délka pozemní komunikace (km)	Počet střetů na 1 km
Dálnice	3557	1250	2,8
1. třídy	22676	5811	3,9
2. třídy	19967	14587	1,3
3. třídy	14473	34130	0,42

Kušta (2011) uvádí, že střety zvěře s motorovými vozidly nejčastěji ovlivňuje čas události a měsíc, ve kterém ke střetu došlo. Uvádí, že nejčastěji docházelo

k nehodám kolem 22:00 hod. a druhá vlna srážek nastávala kolem 6:00 hod. ranní. Dále uvádí, že nejčastěji docházelo ke střetům v měsíci dubnu a květnu a další měsíc v pořadí byl prosinec. Z výsledků z celé ČR, které jsem zpracoval lze s tímto tvrzením souhlasit. Naopak z výsledků okresu Praha východ (Šmíd et Pecharova 2013) se tyto údaje rozcházejí, jelikož např. v roce 2008 bylo nejvíce srážek v měsíci květnu a následoval měsíc listopad, v roce 2009 bylo nejvíce nehod v měsíci květnu a následoval měsíc říjen.

Nejvíce nehod se dle mnou vyhodnocených údajů stalo **v noci, bez veřejného osvětlení a viditelnost nebyla nijak ovlivněna povětrnostními podmínkami**. Překvapující je zjištěný údaj, že velmi vysoký počet nehod se stal ve dne, kdy viditelnost také nebyla nijak ovlivněna povětrnostními podmínkami. Obdobné výsledky pro střední Evropu uvádí Hothorn et al. (2012).

Důvody mohou být nejen nižší denní intenzity dopravy, ale také horší jízdní podmínky a méně sjízdných silnic v zimním období, kdy se vozidla pohybují pomaleji (to platí zejména pro první, druhé a třetí třídy silnic a ostatních silnic). Nicméně jiní autoři tvrdí, že dochází k mírnému zvýšení výskytu kolizí se zvířaty právě v zimním období, například ve Švédsku (Wahlström a Liberg, 1995).

7. SEZNAM LITERATURY

- Aanen, P. (1991):** Nature engineering and civil engineering works. – Pudoc Wageningen, Wageningen, Netherlands.
- Aberg, J., Swenson, J. E., Andrén, H. (2000):** The dynamics of hazel grouse (*Bonasa bonasia*) occurrence in habitat fragments. - Canadian Journal of Zoology 2000, 78, 352-358.
- Ahern, J. (2013).** Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. Landscape Ecology, 28(6), 1203-1212.
- Alexander, S.M., Waters, N.M. (2000):** The effects of highway transportation corridors on wildlife: a case study of Banff National Park. Transportation Research Part C. – Emerging Technologies 8(1-6), 2000: 307-320.
- Ambroziak T., Jacyna M., Gołębowski P., Wasiak M., Żak J. (2013):** Wpływ rozłożenia potoku ruchu w sieci transportowej na poziom emisji CO₂ przez środki transportu, Prace Naukowe Transport, z. 97, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Anděl, P., Belková, H., Gorčicová, I., Hlaváč, v., Libosvár, T., Rozínek, R., Šikula, T., Vojar, J. (2011):** Průchodnost silnic a dálnic pro volně žijící živočichy. – Evernia, Liberec.
- Anděl, P., Hlaváč, V., Lenner, R. (2006):** Migrační objekty pro zajištění průchodnosti dálnic a silnic pro volně žijící živočichy, 2006 - TP 180. – EVERNIA, Liberec.
- Anděl, P. (2013):** Landscape Fragmentation Caused by Traffic and its Impact on Wildlife Migration. Životné prostredie, 2013, 47, 2. 90 – 94.
- Apollonio, M., Belkin, V. V., Borkowski, J., Borodin, O. I., Borowik, T., Cagnacci, Aleksey, F. Danilkin, A., Peter I. Danilov, Faybich, A., Ferretti, F., Gaillard, J.M., Hayward, M., Heshtaut, P., Heurich. M., Hurynovich, A. (2017).** Challenges and science-based implications for modern management and conservation of European ungulate populations. Mammal Research, 62(3), 209-217.

- Arpacik, A., Sari, A., Gundogdu, E., Baskaya, S. (2016):** Effects of roads on wild-life in Azdavay/Kartdag Wildlife reserve area. Forest Engineering and Technologies FETEC 2016.
- Ascenao, F., Lucas, S. P., Costa, A., Bager, A. (2017):** The effect of roads on edge permeability and movement patterns for small mammals: a case study with Montane Akodont. Landscape Ecology, 1-10.
- Ascenao, F., Clevenger, A., Santos-Reis, m., Urbano, P., Jackson, N. (2013):** Wildlife–vehicle collision mitigation: Is partial fencing the answer? An agent-based model approach. Ecological Modelling, 2013, 257: 36-43.
- Ashwini A., Pratik D., Sneha T., Aditya B., Mohan P. (2016):** "A comparative study and analysis of approaches towards agricultural supervision", Global Trends in Signal Processing Information Computing and Communication (ICGTSPIC) 2016 International Conference on, 510-515.
- Backs, J. A. J., Nychka, J. A., Clair, C. S. (2017).** Warning systems triggered by trains could reduce collisions with wildlife. Ecological Engineering, 106, 563-569.
- Baofa, Y., Huyin, H., Yili, Z., Le, Z., Wanhong, W. (2006):** Influence of the Qinghai- Tibetan railway and highway on the activities of wild animals. - Acta Ecologica Sinica 26 (12), 2006: 3917-3923.
- Bendtsen, H. (2009).** Noise Barrier Design: Danish and Some European Examples (No. UCPRC-RP-2010-04).
- Bennett, V. J. (2017).** Effects of Road Density and Pattern on the Conservation of Species and Biodiversity. Current Landscape Ecology Reports, 2(1), 1-11.
- Bischof, R., Steyaert, Sam M.J.G., Kindberg, J. (2016):** Caught in the mesh: roads and their network scale impediment to animal movement. Ecography, 40: 1369-1380.
- Borda-de-Água, L., Grilo, C., Pereira, H. M. (2014):** Modeling the impact of road mortality on barn owl (*Tyto alba*) populations using age-structured models. Ecological Modelling, 2014, 276: 29-37.
- Candrea-Grigoras, A., Silvicultură, R., (2015):** Determining the technical conditions for placing the ecoducts at the junction between the ecological corridors and the major infrastructure. Revista de Silvicultură și Cinegetică, 2015, 20.36: 130-132.

- Carbaugh, B., Vaughan, J.P., Bellis, E.D., Graves, H.B. (1975):** Distribution and activity of white-tailed deer along an interstate highway. - *Journal of Wildlife Management* 39/1975: 570-581.
- Clement C., Asim M. (2015):** Real-time small obstacle detection on highways using compressive RBM road reconstruction, *Intelligent Vehicles Symposium (IV) 2015 IEEE*, 162-167.
- Clevenger, A.P., Waltho, N. (2015):** Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. - *Biological Conservation* 121 (3), 453-464.
- Crooks, K. R., Burdett, C. L., Theobald, D. M., King, S. R., Di Marco, M., Rondinini, C., Boitani, L. (2017).** Quantification of habitat fragmentation reveals extinction risk in terrestrial mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(29), 7635-7640.
- Červený, J., Bufka, L., Suk, M., Šustr, P., Bělková, M. (2007):** Prostorová aktivita srnce obecného (*Capreolus capreolus*) na Šumavě. – In: Bryja J., Zukal J. (eds.); *Zoologické dny Brno 2007, Sborník abstraktů z konference*, 161-162.
- Desai T. B. (2012):** Impact of urbanization on avenue trees and its role in carbon sequestration: a case study in Kolhapur city. *International journal of environmental sciences.*, 3(1), 481-486.
- DeVault, T. L., Seamans, T. W., Blackwell, B. F., Lima, S. L., Martinez, M. A., Fernández Juricic, E. (2017).** Can experience reduce collisions between birds and vehicles?. *Journal of Zoology*, 301(1), 17-22.
- Dewan, A. M., Yashushi Y., Md Ziaur R. (2012):** Dynamics of land use/cover changes and the analysis of landscape fragmentation *GeoJournal* 77.3, 315-330.
- Divíšek, J. Chytrý, M., Grupáč, V., Poláková, L. (2014):** Landscape classification of the Czech Republic based on the distribution of natural habitats. *Preslia*, 86: 209-231.
- Dufek, J., Adamec, V., Hlaváč, V. (2000):** Fragmentace lokalit způsobená dopravní infrastrukturou – současný stav v České republice, Brno.
- Edelhoff, H., Fickel, J., Epps, C., Zachos, F. E., Balkenhol, N. (2016).** Effects of landscape fragmentation on genetic diversity and population structure of Red

deer (*Cervus elaphus*) in Northern Germany. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, 81, 5.

Estreguil, Ch., Caudullo, G., Rigo, de R., Miguel, J. S., (2013): Forest landscape in Europe: pattern, fragmentation and connectivity. EUR Scientific and Technical Research, Executive report.

Fahrig, L., Merriam, G. (1994): Conservation of fragmented populations. – *Conservation Biology*, 8. 50-59.

Find'o, S., Škubán, M., Koreň, M. (2007): Brown bear corridors in Slovakia. – Carpathian Wildlife Society, Zvolen, Slovakia.

Forman, R.T.T., Collinge, S.K. (1997): Nature conserved in changing landscapes with and without spatial planning. - *Landscape and Urban Planning* 37, 129-135.

Frantál, B., Kunc, J., Nováková, E., Klusáček, J., Martinát, S., Osman, R. (2013): Location matters! Exploring brownfields regeneration in a spatial context (a case study of the South Moravian Region, Czech Republic). *Moravian Geographical Reports*, 21(2): 5-19.

Freitas, S. R. D., Oliveira, A. N. D., Ciocheti, G., Vieira, M. V., Matos, D. M. D. S. (2015). How landscape patterns influence road-kill of three species of mammals in the Brazilian Savanna. *Oecologia Australis*, 18. 35-45.

Garrah, E., Danby, R. K., Eberhardt, E., Cunnington, G. M., Mitchell, S. (2015). Hot spots and hot times: wildlife road mortality in a regional conservation corridor. *Environmental management*, 56(4), 874-889.

Garrett, L.C., Conway, G.A. (1999): Characteristics of Moose-vehicle Collisions in Anchorage, Alaska, 1991–1995. - *Journal of Safety Research* 30(4), 219-223.

Gdulová, K. (2007): Assessment of selected measuring techniques associated with landscape fragmentation and heterogeneity, FŽP ČZU v Praze. Manuskript.

Gorčicová, I. (2011): Průchodnost silnic a dálnic pro volně žijící živočichy, EVERNIA s.r.o.

Grenier, P. (1973): Moose killed on the highway in the Laurentides Park Quebec, 1962 to 1972. - *Proceedings of the North American Moose Conference and Workshop* 9, 155-193.

Groot, B., Hazebroek, E. (1996): Ungulate Traffic Collisions in Europe. – *Conservation Biology* 10(4), 1059-1067.

- Gurrutzaga, M., Saura, S. (2014).** Prioritizing highway defragmentation locations for restoring landscape connectivity. *Environmental conservation*, 41(2), 157-164.
- Hauer, S., Ansorge, H., Zinke, O. (2002):** Mortality patterns of otters (*Lutra lutra*) from eastern Germany. *Journal of Zoology*, 256(3), 361-368.
- Hlaváč, V. (2013):** Migrations of Large Mammals in Cultural Landscapes of Central Europe. *Životné prostredie*, 47, 2, 95 – 97.
- Hlaváč, V., Poledník, L., Poledníková, K., Šíma, J., Větrovcová, J. (2017):** Vydra a doprava. Příručka k omezení negativního vlivu dopravy na vydru říční. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky a ALKA Wildlife, o.p.s.
- Huber, D., Kusak, J. (2006):** Green bridges and other mitigation structures on highways in Croatia for large carnivores. - 1st European Conference in Conservation Biology 1, 2006: 22- 26.
- Hothorn, T., Muller, J. (2012):** Large- Scale Model-Based Assessment of Deer-Vehicle Collision Risk. *Plos ONE* 7(2): e29510, 0029510.
- 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*, 197, 61-68.
- Huijsler, M. P., Abra, F. D., Duffield, J. W. (2013):** Mammal road mortality and cost–benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in São Paulo State, Brazil. *Oecologia Australis*, 17.1: 129-146.
- Hussein H., Ahmed A., Mohammed H., Saeid N. (2016):** Semantic body parts segmentation for quadrupedal animals, *Systems Man and Cybernetics (SMC) 2016 IEEE International Conference on*, 855-860.
- Chapman, B. B., Brönmark, C., Nilsson, J. Å., Hansson, L. A. (2011).** The ecology and evolution of partial migration. *Oikos*, 120(12), 1764-1775.
- Chapron G., Kaczensky, P., Linnell, J. D., J. von Arx, M., Huber, D., Andrén, H., López-Bao, J.V. Adamec, M., Álvares, F., Anders, O., Balčiauskas,**

L., Balys, V., Bedó, P., Bego, F., Blanco, J.C., Breitenmoser, U., Brøseth, H., Bufka, L., Bunikyte, R., Ciucci, P., Dutsov, A., Engleder, T., Fuxjäger, C., Groff, C., Holmala, K., Hoxha, B., Iliopoulos, Y., Ionescu, O., Jeremić, J., Jerina, K., Kluth, G., Knauer, F., Kojola, I., Kos, I., Krofel, M., Kubala, J., Kunovac, S., Kusak, J., Kutal, M., Liberg, O., Majić, A., Männil, P., Manz, R., Marboutin, E., Marucco, F., Melovski, D., Mersini, K., Mertzanis, Y., Myslajek, R.W., Nowak, S., Odden, J., Ozolins, J., Palomero, G., Paunović, M., Persson, J., Potočnik, H., Quenette, P.Y., Rauer, G., Reinhardt, I., Rigg, R., Ryser, A., Salvatori, V., Skrbinšek, T., Stojanov, A., Swenson, J., Szemethy, L., Trajçe, A., Tsingarska-Sedefcheva, E., Váňa, M., Veeroja, R., Wabakken, P., Wöfl, M., Wöfl, S., Zimmermann, F., Zlatanova, D., Boitani, L. (2014): Recovery of large carnivores in Europe's modern human – dominated landscapes. *Science*, 1517-1519.

Ilgurel, N., Yugruk A., N., Agdag, A. (2016): Evaluation of noise exposure before and after noise barriers, a simulation study in Istanbul. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 24 (4): 293-302.

Jaeger, J. A. (2000). Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape ecology*, 15(2), 115-130.

Jaeger, J. A., Madriñán, L., F. (2011): Landscape fragmentation in Europe. Joint EEA-FOEN report. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Jandacka, D., Durcanska, D. (2016): The effect of distance and noise barrier at the dispersion of pollutants in the vicinity of roads. In: *Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies II*. CRC Press, 441-446.

Jones, D. N., Griffiths, M. R., Griffiths, J. R., Hacker, J. L. F., Hacker, J. B. (2014). Implications of upgrading a minor forest road on traffic and road-kill in southeast Queensland. *Australasian journal of environmental management*, 21(4), 429-440.

- Jurečka, M. (2017).** Prostupnost dálnice D1 pro savce v úseku Lipník nad Bečvou–Studénka. Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brno.
- Karlson, M., Mörtberg, U. (2015).** A spatial ecological assessment of fragmentation and disturbance effects of the Swedish road network. *Landscape and Urban Planning*, 134, 53-65.
- Kasalová, I. (2013):** Automobil: zvířata. Diplomová práce. Masarykova univerzita Přírodovědecká fakulta Brno.
- Keken, Z., Ježek, M., Kušta, T. (2011).** Vliv silnic a silniční dopravy na životní prostředí a definování plochy přímého impaktu. *Acta Pruhoniciana*, 183-188.
- Keller, V. (1999):** The use of wildlife overpasses by mammals: results from infrared video surveys in Switzerland, Germany, France, and the Netherlands. - In: Evink, G. L., Garrett, P., Zeigler, D. (Eds.); *Proceedings of the 5th Infra EcoNetwork Europe conference*, Budapest, Hungary, 283-284.
- Kociolek A.V., Clevenger A.P., St.Clair C.C., Proppe D.S. (2011):** Effects of Road Networks on Bird Population. *Conservation Biology* 25 (2): pp. 241-249.
- Konopka, J., Hell, P. (2001):** Monitoring vlivu výstavby dálnice na zver (In Slovak). - *Folia Venatoria* 30, 159-171.
- Kostečka, J., Prášil, M. (2015):** Požadavky na provedení a kvalitu plotů pro zabránění průniku zvěře a osob na dálnicích a silnicích ve správě Ředitelství silnic a dálnic ČR. PPK-PLO: 04/2015 on-line:
<https://www.rsd.cz/wps/portal/web/technicke-predpisy/PPK-a-dopravni-znaceni>.
- Kraft, S., Halas, M., Vančura, M. (2014):** The delimitation of urban hinterlands based on transport flows: a case study of regional capitals in the Czech Republic. *Moravian geographical reports*, 22 (1) 24-32.
- Kraft, S. (2012):** A transport classification of settlement centres in the Czech Republic using cluster analysis. *Moravian Geographical Reports*, 20 (3): 38-49.
- Křepelková, T. (2014):** Realizace územního systému ekologické stability a dopravní infrastruktura. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta.

- Kušta, T., Keken, Z., Barták, V., Holá, M., Ježek, M., Hart, T. V., Hanzal, V. (2014):** The mortality patterns of wildlife-vehicle collisions in the Czech Republic. *North-Western Journal of Zoology*, 10 (2): 393-399.
- Langbein, J., Pulman, R. (2005):** Deer Vehicle Collisions in Britain – A Nationwide Issue. - *Ecology and environmental management - In practice* 47, pp. 1-7.
- Li, X., Zhang, J., Yin, M. (2014).** Animal migration optimization: an optimization algorithm inspired by animal migration behavior. *Neural Computing and Applications*, 24(7-8), 1867-1877.
- Lima, S., Blackwell, B. F., DeVault, T. L., Fernández-Juricic, E. (2016):** Animal reactions to oncoming vehicles: a conceptual review. *Biological Reviews*, Recovery of large carnivores in Europe's modern human-dominated landscapes. *Science*, 346 1517-1519.
- Lima, S. L., Blackwell B. F., DeVault, T. L., Fernández-Juricic, E (2015):** Animal reactions to oncoming vehicles: a conceptual review. *Biological Reviews*, 90 (1), 60-76.
- Lorencová, E., Vačkář, D., Frélichová, J., Pártl, A., Hamáčková, Z., Loučková, B. (2013):** Past and future impacts of land use and climate change on agricultural ecosystem services in the Czech republic. *Land Use Policy*, 33: 183-194 .
- Ma, M., Luo, Q., Zhou, Y., Chen, X., Li, L. (2015):** An improved animal migration optimization algorithm for clustering analysis. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 5 (194792), 1-12.
- Martolos, J., Šikula, T., Libosvár, T., Anděl, P. (2014):** Optimization of Measures to Prevent Collisions of Animals and Road Traffic. *Transactions on Transport Sciences*, 7(4): 125-134.
- Matyáš, J. (2017):** Ochrana krajiny v právu. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Právnická fakulta, Katedra práva životního prostředí.
- Mehrtash, S. (2016):** Evaluating the performance of W-beam guardrail roadside safety barrier systems/Mehrtash Soltani. PhD Thesis. University of Malaya.
- Mimra, M., Sklenička, P. (1994):** Význam koncepce metapopulace pro navrhování USES. *Ochrana přírody* 9, 269 - 271.

- Müller, S., Berthould, G. (1997):** Fauna / Traffic safety. – Manual for civil Engineers, LAVOC – EPFL, Lausanne, Switzerland.
- Novosák, J., Hájek, O., Nekolová, J., Bednář, P. (2013):** The spatial pattern of brownfields and characteristics of redeveloped sites in the Ostrava metropolitan area (Czech Republic). *Moravian Geographical Reports*, 21 (2), 36-45.
- Nycz, D., B. (2016):** Influence of impact angle and humidity on TB11 virtual cash tests for SP-05/2 Road safety barrier. *The Archives of Automotive Engineering–Archiwum Motoryzacji* 73 (3), 71 – 88.
- O'Shea, T., Cryan, P. M., Haman, D. S. T., Plowright, R. K., Streicker, D. G. (2016):** Multiple mortality events in bats: a global review. *Mammal Review*. 46(3), 175-190.
- Ovaskainen, O. (2013):** How to develop the nature conservation strategies for The Netherlands? *De Levende Natuur*, 114(2), 59-62.
- Panzacchi, M., Van Moorter, B., Strand, O., Saerens, M., Kivimäki, I., St Clair, C. C., Herfindal, I., Boitani, L. (2016):** Predicting the continuum between corridors and barriers to animal movements using step selection functions and randomized shortest paths. *Journal of Animal Ecology*, 85(1), 32-42.
- Peek, F.W., Bellis, E.D. (1969):** Deer movements and behavior along an interstate highway. *Highway Research News* 36, 36-42.
- Petrovici, A. M., Cueto, J. L., Gey, R., Nedeff, F., Hernandez, R., Tomozei, C. (2016):** Optimization of some alternatives to noise barriers as noise mitigation measures on major roads in Europe. Case study of a highway in Spain. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 15 (7). 1617-1628.
- Poledník, L., Poledníková, K., Beran, V., Čamlík, G., Zápotočný, Š., Kranz, A. (2009):** Program péče pro vydru říční (*Lutra lutra*) v České republice v letech 2009-2018. AOPK ČR. Praha.
- Prach, K., Řehouňková, K., Lencová, K., Jírová, A., Konvalinková, P., Mudrák, O., Študent, V., Vaněček, Z., Tichý, L., Petřík, P., Šmilauer, P. Pyšek, P. (2014):** Vegetation succession in restoration of disturbed sites in Central Europe: the direction of succession and species richness across 19 seres. *Appl Veg Sci*, 17: 193–200.

- Prestanburgo, S., Premru, T., Secondo, G. (2016):** Urban Environment and Nature. A Methodological Proposal for Spaces' Reconnection in an Ecosystem Function. *Sustainability*, 8(4), 407.
- Rathey, T.E., Turner, N.E. (1991):** Vehicle-moose accidents in Newfoundland. – *The Journal of Bone and Joint Surgery* 73, 1487-1491.
- Rico, A., Kindlmann, P., Sedlacek, F. (2007):** Barrier effects of roads on movements of small mammals. - *Folia Zoologica* 56 (1), 1-12.
- Rivrud, I. M., Bischof, R., Meisingset, E. L., Zimmermann, B., Loe, L. E., Mysterud, A. (2016).** Leave before it's too late: anthropogenic and environmental triggers of autumn migration in a hunted ungulate population. *Ecology*, 97(4), 1058-1068.
- Rogala, J., Hebblewhite, M., Whittington, J., White, C., Coleshill, J., Musiani, M. (2011).** Human activity differentially redistributes large mammals in the Canadian Rockies National Parks. *Ecology and Society*, 16 (3), 16.
- Rytwinski, T., Fahrig, L. (2013):** Why are some animal populations unaffected or positively affected by roads? *Oecologia*, 173 (3), 1143-1156.
- Rytwinski, T., Soanes, K., Jaeger, J. A., Fahrig, L., Findlay, C. S., Houlahan, J., van der Ree, R., van der Grift, E. A. (2016).** How effective is road mitigation at reducing road-kill? A meta-analysis. *PLoS one*, 11(11), e0166941.
- Saeki, M., Macdonald, D.W. (2004):** The effects of traffic on the raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides viverrinus*) and other mammals in Japan. - *Biological Conservation* 118(5),. 559-571.
- Sari, A., Arpacik, A., Gundogdu, E., Baskaya, (2016):** Effects of green road on wildlife in eastern karadeniz mountains. *Forest Engineering and Technologies FETEC* 191.
- Saunders, D.A., Hobbs, R.J. (1991):** From implications to applications: the dispersal corridor principle applied to the conservation of biological diversity. - *Nature Conservation* 2, 189-220.
- Sawyer, H., Rodgers, P. A., Hart, T. (2016).** Pronghorn and mule deer use of underpasses and overpasses along US Highway 191. *Wildlife Society Bulletin*, 40(2), 211-216.
- Seiler, A. (2004):** Trends and spatial patterns in ungulate vehicle collisions in Sweden. – *Wildlife biology* 10, 301-313.

- Shinoda, T. (2003):** Road-killed animals in Japanese expressway. - Habitat Fragmentation due to Transport Infrastructure – International Conference on Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure and Presentation of COST action 341. IENE, 26-27.
- Shoemaker, K. T., Lacy, R. C., Verant, M. L., Brook, B. W., Livieri, T. M., Miller, P. S., Fordham, D. A. and Resit Akçakaya, H. (2014):** Effects of prey metapopulation structure on the viability of black-footed ferrets in plague-impacted landscapes: a metamodelling approach. *Journal of applied ecology*, 51(3), 735-745.
- Schlacher, T. A., Weston, M. A., Lynn, D., Connolly, M. (2013):** Setback distances as a conservation tool in wildlife-human interactions: testing their efficacy for birds affected by vehicles on open-coast sandy beaches. *PloS one*, 8 (9), e71200.
- Sielecki, L. E. (2000):** WARS Wildlife accident reporting system 1999 annual report (1995 - 1999 Synopsis). – Environmental Management Section, Engineering Branch, B.C. Ministry of Transportation and Highways, Victoria B.C.
- Sklenička, P., Janovska, V., Salek, M., Vlasak, J., Molnarova, K. (2014):** The Farmland Rental Paradox: extreme land ownership fragmentation as a new form of land degradation. *Land use Policy*, 38: 587-593.
- Sklenička, P. (2003):** Základy krajinného plánování. - Nakladatelství Naděžda Skleničková, Praha.
- Skokanová, H., Havlíček, M., Bokovec, R., Demek, J., Ereimiášová, R., Chudina, Z., Mackovčín, P., Rysková, R., Slavík, P., Stránská, T., Svoboda, J. (2012):** Development of land use and main land use change processes in the period 1836–2006: case study in the Czech Republic. *Journal of maps*, 8(1), 88-96.
- Smid, P., Pecharova, E. (2013):** Analysis of the potential causes and prevention of conflicts of motor vehicles with the game in the district of Prague-East. 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference and EXPO, SGEM 2013; Albena; Bulgaria; 16 June 2013 through 22 June 2013; Vol. 1, 63-70.
- Stejskal, J. (2005):** Věžni mezi dálnicemi – jak je fragmentována krajina ČR?. *Ekolist.*, 2005 [on line]: [cit 25.09.2013]
<http://ekolist.cz/zpravodajstvi/zpravy/vezni-mezi-dalnicemi>

- Swenson, J. E., Angelstam, P. (1993):** Habitat separation by sympatric forest grouse in Fennoscandia in relation to boreal forest succession. - Canadian Journal of Zoology 71, 1303 -1310.
- Swenson, J. E., Gerstl, N., Dahle, B., Zedrosser, A. (2000):** Action plan for the conservation of the brown bear in Europe (*Ursus arctos*). - Nature and environment, Council of Europe Publishing, No. 114., Strasbourg, France.
- Šafránek, J. (2000):** Ptáci kolem nás. Čtvrtletník pro ornitology, ochránce přírody a milovníky ptactva. Moravský ornitologický spolek, Přerov.
- Šlajer, D. (2016):** Zhodnocení účinnosti zábran proti zvěři na pozemních komunikacích. Diplomová práce. ČVUT Praha. "
- Štambergová, B. (2017):** Prostupnost krajiny v kontextu její fragmentace dopravní infrastrukturou a sub/urbánní výstavbou. Diplomová práce. Univerzita Karlova Praha, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie.
- Šťovíčková, K. (2017):** Hodnocení fragmentace krajiny ve vztahu k dálkovým migracím. Diplomová práce. Univerzita Karlova Praha, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie.
- Šustr, P., Jirsa, A. (2007):** Prostorová aktivita a využití prostředí jelena lesního (*Cervus elaphus*) na Šumavě. In: Bryja J., Zukal J. (Eds.); Zoologické dny Brno 2007, Sborník abstraktů z konference, 201 – 202.
- Tkadlec, E., Heroldova, M., Víšková, V., Zejda, J. (2012):** Distribution of the common hamster in the Czech Republic after 2000: retreating to optimum lowland habitats. Folia Zoologica, 61 (3/4), 246 - 253.
- Trombulak, S. C. (2003):** An integrative model for landscape-scale conservation in the twenty-first century. In: B. A. Minter, Manning, R. E. (Eds.), Reconstructing Conservation. Washington: Island Press Reconstructing conservation. Washington: Island Press. 263-276.
- Trpák, P., Figala, J., Trpáková, I., Urban, V., Urbanová, M. (1996):** Vyhodnocení historických dat o vývoji území. Report VaV/610/3/1996 – Územní souvislosti péče o krajinu, PPŽP/150/3/96/.
- Trpák, P., Trpáková, I. (2001):** Listy z paměti krajiny. In: Sborník Krajínovotvorné programy. Příbram, 2001. 165 – 170.

- Trpák, P., Trpáková, I. (2002):** Stabilní katastr ekologická interpretace daňových podkladů. In Sborník Tvář naší země – krajiny domova. Krajina jako politikum (4). Studio JB, 89 – 104.
- Vajnar, T. (2017):** Obojživelníci - význam pro člověka a jejich využití v pedagogické praxi. Bakalářská práce. Univerzita Karlova Praha, Pedagogická fakulta, Katedra biologie a environmentálních studií.
- Van der Ree, R., Smith, D. J., Grilo, C. (2015).** The Ecological Effects of Linear Infrastructure and Traffic. In: Van der Ree, R., Smith, D. J., Grilo, C. (2015) Handbook of Road Ecology. 1-9.
- Vlková, K. (2017):** Hodnocení fragmentace krajiny Západních Karpat ve vztahu k výskytu velkých šelem. Diplomová práce. Univerzita Karlova Praha, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie.
- Wang Y., Guan L., Piao Z., Wang Z., Kong Y. (2017):** Monitoring wildlife crossing structures along highways in Changbai Mountain, China Transportation Research Part D: Transport and Environment, 50, 119 – 128.
- Wahlstrom, L. K., Liberg, O., (1995):** Patterns of dispersal and seasonal migration in roe deer (*Capreolus capreolus*). Journal of Zoology, 235(3), 455 - 467.
- Zikeš, P. (2002):** Problém průchodnosti dálničních a rychlostních komunikací pro volně žijící živočichy, Diplomová práce. Dopravní fakulta Jana Pernera v Pardubicích.
- Zimmermann T. F., Kindel, A., Hartz, S. M., Mitchell, S., Fahrig, L. (2017).** When road-kill hotspots do not indicate the best sites for road-kill mitigation. Journal of Applied Ecology. 54, 1544–1551.

Internetové odkazy:

www.ceska-republika.cz, cit. 2015 - 2017

www.zemepis.com, cit. 2015 - 2017

www.tpcasi.cz, cit. 2015 - 2017

Ministerstvo životního prostředí [on-line]

http://www.mzp.cz/cz/fragmentace_krajiny, cit. 2015 - 2017

<http://www.ceskedalnice.cz/odborne-info/intenzity-dopravy/>, cit. 2015 - 2017

www.mdcr.cz, cit. 2015 – 2017

https://liberec.idnes.cz/zaby-hynou-auta-prechody-silnice-d44-/liberec-zpravy.aspx?c=A160405_2237060_liberec-zpravy_pro [cit 24.11.2017]

<http://www.azznacky.cz/ceniky> [cit 24.11.2017]

<http://www.verejna-soutez.cz/branch/oploceni/d1-modernizace-%C3%BAsek-09-exit-66-loket-exit-75-ho%C5%99ice-oplocen%C3%AD-stavby?searchProfileId=977&user=&token=&uuid=7a8baa7e-e991-11e5-ae8-002655ffd6c8> [cit.29.11.2017]

Zákony:

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

zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny ve znění pozdějších předpisů

Jiné zdroje:

Policie České republiky, Policejní prezidium ČR 2017

Kooperativa a.s. – pojišťovna 2017

Statistická ročenka Ministerstvo dopravy

8. VAV ČINNOST

8.4. Publikace s IF (Publikované/Přijaté)

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*, 91, 105-113.

Šmíd, P., Pecharová, E., Škodová-Parmová, D. (2018): Collisions of Animals With Road Vehicles in Traffic in the Czech Republic in Connection with Tourism – Analyses of Causes and Prevention. *DETUROPE 1/2018* in prep.

8.5. Publikace bez IF (Scopus)

Šmíd, P., Pecharová, E.: Analysis of the potential cause and prevention of conflicts of motor vehicles with the game in the district of Prague – East. In: 13th. SGEM Geo Conference on Ecology, Economics, Education And Legislation 16.06.2013, Albena, Bulgaria. STEF92 Technology, 63-70.

Keken, Z., **Šmíd, P.**, Šebková, M., Berchová, K.: Analysis of commercial suburbanisation developments in the vicinity of motorway in the south Moravian region (Czech republic). In: 13th SGEM GeoConference on Ecology, Economics, Education And Legislation 16.06.2013, Albena, Bulgaria, 21-32.

Šmíd, P., Vykouk, M., Pecharová, E., Faltová, K.: The cause analysis and collisions prevention of the wildlife with motor vehicles the eastern part of the central region district of the Czech republic. In: International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 19.06.2014, Albena Bulgaria. 673-680.

Vykouk, M., **Šmíd, P.**, Pecharová, E.: Determination of the age of lime in Makovice (Czech republic). In: International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 19.06.2014, Albena Bulgaria. 189-194.

8.6. Soubor prací (Kostelecké Barborky)

Šmíd, P.: Analýza možných příčin a prevence střetu motorových vozidel se zvěří v okrese Praha – východ. In: Maršálek, M., Tesařová, B., Pecharová, E. Náhledy do aplikované ekologie: sborník odborných a vědeckých prací studentů DSP, Kostecké Barborky 2012. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o. 149–162.

9. PEDAGOGICKÁ ČINNOST

9.1. Bakalářské práce – vedené, oponované

Vedené:

1. Karolína Faltová (FŽP B-IE-BEKOL): Analýza a prevence střetů motorových vozidel se zvěří v oblasti východní části Středočeského kraje.
 2. Petra Hubálková (FŽP B-KRAJ-DUTSS2) Vliv environmentálních faktorů na střety zvěře s motorovými vozidly na pozemních komunikacích v Moravskoslezském kraji.
 3. Tereza Maršálková (FŽP B-KRAJ-UTSS): Analýza a prevence střetů zvěře s motorovými vozidly na území ČR.
 4. Petr Matějka (FŽP B-KRAJ-DUTSS)
Studie aktuálního pohybu zvěře na vybraných částech železniční tratě Liberec-Mladá Boleslav.
- Tomáš Pešek (FŽP B-KRAJ-DUTSS3)
Vliv environmentálních faktorů na střety zvěře s motorovými vozidly na pozemních komunikacích v Severočeském kraji.
 - Milan Přígrofský (FŽP B-KRAJ-DUTSS4)
Vliv environmentálních faktorů na střety zvěře s motorovými vozidly na pozemních komunikacích v Západočeském kraji.
 - Radek Rösner (FŽP B-KRAJ-DUTSS2)
Funkce a využití ekoduktů v ČR.
 - Miloslava Slámová (FŽP B-KRAJ-DUTSS4)
Studie aktuálního pohybu zvěře na vybraných částech železniční tratě Příbram – Zdice.

Oponované:

- Jana Bělinová (FŽP B-KRAJ-UTSS)
Monitoring invazivních druhů rostlin na Karlovarsku.
- Petra Čížková (FŽP B-KRAJ-DUTSS4)
Analýza možností cestovního ruchu lokality Brdy a návrhy jeho šetrného rozvoje k životnímu prostředí.
- Tomáš Čtvrtečka (FŽP B-KRAJ-DUTSS2)
Monitoring invazivních druhů rostlin na Kopistské výsypce (Most).
- Jana Doubravová (FŽP B-KRAJ-DUTSS2)
Památné a významné stromy vybrané části okresu Ústí nad Labem.
- Roman Friedrich (FŽP B-KRAJ-DUTSS2)
Černé skládky v nivě řeky Bílina (část Most-Teplice).

- Radka Hepnarová (FŽP B-KRAJ-UTSS)
Analýza vlivů cestovního ruchu na území CHKO Broumovsko.
- Milan Jurik (FŽP B-KRAJ-DUTSS3)
Vývoj hlubinného dobývání na dolu Marie v Královském Poříčí u Sokolova.
- Albert Kymla (FŽP B-KRAJ-DUTSS)
Ptačí chřipka v ČR a její hospodářské důsledky.
- David Moravec (FŽP B-KRAJ-UTSS)
Analýza vlivů cestovního ruchu na území CHKO Orlické hory z hlediska ochrany přírody a krajiny a návrhy šetrného rozvoje.
- Karolína Perglerová (FŽP B-KRAJ-UTSS)
Analýza vlivů cestovního ruchu na území CHKO Český kras z hlediska ochrany přírody a krajiny a návrhy udržitelného rozvoje.
- David Petržílek (FŽP B-KRAJ-DUTSS)
Analýza vlivů cestovního ruchu na území CHKO Kokořínsko z hlediska ochrany přírody a krajiny a návrhy šetrného rozvoje.
- Martina Zahradníková (FŽP B-KRAJ-UTSS)
Analýza vlivů cestovního ruchu na území CHKO Český ráj z hlediska ochrany přírody a krajiny a návrhy šetrného rozvoje.

9.2. Výuka

- LS 2015/2016 ZUZ04E – Ekologické aplikace v krajině – cvičící, přednášející,
LS 2016/2017 ZUZ71E – Ekologické aplikace v krajině – cvičící, přednášející,
LS 2016/2017 ZUA01E - Ekologické aplikace v krajině AMBO, AMBU (V) –
cvičící
LS 2016/2017 ZUZ71E – Ekologické aplikace v krajině (V) – cvičící, přednáše-
jící

10. SEZNAM VYBRANÝCH AUTORSKÝCH VÝSTUPŮ



The effect of traffic intensity and animal activity on probability of ungulate-vehicle collisions in the Czech Republic



Tomáš Kušta^{a,*}, Zdeněk Keken^b, Miloš Ježek^a, Michaela Holá^a, Petr Šmíd^b

^a Department of Game Management and Wildlife Biology, Faculty of Forestry and Wood Sciences, Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6, Suchbát, Czech Republic

^b Department of Applied Ecology, Faculty of Environmental Sciences, Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6, Suchbát, Czech Republic

ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 January 2016
Received in revised form 28 July 2016
Accepted 1 August 2016
Available online 9 August 2016

Keywords:

UVCs
Ungulate
Traffic mortality
Locomotory
GPS telemetry
Empirical data

ABSTRACT

Traffic infrastructure and its traffic flows has rapidly developed in recent decades. This development brings benefits to society, but on the other hand has many negative impacts on the environment. Among the most significant impacts of road traffic is direct mortality of free-ranging animals due to vehicle collisions.

The main aim of this study was to compare the significance of traffic intensity fluctuation and ungulate behavioural patterns with the probability of ungulate-vehicle collisions (UVCs) occurrence in the Czech Republic. Our research question was whether the probability of UVC occurrence is influenced mainly by vehicle traffic related factors (traffic intensity, road types) or by ungulate locomotory activity.

We used information on UVCs from 2011 to 2013. We used Spearman's rank ρ correlation coefficients to examine relationships between UVCs and traffic intensity fluctuation, and between UVCs and the locomotory activity of red deer and wild boar during 24-h cycles in respective months.

The results indicate that the traffic intensity is not always the main factor causing the UVCs. A thorough analysis of our data showed that the main peaks of UVCs occur at time when animals have the highest locomotory activity. Our study proves high negative correlation between traffic intensity fluctuation and UVCs on motorways and expressways, which means ungulates tend to avoid crossing roads at peak traffic intensity. Next our study clearly shows that locomotory activity of ungulates is a more important factor in probability of UVC incidence than traffic intensity in the case of first-, second-, third-class roads and other roads.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Road network and vehicle traffic are a significant environmental burden causing loss of biodiversity and threatening public health all over the world (Rhodes et al., 2014; Roger et al., 2011; Trombulak and Frissell, 2000; Wei et al., 2014). Continuously expanding traffic infrastructure has a great impact on populations of free-ranging animals. In the Czech Republic, the total length of motorways is 751.2 km and expressways count for 460 km. The complete network of motorways and expressways is supposed to be almost doubled in the future (944 km of motorways and 1228 km of expressways) (Directorate of Roads and Motorways of the Czech Republic, 2014). Therefore, we can assume there will be increasing pressure on wildlife and the importance of UVCs in the field of conservation ecology.

Among the most negative effects of traffic infrastructure and its traffic flows are direct taking of land and transformation of natural biotopes (Fahrig and Rytwinski, 2009; Luell et al., 2003; Keken et al., 2013; Kušta et al., 2014a; Santos and Tabarelli, 2002; Trombulak and Frissell, 2000), fragmentation of natural biotopes (Dudaniec et al., 2013; Forman et al., 2003; Luell et al., 2003), migration impediment (Polak et al., 2014; Rodriguez-Morales et al., 2013; Steiner et al., 2014) and mortality resulting from road-kill (Ascensão et al., 2013; Benítez-López et al., 2010; Bli et al., 2013; Bissonette and Kassir, 2008; Gkritza et al., 2010; Luell et al., 2003; Kušta et al., 2014b; Langevelde and Jaarsma, 2004; Neumann et al., 2012; Polak et al., 2014).

Concerning the above, ungulate-vehicle collisions (UVCs) are currently being discussed intensively as these accidents often result not only in property damage, human injuries and casualties, but also in destroying populations of ungulates (Gkritza et al., 2010; Groot and Hazebrink, 1996). The occurrence of UVCs throughout the day and year is not random (Diaz-Varela et al., 2011; Lagos et al., 2012; Madsen et al., 2002; Rodriguez-Morales

* Corresponding author.
E-mail address: kuستا@fdz.czu.cz (T. Kušta).

et al., 2013). Its probability correlates with factors regarding the traffic flow on a road network such as traffic intensity, prevalent vehicle type - vehicle dimensions (width and length) (Jaarsma et al., 2006), driving speed (e.g. Díaz-Varela et al., 2011; Thurfjell et al., 2015) and ungulate behaviour and spatial activity (Clair and Forrest, 2009; Litvaitis and Tash, 2008; Mesingset et al., 2013; Steiner et al., 2014; Thurfjell et al., 2015).

Many species of free-ranging animals are killed on roads. However, it is UVCs that most studies deal with. As for the absolute number of collisions or animals killed, ungulates do not represent the biggest amount of the accidents. The main reason why there are so many studies dealing with UVCs is the result of collisions with these animals. An UVC usually leads to major property damage and it may result in human injury or casualty (Groot and Hazebroek, 1996).

In the Czech Republic, most accidents involve roe deer (*Capreolus capreolus*), red deer (*Cervus elaphus*) and wild boar (*Sus scrofa*) (Červený et al., 2013; Ministry of Agriculture of the Czech Republic, hereinafter: MACR, 2014; Mrtka and Borkovcová, 2013). These species have been proven to have circadian and seasonal behavioural patterns (Červený et al., 2013; Mesingset et al., 2013). Their activity is thus subject to a number of changes, which are influenced mainly by the season (Dingle and Drake, 2007; Jepsen and Topping, 2004), changes of vegetation and availability of food (Jarolimek et al., 2014), reproductive behaviour etc. (Cagnacci et al., 2011; Červený et al., 2013; Rodríguez-Morales et al., 2013). For instance, during cold winter periods with snow cover, they gather into groups with low spatial activity (Červený et al., 2013). These groups disperse in spring and summer (e.g. Groot and Hazebroek, 1996; Kusta et al., 2014a; Mateos-Quesada, 2005). Herbivorous ungulate circadian rhythms tend to be set by grazing cycles, during which animals are most active (Červený et al., 2013).

As a result of mainly human action, there has been a shift in free-ranging ungulate activity. The peak of the locomotory activity occurs at sunrise and sunset (Červený et al., 2013; Groot and Hazebroek, 1996; Häkkinen and Summala, 2001; Mateos-Quesada, 2005; Steiner et al., 2014; Thurfjell et al., 2015). These behavioural patterns of free-ranging ungulates may cause regularity and cyclicity of UVC occurrence; collisions are most frequent in spring and summer (e.g. Groot and Hazebroek, 1996; Mateos-Quesada, 2005) or during sunrise and sunset (Rodríguez-Morales et al., 2013; Steiner et al., 2014), which may be related to social behaviour of free-ranging ungulates.

Another important factor which is considered a cause of UVCs is traffic intensity level. Most studies only define general traffic intensity, but just a few take into account its fluctuation during a season or 24 h (e.g. Díaz-Varela et al., 2011; Seiler, 2004; Thurfjell et al., 2015). Furthermore, many studies dealing with the relation of traffic intensity fluctuation to UVCs significantly contradict one another. Therefore the impact of traffic intensity fluctuation on UVCs has not yet been fully clarified (Bissonette and Kassar, 2008; Gagnon et al., 2007).

The main objective of this study is to compare the significance of traffic intensity fluctuation and ungulates behavioural patterns with the probability of UVC occurrence in the Czech Republic. Our research question is whether the probability of UVC occurrence is influenced mainly by vehicle traffic related factors (traffic intensity, road types) or by ungulate locomotory activity.

2. Materials and methods

2.1. Study area

Our study was conducted in the Czech Republic, which is a landlocked country with an area of 78,867 km², population of

10,512,400 inhabitants, and population density of 133 inhabitants/km² (Czech Statistical Office, hereinafter: CSO, 2014). The climate is moderate, transitory between continental and oceanic. The largest part of the territory is covered by arable lands (38%). Forests account for 34% of the territory, other agricultural plots (e.g. permanent grassland) for 15%, built-up and other areas for 11% and water surface covers 2% (CSO, 2014).

According to the Road and Motorway Directorate of the Czech Republic (2014), the total length of road infrastructure in the Czech Republic is 55,757 km. The motorway density is 9.81 km/1000 km².

2.2. Data collection

2.2.1. Wildlife-vehicle collision

We used information on wildlife-vehicle collisions in the Czech Republic compiled by the Traffic Police of the Czech Republic during 2011–2013 (Police of the Czech Republic, 2014). The data collected for each collision included the date, time, and the exact GPS position. However, the animal species involved is not recorded by the police. The data from the Traffic Police are not records of all wildlife-vehicle collisions in the Czech Republic, but only records of such accidents in which the character of the accident led to the requirement for a police officer to have visited the scene of an accident (death of persons, injury of persons, total damage exceeding 100,000 CZK or damage caused to a third party).

We assumed that the data represent collisions mainly with roe deer, red deer, and wild boar. These are the most numerous ungulate species in the Czech Republic and they are also subject to hunting; in 2014, 100,395 roe deer, 169,484 wild boars and 23,378 red deer were shot (MACR, 2014).

We used the following road categories for the purpose of this study: (i) Motorways and expressways, (ii) First-class roads, (iii) Second-class roads, Third-class roads and other roads (Fig. 1). A motorway is a road communication designed for fast-moving, long-distance and international traffic by road motor vehicles, and it is constructed without crossings at grade, with separated points allowing the link-up with entry and exit and with separated direction driving lanes. An expressway is a road with limited access, constructed for fast-moving traffic, and has similar technical equipment as the motorway. First-class roads are designed especially for long-distance and international traffic. Second-class roads are designed for traffic between districts. Third-class roads and other roads are designed for linking communities with one another or for their linking to other road communications (Fig. 1).

Traffic intensity information for respective roads was based on methodology by Bartoš and Martolós (2012), the authors of the guidelines for estimating road traffic intensity. The guidelines were approved by the Czech Ministry of Transport. Traffic intensity is set for respective months and road categories based on direct counting of passing vehicles. For the purpose of this study, traffic intensity was specifically set as the average percentage distribution of traffic intensity at each hour of the day (hereinafter traffic intensity fluctuation) during each month of the year and on respective road categories.

2.2.2. Activity of free ranging animals

Many studies present wild animal circadian activity in a similar way. Daily locomotory activity of most species of ungulates thus exhibit bimodal distribution during a 24 h cycle, with a significant correlation of activity peaks at sunrise and sunset even in different types of landscape, which was proved by studies about (i) red deer in the Alps (Georgii and Schröder, 1983), in North America (Green and Bear, 1990), in Northern Sweden (Cederlund, 1989), in Germany (Berger et al., 2002), in Germany and North America (Eising et al., 2014), in Poland (Kamler et al., 2007); (ii) roe deer

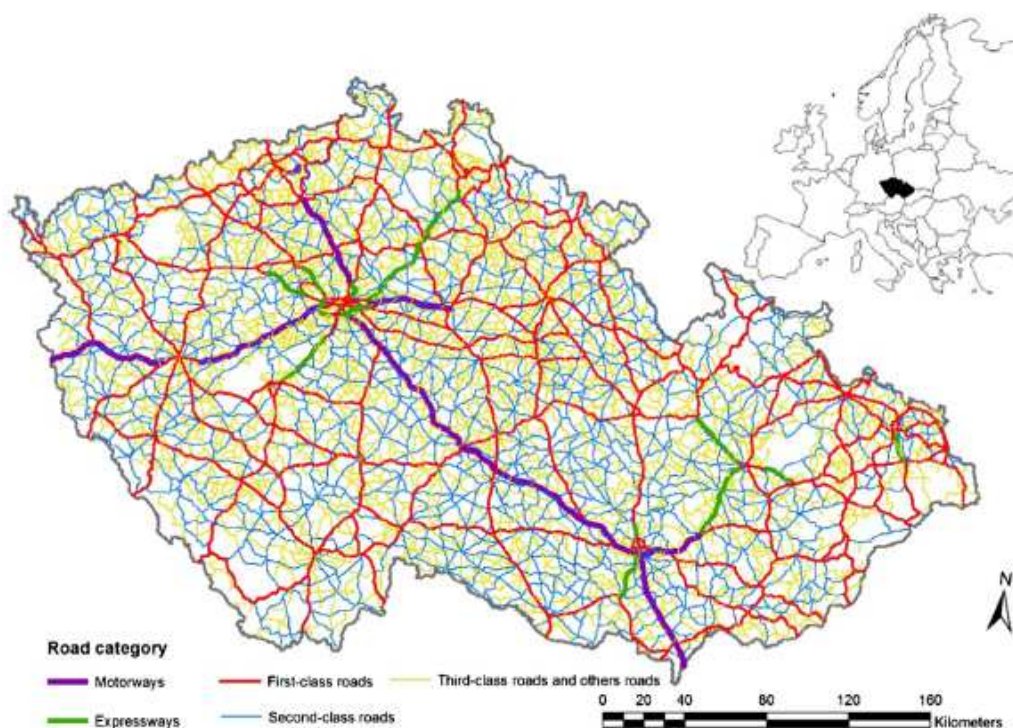


Fig. 1. Road map of the study area, the Czech Republic.

in Germany (Stache et al., 2013; Krop-Benesch et al., 2013), in France (Bonnot et al., 2013; Pagon et al., 2013); (ii) wild boar in Spain (Cahill et al., 2003), Poland (Podolski et al., 2013; Thurjell et al., 2015). To demonstrate and confirm previously published data about locomotory activity, GPS telemetry data of red deer and wild boar from three areas in the Czech Republic (described below) were used as source information about circadian activity behavioural patterns of animals in the context of wildlife-vehicle collisions.

This comparison of behavioural studies and our monitoring allows us to declare a universal behavioural pattern in wild animals in the context of Road Ecology. This behavioural pattern (with the peaks synchronized in accordance with sunset and sunrise) is thus valid for red deer, roe deer and wild boar. To show the course of locomotory activity in our paper, we chose red deer as the representative of ruminants, and wild boar, whose locomotory activity during a day may partially differ from ruminants due to its antipredatory strategies and particular behaviour.

Information on locomotory activity of ungulates, particularly red deer and wild boar, during the day and respective month of the year, was obtained from the marked individuals' position data. We used Global Positioning System (GPS) - collar (Vectronic Aerospace, Berlin, Germany). The animals were immobilized by means of the Hellabrunn mixture at capture facilities or in free nature. The method was authorised by the Ethic Committee of the Czech University of Life Sciences in Prague; statement No. 0811. No animal was injured during the study. The overall number of tracked animals in 2012–2015 was 25 red deer (12 females, 13 males) and 18 wild boars (14 females, 4 males). The number of marked

animals fully corresponds with numbers of monitored animals in other papers presenting results of telemetry tracking (Adrados et al., 2008 – 7 individuals; Godvik et al., 2009 – 62 individuals; Rivrud et al., 2010 – 47 individuals; Kropil et al., 2015 – 20 individuals; Thurjell et al., 2009 – 17 individuals). GPS-collars recorded the position of the animals every hour. The data from the collars were relayed using a GPS module. The ungulate locomotory activity was thus defined as movement velocity in km/h between two successfully recorded positions following one another (Thurjell et al., 2015). The data on ungulate locomotory activity were processed in ArcGIS 10.0 software (ESRI 2014). In order to increase the accuracy of each GPS location, all location estimates with the DOP (dilution of precision) > 7 were removed from the dataset (Lewis et al., 2007; Frair et al., 2010).

GPS tracking of ungulate locomotory activity was made at three locations with different environmental characteristics. The first location was Šumava National Park representing a woodland mountain landscape with scarce network of mainly lower (second- and third-) class roads. The second location was Doupov, a military area with restricted human disturbance and a large amount of natural successive vegetation (there is almost no traffic infrastructure). The third location was the Písek region, an intensive agricultural landscape with forest patches and dense network of mostly first- and second-class roads.

2.3. Statistical analyses

The Oriana 4.02 software (Kovach Computing) and circular statistics were used to examine distribution of UVCs with respect

to the different road categories and month of the year (i.e. to assess the degree of seasonality and the mean month of the peak of UVCs). We calculated a mean vector for each group of UVCs by means of vector addition. Rayleigh's test was used to determine significant deviations from uniform distribution of the mean vectors. The null hypothesis for this test says that UVCs are uniformly distributed and they occur every month with equal frequency.

The Statistica 12 software (StatSoft, Inc., 2013) was used to calculate Spearman's rank ρ correlation coefficients between UVCs and traffic intensity fluctuation, and between UVCs and the locomotory activity of red deer and wild boar during 24-h cycles in respective months. The level of significance was set at 5%.

3. Results

Altogether, we gathered 15,242 records of UVCs from the Czech Republic over a 3-year period. Further on, we analysed and assessed 219,055 pieces of position data and used them to establish ungulate locomotory activity (97,312 GPS positions of red deer females, 71,603 red deer males, 29,697 wild boar females, 20,443 wild boar males).

Distributions of UVCs during the year on respective road categories together with traffic intensity in respective months (yearly traffic intensity variability) are shown in Fig. 2. The results proved a strong statistical dependence of the number of collisions on the season (i.e. months of the year); with the mean vector being in June on motorways and expressway ($n = 765$; $Z = 76.907$; $p = 0.000$), in August on first-class roads ($n = 5797$; $Z = 61.07$; $p = 0.000$) and in October on third-class roads and other roads ($n = 8680$; $Z = 75.118$; $p = 0.000$). It is thus apparent that UVCs occurred most frequently on first-, second- and third-class roads and other roads in spring and autumn. Conversely, UVCs were the least frequent in winter, when traffic intensity level was far below the yearly average. On motorways and expressways, the highest number of UVCs occurred in spring. There is a clear pattern

in traffic intensity distribution within a year with the lowest intensity in winter months.

Spearman's rank correlation coefficients for the number of UVCs and traffic intensity fluctuation are shown in Table 1. The result value of correlation coefficient explains the dependency relation between the number of collisions and traffic intensity fluctuation during a 24-h cycle in respective months. A statistically significant negative correlation (i.e. the higher traffic intensity, the lower probability of UVCs) occurs only in spring and summer periods. This dependency is evident mainly on motorways and expressways.

Traffic intensity values during a 24-h cycle had the same trend in each month of the year. For this reason, only two months (January and July) were selected as representative samples for result demonstration. Results for the other months are identical.

Traffic intensity peaks along with peaks of UVC incidence during a 24-h cycle are shown in Fig. 3. It demonstrates that traffic intensity during a 24-h cycle has the same trend in both months. In contrast, UVC trends are remarkably different in each month. Peaks of UVC incidence roughly correspond with dawn and dusk times in respective months. Peaks of UVC incidence thus shift with dawn and dusk during a given month. That hints at the fact that probability of UVC incidence is connected with ungulate locomotory activity, which reaches its peak at dawn or dusk, rather than with traffic intensity fluctuation.

Correlation coefficients describing dependency rate between numbers of UVCs and locomotory activity of red deer and wild boar during a 24-h cycle are shown in Tables 2 and 3. A strong positive correlation was proved in the case of red deer on first-, second- and third-class roads (Table 2). Motorways and expressways did not show the same dependency. As for wild boar, positive correlation was discovered between a number of UVCs and locomotory activity during a 24-h cycle not only on first-, second- and third-class roads and other roads but also on motorways and expressways (Table 3).



Fig. 2. Distributions of UVCs during the year on respective road categories together with traffic intensity in respective months. Note: The X-axis shows traffic intensity distribution in respective months during the year (red polygon). For the purpose of this figure, traffic intensity distribution is expressed as deviation from annual average traffic intensity which equals 100% (red dotted circle). The Y-axis shows percentage distribution of UVC occurrence in respective months of the year. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

Table 1

Spearman's rank correlation coefficients between a number of UVCs and traffic intensity fluctuation during a 24-h cycle in respective months in the Czech Republic.

Months	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Motorways, expressways	-0.23	-0.09	-0.56	-0.86	-0.79	-0.87	-0.89	-0.90	-0.77	-0.82	-0.34	0.07
First-class roads	-0.04	0.00	-0.30	-0.56	-0.71	-0.76	-0.80	-0.61	-0.63	-0.36	0.00	0.01
Second-, third-class roads and other roads	0.19	0.10	-0.05	-0.25	-0.44	-0.55	-0.49	-0.31	-0.19	0.06	0.34	0.34

Bold values are significant at $p < 0.05$.

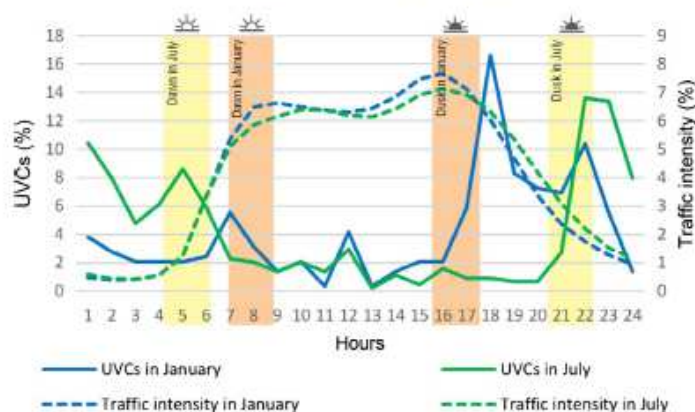


Fig. 3. UVC process and traffic intensity during a 24-h cycle in January and July. Note: Traffic intensity data correspond to average distribution of traffic performance during a day (in %), not the absolute traffic intensity value, which is obviously higher in summer than in winter (see Fig. 2).

Table 2

Spearman's rank correlation coefficients between a number of UVCs and locomotory activity of red deer.

Months	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Motorways, expressways	0.21	0.00	0.04	0.00	0.45	0.44	0.25	0.32	0.27	0.21	0.07	-0.05
First-class roads	0.52	0.76	0.80	0.66	0.66	0.53	0.62	0.74	0.69	0.66	0.63	0.56
Second-/third-class roads and other roads	0.60	0.86	0.75	0.63	0.80	0.69	0.88	0.82	0.55	0.54	0.76	0.67

Bold values are significant at $p < 0.05$.

Table 3

Spearman's rank correlation coefficients between a number of UVCs and locomotory activity of wild boar.

Months	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Motorways, expressways	0.37	0.12	0.46	0.65	0.82	0.86	0.61	0.82	0.74	0.71	0.49	0.33
First-class roads	0.35	0.57	0.62	0.56	0.76	0.75	0.74	0.63	0.63	0.52	0.44	0.34
Second-/third-class roads and other roads	0.15	0.31	0.42	0.52	0.41	0.55	0.63	0.34	0.19	0.12	0.00	0.04

Bold values are significant at $p < 0.05$.

UVC process and locomotory activity of red deer during a 24-h cycle in January and July (these months were selected as representative samples for result demonstration) are shown in Fig. 4. It demonstrates that in both months, peaks of UVC incidence correspond with peaks of locomotory activity of red deer, which occur at dawn and dusk in respective months.

Fig. 5 shows UVC process and locomotory activity of wild boar. It clearly demonstrates the same pattern as in the case of red deer.

Fig. 6 shows morning and evening peaks of locomotory activity of red deer along with morning and evening peaks of UVC incidence and also times of sunrise and sunset in respective months of the year. The diagram clearly demonstrates that development of these quantities has the same trend all year round.

4. Discussion and conclusion

Our results demonstrate that UVCs occur least frequently in winter (mainly from January to March, see Fig. 2). The same results for Central Europe were obtained by Hothorn et al. (2012) and Pokorný (2006). The reasons may be not only lower daily traffic intensity but also worse driving conditions and less passable roads in winter which make passing vehicles move slower (this is valid mainly for first-, second-, and third-class roads and other roads). Another reason could be seasonal lack of tall vegetation along

roads which implies that ungulates are seen prior to their crossing. However, other authors claim that there is a slight increase of incidence of UVCs in the winter period, for example in Sweden (Wahlström and Liberg, 1995). That is probably caused by different climate conditions and environment. Overall, the trend of UVCs presented in this paper is more or less identical with seasonal and daily distribution of UVCs in Great Britain (Langbein and Putman, 2006) or Spain (Díaz-Varela et al., 2011; Lagos et al., 2012; Rodríguez-Morales et al., 2013).

The relation between traffic intensity and the number of UVCs has led to different conclusions being presented in studies published up to now. Some authors proved dependencies (e.g. Alexander et al., 2005; Allen and McCullough, 1976; Bashore et al., 1985; Benítez-López et al., 2010; Dyer et al., 2001; Gagnon et al., 2007; Gunson et al., 2011; Langevelde and Jaarsma, 2004; Leblond et al., 2012; Romin and Bissonette, 1996; Seiler 2005; Trombulak and Frissell, 2000) while others did not or they even denied them (e.g. Bissonette and Kassar, 2008; Carbaugh et al., 1975; Fudge et al., 2007; Madsen et al., 2002; Steiner et al., 2014). Our study proves a high negative correlation between traffic intensity fluctuation and UVCs on motorways and expressways (Table 1). That means ungulates tend to avoid crossing roads at peak traffic intensity while they prefer crossing at times of lowest traffic, which corresponds with Verboom (1994). Doing so, they

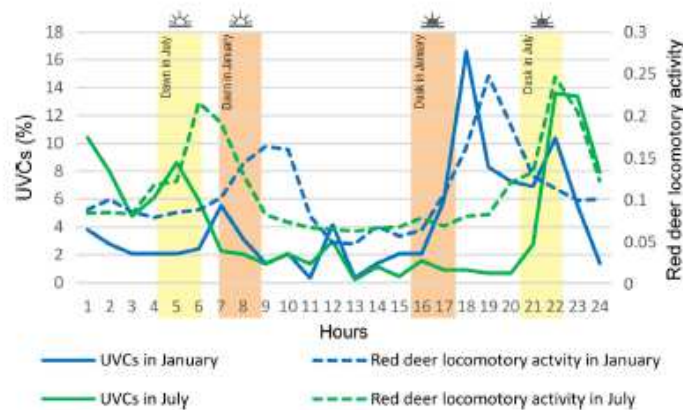


Fig. 4. UVC process and red deer movement activity during a 24-h cycle in January and July. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

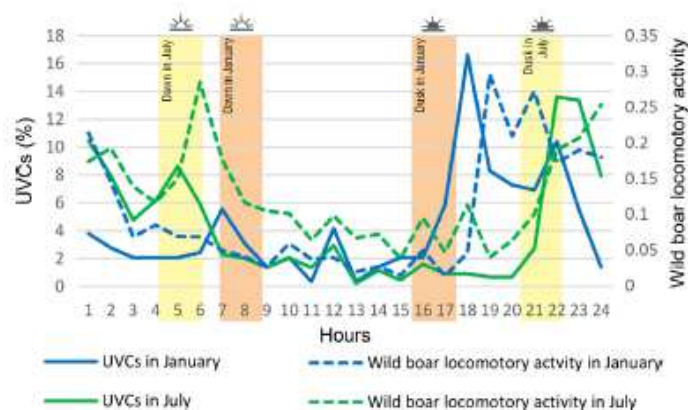


Fig. 5. UVC process and wild boar movement activity during a 24-h cycle in January and July.

make their attempt to cross the road more likely to be successful. This result is identical with the study by Ramp et al. (2005), which says that less than 10 percent of UVCs occur at peaks of traffic intensity. An interesting finding is the difference in occurrence of peaks of UVCs between January and July in the context of traffic intensity peaks. In January the peak of UVCs is quite close to the afternoon peak of traffic intensity but, on the contrary, the peak of UVCs in July is quite distant from the afternoon peak of traffic intensity.

The results of our study indicate that locomotory activity of ungulates is a more important factor in probability of UVC incidence than traffic intensity in the case of first-, second-, third-class roads and other roads. Furthermore, our results show that seasonal variability of locomotory activity for wild boar, roe deer and red deer is not significantly different and remote migrations are very rare. During the research we recorded only 2 migrations longer than 10 km (wild boar 60 km, during two weeks, then returned to the home range; and red deer 80 km, and then occupied an area of about 400 ha). The monitored animals roamed mostly in their core home ranges (300–800 ha). Finally, our analyses revealed that ungulate locomotory activity demonstrates the

same bimodal distribution during 24-h cycle also in different habitat types.

Our results are in accordance with studies by Jaarsma et al. (2006) and Verboom (1994), which state that an increase in traffic volume may lead to such a flow of vehicles that prevents individual animals from crossing the road. Another reason why collisions happen at periods of lower traffic intensity (usually at night) may be not only the low traffic intensity but also, and more significantly, higher locomotory activity of ungulates at that time (Steiner et al., 2014; Thurfjell et al., 2015). Most ungulates tend to reach their movement peak before sunrise and after sunset, which was confirmed by other studies (e.g. Gagnon et al., 2007; Groot and Hazebroek, 1996; Haikonen and Summala, 2001; Lagos et al., 2012; Mateos-Quesada, 2005; Rodríguez-Morales et al., 2013; Steiner et al., 2014). Our study discovered that with herbivorous ungulates (red deer) this activity is more synchronized (Table 2, Fig. 6) than with omnivorous ungulates (wild boar) (Table 3).

Our results are also in accordance with other studies focusing on general behavioural patterns of wildlife (i.e. not with studies focusing only on road ecology; e.g. Georgii and Schroder, 1983; Cederlund, 1989; Berger et al., 2002; Stache et al., 2013).

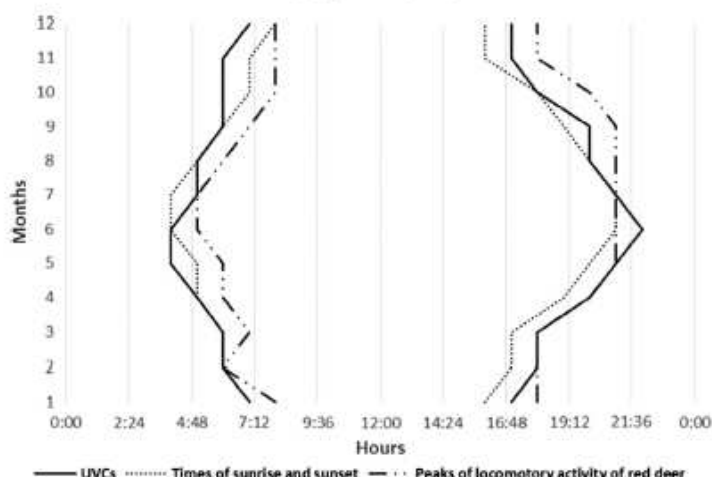


Fig. 6. Morning and evening peaks of movement activity of red deer along with morning and evening peaks of UVC incidence and times of sunrise and sunset in respective months of the year.

The peaks of locomotory activity also correlating with sunrise and sunset were even demonstrated in animals living in captivity (Pépin et al., 2006), or in their predators: e.g. grey wolf (*Canis lupus*) (Theuerkauf et al., 2003) or lynx (*Lynx lynx*) (Podolski et al., 2013).

In the case of red deer, a positive correlation between locomotory activity and UVCs (Table 3) was unequivocally proved on first-, second- and third class roads and other roads. UVCs occur mainly at sunrise and sunset (Fig. 4). Traffic intensity on motorways and expressways is high during most of the day, which repels them from roads of this category and thus it is the main factor influencing collisions with the animals on the roads. That corresponds with the chart by Seiler (published in Iuell et al., 2003) which shows that animals are repelled from crossing a road with traffic intensity over 10,000 vehicles a day. Additionally, we discovered that animals tend to avoid crossing roads with traffic intensity over 10,000 vehicles a day (which is the traffic intensity of most motorways and expressways in the Czech Republic) but only during the traffic peak. During low traffic intensity periods, UVCs occur.

Another positive correlation between the number of UVCs and locomotory activity was proven for wild boar on motorways and expressways. That may be caused by the fact that wild boar are active throughout the night (Fig. 5) when the traffic intensity on motorways and expressways significantly decreases (Bartoš and Martoš, 2012), resulting in a lower disruptive effect. The animals thus attempt to cross the motorway which may lead to a collision. By contrast, locomotory activity of red deer is highest at sunrise and sunset and then declines remarkably (Fig. 4).

The results indicate that the significance of traffic intensity fluctuation is not always the main factor causing UVCs. Traffic intensity is an important factor in the case of motorways and expressways, where traffic intensity is very high and has a very strong disturbing effect. Generally it seems that a more important factor in UVC phenomenon is behavioural patterns. The main peaks of UVCs occur at the time when animals are the most active, which is at sunrise and sunset.

According to some studies (e.g. Iuell et al., 2003), the annual mortality rate of some common animals caused by wildlife-vehicle collisions is estimated to be 1–4% of the total mortality rate. The data about UCV occurrence used in this study indicates

that the rate will be higher among ungulates as just the accidents the police were called to totalled 2.5% in comparison to annual culling. The study by Mrtka and Borkovcová (2013) suggests that UVCs are the most frequent cause of roe deer death. However, it is essential to take into account that road traffic mortality is really a significant negative impact on animals, yet not the only one (Seiler, 2002).

Future studies should also include locomotory activity of roe deer, because roe deer-vehicle collisions account for the vast majority of all accidents (Mrtka and Borkovcová, 2013). The literature available on the topic clearly shows that locomotory activity of this species does not differ from locomotory activity of red deer with its peaks at dusk and dawn (e.g. Lagos et al., 2012; Rodríguez-Morales et al., 2013; Steiner et al., 2014; Thurfjell et al., 2015). Based on our findings, we also recommended focusing future research on the motivation of ungulates to physical activity and their effort to cross the road. Further on, research should focus on fundamental, specific local factors, e.g. changes of the structure of crops, small landscape structures, etc. in the vicinity of roads.

The information obtained about UVCs could be effectively used to design mitigation measures, which may significantly decrease their numbers. This study proved that UVCs are significantly influenced by locomotory activity of ungulates. The problem could be solved as a part of forest management by means of intense supplementary feeding which would make ungulates remain in a limited area and prevent them from crossing roads while looking for food. It is also essential to inform and instruct drivers about the risks of ungulates entering the road at dawn and dusk times. Another effective measure would be putting a lower speed limit on high risk road sections in this period (Seiler, 2005), which would be indicated by road signs. A mitigation measure such as odour repellents (Kušta et al., 2015) should be introduced mainly in spring (April, May), prospectively in autumn (October, November). In this periods UVCs are the most frequent.

Acknowledgements

This study was supported by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic, Grant No. QJ1220314.

References

- Adrades, Ch., Baltzinger, Ch., Janeau, G., Pépin, D., 2008. Red deer *Cervus elaphus* resting place characteristics obtained from differential GPS data in a forest habitat. *Eur. J. Wildl. Res.* 54 (3), 487–494.
- Alexander, S.M., Waters, N.M., Paquet, P.C., 2005. Traffic volume and highway permeability for a mammalian community in the Canadian Rocky Mountains. *Canad. Geograph./Le Géographe Canad.* 49 (4), 321–331.
- Allen, R.E., McCullough, D.R., 1976. Deer-accidents in southern Michigan. *J. Wildl. Manage.* 40, 317–325.
- Ascensão, F., Cleveger, A., Santos-Reis, M., Urbano, P., Jackson, N., 2013. Wildlife-vehicle collision mitigation: is partial fencing the answer? An agent-based model approach. *Ecol. Model.* 257, 36–43.
- Bartoš, L., Martoň, J., 2012. TP Č. 189 Stanovení Intenzit Dopravy Na Pozemních Komunikacích. EDIP s.r.o., Plzeň (in Czech).
- Bashore, T.L., Tzilkowski, W.M., Bellis, E.D., 1985. Analysis of deer-vehicle collision sites in Pennsylvania. *J. Wildl. Manage.* 49 (3), 769–774.
- Bentéz-López, A., Alkamade, A., Verweij, P.A., 2010. The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: a meta-analysis. *Biol. Conserv.* 143, 1307–1316.
- Berger, A., Scheibe, K.M., Brehrat, A., Schober, F., Streich, W.J., 2002. Seasonal variation of diurnal and ultradian rhythms in red deer. *Biol. Rhythm Res.* 33 (3), 237–253.
- Bíl, M., Andrášik, R., Janoška, Z., 2013. Identification of hazardous road locations of traffic accidents by means of kernel density estimation and cluster significance evaluation. *Accid. Anal. Prev.* 55, 265–273.
- Bissonette, J.A., Kassat, C.H.A., 2008. Locations of deer-vehicle collisions are unrelated to traffic volume or posted speed limit. *Human-Wildl. Conf.* 2 (1), 122–130.
- Bonnat, N., Morellet, N., Verheyden, H., Cargnelutti, B., Lourtel, B., Klein, F., Hewison, A.J.M., 2013. Habitat use under predation risk: hunting, roads and human dwellings influence the spatial behaviour of roe deer. *Eur. J. Wildl. Res.* 59 (2), 185–193.
- Cagnacci, F., Fozzardi, S., Heinrich, M., Stache, A., Hewison, A.J.M., Morellet, N., Kjellander, P., Linnell, J.D.C., Mysterud, A., Netele, M., Delucchi, L., Ossi, F., Urbano, F., 2011. Partial migration in roe deer: migratory and resident tactics are end points of a behavioural gradient determined by ecological factors. *Oikos* 120, 1790–1802.
- Cahill, S., Limona, F., Gracia, J., 2003. Spacing and nocturnal activity of wild boar *scrofa* in a Mediterranean metropolitan park. *Wildl. Biol.* 9 (1), 3–13.
- Carbaugh, B., Vaughan, J.P., Bellis, E.D., Graves, H.B., 1975. Distributions and activity of whitetail deer along an interstate highway. *J. Wildl. Manage.* 39 (3), 570–581.
- Cederlund, G., 1989. Activity patterns in moose and roe deer in a northboreal forest. *Ecography* 12, 39–45.
- Claire, C.C.S., Forrest, A., 2009. Impacts of vehicle traffic on the distribution and behaviour of rutting elk, *Cervus elaphus*. *Behaviour* 146 (3), 393–413.
- Czech Statistical Office, 2014. Statistical Databases and Registers of Czech Republic Available in internet. URL: <http://www.czso.cz/> (cited 02.10.14).
- Červený, J., Kamler, J., Kholová, H., Koubek, P., Martinková, N., 2013. *Ottava Enyklopedie Myslivost*. Ottava Nakladatelství, Praha (in Czech).
- Díaz-Varela, E.R., Vazquez-Gonzalez, I., Marey-Perez, M.F., Alvarez-Lopez, C.J., 2011. Assessing methods of mitigating wildlife-vehicle collisions by accident characterization and spatial analysis. *Transp. Res. Part D* 16, 281–287.
- Directorate of Roads and Motorways of Czech Republic, 2014. *Silnice a dálnice v České republice 2014* Available in internet. URL: <http://www.rsd.cz/doc/Silnici-adalnice-sit/silnice-a-dalnice-ceske-republike-2013> (cited 01.10.14).
- Dingle, H., Drake, V.A., 2007. What is migration? *Bioscience* 57, 113–121.
- Dudaniec, R.Y., Rhodes, J.R., Worthington, W.J., Lyons, M., Lee, K.E., 2013. Using multi-level models to identify drivers of landscape genetic structure among management areas. *Mol. Ecol.* 22, 3752–3765.
- Dyer, S.J., O'Neill, J.P., Wasel, S.M., Boutin, S., 2001. Avoidance of industrial development by woodland caribou. *J. Wildl. Manage.* 65, 531–542.
- Eising, E.P., Ciuti, S., de Wijs, F.A.L.M., Lentferink, D.H., ten Hoedt, A., Boyce, M.S., Hut, R.A., 2014. GPS based daily activity patterns in European red deer and North American Elk (*Cervus elaphus*): indication for a Weak Circadian Clock in Ungulates. *PLoS ONE* 9 (9), e106997.
- Fahrig, L., Rytwinski, T., 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecol. Soc.* 14 (1), 21.
- Forman, R.T.T., Sperling, D., Bissonette, J.A., Cleveger, A.P., Cutshall, C.D., Dale, V.H., Fahrig, L., France, R., Goldman, C.R., Heaney, K., Jones, J.A., Swanson, F.J., Turrentine, T., Winter, T.C., 2003. *Road Ecology: Science and Solutions*. Island Press, Washington.
- Frair, J.F., Fieberg, J., Hebblewhite, M., Cagnacci, F., Decesare, N.J., Pedrotti, L., 2010. Resolving issues of imprecise and habitat-biased locations in ecological analyses using GPS telemetry data. *Philosoph. Transact. Roy. Soc. B - Biol. Sci.* 365, 2187–2200.
- Fudge, D., Freedman, B., Crowell, M., Nette, T., Power, V., 2007. Road-kill of mammals in Nova Scotia. *Canad. Field-Natural.* 121 (3), 265–273.
- Gagnon, J.W., Theimer, T.C., Dodd, N.L., Boe, S., Schweinsburg, R.E., 2007. Traffic volume alters elk distribution and highway crossings in Arizona. *J. Wildl. Manage.* 71 (7) 2318–2323.
- Georgii, B., Schröder, W., 1983. Home range and activity patterns of male red deer (*Cervus elaphus*) in the Alps. *Oecologia* 58, 238–248.
- Gkritza, K., Baird, M., Hans, Z.N., 2010. Deer-vehicle collisions, deer density, and land use in lowland urban deer herd management zones. *Accid. Anal. Prev.* 42 (6), 1916–1925.
- Godvik, I.M.R., Loe, L.E., Vik, J.O., Veiberg, V., Langvatn, R., Mysterud, A., 2009. Temporal scales, trade-offs, and functional responses in red deer habitat selection. *Ecology* 90 (3), 669–710.
- Green, R.A., Bear, G.D., 1990. Seasonal cycles and daily activity patterns of Rocky Mountain elk. *J. Wildl. Manage.* 54, 272–279.
- Groot, B., Hachebnek, E., 1996. Ungulate traffic collisions in Europe. *Conserv. Biol.* 10 (4), 1059–1067.
- Gunsow, K.E., Mountrakis, G., Quackenbush, L.J., 2011. Spatial wildlife-vehicle collision models: a review of current work and its application to transportation mitigation projects. *J. Environ. Manage.* 92, 1074–1082.
- Haikonen, H., Summala, H., 2001. Deer-vehicle crashes: extensive peak at 1 hour after sunset. *Am. J. Prev. Med.* 21 (3), 209–213.
- Hathorn, T., Brandl, R., Müller, J., 2012. Large-scale model-based assessment of deer-vehicle collision risk. *PLoS ONE* 7 (2), e29510.
- Iuell, B., Bekker, G.J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Nicka, C., Hlaváč, V., Keller, V., Rosell, C., Sangwine, L., Torslov, N., Wandall, B., 2003. *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*. KNNV Publishers, Utrecht.
- Janišček, J., Vaněk, J., Ježek, M., Masner, J., Štoček, M., 2014. The telemetric tracking of wild boar as a tool for field crops damage limitation. *Plant, Soil Environ.* 60 (9), 418–425.
- Jaarsma, C., van Langevelde, F., Botma, H., 2006. Flattened fauna and mitigation: traffic victims related to road, traffic, vehicle, and species characteristics. *Transp. Res. Part D* 11, 264–276.
- Jepsen, J.L., Topping, C.J., 2004. Modelling roe deer (*Capreolus capreolus*) in a gradient of forest fragmentation: behavioural plasticity and choice of cover. *Can. J. Zool.* 82, 1528–1541.
- Kamler, J.F., Jedrzejska, B., Jedrzejski, W., 2007. Factors affecting daily ranges of red deer *Cervus elaphus* in Białowieża Primeval Forest, Poland. *Acta Theriol.* 52, 113–118.
- Keken, Z., Smid, P., Sebková, M., Berchova, K., 2013. Analysis of commercial suburbanisation developments in the vicinity of motorways in the South Moravian region (Czech Republic). *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGM, vol. 1*, pp. 21–32.
- Krop-Benesch, A., Berger, A., Hofer, H., Heinrich, M., 2013. Seasonal changes in the activity patterns of free-ranging roe deer (*Capreolus capreolus*). *Ital. J. Zool.* 80 (1), 69–81.
- Kropil, R., Smolko, P., Garaš, P., 2015. Home range and migration patterns of male red deer *Cervus elaphus* in Western Carpathians. *Eur. J. Wildl. Res.* 61 (1), 63–72.
- Kušta, T., Keken, Z., Barták, V., Holá, M., Ježek, M., Hart, V., Hanzal, V., 2014a. The mortality patterns of wildlife-vehicle collisions in the Czech Republic. *North-West. J. Zool.* 10 (2), 383–389.
- Kušta, T., Holá, M., Keken, Z., Ježek, M., Zíka, T., Hart, V., 2014b. Deer on the railway line: spatiotemporal trends in mortality patterns of roe deer. *Turkish J. Zool.* 38, 479–485.
- Kušta, T., Keken, Z., Ježek, M., Kušta, Z., 2015. Effectiveness and costs of odor repellents in wildlife-vehicle collisions: a case study in Central Bohemia, Czech Republic. *Transp. Res. Part D* 38, 1–5.
- Lagos, L., Picos, J., Valero, E., 2012. Temporal pattern of wild ungulate-related traffic accidents in northwest Spain. *Eur. J. Wildl. Res.* 58 (4), 661–668.
- Langbein, J., Putman, R., 2006. *National Deer-Vehicle Collisions Project Scotland (2003–2005) Final Report*. Sept. 2006. The Deer Initiative Ltd., Wrexham.
- Langevelde, F., Jaarsma, C.F., 2004. Using traffic flow theory to model traffic mortality in mammals. *Landscape Ecol.* 19, 895–907.
- Leifson, M., Dussault, C., Duell, J.P., 2012. Avoidance of roads by large herbivores and its relation to disturbance intensity. *J. Zool.* 285 (1), 32–40.
- Lewis, J.S., Rachlow, J.L., Garton, E.O., Vierling, L.A., 2007. Effects of habitat on GPS collar performance: using data screening to reduce location error. *J. Appl. Ecol.* 44 (3), 663–671.
- Livaitis, J.A., Tash, J.P., 2008. An approach toward understanding wildlife-vehicle collisions. *Environ. Manage.* 42, 688–697.
- Madsen, A.B., Strandgaard, H., Prang, A., 2002. Factors causing traffic killings of roe deer *Capreolus capreolus* in Denmark. *Wildl. Biol.* 8 (1), 55–61.
- Mateos-Quesada, P., 2005. *Densidad poblacional y uso del espacio del corzo en el centro de la Península Ibérica*. Golemys 17, 3–12.
- Mesingset, E.L., Loe, L.E., Brekkum, B., Van Moorter, B., Mysterud, A., 2013. Red deer habitat selection and movements in relation to roads. *J. Wildl. Manage.* 77 (1), 181–191.
- Ministry of Agriculture of Czech Republic, 2014. *Roční výkaz o honitbách, stavu a lovu zvěře v ČR za rok 2011–2020* URL: <http://eagri.cz/public/web/mze/ministerstvo-zemdelstvi/statistika/lesy/myslivost/jr2011-2020/> (cited 14.9.2015).
- Mrtka, J., Borkovcova, M., 2013. Estimated mortality of mammals and the costs associated with animal-vehicle collisions on the roads in the Czech Republic. *Transp. Res. Part D* 18, 51–54.
- Neumann, W., Ericsson, G., Dettki, H., Bunnefeld, N., Keuler, N.S., Helmers, D.P., Radeloff, V.C., 2012. Difference in spatiotemporal patterns of wildlife road-crossings and wildlife-vehicle collisions. *Biol. Conserv.* 145, 70–78.
- Pagon, N., Grignolio, S., Pipia, A., Bongi, P., Bertolucci, C., 2013. Seasonal variation of activity patterns in roe deer in a temperate forested area. *Chronobiol. Int.* 1–14

- Népin, D., Renaud, P.C., Dumont, B., Decug, F., 2006. Time budget and 24-h temporal rest-activity patterns of captive red deer hinds. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 101, 339–354.
- Pidolski, I., Belotti, E., Bufka, L., Reulen, H., Heurich, M., 2013. Seasonal and daily activity patterns of free-living Eurasian lynx *Lynx lynx* in relation to availability of kills. *Wildl. Biol.* 19 (1), 69–77.
- Pokorny, B., 2006. Roe deer-vehicle collisions in Slovenia: situation, mitigation strategy and countermeasures. *Veterinarski Arhiv* 76 (Suppl.), 177–187.
- Polak, T., Rhodes, J.R., Jones, D., Possingham, H.P., 2014. Optimal Planning for mitigating the impacts of roads on wildlife. *J. Appl. Ecol.* 51, 726–734.
- Police of the Czech Republic 2014. Police Database of Traffic Accidents in Czech Republic. Available in internet. URL: <<http://www.jdvm.cz/>> (cited 01.10.14).
- Ramp, D., Caldwell, J., Edwards, K.A., Warton, D., Croft, D.B., 2005. Modelling of wildlife fatality hotspots along the Snowy Mountain Highway in New South Wales. *Biol. Conserv.* 126 (4), 474–490.
- Rhodes, J.R., Lumney, D., Callaghan, J., McAlpine, C.A., 2014. A few large roads or many small ones? How to accommodate growth in vehicle numbers to minimise impact on wildlife. *PLoS ONE* 9 (3), e91093.
- Rivrud, L.M., Loe, L.E., Mysterud, A., 2010. How does local weather predict red deer home range size at different temporal scales? *J. Anim. Ecol.* 79 (6), 1280–1295.
- Rodríguez-Morales, B., Diaz-Varela, E.J., Marey-Pérez, M.F., 2013. Spatiotemporal analysis of vehicle collisions involving wild boar and roe deer in NW Spain. *Accid. Anal. Prev.* 60, 121–133.
- Roger, E., Laffan, S.W., Ramp, D., 2011. Road impact a tipping point for wildlife populations in threatened landscape. *Biodivers. Ecol.* 53, 215–227.
- Romin, L.A., Biscoe, T.H., 2002. Mortality of mountain sheep in the Great Basin. *Wildl. Monographs* 64, 1–103. [http://refhub.elsevier.com/S00925-7535\(16\)30164-3/h0345](http://refhub.elsevier.com/S00925-7535(16)30164-3/h0345)
- Santos, A.M., Tabares, W., 2002. Distance from roads and fires as a predictor of habitat loss and fragmentation in the Caatinga vegetation of Brazil. *Brasil. J. Biol.* 62, 897–905.
- Seiler, A., 2002. Effects of infrastructure on nature. In: Anonymus, 2003. *Cost 341 Habitat Fragmentation Due to Transportation Infrastructure. The European Review*. European Commission, Directorate-General for Research, Brussels, pp. 31–50.
- Seiler, A., 2004. Trends and spatial patterns in ungulate-vehicle collisions in Sweden. *Wildl. Biol.* 10, 301–313.
- Seiler, A., 2005. Predicting locations of moose-vehicle collisions in Sweden. *J. Appl. Ecol.* 42, 371–382.
- Stache, A., Heller, E., Hothorn, T., Heurich, M., 2013. Activity patterns of European Roe Deer (*Capreolus capreolus*) are strongly influenced by individual behavior. *Folia Zool.* 62 (1), 67–75.
- Steiner, W., Leisch, F., Hackländer, K., 2014. A review on the temporal pattern of deer-vehicle accidents: impact of seasonal, diurnal and lunar effects in cervids. *Accid. Anal. Prev.* 66, 168–181.
- Thusekkauf, J., Jedrzejewski, W., Schmidt, K., Gula, R., 2003. Spatiotemporal segregation of wolves from humans in the Białowieża Forest (Poland). *J. Wildl. Manage.* 67, 706–716.
- Thurfjell, H., Spong, G., Olsson, M., Ericson, G., 2015. Avoidance of high traffic levels results in lower risk of wild boar-vehicle accidents. *Landscape Urban Plan.* 133, 98–104.
- Thurfjell, H., Ball, J.P., Åhlén, P.A., Korvaacher, P., Dettki, H., Sjöberg, K., 2009. Habitat use and spatial pattern of wild boar *Sus scrofa* (L.): agricultural fields and edges. *Eur. J. Wildl. Res.* 55 (5), 517–523.
- Trumbullak, S.C., Frittsell, C.A., 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conserv. Biol.* 14, 18–30.
- Verboom, J., 1994. Een Modelstudie Naar De Effecten Van Infrastructuur Op Dispersiebewegingen Van Dieren (A Model Study of the Effects of Infrastructure on Fauna Dispersal). Rijkswaterstaat/BN-DLO, Delft, Wageningen.
- Worm, L.K., Liberg, O., 1995. Patterns of dispersal and seasonal migration in roe deer (*Capreolus capreolus*). *J. Zool.* 235 (3), 455–467.
- Wang, Y., Yong, W., Dafang, Z., Daping, S., Xiao, S., Wei, W., Gang, L., 2014. Spatial and temporal distribution of expressway and its relationship to land cover and population: a case study of Beijing, China. *Transp. Res. Part D* 32, 86–96.

Analysis of commercial suburbanisation developments in the vicinity of motorways in the South Moravian region (Czech Republic)

13th SGEM GeoConference on Ecology, Economics, Education And Legislation, www.sgem.org, SGEM2013 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-04-9 / ISSN 1314-2704, June 16-22, 2013, Vol. 1, 21 - 32 pp

Contact author: Zdenek Keken
Address: Faculty of Environmental Sciences Czech University of Life Sciences in Prague,
Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchbát, Czech Republic, +420 22438 3709
Email address: keken@knc.czu.cz

Keken, Z¹., Smid, P¹., Sebkova, M¹., Berchova, K¹.

¹ Czech University of Life Sciences in Prague, Faculty of Environmental Sciences
Department of Applied Ecology
Kamýcká 129, 165 21, Praha 6 – Suchbát, Czech Republic
E-mail: keken@fzp.czu.cz

Abstract.

Among the major processes affecting the nature and the functional structure of the countryside can include suburbanisation, both of a residential and commercial nature. The aim of this work is to highlight the principles of developing commercial suburbanisation in the vicinity of selected highway segments in the South Moravian region (Czech Republic). In particular, to highlight the processes of identification, description and assessment of the attractiveness of locations for the construction of commercial centres. We used as our tool for spatial analysis ArcGIS 9.3 software. Along segments of the D1 and D2 motorways we identified areas of commercial areas within one kilometre of the axis of each motorway. For each of these areas we identified attributes of the monitored areas such as: slope of land, the level of the protection classification of agricultural land, areas on a perpendicular distance to the axis of the highway, or the direct distance to the motorway exit. From the results it can be stated that, in the case of both motorways, the areas occupied by commercial premises are approximately 2.6 times larger than the area of the highway itself. It is critical that in both cases, there is a significant build-up of the most fertile agricultural soils with Class I and II protection of Agricultural Land Fund (ALF) land (80.6% of D1 sites; 41% of D2 sites). Furthermore, in three of the four cases, it is proven statistically that the localisation of commercial areas is dependent on highway exits.

Key words:

annexation of habitat, fragmentation of the landscape, spatial planning, the development of transport infrastructure

Introduction.

Linear road construction is one of the most important factors causing landscape fragmentation (Otero & Onaindaia, 2009), while acting as a barrier between these fragments (Andrén, 1994; Anděl et al., 2005). The degree of fragmentation of the landscape is determined by, among other things, the degree of development of road transport in the given country (Miko & Hošek, 2010). The landscape fragmentation by linear transport projects affects the landscape and environmental quality not only in the immediate vicinity of buildings, but also in a much wider area - the so-called "road affected zone" (Forman & Alexander, 1998; Liu et al., 2008; Keken et al., 2011a). While naturally-occurring barriers can increase biodiversity (Quinn & Harrison, 1988), man-made barriers, on the other hand, decrease biodiversity (Li et al., 2010). This fragmentation is distinguished by primary and secondary ecological effects (Forman, 2000; Keken et al., 2011b). The primary effects are meant as those that are directly

caused by linear buildings: the barrier effect (van der Ree et al., 2011), collision between the existence of transport and wildlife (Gleason & Jenks, 1993; Sielecki, 2000; Felix et al., 2007; Kusta et al., 2011) and the annexation of habitats for the body of communication (Broker, 2003; Trocme et al., 2003; Burel & Baudry, 2005). Secondary effects are operating indirectly, an example of which may be the development of commercial areas in the vicinity of motorways (Bissonete & Rosa, 2009). On the regional and super-regional scale, these impacts are multiplied by the factor of density of the transport networks (Hawbaker & Radeloff, 2004), where high values result in a complete or partial reconfiguration of the landscape - not only in the space that houses the highway, but also in the "road affected zone" (Forman & Alexander, 1998, Liu et al., 2008; Keken et al. 2011a). Direct and indirect effects of the construction and operation of road building are dealt with by the relatively young, but highly multidisciplinary, scientific field of "Road Ecology" (Ree et al., 2011).

The issues of urban processes, especially in the economically developed countries of the world, focus on the process of suburbanisation, which is closely linked to the development of transport infrastructure (Bičík & Jeleček, 2009). Suburbanisation is one of the processes changing a number of sub-components of the environment and manifests itself in a complex, character-changing landscape in the area (Havel & Chuman, 2011). Such suburbanisation usually occurs when a certain standard of living is reached and the development of transport infrastructure increases (Hnilička, 2005).

Commercial suburbanisation is the movement of commercial, industrial or other activities outside of the administrative boundaries of cities, mostly close to large traffic routes. (Urbánková, 2005).

Very important, indirect, effects associated with the development of transport infrastructure also include the elevated pressures of larger civilizations and the accompanying construction of roads along lines of communication – the highway's 'commercial landscape' (Hlaváč & Anděl, 2001; Romportl & Chuman, 2010). Commercial suburbanisation in general carries a high demand for space and transport accessibility, so commercial buildings are generally concentrated in the vicinity of motorways or major transport junctions (Gregorcik, 1997).

During the last forty years, the Czech Republic has seen significant changes in the structure of the countryside (Anděl et al., 2009). One of the main causes for this trend is seen to be suburbanisation (Romportl & Chuman, 2010), which has spread across the Czech countryside, and can be put into the context of transport infrastructure. The landscape often admits, thanks to the suburbanisation processes, major changes that are potentially threatening to a whole line of irreplaceable landscape functions (Romportl et al., 2008).

Material and Methods.

Study area.

This work evaluates the development of commercial suburbanisation in the immediate vicinity of segments along two highways. These are segments of the D1 and D2 motorways in the South Moravia region (Czech Republic) (Figure 1). The area of the region is 7,195.55 sq.km, with a population density of 157 inhabitants per sq.km; the largest city is Brno with 370,000 inhabitants.

The D1 motorway is the major motorway in the Czech Republic with the largest transport capacity. The section in the South Moravian region is 53 km long with a maximum intensity of 65,000 vehicles per 24-hour period and a minimum intensity of 32,900 vehicles per 24 hours. The D2 motorway is 61 km long with a maximum intensity of 48,300 vehicles per 24-hour period and a minimum traffic intensity of 12,200 vehicles per 24 hours (traffic intensities as reported in 2010). The D2 is located only in the South Moravian region and leads from Brno to the border with the Slovak Republic. Observations on both the highways were set to a distance of 1,000 m (1km) from the axis of the highway in both directions.

The Czech Republic ranks among the leaders in Europe in the density of roads per sq.km (0.7 km / 1 sq.km). The total length of roads up to 2012 was 55,742 km; however the length of motorways in operation is 745.1 km.

Figure 1: The area of interest.



Data collection.

For the evaluation of the development of commercial suburbanisation we used freely available data from the website www.geoportal.gov.cz. For the definition of the monitored areas of the D1 and D2 motorways, and adjacent commercial areas, we used current orthophoto maps of the Czech Republic *cenia_rt_ortofotomapa_aktualni*. Using this layer and the *ArcGIS version 9.3* software, we created layer lines for the D1 and D2 motorways. Furthermore, we created a polygon layer of neighbouring commercial areas. To determine the owners of the land and the way it is used, we used data from the Czech Institute of Surveying; layer.wms.cuzk.cz.

Data analysis.

In the study areas, we carried out an analysis of the current state of deployment of commercial areas, which were divided into categories;

- 1) Petrol Stations, a building or facility from which fuel is sold or put into a vehicle's fuel tank. For purposes of this study we focused on petrol stations that include parking, refreshments, etc.
- 2) Commercial centres, amongst which we included shopping centres, motor-rests and parking areas.
- 3) Logistic centres, places for transfer, storage or packaging of goods or depositing containers.
- 4) Agricultural enterprises, areas and facilities designated for agricultural production.
- 5) Industrial enterprises, areas and facilities designated for industrial production with facilities, parking etc., and facilities for serving energy production businesses or mining areas.
- 6) Premises used for securing technical services and infrastructure, areas of transport infrastructure (such as rest areas, areas of technical services for the maintenance of roads and highways, etc.).
- 7) Services with a predominantly transport-related use which cannot be classified – such as car sales/parts logistics centres.
- 8) Brownfield sites, deserted areas without use.
- 9) Other areas, areas which do not fall into any of the above categories (e.g. unidentifiable premises.)

Monitored site attributes;

- Sloping lands (according to the prevailing values) on which are the monitored areas:
 - 1: Flat plane 0 ° - 3 °; 2: Slight inclination 3 ° - 7 °; 3: Moderate slope 7 ° - 12 °; 4: Strong inclination 12 ° - 17 °; 5: Steep slope, escarpment 17 ° - 25 °, > 25 °; 6: Outside the data (land designated to act as a forest).
- Classification of protection of the Agricultural Land Fund (according to current values):

Ist Protection class; recognised as the most valuable land, which can be obtained from the Agricultural Land Fund only rarely, primarily for projects related to restoring ecological stability of the landscape, or for line construction of major importance.

II Protection class; agricultural land which has a superior production capability. It is usually highly protected land, removable only conditionally from the Agricultural Land Fund with regard to planning, and only conditionally usable for construction purposes.

III Protection class; land with an average production capacity, which can be used in land planning for construction and other non-agricultural uses.

IV Protection class; land with a largely below-average production capacity, with only limited protection, and even be used for the construction of other non-agricultural purposes.

V Protection class; agricultural land with a very low production capacity. These fields are mostly for dispensable agricultural purposes. Possibly other, more effective use than agricultural is allowed.

VI Protection class; Outside the data (land designated to remain or act as forest).

• Characteristics of localisation of sites in relation to the highway (Figure 2):

- (1) The perpendicular distance from the geometric centre of a commercial area to the axis of the highway (in metres)
- (2) The distance of commercial areas from the nearest exit sites in an east-west direction (D1), or south-north (D2) (in metres),
- (3) The distance of commercial areas from the nearest exit in the west-east (D1) and north-south (D2) (in metres),

Picture 2: Characteristics of localisation of areas in relation to the highway (example; D1 motorway)



The dispersion of commercial areas in the vicinity of highways.

The area of interest (individual motorway) was segmented into equal length transects of 200 m in width with a 1000 m buffer on both sides. The D1 motorway was divided into 313 segments of equal width. The D2 was divided into 291 segments of equal width (Picture 3).

- The categorisation of individual sections of those areas where there are commercial premises present (1 - the existence of a complex, highlighted in red), and those where there are no commercial premises (0 - absence of the premises, without colouring), (Picture 3)
- A measured distance of each segment which includes existing commercial areas (black arrows) and segments with no commercial complexes (blue arrows) to the nearest motorway exit (rounded to 50 metres)
- The results were statistically evaluated using regressive equations in the programme statistics.

Picture 3: Distribution of segments with a commercial area (1 - highlighted red) and without commercial areas (0 - no colouring).



Results.

Categorisation of each commercial area.

In the area of interest on the D1 motorway there were generally identified 129 commercial premises; the largest represented category was industrial areas with 36%; and on the other hand, the least represented categories were brownfields with 3.87%; 2.32% were commercial centres, and other areas comprised 2.32%. The area of interest on the D2 was identified as having a total of 78 commercial areas; the most represented category was again industrial areas with 39% and the least represented of the categories were logistic centres with 0, others with 0, and commercial centres with 3.84% (Table 1).

Table 1: Overview of categories of commercial areas in the vicinity of the D1 and D2 motorways in the South Moravian region

Attributes of the sites of Interest.

The area around the D1 motorway.

In terms of geomorphology on the site of interest on the D1 motorway, it was found that in the flat plane category there are located 83 sites (64.34%). On land with a slight slope, there were 34 sites built (26.35%). Land with a medium slope had 1 site (0.78%). On areas with the categories of pronounced or steep slope there were no sites found. Eleven sites were located on land designated for forestry use, or outside of the available data.

When identifying the class of the protection class of Agricultural Land Fund resources for the land on which individual commercial premises are situated, it was found that 74 sites (57.35%) were on land with protection Class I Agricultural Land Fund (ALF); 30 sites (23.25%) were found on plots with Class II protection of ALF, 11 sites (8.52%) on plots with Class III protection of ALF, 1 area (0.78%)

on Class IV protection of ALF and 2 areas (1.55%) on plots with Class V protection of ALF. Eleven plots were located outside the available data.

When analysing the location of commercial premises due to the motorway, it was found that the average distance from the area's nearest motorway exit in the direction west-east (direction Prague-Brno-Ostrava) was 1,218 m. The average distance from the commercial area's nearest motorway exit in the direction east- west (direction Ostrava, Brno to Prague) was 1,183 m and the average perpendicular distance from the axis of the highway was 460 m (Table 2).

Table 2: Attributes of localisation of commercial areas in proximity to the D1 motorway (in metres)

	Median	Modus	Arithmetic mean	Standard deviation
Distance of commercial areas from the nearest exit in the west-east direction	800	100	1218	1244
Distance of commercial areas from the nearest exit in the east- west direction	800	700	1183	1119
Distance from the geometric centre of a commercial area to the axis of the highway	450	150	460	187

When analysing the distance of segments (with commercial areas and without any commercial areas) to the nearest exit, we found: Exits in an east-west direction (Ostrava, Brno towards Prague) $F(1.313) = 9.3482$ $p < .00242$ Std. Error of estimate .49782 on a significance level $\alpha = 0.05$; Exits downhill in the direction west-east (direction Prague to Brno-Ostrava) $F(1.313) = 18.172$ $p < .00003$ Std. Error of estimate .49114 on a significance level $\alpha = 0.05$. In both cases it was statistically significant that the segments with commercial areas are closer to the motorway routes than the segments without commercial areas. The total number of segments which have a commercial area was 140 (44.72%) and segments with no commercial area 173 (55.28%).

The area of interest near the D2 highway.

In terms of geomorphology on the area of interest along the D2 motorway it was found that, in the flat plane category there are 56 sites (71.80%), in the category of moderate slope there were 11 complexes (14.10%), in the mid-slope, significant slope and steep slope there were no sites represented. Eleven sites were located on land designated for the forestry function, or outside the available data.

Appropriation of land in the proximity of the D2 highway. From the perspective of agricultural land, there were 11 areas (14.10%) in plots with protection Class I ALF; 21 areas (26.9%), on plots with protection Class II ALF, 27 areas (34.65%) on plots with protection Class III ALF, 8 areas (10.25%), and on plots with protection Class IV ALF. On land with Class V ALF protection we found no areas. 11 sites were located outside the available data.

Localisation of commercial areas relative to the D2 motorway body; the average distance of the commercial area from the nearest motorway exit in the south-north direction (from the border with Czech Republic to Brno) was 1,983 m. The average distance of commercial areas from the nearest highway exit in the north-south direction (from Brno towards the Czech Republic's border with Slovakia) was 1,494 m. The average perpendicular distance of areas from the axis of the highway slopes was 431 m (Table 3).

Table 3: Attributes of localisation of commercial areas near the D2 motorway (in metres)

	Median	Modus	Arithmetic mean	Standard deviation
Distance of commercial areas from the nearest exit in the south-north direction	875	50	1983	2274
Distance of commercial areas from the nearest exit in the north-south direction	925	200	1494	1628
distance from the geometric centre of a commercial area to the axis of the	375	150	431	279

highway				
---------	--	--	--	--

When analysing the distance of segments (with commercial areas and without any commercial areas) to the nearest exits, it was found that exits in the direction of south-north (from the border with Slovakia and the Czech Republic towards Brno) $F(1,291) = 2.6457$ $p < .10491$ Std. Error of estimate .49057 at a significance level $\alpha = 0.05$; exits in the north-south direction (the direction towards Brno and the Czech border with Slovakia) $F(1,291) = 2.6457$ $p < .10491$ Std. Error of estimate .49057 at a significance level $\alpha = 0.05$; exits in a north-south direction (Brno/Czech Republic border towards Slovakia) $F(1,291) = 13.376$ $p < .00030$ Std. Error of estimate .48185 at a significance level $\alpha = 0.05$. It was significantly demonstrated that the segments with the existence of commercial colonisation are closer to the motorway exits than segments without commercial colonisation in the north-south direction (the direction of Brno towards the Czech border with Slovakia). In the south-north direction (from the border with Slovakia and the Czech Republic towards Brno), this dependence was marginal. Total number of segments with the existence of commercial areas was 119 (40.89%) and the number of segments with no commercial areas was 172 (59.11%).

Discussion.

Transport routes divide the countryside into ever smaller and smaller segments (Noss, 1993; Rosenzweig, 1995; Hlaváč & Anděl, 2001; Verboom et al., 2007; Otero & Onaindia, 2009; Kušta et al., 2011), which become isolated by barriers. Apart from those transport routes, commercial areas can also, in this context, be also considered as barriers.

Countryside fragmentation is influenced by a number of factors, whether it is socio-economic or environmental - on global, regional and local levels (Forman, 1995). In the case of secondary development of commercial suburbanisation in the vicinity of roads, the barrier effect is multiplied. The area of land occupied by commercial premises in both motorway sections of the D1 and D2 in the South Moravian region is several times the area occupied by the highway (the D1 motorway area is 2.023 sq km, the area of commercial premises around it is 5.285 sq km; the D2 motorway area is 1.663 sq km, the area of commercial premises around the D2 motorway is 4.372 sq km).

In terms of the inter-connection between highways and commercial suburbanisation, it is difficult to judge what values can be reached from the road-affected zones. The primary negative effects of transportation such as noise emission or exhaust pollution are already known from various studies - Saunders et al., 2002 discovered that changes to the landscape matrixes are most pronounced around road-affected zones at between 20 to 300 metres from the body of the roadway. The width of road-affected zones in relation to influencing the landscape matrix can vary from a distance ≤ 5 m up to 100 or 1000 metres - depending on the type of countryside, season, traffic density, orientation to the compass points, etc. (Reed et al., 1996; Saunders et al., 2002; Wei et al., 2010). Forman & Deblinger, 2000 estimated the average width of roads in the road-affected zones in the State of Massachusetts (in the context of influencing landscape structure) at 600 m. Eigenbrod et al., 2009 observed the impact of road transport on selected types of frogs. They concluded that in four of the seven species observed in that those that were in a road-affected zone of 250 - 1000 m, a significantly reduced density of population. In terms of avifauna, the different effects of road transport on birds inhabiting forest and wild birds inhabiting field ecosystems were observed (M. Reijnen et al., 1995; R. Reijnen, 1995; Reijnen et al., 1996). For species inhabiting forest communities, it was observed that the numbers of bird populations was lowered by one third at a distance of 650 m from the kerbside. In contrast, in species inhabiting open grass and field ecosystems, the road-affected zone was established at a distance of 930 m from the highway (Forman & Deblinger 2000).

Results of our study suggest that the breadth of road-affected zone in relation to the dissemination of commercial suburbanisation is mostly affected by localisation and the number of motorway exits, which make accessible a wider area of interest. The average distance from exits to the commercial areas on to both highways ranged from 1,183 m to 1,983 m. The most attractive localities are in close proximity to exits and close to the highway or within a distance of several hundred metres from the motorway axis (the average perpendicular distance from the axis of commercial areas in 207 highway sites was below 500 m).

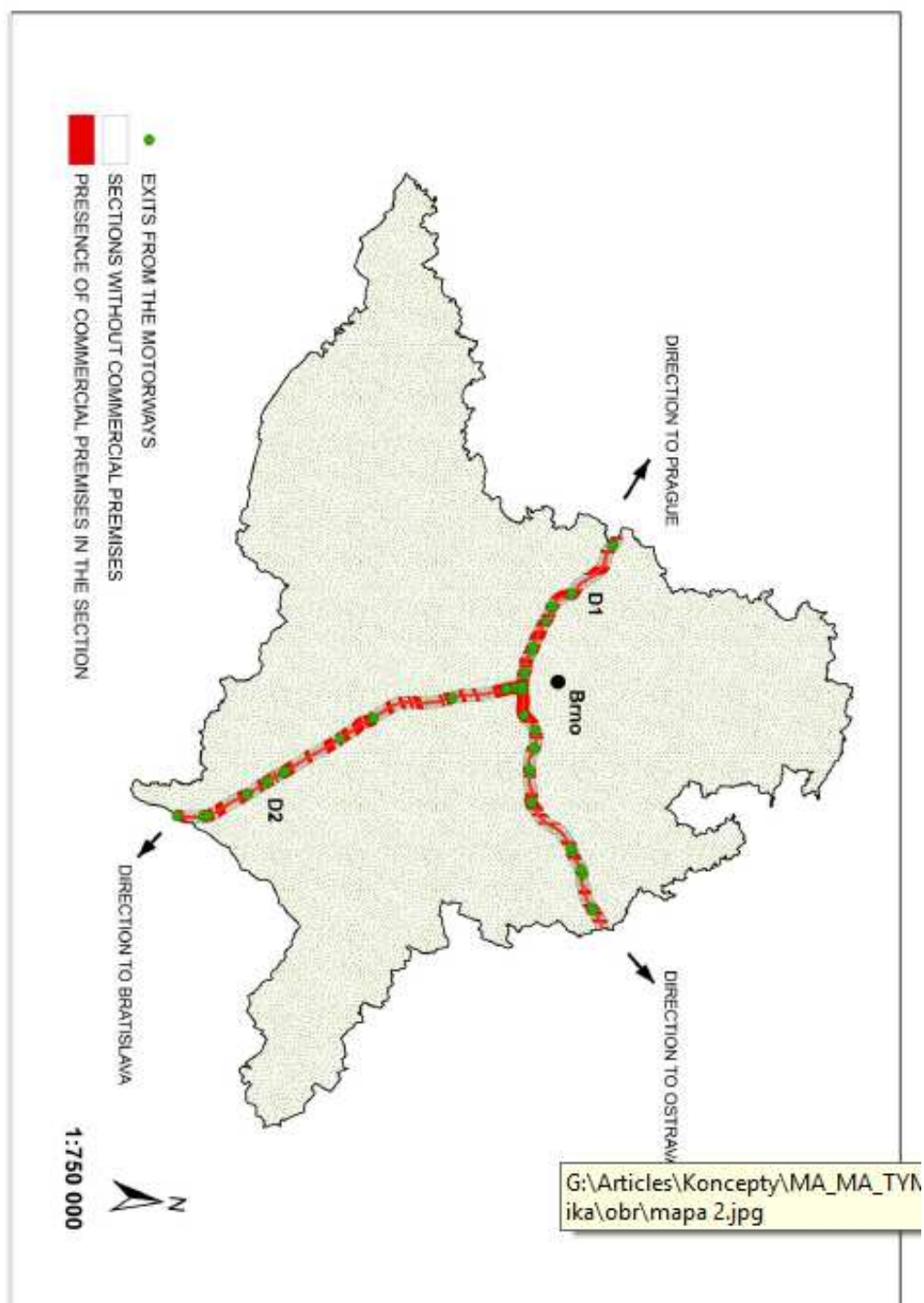
In many cases, in the spaces between the motorway and commercial areas, there are natural segments (sparse foliage or permanent grass cover) which are isolated within an area smaller than that which

some species need to survive. Such sites are losing their environmental functions. Similar findings were presented in the study by Dufek, Jedlička & Adamec, 2011. The problem with these biotopes is usually the lack of habitat management.

Akinbami & Fadare, 1998 showed that the negative effects of transport infrastructure are related either to the construction of transport routes (fragmentation of sites), or with its usage (emission of noise, dust, exhaust gases), however the problematic issue of secondary development of commercial suburbanisation was not mentioned.

Commercial suburbanisation is today an integral part of almost all major transport routes (Sýkora & Ouředníček, 2007). In terms of accessibility and strategic location this trend is logical, however non-conceptualisation and non-compliance with the principles of the protection of ALF land, create a threat to both the economic and environmental character of the countryside - especially in the vicinity closest to larger urban agglomerations, where we can often meet megalomaniac warehouse areas which, by their size, occupy considerable quantities of high-quality land (Lipský, 2000; Sýkora & Ouředníček, 2007). The foremost problem is mainly that of the building of large islands of commercial areas that do not respect the countryside character or the architecture of rural sites (Sýkora & Ouředníček, 2007). The existence of commercial suburbanisation near highways is also reflected in a higher traffic load. According to Seltzer (2002) and Pucher (2002) automobile traffic will significantly alter the structure of sites and it is precisely this new structure that requires an increased demand of vehicular traffic. The question still remains around whether that increased mobility is the cause or the result of suburbanisation, both commercial and residential. Residential suburbanisation (Ouředníček, 2007) and commercial suburbanisation (Sýkora, Ouředníček, 2007) are both reflected in the environments of large agglomerations with roughly the same intensity, but have a different impact on the social and physical environments of metropolitan areas. Construction occurs not only near urban areas but also in convenient locations (Ouředníček & Temelová, 2008). Thanks to nearby highways, commercial suburbanisation is not restricted to the hinterland provided only by big cities - its existence can be traced along almost the entire length of motorways. Of course, with increasing distances from the city there are changes in the categories of existing commercial areas along highways. In the hinterland of towns there are located mostly logistical and commercial centres, while agricultural and industrial complexes also tend to exist beyond the limits of big cities. Localisation of new commercial functions in a suburban area and beyond can cause a reorganisation of the environment (Ouředníček & Temelová 2004). At present, the mode of development of residential and commercial areas is influenced by legislative measures and development policies, which determine how the land is re-cultivated (Hanson, 2006). However, in practice, the results of this study prove that these development concepts and policies appear to be wholly inefficient and inadequate in terms of any rational protection of ALF land resources.

Picture 4: Dispersion of segments both with commercial areas and without any commercial areas in relation to the nearest motorway exit.



Conclusion.

The study shows that the D1 and D2 motorways located in the South Moravian region are tied to large commercial construction areas. These areas are dependent on being sited near motorways and motorway exits for their livelihood, but we cannot say that the complexes are only built in the immediate vicinity of motorway exits. The results were statistically significant; that in three out of four motorway segments studied, the commercial areas are closer to the motorway exits, rather than in

those segments without commercial areas. The construction of commercial complexes in the vicinity of motorways in the South Moravian region was carried out in accordance with the legislative frameworks which, however, have not sufficiently protected the ALF land - because there are 80.6% of the D1 sites and 41% of the D2 sites built on land which we have identified as having either Class I or Class II protection of ALF land, or on agricultural land - i.e. land which is the most valuable. What is unfortunately persistently absent in the context of the development of commercial suburbanisation, along with the development of transport infrastructure, is any contemplation of the term *irreplaceability*, which provides us with good agricultural land. The question is whether the path towards repair is through stricter observance of existing legislative frameworks or by defining new, tougher and more efficient laws. The continuation of this trend in the future could mean not only problems for agriculture, but could entail safety risks for the Czech Republic. For the last nine years the Czech Republic has lost more than 35,000 hectares of agricultural land. Sklemička (2011) warns that this represents an almost three-fold increase in the historical speed of the process. In 2000 there was seen the loss of agricultural land totalling 1,700 hectares, while in 2007 and 2008 there was the loss of an area of over 5,000 hectares per year.

Picture 5: An example of secondary development of commercial suburbanisation near highways in the Czech Republic



Acknowledgements.

The work reported on in this paper was supported by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic, Project no. QH 81170 - Multidisciplinary evaluation of impacts on territories of special protection and areas of hydrological importance.

References.

- Anděl, P., Gorčicová, I., & Petržílka, L. 2008. Atlas vlivu silniční dopravy na biodiverzitu. Liberec, Evernia.
- Anděl, P., Gorčicová, I., Hlaváč, V., Miko, L., & Andělová, H. 2005. Hodnocení fragmentace krajiny dopravou, metodická příručka. Praha, AOPK.
- André, H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat. *Oikos* 71 (3): 355-366.
- Bičík, I., & Jeleček, L. (2009). Land use and landscape changes in czechia during the period of transition 1990-2007. *Geografie, Sborník ČGS* (4), 19.
- Bissonette, J. A., & Rosa, S. A. 2009. Road Zone Effects in Small-Mammal Communities. *Ecology and Society* 14(1): 27.
- Broker, H., & Vastenhout, M. 1995. Nature across motorways. Ministry of Transport, Delft, Public Works and Water Management.

- Burel, F., & Baudry, J. 2005. Habitat quality and connectivity in agricultural landscape: The role of land use systems at various scales in time. *Ecological Indicators* 5: 305-313.
- 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* 14(1): 24.
- Felix, A. B., Walsh, D. P., Hughey, B. D., Campa, H. & Winterstein, S. R. 2007. Applying landscape-scale habitat-potential models to understand deer spatial structure and movement patterns. *Journal of Wildlife Management* 71(3): 804-810.
- Forman, R. T. T. 2000. Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. *Conservation Biology* 14: 31-35.
- Forman, R. T. T. 1995. *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Forman, R. T. T., & Alexander, L. E. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 207-231.
- Forman, R. T. T., & Deblinger, R. D. 2000. The Ecological Road-Effect Zone of a Massachusetts (USA) Suburban Highway. *Conservation Biology* 14(1): 36-46.
- Gleason, J. S., & Jenks, J. A. 1993. Factors influencing deer/vehikle mortality in east central South Dakota. *Prairie Naturalist* 25: 281-288.
- Gregorcik, J. 1997. Máme se obávat suburbanizace našich velkých měst? *Územní plánování a urbanismus* 24(12): 39.
- Hanson, H. 2006. Ochrana charakteru krajiny, pousouzení vizuálního zásahu (VIA). In Vorel, I., & Sklednička, P., (Ed.): *Ochrana krajinného rázu*. Praha, Naděžda Skleničková.
- Havel, P., & Chuman, T. 2011. Zabor půd komerční výstavbou podél dálnice D1. [www.Suburbanizace.cz](http://www.suburbanizace.cz). [13 May 2012]. Available from: http://www.suburbanizace.cz/analyzy/Havel_P_Chuman_T_2011_Zabor_pud_komercni_vystavbou_podel_dalnice_D1_16_6_2011.pdf.
- Hawbaker, T. J., & Radeloff, V. C. 2004. Roads and landscape pattern in Northern Wisconsin based on a comparison of four road data sources. *Conservation Biology* 18(5): 1233-1244.
- Hlaváč, V., & Anděl, P. 2001. *Metodická příručka k zajišťování průchodnosti dálničních komunikací pro volně žijící živočichy*. Praha, AOPK ČR.
- Hnilička, P. 2005. *Sídelní kaše. Otázky k suburbánní výstavbě kolonií rodinných domů*. Brno, Era.
- Keken, Z., Jezek, M., & Kusta, T. 2011. The effect of roads and road transport on the environment and defining of road affected zone. *Acta Pruhoniciana* 99:183-188.
- Keken, Z., Kušta, T., Ježek, M., & Martiš, M. 2011. A comparison of changes in landscape structures in model sections of D1 motorway. *Journal of Landscape Studies* 4: 25-34.
- Kušta, T., Keken, Z., & Ježek, M. 2011. Evaluation of changes in the landscape management and its influence on animal migration in the vicinity of the D1 motorway in Central Bohemia. *Journal of Forestry Science* 57(7):312 - 320.
- Li, T., Shilling, F., Thorne, J., Li, F., Schott, H., Bynton, R., & Berry, A. M. 2010. Fragmentation of China's landscape by roads and urban areas. *Landscape Ecology* 25: 839 - 853.
- Lipský, Z. 2000. *Sledování změn v kulturní krajině*. Praha, Lesnická fakulta ČZU.
- Liu, S. L., Cui, B. S., Dong, S. K., Yang, Z. F., Yang, M., & Holt, K. 2008. Evaluating the influence of road networks on landscape and regional ecological risk: A case study in Lancang River Valley of Southwest China. *Ecological Engineering* 34: 91-99.
- Miko, L., & Hošek, M. 2010. *Příroda a krajina České republiky*. Praha, AOPK ČR.
- Noss, R. F. 1993. Wildlife corridors. Pages 43-68 in Smith, D. S., & Hellmund, P. C., editors. *Ecology of Greenways*. University of Minneapolis Press, Minneapolis, Minnesota, USA.
- Otero, J., & Onaindia, M. 2009. Landscape Structures and live fences in Andes Colombian agrosystems: upper basin of the cane-Iguanque River. *Revista de biología tropical* 57(4): 1183-1192.
- Ouředníček, M., & Temelová, J., 2004. *Současná česká urbanizace a její důsledky*.
- Ouředníček, M., & Temelová, J. 2008. *Současná česká suburbanizace a její důsledky*. [20 June 2012]. Available from: <http://www.mvcr.cz/clanek/soucasna-ceska-suburbanizace-a-jeji-dusledky.aspx>.

- Ouředníček, M. 2007. Differential suburban development in Prague Urban Region. *Geografiska Annaler*, 89B Human Geography 111-126.
- Pucher, J. 2002. Suburbanizace příměstských oblastí a doprava: mezinárodní srovnání. In: Sýkora, L. (ed.): *Suburbanizace a její sociální, ekonomické a ekologické důsledky*. Praha, Ústav pro ekopolitiku.
- Pyšek, P., Sádlo, J., Mandák, B. 2002. Catalogue of alien plants of the Czech Republic. *Preslia*, Praha, 74:97-196.
- Quinn G.P. et Keough MJ. (2002): *Experimental design and data analysis for biologists*, Cambridge University Press, UK.
- Quinn, J. F., & Harrison, S. P. 1988. Effects of habitat fragmentation and isolation on species richness – evidence from biogeographic patterns. *Acta Oecologica* 75: 132 – 140.
- van der Ree, R., Jaeger, J. A. G., van der Grift, E. A., & Clevenger, A. P. 2011. Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving towards larger scales. *Ecology and Society* 16(1): 48.
- Reed, R. A., Johnson-Barnard, J., & Baker, W. L. 1996. Contribution of roads to forest fragmentation in the Rocky Mountains. *Conservation Biology* 10: 1098–1106.
- Reijnen, R. 1995. Disturbance by car traffic as a threat to breeding birds in The Netherlands. Thesis. Institute for Forestry and Nature Research, Wageningen.
- Reijnen, M. J. S. M., Veenbaas, G., & Foppen, R. P. B. 1995. Predicting the effects of motorway traffic on breeding bird populations. Ministry of Transport and Public Works, Delft, Netherlands.
- Reijnen, R., Foppen, R., & Meeuwsen, H. 1996. The Effects of car traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. *Biological Conservation* 75: 255-260.
- Romportl, D. & Chuman, T. 2009. Změny struktury krajiny v České republice po roce 1990; [30 March 2011]. Available from: <http://www.cenelc.cz/>.
- Romportl, D., & Chuman, T. 2010. Změny struktury krajiny vlivem rezidenční a komerční suburbanizace v České republice. *Suburbanizace.cz*.
- Rosenzweig, M. L. 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Saunders, S. C., Mislivets, M. R., Chen, J., & Cleland, D. T. 2002. Effects of roads on landscape structure within nested ecological units of the Northern Great Lakes Region, USA. *Biological Conservation* 103: 209-225.
- Seltzer, E. 2002. Suburbanizace a její ekologické, ekonomické a sociální důsledky: poučení z vývoje z Portlandu. In: Sýkora, L. (ed.): *Suburbanizace a její sociální, ekonomické a ekologické důsledky*. Praha, Ústav pro ekopolitiku.
- Sielecki, L. E. 2000. WARS Wildlife accident reporting system 1999 annual report (1995 - 1999 Synopsis). Environmental Management Section, Engineering Branch, B.C. Ministry of Transportation and Highways, Victoria B.C.
- Sklenička, P. 2011. *Pronajatá krajina*. Praha, Centrum pro krajinu s.r.o.
- Sýkora, L., & Ouředníček, M. 2007. Sprawling post-communist metropolis: commercial and residential suburbanisation in Prague and Brno, the Czech Republic In: Rauin, E., Dijst, M., Vázquez, C. (ed.): *Employment Deconcentration in European Metropolitan Areas: Market Forces versus Planning Regulations*. Dordrecht, Springer 209-233.
- Trocme, M. 2003. Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure: The European Review. European Commission, Directorate – General for Research, Luxembourg: 8–9.
- Urbánková, J. 2005. Vliv suburbanizace na dopravu - ročníková práce. Karlova univerzita v Praze, Přírodovědecká fakulta.
- Verboom, J., Alkemade, R., Klijn, J., Metzger, M. J., & Reijnen, R. 2007. Combining biodiversity modeling with political and economic development scenarios for 25 EU countries. *Ecological Economics* 62(2): 267-276.
- Wei, F., Shiliang, L., & Shikui, D. 2010. Landscape pattern changes under the disturbance of road networks. *Procedia Environmental Sciences* 2: 859-867.

COLLISIONS OF ANIMALS WITH ROAD VEHICLES IN TRAFFIC IN THE CZECH REPUBLIC IN CONNECTION WITH TOURISM – ANALYSES OF CAUSES AND PREVENTION

Dipl. Ing. Petr Smid, DiS. ¹

Ass.Prof. Emilie Pecharova, Dr. ^{1,2}

Ass. Prof. Dagmar Škodová – Parmová, Dr. ³

¹ Faculty of Environmental Sciences, Department of Applied Ecology, Czech University of Life Sciences Prague, Kamycka 129, Praha 6 – Suchbátka, 165 00 - psmid@fzp.czu.cz

² ENKI, o.p.s. – Třeboň, Dukelská 145, 379 01 Třeboň

³ Faculty of Economics, University of South Bohemia Studentská 13 370 05 České Budějovice, Czech Republic

Abstract

The paper analyses the collisions of animals with means of transport in road traffic in the entire territory of the Czech Republic in connection with tourism. The collisions were evaluated for the period from 2007 to 2016 under the different conditions in which they occurred, for example, season, time of day, weather conditions, visibility and the like. The development of the number of accidents in individual periods and the scope of damage in relation to the collisions are analysed in such a manner as to allow for comparison of any financial resources spent on prevention with damage that has already occurred.

Keywords: wild game, collisions, roads, means of transport, traffic safety, prevention, safety precautions, tourism, destination(s)

INTRODUCTION

Road traffic density is continuously rising at such a rate that it is not possible to respond adequately and quickly to this problem. Road transport can generally be divided into freight and passenger transport; in passenger transport, the main reasons are business and recreational trips. In Europe, the major means of transport for individual recreation is the passenger car (75% in 2017), to a lesser extent bus and airplane. The journeys are mainly organised individually (80%), and only about 15% are purchased from travel agencies and operators (Palatková, Zichová 2014). Individual passenger car tourism is a significant accident risk factor.

The ever increasing need to build all types of roads is not adequately considered and designed beforehand in such a manner as to ensure mainly the safety of the transported people and subsequently also to protect wild game and prevent fatal collisions. A significant role in safety is also landscaping, especially landscaping of highways and motorways (Anděl et al. 2006).

It is also necessary to consider the potential consequences of absolute isolation of animals by fencing and preventing their access to the road. On the other hand, when migration structures are used, there is still a risk of animal mortality. Both an adequate number of migration objects and fencing of the roads have their justification, and it is necessary to combine them very prudently considering both risks (Gorčicová 2011).

The study focuses on a comparison of the accident rate in connection with the collisions of motor vehicles with game in the past, i.e. since 2007 for the reason that these events were not digitally recorded before this date and the data are practically unavailable at present. Since 2007, collisions and accidents have been digitally processed and in time information has been expanded, especially in the form of the specification of the precise sites of the events, the visibility at the time of the accident, weather conditions, damage incurred and the like. Unfortunately, to date no information about the specific animal involved in the collision is recorded anywhere. Such information would be significant especially in terms of accident prevention and the implementation of specific measures.

The decisive factor is timely and quality media coverage of the current situation in the Czech Republic. This shall be one of the major preventive measures to help reduce these collisions, significantly increase the safety of people using means of transport and save dozens of animals every day.

The objective of the study was to collect and evaluate data about animal collisions with motor vehicles in the entire Czech Republic for the period of 2007-2016. To process this data in the minutest detail possible and try to ascertain the causes of these events. Furthermore, to evaluate the collision trend and obtain data about damage occurring to personal property and health in order to specify the consequences of the collisions and how dangerous they can be. To make an effort to design the most effective and simple measures to prevent or at least significantly reduce these collisions.

Traffic infrastructure in the Czech Republic and its impact on the animal population

The developing infrastructure of the Czech Republic in many cases is an almost insurmountable obstacle for migrating animals. This mainly concerns roads but also the railway network. The transport infrastructure is one of the significant factors of regional development because it connects people and business entities in space within the scope of business and recreational journeys.

It is thus necessary to continuously develop the road network. One of the possibilities is either to modernize the current roads or build new roads to reduce the load on the current network (Košňovský 2014). Frequented roads constitute a barrier for many animals and prevent them from free movement through landscape; further impacts include direct annexation of biotopes during the construction of roads (Zikeš 2002). The animals subsequently seek ways in which to overcome these barriers, or search for “weak points” in the barriers, which then creates a higher risk for road users.

Roads as a barrier




We can define a barrier in the landscape, for example, as a certain obstacle, hindrance or barrier preventing animals from moving from one place to another. On the other hand, the barriers may play a role in protecting animals from entering roads. It is thus significant to determine the degree to which the barrier acts as a barrier for the animals – potential risk and the extent to which it acts as protection from such risk.

Another concept of roads as barriers according Ascensao (2017) may be that the barrier is a raised edge or restriction that has a negative effect on the loss of natural sites and may create a barrier effect because of interference and thus increase the mortality rate of animals. It may also concern so-called invisible barriers, i.e. noise barriers that restrict the animals to the same extent, but due to gradual domestication, animals get used to this type of barrier and subsequently stop perceiving it with their senses (Ilgurel 2016). On the other hand, many research studies are considering whether the barriers that prevent animals from entering the roads are even safe also for travellers in cars (Nycz 2016).

An artificial man-made barrier has a significant negative impact on the population of game to which the individual species cannot or do not adequately adapt. Highly frequented roads such as highways and motorways, whose density in the landscape continues to grow disproportionately, are insurmountable obstacles for many species of migrating animals (Anděl et al. 2005).

For many large mammals, the transport barrier is not insurmountable (tab. 1), but the traffic density and vehicle speed make it dangerous for the animals and road users (Aanen 1991).

Tab. 1 - Factors that impact road migration according to Martolose et al. (2014).

Factors	Probability of animals entering the communication		
	Increases 	Without influence 	Decreases 
Landscape type	Heterogeneous landscape, the predominance of natural elements	Homogeneous landscape	Urbanized landscape
Accompanying vegetation of road	In field	In woods	Without vegetation
Traffic intensity	Low	Medium	High
Level of communication	At terrain level, on a slight slit or embankment	In a deep cut	On high embankment
Fence of road	Without fence	Partly fence	Fully fence
Migration objects	Without migration objects	-	With migration objects
Day time	Twilight, sunrise	Night	Day
Season	Spring, autumn	Summer	Weather

Animal mortality rate caused by collisions with means of transport

If an animal collides with a motor vehicle, in 99% of the cases it entails the death of the animal and in many cases also injury to the persons involved as well as significant material damage.

From 2007 to 2016, 14 people died, 82 suffered serious injuries and 841 suffered minor injuries as a result of collisions with animals on our roads. The total number of accidents was 63,599. It is quite certain that the animals are not to blame for all these collisions; if the drivers respected the road traffic rules and anticipated such a collision in these dangerous sections, this would reduce the accident rate. But there is an acute lack of adequate information about the dangerous sections and risk of

collision with animals in the Czech Republic, which substantially differs from many other European countries (Germany, Netherlands).

Lima (2015) discusses the response of the animal to collision with a vehicle. According to him, in many cases, the animal is capable of avoiding the collision by natural instinct. Naturally, this also depends on the response of the driver and electronic detection of the vehicles. According to him, modern systems in motor vehicles give mammals a greater chance of survival when crossing roads.

In the Czech Republic, the animals that are most frequently hit are wild boar (*Sus scrofa*), European hare (*Lepus europaeus*), red fox (*Vulpes vulpes*) and European roe deer (*Capreolus capreolus*) (Anděl et al. 2011). It is clear from his research that suitable fencing in combination with an eco-duct has the consequence of reducing the risk of accidents.

Animal migration and roads are very complicated systems that should mutually respect each other in every crossing design, and the local conditions must be evaluated during each case of construction planning for maximum coherence between the landscape and the roads (Anděl et al. 2006).

The behaviour of migrating animals in relation to the highway was also described by Zikěš (2002) in his work, in which he states that if the migrating animal encounters a highway, it may solve the arising problem in various ways, for example:

- By changing direction of movement and abandon – if the animal does not have a clear migration destination.
- The individual may move along the highway until it finds a suitable migration object for crossing the obstacle.
- It runs across the highway surface, which may result in a collision with a motor vehicle.

Planting vegetation along roads is an important form of protection for animals and a method for preventing collisions. Desai et al. (2012) states that it is necessary to plant vegetation, not only along the roads, but also at sites with industrial zones.

Currently, this situation is often solved by fencing the roads and highways, thus blocking animal migration. However, the biggest disadvantages are high costs and maintenance (Kostečka 2015).

Actual field research revealed many deficiencies, which do not make the fences around the roads “protection for the animals”, but rather their killers. It is not possible to build a fence in such a manner that it terminates a few metres before the start of the next measure in the form of, for example, a crash barrier. Such a gap is a fatal point for the animals, which enter the road where the other side is completely fenced off and the animal thus has no chance to find its way back, naturally resulting in 99% of cases with a collision with passing vehicles. The fences around the roads are described by Ascenasao (2013), who states that it is the most effective method for preventing such collisions, but he emphasises that their construction must be designed perfectly to prevent unnecessary deaths due to poor realisation and subsequent maintenance.

Traffic density and its impact on collisions and animal mortality rate

The traffic density or intensity is a major indicator of road load. According to the Internet resource www.ceskedalnice.cz, it is most commonly presented as the, so-called, annual average daily intensities. However, the destination and journey distance are not evaluated in relation to the accident rate, i.e. the ratio of recreational trips to the total load and accident rate is not considered.

Concerning the visitation rate of the individual tourist destinations, people mostly travel by passenger car. Naturally, this is related to the problem of collisions between vehicles and animals on the roads. According to CzechTourism, the most visited places in the Czech Republic are Prague followed by the ZOO in Zlín, industrial monuments in Dolní Vítkovice and the latest top destination – Aqualand Moravia. Significant destinations are also the mountain regions (Šumava, Krkonoše), which are very popular with tourists in the Czech Republic (Klufová, 2016), and the spa regions (Bozůti, 2015). Further destinations for mainly the local population are significant recreational regions such as Sázava and the Upper Vltava catchment areas, Bohemian Paradise, Lipno, South Moravia and the like. The journeys by passenger car to these areas are associated with a high risk of collision with animals because the holiday-makers often depart on Friday in the late afternoon hours and return on Sunday in the evening, often in low visibility conditions and without adequate physical rest.

According to the Road and Motorway Directorate, motorways and first-class roads are the most frequented.

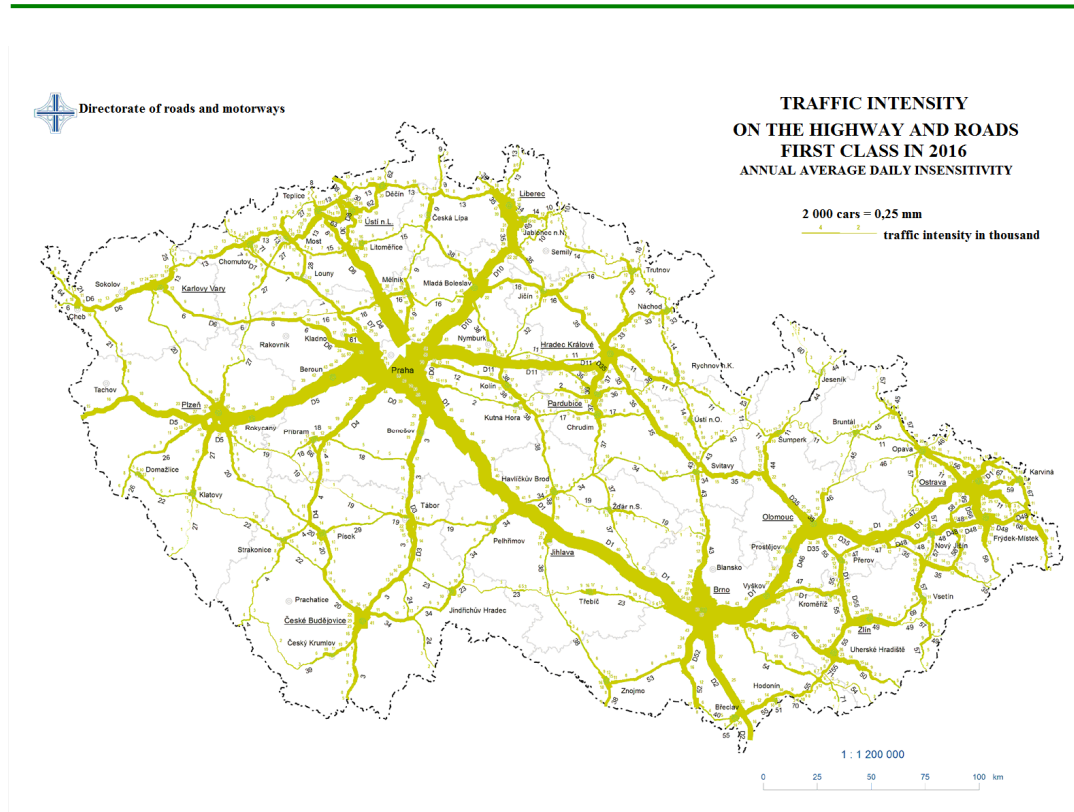


Fig. 2 – Traffic intensity on the motorways and first-class roads in 2016 (the thickness of the line indicates the relative load of the road)

The highest number of accidents occurred on first- and second-class roads, which is naturally influenced by the fact that these are the most common roads in the Czech Republic. The total distance of motorways and roads in the Czech Republic is almost 56,000 km, of which 1,250 km are motorways, 5,811 km are first-class roads, 14,587 km are second-class roads, and 34,130 km are third class roads (www.rsd.cz). Generally, the Czech Republic ranks 21st in terms of the number of fatal traffic accidents in the EU (www.autoklub.cz). The table (1) shows the number of collisions in relation to the distance of the individual types of roads.

Table 1 – Number of collisions (2007-2016) converted to 1 km of total road distance

Types of roads	Number of collisions	Length of roads (km)	Number of collisions 1 km
Motorway	3380	1250	12,8
1. class	22676	5811	3,9
2. class	19967	14587	1,3
3. class	14473	34130	0,42

METHODOLOGY

The Czech Republic has an area of 74,864 km² and more than 55,000 km of roads. The data used in the research was acquired from the Police of the Czech Republic and the author's own field research. At present, the Police records the accidents – collisions of animals with motor vehicles in a high-quality manner; the location is ascertained with a precision of 1 m, the weather conditions at the time of the accidents, light conditions and many other attributes that can be applied very well in various statistics and research. Unfortunately, only collisions to which the police were called and in which people were injured or major damage to property occurred are recorded. There is no record of the type of animal involved in the collision. The author's own research revealed that most of the cases involve medium or large animal species, i.e. species from the size of a hare, fox, otter or badger. Upon collision, the smaller animal species cause almost no damage at all and for this reason, these events are not recorded anywhere.

The basis of this work was the acquisition and processing of data on collisions of motor vehicles with animals from 2007 to 2016 in the entire territory of the Czech Republic. The data were acquired from the author's own field research on the individual roads and the study of police statistics, which contain records of the events that resulted in death or personal injury and also those events that resulted in damage to property. The data were subsequently processed and separated into several groups for a more detailed analysis:

- map co-ordinates
- date of the event
- time of the event
- type of road on which the event occurred
- vehicle type
- death toll
- persons with severe injuries
- persons with minor injuries
- total material damage in hundreds of crowns
- weather conditions at the time of the accident
- visibility

The map data from the ARC GIS system were used for the clearer representation and processing of the data.

RESULTS AND DISCUSSIONS

After processing the source data into the form in which it is used, several comparisons and visualisations of individual years were made for the entire Czech Republic.

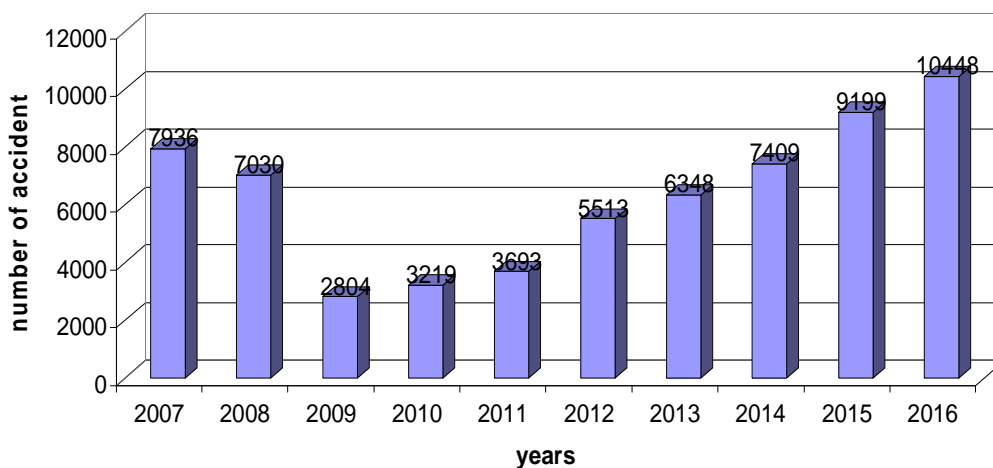


Fig. 3 – Number of collisions for the individual years in the period 2007 – 2016 for the entire Czech Republic

The highest number of accidents was recorded in 2016, the lowest in 2009. After 2008, the rate of accidents involving collisions with animals had a declining trend, but rapidly increased again from 2010. According to the traffic police, this situation is due to the disproportionate increase in road traffic.

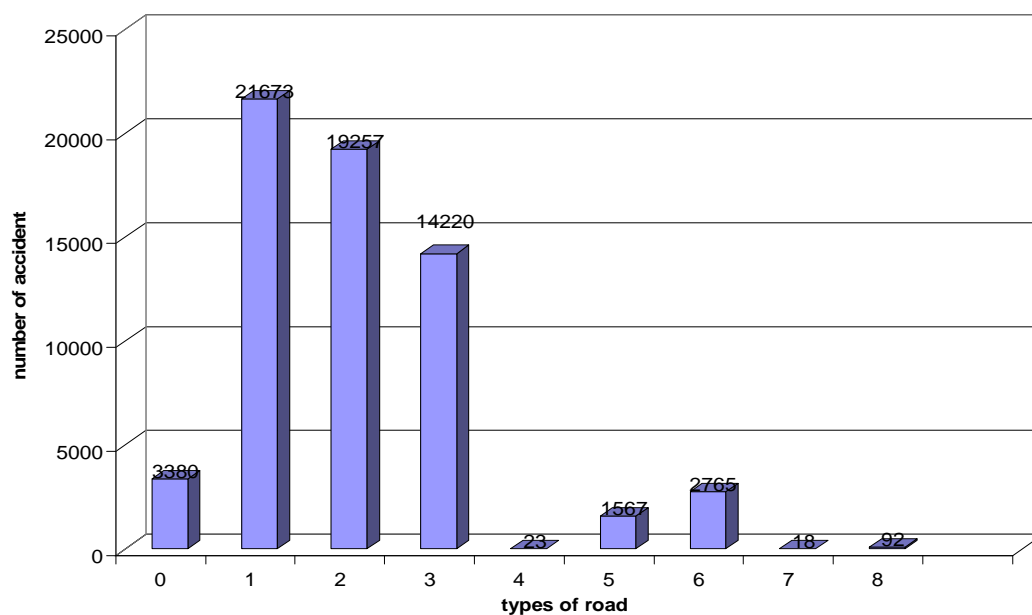


Fig. 4 – Number of collisions in the period 2007-2016 on all types of roads in the Czech Republic
 (0 - Motorway, 1 – First-class roads, 2 – Second-class roads, 3 – Third-class roads, 4 – Node (i.e. a monitored crossroads in selected towns), 5 – Road monitored in selected towns, 6 – Local road, 7 – Utility road, 8 - Other parts of roads)

Kušta (2011) states that collisions between animals and motor vehicles are most often influenced by the time of the event and month in which the collision occurred. He states that accidents mostly occurred at about 10 p.m. and the second wave of collisions occurred at about 6 a.m. It is further stated that collisions occurred most frequently in April and May, and the next month in line was December. From the results for the entire Czech Republic, which we processed, it is possible to agree with this claim. On the contrary, from the results of the Prague East District (Šmíd 2013), these data differ, since in 2008, for instance, May had the highest rainfall followed by November, in 2009 the largest number of accidents occurred in May followed by October.

According to my data analysis, the highest number of accidents occurred at night, without public lighting, and the visibility was not influenced in any way by the weather conditions. A surprise is the ascertained fact that a very high number of accidents occurred during the daytime when the visibility was also not influenced in any way by the weather conditions (Šmíd et al. 2014).

Similar results for Central Europe are presented by Hothorn et al. (2012) and Pokorný (2006). The reasons may be not only the lower daily intensity of transport, but also worse driving conditions and less passable roads in winter when vehicles run at lower speeds (this applies mainly to first-, second- and third-class and other roads). Nevertheless, other authors contend that there is a mild increase in the occurrence of collisions with animals in the winter, for example, in Sweden (Wahlström and Liberg, 1995).

The highest number of collisions on first-class roads in the Czech Republic for the given period – 22,676. During the classification of the roads according to Act No. 13/1997 Coll., the Road Act, the largest part of the Czech road network is composed of first-class roads; the result shall certainly be impacted by this factor.

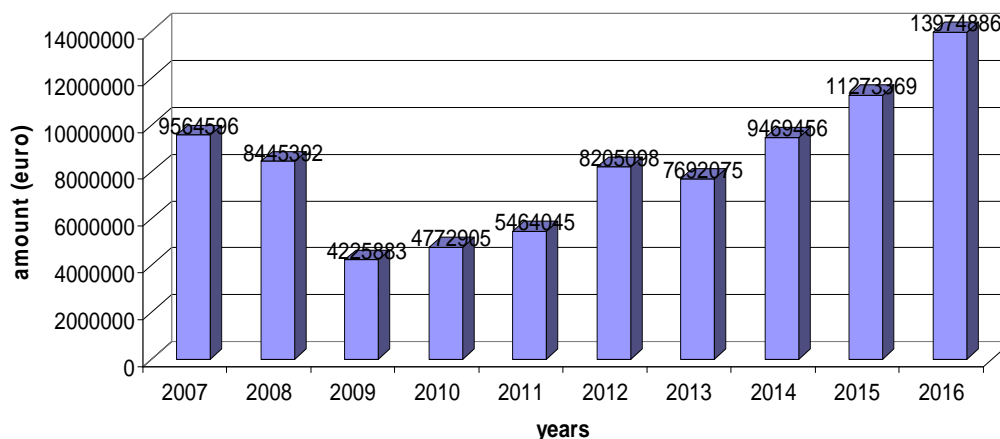


Fig. 5 – The scope of damage to property in the period 2007-2016 for the entire Czech Republic (in euro).

The highest damage to property occurred in 2016 in the amount of €13,974,886, while the least was in 2009 in the amount of €4,225,879. The total damage in the period 2007-2016 in connection with collisions with animals on the roads for the entire Czech Republic is €83,087,709. On average, one traffic accident results in damage amounting to €1,306.

If we focus on the health and safety of people, which is the highest priority of the research, we ascertained that in the period in question a total of 923 people were injured, of whom 5 people unfortunately died of their injuries.

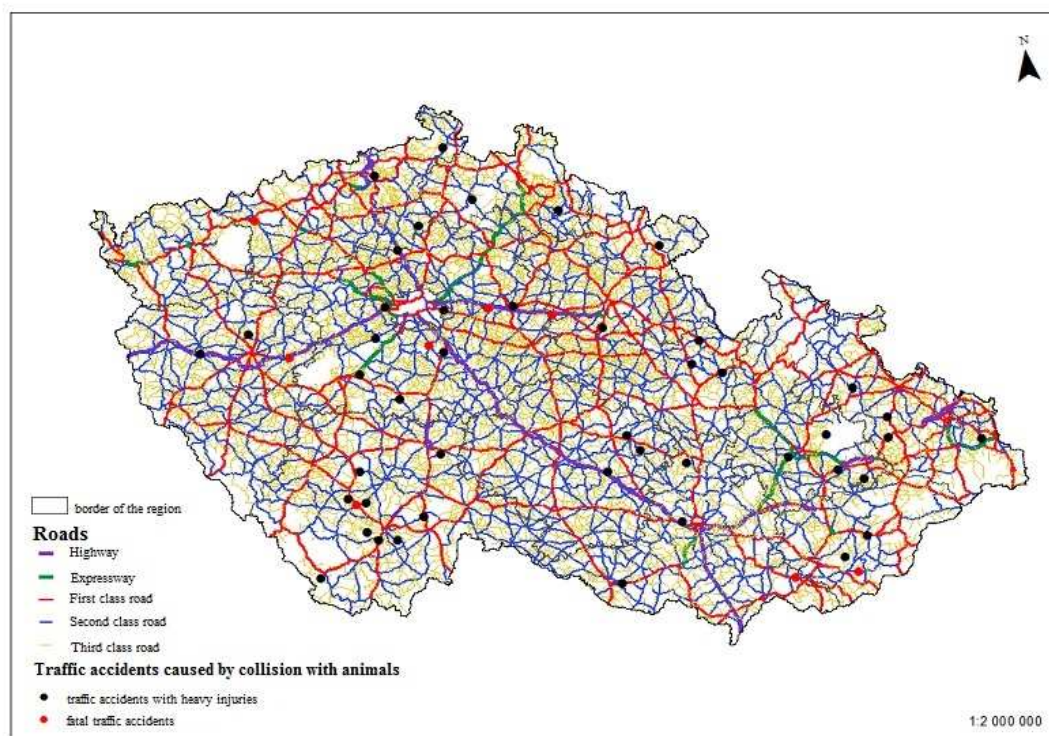


Fig. 6 – Collisions between animals and vehicles 2010-2016 resulting in death or severe injury of people.

Figure 6 shows the places where severe injury (black spots) or death of people (red spots) occurred in connection with the collision of a vehicle with an animal.

Table 2 – Number of collisions (2007-2016) - comparison of the summer holidays (with a higher road usage associated with tourism) and selected months (before and after the holidays)

Years	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Summer holiday	1369	1111	438	885	558	885	1027	1277	1558	1691
March – April	1428	1036	447	436	611	813	969	1242	1371	1808
September - October	1436	1294	482	708	641	1221	1169	1385	1803	1954

Table 2 shows the number of accidents that occurred during the summer holidays when the traffic on the roads should have been higher for reason of travel (holidays, transport of children going for holidays and the like). For comparison, the peri-

ods April-May and September-October were selected at random. We determined that the holidays do not have any significant impact on the number of accidents – collisions with animals. The holiday period is not even different in the overall number of traffic accidents (www.autoklub.cz). Overall, in the period 2007-2016 there were **10,799** collisions during the summer holidays; during the selected months of April and May **22,892** collisions occurred and in September and October there were **12,093** collisions. The reason for the lower number of incidents may thus on the contrary be lower traffic on the roads during the summer holidays than in other months during the year. People are taking holiday and are not travelling to work every day. On the contrary, in the period of April-May, animals are highly active (migration) and weather conditions are generally worse. These results are also confirmed by the accident statistics of the Autoklub ČR (<http://www.autoklub.cz>).

Table 3 – Number of collisions (2007-2016) - comparison of the Christmas season and the same days in the selected month (May)

Years	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Christmas 24, 25, 26	53	45	22	18	22	38	42	55	70	44
May 24, 25, 26	76	65	21	31	31	57	75	50	87	94

A further comparison was between the Christmas season, when road traffic should have been higher again, especially for reason of family visits and trips to winter resorts. Table 3 shows that the number of collisions does not differ significantly and, on the contrary, the number of collisions on the same day of a month selected at random (May) is higher. Overall, the Christmas season in the years in question registered 409 collisions, and 587 collisions occurred on the same days in another month.

From the stated results, we can thus state that the free days or summer holidays do not have any significant impact on the higher number of accidents in connection with collisions between animals and motor vehicles. The problem is year-round and it is not possible to focus only on individual months because the result shall not differ in any way.

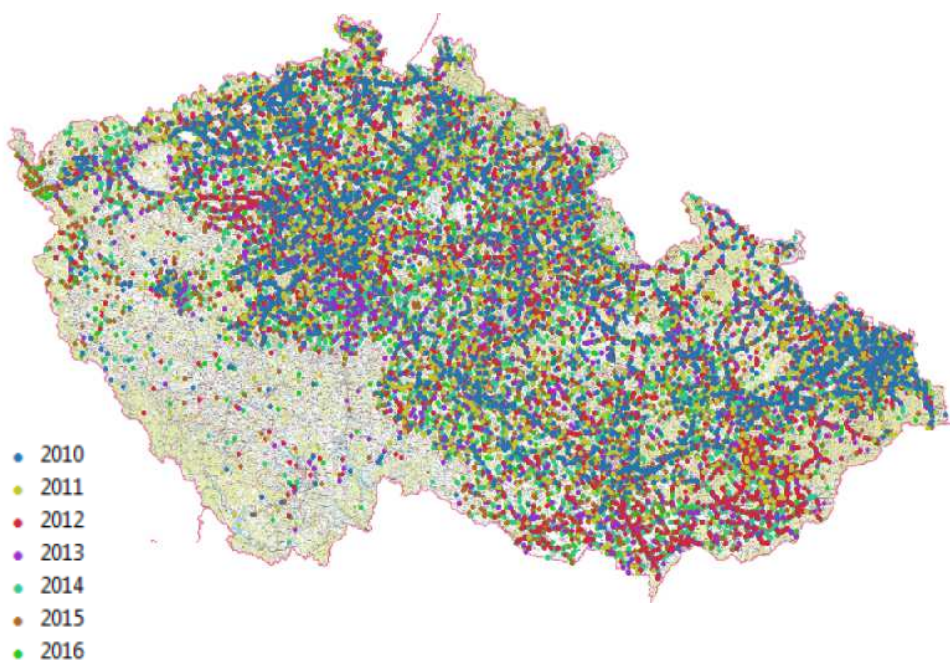


Fig. 7 – Graphic representation of collisions for the period of 2007-2016 (available data from the Czech Republic).

The coloured spots in the figure show the accidents in the individual years in the entire territory of the Czech Republic. By plotting the precise GPS co-ordinates, it was possible to get an overview of the density of these collisions. Unfortunately, this data is missing in part of South Bohemia, the reason being the recording of data on so-called “Euro forms”, where the accidents are recorded by hand on a form and are not digitalized. These data are currently unavailable, and their subsequent processing will be very difficult. However, for quality research and a clear view of the situation in the Czech Republic, these data are indispensable because field research allows us to get only an idea of these events but not the precise situation.

CONCLUSION

In this paper, we confirmed the fact that collisions with animals on the roads in the Czech Republic have a continuously rising trend. At the beginning of research, (Šmíd 2012), we ascertained that the great majority of roads are not in any way protected against collision with animals and drivers are not even warned of this danger. Road signs to reduce speed or any signs warning about the possible presence of an animal were virtually absent. On the contrary, there was a decline in the number of

warning traffic signs although the concerned road sections are still registering accidents.

A great trend at present is fencing of the motorways, but unfortunately the fences are not completed everywhere. The result of this measure shall be verified only in subsequent years. There is fear that the result of this measure shall not be significantly positive because the fences are not safely completed at many points and animals can without any difficulty enter the road at these points. These places are extremely risky because drivers do not assume danger in the form of animals on the road. If such a situation arises, the animal is incapable of finding its way back through the fence and away from dozens of passing motor vehicles.

A similar trend is so-called “scent fences” on the lowerclass roads, which, however, require continuous maintenance. Wild game (especially roe deer and wild boar) quickly get accustomed to this obstacle and stops perceiving it. For this reason, it is almost impossible to permanently complete this research; instead, it must be but continued into the future along with monitoring the development of the situation in connection with the implemented measures. For road users, these blue illuminated fences mean safety against collision and reduced attention.

The basis of prevention must be quality awareness of the population. The warnings for drivers that collision with an animal may occur should be posted at points most frequented by the drivers. Various leaflets carrying this information at petrol stations, at least in three world languages, would be a good start for this prevention. It is further necessary to inform the public in the media, such as, on the radio, television and internet. We have never heard any warning of such a problem on traffic radio broadcasts for drivers. A great benefit could also be so-called unsolicited text messages in which the operator sends SMS messages containing various types of information at random according to the current location of the mobile telephone users. In the course of our research we did not register any warnings on digital information signs installed on the most frequented Czech roads and motorways in recent years, not even during normal travel (average personal travel distance of approx. 100,000 km). A further potential solution, one that needn't be so expensive, is road signs warning drivers about the potential danger of collisions with animals. These cost only tens of euro, but may be a very useful source of information.

In conclusion, it is also necessary to state that we cannot only blame the animals as such for these collisions, as people are much more to blame – excessive speed that is unsuitable for the road conditions, inattentive driving, the poor technical condition of the vehicle and the like. If a system were established in the Czech Republic that is identical to those that exist, for example, in Norway, where the insurance company reduces indemnity in a relatively drastic way upon determining a violation of the road traffic conditions stipulated by law (for example, excessive speed), the number of accidents could be significantly lowered.

REFERENCES

- Aanen, P. (1991). Nature engineering and civil engineering works. – Pudoc Wageningen, Wageningen, Netherlands
- Anděl, P., Hlaváč, V. Lenner, R. (2006). Migrační objekty pro zajištění průchodnosti dálnic a silnic pro volně žijící živočichy - TP 180. – Evernia, Liberec
- Anděl, P., Belková, H., Gorčicová, I., Hlaváč, v., Libosvár, T., Rozínek, R., Šíkula, T., Vojar, J. (2011). Průchodnost silnic a dálnic pro volně žijící živočichy. – Evernia, Liberec, 154 s
- Anděl, P., Gorčicová, I., Hlaváč, V., Miko, L. & Andělová, H. (2005). Hodnocení fragmentace krajiny dopravou. - Agentura ochrany přírody a krajiny, Praha, 99 s
- Ascenao, F. et al.(2017). The effect of roads on edge permeability and movement patterns for small mammals: a case study with Montane Akodont. *Landscape Ecology*, Dordrecht, (p. 1-10).
- Ascenao, F. et al. (2013). Wildlife–vehicle collision mitigation: Is partial fencing the answer? An agent-based model approach. *Ecological Modelling*, 257: 36-43.
- Ascenao, F. et al. The effect of roads on edge permeability and movement patterns for small mammals: a case study with Montane Akodont. *Landscape Ecology*, 1-10.
- Bozóti, A. (2015). Health Tourism Competitiveness – A Complex Approach. *Detu-rope*, 7, 2: 157-174.

- Desai T. B. (eds.) (2012). Impact of urbanization on avenue trees and its role in carbon sequestration: a case study in Kolhapur city. *International journal of environmental sciences*. Vol. 3. No 1, 6 s.
- Gorčicová, I. (2011). Průchodnost silnic a dálnic pro volně žijící živočichy, Evernia s.r.o., 1.p.
- İlgürel, N.; Yügrük A. & Ne'e; A. (2016). Evaluation of noise exposure before and after noise barriers, a simulation study in Istanbul. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 2016, 24.4: 293-302.
- Kostečka, J. & Prášil, M. (2015), PPK-PLO. Požadavky na provedení a kvalitu plotů pro zabránění průniku zvěře a osob na dálnicích a silnicích ve správě Ředitelství silnic a dálnic ČR. 04/2015
- Košnovský, M. (2014). *Silnice v uspořádání 2 + 1*. Brno, 82 s., 28 s. příloh. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací.
- Klufová, R. Destination attractiveness of the South Bohemian region from the viewpoint of spatial data analysis. *Deturope*, 8, 1: 92-111
- Lima, Steven, L., et al. (2015). Animal reactions to oncoming vehicles: a conceptual review. *Biological Reviews*, 90.1: 60-76.
- Nycz, Daniel, B. (2016). Influence of impact angle and humidity on TB11 virtual cash tests for SP-05/2 road safety barrier. *The Archives of Automotive Engineering–Archiwum Motoryzacji Vol*, 73.3.
- Palatková, M. & Zichová, J. (2014). *Ekonomika turismu: turismus České republiky*. Grada
- Šmíd, P. (2011). Analýza příčin a prevence střetu motorových vozidel se zvěří v okrese Praha východ, Diplomová práce, Fakulta životního prostředí, Katedra aplikované ekologie, Česká zemědělská univerzita v Praze
- Smid, P. & Pecharova, E. (2013): Analysis of the potential causes and prevention of , conflicts of motor vehicles with the game in the district of Prague-East. 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference and EXPO, SGEM 2013; Albena; Bulgaria; 16 June 2013 through 22 June 2013; Vol. 1, 2013, 63-70
- Smid, P., et al. (2014) 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014, www.sgem.org, SGEM2014 Conference Proceedings, ISBN

978-619-7105-17-9 / ISSN 1314-2704, June 19-25, 2014, Book 5, Vol. 1,
673-680 pp

Zikeš, P., (2002). Problém průchodnosti dálničních a rychlostních komunikací pro
volně žijící živočichy, Dopravní fakulta Jana Pernera v Pardubicích)

<http://www.autoklub.cz/dokument/12022-statistika-nehodovosti-za-rok-2016>. html,
cit. 2017

<http://www.ceskedalnice.cz/odborne-info/intenzity-dopravy/>, cit. 2015 - 2017

www.mdcz.cz, cit. 2015 – 2017

www.rsd.cz, cit 2015 - 2017

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

Police of the Czech Republic, Police presidium of the Czech republic, Statistic 2017

ANALYSIS OF THE POTENTIAL CAUSES AND PREVENTION OF CONFLICTS OF MOTOR VEHICLES WITH THE GAME IN THE DISTRICT OF PRAGUE-EAST

Dipl. Ing. Petr Smid, DiS. 1

Ass.Prof. Emilie Pecharova, Dr. 2

Faculty of Environmental Sciences, Department of Applied Ecology, Czech University of Life Sciences Prague, Namesti Smirickych 1, 281 63 Kostelec nad Cernými lesy, Czech Republic - psmid@knc.czu.cz

Abstract

This research deals with analysis and prevention of vehicles conflicts with animals in the Prague East area. In this work various conditions usually occurring during conflicts are taken into account, such as annual weather factor or visibility in a different time of day.

Further in the work is dealt with possible prevention and measures for these conflicts through various ways that are either currently in use and already prevent these conflicts or vice versa exist but are not used. The work is mainly focused on the large mammals; smaller animals are not included in the work because vehicles conflicts with these animals are very rare and unrecorded.

Keywords: animal, road traffic, road safety, landscape, migration

- **Introduction**

One of the effects of vehicle traffic is still denser and increasing risk of confrontation with the game. Construction of a new ways of communication means for animals is an serious obstacle that must be overcome on a daily basis and if there are not sufficient measures considered in advance to prevent these obstacles such as warning signs, consequences can be fatal. A significant role also plays modifying of the terrain, which is very important for a natural connection with the surrounding environment. If spaces of migration object are interconnected with the adjacent landscape, it is estimated that animals use it (Anděl et al. 2006). It is also necessary to consider what consequences can have the sheer isolation of the animals caused by a complete fencing and by preventing the entry into the communication. On the other hand, if the migration objects are used, there is still a risk of mortality for animals. Sufficient number of migration objects as well as fencing communication has their justification and combining them needs to be considered very carefully and it is always necessary to consider both the risks (Gorčicová 2011). The core part of the work is mainly focused on the mortality of large mammals on selected roads in the District of Prague-East. Furthermore, it is focused on the factors, which cause the deaths of large mammals on the basis of the data obtained from 2007 to October 2011.

- **The objectives**

The main aim of the work was to obtain data about the clashes game with motor vehicles in the district Prague East and to process these data as fully as possible, graphically display them and determine the causes of these events and try to suggest what might be the most effective and simplest measures to prevent, or at least a significantly reduce in these collisions.

- **Landscape**

There are quite a large number of definitions for the term landscape. According to Sklenička (2003), landscape is perceived differently by architect, scientist, economist, farmer, politician or an artist.

Fragmentation of the landscape is the serious problem, which has negative impact on the landscape character and wildlife populations. In the process of fragmentation continuous biotopes are divided into smaller and more isolated and migration barrier are formed. Landscape always used to be fragmented but industrial development, mining, railway and road traffic enhanced this phenomenon. The crucial question of fragmentation is to which extent it is bearable. Currently the main risk factors are residential building and construction of transport infrastructure – new highways, roads, and rail corridors. The risk of landscape fragmentation must be taken into consideration when planning the use of landscapes (www.mzp.cz).

- **Traffic infrastructure in the Czech Republic and its influence on animals population**

Traffic infrastructure in the Czech Republic is constantly developing and more roads that are barriers for animals are built. Regarding traffic infrastructure, forget one of the major obstacles for the animals, which is of course the rail network cannot be omitted. Trombulak (2003) suggests that infrastructure has a negative effect on the biological integrity of terrestrial and aquatic ecosystems, and the main negative effects according to him include:

- Physical changes in the environment
- Modification of animal behaviour
- Mortalities as a result of a crash with vehicle
- Mortalities of fauna during the road construction
- Changes in the chemical environment
- Expansion of exotic effects
- An increase of the civilization pressure

- **The mortality of animals caused by crashes with the motor vehicles**

The number of killed animals as a result of a collision with motor vehicles is growing every year. The ever-increasing frequency of transport, which is related to the increasing number of motor vehicles on the roads, is definitely the main reason. According to Dufek et al. (2000) animal mortality is the most significant effect of fragmentation. Kotlášková (2010) states that a clash with the game is a car accident

not caused by driver, during which the wildlife animal, or part of it, was found on the site of a traffic accident, or near the site of a traffic accident, and also following is valid:

- Persons were not injured during this accident
- There was not any technical defect on the vehicle presented or found
- A driver had not used alcoholic beverages, or other addictive substances

"Mortality caused by collisions with vehicles is probably the most visible impact of transport on wild species. The most influential factors can be found near the roads, for example fencing, alleys, crash barriers etc." (Anděl et al. 2005).

Police Department that keeps track on the conflicts of motor vehicles provides us following numbers.

In 2007 (since when statistics are kept) 7936 traffic accidents caused by collision of the game was registered in the Czech Republic, in which total estimated loss on property was 253 461 800 CZK. That year these accidents killed 3 people, 14 people were seriously injured and 72 people were injured lightly.

In 2008 there were 7030 collisions with game with estimated loss on property 223 802 CZK, 2 people were killed and 7 people were seriously injured and 84 were injured lightly.

In 2009, there were 2804 collisions with game with estimated loss on property 111 985 900 CZK. Nobody was killed that year, but 9 people were badly injured and 61 people were injured lightly.

In 2010 there were registered 3219 accidents with game, estimated total loss on property was 126 482 000 CZK. 1 person was killed that year, 3 people were seriously injured and 63 people were injured lightly.

In 2011 there were 3693 accidents, estimated loss on property was 144 797 200 CZK. That year 3 people were killed, 11 people were seriously injured and 63 people were injured lightly (police of the Czech Republic Police Presidium of the CZECH REPUBLIC, 2011).

It is important to further evaluate this issue, because animal mortality is the most visible impact which traffic has on wildlife.

6. Migration animals

According to Sklenička (2003) migration is the motion of a large number of individuals of the species from one place to another. Migration can also be described as a general concept of all the moves of wild animals in the countryside. Migration profile is the space where there is a crossing of a migration path with traffic communications (Anděl et al. 2011).

Migration paths and traffic roads are both very complex systems and local conditions should be considered when planning and building crossing (Anděl et al. 2006).

Migration of mammals is not fully understood phenomenon, reasons for migration can be various, for example food, disturbing elements, reproduction and so on, migration for this reasons is called common or daily migration (Müller and Berthould 1997).

Zikeš (2002) described strategies of animal behaviour when confronted with the highway:

- Change of the direction and leaving the area
- Moving alongside the highway until there is a possible crossing point
- Crossing the highway which can lead to the crash with the vehicle.

7. Methodics

7.1 An evaluation of the data obtained from the Police of the Czech Republic

The essential of the work was to obtain and evaluate the data about the vehicle accidents with the wild animals from 2007 until September 2011 in the Prague East district. The data were obtained by the field research of the traffic on the roads in the above mentioned district and combined with evaluated data from the police statistics. There are registered data of the accidents, which caused the death or injury of the passengers or also the accidents, which caused the damage of the property. The data were divided into the following groups for detailed analysis.

- GPS coordinates
- Date of the accident
- Time of the accident
- Kind of the road, where the accident happened
- Kind of the vehicle
- How many people died
- How many people heavy injured
- How many people light injured
- The total costs of the damage of the property in hundreds of CZK
- The weather conditions in time of the accident
- The visibility

After the analysis the data were evaluated and graphically shown in the program ARC GIS (geographic information system) for the final summary and to use for possible prevention and application for the warning of a potential accident which can happen on the road.

8. The results

8.1. Conflicts of wildlife ČR

From obtained material there were evaluated dates of crashes of vehicles with game on traffic road all over the Czech Republic in the period from 2007 until September 2011 (fig. 1).

Fig. 1 – The number of accidents from to 2007–2011–9 in the Czech republic

The result is that most accidents was in the year 2007 (7936). By contrast, in 2009, the number of accidents decreased rapidly to the value 2804. In 2011 the number of accidents was only 2640, but accidents are recorded only until the month of September and the end of the year is not included.

In comparison the number of individual crashes for the entire CR evaluated by the type of communication for example: highway – 1578 accidents, first class road – 8852 accidents, second class road – 6941 accidents, third class road – 4914 accidents etc.

Most of the car crashes with game in the Czech Republic during the years 2007 – 2011 took place on the first class roads, data show that most of the crashes was registered in the 2007 (8852)

The first class roads are the most frequent type of communication and also the longest communication system in the Czech Republic. The numbers of crashes might interfere with this fact.

On the other hand, not such a big number of crashes on highways may be caused by the fact that highways are shorter in kilometres than the first class roads and they are also much busier, which may be repelling for the game.

Fig.2 – The number of accidents from to 2007–2011–9 in the Prague of the East

8.2. Conflicts of wildlife Prague of the East

From all the evaluated data were further chosen only these related to Prague East area These data were further processed according to methodology (fig. 2)

Most accidents in the district Prague East happed in the year 2007 (158) and the number of accidents is decreasing every year, which might be influenced by the disciplinary scoring system introduced in the Czech Republic in 2006. Since then drivers try to rides lowly and obey the road rules, so there is less accidents including the crashes with game. Also more people is aware of the situation try to find the way how to lower the mortality of animals on the roads. Technological progress can also play a role, because drivers in modern cars are able to spot the animal sooner and react in more flexible manner (fig. 4).

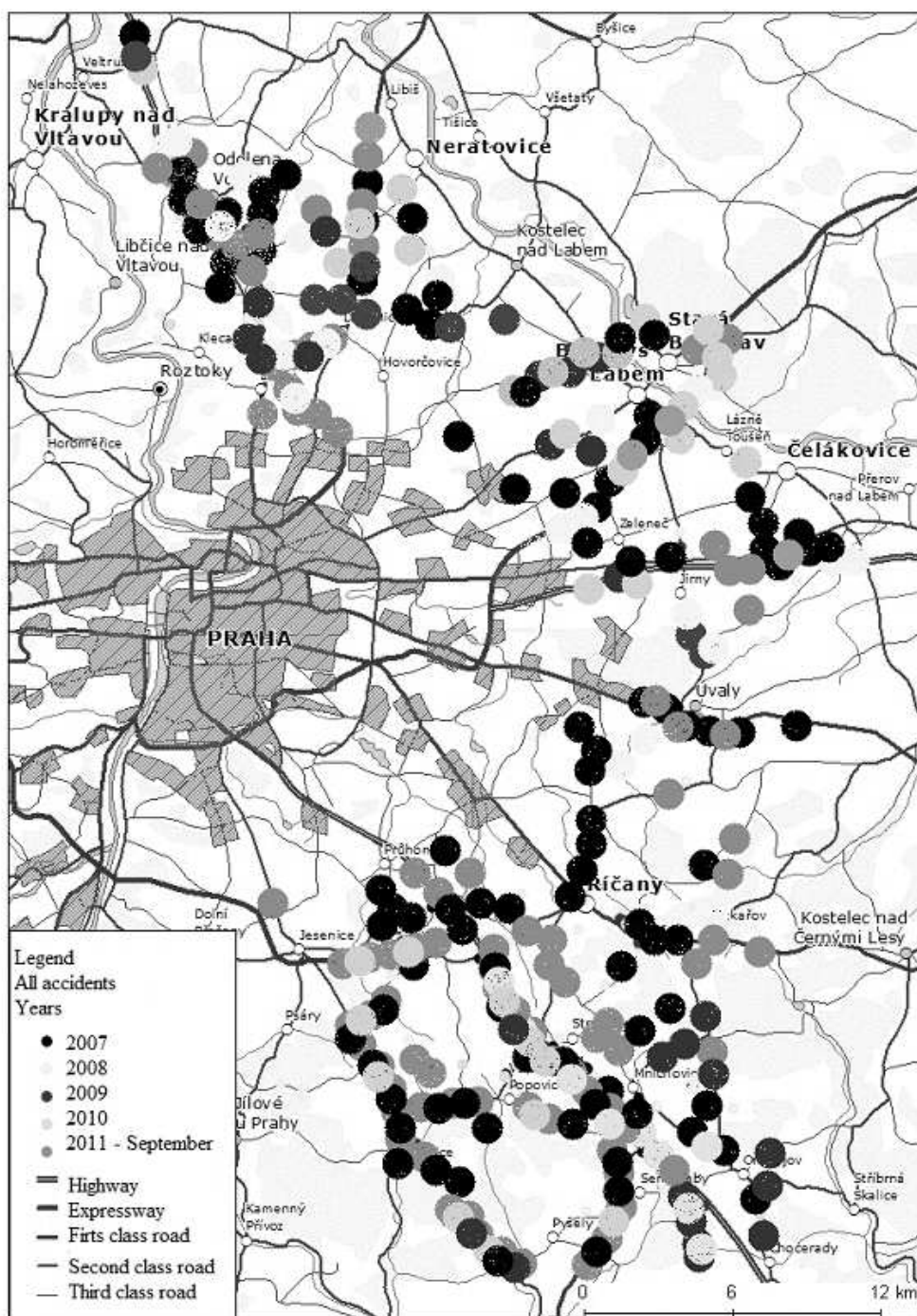


Fig. 4 – The number of accidents from 2007–2011–9 district Prague of the East

Places of accidents captured in system GIS for easier orientation.

There is less points than actual accidents on Fig. No. 3, because individual points in many areas overlap, since they are the place where the conflict occurs repeatedly.

Most accidents were registered in December 2007 and least accidents were registered in February 2009, March 2009, 2010 and June 2011 (tab. 1). Every year the most accidents occurred in month of May.

Years/month	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XI I.
2007	8	8	5	18	21	9	8	14	13	16	14	24
2008	13	3	8	12	19	13	9	8	11	13	14	10
2009	9	7	1	10	14	10	4	5	4	13	8	8
2010	3	1	1	2	13	8	10	9	6	6	12	9
2011-9	7	4	7	8	14	1	7	9	5			

Tab. 1 – The number of accidents per months from 2007 – 2011-9 in the district Prague of the East

Most of the crashes was with personal vehicle, Table 2 lists the exact number of accidents according to the vehicle type.

Type vehicle/years	2007	2008	2009	2010	2011-9
Motorcycle	1	2	3	0	1
Car without a trailer	135	109	68	62	49
Car with a trailer	2	0	0	0	0
Truck	11	16	13	9	3
Truck with a trailer	0	1	0	0	1
Truck with a long trailer	6	3	5	4	7
Bus	2	1	4	5	1
Not detected – the driver missed	1	1	0	0	0

Tab. 2 – The number of accidents from 2007 – 2011-9 in the district Prague of the East divided by type of the vehicle

The data were also evaluated according to the consequences of the accident. These data might be influenced by the fact that condition of persons involved is monitored only 24 hours after the accident.

The very fortunate outcome of the research is that nobody was killed in this kind of accidents in mentioned years.

All these accidents happened during the time of low visibility and under difficult weather conditions, which make it more difficult for driver to react on unexpected situation. During these accidents the vehicle also crashed with another obstacle after the collision with the game.

9. Conclusion

In this work I conclude that mortality of game on the road should be given far greater importance. When evaluating data it was found that around communications, where there may be a conflict with wildlife are no preventive measures taken. Traffic

signs suggesting reducing the speed because of the wildlife can be hardly ever found on the roads. The only exception is a part of road from Říčany u Prahy to Mukařov, where there are signs informing drivers about possibility of wildlife occurrence on the road and where the speed limit is reduced to 60 km per hour.

The results clearly show that in the evaluated period most accidents happened in the year 2007, further it was found out, that most of the accidents happened regardless the year on the second class roads with the good visibility and under normal weather conditions.

Fortunate finding, however, was that during these events nobody was killed. Considering the costs of 1 km of highway, which is about 300 millions crowns (www.rsd.cz) the price of the traffic signs informing drivers about wildlife negligible (www.adoz-znaecni). Unexpensive is also fencing or tree planting which would prevent the entry of game on the road. Mediatization also has a great potential in preventing these accidents.

This research will contribute to general awareness of this phenomenon as well to development of navigation system for drivers, which would inform them when driving through the areas with higher risk of game passing the road.

10. References

Anděl, P., Gorčicová, I., Hlaváč, V., Miko, L. & Andělová, H. 2005: Evaluation of landscape fragmentation. -Nature and landscape protection agency, Prague, 99 s

Anděl, P., Hlaváč, V. & Lenner, R. 2006: The migration objects in order to ensure the continuity of highways and roads for wildlife-TP 180. – The EVERNIA, Liberec, 55. s

Anděl, P., Belková, H., Gorčicová, I., Hlaváč, v., Libosvár, T., Rozínek, R., Šikula, T., et

Dufek, J., et al 2003: Transport Research Centre, the fragmentation of transport infrastructure sites – ecological effects, and possible solutions in the project COST 341

Forman, R.T.T. & Collinge, S.K. 1997: Nature conserved in changing landscapes with and without spatial planning. - Landscape and Urban Planning 37: 129-135 s

Gorčicová, I., 2011: Throughput of the roads and highways for wildlife, EVERNIA s.r.o., 1 s

Havránek, F., 2007: Conflicts and the means of transport on roads, Research Institute of forestry and wildlife management,

Kotlásková, Z.,2010: Accident places on the road in the District of Hodonín, diploma thesis, Faculty of Transport, University of Pardubice, Department of technology and traffic management. The head of the work Ing. Michael Kidney, Phd.

Kušta, T.,2011: Assess the impact of the infrastructure on the mortality and migration of large mammals, dissertation, Czech Agricultural University in Prague, Faculty of forestry and wood technology, Department of forest protection and wildlife management, Department of game management. Supervisor doc. Ing. Jaroslav Červený, CSc

Lipský, Z. 2000: Tracking changes in the cultural landscape. CUA Prague, Prague, 71 s

Müller, S. and Berthould, G. 1997: Fauna / Traffic safety. – Manual for civil Engineers, LAVOC – EPFL, Lausanne, Switzerland, 119 pp.

Sklenička, P. 2003: The basics of landscape planning. Nadezhda Skleničková-Publishing House, Prague, 321 s.

Šlezinger, M. 2003: Applied and landscape ecology. -Academic Publishing House, Brno, CERM 68 s.

Vojar, J. 2011: Throughput of the roads and highways for wildlife. The Evernia, Liberec, 154 s.

Zikeš, P., 2002: The problem of bottlenecks on motorways and expressways for wildlife, Jan Perner transport faculty in Pardubice

Ředitelství silnic a dálnic [on-line]

<http://www.rsd.cz/rsd/rsd.nsf/c4036191b207fe78412566a>

b005dd08f/879cc1f954db7dddc125740b00498cf2?OpenDocument, cit. 13.03.2008

The Ministry of the environment [on-line],

http://www.mzp.cz/cz/fragmentace_krajiny, retrieved 2008-2012

ADOZ Prague-traffic signs [Online] <http://www.adoz-znaceni.cz/e-shop/dopravni-znacky/vystrazne-znacky>

www.istrojirenstvi.cz

Database of the police of the Czech Republic 2011

Volvo Car Corporation, in the arc of the 731, 252 43 Průhonice

THE CAUSES ANALYSIS AND COLLISIONS PREVENTION OF THE WILDLIFE WITH MOTOR VEHICLES THE EASTERN PART OF THE CENTRAL REGION DISTRICT OF THE CZECH REPUBLIC

Dipl. Ing. Petr Smid, DiS. 1

Ass.Prof. Emilie Pecharova, Dr. 2

Dipl. Ing. Martin Vykouk

Karolina Faltova

Faculty of Environmental Sciences, Department of Applied Ecology, Czech University of Life Sciences Prague, Namesti Smirickyh 1, 281 63 Kostelec nad Cernymi lesy, Czech republic - psmid@knc.czu.cz

Abstract

This research deals with analysis and prevention of vehicles conflicts with animals in the Eastern part of the central region of the Czech republic. In this work various factors are taken into consideration, such as annual weather factor and weather conditions, type of vehicle, visibility in a different time of day and others.

Further the work deals with possible prevention and measures for these conflicts through various means that are either currently in use but are not effective or already exist but are not used. The work will describe the effectiveness of all the means in the Czech republic that prevents conflicts.

The work is mainly focused on the large animals starting with hare or fox, smaller animals are not mentioned as vehicles conflict with them are very rare and go unreported or drivers even don't noticed them. In work will also quantified the total damage which was in conflicts.

Keywords: animal, conflict, road safety, landscape, migration, prevention

1. Infrastructure of traffic

The purpose of traffic is providing relocation of goods, people and information within space and time. Traffic also pays for one of the most developed economical sphere, due to its purpose and importance in national economy can be compared to industry and agriculture. Traffic enables realization of national and international division of labor and therefore also a high productivity of agriculture, industry and business. Development of traffic infrastructure leads to the faster, smooth and safer supply to population, supports expansion of settlements, unifies various areas into one economic complex, enables wealthier life for inhabitants and so on [1]. While advantageous location of a certain region can be beneficial to its development in this perspective peripheral location can be seen as problematic [2]. There are two sides to every coin, even though traffic development seems rewarding it also brings severe risks to nature and environment in general [3].

2. Negative impacts of infrastructure

Roads have a wide impact on wild animals. Traffic impacts nature in negative way at least in four different means. First these are direct destroying of ecosystem at places of traffic construction works. The construction works brings disturbing factors to the

environment, such as noise, seismic changes, visual disturbances and also higher civilization pressure on formerly inaccessible areas [3], furthermore it is a chemical pollution caused by exhaust gas, road dust, salt etc. [4]. Other significant problems caused by traffic infrastructure are vehicle clashes with game and so called a barrier effect of roads [4] which draws attention of word scientists within past couple of years [5]. The barrier effect means that migration of animals through the landscape is disabled by traffic infrastructure [4]. The big roads such as highways and motorways play the main role and the barrier effect caused by this kind of roads leads to landscape fragmentation [6].

3. Landscape fragmentation

Anděl (2005) [4] reveals the origin of the word fragmentation from the latin word *fragmentum* which stands for a small part or a separate piece. Therefore fragmentation means separating of landscape into small, divided pieces which are not capable of long term functioning [7]. Traffic is not the only factor responsible for the landscape fragmentation. Since the beginning of the human management in nature and especial after Neolithic revolution fragmentation took place and divided landscape into separated segments. Fragmentation itself is not the main problem, what is problematic is its growing extent.

4. Traffic mortality

The barrier effect as well as traffic mortality has a large impact on population lowering and elimination of genetic diversity in population [8]. In some cases traffic mortality is so high that even exceeds the number of natural death causes and therefore has negative impact on population numbers of some wild animals [9]. Was monitored the ecological impact of roads and came to the conclusion that car clashes with game in last thirty years are very likely to be the more frequent cause of death than hunting and therefore the main cause of death of terrestrial vertebrates. This sad truth is responsible for the fact that people likely see an animal killed by car than the same species alive in the nature [9].

5. The factors affecting traffic mortality

The factor affecting traffic mortality of animals are very different. Number of studies proved that mortality in total correlates especially with the traffic intensity, speed of vehicles, landscape structure and terrain topography [10]. Another finding reveals that high risk of clash correlates with low visibility and unsatisfactory state of road surface [11]. The age or sex of animals as well as the season can also play a role in the collision probability and also long distance migrating species are in higher risk of the clash with a vehicle [12].

6. Safe passing of roads enabling factors

Safe passing of roads enabling objects for animals are called migration objects and can be divided according to different perspectives. The main perspective is a relation to traffic degree; we divide accordingly [13]:

- Underpasses – tube, frame, mouth style
- Communication bridges – multi-purpose bridge, special bridge
- Overpasses – bridges over communication , tunnels (mined, excavated)

Underpasses and overpasses should be comparable in their functioning. As it was mentioned above especially terrain conditions and vertical alignment are taken into

consideration when deciding between using of different safe passing enabling objects [14]. One special type of overpasses is worth mentioning and it is that for squirrels, dormice and other small animals connecting two wood complexes among communication sides. These overpasses are built in the tree crown high and are either made as a special kind of footbridge or using toll gates [13].

A number of methodological tools for example migration potential can be used to evaluate efficiency of certain migration profile [13].

7. Supporting measures of migrate objects

Supporting measures are a very important aspect in using migrate objects as they enables smooth integration into environment, limitation of disturbing influences of traffic and stopping animals from entering roads [13].

- Terrain modification and installation of animal shelters
- Modification of vegetation in surrounding area
- Vegetation stripes
- Vegetation on migration body

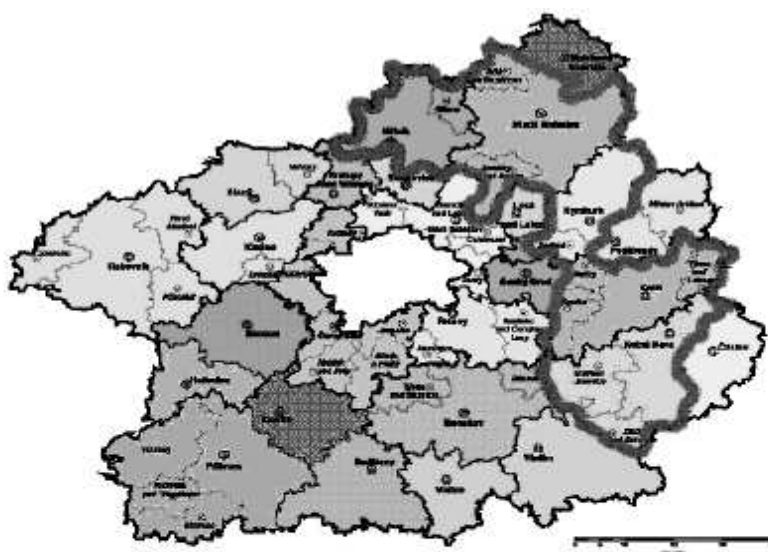
8. Methodic

Source of data used

Evaluated data were obtained from the Police of the Czech Republic and from the Czech police presidium, analytical division in Prague and also from actual terrain survey. These statistics are not perfect because of their incompleteness but in the scale of the Czech Republic can be considered complex for the wide number of factors which are taken into consideration, such as exact coordinates of accident, weather conditions and time. The statistic I use cover only the accidents of higher importance which cause damage on vehicle or injury or even death of a person which mean the vehicle clashes with big animals. Animals from the size of fox, otter or hare are occurring in these statistics.

Evaluated area

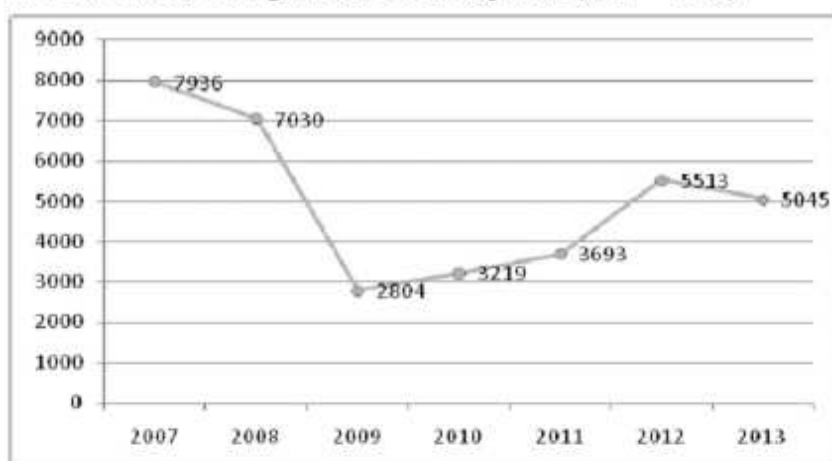
The analyzed area is the east to north-east part of Central Bohemia region in particular districts Mělník, Mladá Boleslav, Nymburk, Kolin and Kutná Hora, picture nr.1 (red marked areas).



Picture nr. 1 – Central Bohemia region with analyzed district [15]

9. Results

9.1 Car clashes with game in Czech Republic (2007 – 2013)



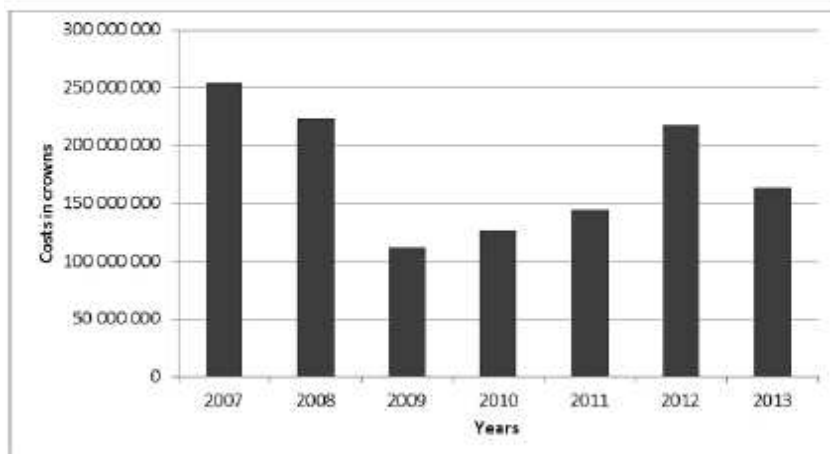
Picture nr. 2 - Car clashes with game in Czech Republic 2007 – 2013 (October)

Police statistics provide data since the year 2007 only. Long term monitoring is going to be necessary for the evaluation of efficiency of measures taken on the communications. Data from long term monitoring will show spots of higher risk in future so we can react accordingly. So far we can use 7 years of monitoring, years 2007 – 2013 (October), picture nr. 2 shows distribution of car clashes with game in these years.

In the picture nr. 2 there is a decreasing number of car clashes with game trend visible in comparison with the year 2007. The smallest number of accidents (2 804) was recorded in the year 2009. Unfortunately in the next years the numbers of clashes were growing however still not reaching the 2007 and 2008 level. The year 2013 is not in terms of accidents complete, data from the months November and December are not available yet and therefore a significant number of accidents are missing in the picture. Average number of accident in the months November and December according to

previous years was estimated on 933. If we count the year 2013 as an average the last column of the table would prove an increasing trend with a number of 5978.

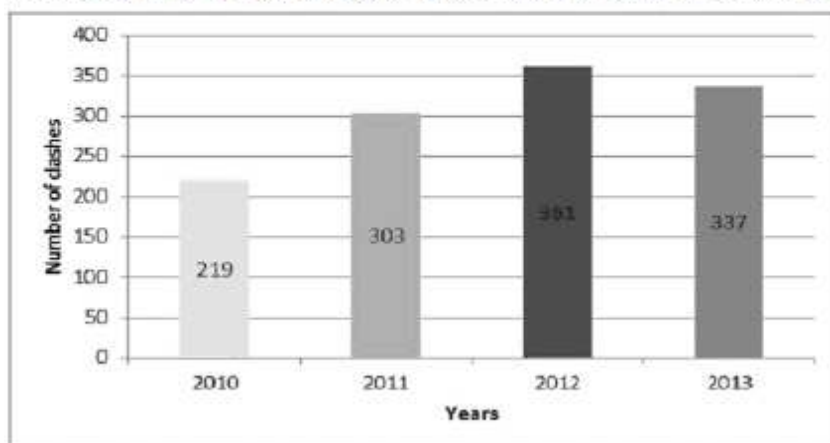
In terms of material damage on property monitored in these years the number is 1 241 123 600 CZK. The expenses covering biological damage and repatriation of species into environment are not included otherwise the number would be obviously much bigger. Table of damage on property is in the picture nr. 3.



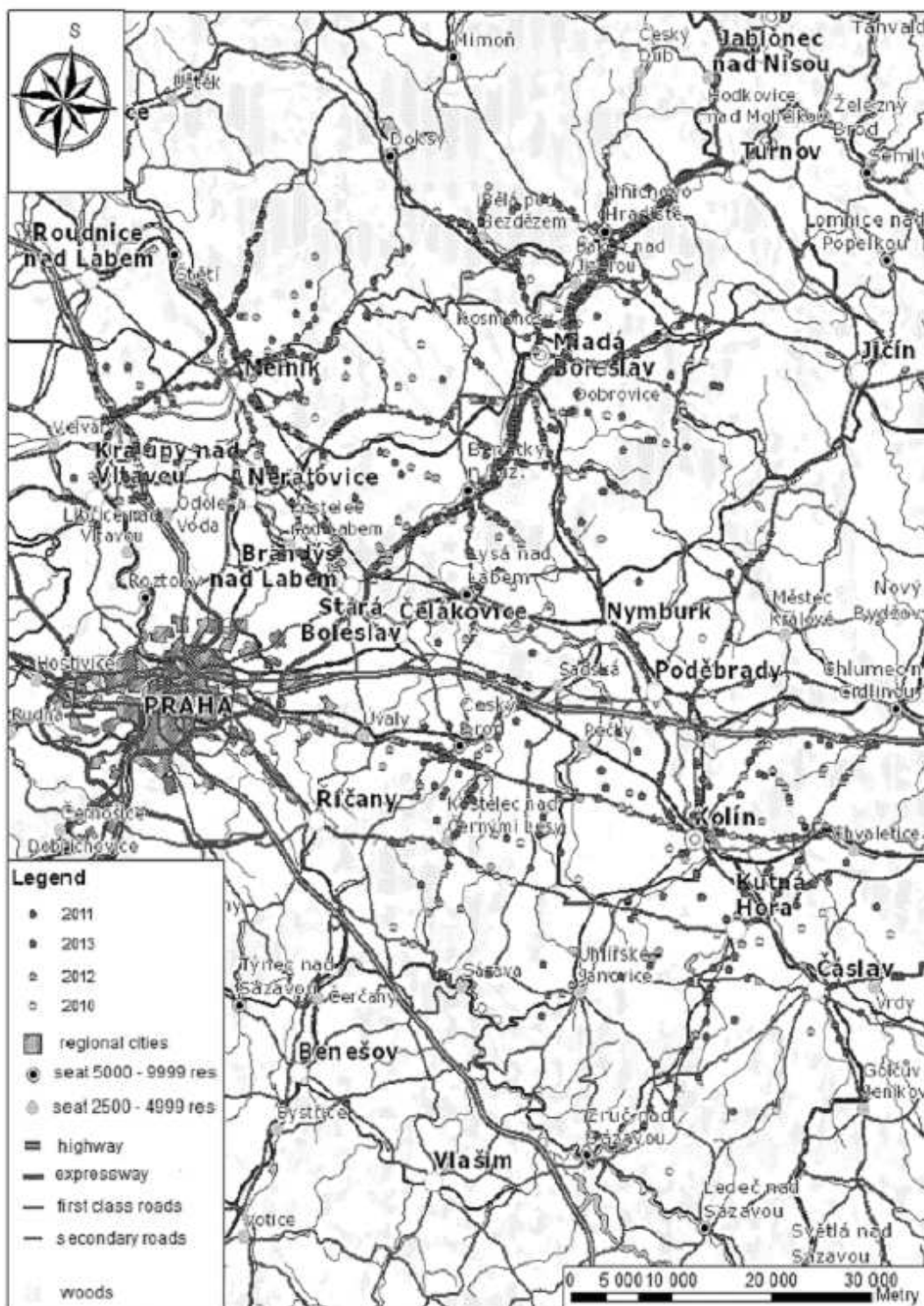
Picture nr. 3 – Material damage caused car clashes with game 2007 – 2013 (October)

9.2 Car clashes with animals the east to north-east part of Central Bohemia region (districts Mělník, Mladá Boleslav, Nynburk, Kolín and Kutná Hora)

The first information I was interested in was a number of accidents in particular years. In picture nr. 4 can be seen that highest number of accidents happened in the year 2012 and that was 361, followed by the year 2013 with 337 accidents and as it was mentioned above, in the year 2013 we are missing statistic from the months November and December in which higher degree of accident frequency can be predicted.



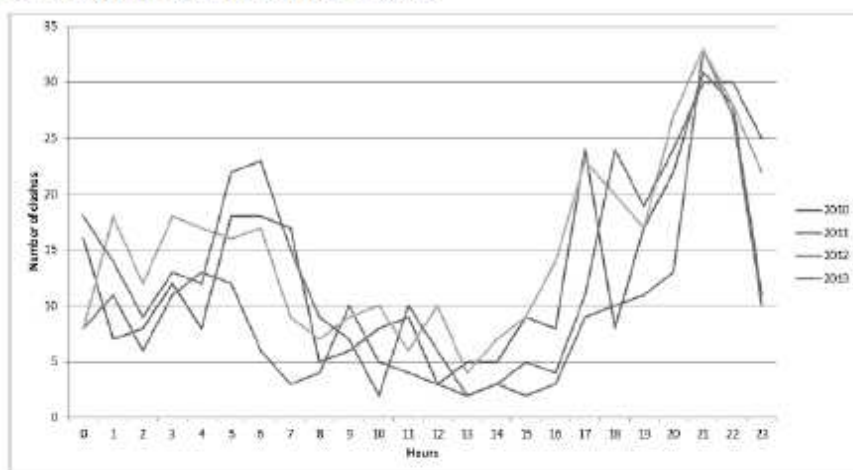
Picture nr. 4 - Number of accidents in years 2010 – 2013 (October) in districts Mělník, Mladá Boleslav, Nynburk, Kolín and Kutná Hora.



Picture nr. 5 - Accidents in years 2010 – 2013 (October) in districts Mělník, Mladá Boleslav, Nymburk, Kolín and Kutná Hora.

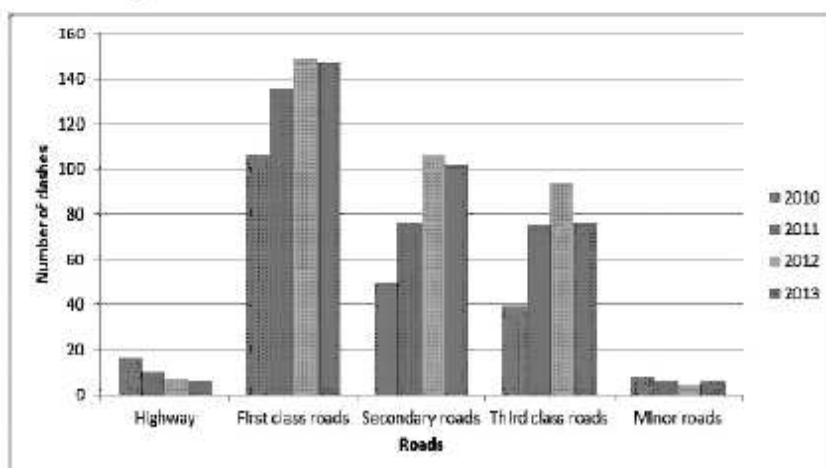
Furthermore accidents were selected according to the particular months. The higher number of accidents happens in the month of May and October. The smallest number is in February. In the rest of the months the numbers are about equally distributed in all given years.

9.3. Distribution of clashes in time



Picture nr. 6 - Distribution of clashes in time during a day in the years 2010 – 2013 (October) in districts Mělník, Mladá Boleslav, Nymburk, Kolín and Kutná Hora

Distribution of accidents according to the type of communication picture nr. 7. The highest number of clashes in all monitored years takes place on the first class roads. Accidents on the second and third class roads are comparable in frequency. On highways there is nearly 90% less accidents comparing to the first class roads. This fact is caused by difference between lengths of the communication. There is not a very rich net of highways in the Czech Republic and they are also better protected from being accessed by animals.



Picture nr. 7 – Distribution of clashes with animals according to communication type in the years 2010 and 2013 (October) in districts Mělník, Mladá Boleslav, Nymburk, Kolín and Kutná Hora

10. Conclusion

It is obvious from obtained results that car clashes with animals are not rare and they are not rapidly decreasing either. Further monitoring of the situation and examination of new measures of animal protection and migration protection is necessary. Also measures which are already in practice need a monitoring to evaluate their efficiency. In my opinion it is important to stress the cooperation and information sharing between professionals who construct animal bridges and other buildings used for migration of animals over the roads. I suppose that the Czech Republic has a large potential for improvement of current situation because the level of fragmentation is not critically high yet and we can use extended knowledge from western countries where this topic is studied for longer time period.

11. References

- 1) Němcová, J. & Voleský, K. Prospects for the development of transport. Foreword, 2011
- 2) Kraft, S. & Vančura, M. Transport system in the Czech Republic: Efficiency and spatial impacts. *Economics horizon* 9(1), 2009, s. 21-33.
- 3) Anděl, P. & Hlaváč, V. Bridges over rivers: ecological aspects and requirements. 1st edition. Jihlava, 2008. Prague: AOPK ČR, 2008. 27 s. ISBN 978-80-87051-40-5.
- 4) Anděl, P. et al. Evaluation of landscape fragmentation transportation: Methodological Guide. 1st edition. Prague: AOPK ČR, 2005. 99 s. ISBN: 80.86064-92-1.
- 5) Beazley, R. et al. Characterizing the “fragmentation–barrier” effect of road networks on landscape connectivity: A case study in Xishuangbanna, Southwest China. *Landscape and Urban Planning* 95, 2010, s. 122-129.
- 6) Anděl, P. & Hlaváč, V. Methodological Guide to ensuring continuity of highway roads for wildlife. 1st edition. Prague: AOPK ČR, 2001. 51 s. ISBN 80-86064-60-3.
- 7) Deng, L. et al. Forest fragmentation and landscape connectivity change associated with road network extension and city expansion: A case study in the Lancang River Valley. *Ecological Indicators* 36, 2014, s. 160-168.
- 8) Fahrig, L. & Jackson, D., N. Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity. *Biological Conservation* 144, 2011, s. 3143–3148.
- 9) Borkovcová, M. & Mrtka, J. Estimated mortality of mammals and the costs associated with animal–vehicle collisions on the roads in the Czech Republic. *Transportation Research Part D* 18, 2013, s. 51–54.
- 10) Bunnefeld, N., et al. Difference in spatio temporal patterns of wildlife road-crossings and wildlife-vehicle collisions. *Biological Conservation* 145, 2012, s. 70–78.
- 11) Neumann, W. et al. Difference in spatio temporal patterns of wildlife road-crossings and wildlife-vehicle collisions. *Biological Conservation* 145, 2012, s. 70-78.
- 12) Borkovcová M., Mrtka, J. & Winkler, J. Factors affecting mortality of vertebrates on the roads in the Czech Republic. *Transportation Research Part D* 17, 2012, s. 66–72.
- 13) Anděl, P. et al. Throughput of roads and highways for wildlife. 1st edition. Liberec: Evernia s.r.o., 2011. 154 s. ISBN 978-80-903787-4-2.
- 14) Anděl, P. et al. Migration objects to ensure continuity of highways and roads for wildlife: Technical conditions. 1st edition. Liberec: Ministry of Transport, 2006. 92 s. ISBN 80-903787-0-6.
- 15) www.googlemaps.com

Analýza možných příčin a prevence střetu motorových vozidel se zvěří v okrese Praha-východ

Abstract

This research deals with analysis and prevention of vehicles conflicts with animals in the Prague East selected area. In this work various conditions usually occurring during conflicts there are taken into account, such as annual weather factor or visibility in a different time of day.

Further in the work is dealt with possible prevention and measures for these conflicts through various means that are either currently in use and already prevent these conflicts or vice versa exist but are never used. The work is mainly focused on the large mammals because smaller animals are not included in the work as vehicles conflict with these animals are very rare and nowhere recorded.

Keywords: animal, road transport, road safety, landscape, migration

Úvod

Jedním z důsledků stále hustšího automobilového provozu je i zvýšené nebezpečí střetu se zvěří. Vybudování nových dopravních komunikací znamená pro živočichy nemalou překážku, kterou musí každodenně překonávat. Pokud nejsou předem zvážena dostatečná opatření, která by střetům mohla zabránit, jako např. upozornění prostřednictvím dopravní značky, může mít tento fakt fatální následky.

Významnou roli představuje také úprava terénu, která je velmi důležitá pro přirozené sžití s okolím. Pokud budou vzájemně propojena místa migračních objektů s přílehlou krajinou, je odhadováno jejich upotřebení živočichy (Anděl et al., 2006).

Je také zapotřebí zvážit, jaké důsledky může mít naprostá izolace živočichů způsobená úplným oplocením, tedy zabráněním migrace. Ale i v případě použití migračních objektů, stále hrozí riziko mortality živočichů. Jak dostatečné počty migračních objektů, tak oplocení komunikace mají svá opodstatnění a je nutné přistupovat k jejich kombinování velmi obezřetně (Anděl et al., 2011).

Stěžejní část práce je zaměřena na mortalitu velkých savců na jednotlivých pozemních komunikacích v okrese Praha-východ a na příčiny, které způsobují úhyny

velkých savců. Práce využívá dat získaných v období od ledna 2007 do října roku 2011.

Cíle

Cílem práce bylo získat data o střetech zvěře s motorovými vozidly v okrese Praha-východ a pokusit se navrhnout co možná nejúčinnější a nejjednodušší opatření k zabránění nebo alespoň k významnému snížení těchto kolizí.

Krajina

Krajina, pro tento pojem existuje velké množství definic. Jak uvádí Sklenička (2003), jinak vnímá krajinu architekt, jinak přírodovědec, historik, ekonom, zemědělec, politik nebo umělec.

Fragmentace krajiny výstavbou komunikací patří k nejvýznamnějším problémům, které negativně ovlivňují charakter krajiny a populace volně žijících živočichů. Jde o proces, při kterém dochází k rozdělení souvislých biotopů do menších a izolovanějších celků a zároveň ke tvorbě migračních bariér. Fragmentace krajiny provází celou historii lidstva. Situace se zhoršila s rozšířením těžby nerostných surovin, rozvojem průmyslu, železniční a silniční dopravy. Zásadním problémem fragmentace je otázka její únosné míry. V současné době je hlavní rizikovou aktivitou výstavba obytných souborů mimo zastavěná území obcí a výstavba dopravní infrastruktury – nových dálnic, silnic a železničních koridorů. Rizika fragmentace je třeba zohlednit při plánování využití krajiny (www.mzp.cz).

Pojem fragmentace krajiny vychází z latinského slova fragmentum (úlolek, zlomek, kousek). Fragmentace je proces, kdy se celek rozpadá na dílčí kusy, zlomky. Fragment je zde vnímán jako určitý odpad, který již nemá plnohodnotné vlastnosti původního celku (Anděl et al., 2005).

Lipský (2000) uvádí, že každá krajina má svojí specifickou strukturu, každá změna v krajinné struktuře má vliv na energomateriálové toky v krajině, ovlivňuje průchodnost a obyvatelnost krajiny a mění její celkové charakteristiky.

V praxi se celistvost krajiny rozděluje do dvou samostatných, ale provázaných okruhů:

- fragmentace krajiny z pohledu celistvosti krajinných celků – hlavním metodickým postupem je definice tzv. nefragmentovaných oblastí,
- průchodnost krajiny ve vazbě na konkrétní dopravní stavby – hlavním metodickým postupem je stanovení migračního potenciálu stavby a následný návrh konkrétních technických opatření k zajištění průchodnosti (www.enviweb.cz)

V současné době, vzhledem k narůstajícímu počtu motorových vozidel na komunikacích, nemůže stávající silniční síť uspokojit nároky lidské populace. Proto se neustále budují nové silniční komunikace, které jsou pro živočichy téměř nepřekonatelnou překážkou. Jak uvádějí Anděl et al. (2006), hodnocení dopadu komunikace pro faunu a floru je nutné vztahovat k širšímu zájmovému území a k celé síti infrastruktury, ke které daná komunikace patří.

Dálniční a silniční síť je třeba budovat s ohledem na krajinu a výskyt živočichů, nejlépe v souvislosti s udržitelným rozvojem. Udržitelný rozvoj představuje alternativní model vývoje společnosti, oproti dominující industriální ekonomice. Odrazí přirozené environmentální limity hospodářského růstu; politiky založené na této koncepci prosazují uvedení hospodářského a společenského vývoje do souladu s kapacitami ekosystémů, se zachováním přírodních hodnot a biologické rozmanitosti pro nynější i příští generace. Klasická definice ze zprávy Komise OSN pro životní prostředí a rozvoj (tzv. Zpráva Brundtlandové) z r. 1987 zní takto: „Udržitelný rozvoj je takový rozvoj, který zajistí potřeby současných generací, aniž by bylo ohroženo splnění potřeb generací příštích, a aniž by se to dělo na úkor jiných národů“ (www.mzp.cz).

Dopravní infrastruktura v ČR a její vliv na populaci živočichů

Dopravní infrastruktura se v ČR neustále rozvíjí a na našem území vznikají stále další silniční komunikace, které jsou pro migraci živočichů téměř nepřekonatelnou překážkou. Když hovoříme o dopravní infrastruktuře, nemůžeme opomenout jednu z dalších velkých překážek pro živočichy – železniční síť.

Trombulak et Frissell (2000) studovali vědeckou literaturu zabývající se ekologickým dopadem silnic. Došli k závěrům, že pozemní komunikace mají negativní

vliv na biologickou integritu suchozemských i vodních ekosystémů. Mezi hlavní negativní efekty podle nich patří:

- fyzikální změny prostředí živočichů
- modifikace chování živočichů
- mortalita při srážkách s dopravními prostředky
- mortalita živočichů při výstavbě silničních komunikací
- chemické změny prostředí živočichů
- rozšiřování cizokrajných efektů
- zvýšení civilizačního tlaku.

Zikeš (2002) uvádí, že frekventované dopravní cesty (především komunikace dálničního typu) významně ovlivňují okolní přírodní prostředí. K nejvýznamnějším vlivům patří především skutečnost, že komunikace představují pro řadu organismů bariéry, které brání volné průchodnosti krajiny.

Anděl et al. (2005) rozdělili hlavní rizikové faktory – rizikové aktivity – pro populaci živočichů takto:

- zemědělství – chemické ošetřování monokultury, vznikající pastevní areály, oplocování pozemků
- průmysl – výstavba průmyslových areálů, většinou mimo dopravní infrastrukturu, těžba nerostných surovin
- výstavba obytných souborů a doprovodné infrastruktury – hlavním problémem je výstavba individuálních objektů a to i celých satelitních městeček a obchodních zón mimo zóny dosavadní dopravní infrastruktury
- dopravní infrastruktura – problematika výstavby nových dálnic, silnic a železnic.

Mortalita živočichů způsobená střety s dopravními prostředky

Počet usmrcených živočichů v důsledku střetu s motorovými vozidly je každoročně dost vysoký. Za tento problém zcela jistě může neustále se zvyšující frekvence dopravy a větší počet motorových vozidel na silničních komunikacích. Že je úmrtnost živočichů nejznámější důsledek fragmentace lokalit a každoročně jsou mi-

liony živočichů usmrceny při kolizích s vozidly, uvádějí ve svém projektu Anděl et al. (2003).

Kotlásková (2010) uvádí, že střet se zvířeti je dopravní nehodou nezaviněnou řidičem, při které dojde ke střetu vozidla se zvířeti a při které je zvíře nebo její část nalezena na místě dopravní nehody nebo poblíž místa dopravní nehody. Dále pro ni platí, že:

- při tomto střetu nedošlo ke zranění osob,
- na zúčastněném vozidle nebyla uplatňována ani zjištěna technická závada,
- u řidiče nebylo zjištěno požití alkoholických nápojů nebo jiné návykové látky.

Jestliže jsou tyto podmínky splněny, věc dopravní nehody, kdy došlo ke střetu vozidla se zvířeti, se na místě dopravní nehody dokládá na „Protokolu o střetu se zvířeti“. Pokud ovšem není některá z těchto podmínek splněna, dokumentuje se tato dopravní nehoda na „Protokol o nehodě v silničním provozu“ a zpracovává se jako velká dopravní nehoda. V případě, že se uhynulá zvíře na místě dopravní nehody nachází, výjezdová služba ji předá oprávněné osobě mysliveckého sdružení, v jehož honitbě ke střetu došlo (Kotlásková, 2010).

„Mortalita způsobená kolizemi živočichů s vozidly je pravděpodobně nejviditelnějším vlivem dopravy na volně žijící druhy. Faktory, které mohou střety zvířete s motorovými vozidly ovlivnit, jsou především okolí silničních komunikací (výška svodidel), oplocení, výsadba vysoké zeleně nebo rychlost vozidel“ (Anděl et al., 2005).

Data získaná od Policie ČR, která každoročně eviduje střety motorových vozidel se zvířeti v celé ČR, jsou uvedena v Tab. 1.

Tímto problémem je třeba se i nadále zabývat, neboť mortalita zvířete na pozemních komunikacích je pravděpodobně nejvíce viditelným ukazatelem silniční dopravy dopadající na živočichy.

Tabulka 1. Evidované počty střetů se zvěří za období leden 2007 až září 2011 na území celé ČR. Zdroj dat: Analytické oddělení Policejního prezidia, Policie ČR.

Následky nehod	Rok				
	2007	2008	2009	2010	2011-9
Počet nehod	7936	7030	2809	3219	3693
Škoda na majetku v mil. Kč	253,5	223,8	112,0	126,5	144,8
Počet usmrčených osob	3	2	0	1	3
Počet těžce raněných osob	14	8	9	3	11
Počet lehce raněných osob	72	84	61	63	63

Migrace živočichů

Podle Skleničky (2003) je migrace hromadný směřovaný pohyb velkého počtu jedinců daného druhu z jednoho místa na druhé.

Migrace se dá také popsat jako souhrnný pojem veškerých pohybů volně žijících živočichů v krajině. Migračním profilem se rozumí prostor, ve kterém dochází ke křížení migrační cesty s komunikací (Anděl et al., 2011).

Migrace trasy zvěře a silniční komunikace jsou velmi složité systémy, které by se měly při každém návrhu křížení navzájem respektovány a při plánování výstavby by měly být hodnoceny místní podmínky pro maximální soulad krajiny s pozemní komunikací (Anděl et al., 2006).

Otázku proč různé druhy savců každoročně migrují, doposud nikdo nevyřešil. Živočichové migrují z mnoha důvodů (např. hledání potravy, rozmnožování, výskyt rušivých elementů). Tyto migrace se označují jako pohyby běžné nebo denní (Müller et Berthould, 1997).

Chování migrujících živočichů ve styku s dálnicí popsal Zikeš (2002). Uvádí, že pokud migrující jedinec narazí na dálnici, může vzniklý problém řešit následujícími způsoby:

- změni směr pohybu a místo opustí – k tomuto řešení se jedinec rozhodne, pokud nemá vytyčený jasný cíl migrace,

- může sledovat dálnici do té doby, dokud nenajde vhodný migrační objekt k překonání překážky,
- přeběhne dálnici po jejím povrchu, což může mít za následek střet s motorovým vozidlem.

Na frekvenci přebíhání má vliv řada faktorů (Zikeš, 2002):

- charakter okolní krajiny a denzita zvěře v okolí,
- niveleta dálnice ve vztahu k okolnímu terénu, kdy spárkatá zvěř překonává dálnici po jejím povrchu zpravidla v místech, kdy je nivelita dálnice v úrovni okolního terénu,
- doba existence dálnice, neboť je zvěř zvyklá na komunikaci a při výstavbě nové komunikace dochází k častějším vběhům,
- svodidla, která zejména srnčí a černá zvěř nerada překonává,
- oplocení dálnice, které nelze překonat.

Metodika – vyhodnocení dat získaných od Policie ČR

Data byla získána od Policie České republiky a z Analytického oddělení Policejního prezidia. Data jsou zpracovávána a evidována od roku 2007 – do měsíce září 2011. V těchto statistikách jsou evidovány pouze ty nehody a události, které měly za následek úmrtí nebo zranění osob a také ty události, kde došlo ke škodě na majetku. Samozřejmě statistiky neevidují všechny střety dopravních prostředků se zvěří, neboť mnoho událostí není nahlášeno z důvodu nulové škody na majetku nebo si střetu řidič nevšimne, pokud jde o malého živočicha. I přesto jsou statistiky dobrým pomocníkem při mapování těchto událostí.

Zpracovaná data obsahují např. roční dobu, denní dobu, při které došlo ke střetu, počasí, viditelnost a označení komunikace, na které k události došlo. Dále jsou použity údaje z vlastního terénního šetření na místech, kde k událostem docházelo nejčastěji. Ke zpracování dat byl použit systém ArcGIS pro přehlednější vykreslení událostí.

Výsledky

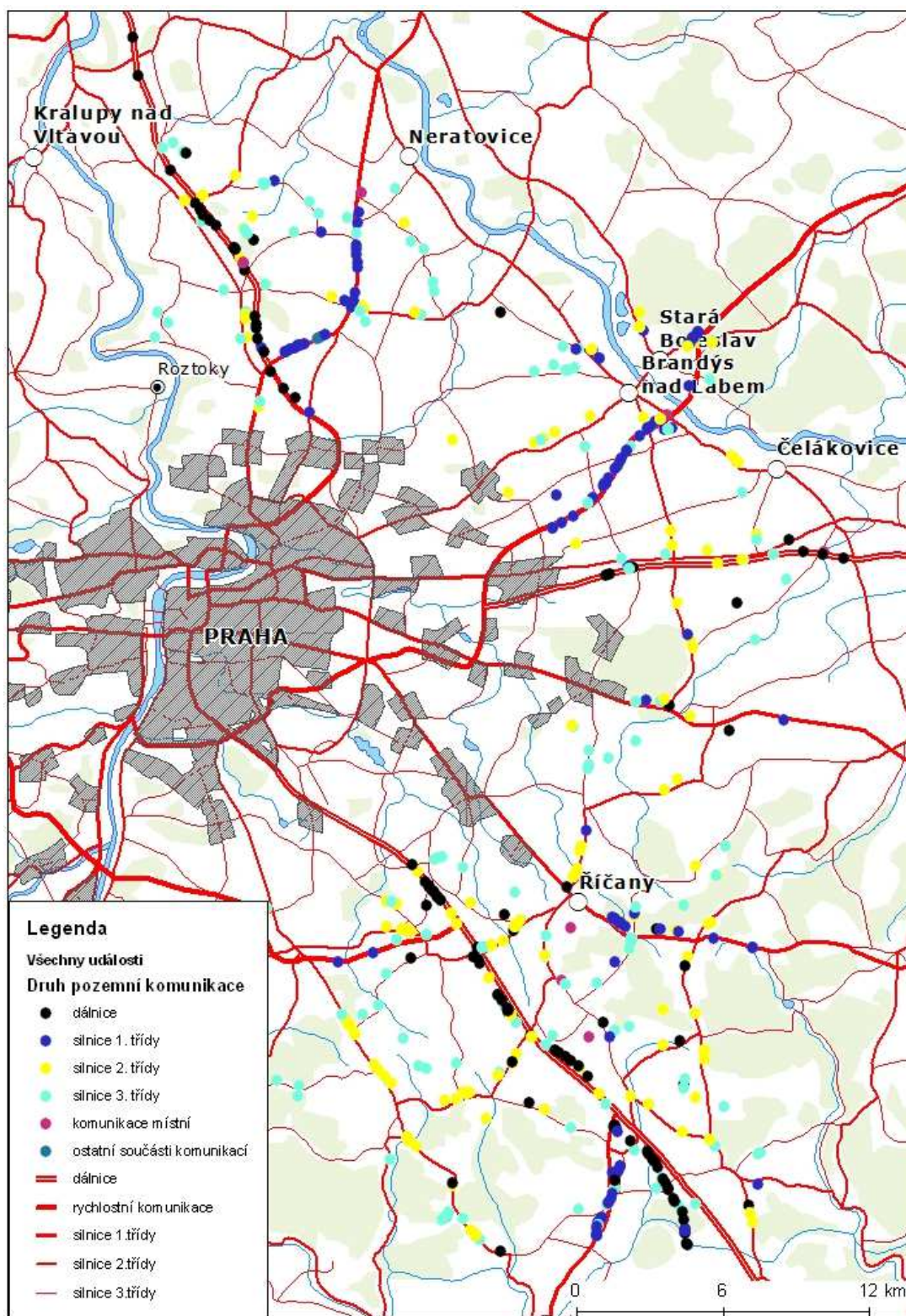
Střety vozidel se zvěří na území celé ČR

Ze získaných dat byly vyhodnoceny střety zvěře s dopravními prostředky na pozemních komunikacích v celé ČR a to za období let 2007 – září 2011 (Obr. 1).

Nejvíce nehod bylo zaznamenáno v roce 2007 a to 7936 nehod. V roce 2009 byl počet nehod výrazně nižší (2804 nehod). V roce 2011 je sice uveden počet nehod pouze 2640, ale nehody jsou zaznamenány pouze do měsíce září a do konce roku se jistě počet střetů navýšil. Pro srovnání počtu střetů pro celou ČR bylo vyhodnoceno, na jakých kategoriích pozemních komunikací vznikají srážky nejčastěji (Obr. 2).

Nejvíce střetů v celé ČR za sledované období bylo na pozemních komunikacích 1. třídy (8852 nehod). Ze zpracovaných dat vyplývá, že nejvíce nehod na pozemních komunikacích 1. třídy bylo nahlášeno a evidováno v roce 2007 (2931 nehod).

Pozemní komunikace 1. třídy jsou v ČR nejčastější kategorií komunikace. Výsledek nehod je možná ovlivněn právě tímto faktem. Počty nehod na dálnicích jsou naopak ovlivněny tím, že jejich součet kilometrů v ČR je oproti komunikacím 1. třídy nižší. Dalším ukazatelem menšího počtu střetů na dálnici může být fakt, že z důvodu hustšího provozu se zvěř bojí tuto komunikaci překonávat a raději se jí vyhne.



Obrázek 2. Počet nehod na jednotlivých komunikacích za období 2007 až 2011-9. Data pro území celé ČR. Zdroj dat: Analytické oddělení Policejního prezidia, Policie ČR.

Pozn.: * uzel (křižovatka sledovaná ve vybraných městech).

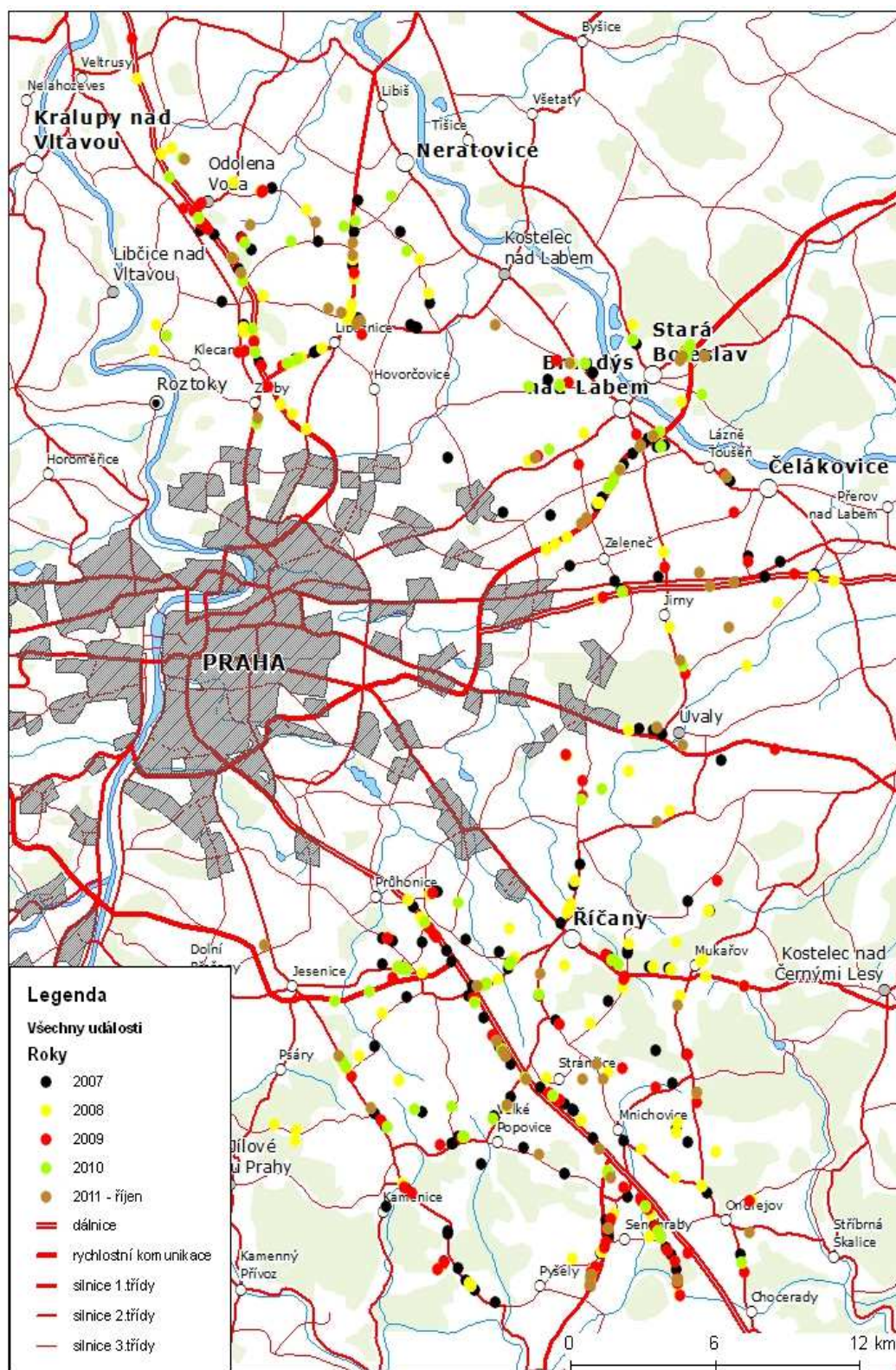
Střety vozidel se zvěří v okrese Praha-východ

Ze získaných dat byly dále vybrány pouze ty údaje, které se týkají střetů v okrese Praha-východ. Tyto údaje byly dále zpracovány dle metodiky (Obr. 3).

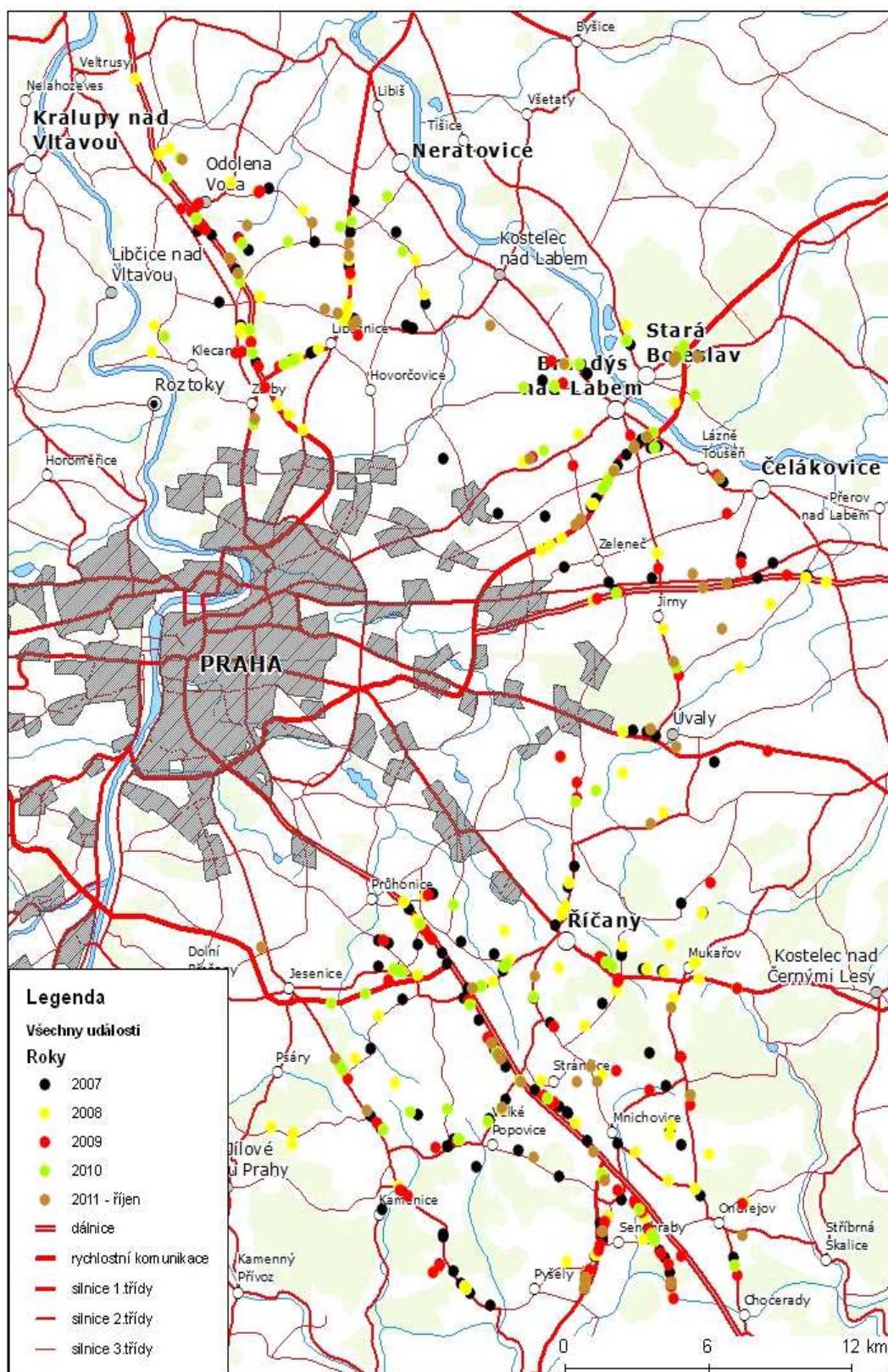
K nejvíce nehodám v okrese Praha-východ došlo, stejně jako v celé ČR, v roce 2007 (158 nehod), počty nehod v dalších letech se opět snižují.

Vlastním šetřením bylo zjištěno, že od doby zavedení systému bodového hodnocení řidičů (01.07.2006) se rapidně snižují i přestupky způsobené v souvislosti se silničním provozem. Řidiči se snaží jezdit pomaleji a dodržovat silniční předpisy, proto může střetů se zvěří ubývat. Dalším možným ukazatelem je fakt, že stále více lidí se touto problematikou zabývá a snaží se nalézt řešení ke snížení mortality zvěře na pozemních komunikacích.

Snižující se nehodovost v důsledku srážky motorového vozidla se zvěří může ovlivňovat i fakt, že dopravní prostředky se neustále zdokonalují svými elektronickými systémy a řidiči mohou na vzniklé události s náhlým výskytem zvěře na komunikaci reagovat pružněji a bezpečněji a tak zabránit nehodě (Obr. 4).



Obrázek 3. Počet nehod za jednotlivé roky. Data pro okres Praha-východ. Zdroj dat: Analytické oddělení Policejního prezidia, Policie ČR.



Obrázek 4. Počet nehod za jednotlivé roky 2007 až 2011-9. Data pro okres Praha-východ. Zdroj dat: Analytické oddělení Policejního prezidia, Policie ČR.

Nehody za jednotlivé roky 2007–2011-9 v okrese Praha-východ, kde k nehodám docházelo, jsou pro lepší orientaci zakresleny v systému GIS. Ze zakreslených údajů se může zdát, že počet nehod neodpovídá grafu na Obr. 3, ale jednotlivé body se v mnoha úsecích překrývají, neboť existují místa, kde ke střetům dochází opakovaně.

Nejvíce nehod bylo evidováno v prosinci roku 2007 a naopak nejméně nehod bylo evidováno v únoru roku 2009, březnu roku 2009, 2010 a v červnu 2011 (Tab. 2). K nejvíce nehodám docházelo ve všech letech v měsíci květnu.

Nejvíce střetů se zvěří za uvedené roky bylo vždy s osobním automobilem. V Tab. 3 je zaznamenán přesný počet událostí s jednotlivými druhy motorových vozidel.

Tabulka 2. Počet nehod za jednotlivé měsíce v letech 2007 až září 2011 v okrese Praha-východ. Zdroj dat: Analytické oddělení Policejního prezidia, Policie ČR.

Rok	Měsíc											
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2007	8	8	5	18	21	9	8	14	13	16	14	24
2008	13	3	8	12	19	13	9	8	11	13	14	10
2009	9	7	1	10	14	10	4	5	4	13	8	8
2010	3	1	1	2	13	8	10	9	6	6	12	9
2011-9	7	4	7	8	14	1	7	9	5	-	-	-

Tabulka 3. Počet nehod v letech 2007 až září 2011 v okrese Praha-východ. Rozdělení podle druhu vozidla.

Druh vozidla	Rok				
	2007	2008	2009	2010	2011-9
Motocykl	1	2	3	0	1
Osobní automobil bez přívěsu	135	109	68	62	49
Osobní automobil s přívěsem	2	0	0	0	0
Nákladní automobil	11	16	13	9	3
Nákladní automobil s přívěsem	0	1	0	0	1
Nákladní automobil s návěsem	6	3	5	4	7
Autobus	2	1	4	5	1

Nezjištěno – řidič ujel	1	1	0	0	0
-------------------------	---	---	---	---	---

Dále byla vyhodnocena data podle následků nehody. Výsledná data jsou ovlivněna tím, že stav zúčastněných osob je monitorován pouze do 24 hodin po nehodě.

Za sledované období, z celkového počtu 526 nehod v okrese Praha-východ, nebyla při střetu usmrcena žádná osoba. Dle mého názoru to je nejpozitivnější zjištění z celého průzkumu. Všechny tyto nehody se staly za snížené viditelnosti a za ztížených povětrnostních podmínek. Řidiči za snížené viditelnosti a ztížených povětrnostních podmínek nedokáží tak rychle reagovat na vzniklou situaci a vozidlo přestane být ovladatelné. Při těchto nehodách vozidlo po střetu se zvěří následně narazilo do jiné překážky.

Diskuze

Na základě výsledků práce je jisté, že je nezbytné se v budoucnu důsledně zabývat mortalitou zvěře na pozemních komunikacích. Když vezmeme v potaz, že za sledované období let 2007 – září 2011 zahynulo po střetu s motorovými vozidly cca 500 kusů zvěře pouze v okrese Praha-východ (celé ČR to bylo cca 23 000 kusů zvěře), je třeba tento problém řešit.

Zikeš (2002) uvádí, že frekventované dopravní cesty (především komunikace dálničního typu) významně ovlivňují okolní přírodní prostředí a představují pro řadu organismů téměř nepřekonatelné bariéry.

Zjištění při terénním šetření potvrzují výsledky Zikeše, např. intenzita dopravy automobilů na dálnici D1 mezi Všechromy (Exit 15) a Mirošovicemi (Exit 21) je cca 60 000 vozidel za 24 hodin (PČR).

Při této frekvenci provozu je překonání dálnice D1, aniž by nedošlo ke střetu s motorovým vozidlem, téměř nemožné. Proto lze tvrdit, že takováto bariéra je pro živočichy neprůchodná.

Kušta (2011) uvádí, že střety zvěře s motorovými vozidly nejčastěji ovlivňuje čas události a měsíc, ve kterém ke střetu došlo. Uvádí, že nejčastěji docházelo k nehodám kolem 10 hodiny večerní, druhá vlna srážek nastávala kolem 6 hodiny ranní. Dále uvádí, že nejčastěji docházelo ke střetům v měsíci dubnu a květnu a další měsíc v pořadí byl prosinec. Z výsledků z celé ČR, které jsem zpracoval lze s tímto tvrzením souhlasit. Naopak z výsledků okresu Praha-východ už se tyto údaje rozcházejí,

např. v roce 2008 bylo nejvíce srážek v měsíci květnu a následoval měsíc listopad, v roce 2009 bylo nejvíce nehod v měsíci květnu a následoval měsíc říjen.

K zabránění střetů zvěře s motorovými vozidly lze použít několik typů prostředků. Jedná se např. o příslušenství k vozidlům vydávající vlivem proudícího vzduchu při jízdě vysokofrekvenční tóny, které odrazují zvěř, pachové oplocenky umístěné podél vozovek, různá optická zařízení, která způsobují prudké odlesky při průjezdu motorového vozidla. Havránek (2007) uvádí, že tímto problémem se zabývá několik autorů, kteří navrhují různá opatření, např. intenzivnější zvuk klaksonu, tlumení světel automobilů při spatření zvěře, používání žlutých světel v reflektorech automobilů, světelné a odrazivé efekty. Uvádí, že u žádných z těchto zařízení nejsou zprávy o konkrétních výsledcích (www.myslivost.cz).

Z vlastního šetření provedeného dotazy myslivcům v honitbě Příbyslav (okres Havlíčkův Brod) bylo zjištěno, že pachové oplocenky se v posledních letech v této honitbě velice osvědčily. Tyto oplocenky, které spočívají v instalaci dřevěného sloupku, na který se nanese speciální hmota obsahující pachy odpuzující zvěř, jsou v této oblasti instalovány stále častěji. Nevýhodou je, že jsou od silnic neustále odcizovány a používány pro soukromé účely.

Nejjednodušším opatřením, které by mohlo zabránit střetu zvěře s motorovým vozidlem, je dle mého názoru dopravní značení. Může se jednat o dopravní značku upozorňující na výskyt zvěře nebo dopravní značku omezující rychlost v daném úseku.

Jako další možnost prevence vzniku těchto střetů může být instalace systému do automobilu, který dokáže řidiče upozornit na zvířata ve vozovce a dokonce před nimi i automaticky zastavit. Tento systém se skládá z radarového čidla a infračervené kamery, která sleduje situaci před vozidlem. Systém funguje jak za tmy, tak za světla a řidiči se údaje mohou promítat buď přímo na přední sklo automobilu, na palubní desku nebo upozorní řidiče na výskyt zvěře zvukovým signálem (Volvo Car Corporation).

Závěr

Mortalitě zvěře na pozemních komunikacích by se měl přikládat větší význam než doposud. Okolí komunikací, kde může docházet ke střetu se zvěří, není v naprosté většině nijak chráněno proti těmto nehodám. Téměř nikde jsem neevidoval

dopravní značení ke snížení rychlosti z důvodu výskytu zvěře na komunikaci nebo dokonce značku upozorňující řidiče na zvýšený výskyt zvěře. Jedinou výjimkou je úsek z Říčan u Prahy do obce Mukařov, kde jsou instalovány dopravní značky upozorňující řidiče na možný výskyt zvěře a dopravní značka snižující maximální povolenou rychlost na 60 km/hod.

Z výsledků práce je zřejmé, že nejvíce nehod za sledované období let 2007–2011-9 bylo jak v celé ČR, tak i v okrese Praha východ v roce 2007. Dále bylo zjištěno, že nejvíce těchto nehod v celé ČR vznikalo na pozemních komunikacích 1. třídy na rozdíl od okresu Praha-východ, kde bylo nejvíce střetů na pozemních komunikacích 2. třídy v noci, bez veřejného osvětlení, viditelnost nezhoršená povětrnostními podmínkami.

Při ceně cca 300 mil. Kč za stavbu 1 km dálnice (www.rsd.cz) je cena za jednu dopravní značku pohybující se v řádech stokorun (www.adoz-znacení.cz) zanedbatelná. To samé platí v případě oplocení nejnebezpečnějších úseků nebo v případě výsadby dřevin, které by zabránily vstupu zvěře na pozemní komunikaci. Prevencí vzniku střetů motorových vozidel se zvěří by také mohla být větší medializace tohoto problému.

Poděkování

Děkuji Policii České republiky a Policejnímu prezidiu, zejména pplk. Mgr. Petru Sobotkovi za poskytnutá data, která byla pro vznik práce nezbytná. Dále děkuji Doc. RNDr. Emilii Pecharové, CSc. za odborné a metodické vedení práce.

Použitá literatura

Anděl, P., Belková, H., Gorčicová, I., Hlaváč, V., Libosvár, T., Rozínek, R., Šíkula, T., Dufek, J. et al., 2003: Centrum dopravního výzkumu, Fragmentace lokalit dopravní infrastrukturou – ekologické efekty a možná řešení v projektu COST 341

Anděl, P., Gorčicová, I., Hlaváč, V., Miko, L., Andělová, H., 2005: Hodnocení fragmentace krajiny dopravou. Agentura ochrany přírody a krajiny, Praha, 99 p.

Anděl, P., Hlaváč, V., Lenner, R., 2006: Migrační objekty pro zajištění průchodnosti dálnic a silnic pro volně žijící živočichy – TP 180. EVERNIA, Liberec, 55 p.

Anděl, P., Belková, H., Gorčicová, I., Hlaváč, v., Libosvár, T., Rozínek, R., Šikula, T., et Vojar, J. 2011: Průchodnost silnic a dálnic pro volně žijící živočichy.– Evernia, Liberec, 154 s

Havránek, F., 2007: Okresní myslivecký spolek Liberec, Střety zvěře a dopravních prostředků na komunikacích, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., 2007 [on-line]. Dostupné z: <http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=t%C3%ADmto%20probl%C3%A9m%20se%20zab%C3%BDv%C3%A1%20n%C4%9Bkolik%20autor%C5%AF%2C%20kte%C5%99%C3%AD%20navrhuj%C3%AD%20r%C5%AFzn%C3%A1%20opat%C5%99en%C3%AD%2C%20nap%C5%99.%20intenzivn%C4%9Bj%C5%A1%C3%AD%20zvuk%20klaksonu&source=web&cd=1&ved=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.myslivot.cz%2FOMS%2Fliberec%2FCMSPages%2FGetFile.aspx%3Fguid%3D3f5dada5-3892-4b4e-a7ed-f29849c23343&ei=JGuyUKn3L8THswbE6IGYCQ&usg=AFQjCNF1DF5JaxlRqHAZKn9lwuIsbWe2gA>, cit. 20.02.2012

Kotlásková, Z., 2010: Nehodová místa na pozemních komunikacích v okrese Hodonín, Diplomová práce, Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta, Katedra technologie a řízení dopravy.

Kušta, T., 2011: Posouzení vlivu pozemních komunikací na mortalitu a migraci velkých savců, Disertační práce, Česká Zemědělská Univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra ochrany lesa a myslivosti, oddělení mysliveckého managementu.

Lipský, Z., 2000: Sledování změn v kulturní krajině. ČZU Praha, Praha, 71 p.

Müller, S., Berthould, G., 1997: Fauna / Traffic safety. Manual for civil Engineers, LAVOC – EPFL, Lausanne, Switzerland, 119 p.

Sklenička, P., 2003: Základy krajinného plánování. Nakladatelství Naděžda Skleničková, Praha, 321 p.

Trombulak, S.C., Frissell, C.A., 2000: Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. Conservation Biology 14:18–30

Zikeš, P., 2002: Problém průchodnosti dálničních a rychlostních komunikací pro volně žijící živočichy, Semestrální práce, Dopravní fakulta Jana Pernera v Pardubicích.

Internetové odkazy

Ředitelství silnic a dálnic [on-line]. Dostupné z: <http://www.rsd.cz/rsd/rsd.nsf/c4036191b207fe78412566ab005dd08f/879cc1f954db7dddc125740b00498cf2?OpenDocument>, cit 20.02.2012

ADOZ Praha – dopravní značení [on-line]. Dostupné z: <http://www.adoz-znacen.cz/e-shop/dopravni-znacky/vystrazne-znacky>, cit 20.02.2012

Ministerstvo životního prostředí [on-line]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/fragmentace_krajiny, cit. 20.02.2012

Ministerstvo životního prostředí [on-line]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/udrzitelny_rozvoj, cit. 20.02.2012

Fragmentace krajiny dopravou - metodické doporučení [on-line]. Dostupné z <http://www.enviweb.cz/printclanek/archiv/60721/>, cit. 20.02.2012

Jiné zdroje

Databáze Policie České republiky 2011

Volvo Car Corporation, V Oblouku 731, 252 43 Průhonice

Ing. Petr Šmíd, DiS

psmid@fzp.czu.cz

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchdol