

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE**



**Zhodnocení migrační propustnosti krajiny - případová
studie na dálnici D 10**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Zdeněk Keken, Ph.D.
DIPLOMANT: Bc. Libor Novák**

2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Libor Novák

Regionální environmentální správa

Název práce

Zhodnocení migrační propustnosti krajiny – případová studie na dálnici R 10

Název anglicky

Evaluation of landscape permeability and migration potential – A Case Study on the motorway R10

Cíle práce

Cílem diplomové práce je analýza variability bariér nacházejících se podél dálnice D 10 a vyhodnocení jejich role v kontextu kolizí dopravních prostředků s lesní zvěří.

Metodika

Analýza bude založena na detailním terénním průzkumu dálnice D10 spojeným se zaznamenáváním GPS souřadnic jednotlivých bariér a určením variability jejich druhu. Dále bude přidán územní průmět zaznamenaných kolizí a vyhodnocovány jejich vazby na variabilitu bariér.

Doporučený rozsah práce

50 – 60 stran textu; cca 10 stran příloh

Klíčová slova

Animal vehicle collisions, bariérový efekt, dopravní nehoda, silniční provoz, migrace

Doporučené zdroje informací

- Ascensao, 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* 257: 36-43.
- Borkovcová, M., Mrtka, J., Winkler, J., 2012. Factors affecting mortality of vertebrates on the roads in the Czech Republic. *Transportation Research Part D* 17: 66–72.
- Clevenger, A., P., Waltho, N., 2005. Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. *Biological conservation* 121: 453-464.
- Coffin, W., A., 2007. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography* 15: 396–406.
- Gonser, R., A., Jensen, R., R., Wolf, S., E., 2009. The spatial ecology of deer–vehicle collisions. *Applied Geography* 29: 527–532.
- Hlaváč, V., Anděl, P., 2001. Metodická příručka k zajišťování průchodnosti dálničních komunikací pro volně žijící živočichy. AOPK ČR, Praha.
- Putman, R., J., 1997. Deer and Road Traffic Accidents: Options for Management. *Journal of Environmental Management* 51: 43–57.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Keken, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2016

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 17. 3. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 16. 04. 2016

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Zdeňka Kekena, Ph.D., a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.“

V Praze 18. 4. 2016

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Zdeňku Kekenovi, Ph, D., za poskytnuté rady a připomínky při konzultacích této diplomové práce.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá vlivem technických bariér na množství nehod se zvěří. Na dálnici D10 se během let 2006 až 2014 stalo celkem 598 nehod, ve kterých byla sražena zvěř. Bylo vyčleněno celkem 6 kategorií bariér: 1) žádná bariéra, 2) kovové svodidlo, 3) betonové svodidlo, 4) vyztužené kovové svodidlo, 5) protihluková stěna, 6) plot, které byly během terénního průzkumu zaměřeny. Následně byl přidán územní průmět zaznamenaných nehod a řešeny jejich vazby. V práci je dále řešen vliv urbanizovaných ploch a vytvořena hustota nehod na 1 km dálnice. Výsledky ukazují, že nebyl prokázán vliv technických bariér v kontextu celé dálnice ($p=0,73164$). Z analýzy hustoty nehod vyplývá několik rizikových míst, kde dochází ke shlukování nehod >19 nehod/km. Veškeré rizikové hotspoty vykazují shodné vlastnosti. Nacházejí se v blízkosti lesních biotopů nebo jimi prochází liniové prvky zeleně.

Klíčová slova: nehoda se zvěří, bariérový efekt, silniční provoz, migrace

Abstract

This thesis deals with the influence of technical barriers to accidents with wild animals. On the highway D10 during the years 2006-2014 a total of 598 accidents with animals happened. Six categories of barriers were determined: 1) no barrier, 2) metal guardrails, 3) concrete dividers, 4) reinforced metal guardrails, 5) noise barrier wall, 6) fence, which had been given spatial location during the field survey. The paper also addressed the impact of urbanized areas and created the density of accidents per 1 km of the highway. The results show that there was no evidence for an effect of technical barriers ($p = 0.73164$). An analysis of accidents density implies some hotspots where there is > 19 accidents / km.

Keywords: animal vehicle collision, barrier effect, traffic, migration

Obsah

Seznam obrázků a tabulek.....	10
1. Úvod.....	11
2. Cíle práce	12
3. Literární rešerše	13
3.1 Fragmentace krajiny dopravní infrastrukturou	13
3.2 Mortalita živočichů na silnicích	16
3.2.1 Faktory ovlivňující vnik zvěře na těleso vozovky	18
3.2.2 Opatření ke snižování úmrtnosti zvěře na silnicích.....	21
3.2.2.1 Oplocení	21
3.2.2.2 Pachové odpuzovače	21
3.2.2.3 Úprava vegetace	22
3.2.2.4 Varovné značení.....	23
3.2.2.5 Počítačové modely	23
3.3 Migrační objekty	24
3.3.1 Migrační potenciál	25
3.3.2 Faktory ovlivňující funkčnost průchodů.....	27
3.3.3 Druhy migračních objektů	28
3.3.3.1 Trubní a rámové propustky	28
3.3.3.2 Mosty víceúčelové, speciální a velké.....	30
3.3.3.3 Nadchody	32
3.4 Migrační nároky dotčených druhů na území České republiky.....	33
3.4.1 Velcí savci.....	33
3.4.2 Ostatní kopytníci.....	33
3.4.3 Savci střední velikosti	34
3.4.4 Drobní savci, obojživelníci, plazi	34
3.4.5 Ptáci	35
4. Metodika	36

4.1 Zaměření bariér v terénu	36
4.2 Analýza dat o kolizích dopravních prostředků s lesní zvěří.....	39
4.3 Prostorové zobrazení s využitím GIS.....	39
4.3.1 Průběh a variabilita bariér.....	40
4.3.2 Širší vztahy	41
4.3.3 Vzájemné propojení.....	41
4.3.4 Hustota nehod	42
4.3.5 Statistické testování	42
5. Výsledky	43
5.1 Variabilita bariér.....	43
5.2 Širší vztahy	45
5.3 Hustota nehod.....	48
6. Diskuse.....	53
7. Závěr	56
8. Seznam literatury:	57
9. Přílohy.....	64

Seznam obrázků a tabulek

Obr. č. 1: Schéma - A) fragmentace, B) vyhnutí se kritickému místu, C) zmírňující opatření, D) kompenzace.	15
Obr. č. 2: Doporučené parametry (praktické minimum – optimum) migračních objektů pro velké savce.	33
Obr. č. 3: Doporučené parametry (praktické minimum – optimum) migračních objektů pro ostatní kopytníky.	34
Obr. č. 4: Průběh řešené dálnice.	36
Obr. č. 5: Kategorie bariér: 1) žádná bariéra, 2) kovové svodidlo, 3) betonové svodidlo, 4) vyztužené kovové svodidlo, 5) protihluková stěna, 6) plot.	38
Obr. č. 6: Schéma názvu zaměřeného bodu	39
Obr. č. 7: Variabilita bariér.	40
Obr. č. 8: Poměr nehod a délky úseku.	43
Obr. č. 9: Počet nehod dle vzdálenosti od dálnice.	45
Obr. č. 10: Poměr nehod a délky úseky v analýze širších vztahů.	46
Obr. č. 11: Mapa širších vztahů.	47
Obr. č. 12: Grafické zobrazení hustoty nehod na km dálnice.	48
Obr. č. 13: Variabilita bariér uvnitř úseků s největším shlukem nehod.	49
Obr. č. 14: Struktura krajiny a technických bariér v daných hotspotech.	50
Obr. č. 15: Struktura technických bariér v daných hotspotech.	50
Obr. č. 16: Variabilita bariér v úsecích se zvýšeným počtem nehod.	51
Obr. č. 17: Struktura krajiny v místech se zvýšeným nárůstem nehod.	52
Tab. č. 1: Množství nehod na 1 km dálnice v daném typu bariéry.	43
Tab. č. 2: Statistické testování.	44
Tab. č. 3: Test dobré shody u 100 m bufferu	45
Tab. č. 4: Test dobré shody u 200 m bufferu.	46
Tab. č. 5: Test dobré shody u 500 m bufferu.	46
Tab. č. 6: Kilometráž úseků se zvýšeným počtem nehod na km.	49

1. Úvod

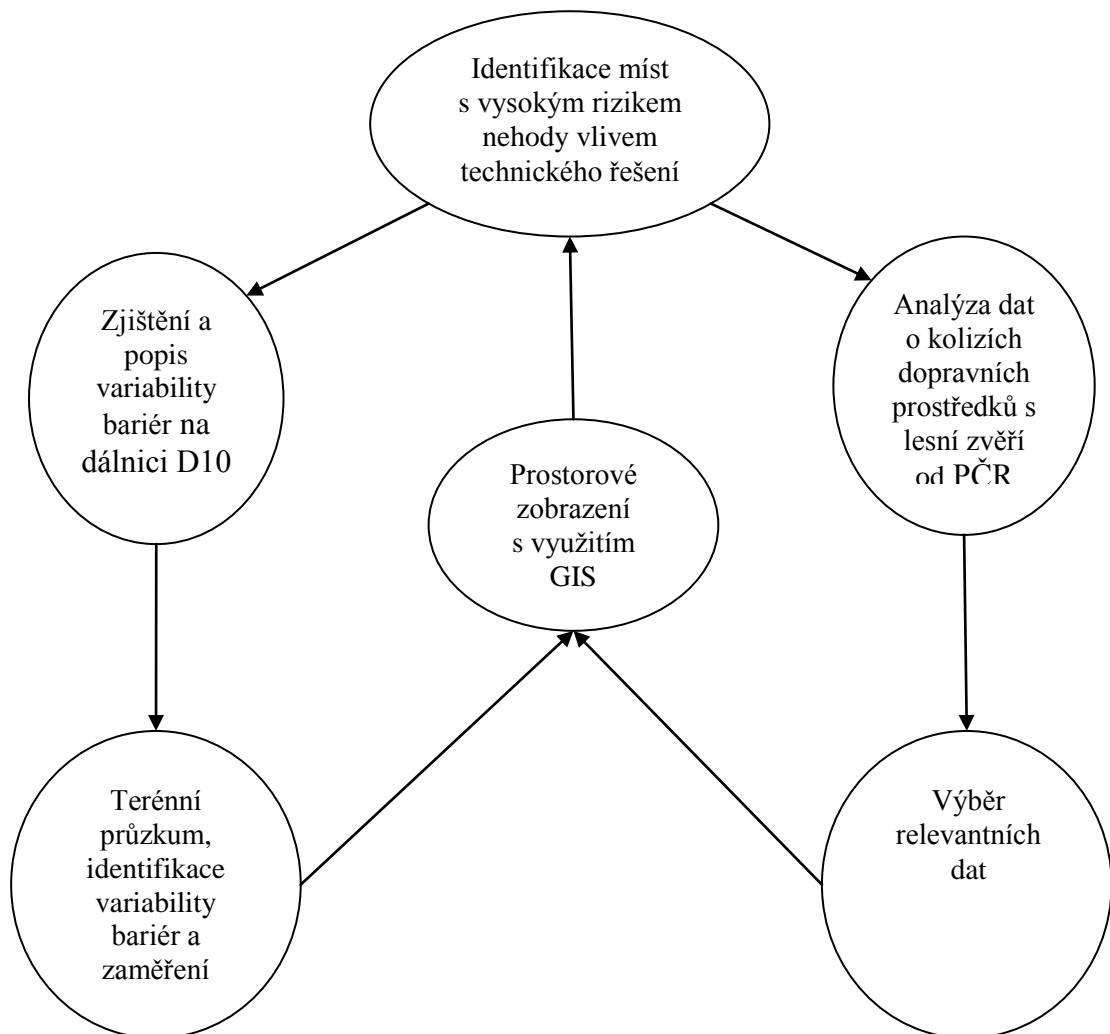
Každým rokem je na silnicích v České republice sraženo několik tisíc až desítek tisíc kusů zvěře (Anděl et al. 2005; Mrtka et Borkovcová 2013). V Evropě se odhaduje až půl milionu jedinců za rok (Langley et al. 2006). Tento fakt se neodráží jen na finančních nákladech spojených s hmotnou škodou, ale také na biologické újmě, respektive na ztrátě biodiverzity, a genové pestrosti jednotlivých druhů. V závislosti na živočišném druhu, může být mortalita vlivem srážek s dopravními prostředky decimujícím faktorem pro celou populaci.

Prvotním příčinou je fragmentace krajiny, která má za následek přetnutí migračních tras a narušení habitatů. Se stupněm významnosti silnice stoupá také stupeň narušení. Proto je třeba hledat faktory, které ovlivňují vnik zvěře na vozovku a tu přizpůsobit tak, aby se minimalizovaly ztráty na obou stranách. Lze tak dosáhnout optimálního řešení, při kterém bude umožněna migrace živočichů, jenž může být pro konkrétní druh zcela zásadním faktorem přežití. Zároveň tak lze snížit finanční náklady spojené s faktickým střetnutím jak na straně účastníka nehody, tak na straně orgánů a organizací, kterých se ztráta zvěře dotýká. Oblast „Road Ecology“ se v posledních letech stává značně diskutovaným tématem. Předkládaná diplomová práce přináší rozbor problematiky tohoto oboru. Současně řeší vliv technických bariér podél případové dálnice v České republice. S využitím GIS a statistických metod vyhodnocuje úseky, kde vlivem nedokonalého technického řešení vznikají riziková místa s vysokým potenciálem nehody takzvané hotspoty.

2. Cíle práce

Cílem diplomové práce je analýza variability bariér nacházejících se podél dálnice D 10 a vyhodnocení jejich role v kontextu kolizí dopravních prostředků s lesní zvěří.

Analýza bude založena na detailním terénním průzkumu dálnice D10 spojeným se zaznamenáváním GPS souřadnic jednotlivých bariér a určením variability jejich druhu. Dále bude přidán územní průmět zaznamenaných kolizí a vyhodnocovány jejich vazby na variabilitu bariér.



3. Literární rešerše

3.1 Fragmentace krajiny dopravní infrastrukturou

Silnice svým charakterem mění povahu, dynamiku a strukturu ekosystému a má přímý i nepřímý dopad na jeho druhovou skladbu. Postavením liniového prvku v krajině je tak dotčena její skladba a využívání (Coffin 2007).

Negativní dopad výstavby liniového prvku v krajině např. dálnice lze vymezit čtyřmi kategoriemi:

- ztrátou biotopu,
- bariérovým efektem,
- úmrtností zvěře způsobenou kolizemi s dopravními prostředky,
- disturbancí a znečištěním okolí,

Přímý dopad výstavby spočívá ve fyzické změně biotopu v místě a okolí prvku, který nenávratně mění jeho podobu. Mění se tak tok mezi ekosystémy, jež může mít za následek ještě větší izolovanost místa. Ačkoliv se plocha, kterou veškeré transportní koridory v každé zemi zabírají, pohybuje v rozmezí setin až jednotek procent rozlohy, nepůsobí z národního hlediska vážný problém. V lokálním měřítku však mohou zabírat významnou část krajiny a přispět tak ke zvýšení fragmentace (Iuell et al. 2003).

Pohyb jedinců v čase a prostoru je klíčovým faktorem pro jejich přežití. Ať už se jedná o cesty za potravou, úkrytem, hledáním vhodného jedince na páření či přirozenou migraci na dlouhé vzdálenosti. Výskyt transportního koridoru tvoří bariéru, se kterou se zvíře musí vypořádat. Tato bariéra může být dvojího druhu: fyzická a behaviorální. Pro větší savce je fyzická bariéra (silnice) nepřekonatelná pouze tehdy, pokud je kompletně oplocena a je tak znemožněna migrace. Jako behaviorální bariéra naopak působí, když mají některé druhy tendenci vyhýbat se místům, kde jsou přítomni lidé nebo jejich stopy. Současně vysoká intenzita provozu může sama o sobě zvíře odradit převážně kvůli hluku, který vytváří. Pokud se vedle sebe nacházejí dva dopravní koridory např. silnice a železnice, může se bariérový efekt zvýšit v závislosti na druhu, který se v oblasti vyskytuje a ten absolutně izolovat. Pro jiné však prostor mezi těmito prvky může tvořit mezibod v rámci migrace. Obecně je však tento prostor chudý na biodiverzitu (Iuell et al. 2003).

Jakým způsobem bude z behaviorálního hlediska zvěř přistupovat k postavené silnici v zásadě lze rozdělit do třech kategorií:

- a) bude se vyhýbat tělesu silnice jako takové
- b) bude se vyhýbat znečištění a disturbancím, které vznikají vlivem provozu na silnici
- c) je schopná se vyhnout jedoucím vozidlům

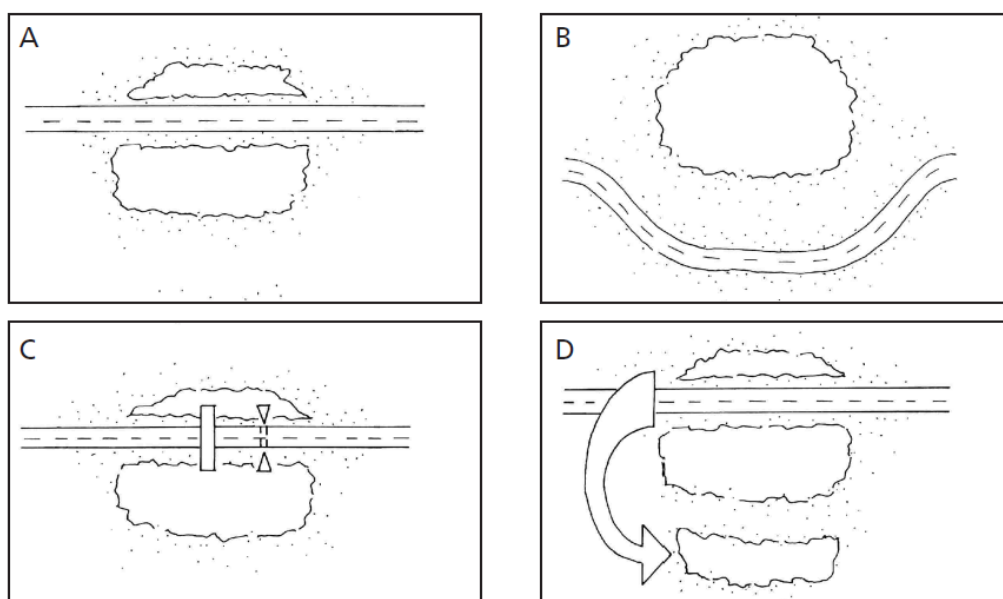
Ačkoliv první dvě kategorie snižují úmrtnost na silnicích, vznikají jiné vedlejší efekty, kterými je zvíře dotčeno. V případě kategorie a) se zvíře současně vyhýbá prostředím a dalším zdrojům, které jsou mnohdy důležitým prvkem pro jeho přežití. Do této kategorie taktéž spadá, pokud se zvíře záměrně vyhýbá silnici zkrátka proto, že ji nemůže přejít a vzniká tedy bariérový efekt. S intenzitou dopravy souvisí bod b), kdy vlivem znečištění dochází k postupné degeneraci biotopu či jeho úplné ztrátě (Fahrig et Rytwinski 2009).

Nehody se zvěří nejvíce odrážejí skutečnost této problematiky. Mnoho zvířat je každoročně na silnicích usmrceno a ještě více zraněno. Ne vždy je počet uhynulých jedinců likvidační pro celý druh. U více citlivých druhů je v některých případech však tato úmrtnost vyšší než přirozená mortalita v přírodě a mortalita dána lovem (Iuell et al. 2003). Výrazně je také ovlivněna bezpečnost na silnicích a celkové náklady vynaložené jednak na odstranění škod po havárii a zároveň náklady spojené s obnovou dané populace. V České republice byl skoro každý druhý řidič účastníkem nehody se zvířetem. Od menších savců druhu kuna lesní (*Martes martes*), přes prase divoké (*Sus scrofa*) až po srnce obecného (*Capreolus capreolus*) (Mrtka et Borkovcová 2013).

Vlivem bariérového efektu a mortality na silnicích je tedy ovlivněna hustota populace. Do jaké míry je toto ovlivnění zásadní, však také závisí na disperzi, natalitě a adaptaci jednotlivých druhů. Nejvíce ohroženy jsou druhy, jejichž teritoria jsou poměrně rozsáhlá, pohybují se na dlouhé vzdálenosti a mají nízkou natalitu. Pokud se tyto druhy záměrně nevyhýbají migraci přes vozovky, může se jejich populace rapidně snížit vysokou mortalitou na silnicích. Typicky se jedná o středně velké až velké savce. Některým druhům naopak přítomnost silnice snadno poskytuje potravní zdroje. Může se jednat o druhy mrchožroutů, jež využívají úmrtnosti ostatních druhů a sami jsou schopni se jedoucímu vozidlu vyhnout. Někteří predátoři se naopak naučili vozovku a jiné liniové prvky používat jako loviště např. liška (*Vulpes vulpes*) (Ramp et al. 2006).

Druhy malých savců a ptáků, kteří mají malá teritoria, pohybují se na krátké vzdálenosti a vyznačují se vysokou natalitou, nemusí být silnicí vůbec ovlivněny a mohou existovat i mezi několika koridory, které pro ostatní znamenají nepřekonatelnou bariéru. Případně tyto populace mohou i prosperovat právě díky bariérovému efektu, jelikož pro ně tvoří ochranu před predátory, kteří ji nejsou schopni efektivně překonat (Fahrig et Rytwinski 2009).

Fragmentace krajiny dopravní infrastrukturou je problém, kterým je třeba se zabírat ve všech fázích plánu výstavby. Zachování spojitosti v krajině by tak mělo být jedním z hlavních cílů při nové výstavbě. Prevence je vždy prvním krokem, proto je vhodné naplánovat projekt, který se kritickému místu vyhne. Pokud to není možné, je třeba, aby byly do projektu zahrnuty zmírňující opatření. V případě, že by tyto opatření neměly žádný nebo malý efekt je možné jako poslední možnost zvolit kompenzaci (Damarad et Bekker 2003; Iuell et al. 2003).



Obr. č. 1: Schéma - A) fragmentace, B) vyhnutí se kritickému místu, C) zmírňující opatření, D) kompenzace (Iuell et al. 2003).

Ve fázi plánování projektu nové silnice je důležité vybrat vhodnou trasu tak, aby nezasahovala do chráněných území či neohrožovala chráněné druhy. Hlavní zásadou by mělo být zvážení všech možných rizik, které by mohli ovlivnit lokální druhy a biotopy. Zejména pak jejich schopnost vyrovnat se s disturbancí či fragmentací. V každém případě by trasa neměla protnout vzácné a náchylné biotopy

viz obrázek č. 1 bod A). Při vhodném určení trasy se lze vyhnout potřebě zmírňujících opatření, jako jsou např. migrační objekty (Damarad et Bekker 2003).

Nicméně, nelze se vždy při plánování vyhnout jistému stupni fragmentace. Proto je nutné zajistit konektivitu a původní profil migrační trasy, aby docházelo k co nejmenším disturbancím. Speciálně je třeba věnovat pozornost oblastem, kde trasa silnice protíná vodní toky, lesy, liniové prvky zeleně a hráže. Tyto prvky jsou často místem, ve kterém se rodí mláďata, slouží jako migrační koridory nebo jsou posledním místem výskytu některých druhů v jinak intenzivně využívané krajině. Aby mělo opatření co největší účinnost, je nutné ho zahrnout do prvních fází projektu společně s expertízou, která jasně vymezí dotčené oblasti. Existují dva různé přístupy ke zmírňujícím opatřením: přímé zvýšení propustnosti na komunikacích pro zvěř a snížení celkové mortality. Je vhodné kombinovat oba přístupy zároveň. Lze tak dosáhnout optimálního řešení a zamezit problémům při upřednostnění pouze jednoho z nich (Damarad et Bekker 2003; Anděl et al. 2005).

Ne vždy je možné naplánovat trasu dopravní infrastruktury způsobem, který nenaruší původní biotopy. Současně zmírňující opatření nemusí být vždy efektivní a pouze by se tak zbytečně navyšovaly náklady. V těchto případech je účelné přistoupit ke kompenzaci. Lze ji v tomto smyslu definovat jako opatření, které vytvoří, obnoví nebo zhodnotí ekosystémy a biotopy, aby se tak nahradily škody způsobené výstavbou infrastruktury na jiném místě. Jedná se o poslední možnost, kterou lze vynahradit dopady fragmentace. Je však třeba zdůraznit, že biologická hodnota nově vytvořeného ekosystému zpravidla nedosahuje kvalit původního, především z hlediska úrovně biodiverzity (Damarad et Bekker 2003).

3.2 Mortalita živočichů na silnicích

Počty usmrcených zvířat na silnicích mohou být ve skutečnosti mnohem větší, než jak dokládají dostupné statistiky. Je třeba brát v potaz dobu, za kterou se kadavér rozloží či zmizí z daného místa vlivem abiotických a biotických činitelů. Teixeira et al. (2013a) na toto téma provedl výzkum v Brazílii. V závislosti na třídě druhu se doba výrazně liší. Například u ptactva doba rozpadu těla mrtvého zvířete vychází zhruba na polovinu dne, u obojživelníků na jeden den, u plazů dva a půl dne a u velkých savců až pět dní.

Úbytkem počtu mrtvol vlivem mrchožroutů se zabýval Beckmann et Shine (2015). Během experimentu v Austrálii bylo sesbíráno 1920 žab a ropuch,

usmrcených během nehod nebo odchycených pro účely výzkumu. Následně byly položeny břichem nahoru podél silnic. Společně s žabami zde byly položeny papírové pláty vyplněné pískem, které sloužily pro identifikaci mrchožrouta. Výzkum byl rozdělen na dvě části: denní (7:00-19:00) a noční (19:00-7:00). V každé části bylo položeno celkem 960 kusů žab. Kontrola probíhala vždy po dvou hodinách. Během noci byl zjištěn pouze jeden případ odstranění mrtvolky mrchožroutem. Během dne však 700 z 960 vzorků bylo odstraněno mrchožrouty. Konkrétně dvěma druhy luňáků (*Haliastur sphenurus*) a (*Milvus migrans*). Doba, po kterou mršiny setrvaly na místě, kolísala od 20 minut v období sucha až po 9 hodin v období dešťů.

Oplocení dálnice může na jednu stranu snížit mortalitu živočichů, ale při nedořešeném napojení může zvěř navést do úseků bez oplocení, jak dokládá Bager et Fontoura (2013). Na brazilské dálnici byly stanoveny tři experimentální úseky pro studii efektivnosti oplocení. První úsek v délce 3.4 km byl oplocen, druhý 5.5 km úsek zůstal bez oplocení a třetí 6.8 km byl stejně jako první oplocen. Na celé řešené délce se nacházelo celkem 19 propustků, z toho 9 na úseku číslo dva. Studie si kladla za cíl zjistit mortalitu živočichů před a po instalaci oplocení. Během sedmi let sledování zde bylo nalezeno celkem 30 druhů, z toho největší dopad měl celý systém na nutrii říční (*Myocastor coypus*), kde úmrtnost po instalaci oplocení klesla o 30%. U ostatních druhů zůstal počet usmrcení stejný nebo se nepatrně zvýšil. Celkově pak mortalita živočichů na sledovaném úseku klesla o 15%. Nicméně po vybudování plotů se koncertovala mortalita v úseku č. 2, který zůstal neoplocen. Bylo zde pozorováno celkem 74% usmrcených zvířat a došlo tak pouze k přesunutí rizikového místa.

Ramp et al. (2006) se zabýval otázkou, zda vegetace podél silnice může významně ovlivnit množství nehod. Zajímavým poznatkem z této studie je, že ačkoliv se riziko nehody obecně zvyšuje s hustotou vegetace podél silnice, tak konkrétně u savců se riziko snižuje s množstvím potencionálních úkrytů v této vegetaci. Jistým vysvětlením zde může být pocit bezpečí v úkrytu ve chvíli, kdy se blíží vozidlo a zvíře tak nezpanikaří a nesnaží se utéct. U ptactva docházelo k méně nehodám v místech, kde byla vegetace vysoká. Lze tak říci, že s výškou vegetace klesá riziko nehody u ptactva, jelikož jsou nuceni letět vysoko nad zemí.

Nehodě by se dalo zabránit, pokud by řidič byl schopen rozpoznat blížící se či stojící zvíře na určitou vzdálenost v závislosti na rychlosti jízdy. Mastro et al. (2010)

došel k závěru, že většina řidičů je schopna rozpoznat zvěř na vzdálenost 50 m pokud se nachází do 10 m od kraje vozovky a po směru jízdy. Detekci nejvíce ovlivňují dálková světla a osvětlení vozovky. Při rozsvícení dálkových světel se vzdálenost, na kterou je řidič schopen rozpoznat zvěř zvyšuje oproti potkávacím světlům. Naopak osvětlení vozovky šanci snižuje stejně jako další objekty, které mohou tvořit odraz. Současně se neprokázalo, že by pohyb objektu významně ovlivnil schopnost detekce. Sullivan (2011) zároveň zmiňuje, že riziko nehody se zvyšuje, pokud se doba od rozpoznání objektu do jeho dosažení zkracuje. Je tedy závislé jak na rychlosti, tak na viditelnosti. Tento fakt odráží skutečnost, že k nejvíce nehodám se zvěří dochází za snížené viditelnosti, kdy reakční doba řidičů je omezena na dosah automobilových světel.

Během dne řidiči mohou upozorovat blížící se objekt na delší vzdálenost a rychlost tak může být méně významná na zavinění nehody, jelikož řidič má více času na reakci a vyhnutí se srážce (Sullivan 2011).

Dle Mrtka et Borkovcová. (2013) na zapříčinění nehody rovněž nemá vliv, zda je řidič z povolání či nikoliv.

3.2.1 Faktory ovlivňující vznik zvěře na těleso vozovky

Faktory, které ovlivňují srážku zvířete s vozidlem lze rozdělit do třech základních oblastí. První oblast je přítomnost zvířete na vozovce. Ta je závislá na okolním prostředí, jeho skladbě, topografii, vzdálenosti silnice k vyhledávané potravě, klimatických podmínkách a současně na hustotě populace, natalitě a disperzi. Druhou oblastí je přítomnost vozidla, která závisí na intenzitě dopravy, vzdálenosti k urbanizovaným plochám, dnu v týdnu, čase a taktéž klimatických podmínkách. Třetí oblast tvoří silnice samotná, především její technické parametry, tedy zakřivení, povrch, přítomnost bariér a viditelnost řidiče (Ramp et al. 2006).

Dle Thurfjell et al. (2015) je prase divoké (*Sus scrofa*) schopné rozpoznat hrozící nebezpečí při migraci přes silnici a mnohdy se mu tak vyhnout. Během sledování samic, které byly opatřeny GPS lokátorem, bylo zjištěno, že nejvíce nehod způsobených tímto druhem se odehraje v době, kdy hustota provozu na dálnici není vysoká. K většině nehod docházelo mimo dopravní špičky v časně ranních a večerních hodinách. Počet dopravních nehod částečně koresponduje s množstvím pokusů o migraci přes dálnice, jež se nejčastěji odehrály během zimních měsíců ve večerních hodinách a během léta v časně ranních hodinách. Nejvíce nehod pak bylo

zaznamenáno v období od října do prosince ve večerních hodinách. Jak autor dále uvádí, migraci podněcuje i typ a využití půdy na protější straně dálnice. Pro prase divoké se jako významné jeví převážně orná půda s plodinami a opadavé lesy, jež poskytují potravu oproti plochám, které by poskytly přirozený úkryt.

Zjištění období, ve kterém dochází k největšímu počtu nehod je dle Steiner et al. (2014) jeden z důležitých bodů ve snaze predikovat množství nehod způsobených srážkou se zvěří. Na základě dat od mnoha výzkumníků a správních úřadů za desetiletí bylo vytvořeno schéma zabývající se touto otázkou. Srnec obecný (*Capreolus capreolus*) je jeden ze zkoumaných druhů, u kterého bylo nejvíce nahlášených nehod na konci jara se slabším výkyvem uprostřed podzimu. Nicméně v závislosti na zeměpisné šířce dochází k posunům na škále (leden až prosinec) a vrchol nehodovosti se mírně mění vyjma severní oblasti Skandinávie. Zde je vrchol nahlášených nehod dosažen v období zimy, převážně v lednu. To lze vysvětlit nástupem klimatických podmínek, jež jsou pro daný druh kritické. Nejvíce nahlášených nehod s jelenem lesním (*Cervus elaphus*) je kolem října, kdy jejich aktivita stoupá se začínajícím období říje. Z hlediska denní doby je nejvíce nahlášených nehod při úsvitu (5:00 až 7:00) a soumraku (17:00 až 22:00).

Oplocení dálnice si často klade za cíl zbránit proniknutí zvěře na vozovku. Pokud je však špatně vyprojektováno, může být naopak zdrojem koncentrace nehod, jak uvádí Cserkés et al. (2013). V Maďarsku dle tamní legislativy vzniká povinnost veškeré úseky dálnic oplotit. Vlivem nedořešeného napojení oplocení na technické stavby jako jsou mosty, nadchody, křížení komunikací, vjezdy či nadjezdy apod., vzniká mezi těmito objekty mezera. Dochází tak k situaci, kdy je zvířeti nepřímo umožněn vstup na vozovku. Vzhledem k tomu, že druhá strana vozovky je rovněž oplocena a možný výstup je až na dalším křížení technických staveb, zvíře je uvězněno. Dalším poznatkem ze studie je, že z celkového počtu 3433 nehod sledovaných během šesti let na 604 km dálnic se 43 % nehod stalo do 100m od křížení a byl statisticky prokázán vliv křížení technických staveb na způsobené nehody až do 400m od jejich polohy.

Mnoho zvířat se stahuje k obydleným oblastem. Často hledají potravu či lepší úkryt. Pokud dálnice prochází urbanizovanou plochou, může se tak paradoxně zvyšovat riziko střetu jak dokládá Borkovcová et al. (2012). Více než 50 % uhynulých zvířat bylo nalezeno do 200 m od urbanizovaných ploch. Zde jsou nejvíce ohroženi především malí savci. Významným faktorem může také být, zda je dálnice

v úrovni terénu. Z výše zmíněné studie lze usoudit, že nejnebezpečnější úsek z hlediska nehodovosti je, pokud se těleso silnice nachází ve stejné úrovni jako okolní prostředí. Naopak jako bezpečný úsek lze uvažovat, pokud je silnice pod úrovní terénu nebo alespoň jedna její strana. Současně pak vliv má i vegetační pokrytí nejbližšího okolí silnice. Většina kadavérů byla nalezena v místech, kde se vegetace nenacházela. Na daných úsecích zvíře může být zmatené vlivem světla a hluku a k tomu mnoho řidičů v otevřených a přehledných místech zvyšuje rychlost a snižuje pozornost.

Riziko nehody se zvyšuje, i pokud se silnice nachází v blízkosti lesů nebo oblastí, které lidé využívají rekreačně. Dle Finder et al. (1999) až do vzdálenosti 800m. Současně také uvádí, že zvěř často migruje podél vodního koridoru při cestě za potravou a pokud podobný koridor vychází z lesnaté oblasti a protíná silnice, zvěř na ni tak přímo navádí.

V době tání sněhu vznikají podél silnic solné tůně především v oblastech s vysokými sněhovými srážkami, kde je nutné často sypat vozovky solí. Přitahují tak živočichy vyhledávající sodík. Přítomnost těchto tůní v blízkosti silnic zvyšují riziko srážky s losem (*Alces alces*), který tyto tůně vyhledává a snadno z nich získává minerální látky jinak dostupné pouze v rostlinách. Řešením může být jejich odčerpání následné zasypání kamením nebo šterkovinou. Pokud jsou společně s výše zmíněným opatřením vytvořeny nové tůně, doporučuje se je umístit alespoň 300 metrů od vozovky (Grossman et al. 2009).

Jensen et al. (2014) porovnával vznik nehody z hlediska nadmořské výšky a sklonu v horských oblastech. Úseky, ve kterých dochází ke značné nehodovosti, vykazují shodné parametry. Vyznačují se nižší nadmořskou výškou a vyšším sklonem. V tomto případě důležitým aspektem je chování jak zvěře, tak řidičů. Zvěř má tendenci migrovat do nižších poloh v případě, že se tam nachází potrava ve vyšších polohách již nebo ještě nedostupná. Tedy hlavně z jara a na podzim. Vyšší sklon pak poskytuje lepší úkryt. Dále samotná silnice je v příkrých svazích více zakřivená a řidiči dávají pozor především na střed silnice než na její okraj. Tudíž přecházející zvíře mnohdy nemusí zaregistrovat.

Cook et al. (2013) zjistil, že významnou roli může hrát i predispozice zvířete. Dle závěrů této studie, jsou na silnicích mnohem častěji usmrceni savci všežravci než jiní potravní specialisté. U ptactva bylo mnohem více usmrcených všežravých a býložravých jedinců než masožravých. Dále bylo také zjištěno, že solitérní jedinci

jsou mnohem náchylnější ke střetu s vozidlem než skupinky. Ochrana omnivorů z hlediska zamezení průniku na vozovku však může být značně problematická. Vzhledem ke spektru potravy, kterou tyto jedinci konzumují, by standartní opatření nemuselo být efektivní. Například úprava přilehlé vegetace.

3.2.2 Opatření ke snižování úmrtnosti zvěře na silnicích

3.2.2.1 Oplocení

Jedná se o klasický drátěný plot. Každý dílec je připevněn na sloupek, který drží konstrukci pohromadě. Pro větší účinnost je doporučeno pod plot zapustit nepropustnou tkaninu. Oplocení tohoto typu má z hlediska zamezení vstupu živočichů do vozovky řadu nevýhod. Hlavní nevýhodou je, že samotný plot nemusí být zapuštěn do dostatečné hloubky tak, aby se zvíře nemohlo podhrabat. Dále pak abiotické faktory mohou zapříčinit erozi půdy, narušit tak její strukturu a umožnit živočichům snazší průnik pod bariérou (Dodd et al. 2004).

Pokud je plot budován na krátké vzdálenosti např. v rizikových úsecích, je třeba se zabývat otázkou, v jakém místě bude zakončen. Zvíře by mohlo mít tendenci migrovat na konec oplocení a mohlo by docházet pouze k přesunutí rizikového místa. Pokud je to technicky možné, doporučuje se plot zakončit v místě, kde zvěř může alespoň teoreticky migrovat mimo hlavní silnici (např. mosty apod.). Při stavbě plotu na delší vzdálenosti je důležité, aby byl kombinován s vhodnými opatřeními, které umožní migraci a také se zařízením (např. branou), které umožní jednosměrný výstup z jinak kompletně oploceného úseku. Zvíře, které by jinak bylo uvězněno, bude alespoň moci najít východ. Snižuje se tak pravděpodobnost nehody, která je bez podobného zařízení zcela jistě vysoká (Putman 1997).

3.2.2.2 Pachové odpuzovače

Jedním ze způsobů jakým lze zabránit vniku zvěře na vozovku jsou pachové odpuzovače. Jedná se o chemické či přírodní substance, které nesou pachové stopy lidí a predátorů. Obvykle se aplikují na přilehlou vegetaci v okolí silnic případně na jiné objekty (Iuell et al. 2003).

Plíšek et Hrouzek (2009) na okresní silnici umístil pachové oplocenky v délce 121 km, aby tak ověřil jejich účinnost. Záměrně byly vybrány úseky se vzrostlou vegetací a plodinami, tedy místa, které poskytují přirozený úkryt a zhoršují

viditelnost řidiče. Byl použit přípravek Duftazaun a výsledek byl více než uspokojivý. V období použití přípravku bylo nalezeno pouze 50 ks spárkaté zvěře oproti 589 kusům v době bez jakékoliv aplikace odpuzujících přípravků. Současně uvádí, že přípravek zabral i na zajíce a bažanty, kterých bylo nalezeno po aplikaci 20 kusů oproti 886 kusům v předchozím roce. Upozorňuje však, že umístění oplocenek s koncentrátem doprostřed příkopu ve směru do silnice je neefektivní, jelikož koncentrát odpuzuje zvěř ve směru, ze kterého přichází. Migrační koridor zvěře tak lze zúžit do relativně úzkého úseku a posunout ho do méně rizikových míst. Při nesprávné aplikaci zvěř může být naopak více zmatená a vběhnout přímo do silnice.

V návaznosti na úspěch přípravku Duftazaun byl ve středočeském a ústeckém kraji aplikován na dalších 250 km okresních silnic za účasti několika honiteb. Vyjma úseku silnice č. 34 Lovosice-Most, byl meziroční úbytek sražené zvěře v rozmezí 50 až 100 % (Hrouzek 2011).

Kušta et al. (2015) taktéž zkoumal jejich účinnost v České republice. Na okresní silnici byly v 4.2 km úseku nastříkány kombinace odpuzujících přípravků vždy po sedmi metrech. Sběr dat následně probíhal od začátku jara do konce podzimu. Během dvou let, kdy probíhal výzkum, se množství nehod snížilo o 37%.

Některé přípravky, založené na pachu predátora však nemusí působit prakticky vůbec, jak zmiňuje Elmeros et al. (2011). Pokus byl proveden s použitím chemikálie, která má připomínat pach moči vlka. Výše zmíněný přípravek neměl vliv na cílový druh srn a jelenů ve zkoumané lokalitě a zvěř nebyla odrazena ani v jednom kontrolním úseku či úseku s návnadou. Vysvětlením může být i dlouhodobá nepřítomnost daného predátora v přírodě, kdy zvěř již instinktivně nereaguje na jeho pach.

3.2.2.3 Úprava vegetace

Obecně se doporučuje ponechat volný pruh bez vegetace podél silnic v šířce 3 až 10 metrů. Snižuje se tak atraktivita úseku pro zvěř, která by zde jinak hledala potravu nebo úkryt a současně se zvyšuje viditelnost pro řidiče a tím i možnost včas zareagovat na případný střet. Ptáci jsou ohroženi převážně v případě, že se podél silnice nachází nízká vegetace, ve které jsou často skupinky hlodavců nebo bobulovité keře. V honbě za potravou tak riskují kolizi s dopravním prostředkem. Pokud je však podél silnice současně plot, keře mohou být vhodným doplňkem.

Zvolením vhodného druhu a výsadby lze například snížit šanci, že zvěř bude mít tendenci plot přeskočit (Iuell et al. 2003).

3.2.2.4 Varovné značení

Varovné značení, které upozorňuje na riziko nehody se zvěří, nemusí být vždy správně umístěno, jak zmiňuje Krisp et al. (2007). Mnoho úseků může být označeno zcela zbytečně a ztrácí se tím účelnost značení. Nejprve je třeba zjistit, zda umístěné cedule jsou skutečně na rizikových úsecích. Data nehod jsou většinou bodové a lze tak vytvořit náhodné rozdělení daných bodů. Ty se mohou porovnat s původními daty a zjistit tak, jestli jsou nehody náhodné anebo se koncentrují na určitých místech. Dalším krokem je vytvoření prostorového zobrazení pomocí kernelovy rovnice. Determinující faktory jsou šířka pásma a velikost rastru, kterým je potřeba věnovat zvýšenou pozornost a vybrat nejvhodnější hodnoty pro zkoumaný úsek. Výsledkem pak může být prostorové vyobrazení úseků, které je vhodné označit.

3.2.2.5 Počítačové modely

K lepšímu pochopení jakým způsobem zvěř využívá biotopy, které upřednostňuje zdroje nebo jakým prvků se v krajině vyhýbá, může pomoci multiagentní modelování. Informace o adaptaci zvěře, jejich pohybu a jejich reakcí na měnící se ekosystém jsou základními prvky pro úspěšné plánování krajinné struktury ve vztahu k dopravní infrastruktuře. Multiagentní modelování vychází z přístupu, který zvažuje prvky systému (v tomto případě ekosystému – jedince) a snaží se určit, jakým způsobem změny v ekosystému působí na interakci mezi jedinci. Tyto takzvané agenti jednají nezávisle v nadefinovaném prostředí. Mohou se snažit naplnit jistý cíl. Současně pak mohou být naprogramováni tak, aby docházelo k interakcím mezi jednotlivými agenty, z kterých budou následně vyvozovat další jednání. Jedná se tedy o způsob, který lze využít při hledání odpovědi na otázky, jak budou jednotlivé druhy zvěře reagovat na liniové prvky v krajině, migrační objekty apod. (McLane et al. 2011).

Při zjišťování dopadů opatření zmírňujících mortalitu živočichů vlivem srážky s vozidlem lze využít predikčních modelů. Jedním z nich je „Road Effects on Population Persistence“ (REPoP) vytvořený Ancesao et al. (2013). Jedná se o naprogramovaný model programu NetLogo, který zjišťuje variabilitu zadaných hodnot. V tomto případě chování kuny skalní (*Martes foina*). Na ploše přesahující 250 000 ha byl simulován vývoj populace po dobu 55 let. Směrodatnými výstupními

hodnotami byla hustota populace a její genetická diferenciace. Nejprve se zjišťoval vývoj populace bez lineární bariéry, aby byly k dispozici hodnoty pro srovnání. V další fázi pak byla do prostředí zasazena lineární stavba (dálnice) protínající území, současně se zmírňujícími opatření na samotné dálnici a rizika nehody při přechodu (0.1-0.9). V případě zmírňujících opatření se jednalo o 24 propustek a míru oplocení v procentech (0,25, 50, 75, 100). Výsledky ukazují, že početnost populace klesá se zvyšující se mírou rizika nehody a také, že od 30% míry rizika již populace není schopna vyrovnat ztrátu. Jako účinné opatření se jeví oplocení (75%), pokud je míra nehody vysoká (0.9). V těchto případech se početnost populace blížila k hodnotám srovnatelným s prostředím bez bariéry. Naopak jako neefektivní se jeví použití propustků, jejichž zmírňující dopad je na úrovni 25% oplocení. Ovšem v případech, kdy je riziko nehody nízké (0.1) výsledky ukazují, že oplocení může naopak zvýšit genetickou diferenciaci.

Dalším příkladem multiagentního modelování je Grosman et al. (2009), který se zabýval počtem pokusů o migraci přes silnici za solnými tůňemi losem (*Alces alces*). Data ze sledování několika jedinců shromážděná za několik let byla přenesena do modelu a bylo vytvořeno několik scénářů. K největšímu snížení přechodů o 49% došlo, když veškeré solné tůně byly odčerpány a zasypany a nebyly vytvořeny kompenzační tůně na jiném místě v rozmezí 300 až 1750 metrů od kraje vozovky. S vytvořením náhradních tůní bylo snížení 18%. S odstraněním pouze dvou třetin tůní bylo snížení 16% a nebylo závislé na faktu, zda v okolí byly vytvořeny kompenzační tůně či nikoliv.

3.3 Migrační objekty

Jedním ze zásadních problémů při plánování migračního opatření může být nedostatek relevantních dat. V předchozích dekadách se při stavbě podobného opatření mnohdy nezjišťoval skutečný migrační potenciál daného místa před faktickou stavbou. Následné výzkumy, které sledují např. počet průchodů zvěří, tak nemohou poskytnout informace, zda zde skutečně byla významná migrační trasa či nikoliv. Je proto důležité, aby při nebo nejlépe před plánováním migračního opatření byly tyto informace zjišťovány. To samozřejmě závisí na informačním a komunikačním toku mezi zhotovitelem komunikace, na jejímž tělese se má opatření nacházet a bude tvořit liniovou bariéru a odbornými orgány, které se výše zmíněnou problematikou zabývají. Současně je důležité přesvědčit zhotovitele komunikace,

aby přistoupil na financování výzkumů spojených s migrací zvěře a aby veškeré analýzy byly dostupné ještě před zahájením stavby (Lesbarréres et al. 2012).

Lesbarréres et al. (2012) v této souvislosti v několika bodech navrhuje kroky, kterými lze nejlépe dosáhnout funkčního zařízení:

1. Před zahájením stavby zjistit jakým způsobem komunikace případně migrační objekt ovlivní okolní prostředí.
 - Identifikovat, které druhy budou stavbou ovlivněny a jejich nároky na prostředí současně s velikostí prostoru ve kterém se pohybují a s jakou četností.
2. Určit cíle migračního objektu a jeho prostorové vlastnosti.
3. Vybrat umístění samotné stavby a kontrolních stanovišť pro účely výzkumu:
 - sestavit metodiku pro sledování množství přechodů
 - vybrat vhodná kontrolní stanoviště v místech, kde nepovede silnice anebo, kde povede silnice, ale nebude migrační objekt
 - navrhnout více typů migračních objektů v případě, že nebude dostatek zdrojů pro původní návrh
 - sledovat a vyhodnotit data množství přechodů na místě budoucí stavby a kontrolních stanovištích
4. Po dokončení migračního objektu dále sledovat množství přechodů podle vzorce: čím menší počet použití, tím delší čas sledování.
5. Závěrečné vyhodnocení.
 - Objekt je plně funkční v zajištění konektivity přes bariéru pokud, množství přechodů je stejné současně jak na místě objektu (před i po stavbě), tak na kontrolních stanovištích. Částečně funkční, pokud je množství přechodů menší na objektu než na kontrolních stanovištích. Pokud objekt není funkční nebo nenaplnuje předpokládané očekávání, je třeba změnit návrh a proces opakovat.

3.3.1 Migrační potenciál

Migrační potenciál (MP) je definován jako pravděpodobnost funkčnosti migračního profilu, který vyjadřuje předpoklady pro umožnění migrace. Je funkční, jestliže je zvěří využíván a zajišťuje její bezpečnou migraci přes pozemní komunikaci (Ministerstvo dopravy 2006).

Migrační potenciál je součin migračního potenciálu ekologického a technického:

$$MP = MPE * MPT$$

MP nabývá hodnot od 0 do 1 přičemž:

MP = 0 představuje stav, při kterém je průchod zvěře daným profilem nemožný

MP = 1 ideální stav, kdy pravidelně užívaná cesta nebude komunikací nijak ovlivněna

Samotný vzorec vychází z matematického pravidla, kdy v případě současného výskytu dvou nezávislých jevů, je výsledek roven jejich součinu. Jako příklad lze uvést místo, kde pravidelně dochází k migraci (MPE = 0,8), ale zároveň zde není možné realizovat vhodné technické řešení (MPT = 0,1). Výsledný migrační potenciál bude velmi malý (MP= 0,8*0,1=0,08).

Migrační potenciál ekologický (MPE) stanovuje odhad funkčnosti migrační cesty, která se střetává s komunikací. Je kombinací dvou prvků: významnosti migrační cesty, jež zahrnuje využití a stálost dané cesty včetně rušivých vlivů, které mohou bránit migraci či ji zcela vyloučit. MPE lze určit pomocí tabulky nebo na základě podrobnější studie lokality a za využití map migračních cest společně s územním systémem ekologické stability (ÚSES). Současně lze také využít doplňkové tabulky pro určení jednotlivých faktorů (Ministerstvo dopravy 2006). Podrobné stanovení MPE se řídí podle daného vzorce jako geometrický potenciál obou složek:

$$MPE = (MPEA * MPEB)^{1/2}$$

Kde:

MPEA = stanovení významnosti migrační cesty

MPEB = stanovení rušivých vlivů na migrační cestě

Migrační potenciál technický (MPT) je dán funkčností díla. Podobně jako u předchozího ekologického potenciálu i zde určení probíhá na základě dvou faktorů.

Prvním z nich je technické řešení objektu. Vzhledem ke složitosti problematiky a různorodosti potřeb technických parametrů, které jsou závislé na konkrétní situaci, byla sestavena série nomogramů. Tyto nomogramy vyjadřují závislost migračního potenciálu na rozměrových parametrech a mohou pomoci při optimalizaci objektu. Druhým faktorem je rušení, které vzniká vlivem provozu samotné stavby. Jedná se především o: optické a pohybové vjemy, hlukovou zátěž a osvětlení (Ministerstvo dopravy 2006). MPT je dán vzorcem:

$$MPT = (MPTA * MPTB)^{1/2}$$

Kde:

MPTA = hodnocení technických parametrů

MPTB = složka migračního potenciálu technického

3.3.2 Faktory ovlivňující funkčnost průchodů

Výskyt jedinců a populací v lokalitě objektu zásadně určuje jeho migrační potenciál. Stavba komunikace často fragmentuje krajinu způsobem, který zamezí či dokonce úplně zruší průchodnost. Zvěř tak již nemůže používat známé cesty např. na říjiště, za potravou či na zimoviště. Proces obnovy těchto cest trvá většinou několik generací. Například u jelenovitých doba, za kterou začnou nový objekt využívat, může trvat několik měsíců až několik let (Putman 1997). Po dokončení liniové stavby protínající krajinu, jsou teritoria dotčených druhů narušena. Po jistém čase však dochází k obnově a zvěř tak může využít migračního objektu. S předchozí větou souvisí také vysvětlení, proč jsou opatření vybudována na nových komunikacích, využívány častěji než na starších (Hlaváč et Anděl 2001).

V případě plánování opatření ke zmírnění vniknutí obratlovců na těleso vozovky je třeba brát v úvahu několik faktorů a hledisek. Jedním z faktorů je, zda se bude jednat o opatření pro jeden konkrétní druh či pro více druhů zároveň a opatření bude tzn. mezidruhové. V případě zaměření úpravy migračního objektu na daný druh, se může snížit míra využití jinými druhy a obráceně. Tedy, že migrační objekt přizpůsobený více druhům může být nevhodný pro druhy, které jsou v oblasti zastoupeny méně (Teixeria et al. 2013b).

Okolní stav krajiny je důležitým faktorem pro určení migračního potenciálu daného objektu. Je potřeba vzít v úvahu, zda je krajina pro zvěř atraktivní a jestli zde

fungují migrační cesty. Je-li možné to určit (např. v intenzivně využívané zemědělské krajině), je podstatné migrační objekt na tuto část krajiny či cesty napojit (Hlaváč et Anděl 2001).

Nezanedbatelný je také vliv hluku. Existují dvě hlavní kategorie rušení: vlivem provozu a rušení v průchodu. Samotnou intenzitu provozu nelze významně ovlivnit. V místě průchodu však může být například snížena rychlost. Dále pak materiál, ze kterého je komunikace postavena nebo mostní konstrukce může zmírnit hlučnost danou provozem (Hlaváč et Anděl 2001). V případě, že se migrační objekt nachází v blízkosti urbanizovaných ploch, zvyšuje se využití a tím i hluk způsobený lidmi, jak dokládá Ng et al. (2004). V takto situovaných objektech mají lidé největší podíl na průchodu a zanechávají zde i pachovou stopu. Zvěř je tak od migrace odrazena. Je proto důležité přesně vymezit účel migračního objektu podle aktuální potřeby. Na objektech které jsou multifunkční a plní tedy funkcí jak migračního objektu, tak např. polní cesty či přechodu pro pěší bylo zaznamenáno méně přechodů zvěří než na objektech, které byly určeny pouze pro zvěř. Rovněž objekty (propustky, podchody apod.), které primárně plní jinou funkci než migrační, mají až 3x nižší frekvenci použití zvěří (Mata et al. 2008).

Neméně důležitým poznatkem je identifikace místa nehod z hlediska počtu druhů, které na daném místě vnikají do vozovky nejčastěji. Zda je místo nehod shodné pro více druhů zároveň nebo zdali jsou pro jednotlivé druhy spíše rozdílné, jak uvádí Teixeira et al. (2013). Výsledky studia z brazilských dálnic ukazují, že se vzrůstajícím měřítkem vzdálenosti vzrůstá také statisticky větší shoda nehod rozdílných druhů na zkoumané délce úseku.

3.3.3 Druhy migračních objektů

3.3.3.1 Trubní a rámové propustky

Jedná se o propustky většinou menšího průměru v rozmezí 0.3 až 2 metru. Jejich účel spočívá především v propouštění vody pod vozovkou. Často jsou modifikovány pro obojživelníky, jimiž bývají také hojně využívány pro přechod na druhou stranu (Forman et al. 2003; Glista et al. 2009).

Rámové propustky jsou obecně větší než trubkové propustky pro příležitostné propouštění vody. Voda jimi proudí hlavně při větší srážkové úhrnnosti, jinak bývají vyschlé (Glista et al. 2009).

Oba objekty mohou sloužit jak vodohospodářským funkcím, tak i pro migraci. Při převaze vodohospodářské funkce nebo v případě, že není prokazatelný vnik vody do propustku, je třeba úpravu konzultovat s vodohospodářem. Rámový propustek je vhodnější pro migraci než trubní. Taktéž se doporučuje na dno propustku umístit kameny a kusy dřeva, které budou sloužit jako kryt pro živočichy (Ministerstvo Dopravy 2006).

Při navrhování propustek je nutné dodržovat některé zásady v případě, že mají sloužit současně i pro migraci, jak je uvedeno v Technických podmínkách č. 180 vydaných Ministerstvem dopravy v roce 2006:

- pokud je silnice, pod kterou propustek vede oplocena, je důležité, aby jeho vyústění bylo až za plotem
- vytvořit návrh bez použití usazovacích jímek s kolmými stěnami, jelikož bývají pastí pro drobné živočichy
- zajistit trvalý spád propustek, aby nevznikala trvale zatopená místa
- v případě, že má propustek sloužit pro trvalý průtok, použít rámový typ s nezpevněným dnem
- vyústění propustku řešit přírodním způsobem

Pokud na propust navazuje betonová stěna, má za účel zamezit vniku do vozovky na dvou úrovních. První úroveň je samotný propustek rámového tvaru. Druhá úroveň je stěna, která má zabránit živočichům, aby se vyšplhali na vozovku. Je však třeba brát v potaz typ vegetace a její údržbu. Pokud by vegetace stěnu pokryla, mohla by se tak negovat její účinnost. Proto je v případě této kombinace i větší nárok na údržbu (Dodd et al. 2004).

V případě malých savců je vhodné ponechat pod silnicí průchod, který umožní migraci, jak zmiňuje Clevenger et al. (2003). Například kovové propustky, které mnohdy slouží jako kanalizační, či propustky pro vodu. Vybudování podobného opatření není až tolik nákladné vzhledem k nákladům na stavbu silnice a zároveň i nutné. Aby opatření bylo efektivní, navrhuje se vybudovat propustky vždy po 150 až 300 metrech. Je také vhodné, aby vchod byl opatřen vegetací a poskytl tak krytí, které by savce více vybízelo pro přechod. Současně pak zviditelnit krajnice v zatáčkách, aby byli savci odrazeni od přechodu a na rovných úsecích se naopak snažit vytvořit vegetační kryt.

Propustky však nemusí sloužit jen malým savcům, jak dokládá Cain et al. (2002) na jihu severní Ameriky v Texasu. Byl proveden výzkum na použití propustek u rysa červeného (*Lynx rufus*). Výsledky ukazují, že pokud mají propustky sloužit i jako migrační koridor, je třeba brát v úvahu ekologickou valenci a niku druhu, pro který by měl daný objekt sloužit. Veškeré objekty pak mohou být účelně modifikovány, aby se jejich potencionální využití zvýšilo. V případě rysa červeného byly použity modifikované a nemodifikované propustky. V případě modifikovaných byla zaznamenána až pětinasobně vyšší míra využití jako migračního koridoru než u nemodifikovaných. Roli zde hrálo především použití vhodného vegetačního krytu, vybudování říms uvnitř propustku v případě, že se v daném objektu držela voda a také oplocení přilehlých krajnic vozovky.

Jelenec ušatý (*Odocoileus hemionus*) byl zachycen při použití propustek významně větších rozměrů a obloukovitého tvaru, než u propustek umožňující průchod. Naopak se statisticky neprokázalo, že by délka podchodu významně ovlivnila, zda objekt použije či nikoliv. Dalším faktorem mající vliv u tohoto druhu je typ přilehlé vegetace, která se v jeho případě jeví jako přirozená (Ng et al. 2004).

3.3.3.2 Mosty víceúčelové, speciální a velké

Mosty mohou tvořit význačné opatření pro přechod druhů. V případě, že je přechod situován pro vodní toky či plochy, může být opatřen římsou pro umožnění přechodu více druhů. Podchody mohou využít a kopírovat přírodní terén a zvýšit tak svoji účinnost. Realizace těchto opatření je však finančně nákladná (Glista et al. 2009).

Most víceúčelový má za úkol překonat přírodní nebo umělou překážku a zároveň sloužit jako podchod pro zvířata. Pokud je záměrně navržen i jako podchod pro lidi, je vhodné, aby jeho šíře byla větší než deset metrů. Při přemostění vodního toku se doporučuje ponechat pásy souše na obou stranách toku, jak uvádí Lesbarréres et al. (2012) je to jeden z nejvhodnějších typů podchodu. Cesta by v tomto případě měla být široká alespoň pětinasobek šíře toku a výška podchodu dostatečná pro největší lokální druh, který by objekt mohl využít nebo na který je podchod zacílen. Z hlediska migrace není efektivní, aby bylo přemostění současně vedeno přes komunikaci mimo lesní a polní cesty (Ministerstvo dopravy 2006). Putman (1997) jako nejmenší přípustnou šířku podchodu uvádí 4m stejně jako výšku. Naopak

hloubka by měla být co nejmenší. Doporučuje se také na zemi ponechat hlínu a do krajních částí objektu umístit vegetaci.

Most speciální je navrhován pouze pro potřeby migrace v místech, kde je to účelné. Může se jednat o členitý kopcovitý terén, nebo pokud komunikace protíná náspy. Tento typ podchodu je vhodný především pro větší savce např.: srnce obecného (*Capreolus capreolus*) či prase divoké (*Sus scrofa*). Doporučuje se ponechání přírodních objektů (kmeny, kameny, roští apod.) na dně opatření. Rozmístění by však mělo být provedeno způsobem, při kterém by nedošlo k ucpání průchodu při větších průtocích (Ministerstvo dopravy 2006).

Od délky sto metrů a více nese most označení velký. Většinou se jedná o mosty přes údolí. Pokud je prostor pod mostem dostatečně ozeleněn a fungují zde například migrační trasy, je nutné se snažit zachovat místní podmínky v maximální možné míře. Do těchto míst se doporučuje neumísťovat žádné překážky, stavby či jiné bariéry. Do zastíněných prostor pod mostem je vhodné umístit pouze zeminu, nikoliv štěrk či kameny (Ministerstvo dopravy 2006).

Výzkum, který byl proveden v Kanadě, ukazuje, jakým způsobem spolu statisticky souvisejí faktory a použití průchodu. Několik desítek parametrů migračních objektů a okolní krajiny bylo korelováno ve vztahu k použití lokálními druhy. U medvěda grizzly (*Ursus arctos horribilis*) bylo zjištěno ovlivnění především rozměrovými parametry průchodu (šířka, výška, otevřenost) a vzdáleností objektu od kraje lesa. Předchozí zmíněné atributy byly pozitivně korelovány. Naopak negativně korelována byla hladina hluku. V případě vlka tomu bylo obdobně jako u medvěda. Pozitivní korelace byla zaznamenána u šířky a výšky objektu, otevřenosti, vzdálenosti od města a použití průchodu lidmi. Vlci také více používali migrační objekty, které byly poměrně krátké, blízko k místní železnici a ve kterých neproudila voda. Migraci jelenů přes objekty nejvíce ovlivnila šířka, výška a otevřenost (pozitivní korelace). V zimním období pak více používali objekty vzdálené kraji lesa (Clevenger et Waltho 2005).

Jako vhodné opatření se jeví vybudování suchých cest podél vodního toku, pokud podchází silnici. Niemi et al. (2014) porovnával migrační objekty se suchými cestami a bez nich. Největší dopad tohoto opatření se projevil v úmrtnosti obojživelníků a menších savců. V místech, kde byla společně s vodním tokem suchá cesta docházelo k menšímu počtu úmrtí než na místech, kde byl pod mostem pouze vodní tok a to až o 88 % u obojživelníků a 70 % u savců. U velkých savců se

neprojevilo rozdíl v počtu mrtvých jedinců u opatření včetně suchých cest a vodního toku a opatření, kde byla pouze cesta bez vodního toku.

3.3.3.3 Nadchody

Vyznačují se větší šířkou a mají zajistit možnost migrace převážně pro větší savce. Šíře nadchodu může přesahovat i více než 200 metrů a zajišťovat tak propojení biotopů (Glista et al. 2009). Tyto mosty jsou vedeny přes komunikaci vrchem. Z tohoto důvodu rozlišujeme typy mostu dle způsobu využití na víceúčelové a jednoúčelové. Dále pak podle typu konstrukce na mosty s konstantní šířkou a mosty hyperbolického tvaru (Anděl et al. 2011).

Most víceúčelový má dvě základní funkce a to: převést lesní či polní cestu a současně umožnit migraci. Záleží, která z funkcí má být primární a na onom základě pak převažuje. Typ konstrukce je důležitý z hlediska navádění živočichů na migrační koridor. V případě krátkých objektů nebo mostů s nedostatečnou středovou šířkou se doporučuje použití hyperbolického tvaru. Bude tak zajištěna dostatečná otevřenost objektu (Anděl et al. 2011).

Ve Švédsku bylo učiněno pozorování na ekoduktu, který spojuje dvě lesnaté oblasti. Dálnice pod ekoduktem byla oplocena a zvěř je tak na něj svedena. Během pěti let bylo pomocí kamer a stop pozorováno celkem 95 případů použití losem (*Alces alces*) a 437 použití srncím (*Capreolus capreolus*). Množství přechodů mělo během období pozorování vzrůstající tendenci pro srnce, nikoliv však pro losy u kterých se tendence výrazně neměnila. Nejvíce zaznamenaných přechodů bylo v nočních hodinách, kdy byla intenzita dopravy pod ekoduktem nejnižší (méně než 200 aut za hodinu) a nekoresponduje tak s aktivitou obou druhů, která je nejvyšší během dne. Současně se podařilo identifikovat pohlaví u 360 přecházejících jedinců srnce obecného (154 srn, 145 kolouchů a 61 srnců) a 86 losů (45 samců a 38 samic). Někteří jedinci losa byli též opatřeni radioobojkem a z pozorování vyplývá, že ročně přechod použije zhruba 5 až 7 jedinců, jež je dostačující počet pro zachování genetické diferenciace v subpopulacích (Olsson et al. 2008).

3.4 Migrační nároky dotčených druhů na území České republiky

3.4.1 Velcí savci

Jedná se především o: jelena lesního (*Cervus elaphus*), rysa ostrovida (*Lynx lynx*), medvěda hnědého (*Ursus arctos*), vlka obecného (*Canis lupus*) a losa evropského (*Alces alces*). Tyto druhy mají nejvyšší nároky jak na kvalitu prostředí, tak na objekty zajišťující migraci přes komunikaci. Migrační objekt, který je schopen zajistit přechod výše zmíněných druhů, je proto parametrově vyhovující i pro ostatní, méně náchylnou zvěř. U této skupiny se také počítá s migrací nadregionálního a evropského významu. Z hlediska ovlivnění populací dopravní infrastrukturou jsou nejvíce ohroženi dálnicemi a oplocenými koridory. Silnice nižších tříd nepředstavují závažnější riziko. Základními prvky ochrany této kategorie je zajištění průchodnosti dálkově migračních koridorů v místech, kde dochází ke křížení s komunikací a zajištění konektivity v migračně významných územích (Anděl et al. 2005; Anděl et al. 2011).

Podchody	šířka (m)	12–40	Nadchody	šířka (m)	12–40
	výška (m)	4–10			

Obr. č. 2: Doporučené parametry (praktické minimum – optimum) migračních objektů pro velké savce (Anděl et al. 2011).

3.4.2 Ostatní kopytníci

Hlavním druhem této skupiny je srnec obecný (*Capreolus capreolus*) a prase divoké (*Sus scrofa*). Spadají sem ještě ostatní nepůvodní kopytníci, kteří nemají tak výrazné zastoupení. Např. daněk evropský (*Dama dama*) nebo jelenec běloocasý (*Odocoileus virginianus*). Tito savci migrují především v regionálním a lokálním měřítku za potravou, mezi stanovišti, při říji. Dobře se adaptují na místní podmínky a mohou využívat objekty rozměrově menších parametrů než velcí savci. Nemigrují na dlouhé vzdálenosti, nicméně je třeba počítat s výskytem i celých přecházejících tlup. Rizikem pro tyto živočichy jsou víceproude silnice z hlediska mortality a oplocené koridory z hlediska průchodnosti. Dochází však k mnoha střetům s tímto typem savců, proto se jako ochranné opatření doporučuje kombinace migračních objektů společně s oplocením. Objekty k překonání silnice pro tuto kategorii je vhodné

umístit v rozmezí 2-5 km v migračně významných územích a 5-10 km mimo ně (Anděl et al. 2005; Anděl et al. 2011).

Podchody	šířka (m)	6–20	Nadchody	šířka (m)	7–20
	výška (m)	3–7			

Obr. č. 3: Doporučené parametry (praktické minimum – optimum) migračních objektů pro ostatní kopytníky (Anděl et al. 2011).

3.4.3 Savci střední velikosti

Nejběžnějšími zástupci této skupiny jsou: liška obecná (*Vulpes vulpes*), jezevec lesní (*Meles meles*), kuna lesní (*Martes martes*), kuna skalní (*Martes foina*) a vydra říční (*Lutra lutra*). Jedná se o druhy, kteří migrují převážně za potravou či lokálně uvnitř svého teritoria. Dobře se adaptují a nejsou natolik ovlivněni antropogenními vlivy. Hlavním rizikem jsou pro tuto kategorii silnice nižších tříd, na kterých dochází k největší úmrtnosti. Částečně i proto, že například liška hledá uhynulé živočichy kolem silnic. Základním faktorem pro ochranu této skupiny je četnost migračních objektů např. propustků, kterých často využívá. Doporučuje se je umístit v rozmezí 0,5-1 km s průměrem alespoň 0,3 m. Současně je vhodné do propusti umístit suché římsy po obou stranách, pokud jím prochází voda U vyder, které migrují převážně podél vodních toků a to i na dlouhé vzdálenosti, největší riziko nehody spočívá v místech, kde dochází ke křížení komunikace s vodotečí (Anděl et al. 2005; Anděl et al. 2011).

3.4.4 Drobní savci, obojživelníci, plazi

Ohrožení jsou zejména drobní obratlovci např. ježek (*Erinaceus spp.*), dále skokan hnědý (*Rana temporaria*), ropucha obecná (*Bufo bufo*), slepýš křehký (*Anguis fragilis*). Hlavním problémem je mortalita na silnicích, která často souvisí se sezonní migrací. Proto by migrační objekty měly respektovat přirozené trasy, které u těchto druhů bývají stálé. Současně je vhodné, aby v objektech bylo přírodní dno a poskytovaly dostatek úkrytů. Naváděcí zařízení by nemělo být příliš dlouhé, jelikož živočich má pak tendenci z trasy uhnout. Naprosto nevhodné jsou v propustcích stupně vyšší než 10 cm (Anděl et al. 2005; Anděl et al. 2011).

3.4.5 Ptáci

Např. ledňáček říční (*Alcedo atthis*), skorec vodní (*Cinclus cinclus*), konipas horský (*Motacilla cinerea*), červenka obecná (*Erithacus rubecula*) a mnoho dalších druhů. U ptactva, které je vázáno na vodní hladinu nebo na břehové porosty, ke střetům dochází hlavně v místech, kde se vodoteč kříží se silnicí. V případě přemostění vodního toku je důležitá otevřenost mostu nad vodní hladinou. Na té závisí, zda bude jedinec most přelétat nebo podlétat. Doporučuje se, aby index otevřenosti byl >1 . Současně, některé druhy přelétají vozovku v úrovni podélných porostů. Riziko střetu je tedy odvislé od jejich výšky. Dalším problémem u ptactva jsou protihlukové stěny z průhledných materiálů, do kterých často narážejí (Anděl et al. 2005; Anděl et al. 2011).

4. Metodika

Metodika je rozdělena do několika částí. V každé z nich se jednotlivě řeší fáze, které na sebe navazují. Jedná se o zaměření bariér, analýzu dat o kolizích dopravních prostředků s lesní zvěří od PČR, prostorové zobrazení s využitím GIS a statistické testování.



Obr. č. 4: Průběh řešené dálnice. Zdroj: Novák Libor.

Řešený úsek původně rychlostní silnice R10, která byla v roce 2016 v rámci sjednocení názvů přeřazena do kategorie dálnice, nyní nese označení D10. Začíná na území hl. m. Prahy, protíná středočeský kraj a končí ve městě Turnov v kraji libereckém. Oficiální udávaná délka je 70,010 km (ŘSD 2015).

4.1 Zaměření bariér v terénu

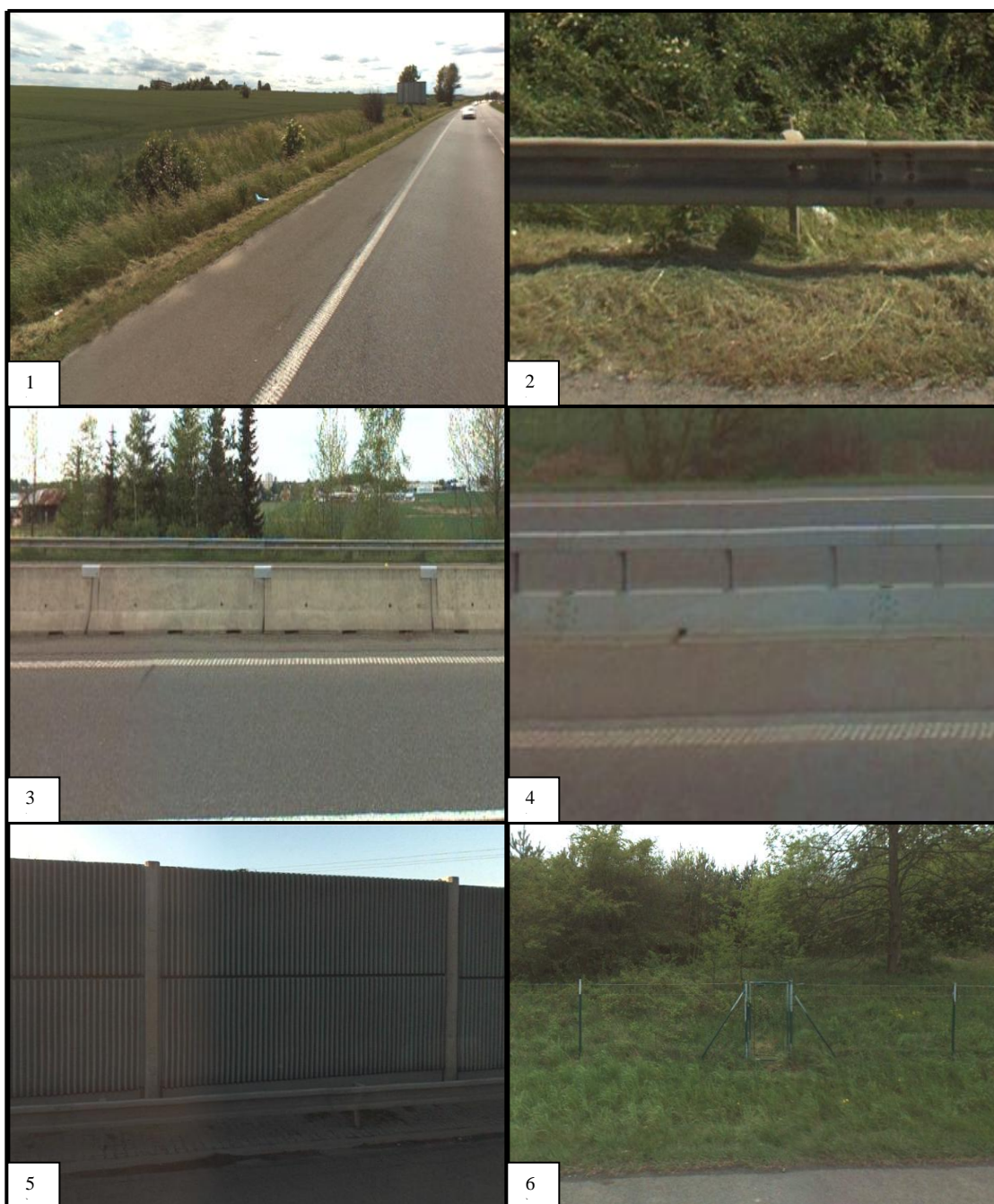
Prvním bodem bylo prostorové zaměření a průběh bariér podél dálnice D10. Před samotným měřením v terénu byly stanoveny následující kategorie bariér:

- 1) žádná bariéra
- 2) kovové svodidlo

- 3) vyztužené kovové svodidlo
- 4) betonové svodidlo
- 5) protihlukové stěny
- 6) ploty

Příčemž:

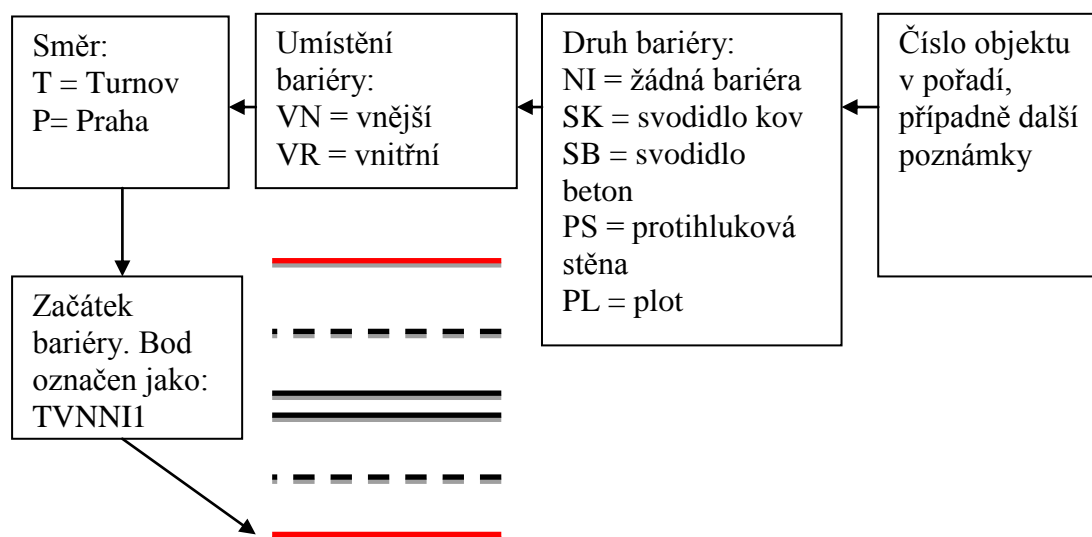
- a) Úsek dálnice, ve kterém se z jedné strany současně nenacházelo žádné svodidlo (kovové, betonové) vyjma středového ani bariéra (protihlukové stěna, plot) byl stanoven jako typ žádná bariéra.
- b) Označení kovové svodidlo nese jak vodící svodidlo pro stranách dálnice, tak středové svodidlo v obou směrech.
- c) U protihlukové stěny nebyl rozlišován materiál, z kterého byla postavena ani jiné technické parametry.
- d) U kategorie ploty se při tvorbě mapy průběhu bariér rozlišovalo, zda se jedná o opatření proti vniku zvěře na těleso dálnice nebo o oplocení soukromého pozemku. V dalších analýzách však byly sloučeny.
- e) Při analýze širších vztahů 100m bufferem je myšlena vzdálenost 0 – 100 m od dálnice, 200m bufferem vzdálenost 100 – 200 m od dálnice a 500 m bufferem vzdálenost 200 – 500 m od dálnice.



Obr. č. 5: Kategorie bariér: 1) žádná bariéra, 2) kovové svodidlo, 3) betonové svodidlo, 4) vyztužené kovové svodidlo, 5) protihluková stěna, 6) plot. Zdroj: www.mapy.cz

Celková délka řešené dálnice byla 70 km. Proto se vyčlenilo 6 úseků tak, aby bylo možné celé měření obsáhnout jako jednotlivců. Měření se provádělo pěšky, vždy z obou stran úseku. Rozdělení úseků nebylo náhodné, nýbrž korespondovalo s technickým řešením dálnice, aby bylo možné vyrazit vždy z bodu, do kterého se lze zase vrátit bez rizikového přechodu dálnice, který byl zcela vyloučen. V každém

úseku byl nejprve změřen směr na Turnov a po bezpečném přechodu dálnice směr na Prahu. Zaměření polohy a průběhu bariér bylo provedeno pomocí GPS lokátoru Garmin Oregon 450t. Na začátku každé bariéry byl v přístroji uložen bod polohy. Jelikož nebylo možné každý bod zaměřit přesně v poloze objektu, přístroj byl postaven kolmo na začátek bariéry v bezpečné vzdálenosti. Bod polohy byl pojmenován a uložen dle následujícího kódu:



Obr. č. 6: Schéma názvu zaměřeného bodu. Zdroj: Novák Libor.

Výše uvedené označení každého bodu umožnilo snadnou orientaci v datech při dalším zpracování.

4.2 Analýza dat o kolizích dopravních prostředků s lesní zvěří

Policií ČR byl poskytnut obsáhlý datový soubor ve formě excelové tabulky, ve které jsou zaznamenány dopravní nehody na území ČR. Pro účely této diplomové práce byly z tabulky vyčleněny pouze relevantní údaje a to souřadnice místa nehody na dálnici D10 (R10) v letech 2006 až 2014. Údaje byly následně upraveny, aby je bylo možné zobrazit v prostředí GIS. Jednalo se o úpravu formátu souřadnic v excelové tabulce, která byla následně transformována do prostředí GIS a zobrazena jako bodová vrstva.

4.3 Prostorové zobrazení s využitím GIS

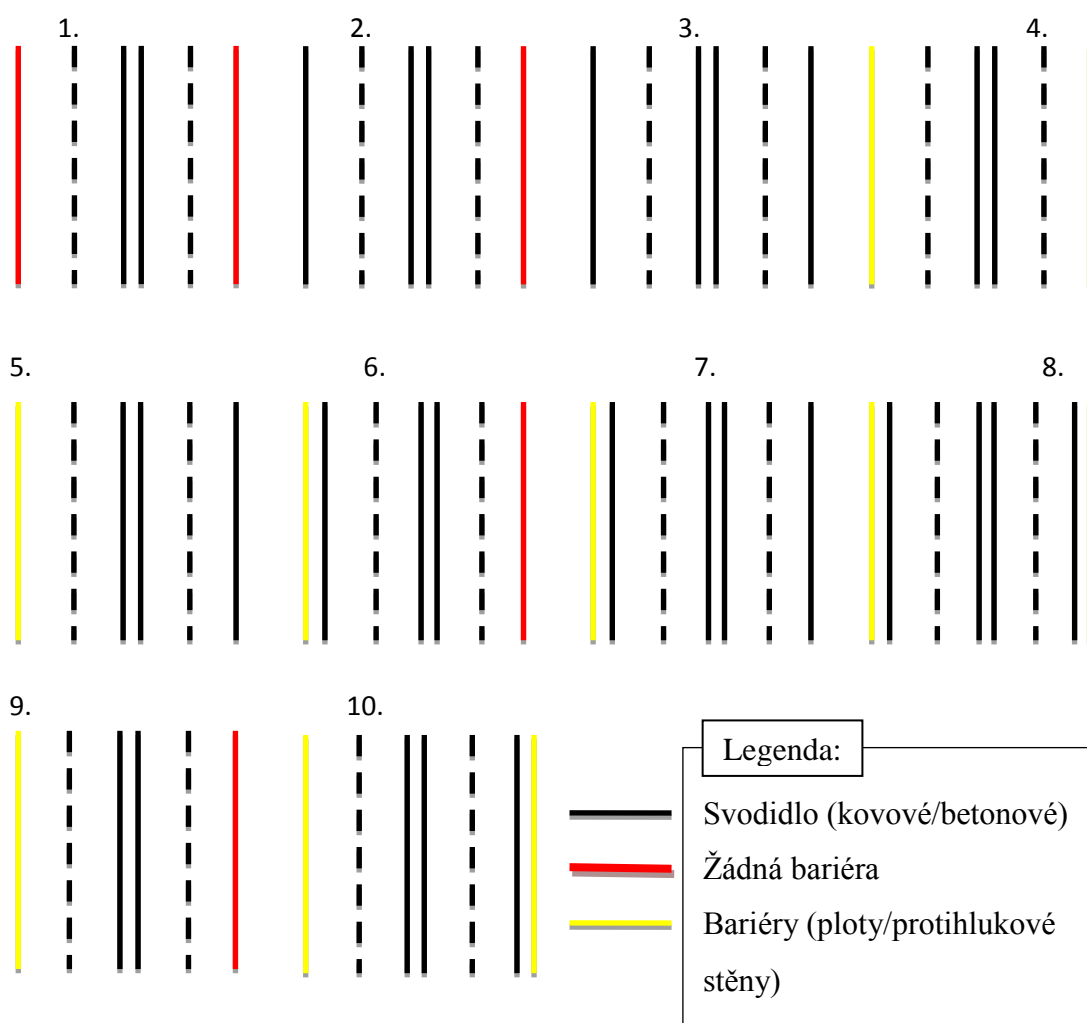
V programu GIS byly zpracovány mapy a vztahy mezi jednotlivými faktory a objekty související s nehodami se zvěří na dálnici D10. Jedná se o zobrazení průběhu a variability bariér, nehod, širších vztahů z hlediska propustnosti krajiny, hustotu

rizikových míst a jejich vzájemného propojení. Veškerá data byla zpracovávána v souřadnicovém systému SJTSK KrovakEastNorth.

4.3.1 Průběh a variabilita bariér

Zaměřené body polohy jednotlivých bariér byly transformovány do čitelné vrstvy a následně do souřadnicového systému. Vznikl tak bodový podklad pro zakreslení průběhu bariér. Body byly následně spojeny dle podkladové mapové vrstvy a symbolizovány podle výše zmíněné kategorizace viz obr. č. 4.

Dalším krokem byla identifikace variability bariér. Stanovilo se 10 možných kombinací:



Obr. č. 7: Variabilita bariér. Zdroj: Novák Libor.

1. Středová svodidla; na obou stranách nic
2. Středová svodidla; na jedné straně vodící kovová svodidla; na druhé nic
3. Středová svodidla; na obou stranách vodící kovová svodidla
4. Středová svodidla; na obou stranách bariéra
5. Středová svodidla; na jedné straně vodící kovová svodidla; na druhé bariéra

6. Středová svodidla; na jedné straně nic; na druhé vodící kovová svodidla společně s bariérou
7. Středová svodidla; na obou stranách vodící kovová svodidla; na jedné straně současně bariéra
8. Středová svodidla; na obou stranách vodící kovová svodidla společně s bariérou
9. Středová svodidla; na jedné straně nic; na druhé bariéra
10. Středová svodidla; na jedné straně vodící kovová svodidla společně s bariérou; na druhé bariéra

V této fázi byly z hlediska účelnosti a cílů práce některé kategorie bariér sloučeny, aby bylo dosaženo relevantních výsledků bez rizika zkreslení zbytečně vysokým počtem kombinací. Nerozlišovalo se tedy mezi betonovými a kovovými svodidly a současně se nerozlišovaly kategorie protihlukových stěn a plotů, přestože jsou v mapové vrstvě zakresleny. Celá délka dálnice byla rozdělena na úseky po 10 metrech, které byly následně obaleny 20 m bufferem. Každému úseku byl přiřazen kód variability, dle výše uvedeného členění.

4.3.2 Širší vztahy

Při tvorbě podkladového materiálu, na jehož základě bude možné určit, v jaké vzdálenosti od nehody se nachází nepropustné území, byla celá délka dálnice opět rozdělena na úseky po 10m. Každý úsek byl následně obalen bufferem po 100, 200 a 500m. Pro lepší přehlednost a vzhledem k množství prvků byla každá vrstva bufferu vytvořena zvlášť a ne jako celek. Na základě ortofota byl pak každému úseku přiřazen následující kód:

0 = po obou stranách dálnice se v dané vzdálenosti nenachází nepropustné území

1 = na jedné straně dálnice se v dané vzdálenosti nachází nepropustné území

2 = na obou stranách dálnice se v dané vzdálenosti nachází nepropustné území

4.3.3 Vzájemné propojení

Veškeré předchozí vrstvy byly vzájemně propojeny. Výchozí vrstvou byla mapa nehod transformována z excelové tabulky, která nese prostorové zaměření každé nehody. S tou se následně propojila vrstva variability bariér. Tabulkově tak lze určit, v jaké kombinaci bariér se každá z nehod stala. Současně díky propojení s vrstvou širších vztahů je možné vysledovat, zda se v místě od nehody nachází urbanizovaná či jiná nepropustná plocha ve vzdálenosti 100, 200 a 500 m.

4.3.4 Hustota nehod

Posledním výstupem z GISu je hustota nehod na dálnici D10 tzn. kernel density, díky které byly zobrazeny nejvíce riziková místa dopravních nehod se zvěří. Výchozím podkladem zde je mapa nehod transformována z excelové tabulky. Při tvorbě této mapy je nejdůležitější nastavení plochy, která bude předmětem propočtu a velikost zobrazovaného rastru. Vzhledem k účelu zjišťování v tomto případě byla zvolena plocha propočtu 1 km² a velikost zobrazovaného rastru 100 m. Následně byl zvolen rovnoměrný interval jako klasifikační faktor.

4.3.5 Statistické testování

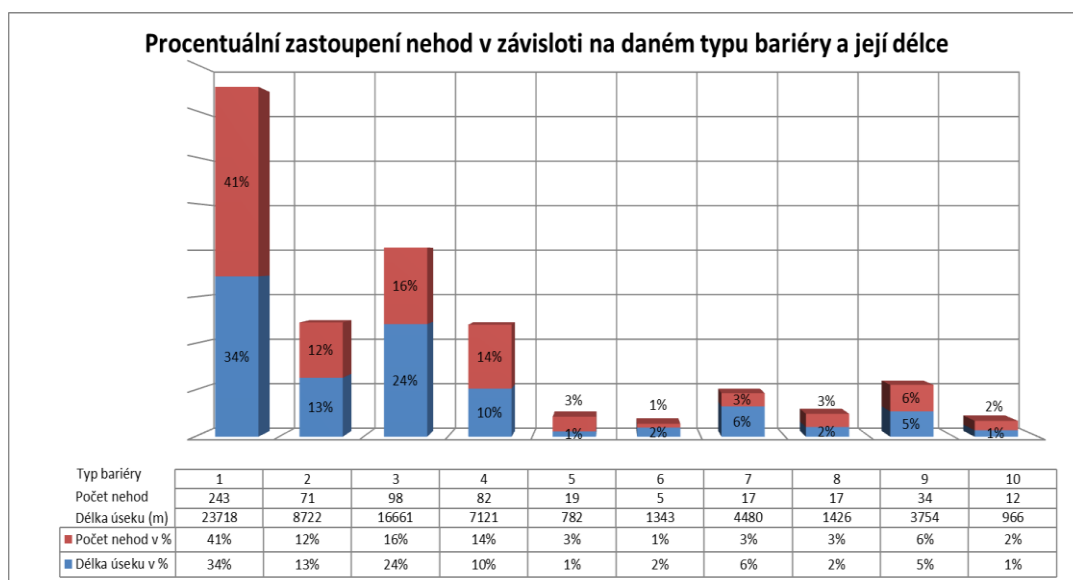
Na základě vrstvy variability bariér byla změřena celková délka jednotlivých bariér dle kategorizace viz obr. č. 5. Následně bylo spočteno množství nehod na 1 km dálnice v daném typu. V základním rozdělení variability bariér byly vyčleněny samostatné kategorie i pro souběžný průběh svodidla a bariéry. Nicméně bariéra je sama osobě nadřazená svodidlu a proto byly některé kategorie pro účely statistického testování sloučeny. Konkrétně kategorie 8 a 10 byly převedeny do kategorie 4. Dále kategorie 7 byla převedena do kategorie 5 a kategorie 9 do kategorie 6. Pro statistické testování byl použit test dobré shody. Každému typu bariér byla přiřazena pravděpodobnost výskytu nehody a vypočítána očekávaná četnost.

Nulová hypotéza byla stanovena tak, aby bylo možné potvrdit či zamítnout vliv bariér, tedy, že počet nehod nezávisí na daném typu bariéry, respektive neliší se od očekávané četnosti v závislosti na délce úseku

5. Výsledky

5.1 Variabilita bariér

Prvotním výstupem je analýza variability bariér, která vychází ze zpracovaných dat z kapitoly 4.3.1 Průběh a variabilita bariér. Veškeré zjištěné hodnoty přehledně zobrazuje následující graf:



Obr. č. 8: Poměr nehod a délky úseku. Zdroj: Novák Libor.

Typ bariéry	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nehod na 1km	10,2	8,1	5,9	11,5	24,3	3,7	3,8	11,9	9,1	12,4

Tab. č. 1: Množství nehod na 1 km dálnice v daném typu bariéry. Zdroj: Novák Libor.

Z grafu je patrné, že nejvíce nehod z let 2006 až 2014 se stalo v úsecích, kde jsou uprostřed pouze kovová či betonová svodidla a krajnice jsou volné bez jakékoliv zábrany. Tyto úseky označené jako typ bariéry 1 se na dálnici nacházejí v délce 23 718 metrů a tvoří třetinu z celkové délky dálnice. Typ bariéry č. 2 označuje úseky, kde jsou uprostřed kovová či betonová svodidla a současně z jedné strany vodící kovová svodidla. Lze vidět, že v tomto typu bariéry dochází k poměrně vyrovnanému množství nehod a to 71 vzhledem k délce, která činí 8772 m. Typ bariéry č. 3 je zajímavý tím, že se v něm ze všech řešených úseků stalo nejméně nehod v poměru k délce (vyjma úseků 6 a 7 viz níže), kterou je na dálnici zastoupen. V tomto typu bariéry se kovová či betonová svodidla nacházejí jak uprostřed, tak

podél krajnic na obou stranách. Úseky s číslem bariéry 4, 8 a 10 jsou typově shodné. Z obou stran se po krajnicích vždy nachází bariéra a to plot nebo protihluková stěna. Jejich rozdělení je tak závislé na průběhu svodidel uvnitř samotné bariéry. U typu č. 4 se svodidla nacházejí pouze uprostřed, u č. 8 současně z obou stran po krajnicích a u č. 10 pouze z jedné strany krajnice. Jak již bylo uvedeno v kapitole 4.3.5 statistické testování, tyto kategorie jsou v následujících analýzách sloučeny. Vzhledem k tomu, že nebyl zjištěn významný rozdíl na množství sražených kusů zvěře v závislosti na průběhu svodidla uvnitř bariéry. Poměr nehod na 1 km je poměrně shodný. Typ bariéry č. 5 je velmi specifický v obou kategoriích. Jedná se o úsek, který z celkové délky dálnice zabírá nejmenší část (787 m) a současně se vyznačuje nejvyšším počtem nehod (24) v přepočtu na jeden km. Faktický počet nehod na tomto úseku je však 19. Nicméně, vzhledem ke krátké délce úseku, nadřazenosti bariéry vůči svodidlu a také tomu, že v následujících analýzách nebyl zjištěn významný vliv tohoto typu úseku na množství nehod, byl dále sloučen s druhem bariéry č. 7, s kterým jsou typově shodné. Rozdíl tvoří svodidlo, které je v těsné blízkosti přímo souběžné s bariérou. Typy bariér č. 6 a 9 byly stejně jako předchozí bariéry sloučeny. Rozdíl mezi nehodovostí na 1 km je sice značný, nicméně rozdíl pouze v souběžném průběhu svodidla podél bariéry, byl důvodem ke sloučení těchto dvou typů.

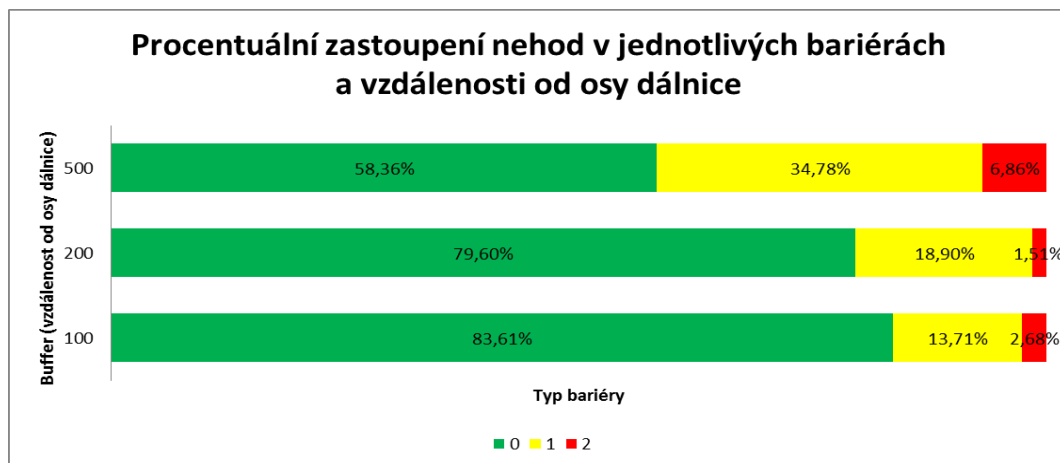
Kod variability	Délka úseku (m)	Počet nehod	Délka úseku (%)	Počet nehod (%)	Nehod na 1km	pravděpodobnost	očekovaná četnost	chitest
1	23717,60	243	34,39%	40,64%	10,25	0,17	8,40	
2	8721,60	71	12,65%	11,87%	8,14	0,17	8,40	
3	16661,20	98	24,16%	16,39%	5,88	0,17	8,40	
4	9512,80	111	13,79%	18,56%	11,67	0,17	8,40	
5	5262,40	36	7,63%	6,02%	6,84	0,17	8,40	
6	5096,80	39	7,39%	6,52%	7,65	0,17	8,40	
Celkem	68972,40	598	100,00%	100,00%	50,43	1	p=	0,73164

Tab. č. 2: Statistické testování. Zdroj: Novák Libor.

U sloučených úseků byl znovu spočten počet nehod na 1 km, přidána rovnoměrná pravděpodobnost a očekávaná četnost. Lze vidět, že poměr nehod ve vztahu ke vzdálenosti se u sloučených úseků výrazně změnil. Výsledek testu dobré shody $p = 0,73164 > \alpha$ tedy znamená, že nulovou hypotézu nezamítám. Vliv bariér jako jeden z faktorů na zapříčinění nehody nebyl dle výše uvedeného testu prokázán.

5.2 Širší vztahy

Analýza širších vztahů ukázala, že se většina nehod na dálnici D10 stala mimo kolmo navazující urbanizované plochy. Nicméně v závislosti na vzdálenosti od osy dálnice se jednotlivé kategorie vyrovnávají, jak lze spatřit v následujícím grafu.



Obr. č. 9: Počet nehod dle vzdálenosti od dálnice. Zdroj: Novák Libor.

Je třeba zdůraznit, že v každém bufferu bylo pracováno se stejným vzorkem nehod. Jedná se tedy zejména o vyjádření možného vlivu na srážku se zvěří v případě, že se do určité vzdálenosti od dálnice nachází urbanizovaná plocha, která by mohla působit jako bariéra. Poznatkem z této analýzy je skutečnost, že se do vzdálenosti 100 m od osy dálnice 80% nehod stalo v místech, kde se žádná urbanizovaná plocha nenacházela. I v kategorii do 200 m od dálnice jsou počty nehod poměrně shodné. Až v kategorii 500 m od osy dálnice je možné vidět změnu, kde se necelých 60 % nehod stalo mimo urbanizované plochy. Naopak se zvyšuje zastoupení nehod na necelých 35 % v místech, kde je z jedné strany dálnice zastavěná plocha. Kategorie s označením 2, tedy zastavěné území po obou stranách vykazuje jisté kolísání, přesto však množství nehod v tomto typu bariéry tvoří minimální zastoupení. Ačkoliv se v kategorii 0 zcela nepochybně odehrálo největší množství srážek, dle testu dobré shody nebyl prokázán významný vliv.

Vzdálenost (m)	Typ bariéry	Počet nehod	Délka úseku (m)	Počet nehod %	Délka úseku %	Nehod na 1km	Pravděpodobnost	Očekávaná četnost	Chitest
100	0	56083	56083	83,61%	78,88%	8,92	0,33	6,76	
100	1	82	10276	13,71%	14,45%	7,98	0,33	6,76	
100	2	16	4738	2,68%	6,66%	3,38	0,33	6,76	
Celkem		598	71098	100,00%	100,00%	20,27	1,00		p= 0,272357559

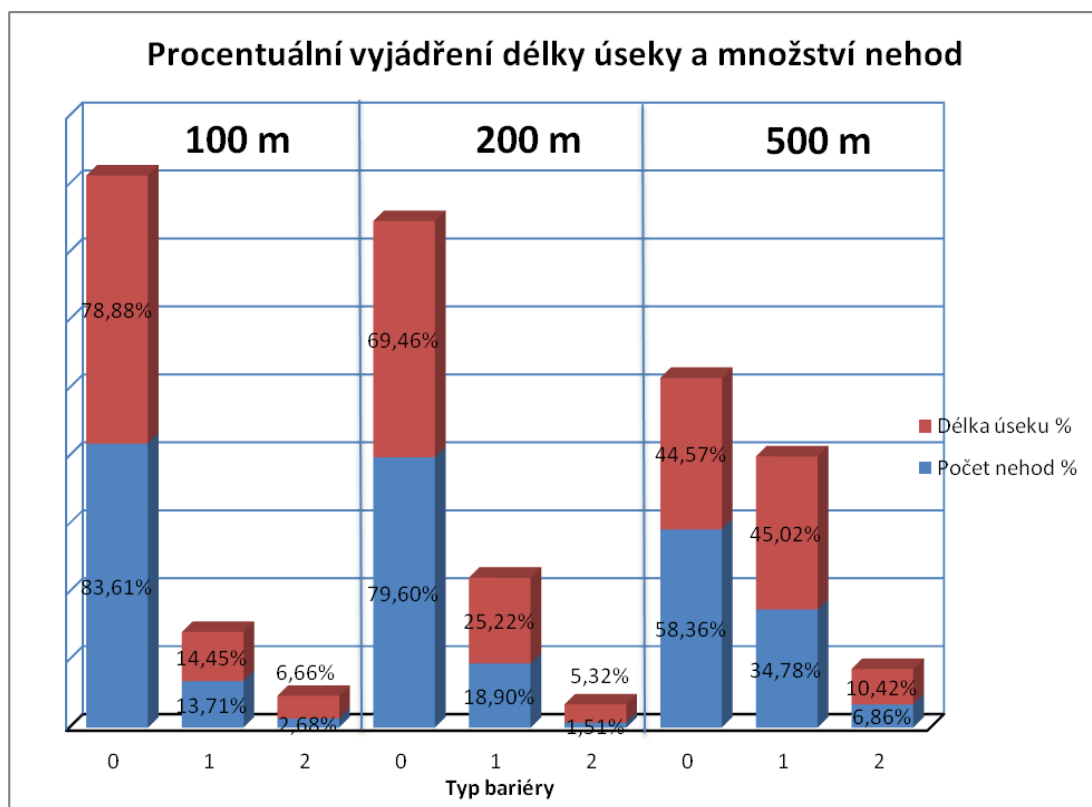
Tab. č. 3: Test dobré shody u 100 m bufferu. Zdroj: Novák Libor

Vzdálenost (m)	Typ bariéry	Počet nehod	Délka úseku (m)	Počet nehod %	Délka úseku %	Nehod na 1km	Pravděpodobnost	Očekávaná četnost	Chi test
200	0	476	49386	79,60%	69,46%	9,64	0,33	6,11	
200	1	113	17931	18,90%	25,22%	6,30	0,33	6,11	
200	2	9	3781	1,51%	5,32%	2,38	0,33	6,11	
Celkem		598	71098	100,00%	100,00%	18,32	1,00	p=	0,115170213

Tab. č. 4: Test dobré shody u 200 m bufferu. Zdroj: Novák Libor.

Vzdálenost (m)	Typ bariéry	Počet nehod	Délka úseku (m)	Počet nehod %	Délka úseku %	Nehod na 1km	Pravděpodobnost	Očekávaná četnost	Chi test
500	0	349	31685	58,36%	44,57%	11,01	0,33	7,68	
500	1	208	32007	34,78%	45,02%	6,50	0,33	7,68	
500	2	41	7406	6,86%	10,42%	5,54	0,33	7,68	
Celkem		598	71098	100,00%	100,00%	23,05	1,00	p=	0,328357915

Tab. č. 5: Test dobré shody u 500 m bufferu. Zdroj: Novák Libor



Obr. č. 10: Poměr nehod a délky úseky v analýze širších vztahů. Zdroj: Novák Libor

Z výše uvedeného grafu je patrné, že jednotlivé kategorie se vyrovnávají s vzrůstající vzdáleností od osy dálnice. Poměr počtu nehod k délce úseku u jednotlivých kategorií však nevykazuje významný rozdíl. Maximální odchylka je 14% ve vzdálenosti 500 m a typu bariéry 0. Tedy, že se 58% nehod stalo na 44% dálnice.

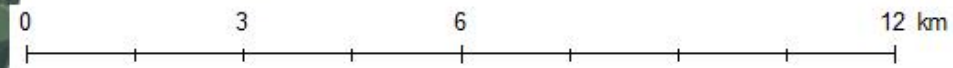
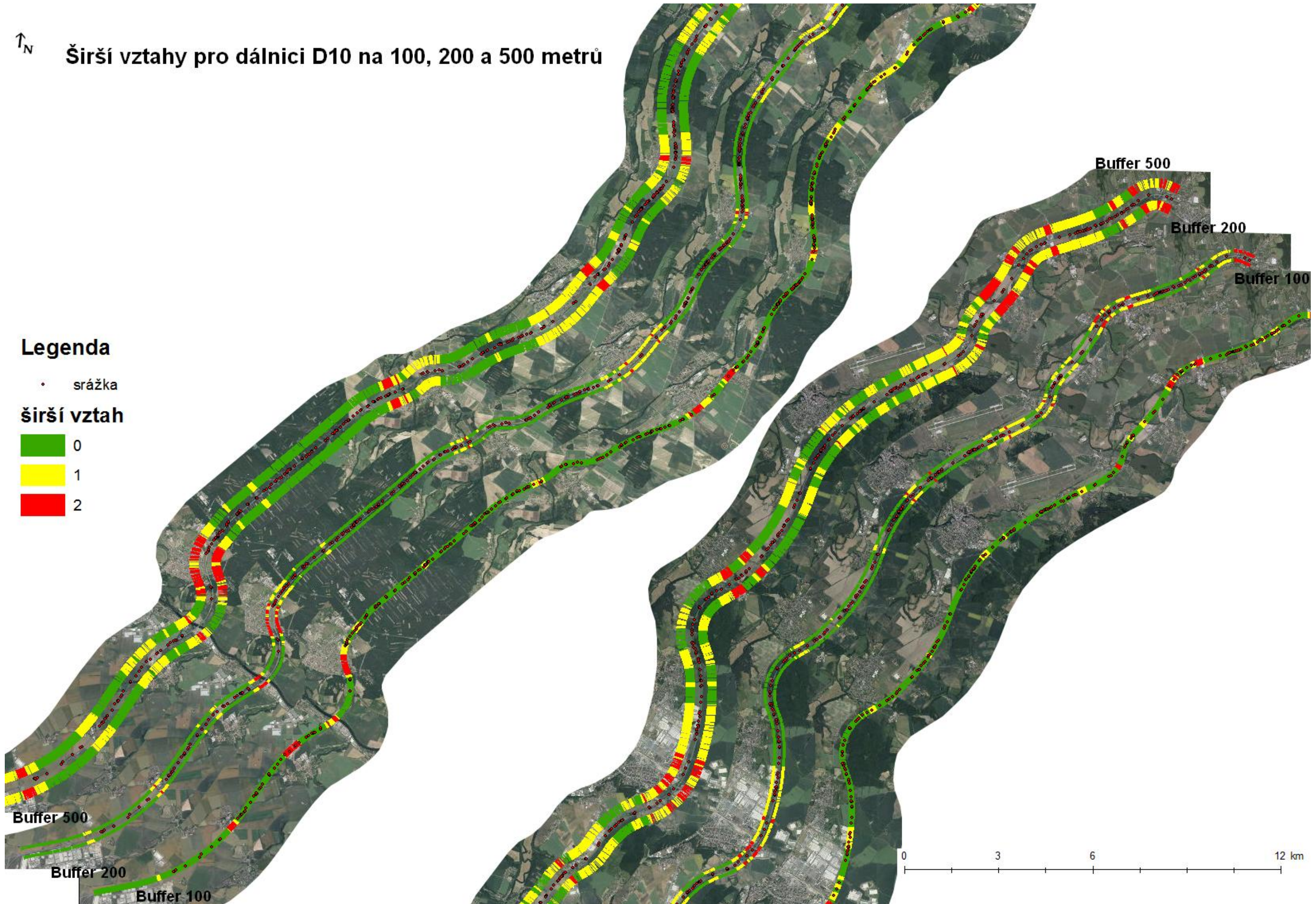
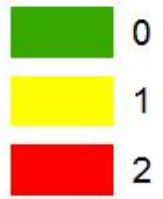


Širší vztahy pro dálnici D10 na 100, 200 a 500 metrů

Legenda

• srážka

širší vztah



5.3 Hustota nehod

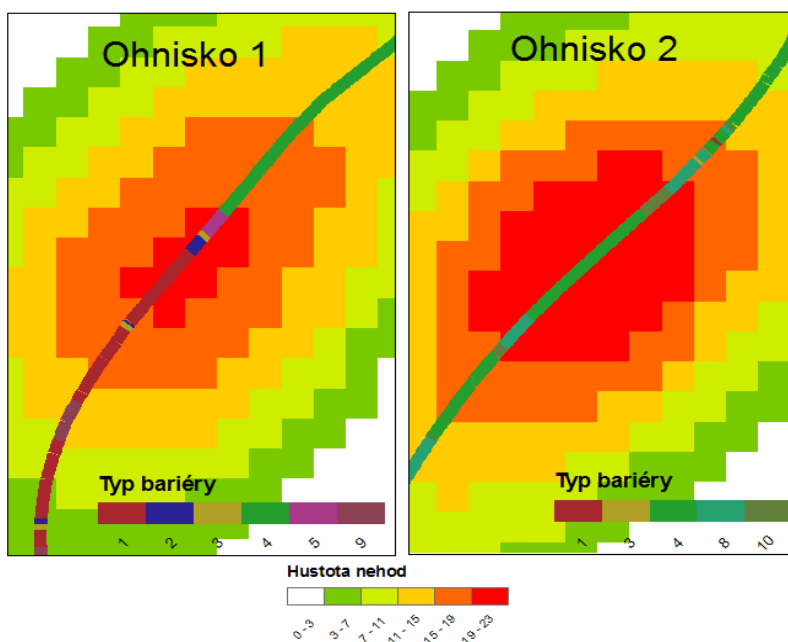


Obr. č. 12: Grafické zobrazení hustoty nehod na km dálnice. Zdroj: Novák Libor.

Na celé délce dálnice se vyskytují dva úseky, kde na 1 km dochází k poměrně značnému shlukování nehod v počtu 19 – 23. První ohnisko je v blízkosti Brandýsa nad Labem – Staré Boleslavi mezi 14. a 15. km dálnice D10. Druhé ohnisko je nedaleko obce Brodce mezi 32. a 33. km. Dále se na celé dálnici vyskytuje dalších pět úseků se zvýšenou nehodovostí v rozmezí 15 až 19 nehod na 1 km. Veškeré ostatní úseky jsou pod hranicí 15 nehod na jeden km. Současně lze pozorovat, že se veškeré úseky s nehodovostí > 15 na 1 km nacházejí v blízkosti či přímo uvnitř lesnatých oblastí. Jistou výjimkou je úsek se zvýšeným nárůstem č. 5. Nenachází se sice blízko lesnaté oblasti, nicméně v mapě není patrný pruh zeleně, který ho přímo protíná.

Zvýšený nárůst č.	Kilometráž D10
1	19,5 - 20,5
2	30,5 - 31,5
3	35 - 36
4	60 - 61
5	68,5 - 69,5

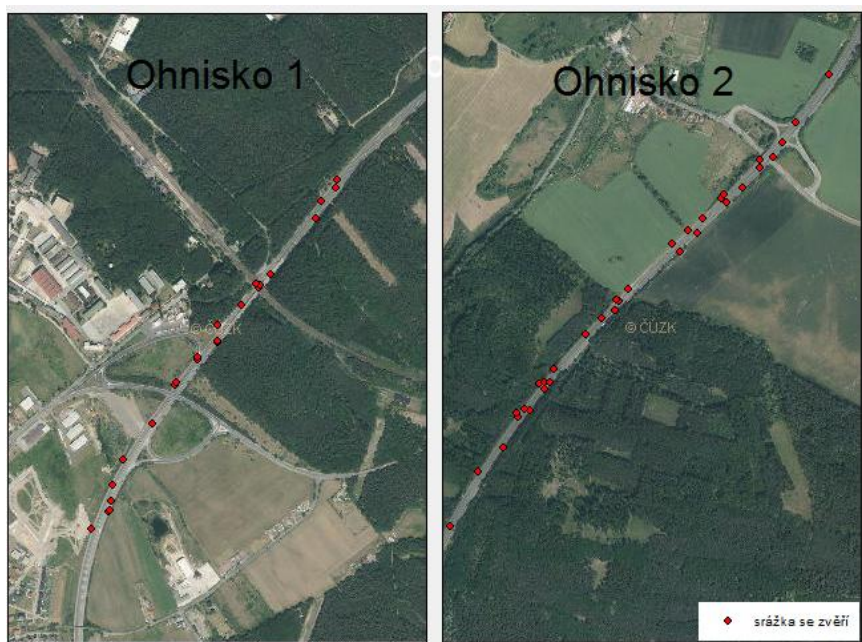
Tab. č. 6: Kilometráž úseků se zvýšeným počtem nehod na km. Zdroj: Novák Libor.



Obr. č. 13: Variabilita bariér uvnitř úseků s největším shlukem nehod. Zdroj: Novák Libor.

U prvního ohniska je variabilita bariér značně proměnlivá. Dominuje kategorie č. 4, tedy neprostupný úsek z obou stran. Ten postupně přechází přes jednu oplocenou stranu, svodidla až po zcela volné krajnice vozovky bez jakýchkoliv

zábran. Oproti tomu úsek u druhého ohniska je neprostupný z obou stran v celé délce (typ bariéry 4, 8, 10). Místy se pouze na několika metrech objevují svodidla bez oplocení. Oba úseky tak z hlediska variability bariér nevykazují shodné parametry. Převažuje zde typ č. 4, nicméně u prvního úseku končí v místech rizikového hotspotu, kdežto u druhého je jeho součástí.



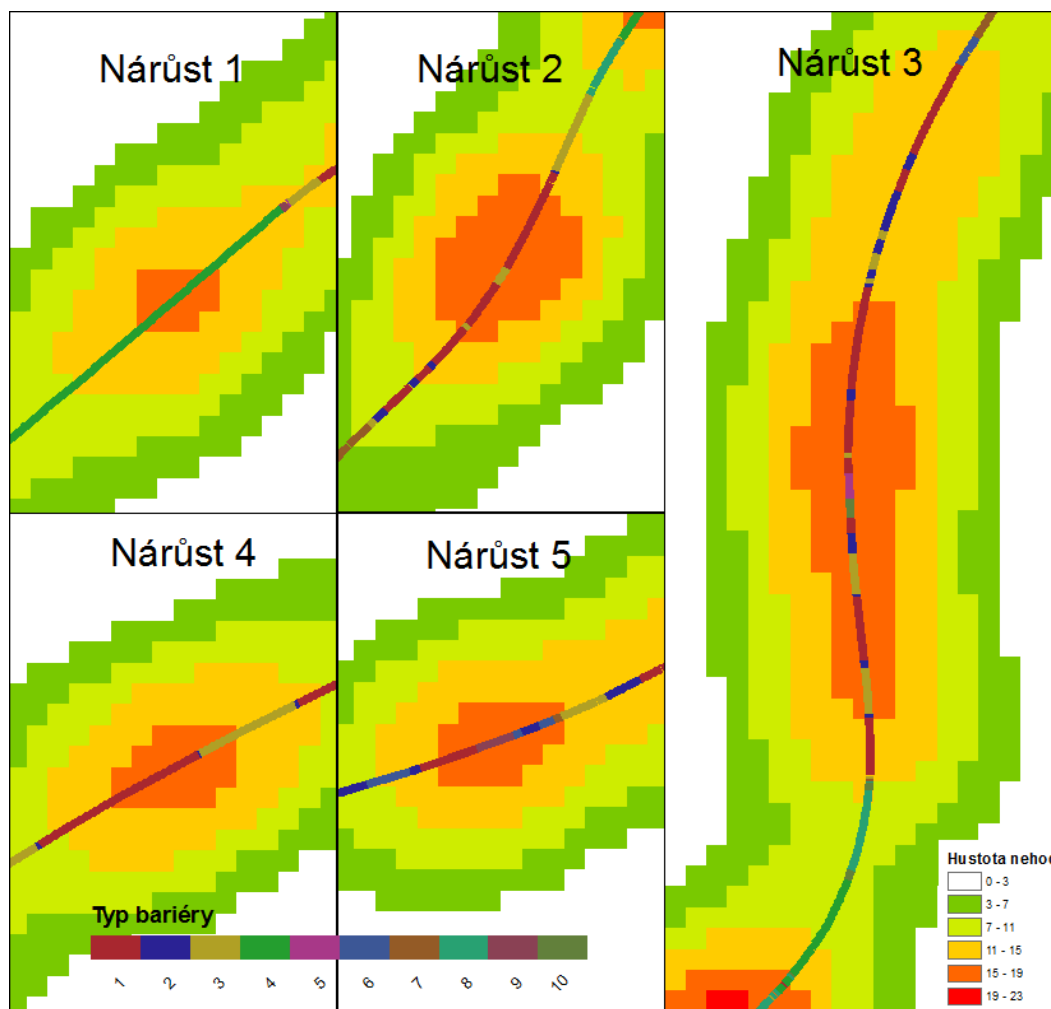
Obr. č. 14: Struktura krajiny a technických bariér v daných hotspotech. Zdroj: Novák Libor.



Obr. č. 15: Struktura technických bariér v daných hotspotech. Zdroj: Novák Libor.

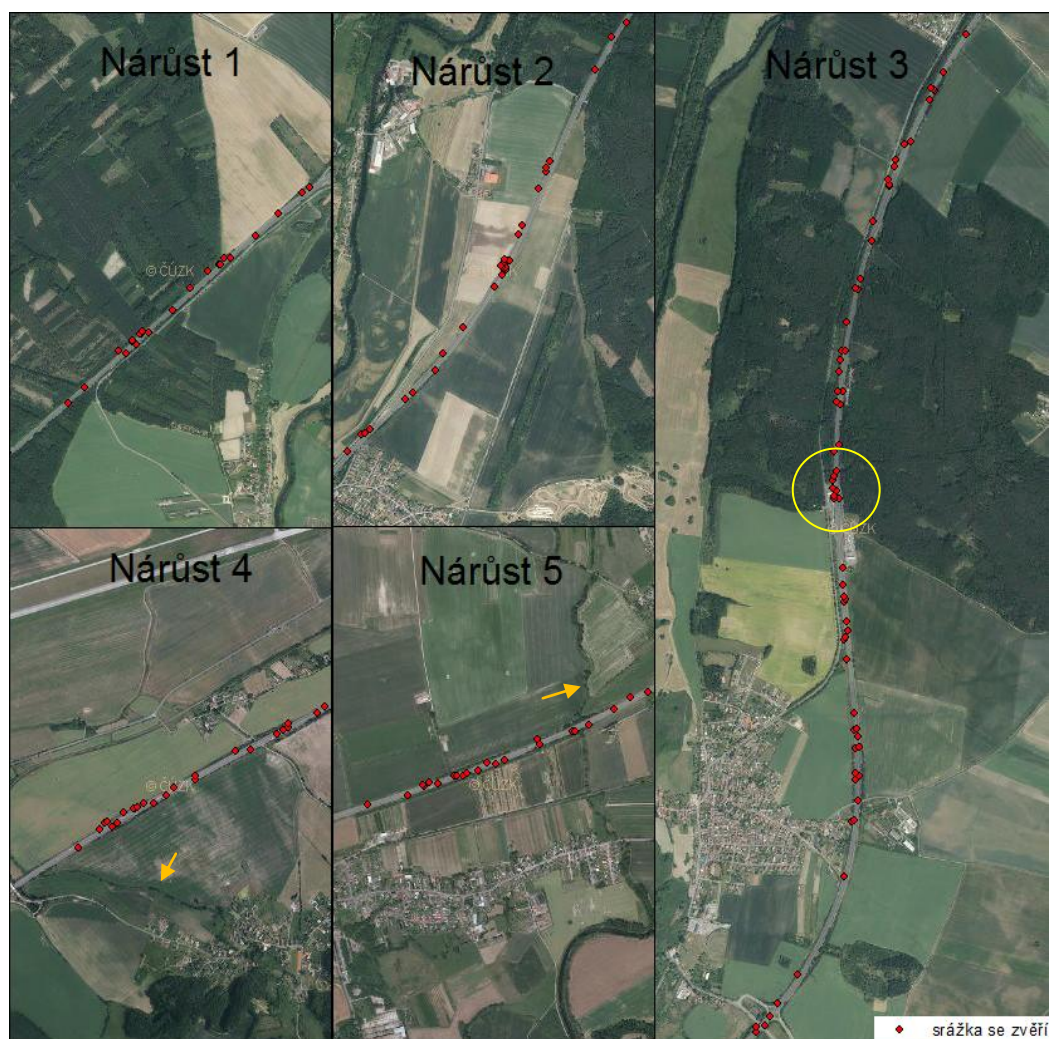
Přestože z hlediska variability bariér jsou v obou lokalitách značné rozdíly, pohled na ortofoto ukazuje jisté shodné vlastnosti. V obou lokalitách dálnice protíná lesní ekosystém, za kterým je nedaleko mimoúrovňová křižovatka. Současně se v obou případech v blízkosti nachází urbanizovaná plocha. V případě prvního

ohniska zde ještě lokalitu protíná železniční koridor, u kterého je navíc ukončení oplocení.



Obr. č. 16: Variabilita bariér v úsecích se zvýšeným počtem nehod. Zdroj: Novák Libor.

Variabilita bariér ve všech sledovaných lokalitách se zvýšeným nárůstem nehod opět ukazuje značnou nesourodost. V prvním případě jsou nepropustné bariéry po obou stranách dálnice. Ve druhém a čtvrtém místě se zvýšeným nárůstem nehod se nacházejí pouze úseky se svodidly (typ bariéry 1, 2, 3). Oproti tomu u třetího a pátého případu lze vidět výraznou rozdílnost ve složení bariér, kde se střídají úseky se svodidly a úseky, které jsou z jedné strany nepropustné.



Obr. č. 17: Struktura krajiny v místech se zvýšeným nárůstem nehod. Zdroj: Novák Libor.

Z ortofota lze zjistit některé shodné parametry podobně jako u dvou hlavních ohnisek. U všech pěti případů jsou v blízkosti urbanizované plochy, které mohou tvořit významnou migrační bariéru. V případě 1, 2 a 3 dálnice současně protíná lesní biotopy. V případě 4 a 5 je patrný pruh zeleně, který se kříží s dálnicí. Případ č. 3 je nicméně specifický. Zakroužkované místo je jediné na dálnici, kde se uprostřed mezi svodidly nachází plot v délce cca 200 metrů. Je zcela patrné, že právě v tomto úseku se shlukují nehody.

6. Diskuse

Výsledky testu dobré shody prokazují, že není staticky významný rozdíl v poměru nehod v rámci jednotlivých kategorií bariér nacházejících se v bezprostředním okolí dálnice D10. Je však zajímavé, že např. u typu bariéry č. 4 (oplocení z obou stran) je průměrný počet sražených zvířat necelých 12 kusů na 1 km, kdežto u typu č. 3 (kovová svodidla z obou stran) je průměr kolizí na 1 km cca 6. V úsecích s bariérami po obou stranách je tedy dvojnásobný počet nehod než v úsecích se svodidly. Výsledky korespondují se závěry Malo et al. (2004), který na základě statistického testování zjistil, že svodidla mohou tvořit zábranu respektive odradit zvěř od vniku na vozovku respektive se na úsecích se svodidly stalo nejméně nehod v porovnání s ostatními úseky. Osobně se však domnívám, že kovová svodidla sama osobě mohou být překážkou pouze pro určité druhy. Např. pro prase divoké, pokud vezmu v potaz výšku svodidla nad zemí. Nelze však popřít, že tento typ bariér má nejmenší počet nehod na 1 km. Svodidla betonová, která se nacházejí téměř vždy ve středu dálnice, však již mohou tvořit značnou bariéru. Jelikož si jich migrující zvěř nemusí všimnout a při pokusu o návrat se zvyšuje riziko nehody, jak zmiňuje i Anděl et al. (2005).

Je důležité, jakým způsobem jsou ploty proti vniknutí zvěře na vozovku projektovány. Zejména pak jejich zakončení, aby nedocházelo pouze k navádění zvěře do míst, kde se ocitnou v pasti. Vyšší nárůst nehod v oplocených úsecích pozoroval Cserkés et al. (2013), kde zmiňuje především problematiku křížení technických koridorů a jejich návaznost na oplocení. Dálnice D10 je oplocena zhruba z 14%, což neodpovídá oficiálním cca 25 km udávaných ŘSD. V současné době jsou oploceny především úseky, kde dálnice protíná lesní biotopy a do roku 2018 je v plánu kompletně oplotit celou dálnici. Možná právě z tohoto důvodu jsou některé současné úseky nedořešeny. Vznikají tak místa, které mohou být z lokálního hlediska značně problematické. Například úseky, kde z jedné strany plot končí a z druhé pokračuje. Bager et Fontoura (2013) zaznamenal incidenci nehod právě v místech mezi jednotlivými oplocenými úseky nebo Clevenger et al. (2001), který upozorňuje na zvýšený počet nehod v blízkosti ukončení oplocení. Dalším významným faktorem je samotná integrita plotů. Pokud je soustavně narušována, dochází tak k její ztrátě a celý systém oplocení přestává být účinný. To může být jedna z příčin, proč je na D10 poměrně velký počet nehod v oplocených úsecích, které se tak zdají být neefektivní. Během terénního průzkumu jsem pozoroval několik desítek děr na celé délce

oplocených úseků a následně i několik sražených zvířat právě v těchto místech. S každým dalším průjezdem byly některé díry opraveny a jiné se nově objevily. Bylo by zajímavé sledovat frekvenci tohoto jevu např. na kompletně oploceném úseku a následně vyhodnotit počet nehod způsobený právě nedokonalou integritou. Dalším faktorem z hlediska účinnosti oplocení může být i délka plotu, jak zjistil Huijser et al. (2016). Ploty, které jsou kratší než 5 km, jsou obecně méně efektivní než ploty mající délku více jak 5 km. Tyto výsledky se shodují se situací na dálnici D10. Veškeré oplocené úseky měří jednotlivě cca 3 km a podél jejich průběhu se stal značný počet nehod. Lze se tedy domnívat, že délka oploceného úseku není dostatečná a rizikový úsek, kvůli kterému byl plot postaven, přesahuje délku daného oplocení.

V případě D10 je rozložení nehod v poměru k délce variability bariér vcelku rovnoměrný. Maximální odchylka je 7%. Oproti tomu Malo et al. (2004) došel k výsledku 70% nehod na 8% silniční síť v provincii Soria ve Španělsku nebo Hubbard et al. (2000), který zjistil, že ve státě Iowa došlo k 25% nehod v rozmezí 0,8 km od určitých staničení, což tvořilo 3,4% silniční sítě. Žádný takový markantní rozdíl nebyl na dálnici D10 prokázán.

Orlowski et Nowak (2006) zjistil, že v rámci jeho výzkumu se ve sledovaném území 38% nehod se zvěří odehrálo v urbanizovaných místech, převážně ve vesnicích a městech. V případě D10 se podobné výsledky objevují až při vzdálenosti urbanizovaného území cca 500 m od dálnice. Lze se však shodnout s Nielsen et al. (2003) a Malo et al. (2004), že se většina nehod stala v místech s menším zastoupením urbanizovaných ploch. Naopak nelze se ztotožnit s tvrzením Seiler (2005), který uvádí, že riziko nehody klesá se zvětšující se plochou zastavěného území. U dálnice D10 je tomu přesně naopak. S větší vzdáleností od osy dálnice je více zastoupeno urbanizované území a vzrůstá počet nehod, který tak spadá pod tuto plochu. Uvedené studie však pracovaly s kombinací různých tříd silnic, což může do značné míry ovlivnit výsledky. Především proto, že průběh dálnice má být veden mimo vesnice a města, oproti silnicím nižších tříd. Navíc analýza širších vztahů byla primárně zaměřena na určení, zda se z jedné či obou stran dálnice nachází neprostupná plocha, která by potencionálně mohla ovlivnit migraci zvěře. Způsobem tohoto určení však lze i zjistit, do jaké míry se v určité vzdálenosti od nehody nachází urbanizovaná plocha. Ostatní způsoby využití půdy v okolí dálnice řešeny nebyly. Dle testu dobré shody však nebyl prokázán významný vliv zastavěných

ploch. V případě řešení možného vlivu využití a pokrytí půd na potenciaální srážku se zvěří by však zcela jistě bylo vhodné použít odlišnou metodiku. Např. způsobem, který použili Grilo et al. (2009) nebo Found et Boyce (2011), kde byl vždy řešen radius kolem nehod. Následný průmět pokryvu a bodu srážky by umožnil zjistit, do jaké míry jsou jednotlivá území zastoupena u každé nehody a ty následně porovnat.

Jelikož nebyl prokázán statisticky významný vliv bariér podél dálnice D10, je třeba hledat další faktory, které mohou mít vliv na shlukování nehod v určitých místech. Analýza hustoty nehod ukazuje zvýšený počet sražené zvěře v místech, které mají poměrně shodné parametry. Jedná především o případy, kdy dálnice protíná lesní biotopy. K závěru, že lesní porosty přilehlé k dálnici mají vliv na množství nehod, došel také Finder et al. (1999). Současně zmiňuje i značný vliv liniových prvků zeleně či vodních toků, které pokud se kříží s dálnicí, zvěř na ni přímo navádějí. S výše uvedeným tvrzením korespondují výsledky z analýzy hustoty nehod, jež přesně ukazují na tyto místa. Některé studie dále poukazují na skutečnost, že v místech, kde dochází k shlukování nehod, je také nejvyšší populační hustota daného druhu (Finder et al. 1999, Hothorn et al. 2015). Toto tvrzení nebylo možné ověřit, jelikož data získaná prostřednictvím PČR neobsahují údaje o druhu sražené zvěře. Do budoucna by bylo vhodné, kdyby se zaznamenávalo alespoň některé taxonomické členění.

7. Závěr

Přestože nebyl statisticky prokázán vliv technických bariér, některé úseky mají dvojnásobný počet nehod na 1 km než jiné. Zároveň nebyl prokázán vliv urbanizovaných ploch či jiných plošně nepropustných území do vzdálenosti 500 metrů od osy dálnice. Z analýzy hustoty nehod však vyplývají určité shodné vlastnosti jednotlivých rizikových míst, kde dochází ke shlukování nehod. Lze tak vyvodit úseky se specifickým pokryvem a využitím půdy, kterým by dále měla být věnována pozornost. Z výsledků dále vyplývá, že by měl být řešen způsob provedení oplocení včetně použitého materiálu a to vzhledem k plánu kompletního oplocení dálnice.

Terénním průzkumem, zpracováním v prostředí GIS a vyhodnocením pomocí statistických metod bylo dosaženo několika podrobných analýz, které vyhodnocují vazby mezi množstvím sražené zvěře, technickou infrastrukturou a okolním prostředím. Byli tak dosaženy stanovené cíle diplomové práce.

Veškeré výstupy jsou využitelné při dalších analýzách vyhodnocení vlivu technických bariér v kontextu kolizí dopravních prostředků se zvěří. Stanovenou metodiku lze zopakovat v jiných případových studiích. Tato práce tak přináší možný způsob řešení problematiky, ale nabízí i případné srovnání. Současně zde lze čerpat informace o oblasti road ecology, která řeší zásadní otázky fragmentace krajiny dopravní infrastrukturou.

8. Seznam literatury:

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. Online: http://www.evernia.cz/publikace/Pruchodnost_silnic_a_dalnic_pro_volne_zijici_zivo_cichy__mala.pdf

Anděl, P., Gorčicová, I., Hlaváč, V., Miko, L., Andělová, H., 2005. Hodnocení fragmentace krajiny dopravou. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. Online: http://www.evernia.cz/publikace/Hodnoceni_fragmentace_krajiny_dopravou_cz.pdf

Ascensao, 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* 257: 36-43.

Bager, A., Fontoura, V., 2013. Evaluation of the effectiveness of a wildlife roadkill mitigation system in wetland habitat. *Ecological Engineering* 53: 31-38

Beckmann, CH., Shine, R., 2015. Do the Numbers and Locations of Road-Killed Anuran Carcasses Accurately Reflect Impacts of Vehicular Traffic? *The Journal of Wildlife Management* 79: 92–101.

Borkovcová, M., Mrtka, J., Winkler, J., 2012. Factors affecting mortality of vertebrates on the roads in the Czech Republic. *Transportation Research Part D* 17: 66–72.

Cain, A., T., Tuovila, V., R., Hewitt, D., G., Tešeš, M., E., 2003. Effects of a highway and mitigation projects on bobcats in Southern Texas. *Biological Conservation* 114: 189–197.

Clevenger, A., P., Chruszcz, B., Gunson, K., 2001. Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin* 29: 646–653.

Clevenger, A., P., Chruszcz, B., Gunson, K., 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological conservation* 109: 15–26.

Clevenger, A., P., Waltho, N., 2005. Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. *Biological conservation* 121: 453-464.

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

Cook, T., C., Blumstein, D., T., 2013. The omnivore's dilemma: Diet explains variation in vulnerability to vehicle collision mortality. *Biological Conservation* 167: 310–315.

Cserkés, T., Otlecz, B., Nagy, A., Farkas, J., 2013. Interchange as the main factor determining wildlife–vehicle collision hotspots on the fenced highways: spatial analysis and applications. *Eur J Wildl Res* 59: 587–597.

Damarad, T., Bekker, G., J., 2003. Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure: Findings of the COST Action 341. Office for official publications of the European Communities. Online: http://www.iene.info/wpcontent/uploads/COST341_final_report.pdf

Dodd, C., K., Barichivich, W., J., Smith, L., L., 2004. Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. *Biological conservation* 118: 619–631.

Elmeros, M., Winbladh, J., K., Andersen, P., N., Madsen, A., B., Christensen, J., T., 2011. Effectiveness of odour repellents on red deer (*Cervus elaphus*) and roe deer (*Capreolus capreolus*): a field test. *Eur J Wildl Res* 57: 1223–1226.

Fahrig, L., Rytwinski, T., 2009. Effects of Roads on Animal Abundance: an Empirical Review and Synthesis. *Ecology and Society* 14: 21. Online: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art21/>

Finder, R., A., Roseberry, J., R., Woolf, A., 1999. Site and landscape conditions at white-tailed deer/vehicle collision locations in Illinois. *Landscape and Urban Planning* 44: 77-85.

Forman, R., T., T., Sperling, D., Bissonette, J., A., Clevenger, A., P., Cutshall, C., D., Dale, V., H., Fahrig, L., France, R., Goldman, C., R., Heanue, K., Jones, J., A., Swanson, F., J., Turrentine, T., Winter, T., C., 2003. *Road Ecology; Science and Solutions*. Island Press, Washington DC.

Found, R., Boyce, M., S., 2011. Predicting deerevehicle collisions in an urban area. *Journal of Environmental Management* 92: 2486-2493.

Glista, D., J., DeVault, T., L., DeWoody, J., A., 2009. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape and urban planning* 91: 1-7.

Grilo, C., Bissonette, J., A., Santos-Reis, M., 2009. Spatial–temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. *Biological conservation* 142: 301-313.

Grosman, P., D., Jaeger, J., A., G., Biron, P., M., Dussault, CH., Ouellet, J., P., 2009. Reducing moose–vehicle collisions through salt pool removal and displacement: an agent-based modeling approach. *Ecology and Society* 14: 17. Online: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art17/>

Hlaváč, V., Anděl, P., 2001. Metodická příručka k zajišťování průchodnosti dálničních komunikací pro volně žijící živočichy. AOPK ČR, Praha.

Hothorn, T., Muller, J., Held, L., Most, L., Mysterud, A., Temporal patterns of deer–vehicle collisions consistent with deer activity pattern and density increase but not general accident risk. *Accident Analysis and Prevention* 81: 143–152.

Hrouzek, K., 2011. K účinnosti pachových ohradníků u silnic. *Myslivost* 3: 76. Online: <http://www.myslivost.cz/Casopis-Myslivost/Myslivost/2011/Brezen---2011/K-ucinnosti-pachovych-ohradniku-u-silnic>

Hubbard, M., W., Danielson, B., J., Schmitz, R., A., 2000. Factors influencing the location of deer-vehicle accidents in Iowa. *Journal of wildlife management* 64: 707-713.

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.

Iuell, B., Bekker, G., J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlaváč, V., Keller, V., B., Rosell, C., Sangwine, T., Tørsløv, N., Wandall, B. le Maire, 2003. *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*, Luxembourg. Online: http://www.iene.info/wp-content/uploads/COST341_Handbook.pdf

Jensen, R., R., Gonser, R., A., Joyner, Ch., 2014. Landscape factors that contribute to animal vehicle collisions in two northern Utah canyons. *Applied Geography* 50: 74-79.

Krisp, M., J., Durot, S., 2007. Segmentation of lines based on point densities—An optimisation of wildlife warning sign placement in southern Finland. *Accident Analysis and Prevention* 39: 38–46.

Kušta, T., Keken, Z., Ježek, M., Kůta, Z., 2015. Effectiveness and costs of odor repellents in wildlife–vehicle collisions: A case study in Central Bohemia, Czech Republic. *Transportation Research Part D* 38: 1–5.

Langley, R., L., Higgins, S., A., Herrin, K., B., 2006. Risk Factors Associated With Fatal Animal-Vehicle Collisions in the United States, 1995–2004. *Wilderness and Environmental Medicine* 17: 229–239.

Lesbarrères, D., Fahrig, L., 2012. Measures to reduce population fragmentation by roads: what has worked and how do we know? *Trends in Ecology and Evolution* 27: 374–380.

Malo, J., E., Suárez, F., Díez, A., 2004. Can we mitigate animal–vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology* 41: 701–710.

Mastro, L., L., Conover, M., R., Frey, S., N., 2010. Factors influencing a motorist's ability to detect deer at night. *Landscape and Urban Planning* 94: 250–254.

Mata, C., Hervás, I., Herranz, J., Suárez, F., Malo, J., E., 2008. Are motorway wildlife passages worth building? Vertebrate use of road-crossing structures on a Spanish motorway. *Journal of Environmental Management* 88: 407–415.

McLane A., J., Semeniuk, Ch., McDermid, G., J., Marceau, D., J., 2011. The role of agent-based models in wildlife ecology and management. *Ecological Modelling* 222: 1544–1556.

Mrtka, J., Borkovcová, M., 2013: Estimated mortality of mammals and the cost associated with animal–vehicle collisions on the roads in the Czech Republic. *Transportation research* 18: 51–54.

Ng, S., J., Dole, J., W., Sauvajot, R., M., Riley, S., P., D., Valone, T., J., 2004. Use of highway undercrossings by wildlife in southern California. *Biological conservation* 115: 499–507.

Nielson, C., K., Anderson, R., G., Grund, M., D., 2003. Landscape Influences on Deer-Vehicle Accident Areas in an Urban Environment. *The Journal of Wildlife Management* 67: 46-51.

Niemi, M., Jaaskelainen, N., C., Nummi, P., Makela, T., Norrdahl, K., 2014. Dry paths effectively reduce road mortality of small and medium-sized terrestrial vertebrates. *Journal of Environmental Management* 144: 51-57.

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

Orlowski, G., Nowak, L., 2006. Factors influencing mammal roadkills in the agricultural landscape of south-western Poland. *Polish journal of ecology* 54: 283–294.

Plíšek, K., Hrouzek, K., 2009. Doprava a zvěř. *Myslivost* 12: 42. Online: <http://www.myslivost.cz/Casopis-Myslivost/Myslivost/2009/Prosinec---2009/Doprava-a-zver-%281%29>

Putman, R., J., 1997. Deer and Road Traffic Accidents: Options for Management. *Journal of Environmental Management* 51: 43–57.

Ramp, D., Wilson, V., K., Croft, D., B., 2006. Assessing the impacts of roads in peri-urban reserves: Road-based fatalities and road usage by wildlife in the Royal National Park, New South Wales, Australia. *Biological conservation* 129: 348-359.

ŘSD, 2015. Ředitelství silnic a dálnic ČR, Praha. Online: <https://www.rsd.cz/wps/portal/web/Silnice-a-dalnice/delky-a-dalsi-data-komunikaci>

Seiler, A., 2005. Predicting locations of moose–vehicle collisions in Sweden. *Journal of Applied Ecology* 42: 371–382.

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. *Accident Analysis and Prevention* 66: 168-181.

Sullivan, J., M., 2011. Trends and characteristics of animal-vehicle collisions in the United States. *Journal of Safety Research* 42: 9-16.

Teixeria, F., Z., Coelho, A., V., P., Esperandio, I., B., Kindel, A., 2013a. Vertebrate road mortality estimates: Effects of sampling methods and carcass removal. *Biological conservation* 157: 317-323.

Teixeria, F., Z., Coelho, I., P., Esperandio, I., B., Oliveria, N., R., Peter, F., P., Dornelles, S., S., Delazeri, N., R., Tavares, M., Martins, M., B., Kindel, A., 2013b. Are road-kill hotspots coincident among different vertebrate groups? *Oecologia Australis* 17: 36-47.

Technické podmínky č. 180, 2006. Migrační objekty pro zajištění průchodnosti dálnic a silnic pro volně žijící živočichy. Ministerstvo dopravy České republiky, Praha.

Thurfjell, H., Spong, G., Olsson, M., Ericsson, G., 2015. Avoidance of high traffic levels results in lower risk of wild boar-vehicle accidents. *Landscape and Urban Planning* 133: 98-104.

9. Přílohy

- 1) Tabulka gisové vrstvy průběhu bariér
- 2) Detail průběhu bariér v místech se zvýšeným nárůstem nehod
- 3) Fotodokumentace z terénního průzkumu

1) Tabulka gisové vrstvy průběhu bariér. Zdroj: Novák Libor.

FID	pozice	okoli	typ_bar	poznamka	smer	delka (m)
0	vnitřní		svodidla beton		Turnov	64
1	vnitřní		svodidla kov		Turnov	75
2	vnější	orna puda	zadně		Turnov	624
3	vnější	most	svodidla kov		Turnov	24
4	vnější	ricka	svodidla kov		Turnov	38
5	vnější	zelen	zadně		Turnov	719
6	vnější	most	svodidla kov		Turnov	30
7	vnitřní		svodidla kov		Praha	89
8	vnitřní		svodidla kov		Turnov	55
9	vnitřní	orna puda	svodidla kov		Praha	74
10	vnější	ricka	svodidla kov		Praha	41
11	vnější	most	svodidla kov		Praha	22
12	vnější	orna puda	zadně		Praha	591
13	vnější	orna puda	zadně		Turnov	1238
14	vnější	orna puda	zadně		Turnov	20
15	vnější	orna puda	svodidla kov		Turnov	67
16	vnější	orna puda	svodidla kov		Turnov	1988
17	vnější	zelen	zadně		Turnov	61
18	vnější	most	svodidla kov		Turnov	65
19	vnější	urbanizovaná plocha	zadně		Turnov	153
20	vnější	urbanizovaná plocha	svodidla kov		Turnov	67
21	vnější	urbanizovaná plocha	zadně		Turnov	197
22	vnější	most	svodidla kov		Turnov	36
23	vnější	orna puda	zadně		Turnov	688
24	mimo těleso	urbanizovaná plocha	bariéra jina	protihluková stěna	Turnov	353
25	vnější	most	svodidla kov		Turnov	26
26	vnější	zelen	zadně		Turnov	298
27	vnější	zelen	svodidla kov		Turnov	78
28	vnější	zelen	zadně		Turnov	2207
29	vnější	zelen	svodidla kov		Turnov	391
30	vnější	zelen	zadně		Turnov	377
31	vnější	zelen	svodidla kov		Turnov	145
32	vnější	zelen	zadně		Turnov	2670
33	mimo těleso	zelen	bariéra zaměrná	dratěný plot	Turnov	2670
34	mimo těleso	zelen	bariéra zaměrná	dratěný plot	Turnov	83
35	mimo těleso	zelen	bariéra zaměrná	dratěný plot	Turnov	72
36	mimo těleso	zelen	bariéra zaměrná	dratěný plot	Turnov	2901
37	vnější	orna puda	svodidla kov		Turnov	190
38	vnější	orna puda	zadně		Turnov	179
39	vnější	most	svodidla kov		Turnov	66
40	vnější	orna puda	zadně		Turnov	1046
41	vnitřní		svodidla beton		oba	117
42	vnitřní		svodidla beton		oba	104
43	vnitřní		svodidla beton		oba	130
44	vnitřní		svodidla beton		oba	160
45	vnitřní		svodidla beton		oba	34
46	vnitřní		svodidla beton		oba	55
47	vnitřní		svodidla beton		oba	75
48	vnitřní		svodidla beton		oba	77
49	vnitřní		svodidla beton		oba	71
50	vnitřní		svodidla beton		oba	60
51	vnitřní		svodidla beton		oba	69
52	vnější	orna puda	zadně		Praha	1058
53	mimo těleso	pole	bariéra jina		Praha	350
54	vnější	most	svodidla kov		Praha	60
55	vnější	most	zadně		Praha	174
56	vnější	pole	svodidla kov		Praha	182
57	vnější	zelen	zadně		Praha	2866
58	vnější	urbanizovaná plocha	svodidla kov		Praha	183
59	vnější	zelen	zadně		Praha	42
60	vnější	most	svodidla kov		Praha	47
61	vnější	zelen	zadně		Praha	2584
62	vnější	most	svodidla kov		Praha	103
63	vnější	pole	zadně		Praha	363
64	vnější	most	svodidla kov		Praha	21
65	mimo těleso	zelen	bariéra zaměrná		Praha	2879
66	mimo těleso	zelen	bariéra zaměrná		Praha	766
67	mimo těleso	zelen	bariéra zaměrná		Praha	1702
68	vnější	pole	zadně		Praha	712
69	mimo těleso	pole	bariéra jina		Praha	134
70	vnější	most	svodidla kov		Praha	22
71	vnější	urbanizovaná plocha	zadně		Praha	105
72	vnější	urbanizovaná plocha	svodidla kov		Praha	133
73	vnější	urbanizovaná plocha	zadně		Praha	201
74	mimo těleso	urbanizovaná plocha	bariéra jina		Praha	23
75	vnější	pole	svodidla kov		Praha	1508
76	vnější	most	svodidla kov		Praha	326
77	vnější	urbanizovaná plocha	svodidla kov		Praha	258
78	vnější	orna puda	zadně		Praha	32

79	vnejsi	most	svodidla kov		Praha	28
80	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	1237
81	vnitrni		svodidla beton		oba	32
82	vnitrni		svodidla kov		Praha	79
83	vnitrni		svodidla kov		Praha	77
84	vnitrni		svodidla kov		Turnov	216
85	vnitrni		svodidla kov		Praha	216
86	vnitrni		svodidla kov		Turnov	629
87	vnitrni		svodidla kov		Praha	629
88	vnitrni		svodidla kov		Turnov	882
89	vnitrni		svodidla kov		Praha	880
90	vnejsi	most	svodidla kov		Turnov	843
91	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	762
92	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	368
93	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	588
94	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	471
95	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	592
96	vnejsi	zelen	svodidla kov		Turnov	138
97	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	324
98	vnejsi	zelen	svodidla kov		Turnov	47
99	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	140
100	vnejsi	most	svodidla kov		Turnov	18
101	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	221
102	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	128
103	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	241
104	mimo teleso	zelen	bariera zamerna		Turnov	1301
105	mimo teleso	orna puda	bariera zamerna		Turnov	535
106	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	342
107	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Turnov	262
108	vnejsi	most	svodidla kov		Turnov	28
109	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	279
110	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	662
111	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	554
112	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Turnov	572
113	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	238
114	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	44
115	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	333
116	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	26
117	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	239
118	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	90
119	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	511
120	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	716
121	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	333
122	vnejsi	zelen	svodidla kov		Turnov	164
123	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	603
124	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	177
125	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	85
126	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	17
127	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	582
128	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	396
129	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Turnov	34
130	vnejsi	most	svodidla kov		Turnov	34
131	mimo teleso	zelen	bariera zamerna		Turnov	1541
132	mimo teleso	orna puda	bariera zamerna		Turnov	77
133	mimo teleso	orna puda	bariera zamerna		Turnov	1103
134	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	296
135	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	223
136	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	354
137	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	198
138	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	456
139	vnejsi	most	svodidla kov		Turnov	27
140	mimo teleso	zelen	bariera jina	drateny plot	Turnov	93
141	vnejsi	most	svodidla kov		Praha	24
142	vnejsi	zelen	zadne		Praha	76
143	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	219
144	vnitrni		bariera jina	drateny plot	oba	248
145	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	68
146	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	303
147	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	305
148	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	278
149	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	275
150	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	513
151	mimo teleso	urbanizovana plocha	bariera jina	protihlukova stena	Praha	476
152	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	519
153	vnejsi	most	svodidla kov		Praha	25
154	vnejsi	most	zadne		Praha	85
155	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	291
156	vnejsi	zelen	zadne		Praha	489
157	vnejsi	zelen	svodidla kov		Praha	124
158	vnejsi	zelen	zadne		Praha	387

159	vnejsi	zelen	svodidla kov		Praha	693
160	mimo teleso	orna puda	bariera zamerna	drateny plot	Praha	603
161	mimo teleso	most	bariera zamerna	drateny plot	Praha	87
162	mimo teleso	zelen	bariera zamerna	drateny plot	Praha	1546
163	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	529
164	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	85
165	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	232
166	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	32
167	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	216
168	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	26
169	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	304
170	vnitřni		svodidla beton		oba	100
171	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	784
172	mimo teleso	urbanizovana plocha	bariera jina	protihlukova stena	Turnov	517
173	mimo teleso	urbanizovana plocha	bariera jina	protihlukova stena	Praha	301
174	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	304
175	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	136
176	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	78
177	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	614
178	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	214
179	vnejsi	most	svodidla kov		Praha	29
180	mimo teleso	urbanizovana plocha	bariera jina	protihlukova stena	Praha	879
181	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	271
182	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	399
183	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	74
184	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	137
185	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	290
186	vnejsi	most	svodidla kov		Praha	37
187	vnejsi	zelen	zadne		Praha	500
188	vnejsi	zelen	svodidla kov		Praha	311
189	vnejsi	zelen	zadne		Praha	414
190	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	559
191	mimo teleso	zelen	bariera zamerna	drateny plot	Praha	1677
192	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	746
193	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	108
194	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	777
195	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	860
196	mimo teleso	orna puda	bariera jina	drateny plot	Praha	418
197	vnitřni		svodidla beton		oba	89
198	vnitřni		svodidla beton		oba	133
199	vnitřni		svodidla beton		Turnov	88
200	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	245
201	vnejsi	zelen	svodidla kov		Turnov	30
202	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	525
203	vnejsi	zelen	svodidla kov		Turnov	42
204	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	45
205	vnejsi	zelen	svodidla kov		Turnov	80
206	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	66
207	vnejsi	zelen	svodidla kov		Turnov	44
208	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	313
209	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	38
210	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	675
211	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	1156
212	vnitřni		svodidla beton		oba	75
213	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	1098
214	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	82
215	vnejsi	most	zadne		Turnov	13
216	vnejsi	most	svodidla kov		Turnov	91
217	vnejsi	most	zadne		Turnov	52
218	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	490
219	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	73
220	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	64
221	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	1776
222	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	130
223	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	788
224	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	44
225	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	108
226	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	42
227	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	51
228	vnejsi	most	svodidla kov		Turnov	21
229	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	90
230	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Turnov	87
231	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	166
232	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Turnov	187
233	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Turnov	12
234	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Turnov	113
235	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Turnov	12
236	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Turnov	234
237	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Turnov	53
238	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	360

239	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	449
240	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Turnov	171
241	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	395
242	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	13
243	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	248
244	vnejsi	most	svodidla kov		Turnov	15
245	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	823
246	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	191
247	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	125
248	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	457
249	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	112
250	vnejsi	most	svodidla kov		Turnov	39
251	vnejsi	most	svodidla kov		Praha	44
252	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	1657
253	mimo teleso	urbanizovana plocha	bariera jina	drateny plot	Praha	605
254	vnejsi	most	svodidla kov		Praha	95
255	vnejsi	zelen	zadne		Praha	194
256	vnejsi	zelen	svodidla kov		Praha	29
257	vnejsi	zelen	zadne		Praha	382
258	vnejsi	zelen	svodidla kov		Praha	62
259	vnejsi	zelen	zadne		Praha	174
260	vnejsi	zelen	svodidla kov		Praha	68
261	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	332
262	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	372
263	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	14
264	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	84
265	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	19
266	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	224
267	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	76
268	mimo teleso	urbanizovana plocha	bariera jina	drateny plot	Praha	235
269	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	126
270	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	245
271	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	102
272	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	60
273	vnejsi	most	svodidla kov		Praha	17
274	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	607
275	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	28
276	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	302
277	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	131
278	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	1887
279	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	15
280	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	75
281	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	446
282	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	327
283	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	10
284	mimo teleso	urbanizovana plocha	bariera jina	protihlukova stena	Praha	428
285	mimo teleso	urbanizovana plocha	bariera jina	protihlukova stena	Praha	332
286	mimo teleso	orna puda	bariera jina	drateny plot	Praha	712
287	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	181
288	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	619
289	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	173
290	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	137
291	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	120
292	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	1158
293	mimo teleso	urbanizovana plocha	bariera jina	protihlukova stena	Praha	831
294	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	479
295	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	44
296	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	151
297	vnejsi	zelen	svodidla kov		Praha	463
298	vnejsi	zelen	zadne		Praha	514
299	vnejsi	zelen	svodidla kov		Praha	35
300	vnejsi	zelen	zadne		Praha	270
301	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	378
302	vnejsi	zelen	svodidla kov		Turnov	277
303	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	632
304	vnitri		svodidla beton		oba	80
305	vnejsi	zelen	svodidla kov		Turnov	401
306	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	167
307	vnejsi	zelen	svodidla kov		Turnov	331
308	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	114
309	vnejsi	zelen	svodidla kov		Turnov	454
310	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Turnov	18
311	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Turnov	140
312	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Turnov	27
313	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	799
314	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	857
315	vnitri		svodidla beton		oba	94
316	vnejsi	most	svodidla kov		Turnov	85
317	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	377
318	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	368

319	vnejsi	most	zadne		Turnov	226
320	vnejsi	most	svodidla kov		Turnov	40
321	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	1372
322	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	1300
323	vnitřni		svodidla beton		oba	69
324	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	862
325	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	145
326	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	137
327	vnejsi	most	svodidla kov		Turnov	127
328	vnejsi	most	zadne		Turnov	110
329	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	366
330	vnitřni		zadne		oba	53
331	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	195
332	vnejsi	most	svodidla kov		Turnov	35
333	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	274
334	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	29
335	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	581
336	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	162
337	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	897
338	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	531
339	vnitřni		svodidla beton		oba	66
340	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	526
341	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	870
342	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	182
343	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	596
344	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	57
345	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	233
346	vnejsi	most	svodidla kov		Praha	30
347	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	94
348	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	736
349	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	211
350	vnejsi	urbanizovana plocha	bariera jina	protihlukova stena	Praha	442
351	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	35
352	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	799
353	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	1369
354	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	958
355	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	181
356	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	248
357	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	35
358	vnejsi	most	zadne		Praha	222
359	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	358
360	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	398
361	vnejsi	most	svodidla kov		Praha	79
362	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	822
363	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	704
364	vnejsi	urbanizovana plocha	bariera jina	protihlukova stena	Praha	494
365	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	132
366	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	1006
367	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	150
368	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	549
369	vnejsi	zelen	zadne		Praha	1223
370	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	744
371	mimo teleso	zelen	bariera jina	drateny plot	Turnov	256
372	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	902
373	vnejsi	most	zadne		Turnov	13
374	vnejsi	most	svodidla kov		Turnov	129
375	vnejsi	most	zadne		Turnov	10
376	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	904
377	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Turnov	192
378	mimo teleso	urbanizovana plocha	bariera jina	drateny plot	Turnov	95
379	vnejsi	zelen	svodidla kov		Turnov	2453
380	mimo teleso	urbanizovana plocha	bariera jina	drateny plot	Turnov	154
381	vnejsi	zelen	zadne		Turnov	194
382	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Turnov	618
383	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Turnov	257
384	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	691
385	mimo teleso	urbanizovana plocha	bariera jina	drateny plot	Turnov	118
386	mimo teleso	orna puda	bariera jina	drateny plot	Turnov	205
387	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	476
388	mimo teleso	orna puda	bariera jina	drateny plot	Turnov	226
389	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	478
390	mimo teleso	orna puda	bariera jina	drateny plot	Turnov	107
391	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	463
392	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	139
393	vnejsi	orna puda	zadne		Turnov	104
394	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Turnov	847
395	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Turnov	36
396	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Turnov	246
397	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Turnov	16
398	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Turnov	348

399	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Turnov	32
400	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Turnov	270
401	vnejsi	urbanizovana plocha	bariera jina	protihlukova stena	Turnov	192
402	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	125
403	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	121
404	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	142
405	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	299
406	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	15
407	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	260
408	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	219
409	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	65
410	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	622
411	vnitri		vyztuzena kovova svodidla		oba	137
412	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	212
413	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	304
414	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	461
415	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	1121
416	vnitri		vyztuzena kovova svodidla		oba	62
417	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	155
418	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	141
419	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	854
420	vnejsi	urbanizovana plocha			Praha	8
421	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	29
422	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	8
423	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	118
424	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	2006
425	vnitri		vyztuzena kovova svodidla		oba	69
426	mimo teleso	urbanizovana plocha	bariera jina	protihlukova stena	Praha	463
427	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	126
428	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	305
429	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	276
430	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	767
431	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla beton		Praha	9
432	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	144
433	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	11
434	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov		Praha	126
435	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne		Praha	17
436	vnejsi	orna puda	svodidla kov		Praha	882
437	mimo teleso	urbanizovana plocha	bariera jina	protihlukova stena	Praha	384
438	vnejsi	urbanizovana plocha	bariera jina	protihlukova stena	Praha	120
439	vnejsi	orna puda	zadne		Praha	708
440	vnitri		svodidla kov		Turnov	412
441	vnitri		svodidla kov		Praha	411
442	vnitri		svodidla kov		Turnov	547
443	vnitri		svodidla kov		Praha	546
444	vnitri		svodidla kov		Turnov	1142
445	vnitri		svodidla kov		Praha	1143
446	vnitri		svodidla kov		Turnov	108
447	vnitri		svodidla kov		Praha	108
448	vnitri		svodidla kov		Turnov	285
449	vnitri		svodidla kov		Praha	285
450	vnitri		svodidla kov		Turnov	2307
451	vnitri		svodidla kov		Praha	2307
452	vnitri		svodidla kov		Turnov	703
453	vnitri		svodidla kov		Praha	702
454	vnitri		svodidla kov		Turnov	3639
455	vnitri		svodidla kov		Praha	3639
456	vnitri		svodidla kov		Turnov	1833
457	vnitri		svodidla kov		Praha	1833
458	vnitri		svodidla kov		Turnov	4280
459	vnitri		svodidla kov		Praha	4279
460	vnitri		svodidla kov		Turnov	1639
461	vnitri		svodidla kov		Turnov	1639
462	vnitri		svodidla kov		Turnov	4994
463	vnitri		svodidla kov		Praha	4992
464	vnitri		svodidla kov		Turnov	3374
465	vnitri		svodidla kov		Praha	3375
466	vnitri		svodidla kov		Turnov	10894
467	vnitri		svodidla kov		Praha	10892
468	vnitri		svodidla kov		Turnov	3016
469	vnitri		svodidla kov		Praha	3018
470	vnitri		svodidla kov		Turnov	3536
471	vnitri		svodidla kov		Praha	3535
472	vnitri		svodidla kov		Turnov	2170
473	vnejsi		svodidla kov		Praha	2171
474	vnitri		svodidla kov		Turnov	2163
475	vnitri		svodidla kov		Praha	2163
476	vnitri		svodidla kov		Turnov	5295
477	vnitri		svodidla kov		Praha	5293
478	vnitri		svodidla kov		Turnov	2364

479	vnitrni		svodidla kov	Praha	2366
480	vnitrni		svodidla kov	Turnov	1992
481	vnitrni		svodidla kov	Praha	1991
482	vnitrni		svodidla kov	Turnov	1367
483	vnitrni		svodidla kov	Praha	1369
484	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov	Turnov	385
485	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne	Turnov	460
486	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov	Turnov	128
487	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne	Turnov	1090
488	vnejsi	most	svodidla kov	Turnov	47
489	vnejsi	orna puda	zadne	Turnov	1649
490	vnejsi	orna puda	svodidla kov	Turnov	336
491	vnejsi	orna puda	zadne	Turnov	744
492	vnejsi	urbanizovana plocha	svodidla kov	Turnov	119
493	vnejsi	orna puda	zadne	Turnov	140
494	vnejsi	orna puda	svodidla kov	Turnov	46
495	vnejsi	orna puda	zadne	Turnov	374
496	vnejsi	orna puda	svodidla kov	Turnov	158
497	vnejsi	orna puda	zadne	Turnov	247
498	vnejsi	orna puda	svodidla kov	Turnov	130
499	vnejsi	orna puda	zadne	Turnov	346
500	vnejsi	most	svodidla kov	Turnov	42
501	vnejsi	urbanizovana plocha	zadne	Turnov	354
502	vnejsi	most	svodidla kov	Praha	30
503	vnejsi	orna puda	zadne	Praha	387
504	vnejsi	most	svodidla kov	Praha	19
505	vnejsi	orna puda	zadne	Praha	754
506	vnejsi	orna puda	zadne	Praha	327
507	vnejsi	orna puda	svodidla kov	Praha	127
508	vnejsi	orna puda	zadne	Praha	287
509	vnejsi	orna puda	svodidla kov	Praha	773
510	vnejsi	orna puda	zadne	Praha	715
511	vnejsi	orna puda	svodidla kov	Praha	449
512	vnejsi	orna puda	zadne	Praha	1606
513	vnejsi	most	svodidla kov	Praha	42
514	vnitrni		svodidla beton	oba	49
515	vnitrni		svodidla beton	oba	59
516	vnitrni		svodidla beton	oba	107
517	vnitrni		svodidla beton	oba	92
518	vnitrni		svodidla kov	Turnov	167
519	vnitrni		svodidla kov	Praha	167
520	vnitrni		svodidla kov	Turnov	2807
521	vnitrni		svodidla kov	Praha	2806
522	vnitrni		svodidla kov	Turnov	2479
523	vnitrni		svodidla kov	Praha	2480
524	vnitrni		svodidla kov	Turnov	171
525	vnitrni		svodidla kov	Praha	171

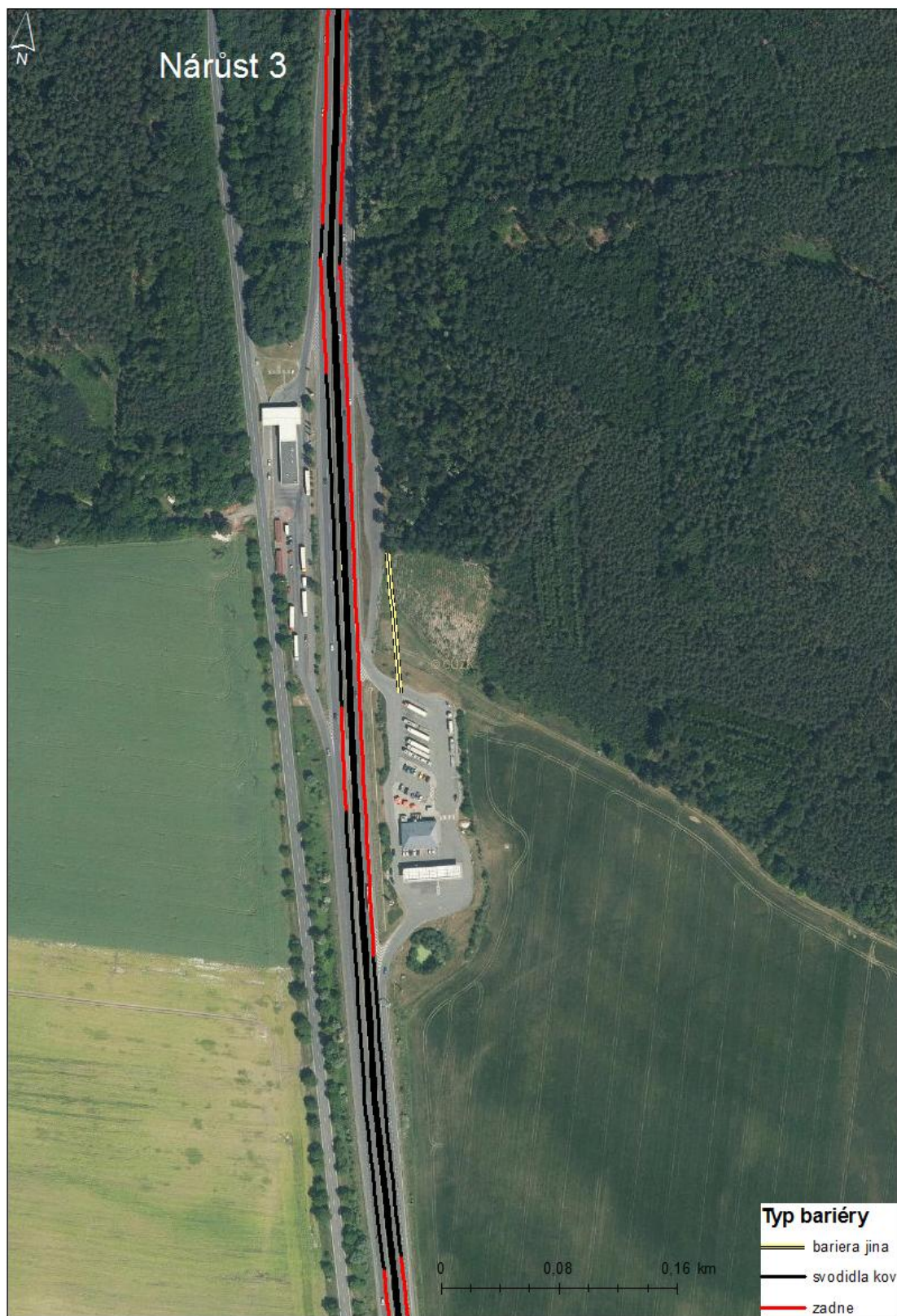
2) Detail průběhu bariér v místech se zvýšeným nárůstem nehod



Obr. č. 1: Detail průběhu bariér v první místě se zvýšeným počtem nehod. Zdroj: Novák Libor.



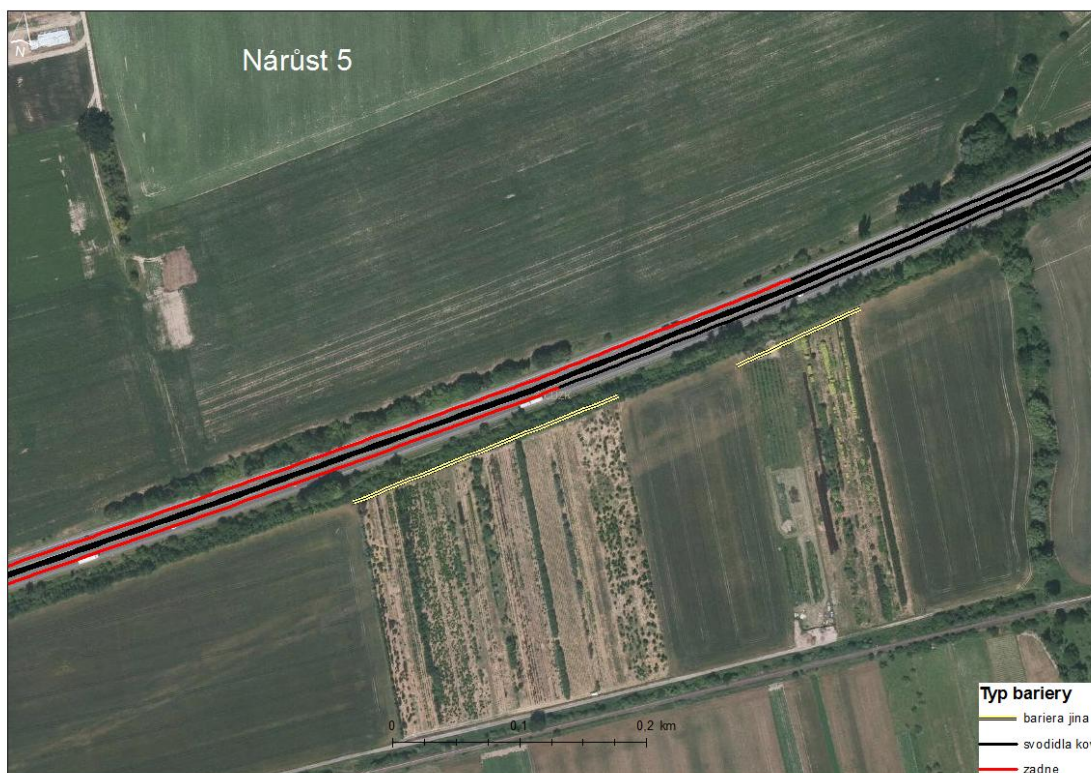
Obr. č. 2: Detail průběhu bariér v druhém místě se zvýšeným počtem nehod. Zdroj: Novák Libor.



Obr. č. 3: Detail průběhu bariér ve třetím místě se zvýšeným počtem nehod. Zdroj: Novák Libor.



Obr. č. 4: Detail průběhu bariér ve čtvrtém místě se zvýšeným počtem nehod. Zdroj: Novák Libor.



Obr. č. 5: Detail průběhu bariér v pátém místě se zvýšeným počtem nehod. Zdroj: Novák Libor.

3) Fotodokumentace z terénního průzkumu



Foto. č. 1: Potencionální migrační objekt. Zdroj: Novák Libor.



Foto. č. 2: Potencionální migrační objekt. Zdroj: Novák Libor.



Foto. č. 3: Potencionální migrační objekt. Zdroj: Novák Libor.



Foto. č. 4: Potencionální migrační objekt. Zdroj: Novák Libor.



Foto. č. 5: Potencionální migrační objekt. Zdroj: Novák Libor.



Foto. č. 6: Potencionální migrační objekt. Zdroj: Novák Libor.



Foto. č. 7: Narušená integrita oplocení. Zdroj: Novák Libor.



Foto. č. 8: Stopy zvěře v blízkosti dálnice. Zdroj: Novák Libor.



Foto. č. 9: Odbíhající srny v blízkosti dálnice. Zdroj: Novák Libor.



Foto. č. 10: Usmrcená srna na okraji vozovky. Zdroj: Novák Libor.



Foto. č. 11: Aplikace pachových odpuzovačů. Zdroj: Novák Libor.