

Jiho česká univerzita v českých Budějovicích
Průrodovědecká fakulta

Představuje vegetace u silnic bariéru nebo migrační koridor?

Bakalářská práce

Michaela Truhlářová

TMkolitel: RNDr. Tomáš Kučera, Ph.D.

české Budějovice 2014

Truhlářová, M., 2014: Představuje vegetace u silnic bariéru nebo migrační koridor?
[Vegetation along roads: barrier or migration corridor? Bc. Thesis, in Czech.] 60 s.,
University of South Bohemia, Faculty of Science, České Budějovice, Czech Republic.

Abstrakt:

Tato práce se zabývá významem silničních alejí, jejich efektem coby bariéry respektive migračního koridoru a vlivu na nehodovost silničního provozu. V práci je zpracováno celkem 76 nehod z hlediska přítomnosti stromů, 86 nehod se zvířaty a 60 nehod jako kontrola. Dále práce obsahuje vyhodnocení krajiny kolem silničních komunikací z hlediska nehodovosti. Nehodovost způsobená srážkou s lesní zvířaty je vyhodnocena z hlediska migrační bariéry. Praktický výstup práce představuje návrh projektu na obnovu vegetačních prvků s vyhodnocením možných řešení vedoucích ke zlepšení současné situace.

Abstract:

This project aims are to describe the importance of along-road vegetation, esp. tree-lines, alleys-and shrubs, and their barrier effect or migration corridor. The impact on road traffic accident probability is tested. Totally 76 collisions with the trees, 86 accidents with animals and 60 accidents as a control, is reported. The work includes the evaluation of the landscapes around the roads (landcover) in relation to accident probability. Accidents caused by collision with animals are evaluated in terms of migration barriers. Practical output of this work is a project proposal for the restoration of vegetation elements and an evaluation of possible solutions to improve the present situation.

Prohlá-uji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlá-uji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jiho-českou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky kolektivu a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Ve Českých Budějovicích dne 12. prosince 2014

í í í í í í í

Michaela Truhlářová

Podkování:

Ráda bych podkovala svému vedoucímu práce RNDr. Tomáši Kučerovi, Ph.D., za jeho odbornou pomoc, ochotu a trpělivost a pomoc se statistickým zpracováním dat. Dále pak Mgr. Stanislavu Grillovi za pomoc při zpracování dat v programu ArcGis.

Dále bych ráda podkovala Doc. RNDr. Františku Sedláčkovi, CSc. za konzultace k problematice lesní zvěře a RNDr. Boženu Těšovou Ph.D. za konzultace a rady ohledně doprovodné zeleně.

V neposlední řadě bych chtěla podkovat moji rodinu, která mě podporovala a pomáhala mi.

Obsah

1. Úvod	1
2. Současný stav poznání	2
2.1 Definice pojmů	2
2.2 Vlastnosti alejí	3
2.3 Historie vzniku stromových alejí.....	4
2.4 Vliv silnic na krajinný ráz	7
2.4.1 Narušení a ztráta přirozeného prostředí	8
2.4.2 Fragmentace.....	9
2.4.3 Funkce koridoru	10
2.4.4 Bariérový efekt	11
2.4.5 Mortalita volně plynoucího dřeva	12
2.4.6 Abiotické a biotické vlivy	13
2.5 Lesní zvláštnosti	16
2.6 Stromy versus keře.....	17
2.6.1 Vhodná doprovodná vegetace k jednotlivým druhům pozemních komunikací	17
2.6.2 Vhodné druhy doprovodné vegetace pozemních komunikací.....	18
2.6.3 Pro osazovat pozemní komunikace vegetací	18
3. Cíle projektu.....	20
4. Hypotézy	20
5. Návrh projektu.....	21
5.1 Charakteristika zájmového území.....	21
5.2 Metodika sledování nehodovosti	22
5.3 Předběžné výsledky zhodnocení stávající situace	24
5.4 Návrh řešení	34
5.5 Časový harmonogram projektu	44
5.6 Finanční plán projektu	44
6. Závěr	45
7. Použitá literatura a ostatní zdroje	46
7.1 Literatura	46
7.2 Internetové zdroje	50
7.3 Zdroje obrázků	51
8. Přílohy.....	52

1. Úvod

Stromy jsou přirozenou součástí krajiny a provázejí lidstvo již odepam ti. Existují jejich stovky druhů v mnoha podobách. Lesy, parky, stromo adí, aleje nebo solitérní stromy jsou součástí našeho života doslova každý den.

Tato práce se zaměřuje obecně na silniční vegetaci a klade důraz na aleje, což jsou dvou- a víceřadé vegetační doprovody liniových struktur. Aleje můžeme nalézt podél cest, silničních komunikací, vodních toků, hrází rybníků, obor nebo jako združení linií historických komponovaných krajín. Aleje jsou krásné na pohled, tvoří originální, nebo řídný strom není stejný. Kromě estetické funkce plní aleje i mnoho jiných funkcí v krajíně. Biologickou, stabilizační, ekologickou, historickou a kulturní. Aleje významně dotvářejí krajinný ráz a elegantním způsobem zabírají do krajiny antropogenní zásahy do přírody, jako jsou například pozemní komunikace.

A právě kvůli provozu na pozemních komunikacích se aleje v dnešní době stávají vážným tématem. Jsou totiž brány jako ohrožující faktor při silniční dopravě. Automobilová nehoda s nárazem do stromu je velice nebezpečná a často může docházet k vážným zraněním nebo úmrtím. V souvislosti s nárůstem dopravy a rychlosti na silnicích v posledních letech počet usmrcených při nehodách způsobených nárazem do stromu stále roste. To vede k nezávazné otázce této práce: patří doprovodná vegetace k silnicím?

Tato práce se snaží v této otázce poukázat na objektivní poznatky. Vysvětluje roli silnice jako bariéry ale také koridoru v otevřené krajíně. S tématem alejí a nehodovostí na pozemních komunikacích souvisí také nehody způsobené srážkou s lesní zvěří. Nehoda způsobená tímto stětem není tak nebezpečná jako náraz do stromu. Souvisí ovšem s tématem alejí, silniční mortalitou, bariérou a koridorem. Právě kolize s lesní zvěří nám ukazují silnici jako část migračního koridoru.

Projekt je zaměřen na řešení nehodovosti na úseku silnice I. a II. třídy v Jihozápadním kraji. Cílem projektu je zhodnotit okolní vegetaci podél silnic, charakterizovat význam různých vyústění krajiny v okolí komunikací z hlediska pravděpodobnosti střetů se zvěří, popsat efekt vegetace podél silnic z hlediska bariéry nebo migračního koridoru a jejich vliv na nehodovost v dopravě.

2. Současný stav poznání

2.1 Definice pojmů

Definice migrační bariéry

Bariéra je struktura přírodního i antropogenního původu, která znemožňuje volný průchod živočichů. Problém volného pohybu živočichů se zpravidla týká migračních bariér antropogenního původu (Andl a kol. 2010).

Definice migračního koridoru

Koridor je liniová struktura krajiny, která umožňuje migraci živočichů (Andl a kol. 2010).

Definice dopravní nehody

Dopravní nehoda je událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie nebo srážka, která se stala nebo byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu (int. odk. 2).

Vymezení pojmů podle SN 83 9001 (Hendrych a kol. 2008):

Vegetační doprovod, doprovodná zele : porost, který doprovází přírodní prvek (potok, řeka) nebo stavbu (pozemní komunikaci, dráhu, kanál, budovu apod.)

Liniová zele : zele doprovázející liniové stavby (například zele u železničních tratí a nádraží, silniční zele, uliční zele) a přírodní nebo umělé vodoteče

Obecní zele : zele ve vlastnictví fyzických nebo právnických osob

Veřejná zele : různé druhy zeleně volně přístupné veřejnosti bez ohledu na majetkové vztahy k pozemku

Rozestup (rozteč) : vzdálenost mezi rostlinami vysázenými v řadě (resp. vzdálenost řad)

Spon: vzájemné vzdálenosti rostlin a systém jejich uspořádání ve výsadbě (např. trojúhelníkový, tvercový, obdélníkový)

Forma výsadeb dle evin: charakteristické rozmístění dle evin (solitér, řada, skupina, porost)

Stromo adí: liniová výsadba stromů, zpravidla jednoho druhu obvykle v pravidelných rozestupech: často tvoří doprovod liniového prvku nebo stavby (např. vodoteče, komunikace, oplocení nebo hranice pozemku)

Alej: dvou a více adé stromo adí podél pozemní komunikace. Alej je vyřídí formou stromo adí, alej lemuje pozemní komunikaci oboustranně. Naproti tomu stromo adí může být i jedno adé a může tvořit doprovod i jiného liniového prvku nebo pozemní komunikace

2.2 Vlastnosti alejí

Aleje v krajině mají řadu vlastností od funkčních po estetické (Kavka a kol. 1978, Součková 2013, Smrčlová 2012). Mezi funkční významy patří stavební technický (ochrana proti erozi, zpevnění a zabezpečení svahů, zpevnění středního dělicího pásu a meliorační funkce dle evin na podmáčených půdách), dopravní technický (optické vedení, ochrana před oslněním, slouží jako vtroupy a sněhové zábrany), hygienický (zmírnění hlukosti, prašnosti, snížení množství smogu a emisí, zlepšení silničního mikroklimatu, zvyšuje vlhkost vzduchu a snižuje teplotu vzduchu), krajinářský (zmírnění zásahu silnic do okolní krajiny, rekultivace opuštěných tras, lomů, pískovišť a deponií, estetické přizpůsobení technických objektů) a biologický (ochrana současného stavu okolní přírody: výsadba podél komunikací zlepšuje biologický potenciál kulturní krajiny).

Estetické hodnocení alejí úzce souvisí s jejich primární funkcí. Hodnotí se na první pohled jasné vlastnosti tedy vnímají vzhledové (velikost, tvar, textura, barva, proměnlivost v průběhu roku: v průběhu jednoho vegetačního období a proměnlivost v průběhu celoživotního vývoje dle eviny).

2.3 Historie vzniku stromových alejí

Vznik alejí ve světě

Vznik stromových alejí podél silnic je samozřejmě úzce spjat se vznikem prvních komunikací. Úplně prvními cestami, které začali lidé používat, byly zřejmě vyhlávané cesty. Nejstarší dochované záznamy o těchto cestách, sahají až do 6 000 let př. n. l. Poté stále pevnější cest vedla k rychlému vývoji. Kolem roku 4 000 př. n. l. byly v Anglii a v Iráku budovány stále více propracovanější konstrukce cest. V roce 2 000 př. n. l. se cesty začaly zpevňovat kameny (Seiler 2001).

Tyto cesty sloužily zpočátku pouze jako spojnice mezi obydlenými (zámečky) a místem obiliviny (statky). Později tyto cesty měly k dalšímu cíli a tím bylo bojiště (kostel). Když už byly cesty dlouhé a hojně vyhlávané, začalo se s vysazováním alejí (Smrřlová 2012).

Tyto aleje nebyly vysazované pouze z estetického hlediska, nýbrž i z praktického. Uměly ovládnout lepší orientaci v nepřehledné krajině, poskytovaly stín, v zimě sloužily jako přirozená obrana proti sněhu, vojáckým pak poskytovaly úkryt nebo i potravu (Bulí 1988).

Vznik alejí v českých zemích

Velký vliv na změnu krajiny měl císař Karel IV., který od mládí často cestoval, a proto dobře chápal komunikační i vojenský význam cest. Právě Karel IV. zavedl výstavbu silných cest (silnic) se zpevněným povrchem, jejich šířka byla kolem 5 metrů. I přesto, že silnice podmiňují výsadbu doprovodné vegetace, za vlády Karla IV. se aleje ještě nevysazovaly. Právě naopak byly stromy podél cest káceny, aby se za nimi nemohli skrývat lapkové (Smrřlová 2012).

Nejstarší dochovanou alejí je tedy adá lipová alej Vévody Albrechta Valdštejna v Jiříně. Tato úchvatná alej byla založena po roce 1620 a i přesto, že se jedná o několikátou generaci, stále odráží původní založení i s druhovou skladbou (Hendrych a kol. 2008).

Albrecht z Valdštejna vykoupil v roce 1631 pozemky pro velkolepou příjezdovou cestu od letohrádku v Libosadu k městu. Lipovou alej, dlouhou téměř 2 km, založil o rok později zasazením 1152 lip do úhledné, které rozdělily její vnitřní prostor do tří rovnoběžných pruhů (Smrřlová 2012).

Obrovský vliv na výsadbu zeleně však měla vláda Marie Terezie a jejího syna Josefa II. V této době dochází k obrovskému rozvoji manufakturní výroby a zavedení

kapitalistických výrobních vztahů, což má za následek vznik stajících potrubí a oprav jako zboží, tak lidí. To vedlo k rozsáhlému budování silničních sítí a zavedení vysazování silniční zeleně. Od roku 1752 bylo na základě přípisu povinné vysazování stromů z bezpečnostních, hospodářských, orientačních a estetických důvodů. Podél šicísaských silnic celostátního významu byly nejčastěji vysazovány lípy, jeřáby, buky, jasan, moruška, jilmy, ořešáky a ovocné stromy. Výběr druhu vysazovaných stromů nebyl určen, vrchnosti si mohli vybrat sami. Ty se však musely řídit danou vzdáleností mezi jednotlivými stromy, která činila 11,4 metr (Bulí 1988).

Další údaje o stromech a keřích byly uvedeny v Tereziánském patentu z roku 1778. Zde je krátký úryvek: „Jestliže blízko silnice stojící stromy a keře vrhají stínem překážejícím jejímu vyschnutí, nahájeme a každému k zachování ukládáme, aby ve vzdálenosti 2 sáh (3,8 m) od patníku nebo hrany silnice nově se nevsadil žádný strom, a se jmenuje jakkoli, ve které pak nyní v této vzdálenosti stojící stromy, vyjma stromy ovocné, pokud je to jsou 3 stopy (0,95 m) daleko od hrany silnice a tedy spádu překážející, aby byly ihned poraženy a odstraněny s dalším rozkazem, třeba i zmíněné ovocné stromy na straně silnice, nemají však býti vyčištěny více než 1,58 m). Jednotlivé keře buďte ale do této vzdálenosti úplně vykopány a má toto vyklizení a odstranění ode dne prohlášení této Nařízení během 6 týdnů jistě býti vykonáno, jelikož by jinak provedeno bylo vojenskou exekucí na útraty vzdorujících.“ Lze tedy bez pochyby říci, že tereziánské a josefínské období položilo základy jak plánovitě výstavby silnic, tak cílev domým výsadbám stromů podél nich (Bulí 1988).

Vysazované stromy

Mečtici rádi vysazovali také platany a jírovce neboli koskové kašany, kterými přirozeně navazovali z alejí podél silnic a cest, ke svým sídlům. Tímto propojováním se vzdáleně krajinou utvářeli jednotný celek. Snad z tohoto popudu začali stromy vysazovat také sedláci. Ti vysazovali pouze ovocné stromy, jako jsou jablon, podél cest u svých pozemků. Ovocné stromy podél méně významných cest tvořily velké procento ze všech výsadeb. K tomu v letech 1771 až 1787 přispěla také Vlastenecko hospodářská společnost, při akci na podporu rozvoje ovocnictví na základě podnětu státních orgánů. Díky této akci byly provedeny vůbec první celozemské statistiky počtu ovocných stromů ze zahrad a okolo polních cest a silnic. V roce 1772 bylo včechách zaznamenáno 2 359 996 ovocných stromů. O 14 let později v roce 1786 bylo zaznamenáno 7 649 945 ovocných stromů, což je více než trojnásobný nárůst (Bulí 1988).

Další změnu ve vývoji silniční zeleni přineslo Napoleonovo tažení Evropou, které s sebou přineslo novou krajinářskou tvorbu z Anglie (Smrřlová 2012).

Napoleonovo tažení mělo za následek etné pokosení nebo úplné zničení alejí. Na druhou stranu se u nás ale poprvé objevují hustá stromořadí z pyramidálních italských topolů. Tyto vláské topoly se u nás staly oblíbenými především pro svůj nezvyklý tvar a velikost, čímž usnadňovaly orientaci v krajině i na silnici (Součková 2013). Nejspíše právě proto bylo na konci 18. století zaznamenáno podél silnic nejvíce topolů (Smrřlová 2012).

V první polovině 19. století se pak opět klade důraz na výsadbu především ovocných stromů, zejména kvůli jejich hospodářskému významu. Dále měly ovocné stromy zpevnit základy a vytvořit stín. Poučení, jak sázet tyto stromy je uvedeno v nařízení z roku 1828. Za výsadbu ovocných stromů se také stále zasazovala již zmíněná Vlastenecko-hospodářská společnost, která podporovala rozvoj ovocnictví prostřednictvím článků v časopisech a kalendářích. Kolem poloviny 19. století došlo také k dokončení stavby sítě státních silnic. Tato síť byla v letech dlouhá přibližně 3 800 km, na Moravu a ve Slezsku pak měla 890 km. V této době ovšem vyuffití těchto silnic pokleslo, a to kvůli vynálezu parního stroje. Fiežní doprava umožňovala podnikatelům rychlejší opravu na větší vzdálenost. Z toho důvodu se začali budovat spojovací silnice. Tato doplnková síť měla za úkol spojovat hlavní silnice s fiežními stanicemi. Stejně jako podél hlavních silnic, se podél doplnkových silnic vysazovaly stromy, především ovocné (Bulí 1988).

Zákonem z roku 1864 došlo k rozdělení všech silnic. A to na silnice státní (erární) a silnice ostatní veřejné. Ty se dále dělily na silnice zemské, okresní a obecné. O státní silnice a výsadbu kolem nich se staral stát, zatímco péče o ostatní komunikace i s jejich zelení byla přenechána jednotlivým zemím, okresům i obcím. V té době platí zákon pro Království české z roku 1866, kde se uvádí: „Na všech zemských silnicích má každá politická obec na svém území obstarávat výsazování stromořadí. Totéž se má dít na okresních silnicích.“ Povinnou výsadbu uvádí i další český zemský zákon z roku 1884, podle kterého musí být v úde aleje nebo jednoduchá stromořadí, vyjma osad uzavřených adami stromů nebo lesy. Dále tento zákon udává vzdálenosti mezi dřevinami: pro plané stromy 12 m a pro ovocné 6 a 10 m (Bulí 1988).

Po parním stroji je v roce 1886 vynalezen další dopravní prostředek, a to automobil. U nás bylo první auto vyrobeno v roce 1898 v Kopřivnici. Se vznikem automobilismu se začaly objevovat nové požadavky na celkovou stavbu silnic. Jednalo se o konstrukci a řízení vozovky, bezpečnostní a dopravní zařízení, způsob trasování silnic a jejich zalesnění do krajiny. Rozvoj silničního stavitelství byl v letech 1914-1918 přerušena první světovou válkou.

B hem této války došlo k velkým útokům na komunikacích ale také na alejích. Pé e o aleje b hem vále ného období byla opravdu mizivá. K jejich udržování nep ísly ani výstavby elektrických a telegrafních vedení. V tomto období, nakonec poslední co postihlo aleje, bylo hromadné kácení, zpsobené pozemkovou reformou první republiky (Bulí 1988).

Stejn jako tomu bylo u první sv tové války, í druhá sv tová válka zap í inila ústup vývoje a budování silni ní sít (Bulí 1988).

Neblahé dopady vále ného období se neodrazily pouze na horším technickém stavu silnic, ale také na špatném stavu stromových alejí a krajin jako takové (Sou ková 2013).

Po druhé sv tové válce jsou ve ejné silnice zestátn ny zákonem . 147/1949 Sb. Stát do své správy p evzal p íslu-enství í sou ásti silnic, do kterých pat í í silni ní stromoví. V roce 1949 byla krajskou správou silnic z ízena samostatná funkce nazvaná pomolog ó pracovník pe ující o ovocné stromy. Tato funkce byla ov-em o rok pozd jí p ejmenovaná na silni ního sadovníka, jelikofl pracovník m í pe ovat o ve-kerou vegetaci, nikoliv jen o ovocné stromy. V t chto letech se za aly zakládat stromové -kolky a vycházejí podrobné metodické p íru ky o zásadách a technice výsadby d evin (Bulí 1988).

2.4 Vliv silnic na krajinný ráz

Silnice jsou v dnešní době b fným a velmi rozší eným krajinným prvkem antropogenního p vodu. Jejich historie sahá do dávné minulosti. Hlavním d vodem výstavby silnic, je p eprava, a ufl lidí nebo v cí, do jinak odlehlých míst (Donaldson a kol. 2004).

Í p esto, fle silnice tvo í v krajin um lé koridory, plní mnoho funkcí, které jsou typické pro koridory p írodní. T mto funkcemi jsou: p írozené prost edí, kanál, filtr, zdroj a propadli-t . Silnice mají vliv na adu abiotických a biotických proces , strukturu a funkci krajiny (Donaldson a kol. 2004).

Primární ekologické efekty komunikací na flivotní prost edí lze rozd lit na tyto kategorie, ke kterým se dále váflí podkategorie:

1. Naru-ení a ztráta p írozeného prost edí
2. Fragmentace
3. Funkce koridoru
4. Bariérový efekt
5. Mortalita voln flujících flivo ich (Seiler 2001)
6. Abiotické a biotické vlivy (Donaldson a kol. 2004)

2.4.1 Narušení a ztráta přirozeného prostředí

Výstavba silnic a dálnic značně mění přirozené prostředí na vysoce narušovanou krajinu. V tomto smyslu krajinu ovlivňuje v různé míře různé druhy cest: silnice, dálnice, přelehy, lesní cesty, polní cesty, stezky atd. Venkovské cesty sice nenarušují krajinu takovým způsobem jako třeba dálnice, ale jelikož je jejich velké množství a mohou být hojně frekventované, jejich vliv na životní prostředí může být velice vysoký (Hartley a kol. 2003). Dále nesmíme zapomenout na doprovodná zařízení komunikací, jako jsou: zastávkové stanice, parkoviště, chodníky, silniční násypy, krajnice a svahy (Seiler 2001).

Negativní účinky silnic se šíří do krajiny afln kolik kilometrů. Ovšem to, v jakém množství je krajina, ekosystémy a jejich složky ovlivňovány závisí na různých faktorech: klimatických podmínkách, intenzitě dopravy, typu narušení a citlivosti vegetace a živočichů (Seiler 2001).

Účinky okrajů silnic a znečištění

K silnicím samozřejmě patří samotná výstavba, která krajinu narušuje ve velkém měřítku. Dochází ke změně reliéfu krajiny, hustoty proudění povrchové a podzemní vody. Či ovlivňuje ekosystémy, faunu i flóru. Tímto způsobem narůstá riziko erozí proudění. Na zásahy do podzemních a povrchových vod jsou nejvíce citlivé mokřady, které podléhají změně. Okraje silnic mají neblahé účinky i na flóru a faunu a to i desítky metrů od krajnice. Bylo zjištěno, že v těchto místech dochází k negativním změnám v rozmanitosti rostlin a živočichů. Silnice také způsobují změny klimatických podmínek a to především při vedení skrze lesní ekosystémy, kde se při zvýšené intenzitě světla a vlnění, snižuje vlhkost vzduchu a teplota. Tyto změny mají velký vliv na lesní vegetaci, jako jsou mechy a lišejníky (Seiler 2001).

Kromě výstavby má na krajinu vliv také údržba silnic, a to především odmrzování pomocí posypové soli. Posypová sůl značně ovlivňuje téměř všechny složky životního prostředí: ekosystémy, půdu, vodu, vegetaci a faunu (EPA 2005). Má negativní vliv především na jehličnaté lesy, znečišťuje zdroje pitné vody, snižuje úroveň pH v půdě, čímž zvyšuje pohyblivost těžkých kovů. Tyto látky se dále mohou akumulovat v rostlinných a živočišných tkáních a mít tak negativní účinky na přetváření a reprodukci. Stejně tak mají negativní účinky na rostliny a vegetaci výfukové plyny (Seiler 2001).

Hluk a další rušivé efekty z dopravy

Další faktor, který se podílí na znečištění životního prostředí z dopravy, je hluk. Hluk se z vozovky nese daleko do krajiny, kde působí negativními účinky. Závisí ovšem na okolní krajině, typu reliéfu a přilehlé vegetaci. U lidí může vést dlouhodobé vystavení hluku k psychickému napětí a nakonec k fyziologické poruše. Jak hluk působí na zvířata je ale sporné. Existují názory, že je to právě hluk, co zvířata odrazuje od silnic. To ovšem záleží na druhu a koneckonců i na jednotlivci (Seiler 2001).

Je však jisté, že hluk velmi ovlivňuje ptactvo. Nepříznivě působí na jejich hlasovou komunikaci, páření a teritoriální chování (van der Ree a kol. 2011).

Fakt, že ptáci potřebují klid, je znám již dlouho. Podle Reijndersa et. al. (1995) klesá hustota ptactva v otevřeném prostranství při 50 dBA a ptactvo v lesích reaguje na hladinu zvuku 40 dBA (Seiler 2001).

Pro představu máme přibližně hlasitost 40 dBA k tichým kancelářským a 50 dBA k normálnímu hovoru či jedoucímu automobilu (Durdjaková 2013).

Jiným znečišťujícím faktorem je umělé světlo z pouličních lamp, které ovlivňuje jak rostliny, tak živočichy. Záleží na typu lampy a na druhu zářivky. Například rtuťové lampy s bílým světlem ovlivňují regulaci růstu rostlin a ruší noční živočichy a to především ptáky, hmyz a fláby (Seiler 2001).

2.4.2 Fragmentace

Účinky fragmentace musí být hodnoceny v širokém měřítku krajiny, ne pouze u vozovky. Stejně tak musí hodnocení probíhat v delším časovém období. Fragmentace krajiny způsobuje degradaci a ztrátu stanovišť pro volně žijící živočichy a tím dochází ke snižování druhů a jejich populací, v krajních případech dochází i k vymírání druhů (Holderegger a kol. 2010).

Právě snižováním kvality přírodních stanovišť, umocňuje fragmentace snadnější šíření invazních rostlin a plevelů (Trnka 2008).

Účinky fragmentace krajiny jsou opravdu velké. Jejich síla se o to zvyšuje, o čemž svědčí dopravní komunikace. Čísl je poměrně velký problém, protože silniční síť se stále rozšiřuje a dochází tak ke stále větší a větší fragmentaci (Seiler 2001).

2.4.3 Funkce koridoru

Silnice slouží jako koridor pro eváňní lidem, kterým usnadňuje pohyb a přepravu zboží. Ale i mezi rostlinou a živočišnou říší se najdou druhy, které silnice využívají jako koridor. V tinnou se jedná o dovezené druhy, které jsou u nás invazní. Mohou se tak šířit invazivní druhy plevele, z živočichů se může jednat o malé savce, obojživelníky nebo plazy (Donaldson a kol. 2004).

Krajnice jako stanoviště volně žijících živočichů

Ač se to může zdát jako ironie, je pravdou, že se u krajnic silnic může nacházet mnoho druhů, a to leckdy i vzácných. U travnatých okrajů silnic s pravidelným sečením najde útočiště mnoho rostlin a živočichů. Živočiškové se sem mohou uchýlit, pokud ztratí své přirozené prostředí například v důsledku výstavby (Hambrey Consulting 2013).

Také ostatní prostředky silnic mohou poskytovat úkryt (Hambrey Consulting 2013). Například zadržovací a drenážní trubky využívají jeřabky, pod mosty mohou nalézt útočiště netopýři. Využívanými stanovišti podél silnic jsou také vysázené stromy, které skýtají úkryt mnoha ptákům i malým savcům (Seiler 2001).

Je však nutné podotknout, že právě tyto živočiškové říše u silnic jsou nejvíce ohroženy obtížným dopravním provozem. Jejich výskyt na tomto stanovišti je proto za vysokou cenu (Hambrey Consulting 2013).

Krajnice jako koridor pro pohyb volně žijících živočichů a rostlin

Mezi hojně rozšířené rostliny podél komunikací patří plevelové a cizí druhy rostlin, které mohou ohrožovat místní flóru. Dále se podél silnic mohou vyskytovat hlodavci. Co se týče polních a lesních cest, opuštěných nebo cest s nízkou frekvencí dopravy, jsou tyto cesty využívány i velkými savci (Seiler 2001).

Funkce cest jako koridor závisí na okolní krajině (Hambrey Consulting 2013). Měme je rozdělit do tří kategorií:

1. Otevřená zemědělská krajina s bohatou doprovodnou vegetací poskytuje cennou lokalitu pro zvěř a usnadňuje pohyb podél komunikace (Seiler 2001)

2. Zalesněná krajina s otevřenou travnatou cestou vytváří nové hranice, které zvyšují bariérový efekt pro lesní druhy (Seiler 2001)

3. Krajinice silnice slouží jako zdroj nevládoucích i vládnoucích druhů šířící se na nová stanoviště nebo re-kolonizující volné plochy přiléhající ke krajinicím (Seiler 2001)

2.4.4 Bariérový efekt

Silnice, více než cokoliv jiného, působí jako bariéra. Zabraňuje přirozeným přirodním procesům, jako je šíření pořízaru, proudění vody, pohyb zvířat a šíření rostlin (Seiler 2001). Příčinným nejvíce je bariérový efekt silnic vůči přirozenému pohybu zvířat. Úmrtnost zvířat při přecházení komunikací je vysoká (Dyer a kol. 2002). Stejný bariérový efekt mají také dopravní stavby vozovky, jako jsou ploty, násypy a příkopové atd. (Seiler 2001)

Bariérový efekt silnic, můžeme přirovnat k nelineární funkci, závislé na intenzitě dopravy, rychlosti vozidla, šířce silnice, vlastnostech silnice, chování zvířat a jejich citlivosti vůči narušení. Je zřejmé, že nejvíce k bariérovému efektu přispívá právě intenzita dopravy a rychlost vozidla. Čím vyšší je intenzita dopravy a rychlost vozidla, tím vyšší je pravděpodobnost srážky se zvířaty a její úmrtnost. Můžeme rozlišit tyto kategorie infrastruktury podle intenzity dopravy s bariérovým dopadem na volně žijící živočišné (Seiler 2001).

1. Malé lokální komunikace s velmi nízkou intenzitou dopravy mohou sloužit jako částečné omezení pro pohyb zvířat. Můžeme omezit vliv bariéry na bezobratlé a nakonec odradit malé savce od vstupu do otevřených prostor. Pro většinu živočichů může tato cesta sloužit jako koridor, pokud se vyhnou stanovištím blízko silnice (Seiler 2001).

2. Menší veřejné komunikace s provozem pod 1 000 vozidel za den mohou působit silnějším bariérovým efektem pro malé živočišné skupiny a vést tak k nahodilým úmrtím. Stále ovšem bude docházet k přecházení silnic živočišnými (Seiler 2001).

3. a 4. Silnice s hustým provozem do 1 000 vozidel za den tvoří významnou bariéru pro mnoho druhů. Hluk z dopravy může živočišné skupiny od přecházení silnice odradit (Seiler 2001).

5. Silnice a dálnice s provozem nad 10 000 vozidel za den tvoří téměř neprostupnou bariéru pro většinu živočichů (Seiler 2001).

2.4.5 Mortalita volně žijících živočichů

Silnice mají na volně žijící živočichy mnoho vlivů, ovšem nejzávažnějším z nich je vliv na jejich úmrtnost (Cook a kol. 2013).

V průběhu posledních tří desetiletí, se silnice s vozidly staly hlavní příčinou lidskou příčinou úmrtnosti obratlovců na souši, a především tak i samotný lov. Pro představu je zde uveden odhad početné fauny, mrtvé na krátkém úseku silnice za rok: v Nizozemsku 159 tis. savců a 653 tis. ptáků, v Bulharsku 7 mil. ptáků, v Austrálii 5 mil. plazů a flabů a ve Spojených státech země každým dnem na silnicích 1 mil. obratlovců (Forman a kol. 1998).

Faktory, které mají vliv na míru úmrtnosti zvířat na silnicích, jsou především rychlost vozovky, úroveň vozovky a rychlost vozidla. Plazi a obojživelníci jsou zvláště citliví na dvoupruhé silnice s nízkou průměrnou dopravou. Drobní savci a ptáci jsou extrémně citliví na široké vysokorychlostní dálnice. A střední a velcí savci jsou nejvíce náchylní na dvoupruhé vysokorychlostní silnice (Forman a kol. 1998).

Vliv mortality na populační hustotu

Důležitou otázkou je, zda má úmrtnost živočichů na silnicích vliv na celkovou populaci. Jako příklad lze uvést vrabce domácího. Vrabec domácí žil v Anglii nejvíce počet usmrcených jedinců na silnici. Jedná se však o druh s rychlým rozmnožováním, obrovskou populací a rychlým oplovným obsazováním stanoviště. Z tohoto důvodu dospěla studie k závěru, že úmrtnost na silnicích nemá vliv na velikost populace v národním měřítku (Forman a kol. 1998).

Vysoký počet obětí dopravy jednoho druhu tedy nemusí znamenat hrozbu pro přežití, spíše naznačuje, že se jedná o rozšířenou populaci. Pro mnoho dalších druhů jako jsou hlodavci, králíci, vrabci, kosi, lišky nebo lesní zvěř, je mortalita na silnicích zanedbatelná ku velikosti jejich populace (Seiler 2001).

Jsou ale také druhy, na jejichž populaci má úmrtí na silnicích vliv. Jedná se o druhy ohrožené nebo vzácné (Dyer a kol. 2002). V tichou jsou to druhy s velmi malou populací, které ke svému životu potřebují velký životní prostor nebo podnikají dlouhé migrace. Takovéto druhy bývají na mortalitu na silnicích velice citlivé a bývá ovlivněna celá populace (Cook a kol. 2013). Z menších savců se může jednat například o jeřábka, jehož úmrtnost díky silnicím stále roste. Stačí se pozorně dívat na silnicích a hned pochopíme proč. Velkou pozornost máme v novat také obojživelníky, jejichž pokles populací po celém světě je

připisován právě úmrtnosti na silnicích. To je způsobeno především sezónní migrací obojživelníků z chovných rybníků právě přes silnice. Bylo zjištěno, že silnice o intenzitě dopravy 10 vozidel za hodinu, má téměř 30% úmrtnost u samic ropuchy. A silnice s více než 60 vozidly za hodinu, tvoří téměř kompletní bariéru (Seiler 2001).

Nedá se tedy jasně shrnout, zda mortalita na silnicích má i nemá vliv na velikost populací. Můžeme ovšem říct, že populace na kterých druhů nejsou tímto problémem ohroženy, ale jiné být mohou.

2.4.6 Abiotické a biotické vlivy

Silnice mají velký negativní vliv na abiotické složky životního prostředí, a tím i na biotu. Nejzávažnějším a zároveň nejlépe známým problémem je chemické znečištění, které se dostává do ovzduší a vody, kudy se dále šíří do životního prostředí a do bioty. Komunikace zasahují do hydrologie i jinými způsoby a to především změnou morfologie a šířích kanálů. Mezi další složky, které jsou ovlivňovány silnicemi, patří například, kde může docházet k erozím nebo mikroklíma (Coffin 2007).

Míra těchto vlivů je daná především okolní krajinou, tedy jejím pokryvem a využitím půdy (landcover) a podstatou (Coffin 2007).

Chemické znečištění

Převodcem chemického znečištění na silnicích jsou vozidla a údržba související s činností komunikace (Coffin 2007).

Údržba má největší vliv na životní prostředí posypovou solí a herbicidy (Donaldson a kol. 2004).

Hlavní látkou v posypové soli je chlorid sodný (NaCl), který je toxický pro mnoho druhů rostlin, ryb a jiných vodních organismů. Přesobí korozivní na vozidla a mosty. Další takovou látkou je chlorid vápenatý (CaCl₂), který znemožňuje pohyb obojživelníků (Forman a kol. 1998).

Méně toxickou látkou je vápenato-hořčičnatý octát (CMA), který je biologicky odbouratelný a přesobí méně korozivní než NaCl. Po rozpadu by neměl mít téměř žádný negativní vliv na půdu a vegetaci. Ale kvůli octanům, snižujícím množství kyslíku ve vodě, by se neměl pouštět v oblastech citlivých na podzemní vody (Vavřínek 2004).

Tyto látky se dostávají do okolí komunikace především vodou. Ukládají se v podíve vod, kde se dále kumulují v rostlinných i živočišných složkách, které poškozují (Forman a kol. 1998).

Znečišťující látky pocházející z motorových vozidel jsou emise (Donaldson a kol. 2004).

Emise z výfukových plynů vozidel obsahují tyto látky, mezi které patří: oxid uhelnatý (CO), oxidy dusíku (NO_x), oxid siřičitý (SO₂), olovo (Pb), metan (CH₄), tyto organické sloučeniny, částice z výfuku a silničního prachu a další toxické látky jako benzen, formaldehyd a butadien. Na znečištění se kromě těchto primárních látek, podílejí také látky sekundární, které vznikají z reakcí některých chemických sloučenin. Z těchto sekundárních látek lze za nejdůležitější považovat ozón, který vzniká reakcí oxidu dusíku s těmito organickými prvky v ovzduchu. Tyto emise se šíří vzduchem a stejně tak se ukládají v podíve a vod, kde následně působí na biotu (Coffin 2007).

Je nutností zmínit další nebezpečné látky ze silničního provozu, a to těžké kovy. Mobilita těžkých kovů je podporována právě posypovou solí, čímž je usnadněna kontaminace vod. Mezi tyto těžké kovy patří olovo (Pb), kadmium (Cd), nikl (Ni), zinek (Zn), chrom (Cr) a měď (Cu) (Forman a kol. 1998).

Nejzávažnějším a zároveň nejvíce zkoumaným z těchto kovů je olovo. Usazování a hromadění olova v podíve ovlivňuje mnoho faktorů jako: intenzita dopravy, vzdálenost od silnice, hloubka podívy, síla a směr větru a vegetace podél silnic. Olovo v podíve je relativně nerozpustné a dochází k jeho kumulaci. Ze studií vyplývá, že ke zvýšené koncentraci olova v podíve dochází do 80 m od silnice. Koncentrace olova ve vegetaci u komunikací je také zvýšená, ovšem nedosahuje takového množství jako v podíve. Je ovlivněna sezónou a druhem vegetace. S potravním řetězcem se olovo dostává dál do živočišných složek. Nejvíce olova bylo zaznamenáno u bezobratlých živočichů, jejich množství olova v těle dále ovlivňuje množství olova v těle savců (Donaldson a kol. 2004).

Vliv silnic na vodní ekosystémy

Silnice mohou zapříčinit přesunování podzemní vody do povrchových toků. Tím dochází ke zvýšení objemu vody a změně režimu podívy vlhkosti. To je způsobeno povrchem vozovky a jejím odtokem. Díky odtoku se do okolí silnic dostane nejméně dvakrát tolik srážek, než do jiných oblastí. Tím dochází ke zvýšení hladiny toku, změně morfologie koryta

ale také ke zvýšení rychlosti i rozsahu eroze. Vzdálenost, kam dosahuje vliv odtoku, je dána morfologií povrchu, topografií a zdejší vegetací (Donaldson a kol. 2004).

Největším vlivem silnic na vodní toky je tedy zvýšený povrchový odtok (Coffin 2007).

Ten s sebou přináší chemické a sedimentární znečištění z povrchu vozovky, které pak má nízkou kvalitu vodních biotopů, ale i okolí. Chemické znečištění má vliv do vodních ekosystémů přinášením těžkých kovů i organický uhlík, které dále mají nízkou kvalitu vody i okolí a ukládají se v biotopu. Sedimentace silničního materiálu způsobuje změny vodních toků a to především svým ukládáním. Nahromaděním materiálu má vliv docházet ke změně teploty vody v toku a tím ke změně životních podmínek pro biotu (Coffin 2007).

To nakonec velmi ovlivňuje nejen tok samotný a výskyt bioty, ale opět i rychlost a množství eroze (Donaldson a kol. 2004).

Jedním z ohrožených vodních ekosystémů jsou mokřady. Silnice mohou výrazně narušit mokřadní biodiverzitu. Pokud má silnice vliv na jednu z abiotických i biotických funkcí mokřadu, má tím pádem vliv na dynamiku celého mokřadu (Donaldson a kol. 2004).

Všechny tyto negativní vlivy jsou však variabilní, nebo jsou závislé na podnebí, topografii, půdě, vegetaci, silniční síti, velikosti a vyúfňovanosti silnic (Donaldson a kol. 2004).

Vliv silnic na podzemní ekosystémy

Vliv silnic na půdu je značný. Celkově velmi negativně ovlivňuje vlastnosti a strukturu půdy, vrstvu a funkci hrabanky, ale především činnost a strukturu podzemní fauny a flóry. Stejně jako u ostatních negativních vlivů silnic, i zde je množství znečištění závislé na faktorech, jako je velikost a vyúfňovanost silnic (Donaldson a kol. 2004).

Nejzákladnějším problémem je zde zhutnění půdy, ke kterému dochází samotným tlakem vozovky a také ovšem při její výstavbě. Zhutněním ztrácí půda své fyzikální vlastnosti. Přichází o schopnost sání a tak se zvyšuje povrchový odtok vody a eroze. Navíc půda ztrácí samostatnou schopnost a dochází k jejímu okyselování. Cofl potlačuje růst rostlin i výskyt bezobratlých živočichů (Donaldson a kol. 2004).

2.5 Lesní zvířata

Silnice jsou pro živočišnou faunu nebezpečnou překážkou. Čím širší a frekventovanější silnice je, tím představuje větší překážku. Rozdělují krajinu, narušují migrační cesty a rozdělují tak jednotlivé populace mnoha druhů (Hartley a kol. 2003).

Silnicní síť je přitom založena na historických cestách, které byly vyvíjeny již v minulosti na základě utváření krajiny a propojení starých obchodních center. Ovšem právě intenzita a rychlost provozu jsou faktory, které činí současné cesty méně propustnými (Červený a kol. 2004).

Malé i velké komunikace lákají svým vyhlášeným povrchem hmyz. Hmyz přitahuje hmyzožravé druhy obratlovců, jejichž přejít dále lákají v terénu výřevce a masožravce. Největší ohrožení automobilové dopravy z obratlovců je jeřábek. Srážka se zvířetem, neznamená jen úhyn jedince, ale může způsobit i vážnou dopravní nehodu. Takovou nehodu mohou způsobit i ti nejmenší například migrující masy housenek nebo obojživelníků. Ovšem střety s velkou spárkatou zvířaty (jelen lesní, prase divoké, los) způsobují nejen v terénu kody na vozidle, ale také na chůzi (Červený a kol. 2004).

Aby se zabránilo střetům se zvířaty, budují se silnicí podchody nebo nadchody, což jsou široké přechody s plochým povrchem. Při budování těchto ochranných opatření se jedná na základě dat o daném druhu, jako je: početnost, rozšíření, teritorialita, migrační chování a motivace k vyvíjení podchodů a nadchodů (Radimský 2007). Například spárkatá zvířata vyvíjí především nadchody, jelikož v podchodech se necítí bezpečně (Červený a kol. 2004)

Podchody a nadchody se dále dělí do podkategorií (Radimský 2007, obr.1). Pro migraci živočichů jsou vytvořeny speciální nadchody, nazývané ekodukty. Ekodukty musí splňovat rozměrové parametry, musí být umístěny v migračně nejvýznamnějších místech a je nutná vegetační úprava (Radimský 2007).

2.6 Stromy versus ke e

P ítomnost strom ůasto podmi ůuje v ýskyt ke , a fl do okam ůfiku limitace stín ůn ěm.

2.6.1 Vhodná doprovodná vegetace k jednotlivým druh ům pozemních komunikací

Dálnice, rychlostní silnice a silnice I. t ídy jsou pozemní komunikace pou ůfřivan ě pro mezistátn ě a dálkovou dopravu. Vyzna ůují se velkou intenzitou a vysokou rychlost ě dopravních prost edk ů (Buchlová 2007). Tyto komunikace jsou zasazeny do p řirody bez ohledu na okolní krajinu, které by se m ěly p řizp sobovat. B ývají zpravidla ěiroké bez prudkých zatá ek. Pro ů ůastníky silni ěního provozu se tedy stávají monotónn ěmi a mohou vést k ů ůnav ě. Z tohoto d ůvodu se doporu ůuje vysázení strom ů pod ěl pozemních komunikací. M ěla by se ale dodr ůlet dostate ěná vzdálenost od komunikací a také by se m ěl zvolit pest ěj ě výb ěr druh ů strom ů. Vytvo ění alejí z více druh ů strom ů a ke ů by u takov ýchto komunikací m ělo v t ě ě a lep ě ě vliv na pozornost ěidi e, ne ů pou ůfřít pouze jednoho druhu strom ů (Cimb rková 2011).

Je také d ěle ůfřít ě, aby stromy nezakr ývaly dopravn ěí zna ky a nebránily tak v jejich viditelnosti (Anonymus 2005).

Silnice II. t ídy spojují okresy. Oproti dálnic ěm a silnic ěm I. t ídy mají men ě ě ěku, intenzitu dopravy ě i mo ůnou stanovenou rychlost (Buchlová 2007). Tyto komunikace vycházej ě vst ěc krajin ě. Více se p řizp sobují ter ěnu, klikat ě se a najdeme na nich mnoho zatá ek r zn ých stup ů. Doprovodn ě aleje t ěchto silnic by m ěly b ýt rozman ěte. St ědat by se m ěly aleje jednodruhové ě v ěcedruhové s pou ůfřít ěm ke . Nem ěly by ov ěm ůpln ě zamezit pohledu do okolní krajiny. M ěly by podporovat specifika dan ěho regionu a také ztvár ovat ráz krajiny (Cimb rková 2011).

Silnice III. t ídy propojují mal ě obce. Jejich ě ěka, intenzita dopravy ě i rychlost vozidel je o mnoho men ě ě ne ů u silnic I. t ídy a dálnic (Buchlová 2007). Kop ěrují ter ěn krajiny t ěm p řirozen ě, v t ě ěnou podle p vodních cest (Cimb rková 2011). Doprovodná vegetace t ěchto silnic by m ěla b ýt op t ěr zn odruhová, p řizp soben ěá místním specifik ům (Stropková 2008). U t ěchto druh ů komunikací je vhodné pou ůfřít ovocných strom ů ale ě i solit ěrních strom ů (Cimb rková 2011).

2.6.2 Vhodné druhy doprovodné vegetace pozemních komunikací

Druhy vhodné k vysázení podél pozemních komunikací jsou vybírány podle faktorů životnosti, odolnosti, typu okolní krajiny. Nejvýhodnější je kladen na výběr dřevin autochtonních (Anonymus 2004). Cílem jsou dřeviny původní, které jsou adaptovány v důsledku dlouhodobého působení na podmínky místního prostředí (Tymelá a kol. 2005).

Dále se u výběru dřevin dbá na odolnost vůči posypovým solím a zimní údržbě vozovky. V minulosti byly podél silnic sázeny cizokrajné dřeviny z důvodu vysoké odolnosti vůči chloridům. Tyto rostliny jsou sice odolné a rychle rostoucí, ale pro naši krajinu jsou cizím prvkem. Mezi cizí druhy, které byly takto použity, patří: hlošina úzkolistá (*Eleagnus angustifolia*), rakytník úzkolistý (*Hippophae rhamnoides*) a netva ec kovitá (*Amorpha fruticosa*) (Anonymus 2004). Představuje to potenciální riziko šíření těchto nepůvodních druhů do volné krajiny.

2.6.3 Pro osazovat pozemní komunikace vegetací

Základní funkcí rostlin je příjem na oxidu uhličitého (CO_2) na kyslík (O_2). Z tohoto důvodu je důležitý výskyt rostlin v místech se zvýšeným průmyslem (Desai a kol. 2012).

Stromy mají vliv na klimatické podmínky. Aleje mohou snížit teplotu vzduchu o 0,2 až 1°C. To je dáno tím, že rostliny spotřebovávají pro své fyziologické procesy část tepelné energie. Dále také záleží na ploše porostu. Čím větší plochu vegetace zabírá, tím dochází k většímu zastínění korunami stromů a tím více se snižuje teplota (Poleno 1985).

Důležitým faktorem doprovodné vegetace podél pozemních komunikací je snižování rychlosti v trase (Anonymus 2009). Pokud je vegetace správně rozmístěna, může snížit rychlost v trase v průměru o 30 až 70%. Aby aleje co nejlépe plnily tuto schopnost, je nutné správné rozmístění. Proto je důležité, aby pásy vegetace byly polopropustné a nebyly příliš husté. Dále v tomto případě také záleží na: druhové skladbě vegetace, vnitřním prostorovém uspořádání vegetace, věku a rychlosti v trase (Poleno 1985).

Hluk je jedním z negativních účinků silniční dopravy. A i tento faktor se dá ovlivnit vegetačním pásem podél komunikací. Pokud je komunikace bez jakékoli boční ochrany v podobě protihlukových stěn i doprovodné aleje, hluk z dopravy se šíří do daleké krajiny bez jakékoli překážky. Pokud ovšem podél komunikace vede doprovodná zeď, hluk ufl

nemá tak volnou cestu k šíření. Vegetace tlumí hluk na základě absorbování, odrazu a lomu zvukových vln na listech, větvičkách a výhoncích. Nejvíce zvuku pohlcují větve s velkým množstvím listů. Při ochraně krajiny před hlukem hrají roli faktory: druh a výška rostlin, klimatické podmínky, typ a hlasitost zvuku. Důležitě je také rozmístění a hustota vegetace. Čím větší hustota, tím větší procento hluku (Pudjowati a kol. 2013).

Jedny z nejdůležitějších vlastností keřové a stromové vegetace jsou absorpční a filtrační schopnosti (Anonymus 2009). Keře a stromy dokáží filtrovat všechny pevné prachové částice ve vzduchu, díky asimilačním orgánům. Nejvíce účinné mají asimilační orgány s krátkým apikem a drsným, lepkavým nebo ochmýřeným povrchem. Za nejvhodnější rostliny s touto schopností se považují: hlošina úzkolistá, rakytník řešetlákový, křemík, obojživelník a tužilka. Ty dokáží zachytit přes 20 g na m² listové plochy. Čím větší množství těchto rostlin, tím větší tvoří listovou plochu a tím více prachových částic zachytí (Poleno 1985).

I samotný keřový pás podél pozemních komunikací výrazně ovlivňuje obsah olova v prostředí. Jemné prachové částice sloučeniny olova, z výfukových plynů, sedimentují anebo jsou zachyceny keřovou i stromovou vegetací. Kromě filtrace prachových částic, dokáží keře filtrovat také kapalné a plynné složky znečištěného ovzduší. Kapalné a plynné látky jsou ale oproti pevným částicím pro rostliny toxické (Poleno 1985).

U těchto přírodních vlivů vegetace na pozemní komunikace platí, že míra vlivu vegetace na silnici je dána mnoha podmínkami. Jednou z nich je fakt správného rozmístění doprovodné vegetace. Stejně tak platí u většiny případů, že čím větší je plocha vegetace, tím větší je její účinnost.

3. Cíle projektu

1. Rešerše problematiky silničních alejí jako migrační bariéry, nebo koridoru.
2. Popsat efekt silničních okrajů a alejí a jejich vliv na nehodovost v dopravě.
3. Charakterizovat okolí komunikací z hlediska estetické zvyšování, zejména s ohledem na výskyt stromové, keřové a bylinné vegetace.
4. Navrhnout vhodný management ke zlepšení stávající situace.

4. Hypotézy

Na základě předchozích literárních znalostí předpokládám:

1. Stromy u silnic slouží jako koridor pro zvěšování.
2. Stromy podél silnic slouží jako bariéra při vyjetí dopravních prostředků z vozovky.
3. Nevhodné umístění alejí, například příliš blízko vozovce, zvyšuje riziko nárazu auta do stromu nebo zabraňuje výhledu atd.
4. Vegetace podél silnic slouží jako skrýš pro zvěšování a zabraňuje tak včasnému spatření zvěšování, například hnutí do vozovky.
5. Stromy jsou pevná překážka a zvyšují nebezpečnost nehody.

5. Návrh projektu

5.1 Charakteristika zájmového území

Zájmové území se nachází podél dvou tras silnic Jiho českého kraje. První silnicí je silnice I. třídy (I/34) z českých Budjovic do Jindřichova Hradce. Z českých Budjovic vede po E49 přes obce Hry, Lišov, Těpánovice do Těbon. Z Těbon pak vede po E551 přes obce Stráň nad Neffárkou, Lásenice, Dolní říř do Jindřichova Hradce. Tato trasa je dlouhá 53 km.

Druhou silnicí je silnice II. třídy (II/157) z českých Budjovic do českého Krumlova. Z českých Budjovic vede tato trasa přes obce Srubec, Ledenice, Borovany, Trhové Sviny, Besednice, Stříteř, Zubice a Mirkovice do českého Krumlova. Tato trasa je dlouhá 58 km. Návrh projektu se zaměřuje pouze na tyto trasy a obce na nich ležící.

Silnice I. třídy I/34 leží z větší části v mírně teplé a vlhké oblasti s mírnou zimou a pahorkatinnou krajinou. Nadmořská výška této silnice se pohybuje od 388 m. n. m. (české Budjovice) přes 508 m. n. m. (Lišov) k 475 m. n. m. (Jindřich v Hradec) (int. odk. . 7). Průměrný úhrn srážek za rok se pohybuje v rozmezí 550 (české Budjovice) až 650 mm (Jindřich v Hradec), Těboň má cca 600 mm (Tolasz a kol. 2007). Průměrná roční teplota vzduchu je v českých Budjovicích 8,2°C (int. odk. . 6), Těboni 7,6°C (int. odk. . 3) a Jindřichov Hradci 7,2°C (Anonymus 2011).

Geologické podloží je podél komunikace různorodé. Z českých Budjovic do Lišova je tento podklad tvořen jílovci, pískovci a magmatity. V blízkosti Lišova jsou granuly a spraš. Z Lišova do Těbon jsou okolní horniny tvořeny pískovci, slepenci, jílovci a prachovci. V těsné blízkosti Těbon je také rašelina a slatina. Z Těbon do Jindřichova Hradce se nachází pararuly a ortoruly. Největší podíl hornin podél této silnice zastupují pískovce, jílovce a pararuly (int. odk. . 5).

Silnice II. třídy II/157 leží stejně jako silnice I. třídy v mírně teplé a vlhké oblasti. Krajina je v okolí českých Budjovic pahorkatinná a u českého Krumlova vrchovinná. Nadmořská výška této silnice se pohybuje od 388 m. n. m. (české Budjovice) přes 517 m. n. m. (Borovany), 465 m. n. m. (Trhové Sviny) do 499 m. n. m. (český Krumlov) (int. odk. . 7). Průměrný úhrn srážek za rok je v českých Budjovicích i českém Krumlově 550 mm (Tolasz a kol. 2007). Průměrná roční teplota vzduchu je: české Budjovice 8,2°C (int. odk. . 6) a český Krumlov 7,5°C (int. odk. . 4).

Geologické podloží okolo této silnice se směřuje od českých Budjovic k Ledenicím a Borovanům směrem z Budjovického pískovce na pararulu. U Trhových Svin se opět vracejí pískovce s jílovcí a také granulity. Od Trhových Svin přes Besednici až k českému Krumlovu se nacházejí už jen pararuly s obecným výskytem migmatitu. Na této silnici jsou nejvíce rozšířeny horninou pararuly (int. odk. 5).

Migmatity, granulity, pararuly a ortoruly jsou prvohorní horniny metamorfované. Pískovce, slepence, jílovce a prachovce jsou druhohorní horniny se zpevněným sedimentem. Sraťeliny a slatiny jsou kenozoické horniny s nezpevněným sedimentem (int. odk. 5).

Orientací určení acidity podle horninového podloží není jednoznačné. U jílovců, pískovců a slepenců záleží acidita na složení hornin a tmelu. Pararuly, ortoruly a granulity jsou horniny s kyselým pH. Sraťeliny jsou horniny zásadité (Pavel a kol. 1984). Kyselé pH má také migmatit. Prachovec je hornina, u které stejně jako u pískovců i slepenců, záleží pH na druhu horniny a tmelu. (Dudek a kol. 1969). Sraťeliny mají pH kyselé, kdežto slatiny mohou být slabě kyselé nebo neutrální (Vaculík a kol. 1983).

5.2 Metodika sledování nehodovosti

Po konzultaci s panem nprap. Bc. Milanem Bajcuroou, tiskovým mluvčím Krajského editelství policie Jihočeského kraje, v českých Budjovicích byly vybrány dvě silnice s vztahem k nehodám způsobených nárazem do stromu. Silnice I. táhne z českých Budjovic do Jindřichova Hradce a silnice II. táhne z českých Budjovic do českého Krumlova. Dále byla excerpována internetová stránka s daty o dopravních nehodách (int. odk. 1). Tyto stránky obsahují veškeré informace o nehodách včetně interaktivní mapy s místy střetu. Z těchto stránek byla vypsána jednotlivá data: číslo nehody, druh silnice, druh nehody, zeměpisná šířka a délka (latitude, longitude), obec, datum, čas, viditelnost, škoda na vozidle, stav povrchu vozovky v době nehody (náledí, bláto), povětrnostní podmínky v době nehody (déšť, sníh) a směrové poměry (zatáčka).

Na těchto internetových stránkách jsou nehody zaznamenávány od roku 2007. Pro tento projekt byly vypsány nehody od 1.1.2007 do 24.12.2013. Byly zaznamenány tři typy nehod: srážka s pevnou překážkou strom (76 nehod), srážka s lesní zvěří (86 nehod) a havárie nebo jiný druh nehody jako kontrola (60 nehod).

Jako další z internetových zdrojů, byla použita stránka editelství silnic a dálnic (int. odk. 8). Zde byla zjištěna intenzita dopravy v roce 2010 na stanovených silnicích. Tato intenzita byla přizna jednotlivým nehodám, podle místa vzniku nehody.

V programu ArcMap 10. byla vytvořena mapa Jiho českého kraje. Do mapy byly zaneseny sledované silnice a také nehody v bodech. Všechny potřebné informace byly zpracovány pomocí souhrnné tabulky dat v Microsoft Excel. Okolo jednotlivých nehod v ArcMap 10. byl vytvořen šbuffer o poloměru 100 m. V této ploše byl dále určen krajinný pokryv (landcover) v okolí jednotlivých nehod (pole, louka, les, voda, obydlí, shluky stromů, aleje, mokřad a silnice) a také vzdálenost ke silnici a stromům po obou stranách u každé jednotlivé nehody.

Dále bylo v ArcMap 10. určeno pokrytí (weight) jednotlivých nehod. Toto pokrytí se stanovovalo na základě rovnic:

- v případě tří překrývajících se, vedle sebe ležících nehod A, B, C:

váha nehody A = $AB/2r$

váha nehody B = $(AB/2r + BC/2r)/2$

váha nehody C = $BC/2r$

V neposlední řadě byly v GISu vytvořeny mapy predikcí. Tyto predikce byly vytvořeny pro nehody způsobené nárazem do stromu (Predikce S) a nehody způsobené srážkou s lesní zvířetím (Predikce Z). Byly vytvořeny dvě mapy. První pro predikci nárazu do stromu a druhá pro predikci srážky se zvířetím. Jednotlivým nehodám se přidala výsledná hodnota dané predikce. Tato hodnota byla zobrazena pomocí velikosti kolečka dané nehody. Velké kolečko u Predikce S značí velkou pravděpodobnost nárazu do stromu a naopak velké kolečko u Predikce Z ukazuje velkou pravděpodobnost srážky se zvířetím. Čím menší kolečko, tím menší pravděpodobnost závažnější nehody.

Pomocí map predikcí se dále určila kritická místa. Tato místa byla vybrána vizuálně podle hustoty nehod v mapě. Dále se vytvořily snímky těchto kritických míst v programu ArcMap 10., které byly použity k návrhu opatření.

Inspekce mnohorozměrných dat byla provedena pomocí analýzy hlavních komponent (PCA) v programu Canoco 4.6 (Lepš a Milauer 2000, 2003), skóre proměnných je ilustrováno na prvních 4 osách v programu CanoDraw (ter Braak 2002, Milauer 2012). Vliv krajinného pokryvu na pravděpodobnost srážky se zvířetím byl testován pomocí Monte Carlo

permutačního testu (MCPT, 4999 opakování) se zahrnutím silniční tídy jako kovariáty. Pravděpodobnostní modely byly spočteny pomocí zobecněných lineárních metod (GLM) s binomickou distribucí příjiny nehody ve statistickém balíku R (R Core Development Team 2013). Jelikož se hodnocení krajinného pokryvu kolem nehod překrývalo, byla nehodám přiřazena váha odpovídající míře překryvu. Modely byly sestaveny běžným používaným postupem postupného výběru z postupnou eliminací s ohledem na minimalizaci hodnot AIC (blíže viz Milauer 2012, Crawley 2013). Predikce nehody byla spočtena pomocí ukazatele predict.

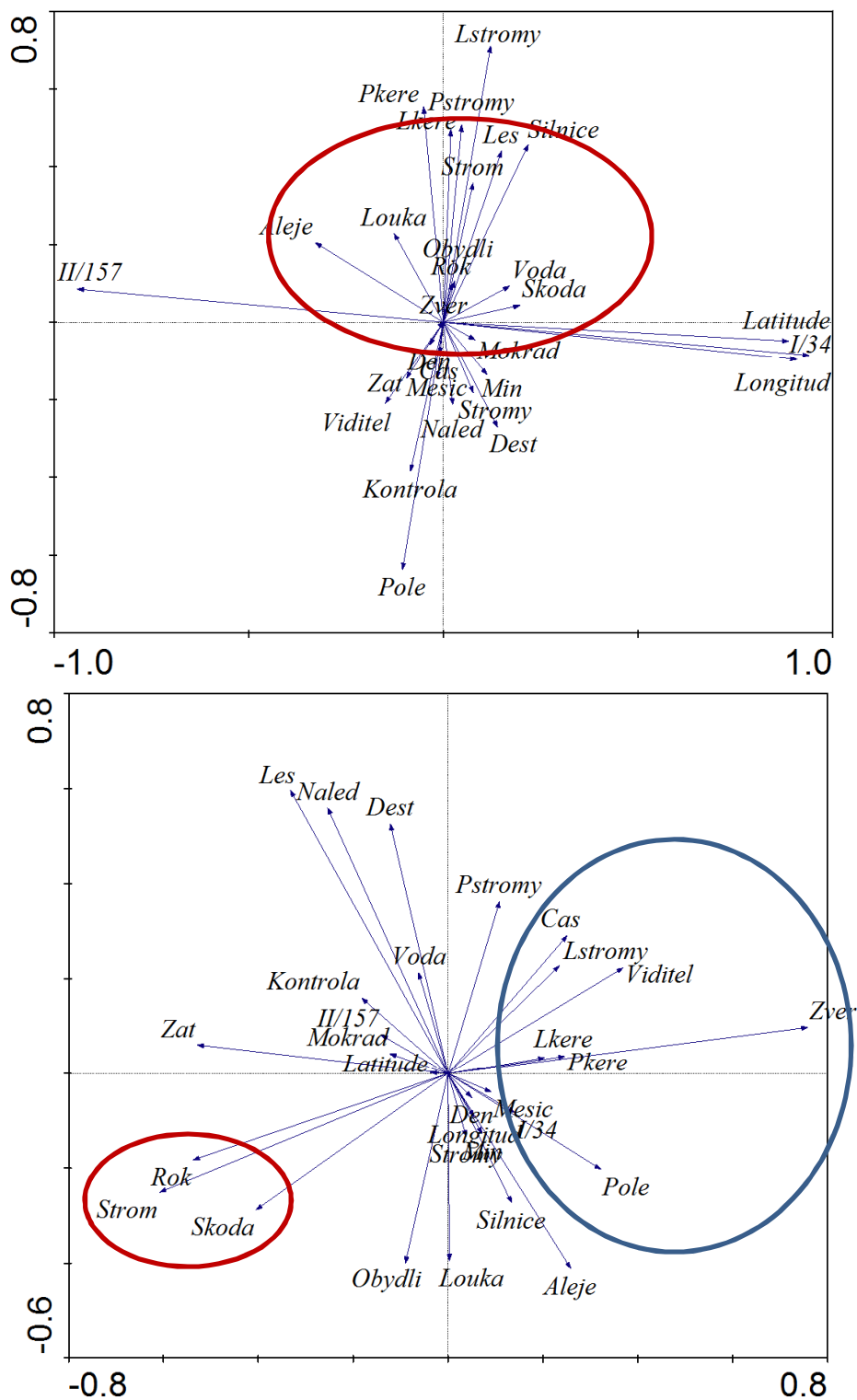
5.3 Předevšímné výsledky zhodnocení stávající situace

Analýza hlavních komponent (PCA) nám ukazuje vzájemné vztahy a rozdíl v významnosti jednotlivých proměnných podle jednotlivých os a jejich vzájemné vztahy rozdlené podle významnosti podél první a druhé osy (Obr.1a), třetí a čtvrté osy (Obr.1b). Proměnné, které leží nejbližší u faktoru strom nebo zvířata, mají největší význam. Na první ose je největší variabilita mezi silnicemi I. třídy I/34 a II. třídy II/157. Na druhé ose se vylišují proměnné, které jsou korelované s nárazem do stromu. Proměnné, ležící nejbližší ke stromu, jsou nejdlejší. Je tedy zřejmé, že největší význam při nárazu do stromu má zastoupení lesa, blízkost dalších silnic (například u křižovatky), přítomnost keřů a stromů po obou stranách silnice. Menší význam pak mají louky, obydlí, voda, škoda a rok. Výše škody je vyšší u nárazu do stromu, než u srážky se zvířaty.

Pravděpodobnost nárazu do stromu klesá s přítomností pole okolo komunikací.

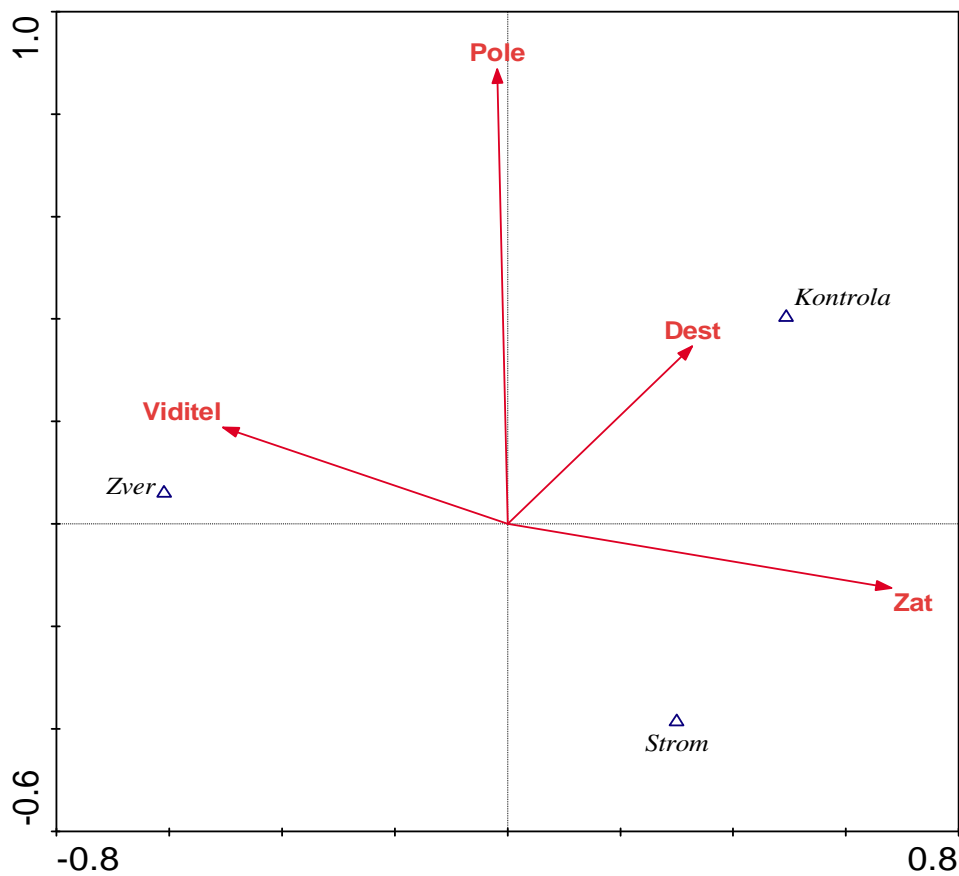
Třetí osa vylišuje proměnné, které korelují s pravděpodobností srážky se zvířaty. V protilehlém směru jsou proměnné, které souvisejí s nárazem do stromu. Zde je ukázáno, že s vyšší pravděpodobností kolize se zvířaty souvisejí proměnné čas a viditelnost. žádný vztah nemá přítomnost obydlí, les, náledí, dělníci a louka. Proměnné se zápornou korelací jsou rok a škoda. Škoda má v největší význam při nárazu do stromu, protože je její hodnota vyšší. Z toho vyplývá, že škoda při srážce se zvířaty je zatímco nižší.

Proměnná rok byla negativně, protože od roku 2009 se nehody způsobené srážkou s lesní zvířaty nehlásí policii R a nejsou tedy zaznamenány v databázi policie. Což vysvětluje velký pokles počtu nehod tohoto druhu v našich datech od roku 2009. To také znamená, že jsou data nehodovosti srážkou s lesní zvířaty zkrácená, protože od roku 2009 není žádný pohled o těchto nehodách.



Obr. 1. Analýza hlavních komponent (PCA) ukazuje variabilitu prom nných (a) podél 1. a 2. osy (12,6 a 9,4% variability), (b) podél 3. a 4. osy (8,5 a 7,3%). Zvýrazn ny jsou prom nné pozitivn a negativn korelované s nárazem do stromu.

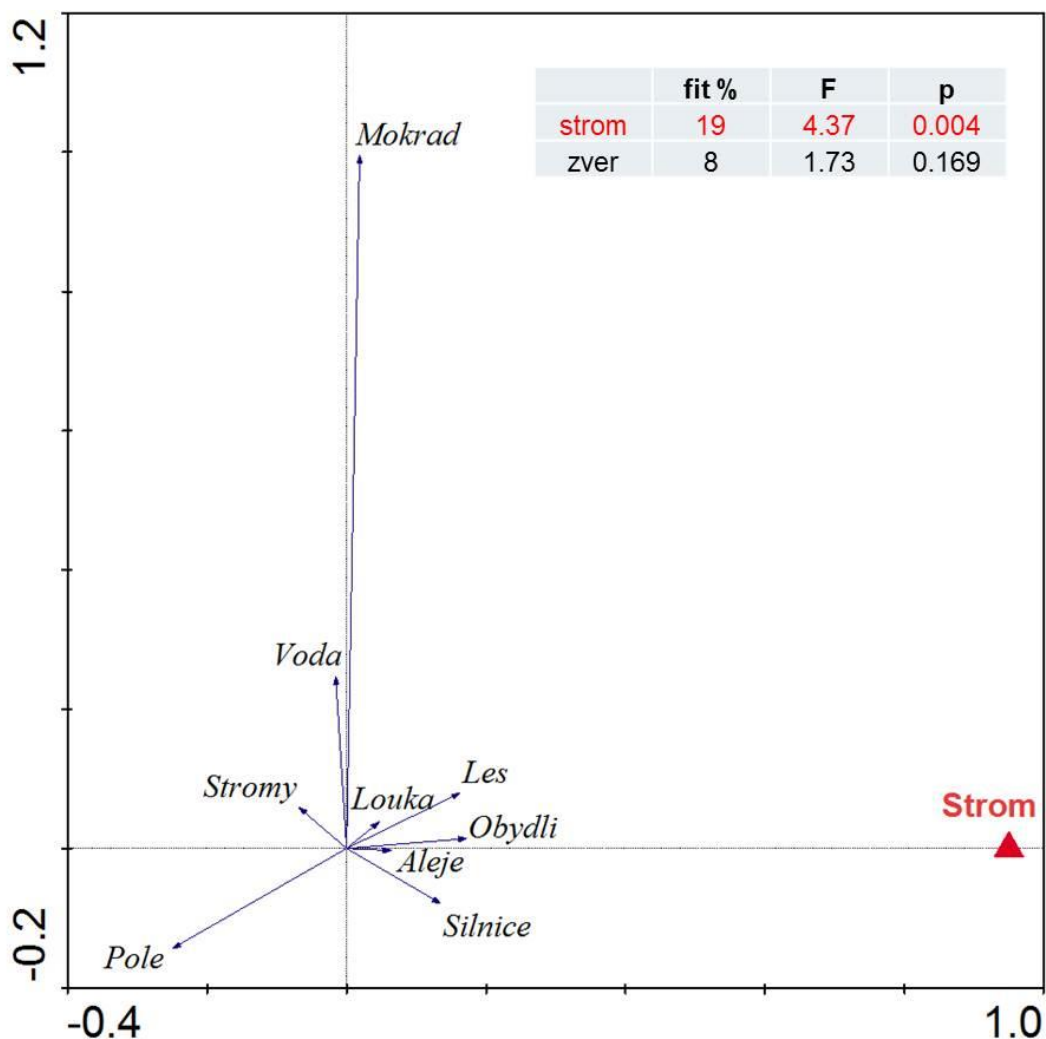
Lineární diskriminační analýza (CVA) ukazuje pro každé proměnné jednotlivých druhů nehod (Obr. 2). Jsou zde rozlišené tři druhy nehod: srážka s lesní zvířetím, náraz do stromu a kontrola. Nehodu způsobenou srážkou se zvířetím nejvíce ovlivňuje proměnná viditelnost. To znamená, že čím horší je viditelnost, tím větší je pravděpodobnost srážky s lesním zvířetem. Pravděpodobnost zatáčky zvyšuje pravděpodobnost nárazu do stromu. Do kontroly spadají jiné druhy nehod nebo havárie. Tyto nehody jsou nejvíce ovlivňovány proměnnou délkou. Pravděpodobnost délky tedy zvyšuje pravděpodobnost těchto druhů nehod.



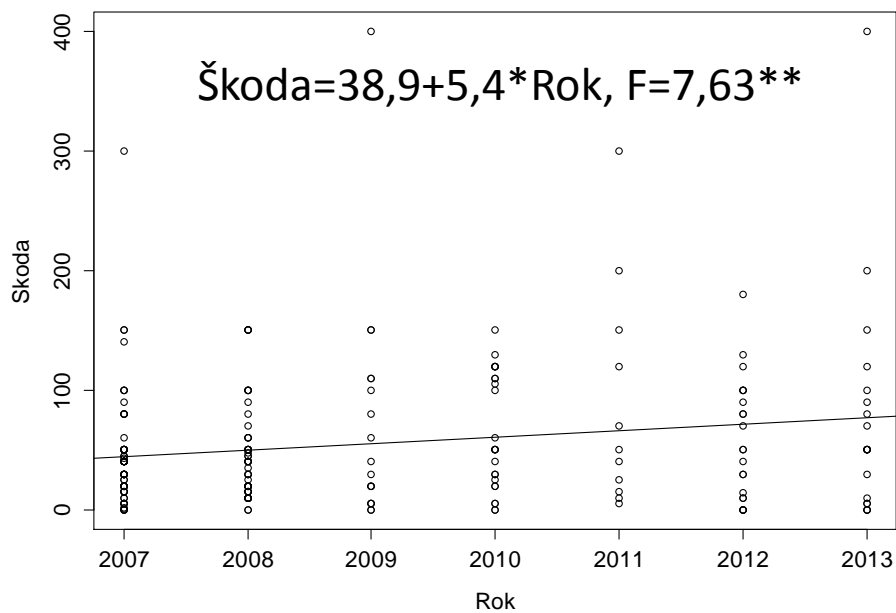
Obr. 2. Lineární diskriminační analýza (CVA) vyjadřuje lineární kombinaci pro každých proměnných (MCPT test, 4999 opakování), které dělí nehody podle příčin. Proměnná pole (7,1%, $F=8,72$, $p=0,0004$), zatáčka (6,6%, $F=8,4$, $p=0,0004$), délka (4,5%, $F=5,99$, $p=0,003$) a snížená viditelnost (3,3%, $F=4,2$, $p=0,017$).

Efekt krajinného pokryvu vy-el pr kazn pouze pro náraz do stromu. Typy související s nárazem do stromu jsou les, obydlí a množství silnic. Nepr kazný vliv mají louky a aleje. Pole má negativní význam. Tedy znovu platí, čím více polí, tím menší je pravděpodobnost nárazu do stromu.

Nulovou korelaci mají landcovery: mokřad, voda a stromy. Zajímavý je především nulový význam mokřadu. V blízkosti mokřadu lze předpokládat vyšší vlhkost vzduchu, což vede k častějšímu vytváření námrazy na silnicích, a tedy ke zhoršenému stavu povrchu vozovky a nižší ovladatelnosti vozidla. Přesto ale tento faktor má nulový význam při nehodách následkem nárazem do stromu.

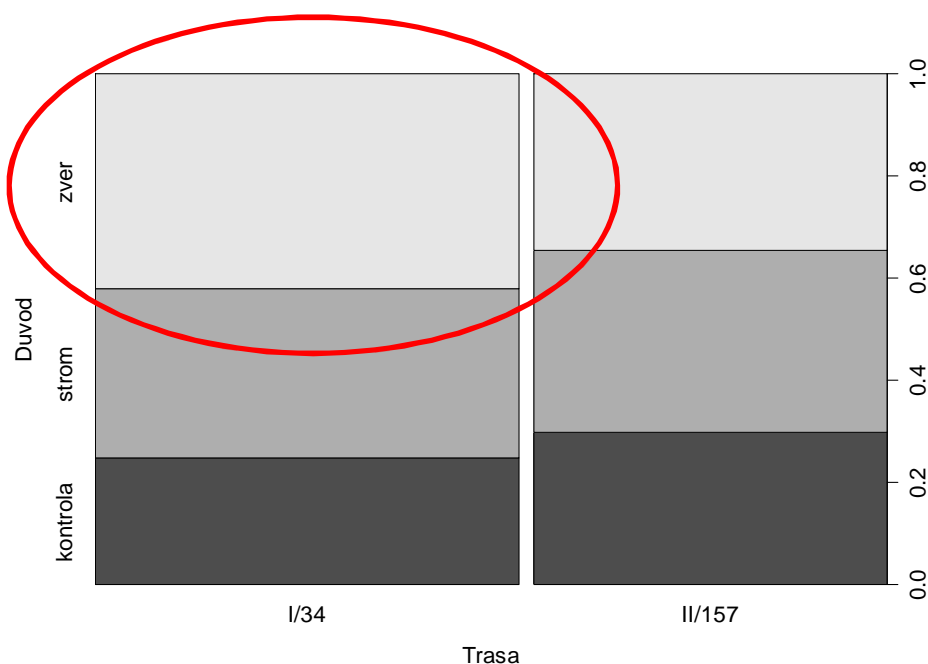


Obr. 3. Parciální lineární p ímá gradientová analýza (RDA) omezená na pravděpodobnost st etu se stromem. Silnice I. a II. t ídy byla zadána jako kovariáta. Typy ukazují směr jednotek krajinného pokryvu vzhledem k promítnutím st etu se stromem na 1. ose (vysvětluje 1.9%).



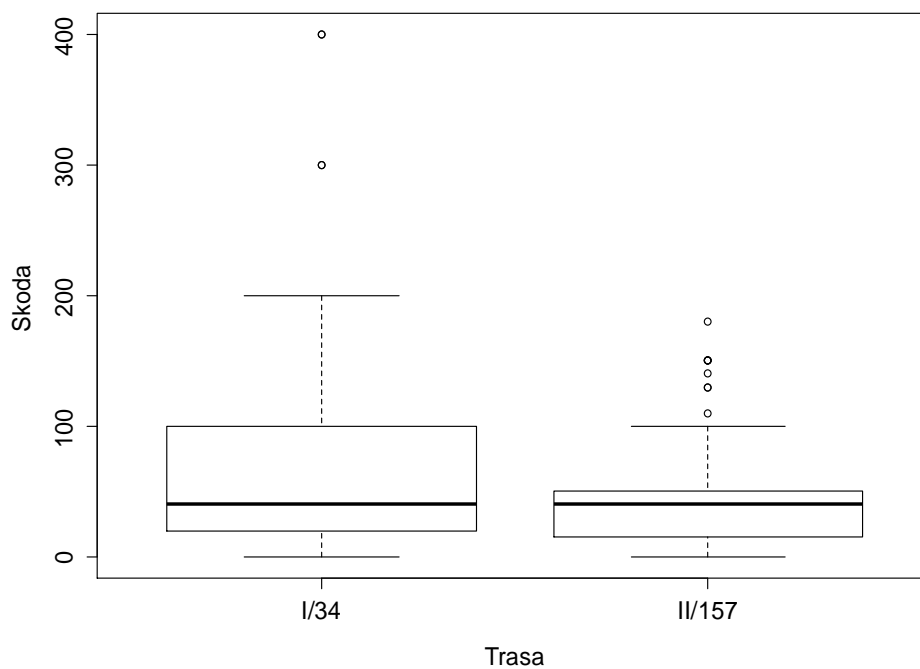
Obr. 4. Lineární regrese ukazuje nárůst škody v čase.

Z této lineární rovnice je zřejmé, že škoda s roky roste. V roce 2007 měla být průměrná škoda okolo 38.000 Kč. V roce 2013 se pak průměrná škoda vyvíjela na průměrnou hodnotu 77.000 Kč. To znamená, že průměrný nárůst škody za každý další rok je zhruba 6.000 Kč. Nárůst škody můžeme pozorovat v rámci množství dražších aut.



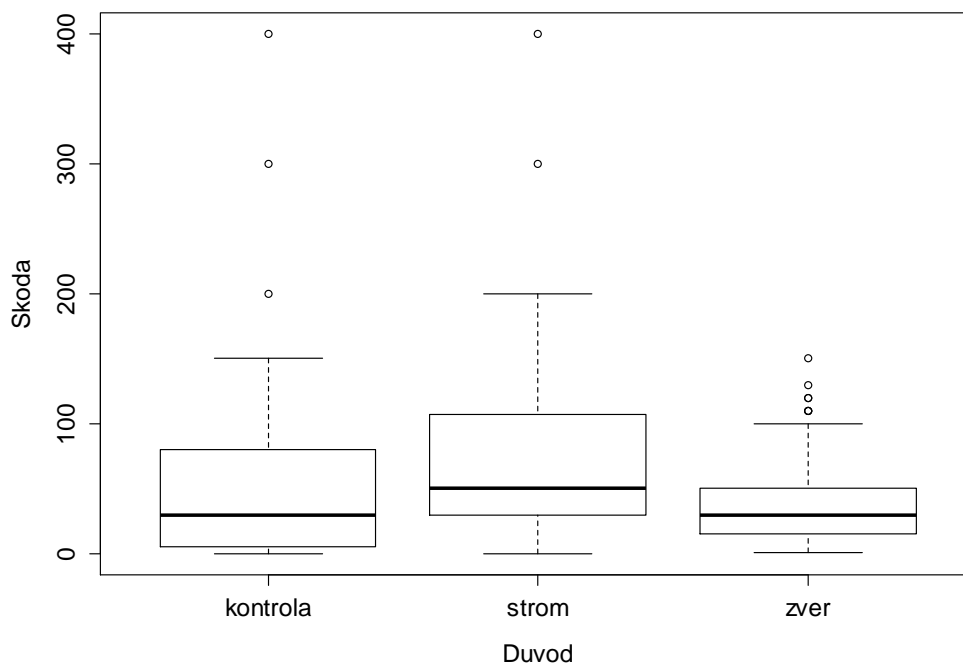
Obr. 5. Důvod nehody v porovnání se silnicí I. a II. třídy.

Silnice II. třídy má nižší kvalitu, je užší a vede k větší opatrnosti při jízdě. Přes tuto opatrnost jízda po horší komunikaci vykazuje nepatrně větší počet kolizí se stromem. Na druhé straně zvýšená ostražitost vede zejména k rychlejší reakci na nečekanou událost a počet srážek se zvířaty je zde menší, než na silnici I. třídy.



Obr. 6. Výše škody podle druhu silnice I. nebo II. třídy.

Průměrná výše škody v závislosti na typu komunikace se prokazatelně neliší. Rozptýlenost hodnot škody je však na silnici I. třídy větší. To je dáno vyšší povolenou a možnou rychlostí. Zde také dochází k banálním nehodám, ale ty závažné mají právě díky rychlosti mnohem více devastující účinky.



Obr. 7. Výše škody podle druhu nehody.

Škoda je nejvyšší při nárazu do stromu a nejnižší při srážce s lesní zvířetím. Strom je pevná, nehybná překážka a všechna kinetická energie při srážce s ním demoluje vozidlo.

Zv

Nehody způsobené srážkou se zvířetem jsou nejvíce ovlivněny zhoršenou viditelností, naopak zatáčka a náledí snižují pravděpodobnost srážky se zvířetem nejspíše v důsledku snížení rychlosti vozidla. Neprůkaz vyjel promáčené stromy nalevo a napravo u silnice, i když právě ty představují biokoridor. Jelikož však nevyjel průkaz, neměl v naší studii vliv.

Neprůkaz vyjel také promáčená krajinného pokryvu pole i přesto, že v této části nehod se zvířetem byla zaznamenána právě v polních úsecích. To by potvrzovalo předpoklad, že zvířeta vbíhají na silnici z pole proto, že se poblíž nenachází žádný vhodný úkryt.

Možným řešením je proto umístění upozorovacích značek na kritických místech, například před zvěří.

Modely

Na základě předchozích výsledků jsme měli v plánu vytvořit rizikové úseky s návrhem vhodného řešení z hlediska bezpečnosti provozu. Prvním záměrem bylo trasovat silnice po úseku 0,5 km s pravděpodobností srážky se stromem nebo zvířím. Jelikož se nepodařilo zpracovat pro všechny trasované body okolní landcover, rozhodli jsme se kritická místa vytvořit podle stávajících nehod na silnicích.

Tab. 1, 2, 3. Modely optimalizované pomocí GLM s binomickou distribucí.

	dev.	d.f.	%	AIC	P
Stromy_0	285,3	221		287,3	
Model_4	258,64	217	9,3	268,64	< 0,0001

Model_4 Stromy = $-0,038 + 0,5 * \text{Zatáka} - 2,29 * \text{Pole} - 0,77 * \text{Les} + 4,19$

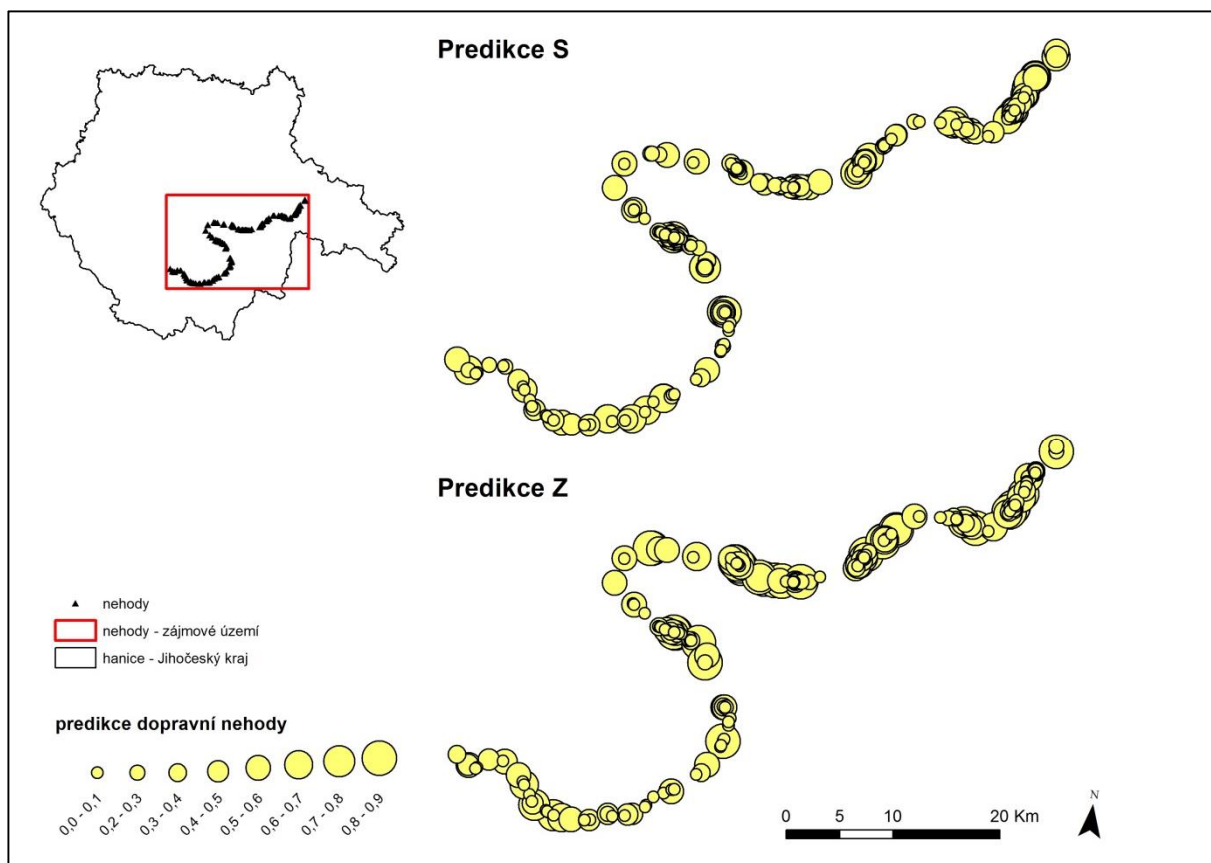
	dev.	d.f.	%	AIC	p
Zv_0	296,4	221		298,4	
Model	247,52	218	16,5	255,52	< 0,0001

Model Zv = $-0,28 + 0,67 * \text{Viditelnost} - 1,05 * \text{Náledí} - 0,87 * \text{Zatáka}$

	dev.	d.f.	%	AIC	p
Kontrola_0	259,09	221		261,09	
Model_2	240,65	218	7,1	248,65	0,0003

Model_2 Kontrola = $0,8 + 0,34 * \text{Zatáka} - 0,16 * \text{LStromy} - 28,7 * \text{Silnice}$

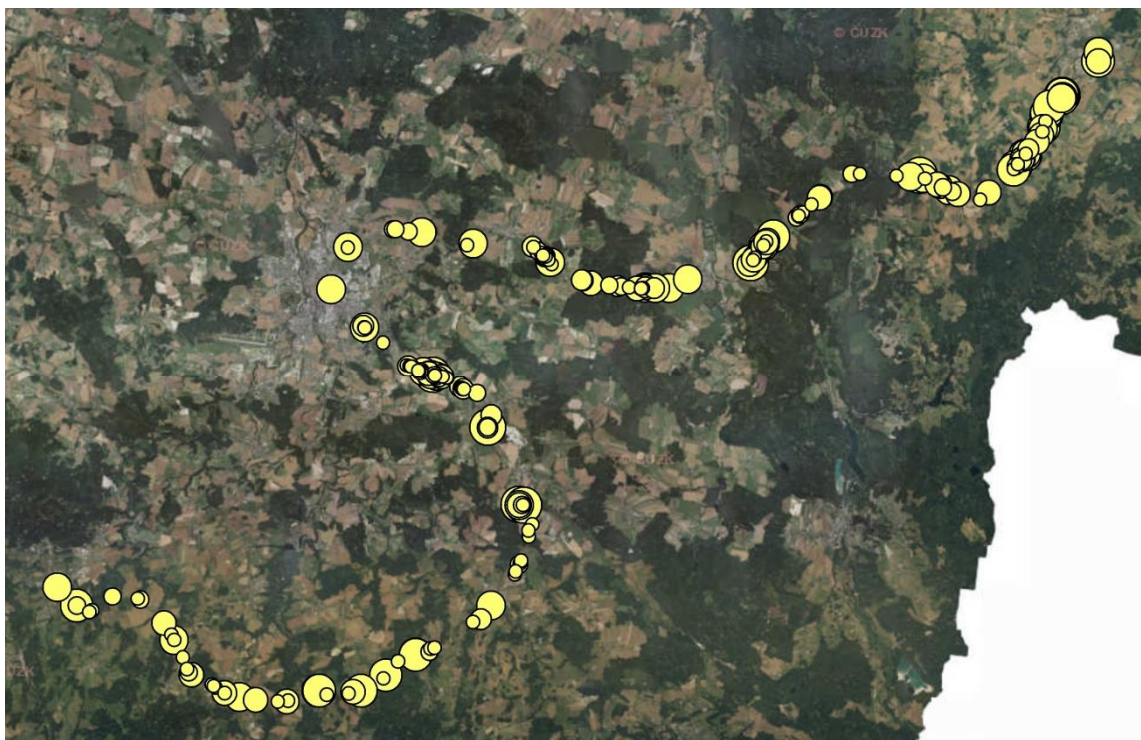
V tabulkách jsou uvedeny procenta deviance postihující data jednotlivého druhu nehody. Při nehodě způsobené nárazem do stromu máme výskyt 9,3%, při srážce se zvířím máme výskyt 16,5% a u kontroly máme výskyt 7,1%.



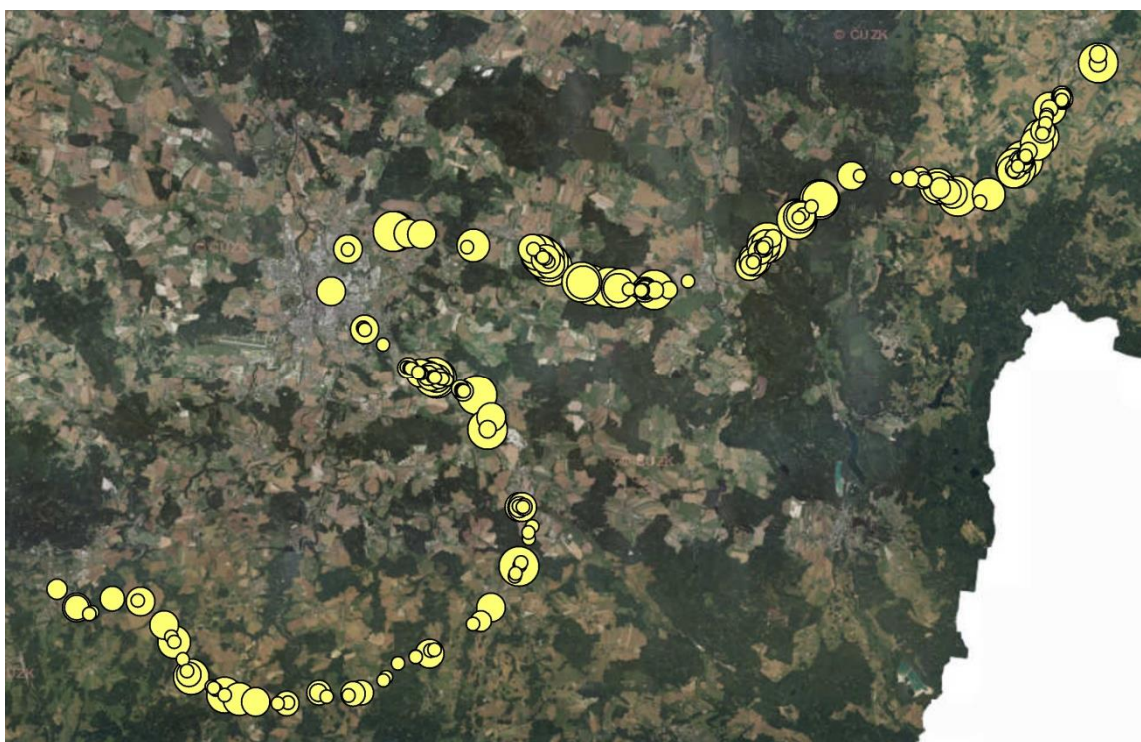
Obr. 8. Mapa predikcí nehod způsobených nárazem do stromu a srážkou se zvláště na silnicích I. a II. třídy.

Predikce S ukazuje oblasti s velkou pravděpodobností nárazu do stromu. Tato místa označí v Predikci S velká kolečka. Malá kolečka zde značí fakt, že mohlo jít o nehodu způsobenou srážkou se zvláště anebo havárii (kontrola).

Predikce Z značí oblasti s velkou pravděpodobností srážky se zvláště. Tato místa jsou v Predikci Z vyznačena velkými kolečky. Malá kolečka představují nehody způsobené nárazem do stromu nebo havárii (kontrola).



Obr. 9. Predikce nehod zp sobených nárazem do stromu na silnicích I. a II. t ídy.



Obr. 10. Predikce nehod zp sobených srážkou s lesní zvr í na silnicích I. a II. t ídy.

5.4 Návrh e-ení



Obr. 11a. Predikce Stromy



Obr. 11b. Predikce Zv

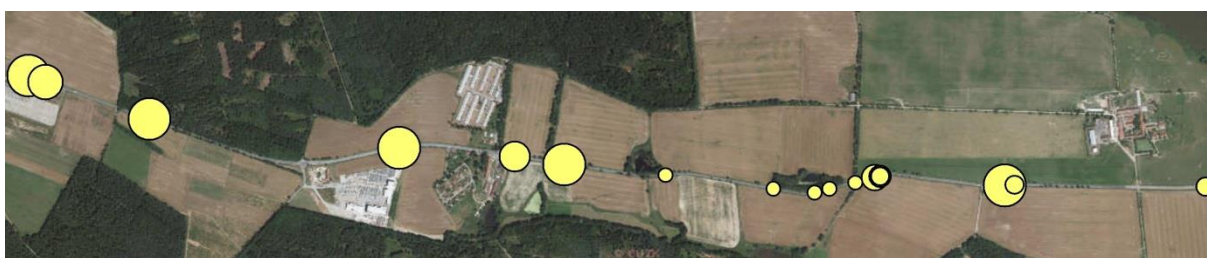
Tento úsek se nachází na silnici I. třídy mezi Lišovicemi a Třebenovicemi. Podél silnice jsou krátká nepravidelná stromořadí a okolo ní se nacházejí pole. Na tomto úseku nejsou zřejmě nehody způsobené nárazem do stromu. Naopak může na tomto úseku docházet k ústředním srážkám s lesní zvířaty.

Jedná se relativně o rovný úsek, kde by bylo vhodné umístění dopravního značení: Pozor zvláště, a také rozmístění odrazek pro plnění zvláště. Tyto odrazky při posvícení způsobí leknutí zvláště a následný útok. Dalším řešením by bylo vysazení silniční vegetace, která by vytvořila úkryt a zvláště by se v ní zastavila.

Ze stromové vegetace by se zde mohl použít například jeřáb obecný nebo lípa srdčitá. K ovinným porostům by mohly být tvořeny kalinou obecnou nebo kalinou tučňákovou.



Obr. 12a. Predikce Stromy.



Obr. 12b. Predikce Zvláště.

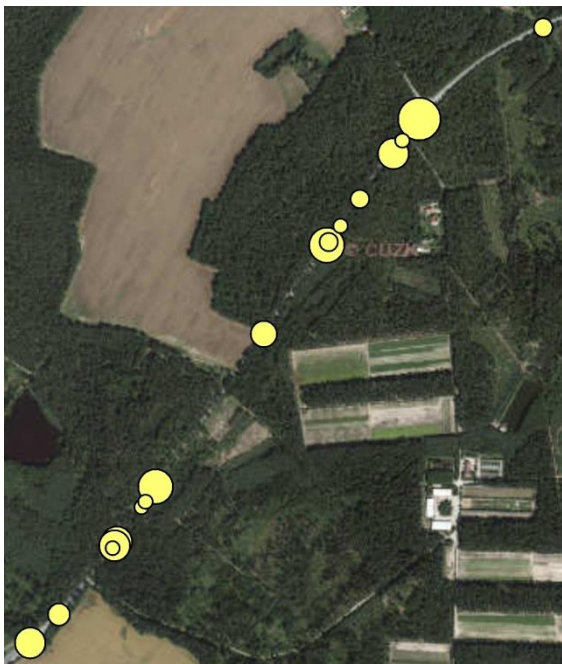
Tento úsek se nachází na silnici I. třídy za Těšovicemi směrem na Těbovice. Silnice je místy lemována stromovou vegetací. Na začátku tohoto úseku k silnici přiléhá les. V této části okolí ale zabírají pole.

Na tomto úseku je v této pravděpodobnost srážky s lesní zvláště při nárazu do stromu. Nejedná se o úplně rovný úsek. Nacházejí se zde mírné zatáčky a silnice navíc prochází osadou Vranín. Z těchto důvodů by bylo vhodné zde navrhnout snížení rychlosti dopravních vozidel a rozmístění odrazek pro plnění zvláště. Dalším řešením by bylo vysazení k ovinných porostů, pro úkryt zvláště.

Vhodným keřem by zde mohla být vrba jíva, v podrostu kalina obecná.



Obr. 13a. Predikce Stromy



Obr. 13b. Predikce Zv

Na silnici I. třídy se nachází také tento úsek za Těboň. Za ním leží obec Nová Hlína. Téměř celá trasa je lemována lesy. Na tomto rovném úseku může docházet k narázům do stromu. Více pravděpodobné jsou však srážky s lesní zvěří.

Pokud vede silnice skrz les, je hledání řešení dosti omezené. V tomto případě jsou nejefektivnější volbou odrazky pro plánění zvěře.



Obr. 14a. Predikce Stromy.

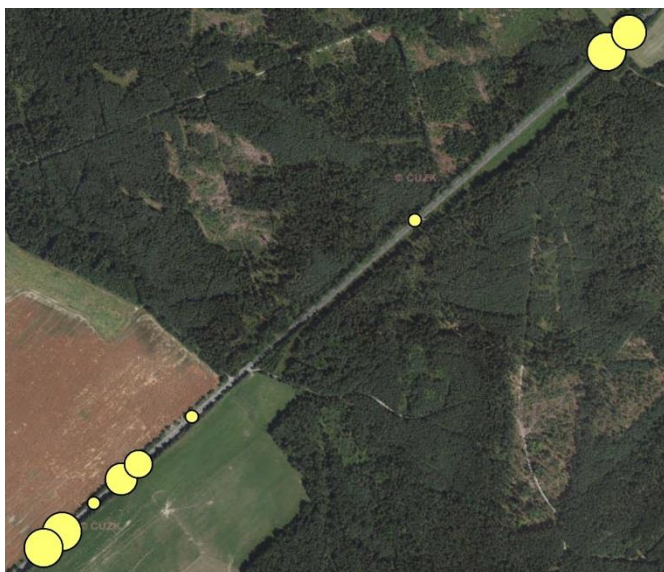


Obr. 14b. Predikce Zv .

Na této mapě vede trasa skrz město Stráň nad Neflárkou. Po projetí města se v okolní krajině nacházejí pole. Konec úseku je lemován obilnou stromovou vegetací. Přesto je zde pravděpodobnost nárazu do stromu poměrně velká. Mimo město v okolí polí jsou zde pravděpodobně i srážky s lesní zvířaty. Zde je časový artefakt z doby, kdy se jezdilo po staré rovné silnici, dnes zakončené jako slepá silnice. V současnosti se jezdí po obchvatu, nikoliv skrz obec.

Po vyjetí z města by z důvodu vztáhlé pravděpodobnosti nárazu do stromu, bylo vhodné zaměřit stávající silniční vegetaci za krovinný porost v odpovídající vzdálenosti od krajnice i mezi sebou vzájemně. Krovinná vegetace by sloužila také jako úkryt pro zvířata.

Jako vhodný krovinný porost by na této silnici mohla být vysazována vrba jíva, kalina obecná nebo kalina tužalaj.



Obr. 15. Predikce Zv .

Tento úsek leží za obcí Stará Hlína na silnici I. třídy a je bez jakýchkoliv zatáček. V těle okolo krajiny tvoří les. Zářez trasy je však lemován hustou stromovou vegetací, za kterou se nacházejí pole.

Pravděpodobnost srážky se zvířaty je na tomto úseku právě mimo les. (V lese hrozí srážka s jelení zvěří v podzimním období). Bylo by vhodné na zářez trasy umístit dopravní značení: Pozor zvířata. Rozmístění odrazek pro plašení zvěře by zde jistě bylo také přínosné.



Obr. 16a. Predikce Stromy.



Obr. 16b. Predikce Zv .

Tento úsek leží mezi Lásenicemi a Horní Lhotou na silnici I. třídy. Okolní krajina této trasy je rozmanitá. Podél silnice se nacházejí pole a lesy. Pozemní komunikace je lemována stromovou vegetací.

Z map je zřejmé, že je zde velká pravděpodobnost srážky se zvířaty, ale i nárazu do stromu. Velice by bylo vhodné proto na začátku úseku umístit dopravní značení: Pozor místo častých dopravních nehod. Dále by bylo vhodné doprovodnou vegetací osazovat ve větší vzdálenosti od pozemní komunikace. V úseku zatáčky by se jako by bylo vhodné jeví vykácení stromů a nahrazení křovinovou vegetací, například vrbou jívou.



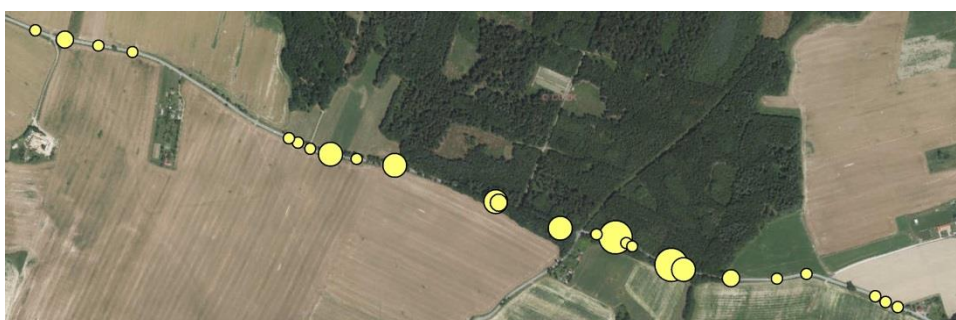
Obr. 17. Predikce Stromy.

Tato trasa se nachází u Horního říční náhonu pod Jindřichovým Hradcem na silnici I. třídy. Okolní krajina je tvořena především lesy. Na straně, kde končí les, pokračuje stromová vegetace podél silnice.

Pravděpodobnost nárazu do stromu je zde velká. Hlavním možným řešením by zde bylo snížení rychlosti dopravních vozidel, popřípadě umístění dopravního značení: Pozor místo častých dopravních nehod.



Obr. 18a. Predikce Stromy.



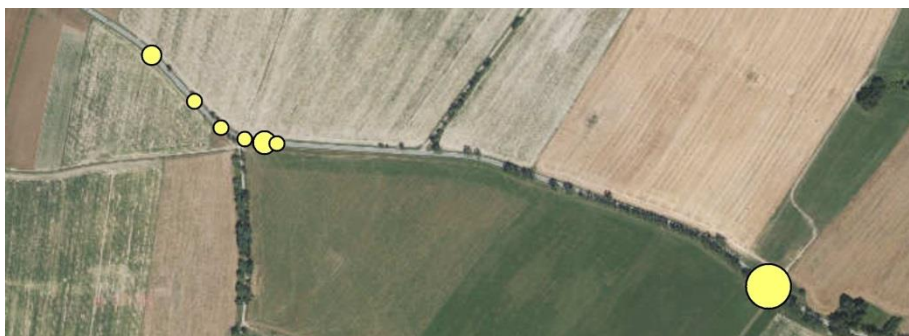
Obr. 18b. Predikce Zvlnění.

Tato trasa se nachází na silnici II. třídy za Srubcem. Okolní krajina je z větší části tvořena poli. Velkou plochu také zabírají lesy. Právě v úseku procházení silnice lesem, je velká pravděpodobnost nárazu do stromu i s tímto se zvlní.

Bylo by vhodné umístění dopravního značení o místu častých dopravních nehod a doporučení snížení rychlosti.



Obr. 19a. Predikce Stromy.

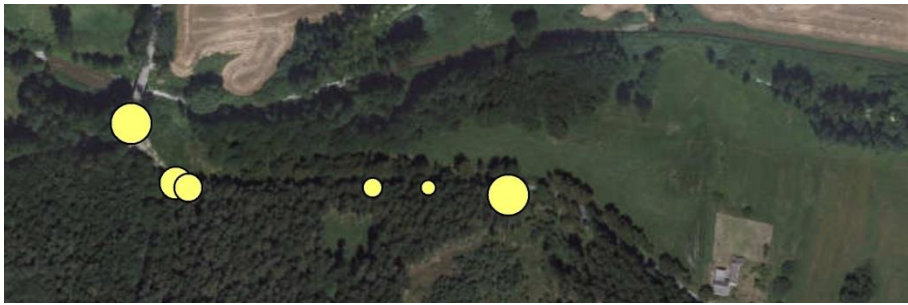


Obr. 19b. Predikce Zvěstov.

Tento úsek leží u vesnice Ohrazení kopce vedle Ledenicemi na silnici II. třídy. Silnice jsou lemovány stromovou vegetací a okolí tvoří pole. Pravděpodobnost nárazu do stromu je zde velmi malá. Stejně je tomu tak i při srážce s lesní zvěsí.

Na této trase by bylo vhodné vytvoření souvislé doprovodné zeleně s odpovídající vzdáleností od krajnice i mezi jednotlivou vegetací. Vhodnou volbou mi mohly být keřové stromy malého průměru i vzrůstu. Na rovném úseku mohou stát stromy a v zatáčkách potom keře.

Vhodnou stromovou vegetací by zde byl javor mléč nebo javor klen. Jako květinový porost by mohl být vhodný klokoč zpeňový.



Obr. 20a. Predikce Stromy.



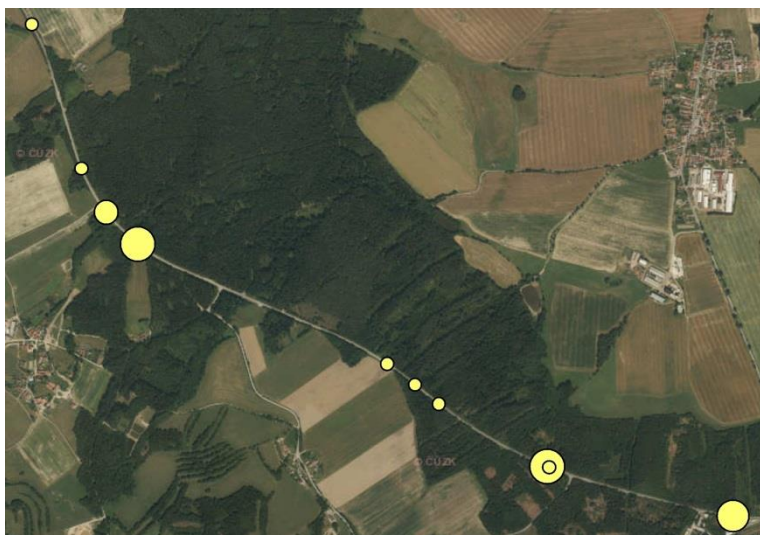
Obr. 20b. Predikce Zv .

Tato trasa vede po silnici II. třídy za Borovany skrze les. Nacházejí se zde zatáčky. Pravděpodobnost nárazu do stromu i stětu se zvětší je velká. Hlavním měřením tohoto úseku je umístění dopravního značení: Pozor místo častých dopravních nehod. Dleřitým měřením by také bylo snížení rychlosti.



Obr. 21. Predikce Stromy.

Tento úsek se nachází za Kaplicí na Stěteflna silnici II. třídy. Vede z větší části lesem, ze kterého navazuje na město Kaplice. Pravděpodobnost nárazu do stromu je poměrně nízká. Vhodným opatřením by zde mohlo být snížení rychlosti.



Obr. 22. Predikce Zv .

Tato trasa vede po silnici II. třídy nad Střítečím. Prochází lesem a pravděpodobnost srážky se zvířaty je zde velká. V tomto úseku by bylo vhodné umístění dopravního značení: Pozor zvířata rozmístění odrazek pro plašení zvířete.

Další vegetace vhodná k výsadbě u daných pozemních komunikací

Mezi stromy vhodné k výsadbě podél silnic patří: javor mléč, javor klen, lípa srdčitá, bříza bradavičnatá, jasan ztepilý, jeřáb muk, jeřáb obecný a jeřáb bledý.

Jeřáb muk se břízou u silnic nepoužívá, ale v teplejších oblastech u silnice II. třídy by mohl fungovat dobře. Jeřáb obecný se naopak vysazuje ve vyšších polohách a dobře snáší námrazu. Jeřáb bledý by se v našem případě hodil k použití na silnici II. třídy.

Jako vhodné domácí keře k výsadbě na daných silnicích I. a II. třídy se mohou ve sniženinách a vlhčích místech použít: vrba jíva, kalina obecná, naopak na suchších stanovištích osluněných kalina tužalaj, klokoč zpeřený, ptačí zob obecný, bez černý a líška obecná.

Klokoč zpeřený se používá do teplejších oblastí, z našich silnic tedy k silnici II. třídy. U výsadby keřů podél silnic, je největším problémem přitahování flivořů. Bez černý velice přitahuje ptáky a líška obecná veverky. Ptačí zob obecný pak může lákat malé savce, z predátorů například lišku obecnou.

S výsadbou keřů by tedy mohla vzrůst mortalita flivořů na silnicích.

5.5 časový harmonogram projektu

Navrhovaná opatření budou na lokalitách provedeny ve třech letech (třech sezónách).

Tab. 1: časový harmonogram pro navrhovaný projekt.

	2015				2016				2017			
Projektový záměr	■	■										
Příprava			■									
Vyřízení dokumentace				■								
Získání povolení					■							
Značení strom						■						
Výsadba							■		■			
Kácení								■				■

5.6 Finanční plán projektu

Ceny finančního rozpočtu byly získány z ceníku Agentury ochrany přírody a krajiny pro ČR.

Tab. 2: Finanční náročnost projektu navrženého na dobu tří let v Kč.

Práce	Finanční náklady (Kč)
Zpracování projektu	70.000
Sazenice keře	15.000
Výsadba keře	25.000
Sazenice stromy	90.000
Výsadba stromy	150.000
Kácení stromy	50.000
Celkem	400.000

6. Závěr

Aleje jsou bezesporu historickým dědictvím naší země. Plní ale také mnoho dalších ekologických funkcí. Od hygienických, biologických, krajinných, technických až po estetické. V dnešní průmyslové době se nicméně stávají ohrožujícím prvkem v silničním provozu. Reaguje se zabývá pozitivním i negativním působením alejí na chování lidí. Shrňme-li všechny výsledky, nehody způsobené nárazem do stromu jsou nejvíce ovlivňovány zatáčkou, přítomností pole a lesa. Přítomnost zatáček zvyšuje pravděpodobnost nehody. Naopak lesy a pole v okolí komunikace snižují pravděpodobnost nárazu do stromu.

S nárazem do stromu také značně souvisí úroveň. Z daných nehod je nejvyšší podíl u nehod způsobených nárazem do stromu jakožto pevné překážky, násobené zvýšenou rychlostí v otevřených i rovných úsecích především na silnicích I. třídy. Z tohoto důvodu by bylo vhodné zejména u silnic I. třídy vysazovat spíše křivočné porosty i stromy malého průměru a vzrůstu.

S vegetací podél silnic také úzce souvisí situace s lesní zvěří. Pokud tedy shrňme všechny výsledky, nehody způsobené srážkou se zvěří jsou nejvíce ovlivňovány proměnlivými viditelnostmi, zatáčkou a náledím. Čím horší je viditelnost, tím větší je pravděpodobnost nehody. Přítomnost zatáček a náledí naopak snižují pravděpodobnost srážky se zvěří pravděpodobně v důsledku snížení rychlosti vozidla. Dále se nepotvrdilo, že by zvěř vyskakovala z přílehlostí ke a zpoza stromů.

Projekt se zabývá nehodovostí způsobenou nárazem do stromu a srážkou s lesní zvěří na silnicích I. třídy z okresů Budějovice do Jindřichova Hradce a II. třídy z okresů Budějovice do českého Krumlova. Navrhovaná opatření se vztahují pouze na kritické úseky zmíněných silnic. Cílem těchto opatření je vytvoření bezpečnější silniční dopravy a zároveň zachování našeho přírodního bohatství.

7. Použitá literatura a ostatní zdroje

7.1 Literatura

Andl P., Mináriková T., Andreas M. (eds.) 2010. Ochrana průchodnosti krajiny pro velké savce. Evernia, Liberec, 137 s.

Anonymus 2004. Vysazování a ošetřování silniční vegetace. Technické podmínky. Ministerstvo dopravy. Odbor pozemních komunikací. TP 99, dodatek 1, 29 s.

Anonymus 2005. Požadavky na údržbu vegetace na dálnicích a smyčkových rozcestí silnic ve správě Ředitelství silnic a dálnic ČR. Ředitelství silnic a dálnic ČR. Vydání 11/2005, 6 s.

Anonymus 2009. Road infrastructures: tree avenues in the landscape. European landscape convention CEP-CDPATEP, 64 s.

Anonymus 2011. Charakteristika území správního obvodu obce s rozšířenou působností Jindřich v Hradec. Krizový plán obce s rozšířenou působností Jindřich v Hradec. Pomocná část C. 5. 1., 2 s.

Buchlová J. 2007. Návrh cestní sítě v komplexní pozemkové úpravě. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 79 s.

Bulí P. 1988. Vegetace doprovodu silnic. Praha: Novinář, 198 s.

Cimbalová M. 2011. Specifika vegetace kolem silnic a dálnic-problematika zalesnění divoké krajiny. Živočišné prostředí. Ročník 45, číslo 3, 162-165 s.

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

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 s.

Crawley MJ. 2013. The R book. John Wiley and Sons Ltd, Chichester, England, 1052 s.

ervený J. (eds.) 2004. Encyklopedie myslivosti. Praha: Ottovo nakladatelství-Cesty, 591 s.

Desai T. B. (eds.) 2012. Impact of urbanization on avenue trees and its role in carbon sequestration: a case study in Kolhapur city. International journal of environmental sciences. Vol. 3. No 1, 6 s.

Donaldson A., Bennett A. 2004. Ecological effects of roads: Implications for the internal fragmentation of Australian parks and reserves. Parks Victoria, Melbourne. Technical Series No. 12. 74 s.

Dudek A. (eds.) 1969. Atlas hornin. Československá akademie věd, 210 s.

Durdjaková M. 2013. Hluk a jeho zdravotní účinky z reprodukované hudby. Jihočeská univerzita, 107 s.

Dyer S. J. (eds.) 2002. Quantifying barrier effects of roads and seismic lines on movements of female woodland caribou in northeastern Alberta. Can. J. Zool. Vol. 80: 839-845 s.

EPA 2005. Safe winter roads and the environment. United states environmental protection agency New England, 2 s.

Forman R. T. T., Alexander L. E. 1998. Roads and their major ecological effects. Harvard University Graduate School of Design, Cambridge, Massachusetts. Annu. Rev. Ecol. Syst. 1998. 29:207-31.

Hambrey Consulting. 2013. The management of roadside verges for biodiversity. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 551, 96 s.

Hartley D. A., Thomson J. L. (eds.) 2003. Ecological effects of a transportation network on wildlife: A spatial analysis of the Upper Missouri river breaks National Monument. The Wilderness Society, 31 s.

Hendrych J. (eds.) 2008. Hodnocení a dokumentace alejí a stromo adí v krajin , metody a p ístupy. VUKOZ, Pr honice, 162 s.

Holderegger R., Giulio Di M. 2010. The genetic effects of roads: A review of empirical evidence. Basic and applied ecology. Elsevier, 522-531 s.

Kavka B., TMMendelá ová J. 1978. Funkce zelen v flivotním prost edí. Praha: Státní zem d lské nakladatelství, 235 s.

Kola ík J., (koordinátor), Flek S., Hora D., Imramovský P., Kejha L., Mauer O., Opravil J., Úradní ek L. 2013. Standardy pé e o p írodu a krajinu. Výsadba strom . Mendelova univerzita v Brn . AOPK, 49 s.

Lep– J., TMMilauer P. 2000. Mnohorozm rná analýza ekologických dat. Biologická fakulta JU v eských Bud jovicích, 102 s.

Lep–, J., TMMilauer, P. 2003. Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO. Cambridge University Press, Cambridge, 270 s.

Pavel L. (eds.) 1984. Geologie a p doznalství. Vysoká –kola zem d lská v Praze, 280 s.

Poleno Z. 1985. P ím stské lesy. Státní zem d lské nakladatelství v Praze, 176 s.

Pudjowati U. R. (eds.) 2013. Estimation of noise reduction by different vegetation type as a noise barrier : A survey in highway along Waru ó Sidoarjo in East Java, Indonesia. Research Inventy: International Journal Of Engineering And Science Vol. 2, 6 s.

R Core Development Team 2013. R A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>

Radimský M. 2007. Projektování pozemních komunikací. Modul 4. Objekty na silni ních komunikách. Vysoké u ení technické v Brn , 21 s.

Seiler A. 2001. Ecological effects of roads. A review. Swedish university of agricultural sciences, 40 s.

Smrřlová D. 2012. Historie vzniku a vývoje doprovodné zeleně cestní sítě. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 57 s.

Součková A. 2013. Posouzení silničního stromořadí jako významného ekologického a krajinného prvku. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 73 s.

Stropková J. 2008. Projektová dokumentace ústřední komunikace v etnoprojektování na silnici III. třídy. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 57 s.

Štěpán B. 2008. Road vegetation in Central Europe – an example from the Czech Republic. *Biologia* 63/6: 1085-1088.

Štěpán J., Štěpán J., Novotný P. 2005. Význam a možnosti využití původních (autochtonních) populací lesních dřevin v ČR. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 51 s.

Šmilauer P. 2012. Moderní regresní metody. Přírodovědecká fakulta JU v Českých Budějovicích, 168 s.

ter Braak, C.J.F., Šmilauer, P. 2002. CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, 500 s.

Tolasz R., Brázdil R., Bulíř O. (eds.) 2007. Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav. Praha-Olomouc, 255 s.

Vaculík R. (eds.) 1983. Přírodní doznalství III. Vysoká – kola země česká v Brně, 107 s.

van der Ree R., J. A. G. Jaeger., van der Grift E. A., A. P. Clevenger. 2011. Effects of Roads and Traffic on Wildlife Populations and Landscape. *Function: Road Ecology is Moving toward Larger Scales. Ecology and Society* 16(1):48 s.

Vavřínek M. 2004. Používané posypové materiály a jejich vliv na říšotní prostředí. Univerzita Pardubice, 22 s.

7.2 Internetové zdroje

(int. odk. . 1)

<http://www.jdvm.cz/> (20.9.2013)

(int. odk. . 2)

<http://www.policie.cz/clanek/co-je-vlastne-dopravni-nehoda.aspx> (13.5.2014)

(int. odk. . 3)

<http://www.czechglobe.cz/cs/ekosystemova-stance-trebon/> (11.10.2014)

(int. odk. . 4)

http://www.czso.cz/x/redakce.nsf/i/charakteristika_okresu_ck (11.10.2014)

(int. odk. . 5)

http://mapy.geology.cz/geocr_50/ (13.10.2014)

(int. odk. . 6)

http://www.agronormativy.cz/docs/2020001_rslt.html (12.10.2014)

(int. odk. . 7)

<http://www.vyskopis.cz/> (20.11.2014)

(int. odk. . 8)

www.rsd.cz/ (26.9.2013)

7.3 Zdroje obrázk

Obr. 8. 1: www.mapy.cz (12.11.2014)

Obr. 8. 2: www.mapy.cz (12.11.2014)

Obr. 8. 3: www.mapy.cz (12.11.2014)

Obr. 8. 4: www.mapy.cz (12.11.2014)

Obr. 8. 5: www.mapy.cz (12.11.2014)

Obr. 8. 6: www.mapy.cz (12.11.2014)

Obr. 8. 7: program ArcMap 10. (24.1.2014)

Obr. 8. 8: program ArcMap 10. (24.1.2014)

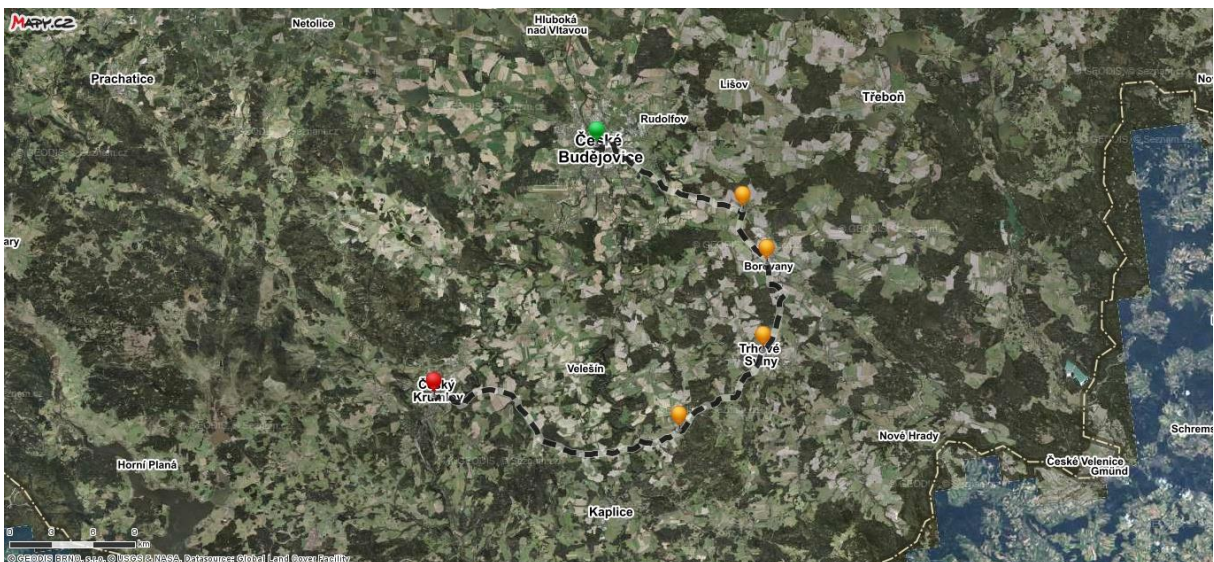
Obr. 8. 9: program ArcMap 10. (24.1.2014)

Obr. 8. 10: program ArcMap 10. (24.1.2014)

8. P ílohy



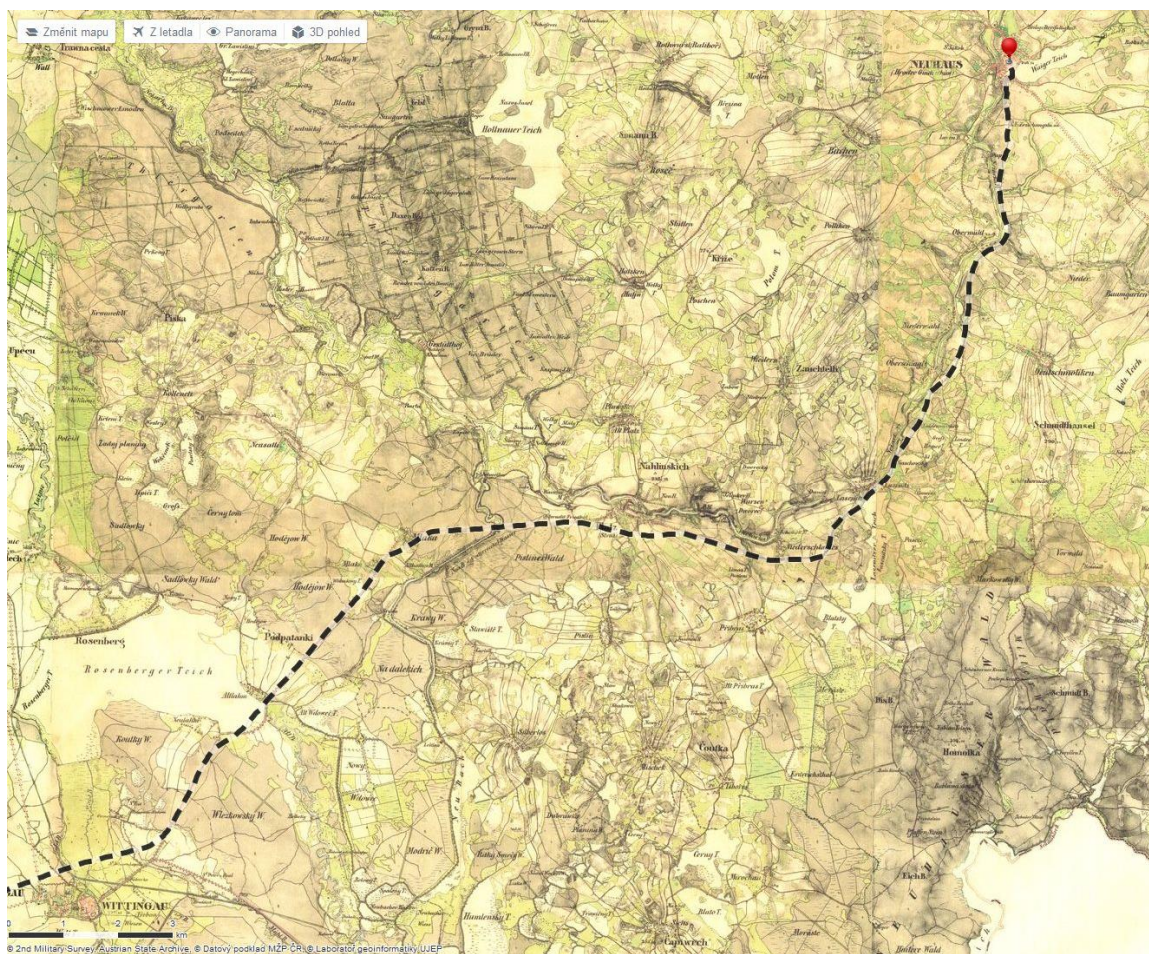
Obr. 8. 1 Letecký snímek silnice I/34 z českých Budějovic do Jindřichova Hradce.



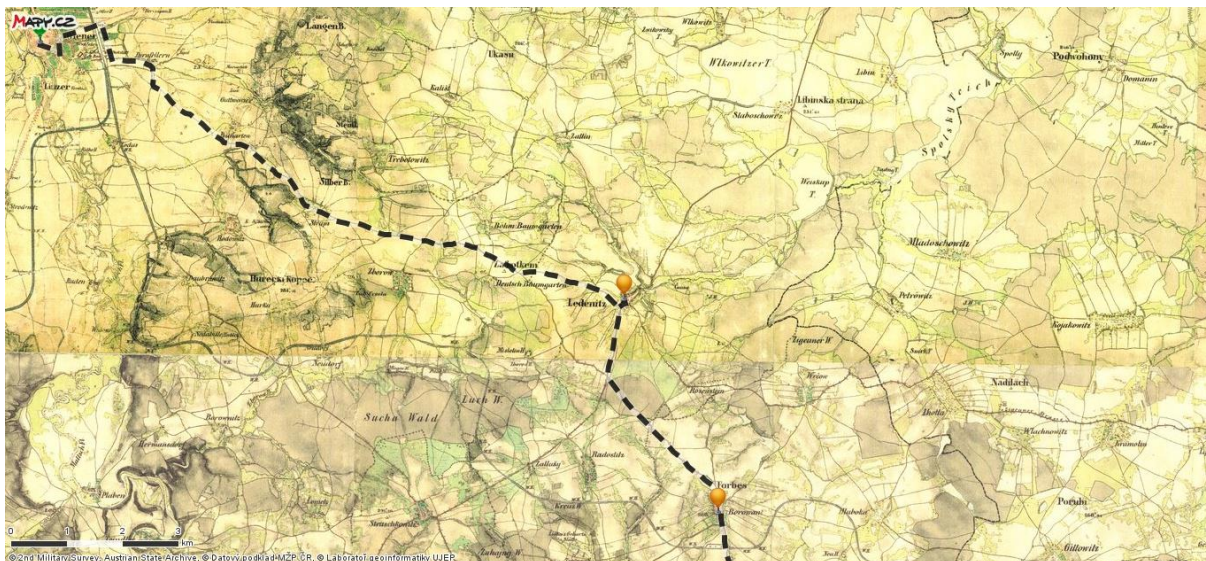
Obr. 8. 2 Letecký snímek silnice II/157 z českých Budějovic do českého Krumlova.



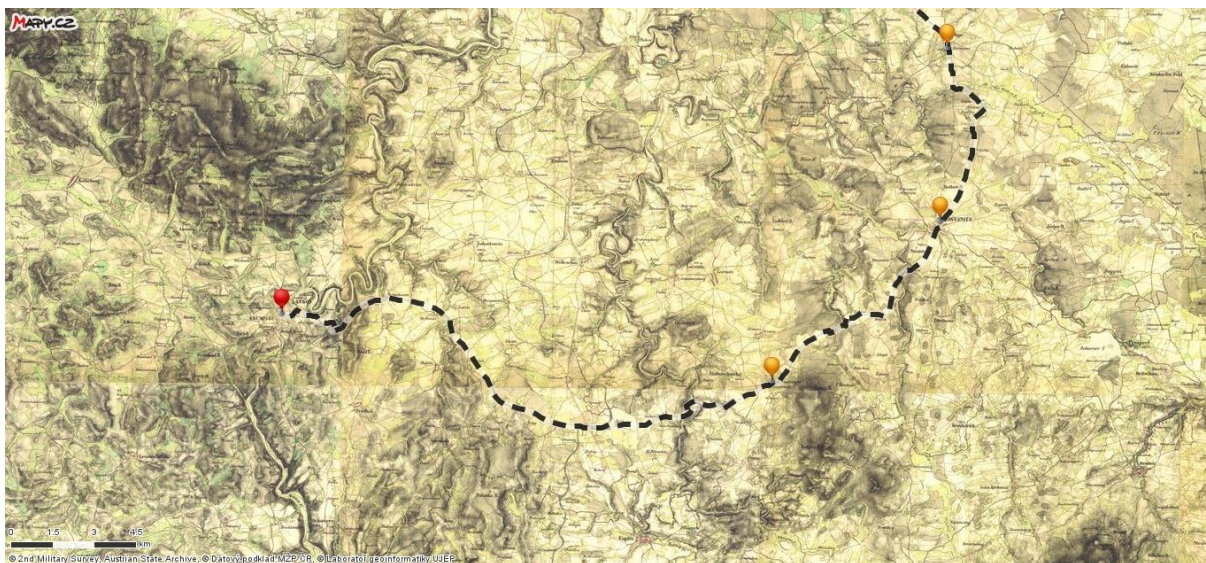
Obr. 8. 3 Historická mapa z 19. století. Silnice I/34 z českých Bud jovic do Tebon .



Obr. 8. 4 Historická mapa z 19. století. Silnice I/34 z Tebon do Jindřichova Hradce.



Obr. 8. 5 Historická mapa z 19. století. Silnice II/157 z českých Budjovic do Borovan.



Obr. 8. 6 Historická mapa z 19. století. Silnice II/157 z Borovan do českého Krumlova.



Obr. 8. 7 Letecký snímek z ArcMap 10. Silnice I/34 z českých Budějovic do Jindřichova Hradce.



Obr. 8. 8 Letecký snímek z ArcMap 10. Silnice II/157 z českých Budějovic do českého Krumlova.



Obr. 8. 9 Ukázka bufferu z ArcMap 10. silnice II/157.



Obr. 8. 10 Ukázka bufferu jedné nehody z ArcMap 10. ze silnice II/157.