

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie



Bc. Karel KULHAVÝ

**Vývoj prostupnosti území (obchvatu města Holic) pro člověka a  
volně žijící živočichy**

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. RNDr. Michal Bíl, Ph.D

Olomouc 2021

## **Bibliografický záznam**

- Autor (osobní číslo):** Bc. Karel KULHAVÝ (R19136)
- Studijní obor:** Regionální geografie
- Název práce:** Vývoj prostupnosti území (obchvatu města Holic) pro člověka a volně žijící živočichy.
- Title of thesis:** A development of permeability (road bypass of Holice) in related to humans and wildlife.
- Vedoucí práce:** doc. RNDr. Michal Bíl, Ph.D
- Abstrakt:** Tato práce je zaměřena na vývoj prostupnosti území města Holic pro člověka a pro volně žijící živočichy, se zaměřením na prostupnost silničního obchvatu města, který byl vystaven v roce 2009. Teoretická část práce se věnuje vymezení problému prostupnosti krajiny, v trendu rozvoje prostupnosti a popisem vymezeného zájmového území. Teoretická část práce se zabývá modelováním vývoje prostupnosti území ochvatu města Holic ve vybraném časovém horizontu.
- Klíčová slova:** Prostupnost krajiny, Člověk, Živočichové, Doprava, Koridory, Holice
- Abstract:** This thesis focuses on the development of permeability of Holice territory for humans and wildlife, with a focus on permeability of the road bypass of the city, which was exhibited in 2009. The theoretical part of the work deals with the definition of the problem of permeability of the landscape, in the trend of permeability development and the description of the defined interest area. The theoretical part of the work deals with modelling the development of permeability of the Holic bypass area in a selected time horizon.
- Keywords:** Permeability, Human, Animals, Transport, Corridors, Holice

Tímto prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval sám na základě uvedených a ocitovaných zdrojů v seznamu použité literatury.

V Olomouci dne 29. dubna 2021

Podpis autora: .....

Bc. Karel Kulhavý

## **Poděkování**

Rád bych vyjádřil své díky všem, kteří při mně stáli při vypracování této diplomové práce i v průběhu mých studií. Obzvláště bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. RNDr. Michalu Bílovi, Ph.D., za jeho ochotu a vstřícnost při poskytování cenných poznámek a rad ohledně zdrojů a postupu pro vypracování práce.

# UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2019/2020

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Karel KULHAVÝ**  
Osobní číslo: **R190136**  
Studijní program: **N1301 Geografie**  
Studijní obor: **Regionální geografie**  
Téma práce: **Vývoj propustnosti území (vybraného regionu) pro člověka a volně žijící živočichy**  
Zadávací katedra: **Katedra geografie**

### Zásady pro vypracování

Propustností (permeabilita) území je převážně hodnocena s ohledem na volně žijící živočichy. Hlavními bariérami a omezením pohybu živočichů krajinou jsou liniové dopravní stavby. Student nejprve vypracuje rešerši, ve které představí současný stav poznání v oblasti propustnosti území, bariérového účinku dopravní infrastruktury, včetně hodnot intenzity provozu. Zhodnotí také používaná opatření pro zajištění konektivity území (nadchody, podchody, propustky, aj.). V praktické části práce si vybere území se sítí dopravních komunikací. Poté si zvolí několik (minimálně dva) časových řezů, pro které budou dostupné mapové podklady zachycující dopravní síť. Následně zhodnotí propustnost území pro jednotlivá období. Hodnocení bude probíhat za použití GIS. Cílem práce bude ukázat, zda a jak se změnila v daném území propustnost jak pro volně žijící živočichy, tak pro člověka (chodec, cyklista).

Rozsah pracovní zprávy: **20 000 – 24 000 slov**  
Rozsah grafických prací: **Podle potřeb zadání**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

#### Seznam doporučené literatury:

- Anděl, P., Gorčicová, I., Hlaváč, V., Miko, L., Andělová, H., 2005. Hodnocení fragmentace krajiny dopravou. Metodická příručka, AOPK
- Ascensao F, Mata C, Malo JE, Ruiz-Capillas P, Silva C, Silva AP, et al. (2016) Disentangle the Causes of the Road Barrier Effect in Small Mammals through Genetic Patterns. PLoS ONE 11(3): e0151500. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151500>
- Jacobson, S. L., Bliss-Ketchum, L. L., de Rivera, C. E., Smith, W. P., 2016. A behavior-based framework for assessing barrier effects to wildlife from vehicle traffic volume. ? Ecosphere 7 (4): e01345.
- McRae BH, Hall SA, Beier P, Theobald DM (2012) Where to Restore Ecological Connectivity? Detecting Barriers and Quantifying Restoration Benefits. PLoS ONE 7(12): e52604. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052604>
- Thurfjell, H., Spong, G., Olsson, M., Ericsson, G., 2015. Avoidance of high traffic levels results in lower risk of wild boar-vehicle accidents. ? Landscape Urban Plan. 133: 98?104.
- Whittington, J., C. C. St. Clair, and G. Mercer. 2004. Path tortuosity and the permeability of roads and trails to wolf movement. Ecology and Society 9(1):4. <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art4/>.
- Yanes M, Velasco JM, Suárez F. Permeability of roads and railways to vertebrates: the importance of culverts. Biol Conserv. 1995; 71: 217?222.

Vedoucí diplomové práce: **doc. RNDr. Michal Bíl, Ph.D.**  
Katedra geografie

Datum zadání diplomové práce: 23. ledna 2020  
Termín odevzdání diplomové práce: 10. dubna 2021

L.S.

---

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.  
děkan

---

prof. RNDr. Marián Halás, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Olomouci dne 23. ledna 2020

# Obsah

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Úvod</b> .....   | <b>11</b> |
| 1.1       | Cíle práce .....  | 12        |
| <b>2</b>  | <b>Introduction</b> .....                                     | <b>13</b> |
| <b>3</b>  | <b>Literární rešerše</b> .....                                | <b>14</b> |
| <b>4</b>  | <b>Fragmentace krajiny</b> .....                              | <b>21</b> |
| <b>5</b>  | <b>Dopady fragmentace krajiny</b> .....                       | <b>25</b> |
| <b>6</b>  | <b>Typy fragmentačních bariér v krajině</b> .....             | <b>26</b> |
| 6.1       | Sídelní struktura .....                                       | 27        |
| 6.2       | Dopravní infrastruktura .....                                 | 28        |
| <b>7</b>  | <b>Prostupnost krajiny pro člověka</b> .....                  | <b>30</b> |
| 7.1       | Pěší zóna.....  | 32        |
| 7.2       | Podchod a nadchod pro chodce / cyklisty .....                 | 33        |
| <b>8</b>  | <b>Prostupnost krajiny pro volně žijící živočichy</b> .....   | <b>34</b> |
| <b>9</b>  | <b>Migrační objekty</b> .....                                 | <b>36</b> |
| 9.1       | Migrační podchody .....                                       | 37        |
| 9.1.1     | Propustky .....   | 37        |
| 9.1.2     | Mosty na komunikaci .....                                     | 38        |
| 9.2       | Migrační nadchody .....                                       | 40        |
| 9.2.1     | Objekty primárně nebudované za účelem migrace .....           | 42        |
| <b>10</b> | <b>Zájmové území</b> .....                                    | <b>45</b> |
| 10.1      | Intenzita dopravy v zájmovém území .....                      | 49        |
| 10.2      | Incidenty vzniklé dopravou v zázemí silničního obchvatu ..... | 54        |
| 10.2.1    | Střety se zvěří.....  | 62        |
| <b>11</b> | <b>Metodika výzkumu</b> .....                                 | <b>66</b> |
| <b>12</b> | <b>Analýza prostupnosti území</b> .....                       | <b>75</b> |
| 12.1      | Vývoj prostupnosti území pro člověka .....                    | 75        |
| 12.2      | Vývoj prostupnosti území pro volně žijící živočichy .....     | 78        |
| 12.3      | Efektivita ekoduktů.....                                      | 80        |

|           |                                |           |
|-----------|--------------------------------|-----------|
| <b>13</b> | <b>Diskuze</b> .....           | <b>81</b> |
| <b>14</b> | <b>Závěr</b> .....             | <b>83</b> |
| <b>15</b> | <b>Summary</b> .....           | <b>85</b> |
| <b>16</b> | <b>Seznam literatury</b> ..... | <b>87</b> |
| <b>17</b> | <b>Přílohy</b> .....           | <b>95</b> |



## Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obrázek 1: Fragmentace krajiny dopravou v ČR v letech 2010-2016 .....  | 23 |
| Obrázek 2: Fragmentace krajiny v přepočtu na 1km <sup>2</sup> .....  | 24 |
| Obrázek 3: Graf znázorňující vliv intenzity dopravy na mortalitu jedinců .....   | 29 |
| Obrázek 4: Trubní a rámový propustek (silniční obchvat města Holic) .....  | 38 |
| Obrázek 5: Mostní konstrukce typu přímo pojížděného mostu (silniční obchvat města Holic)<br>.....                          | 39 |
| Obrázek 6: Migrační nadchod tunelového typu (D11 – ekodukt Žehuň).....   | 40 |
| Obrázek 7: Migrační nadchod mostového typu (D1 – ekodukt Hrabůvka) .....   | 41 |
| Obrázek 8: Mostek pro veverky .....  | 41 |
| Obrázek 9: Betonový mostek vzniklý pro agrární účely využívány zvěří k migraci (zázemí<br>obchvatu města Holic).....       | 42 |
| Obrázek 10: Mapa stavebních prvků prostupnosti krajiny .....   | 43 |
| Obrázek 11: Mapa s ortofoto snímkem znázorňující katastrální území města Holice v roce 2008<br>.....                       | 47 |
| Obrázek 12: Mapa s ortofoto snímkem znázorňující katastrální území města Holice v roce 2018<br>.....                       | 48 |
| Obrázek 13: Mapa intenzity dopravy zjišťovaná při Celostátním sčítání dopravy na dálniční a<br>silniční síti ČR 2010 ..... | 51 |
| Obrázek 14: Mapa intenzity dopravy vzniklé při Celostátním sčítání dopravy na dálniční a<br>silniční síti ČR 2016 .....    | 53 |
| Obrázek 15: Silnice I/36 procházející náměstím Tomáše Garrigua Masaryka v Holicích.....                                    | 56 |
| Obrázek 16: Most spojující město Holice s městskou částí Roveňsko .....  | 57 |
| Obrázek 17: Vozovka mostu spojujícího město Holice s městskou částí Roveňsko .....   | 57 |
| Obrázek 18: Mapa zobrazující srážky chodců s dopravním prostředkem na území města Holice<br>.....                          | 58 |
| Obrázek 19: Rizikové křížení komunikace I/35.....  | 59 |
| Obrázek 20: Mapa zobrazující tragické dopravní nehody na území města Holice .....  | 60 |
| Obrázek 21: Fotografie silničního obchvatu města Holic.....  | 63 |
| Obrázek 22: Fotografie silničního obchvatu města Holic.....  | 64 |

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 23: Mapa zobrazující incidenty jedoucího vozidla se zvěří v zázemí silničního obchvatu města Holice ..... | 65 |
| Obrázek 24: Grafické znázornění teorie nejnižších nákladů a znázornění koridorů .....                             | 67 |
| Obrázek 25: Grafické znázornění teorie nejnižších nákladů v prostředí ArcMap .....                                | 68 |
| Obrázek 26: Digitální model reliéfu katastrálního území obce Holice .....   | 71 |
| Obrázek 27: Model sklonitosti reliéfu katastrálního území obce Holice .....                                       | 71 |
| Obrázek 28: Grafické znázornění funkce Cost Distance .....  | 72 |
| Obrázek 29: Grafické znázornění funkce Cost Back Link .....   | 72 |
| Obrázek 30: Grafické znázornění Network Analyst v programu ArcMap .....   | 73 |

## Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1: Výsledky CSD v měřených úsecích ve městě Holice .....   | 49 |
| Tabulka 2: Tabulka znázorňující počet srážek s chodci na území města Holic .....                                   | 53 |
| Tabulka 3: Tabulka znázorňující příčiny srážek jedoucích vozidel s chodci ve vybraných časových obdobích .....     | 54 |
| Tabulka 4: Tabulka znázorňující počet srážek se zvěří na území města Holic se zaměřením na úsek silnice I/35 ..... | 60 |
| Tabulka 5: Tabulka znázorňující počet srážek se zvěří na území města Holic se zaměřením na úsek silnice I/35 ..... | 62 |
| Tabulka 6: Tabulka hodnot rezistence jednotlivých typů krajinného pokryvu .....                                    | 68 |
| Tabulka 7: Tabulka vzdáleností mezi vybranými body (analýza pro člověka) .....                                     | 76 |
| Tabulka 8: Tabulka vzdáleností mezi vybranými body (analýza pro volně žijící živočichy) .....                      | 78 |

## Seznam příloh

|   |    |
|---|----|
| Příloha 1: Mapa koridorů v krajině před výstavou silničního ochvatu města Holice (2008) ... | 95 |
| Příloha 2: Mapa koridorů v krajině před výstavou silničního ochvatu města Holice (2018) ... | 96 |
| Příloha 3: Mapa nejnižších nákladů a optimální trasa cesty pro člověka (2007; 2018) .....   | 97 |
| Příloha 4: Mapa znázorňující rizikový přejezd komunikace I/35 .....                         | 98 |
| Příloha 5: Mapa znázorňující místa koncentrace střetů jedoucích vozidel s chodci .....      | 99 |

# 1 Úvod

Prostupnost krajiny má zásadní vliv na volný pohyb člověka, tak volně žijících živočichů. V průběhu rozvoje lidské společnosti došlo i ke strukturálním změnám v prostupnosti krajiny. Původně zformovaná kulturní krajina se vlivem člověka stále více rozděluje do prostorově menších celků, které jsou od sebe navzájem rozděleny bariérami, které v různých mírách ztěžují, popřípadě zcela znemožňují volný pohyb mezi oddělenými celky. Prostupnost krajiny nejvýraznější měrou ovlivňuje člověk, který svou činností narušuje přirozené prostředí volně žijících živočichů, pro které je stále obtížnější se v krajině pohybovat tak, aniž by to pro ně znamenalo bezprostřední ohrožení. Samotnou prostupnost člověk nejčastěji ovlivňuje rozvojem dopravních sítí, rozvojem urbánní a sub-urbánní výstavby a přeměnou kulturní krajiny na zemědělsky hojně využívanou krajinu.

Snahy o překonání bariér mezi územními celky vedou často ke konfrontaci člověka a zvířete, pro člověka má zpravidla konfrontace se zvířetem pouze materiální škodu, nicméně pro zvěř znamená srážka s vozidlem fatální následky, ve většině případů dochází k usmrcení zvířete. Volně žijící zvěř migruje v krajině z důvodů svých základních fyziologických potřeb. Především se jedná o potřeby potravy a rozmnožování. Mnoho druhů živočichů žije na rozsáhlých územích a v případě, že je jejich území odděleno od sebe bariérou, zvěř stejně pokračuje v pohybech v území se stále rostoucím rizikem střetu.

V případě člověka je prostupnost územím více přizpůsobována jeho potřebám. Ve městech jsou budovány chodníky, přechody, podchody, pruhy pro cyklisty a rovněž cyklostezky podél komunikací, které mají chránit člověka při jízdě na kole, nebo při chůzi. Nicméně stejně nelze zcela oddělit například cyklistu a jedoucí automobil, v mnoha případech stejně dochází k tomu, že se cyklista a jedoucí automobil potkají na komunikaci, například při víceúrovňovém křížení komunikací apod. V těchto místech je pohyb cyklisty, nebo chodce daleko více rizikový, než by tomu bylo například na chodníku, nebo cyklostezce. Tato místa jsou pro člověka, co se týče bezpečnosti kritická a často v těchto místech dochází ke střetu s jedoucím vozidlem. V mnoha případech má rovněž pro člověka volně se pohybujícího po vozovce konfrontace s vozidlem fatální následky.

## 1.1 Cíle práce

Cílem této diplomové práce je zhodnocení prostupnosti území silničního obchvatu města Holic v souvislosti s rostoucí hustotou provozu na pozemních komunikacích a s rozšiřující se urbánní a sub-urbánní zástavbou. Cílem práce je rovněž zanalyzovat efektivnost stavebních prvků, které se nacházejí podél komunikace za použití metod zvolených na základě literární rešerše.

Teoretická část diplomové práce se zabývá teoretickými informacemi v podobě literární rešerše, týkající se problematiky prostupnosti územím, fragmentací krajiny a ekologickými dopady na volně žijící živočichy a dopady na pohyb člověka v krajině. Teoretická část práce se věnuje rovněž popisu systémů průchodů, sloužících k překonávání antropogenních bariér.

Praktická část bude sloužit ke zhodnocení výsledků změn v prostupnosti krajiny ve zkoumaném území. S pomocí vybraného modelu budou následně analyzován vývoj prostupnosti území jak pro člověka, tak pro volně žijící živočichy. Následné výsledky analýzy budou porovnány s existujícími technickými úpravami, které byly spolu s výstavbou silničního obchvatu města Holice vystavěny a bude kriticky zhodnocena jejich efektivita a funkčnost v krajině. Nezanedbatelným cílem je rovněž z výsledků výzkumu poskytnout zástupcům veřejné správy a příslušným dotčeným orgánům konkrétní data o celkové funkčnosti technických prvků a bezpečnosti pro chodce, cyklisty a volně žijící živočichy.

## 2 Introduction

The permeability of the landscape has a major influence on the free movement of humans and wildlife. During the development of human society, there were also structural changes in the permeability of the landscape. Originally formed cultural landscapes are increasingly divided into smaller spatial units due to human influence, which are separated from each other by barriers that make it difficult or impossible to move freely between separate entities. The permeability of the landscape is most strongly influenced by man, who by his actions disturbs the natural environment of wildlife, which is becoming increasingly difficult to move in the landscape without causing an immediate threat. Permeability itself is most often influenced by the development of transport networks, the development of urban and sub-urban construction, and the transformation of the cultural landscape into an abundant agricultural landscape.

Efforts to overcome barriers between territories often lead to confrontation between humans and animals, for humans, confrontation with an animal usually has only material damage, but for animals, collision with a vehicle has fatal consequences, in most cases killing the animal. Wild animals migrate to the countryside for their basic physiological needs. Above all, there are food and reproduction needs. Many species of animals live in large areas and, if their territory is separated by a barrier, the game continues to move in a territory with an ever-increasing risk of conflict.

In the case of man, permeability through the territory is more adapted to his needs. In cities, sidewalks, crossings, subways, bicycle lanes are built, as well as cycle paths along roads to protect a person when riding a bicycle or walking. However, it is not possible to completely separate, for example, a cyclist and a moving car; in many cases, a cyclist and a moving car meet on the road, for example, when crossing roads on a multi-level basis, etc. In these places, the movement of a cyclist or a pedestrian is much more risky than would be the case, for example, on a pavement or a cycle path. These places are critical to human safety and often involve a collision with a moving vehicle. In many cases, confrontation with a vehicle also has fatal consequences for a person moving freely on the pavement.

### 3 Literární rešerše

Fragmentace krajiny neboli její členění do menších celků je všudypřítomným jevem v celosvětovém měřítku. Fragmentaci krajiny způsobuje záměrně člověk svou činností, jež má za následek právě dělbu krajinných celků do prostorově menších útvarů. Původní krajinné celky, tzv. biotopy v postupném časovém horizontu ztrácejí svůj plnohodnotný funkční potenciál, který byly tyto biotopy před procesem jejich fragmentace schopny plnit.

Fragmentace krajiny silniční infrastrukturou je globálním jevem, který se v moderní společnosti ve větším měřítku objevil společně s rozvojem individuální automobilové dopravy. Se stále se rozšiřující sítí dopravních komunikací se zároveň snižuje konektivita krajiny, tj. do jaké míry jsou navzájem propojeny „zdrojová oblast“ a „cílová oblast“. V současné době používají odborníci na ochranu přírody dvě hlavní strategie pro podporu konektivity mezi oblastmi, první je primárně zaměřena na zachování oblastí, které slouží jako migrační oblasti a druhá strategie je zaměřena na obnovu dříve fungujících, ale vlivem člověka již zaniklé oblasti migrace. Obnovou konektivity se rozumí výstavba nadchodů, přechodů pro zvěř, podchodů, propustků apod (MCRAE, B. a kol., 2012).

Nejvýznamnější dopad má proces fragmentace krajiny na volně žijící živočichy, zejména na skupiny s velkými areály (např. srnec lesní, zajíc polní, vlk obecný apod.), jelikož dochází k postupné dělbě původních stanovišť na menší izolovaná místa. Pro volně žijící živočichy znamená bariéra, vytvořená mezi nově rozdělenými stanovišti překážku, kterou jsou nuceny překonat, jelikož jsou k tomu nuceny biologickými důvody, a to konkrétně migrací za potravou, za účelem rozmnožování, v důsledku predačního tlaku, hospodářskou činností člověka a mnohými dalšími faktory. Živočichové jsou v původní krajině zvyklí migrovat bez závažnějších obtíží a pokud jim člověk v místech jejich migračních tras vybuduje bariéru v podobě silniční, popřípadě zástavbové infrastruktury, znamená to pro ně značné obtíže tuto bariéru překonat (JAEGER a kol., 2005).

Mezi jednotlivými druhy živočichů existují rozdíly ve způsobu, jakým reagují na blížící se nebezpečí, v tomto případě na blížící se dopravní prostředek. JACOBSON a kol. (2016) rozdělili živočichy podle těchto reakcí do čtyřech skupin: „nonresponders“ (neboli tzv. nereagující), „pausers“ (tj. kteří přeruší pohyb), „speeders“ (zrychlující) a „avoiders“ (vyhýbající se). Nereagující živočichové skutečně nereagují na pohybující se vozidlo. S růstem

intenzity dopravy roste mortalita mezi těmito živočichy. Komunikace se pro ně stává nepřekonatelnou překážkou. Do této skupiny patří například některé druhy žab, hadů, želv, a dokonce i některé druhy sov. Skupina „pausers“ zahrnuje živočichy, kteří na blížící se ohrožení reagují přerušením pohybu a zatuhnutím, to však zvyšuje čas, strávený při překonávání silnice a snižuje tak jejich šanci na přežití. Do této skupiny patří skunk, dikobraz, vačice, klokan šedý nebo pásovec. „Speeders“ na svou obranu využívají útěk, nicméně jsou schopni se zastavit a analyzovat alternativy k útěku. Nicméně se zvyšující se intenzitou dopravy jsou i oni stále hůře schopni překonávat silnice bez ohrožení na životě. Do této skupiny patří například srnec obecný, nebo zajíc polní. Do skupiny „avoiders“ patří například medvěd grizzly nebo puma americká, kteří se snaží vyhýbat silnicím a železnicím. Pokud jsou k tomu nuceni, pak si vybírají místa s nízkou intenzitou dopravy a na odlehlejších místech, jelikož jsou tyto živočišné druhy známy svou plachostí (JACOBSON, S. L., a kol., 2016).

Definice bariér je několik, nicméně nejznámější je ta, že bariérou se rozumí krajinný prvek, který ve větší, či menší míře brání tokům mezi ekologicky významným oblastmi a jehož odstranění by zvýšilo potenciál konektivity mezi těmito oblastmi. Bariéry mohou být zcela nepropustné (např. betonová zeď), nebo částečně propustné (např. různé typy povrchů krajiny, které si zachovávají jistou formu konektivity). Překážky v krajině mohou být přírodního nebo antropogenního původu. Do přírodních bariér patří například kaňony, rokle, vodní plochy aj. Avšak nejčastějším prvkem v krajině jsou překážky vytvořené lidskou činností: liniová dopravní infrastruktura (silnice, železnice), městská zástavba, zemědělská činnost (TAYLOR, P. a kol., 1993).

Podstatným faktorem, který má vliv na propustnost silnic a železnic jsou propustky, které umožňují živočichům v bezpečí překonat bariéru v podobě komunikace a přejít tak ve zdraví na druhou stranu cesty. Nicméně i tyto propustky nemusí být pro všechny živočichy vhodné. YANES a kol. (1995) sledovali využití propustků v okolí Madridu (Španělsko). Výzkum probíhal celoročně a k získávání přehledu o počtu a druzích živočichů, kteří tento propustek využívají byla použita metoda s mramorovým prachem, který byl umístěn ke vstupu do propustku na plastovou podložku, aby nedošlo k jeho navlhnutí. Živočichové do tohoto prachu udělali stopu a vědci tak podle stop zvířete mohli určit, o jaký druh se jedná. Celkem bylo vyzorováno přibližně 1 200 stop živočichů. Z výsledků vyplývá, že existuje korelace mezi druhy malých savců a výškou, šířkou a otevřeností propustku. Průchod plazů byl negativně

ovlivněn přítomností detritových jám. Dále existovala silná korelace mezi druhy malých savců a typem krajiny, která obklopovala propustek u komunikace. Nicméně nebyla zjištěna korelace mezi ročním obdobím a počtem přechodů skrze propustek, nebo nebyla prokázána korelace mezi charakterem komunikace a množstvím přechodů propustkem (YANES, M., a kol., 1995).

Volně žijící živočichové se často ve volné přírodě přemísťují. Stejně tak je tomu i v případě vlků, kteří patří mezi živočichy k jednomu z největších cestovatelů. Studie WHITTINGTON a kol. (2004), která probíhala v období dvou zim v národním parku Jasper v Kanadské provincii Alberta, se věnovala právě této psovité šelmě. Konkrétně se zaměřila na pohyb vlka mezi stezkami a silnicemi, které využívá člověk. Studie sledovala pohyby dvou vlčích smeček v oblasti do 20 km od osady Jasper. Dohromady byl zkoumán pohyb přibližně 10-13 vlků. V zájmové oblasti se nacházelo 262 km silnic, 422 km cest a turistických stezek a jedna železniční trať. Silnice byly rozděleny do dvou kategorií podle intenzity provozu. V terénu byl pohyb vlčích smeček trasován pozorováním vlčích. Jejich polohy byly zaznamenávány pomocí GPS s přesností 25 m a přenášeny do GIS. Dále bylo analyzováno, jakým krajinným pokryvem se vlci nejvíce pohybují, zda často migrují přes silniční trasy, nebo přes železnici, podél turistických tras anebo volnou krajinou. Výsledkem bylo zjištění, že se vlci pohybovali 16 % sledovaného času po silnicích, stezkách nebo železnici a 84 % času se pohybovali volnou krajinou. Dalším zjištěním byl výsledek, že je u vlků přibližně třikrát pravděpodobnější, že překročí málo využívané stezky oproti cestám se zvýšenou mírou využívání. Stejně tak tomu bylo u silnic a železnice, kdy tato pravděpodobnost dosahovala třináctinásobku, že vlci pravděpodobněji překročí silnici s malou intenzitou dopravy, než železnici nebo silnici s vysokou intenzitou dopravy.

ASCENSAO a kol. (2016) studovali konektivitu prostředí u myšice křovinné, která je v oblastech Španělska a Portugalska hojně se vyskytujícím druhem. Sledovali kolonie těchto malých savců u tří dálnic podobné šířky, nicméně s rozdílnou intenzitou dopravy. Stanovili si pracovní hypotézy: zda šířka silnice má vliv na úspěšné překonání bariéry, zda úspěšné překonání silnice ovlivňuje intenzita dopravy a zda stáří komunikace má nějaký vliv na velikost zde žijící populace. Za dobu výzkumu bylo odchyceno celkem 386 myšic křovitých a z toho 44 jich bylo zachyceno více než jednou. Výsledkem studie bylo prokázání, že kolonie myšic dřevitých, které se nacházely naproti sobě a přibližně ve stejné vzdálenosti od bariéry měly mezi sebou prokazatelně větší míru genetické diferenciaci, to znamená, že docházelo k



poměrně hojně migraci mezi koloniemi skrze vzniklou bariéru. Nicméně u starších silnic s větším objemem dopravy tomu bylo naopak, a to díky skutečnosti, že se na těchto komunikacích nenachází žádné přechody pro volně žijící zvěř a překonání silnice je pro ně velmi obtížné, ale u novějších silnic, které jsou již vybaveny systémy propustků, nadchodů apod. je genetická diferenciacce větší, jelikož jsou zvířata úspěšnější ve zdolávání bariéry (BEIER a kol., 2007).

Na území Kanady a Spojených států amerických byla využita metoda, která využívala modelování vážené vzdálenosti. V zájmovém území se zvolila plocha, ve které se nacházely dva od sebe oddělené biotopy. V prostoru byla zvolena matice krajinného pokryvu, jež přiřazovala hodnoty povrchům s odlišnými vlastnostmi odolnosti vůči volnému pohybu živočichů na různých typech povrchů. V případě bariér, které představují úplné překážky v pohybu, jakou jsou například silnice a dálnice byla přiřazena nekonečná hodnota. Dále byla v podobě matice vytvořena analýza kumulativních odporů polí. Z výsledků těchto analýz vznikl koridor, který měl nejnižší kumulativní vzdálenost a svým profilem propojil oba navzájem oddělené biotopy migračním koridorem (MCRAE, B., 2012).

Konektivitou přírodních ekosystémů se rovněž zabývali vědci a ochránci přírody ze Spojených států amerických. Společně vyvinuli novou metodu mapování konektivity ekosystémů. Předpokladem bylo, že oblasti, ve kterých jsou zásahy člověka do krajinného pokryvu a obecně činnost člověka minimální jsou a v budoucnosti dále budou prioritní pro propojení a že budou fungovat jako migrační trasy zvířat. K tvorbě mapového modelu byly použity výpočty pro znázornění přirozenosti typů krajinného pokryvu, výpočty hodnot nejnižších nákladů, výpočty permeability krajiny a výpočty pro zjištění centrality sítě toků. Výsledky studie prokázaly, že existuje mnoho tzv. „křižovatek“ mezi jednotlivými migračními koridory a mnoho z nich kříží dálnice celostátního významu. Přibližně 15 % délky migračních tras se nachází v oblastech s vysokým stupněm ochrany, 28 % prostupuje skrze pozemky, které jsou v soukromém vlastnictví a na kterých je možno vykonávat průmyslovou nebo těžební činnost. Schopnost ekosystémů přizpůsobovat se změnám, vyvolaným změnou klimatu bude do poměrně velké míry záviset na schopnosti živočišných druhů pohybovat se po široké krajině. Informace, které vznikly díky této studii poslouží jako podklad pro přezkoumání využívání ploch, přes které tyto toky proudí (THEOBALD, D., a kol., 2012).

V oblasti životního prostředí se v delším časovém horizontu očekává přesun z individuální automobilové dopravy k dlouhodobě udržitelnému způsobu dopravy. Tento způsob dopravy bude znamenat rozvoj a zlepšení kvality veřejné dopravy a její finanční podpora, která by měla vést k regulaci cen jízdného. Společně s podporou veřejné dopravy jsou podporovány i ekologické způsoby dopravy, k těmto způsobům dopravy patří například elektromobilita, cyklistická a pěší doprava (SCHMEIDLER, 2005).

Přibližně od poloviny 90. let minulého století došlo ke skokovému nárůstu zájmu a výzkumu v oblasti cyklistiky. Tento nárůst lze rozdělit do čtyřech základních proudů, prvním z nich je cyklistická infrastruktura a její náklady a přínosy s ohledem na investice veřejného sektoru. Druhým proudem je zájem o výzkum v oblasti porozumění vlivům infrastruktury a prostředí na chování cyklistů v prostoru. Dalším bodem výzkumu jsou vztahy cyklistů s bariérami, které mají negativní vliv na jejich pohyb. Posledním bodem výzkumu je bezpečnost cyklistů při pohybu v prostoru a hodnocení prvků infrastruktury, které by měly zabezpečovat jejich bezpečnější pohyb v prostoru. V obecném měřítku chybí systematický soubor zásad a metod pro lokalizování stavebních prvků, které by sloužily jako podklad pro projektanty při budování dopravní infrastruktury (LARSEN, 2013).

Chodci společně s cyklisty patří ke globálně nejohroženějším účastníkům silničního provozu. Ve většině zemí světa mají chodci při přecházení komunikace v místech k tomu určených (přechody pro chodce, nadchody, podchody apod. přednost), přesto dochází k incidentům chodce s jedoucím vozidlem. Ne vždy je však vina na straně řidiče jedoucího vozidla, častým jevem je nevěnování dostatečné pozornosti chodcem při přechodu skrze komunikaci, telefonování při přechodu a další rušivé činnosti, které odvádějí koncentraci od důležitého rozhlížení a bezpečného přechodu. Dalším prvkem nebezpečí je přechod chodců v místech, která nejsou k přechodu skrze komunikaci určena a nejsou nijak označena pro řidiče projíždějících vozidel, kteří tak nevěnují dostatečnou pozornost chodcům v daném místě. Dle výzkumu provedeného ve Spojených státech amerických je riziko nejvyšší, pokud nevěnuje dostatečnou pozornost jak chodec, tak řidič jedoucího vozidla (THOMPSON, 2013).

Rychlost reakce chodce na přibližující se vozidlo odráží jeho schopnost bezpečného přechodu přes komunikaci. V roce 2012 tvořily 17 % všech smrtelných nehod na území Spojených států amerických osoby starší 65 let. Méně bezpečné chování při přechodu přes komunikaci vykazují lidé vyššího věku, kdy se snižuje jejich kognitivní a vizuální schopnost rychlé reakce, která má za následek zpomalování rozhodovacích procesů, obzvláště pokud je jedinec pod časovým tlakem. Mladší chodci naopak vykazují rychlejší schopnosti reakce a komunikaci přecházejí daleko snáze, oproti lidem starším (ISHAQUE a kol., 2008). Zároveň modelování jejich chování při přechodu dokazují, že mladší lidé věnují daleko více času rozhlížením se a sledováním okolního provozu oproti starším chodcům, kteří do jisté míry spoléhají na skutečnost, že mají před jedoucími automobily přednost a okolní provoz sledují méně a spíše se rozhlížejí naproti sobě než do stran (ZITO, 2015).

Chování chodců v prostoru má mnoho faktorů, které jejich pohyb v daný okamžik ovlivňují. Těmito faktory jsou od aktuálních meteorologických podmínek, kdy si chodci při špatných podmínkách zpravidla vybírají tu nejkratší trasu až po zvyklostní trasy, po kterých je chodec zvyklý se pohybovat automaticky, bez toho, aniž by přemýšlel o trase, k těmto cestám patří například cesta do školy, popřípadě cesta do zaměstnání nebo cesta na pravidelné nákupy. U pravidelných cest často nastává situace, kdy chodec má tu tendenci, že nevěnuje dostatečnou pozornost okolnímu provozu. Pro chodce stejně jako pro cyklisty existuje vztah mezi hustotou infrastruktury, která je jim přizpůsobena a mezi četností jejich využívání. Nicméně oproti cyklistice není kvalita této infrastruktury pro chodce prokazatelně podstatná a chodci hojně využívají i infrastrukturu méně kvalitní (THOMPSON, 2013).

Chování cyklistů v prostoru do značné míry ovlivňuje kvalita infrastruktury, po které se cyklista pohybuje. Průřezové studie provedené v několika městech dokazují, že se vzrůstající a zlepšující se infrastrukturou cyklistických stezek, pruhů, nadjezdů apod. roste počet cyklistů, které tuto infrastrukturu využívají a tím se zmenšuje podíl osobní automobilové dopravy. Zároveň přítomnost cyklostezek nebo cest určeným pouze pro cyklisty způsobuje koncentraci cyklistů právě na těchto komunikacích, kde je jejich pohyb chráněn před projíždějící automobilovou a nákladní dopravou. Z výzkumů rovněž vyplývá skutečnost, že více než polovina tázaných cyklistů si vědomě prodlužuje svou vykonávanou cestu z důvodu toho, že využije kvalitnější a pro cyklistiku přímo určenou účelovou komunikaci a zároveň se vyhne dopravně frekventovaným silničním tahům (KRIZEK, 2007). S ohledem na bezpečnost při pohybu v prostoru existuje korelace s počtem cyklistů. Při zvýšeném pocitu bezpečí roste počet cyklistů, avšak se zmenšujícím se pocitem bezpečí počet cyklistů rapidně klesá. V obecném měřítku lze konstatovat, že nejbezpečnější jsou ty silniční prvky, kde jezdí cyklisté a automobily odděleně, avšak některé studie naznačují, že existují různé typy ulic, pro které neznamená oddělení cyklistické a automobilové dopravy zvýšení bezpečnosti pro cyklisty, nicméně statisticky je tento rozdíl zanedbatelný (LUSK, 2011).

Důležitým faktorem, který ovlivňuje chování cyklistů v prostoru je také informovanost a obecné povědomí o možnostech bezpečného volného pohybu cyklistů, společně s podporou tohoto alternativního způsobu dopravy, jakožto ekologičtější a zdravější způsobu cestování a dopravy například do školy, nebo do zaměstnání. Zároveň je důležitým faktorem i vzdělávání řidičů v oblasti bezpečnosti při jízdě s ohledem na zranitelnost cyklistů a chodců na komunikacích. Ve školách je důležitá podpora nauky o pohybu na komunikacích pro školáky, jakožto začínajících cyklistů, kteří jsou při pohybu ještě více zranitelní (PARKIN, 2007).

## 4 Fragmentace krajiny

Fragmentací krajiny se rozumí rozdělení krajiny jako celku na prostorově menší jednotky, přičemž v nich dochází k porušení ekologických vazeb. Zároveň dochází k izolaci jednotlivých krajinných celků. Zmenšení habitatu neboli území, které funguje jako stanoviště zahrnující fyzikální a biotické faktory, které výraznou měrou ovlivňují přežití a reprodukci určitých druhů má negativní vliv pro živočišné druhy náročné na velikost území. Tato skutečnost má dopady na velikost populace. Spolu se zmenšováním habitatu dochází k prostorové relokaci prostorově menších celků, které jsou od sebe odděleny překážkou, která představuje bariéru pro volně žijící živočichy má negativní vliv na výměnu jedinců mezi navzájem oddělenými populacemi a výraznou měrou ovlivňuje migraci živočichů.

Mezi nejčastěji se vyskytující typy bariér, které vedou k fragmentaci krajiny jsou struktury liniového typu. Liniovými strukturami se rozumí převážně silnice a dálnice, železnice, ale zároveň i bariéry přírodního charakteru, jako například vodní toky. Liniové struktury nepředstavují samy o sobě rozsáhlou nebo nepřekonatelnou bariéru, nicméně ve vyspělých zemích dochází ke akumulaci liniových staveb do větších územních celků. V praxi se jedná například o vytváření dopravních koridorů, kdy se více druhů dopravní infrastruktury umísťuje blízko sebe, např. dálnice a železniční trať. Problémová místa jsou zároveň tam, kde je dopravní infrastruktura v blízkosti osídlení apod. Tato skutečnost vytváří z původně dobře průchodného území stále obtížněji překonatelnou překážku.

Silniční síť působí v krajině několika způsoby. Tím nejpodstatnějším je vlastní existence dopravní sítě jako fyzické bariéry přirozenému pohybu. Narušení, popřípadě přerušení migračních tras živočichů výrazně ovlivňuje genetický tok mezi populacemi. Například v období migrace obojživelníků dochází k největším ztrátám vlivem střetu s vozidly na silnicích. Migrační toky se během roku mění, v závislosti na životních cyklech živočichů. Nárůst intenzity migračních toků je zpravidla největší v období rozmnožování, hledání zdrojů potravy, nebo například v době loveckých sezón, kdy na zvěř působí antropogenní tlak.

Fragmentací krajiny je nejvíce ovlivněna Evropa. Mezi dopravní infrastrukturou nejvíce fragmentované krajiny náleží území západní Evropy, konkrétně státy Beneluxu, dále také průmyslové části Francie nebo Německa. Hlavními příčinami fragmentace krajiny jsou nejčastěji uváděny průmyslová revoluce a spolu s rozvojem průmyslu i rozvoj silniční a obecně dopravních sítí v Evropě. Potřeba nových pracovních sil ve velkých průmyslových celcích zapříčinila i přesun obyvatelstva z venkova do zázemí větších měst, která se tak v průběhu let rozrůstala a stále více ovlivňovala ráz původní krajiny ve svém okolí. S tím souvisel zábor zemědělské půdy a degradace původních přirozených ekosystémů na úkor rozvoje průmyslové výroby a urbanizace. Velký nárůst individuální automobilové dopravy však znamenal další ovlivnění krajiny v podobě rozvoje dálničních sítí a dalších komunikací (ANDREWS a kol., 1990).

V případě střední Evropy dosahuje nejvyšších hodnot fragmentace krajiny právě Česká republika společně s Polskem. Tato hodnota je ovlivněna skutečností, že oba tyto státy patří mezi tzv. tranzitní země, tedy země, přes které proudí nákladní doprava směrem z východu na západ (CROOKS a kol., 2011).

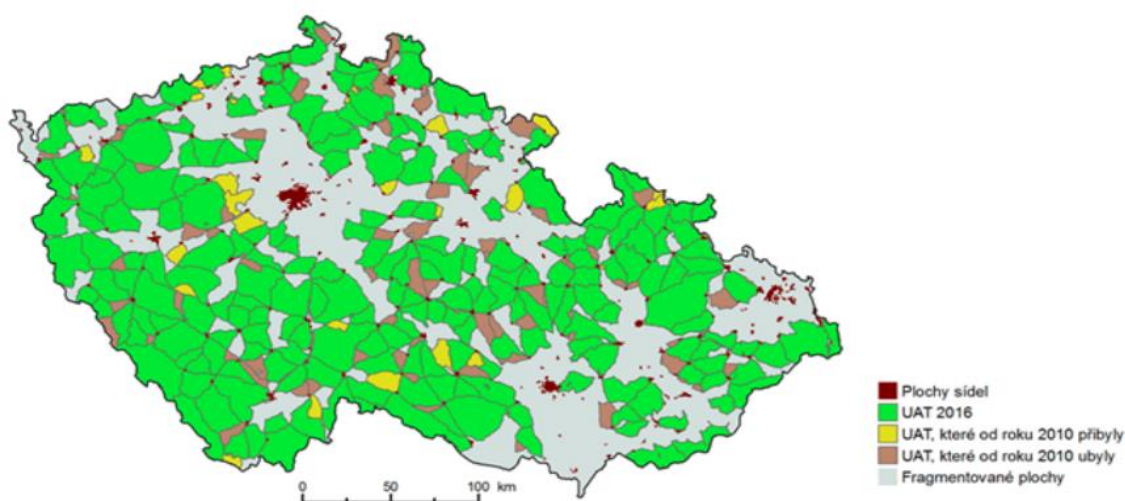
Pro hodnocení fragmentace krajiny se nejčastěji využívají polygony UAT<sup>1</sup>. Jedná se o část krajiny, ohraničenou dopravními komunikacemi vykazující velkou intenzitu dopravy, konkrétně s intenzitou přesahující 1000 vozidel/24 hodin. Polygony jsou dále vyhodnocovány prostřednictvím modelových zón. Konkrétně se jedná o efektivní plochu polygonu, která představuje odhad velikosti polygonu, který může být využíván určitým živočišným druhem. Dalším postupem je hodnocení UAT podle potencionálních bariér, které mohou území ohrožit v budoucnu další fragmentací vlivem silniční sítě. Modelová hodnota pro UAT, která hodnotí riziko další fragmentace silniční sítě obsahuje údaje o délce silnic s hodnotami dopravní zátěže, která je vyjadřována na jednotku plochy polygonu (ANDĚL a kol., 2010).

---

<sup>1</sup> *Unfragmented Area by Traffic*

Na Evropském území se často využívají metody effective mesh density<sup>2</sup> a effective mesh size<sup>3</sup>. Míra fragmentace krajiny je měřena pro jednotlivé státy Evropy z veřejně dostupných dat. Sledováním a zjišťováním míry fragmentací krajin v Evropě se zabývá Evropská agentura pro životní prostředí (European Environmental Agency, EEA). Jedná se o agenturu, která se pod záštitou Evropské Unie zabývá informováním veřejnosti v oblasti životního prostředí. EEA rovněž poskytuje organizacím a veřejnosti data a výsledky výzkumů týkající se životního prostředí. S agenturou EEA spolupracuje 32 členských zemí a 6 dalších zemí s nimi v průběhu existence agentury navázalo spolupráci (EEA, 2020).

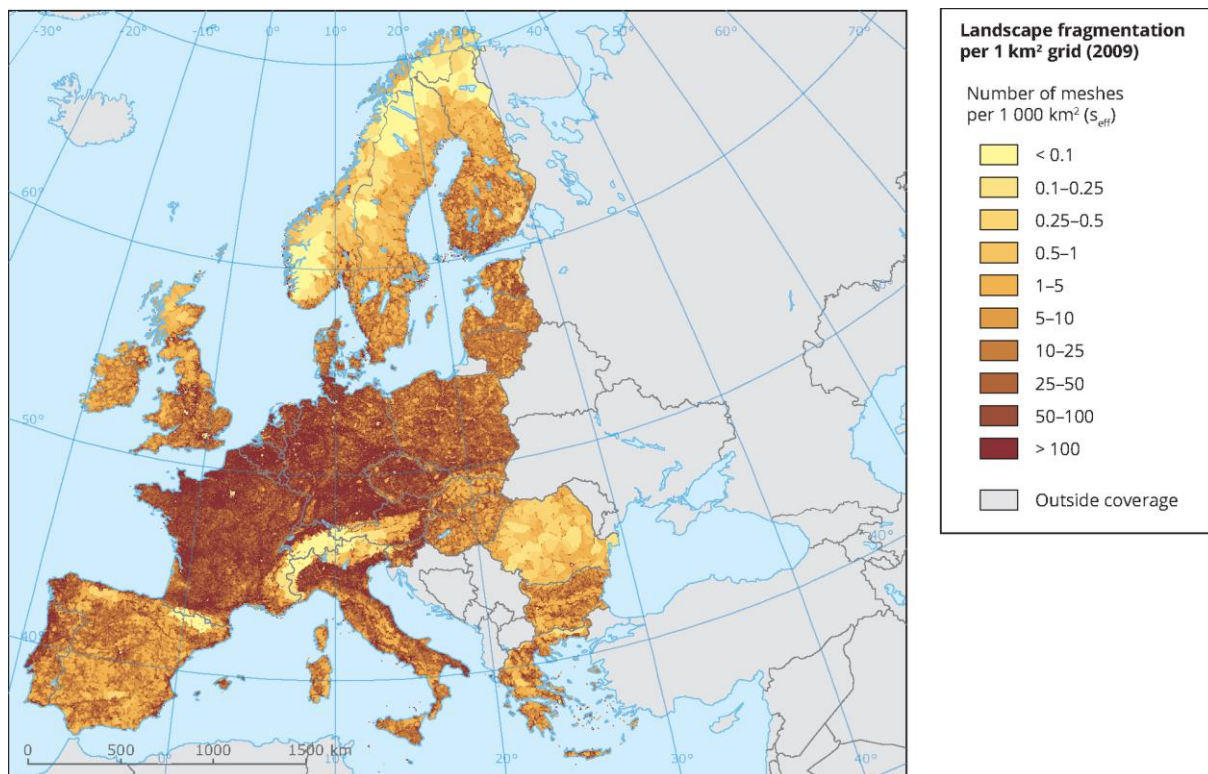
Fragmentace krajiny dopravou v ČR, 2010–2016



Obrázek 1: Fragmentace krajiny dopravou v ČR v letech 2010-2016  
Zdroj: EVERNIA; 2016

<sup>2</sup> je míra fragmentace krajiny, tj. míra, do jaké je pohyb mezi různými částmi krajiny přerušen fragmentační geometrií. Fragmentační geometrie je definována jako přítomnost nepropustných povrchů a dopravní infrastruktury.

<sup>3</sup> Pravděpodobnosti, že dva náhodně vybrané body v oblasti budou umístěny ve stejné nefragmentované oblasti země.



Obrázek 2: Fragmentace krajiny v přepočtu na 1km<sup>2</sup>  
 Zdroj: EEA; 2009



## 5 Dopady fragmentace krajiny

Fragmentace krajiny přináší spolu se ztrátou životního prostoru pro volně žijící živočichy, například v důsledku zástavby, také izolovanost jedinců nebo populací na těchto menších a ohraničených územích. Izolovanost se může postupem času dále prohlubovat, a to kvůli zvyšování efektu bariér, které fragmentaci krajiny v příslušné oblasti zapříčinily. V případě střední Evropy jsou těmito bariérami v krajině nejčastěji liniové silniční stavby, zastavěné plochy, popřípadě člověkem uměle přetvořená část krajiny, která slouží k intenzivní zemědělské činnosti (ANDĚL a kol., 2010).

Dopady fragmentace krajiny na živočichy jsou sledovány a vyhodnocovány pro jednotlivé skupiny živočichů, a to s cílem zvolení vhodných postupů a strategií, které jsou právě v souladu s potřebami těchto skupin živočichů na životní prostor, na životní potřeby a v souvislostech spojených s jejich migrací. Značná část výzkumů dopadů fragmentace krajiny na faunu je věnována obratlovcům, a to konkrétně savcům. Tuto skutečnost, že je převážná většina výzkumů věnována právě této skupině živočichů si lze odůvodnit tím, že právě tyto druhy jsou nejvíce náchylné na zmenšování životního prostoru, jelikož větší savci, zejména šelmy žijí na velkém území v menších populacích a častěji migrují oproti jiným druhům živočichů (HLAVÁČ a kol., 2001). Některé výzkumy ukazují, že fragmentace původních stanovišť výrazně negativně ovlivňuje hodnotu biodiverzity na nižších, ale i vyšších prostorových úrovních (ZIPPERER a kol., 2012).

## 6 Typy fragmentačních bariér v krajině

Fragmentačními bariérami jsou označovány takové překážky v krajině, které zabraňují přirozenému volnému pohybu živočichů. Samotné bariéry mohou být jak antropogenního, tak přirozeného původu. Takové bariéry mají nejčastěji podobu rozsáhlých pohoří, hlubokých vodních toků s širokými koryty a rozsáhlými břehy. Tyto bariéry přírodního typu výraznou měrou negativně ovlivňují migraci živočichů v krajině (ANDĚL a kol., 2010). Nicméně platí, že živočichové se na tyto přírodní bariéry již obvykle stihli adaptovat. Což je v kontrastu s nedávno se objevivší dopravní infrastrukturou.

Samotné bariéry se mohou dále třídit v závislosti na jejich vlastnostech. Kategorii fragmentačních bariér vytvořil ANDĚL a kol. (2010), kteří definovali kategorie bariér podle odporu bariéry, podle typu struktury překážky a v poslední řadě vytvořil kategorii bariér na základě doby působení překážky, po kterou představuje bariéra omezenou schopnost volného pohybu v krajině. Odpor bariéry je vlastnost překážky, která v krajině znamená pro živočichy, ale i pro člověka nepřekonatelnou bariéru, nebo bariéru, kterou lze překonat s vynaložením minimálního úsilí. Fragmentační bariéry podle doby působení se dále dělí na přechodné a trvalé. Přechodné bariéry jsou například umělé ploty, ohradníky apod. Trvalé bariéry změň ráz krajiny na velmi dlouho dobu a ve většině případů se již krajina do původního stavu nikdy nevrátí. Do tohoto typu bariér patří městská výstavba, výstavba dopravních sítí apod. Podle typu objektu lze bariéru třídit na komunikační sítě, městskou výstavbu, vodní toky, vodní plochy, louky, pole apod.

## 6.1 Sídlní struktura

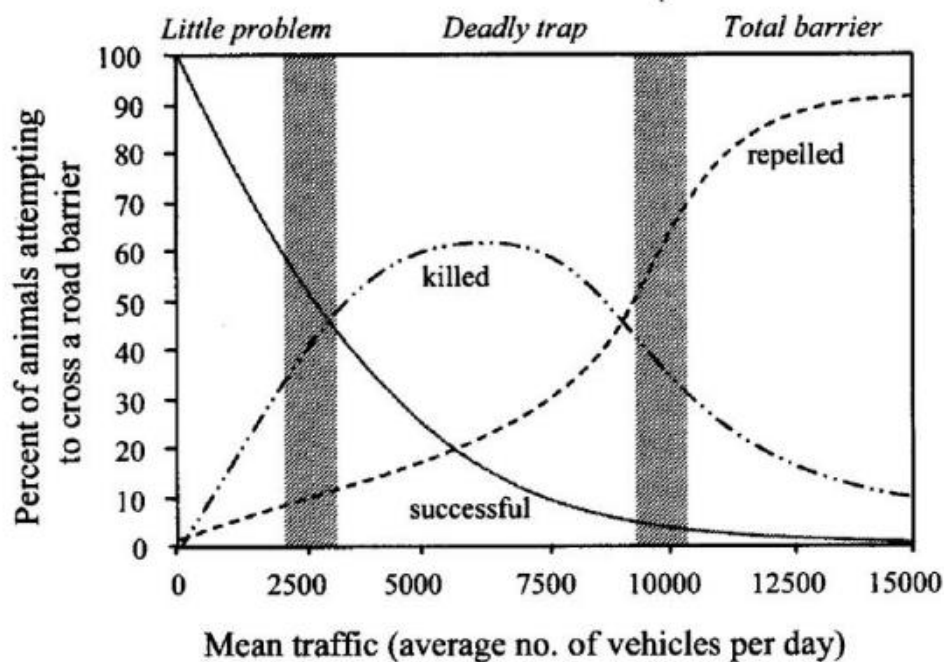
Sídlní struktura patří k nejvýznamnějším bariérám, které výraznou měrou ovlivňují pohyb volně žijících živočichů v krajině. Přibližně od 1. poloviny 19. století docházelo vlivem průmyslové revoluce k nárůstu rozvoje evropských měst, kde se začala zvyšovat koncentrace obyvatelstva. Nárůst poptávky pro pracovní způsobil velký přesun obyvatel z venkovských a periferních oblastí do měst, kde docházelo ke skokovému nárůstu výstavby budov a plošné expanzi měst. Sídlní struktury přeměňují natrvalo ráz krajiny a představují ucelené a zcela neprůchozí bariéry v území. K sídlním bariérám patří kromě sídel i plochy využívané k průmyslové výrobě, k zemědělské činnosti, k činnostech dobývání surovin nebo k jiným komerčním i nekomerčním účelům. V samotné sídlní struktuře jsou velké rozdíly v průměrných velikostech rozlohy a počtu obyvatel jednotlivých municipalit evropských států. Například Česká republika patří ke státům, jejichž municipality patří k vůbec těm nejmenším v Evropě. V současné době dochází celosvětově k suburbanizaci, tedy rozvoji bytové a komerční výstavby v okrajových částí měst. Nekonsolidované zábory půdy z důvodů rozrůstání města v krajině představují problém v udržitelnosti krajiny a zároveň působí jako výrazná migrační bariéra. Samotný rozvoj suburbanizace představuje rozsáhlé nároky na dopravní infrastrukturu v zázemí města, která musí být značně rozsáhlá z důvodu každodenní dojížděky do zaměstnání nebo do škol obyvatel okrajových částí měst do jejich center.

Od konce 90. let minulého století, kdy Česká republika přešla na tržní hospodářství a zaměřila se významnou měrou na zahraniční investice a na programy rozvoje průmyslových zón, docházelo k poměrně značným záborům často vysoce kvalitní zemědělské půdy. Průmyslové zóny a logistická centra nejčastěji vznikaly v zázemí většího města, z důvodu potřeby velkého množství pracovní síly, popřípadě v místech, kde se střetávaly hlavní dopravní tahy. Koncentrace průmyslové výroby a dopravy znamenala pro okolí zhoršení kvality ovzduší, zvýšení hluku nebo světelné znečištění. Z tohoto důvodu lze tyto plochy označit za místa, která v krajině působí jako plošně velmi rozsáhlé bariéry v migraci v krajině (ROMPORTL a kol., 2009).

## 6.2 Dopravní infrastruktura

Dopravní infrastruktura je ihned po sídelní struktuře druhou nejvýznamnější migrační bariérou v krajině. Se stále se rozšiřující dopravní sítí vzrůstá rovněž i význam efektu bariér. Skutečnost, že se Evropa řadí mezi nejvíce fragmentované krajiny na světě skutečnost ještě více zveličuje a zájem o hledání redukce negativních dopadů spojených s dopravou má stále rostoucí tendenci. Hledání optimálních technických řešení a vhodných konceptů se zabývá stále více organizací napříč kontinenty (MASSEY a kol., 1993).

Samotný bariérový efekt dopravní sítě není stejný pro všechny typy dopravních cest. Například u většiny železničních tratí je bariérový efekt nižší, jelikož v krajině nepředstavují rozsáhlou bariéru, jedinou výjimku tvoří vysokorychlostní vícekolejné tratě, kde vyšší rychlost a vyšší intenzita dopravy způsobuje skokový nárůst bariérového efektu. Nicméně tato skutečnost se do velké míry v krajině ještě nestihla projevit, jelikož výstavba husté sítě vysokorychlostních železničních tratí probíhá pomalu a s již existující sítí je v porovnání s hustotou klasických železničních tratí nesrovnatelně menší. Intenzita dopravy a technické úpravy výrazně ovlivňují bariérový efekt u silniční infrastruktury, kdy nejvyšších hodnot dosahují vícepruhové rychlostní komunikace (dálnice, silnice pro motorová vozidla). Při překonávání komunikace dochází k častému usmrcení jedinců živočišných druhů. Mortalita je významným faktorem určujícím průchodnost části území pro jedince. Nejvíce ohroženou skupinou jsou plazi a obojživelníci, jejichž pomalejší pohyb v prostoru způsobuje zvýšenou míru mortality při snaze překonat komunikaci. Pro tyto druhy živočichů není významným faktorem například rychlost projíždějících vozidel, popřípadě šířce komunikace. Naopak u většiny savců jsou právě technické parametry komunikace spolu s intenzitou dopravy a zásadní pro úspěšné překonání komunikace. Vysoké riziko mortality jedinců je ovlivňováno rovněž lokalizací cest do míst, kde se nacházejí biokoridory, které jsou využívány k pohybu většího množství volně žijících živočichů. Častým jevem je rozdělení biokoridoru silniční komunikací, která tak naruší ucelený migrační koridor zvěře (IUELL a kol., 2009).



Obrázek 3: Graf znázorňující vliv intenzity dopravy na mortalitu jedinců  
Zdroj: Iuell a kol.; 2009

Intenzita dopravy je nejvýznamnějším faktorem ovlivňující překonání komunikace. S rostoucí intenzitou dopravy vzrůstá mortalita jedinců, snažících se komunikaci překonat. Nejvyšší mortalita je zaznamenávána na komunikacích, kde intenzita dopravy dosahuje středních hodnot, viz obr. č. 3. Tato skutečnost je ovlivňována reakcí živočichů na dopravu, kdy vysoká intenzita dopravy většinu živočichů odradí od pokusu o překonání komunikace (IUELL a kol., 2003).

Samotnou dopravu doprovází i další negativní jevy přímo spojené s ekologickými dopady na okolní přírodu. Hlavními faktory jsou hluk, světelné znečištění, znečištění ovzduší apod. Znečištění se může rovněž projevit v krajině, kde se značné množství polutantů může v podobě sedimentů usazovat ve vodních tocích, v půdě nebo například v kalužích na polích vzniklých při dešťových srážkách. Tyto sedimenty se mohou dostat do živých organismů, kde mohou ovlivnit zdraví jednotlivých jedinců (KAMMERLE a kol., 2017, BEYER a kol., 2016).

## 7 Prostupnost krajiny pro člověka

Volný pohyb patří pro člověka k jednomu ze základních prvků činností, u kterých si jedinec častokrát ani neuvědomuje, že tyto prvky činností se v čase postupně transformují a vyvíjejí. Člověk má při pohybu v krajině tendenci využívat zvyklostních tras, tedy cest, po kterých se pohybuje ve zvýšené intenzitě a s periodickou četností. Jedná se především o cesty do zaměstnání, do školy apod. Tyto cesty člověk vykonává častěji, než jiné a trasy volí podle zvyklostí založených na základě celkové délky trasy a na základě času, který na cestě stráví (ZANDIEH, 2016).

Člověk záměrně přeměňuje krajinu tak, aby z výsledné podoby měl co největší užitek, ale zároveň aby sebe navzájem co nejméně negativně ovlivnil. Proto jsou budovací procesy týkající se dopravní infrastruktury a urbánní výstavby úzce provázané s mnoha dalšími odvětvími, které na sebe navzájem navazují a ve výsledku vytvářejí ucelený systém, který se dále vyvíjí a rozrůstá. Koncepty udržitelné dopravy jsou v dnešním moderním světě stále více prosazujícími politikami napříč světem. Nejčastějšími nástroji politik kladoucí důraz na udržitelnou dopravu jsou podpory veřejné dopravy, podpora alternativních způsobů dopravy, vytváření bezemisních zón, zlepšování infrastruktury pro chodce a pro cyklisty. Všechny tyto kroky si kladou za cíl zvýšení četnosti pohybu chodců a cyklistů po městech a v krajině, kdy díky tomu, že lidé upřednostní jeden z alternativních způsobů dopravy před jízdou automobilem dojde ke snížení intenzity dopravy, k redukci znečištění ovzduší, ke zvýšení pocitové bezpečnosti při volném pohybu v katastru obcí a měst, ke zvýšení hlukového komfortu i ke zlepšení zdravotní kondice obyvatel (GANDHI, 2007; r, 2008).

Při stále se zvyšujícím celosvětovém objemu dopravy je obzvláště v rozvojových zemích problém s častým výskytem dopravních nehod, ve kterých jsou hlavními aktéry chodci a automobily. Vysoká hustota zalidnění spolu s vysokou hustotou dopravy vyvolává tyto problémy. V rozvojových zemích zároveň ve většině případů chybí základní implementace pravidel bezpečného silničního provozu, jak pro automobily, tak pro cyklisty nebo chodce. V Evropě a Severní Americe jsou koncepty bezpečné dopravy již poměrně na vysoké úrovni a rozvinuté a koncepčně se postupně přetváří k podobě udržitelného rozvoje, který si klade za cíl sjednocení hospodářského a společenského pokroku s plnohodnotným zachováním životního prostředí pro příští generace (SCHMEIDLER, 2005).

Pro člověka, který se pohybuje po komunikacích, kde je v kontaktu s dopravními prostředky je rizikový každý pohyb, který je soustředěný směrem napříč komunikací nebo ve směru komunikace, jedná-li se o cyklistu nebo chodce pohybující ho se mimo chodníky. Pro člověka je konfrontace s jedoucím vozidlem v rychlostech rovných nebo přesahujících 50 km/h téměř jistou smrtí, a to jak pro chodce, tak pro cyklistu. Přesto, že vývoj bezpečnostních systémů v moderních automobilech postoupil na vysokou úroveň, přesto není ochrana účastníků provozu stoprocentní. Dnešní moderní auta mají v sobě zabudované senzory upozorňující řidiče na blížící se nebezpečí, mají dostatečně propracovaný systém deformačních zón a zároveň v sobě mají zabudovány prvky ochrany chodců a cyklistů v podobě airbagů v kapotě, přesto je stále velké množství srážek s automobilem pro chodce nebo cyklistů smrtelných (HAMED, 2001).

Základními prvky, které usnadňují chodcům a cyklistům volný pohyb v krajině jsou účelové části cest, které od sebe oddělují pohybující se lidi a jedoucí vozidla. Tyto prvky mají nejčastěji podobu chodníků a cyklostezek. Tyto typy komunikací jsou úzce provázány se silniční sítí ve městech, jelikož v případě zastavěných ploch tuto síť kopírují. Součástí systémů chodníků a cyklostezek bývají další technické úpravy komunikací, které slouží k přechodu skrze komunikaci. K základním typům úprav patří přechody pro chodce, v případě cyklistů přejezdy pro cyklisty. Přechody jsou budovány v místech zvýšené koncentrace obyvatel. Ke zvýšení bezpečnosti lidí, kteří přes přechod přecházejí se dále využívá výstražné značení upozorňující na přechod pro chodce, veřejné osvětlení osvětlující přechod, hrubá asfalt na komunikaci sloužící zároveň jako psychologická brzda pro řidiče jedoucího vozidla, ale v případě dojde-li k nouzovému brždění blížícího se vozidla před chodce na přechodu zkracuje brzdnou dráhu vozidla. K technicky náročnějším prvkům přechodů komunikace patří nadchody pro chodce, nadjezdy pro cyklisty nebo podchody a podjezd. Tato technická řešení se využívají převážně v místech, kde se nachází překážka rozsáhlých rozměrů, typicky se jedná o vícekolejné železniční tratě, nebo víceproude silniční komunikace (PAPADIMITRIOU a kol., 2016).

## 7.1 Pěší zóna

Pěší zóna je účelově uzpůsobená část obce, kde se nevyskytují jízdní pruhy, ale místo nich se po celé ploše komunikace nachází plocha sloužící k volnému pohybu chodců a cyklistů. Vjezd vozidel do pěší zóny je podmíněn pouze s povolením vjezdu. Účelů zóny je hned několik. Primárním účelem je ochrana volně se pohybujících se chodců v zázemí obce, kde jsou chráněni před automobilovou dopravou. Dalšími účely jsou zvýšení atraktivity prostředí, ve kterém je pěší zóna lokalizována, snížení hlukových stop z projíždějící dopravy, zlepšení kvality ovzduší, zlepšení mobility obyvatel. Pěší zóny jsou zpravidla budována v místech vysoké koncentrace obyvatel, tzn. že pěší zóny se nacházejí v centrech měst a obcí nebo v místech husté zástavby (PULUGURTHA a kol., 2012).

Negativním dopadem výstavby pěší zóny je například koncentrace dopravy v místech, kde se před výstavbou pěší zóny nekoncentrovala, tzn. že vyřešením jednoho problému může časem vytvořit problém nový.



## 7.2 Podchod a nadchod pro chodce / cyklisty

Podchodem pro chodce / cyklisty se rozumí účelová stavba, která byla vybudována pod dopravní komunikací (silnicí, železnicí, nadzemní drahou apod.) a slouží k zabezpečení bezpečného pohybu chodců a cyklistů skrze komunikaci. Zpravidla se jedná o betonovou mostní konstrukci různých rozměrů v závislostech na technických parametrech komunikace, pod kterou je podchod veden a zároveň v závislosti na vymezených účelech stavby, jelikož mohou zároveň existovat podchody určené jen pro chodce, nebo pouze pro cyklisty, avšak zároveň se mohou vyskytovat podchody určené pro obě skupina lidí (tyto podchody jsou rozměrově širší). Nadchod je mostní konstrukce určená k pohybu přes vzniklou překážku (SCHEPERS a kol., 2017 a PUCHER a kol., 2016). Stejně jako podchod slouží primárně k překonávání překážek vzniklých lidskou činností (doprava, průmysl apod.).

Oba dva typy těchto účelových staveb jsou budovány v místech koncentrace obyvatel, tedy v místech, kde je pohyb osob frekventovaný. Nadchody a podchody jsou budovány v zázemí sídlišť, v blízkosti nádraží MHD, vlakových a autobusových nádraží. Stejně tak jsou budovány v místech, kde dříve existující komunikaci narušila nově vedená komunikace vyšší třídy (zpravidla dálnice), popřípadě železniční trať.

## 8 Prostupnost krajiny pro volně žijící živočichy

Volně žijící živočichové migrují v krajině především za účelem hledání potravy, nových teritorií nebo rozmnožování. Nejvíce jsou bariérami tvořenými dopravní infrastrukturou ovlivněny takové druhy živočichů, které se pohybují pomalu, nebo nejsou schopny rozeznat a adekvátně vyhodnotit nebezpečí. Pro taková zvířata znamená překonávání silniční komunikace daleko větší ohrožení života než například pro ptáky, kteří mají lepší manévrovací schopnost díky schopnosti létat. Přesto bývají ptáci i ptáci často oběťmi střetů s vozidly (GOBEIL a kol., 2002).

Mezi živočichy existují značné rozdíly ve schopnostech jejich reakce na blížící se nebezpečí na silnici. Rozdíly v reakcích se promítají v jejich mortalitě při překonávání komunikace. Nejvyšší ztráty jsou zaznamenávány ve skupině živočichů, kteří se při blížícím se nebezpečí reagují staticky, tzn. že v situaci, kdy se k nim přibližuje vozidlo zastaví. Dopravní komunikace se pro ně stává často nepřekonatelnou překážkou. Mezi tzv. „pausers“ patří například skunk, dikobraz a pásovec.

Skupina živočichů, kteří na blížící nebezpečí nereagují a pokračují dále přes komunikaci se označují „nonresponders“. Jsou to například želvy, a ostatní druhy obojživelníků. Pro tyto živočichy znamená překonávání komunikace bezprostřední riziko na životě, jelikož nejsou schopni vyvíjet dostatečnou rychlost, ale především na blížící se vozidlo nereagují. Pro tyto druhy je opět riziko mortality vysoké (JACOBSON a kol., 2016).

Skupina živočichů označená „speeders“ při blížícím se nebezpečí zrychlují a snaží se utéct. Živočichové dokáží vyvinout takovou rychlost, při které je překračování dopravní komunikace méně rizikové. Nicméně při trendu stále se zvyšující intenzity dopravy toto riziko roste. Patří sem například zajíc polní, srnec obecný.

Poslední skupina „avoiders“ se kontaktu zcela vyhýbá. Migruje i dlouhé vzdálenosti tak, aby našla vhodné místo přechodu a nestřetla se přitom s člověkem. Do této skupiny patří především samotářské druhy zvířat, jako je například medvěd, puma, ale také vlci, kteří sice žijí ve smečkové hierarchii, ale přesto se konfrontaci s člověkem vyhýbají (JACOBSON a kol., 2016).

Zvířata jsou také individuálně odlišná ve svém chování, kterým definujeme skupinu nebo druh. Jedinci různých druhů mohou být také ovlivněni i dalšími vedlejšími faktory, které výraznou měrou přispívají ke změně chování jedinců. Těmito faktory mohou být například hluk, který u zvíře vyvolává strach a častokrát odradí zvíře od překonání komunikace. Nebo naopak panickou reakci a k pokusu o překonání komunikace může dojít zdánlivě nelogicky, před čelem automobilu. Oslnění světlomety může například u kopytníků způsobit strnutí, což je přirozená reakce při zahlédnutí predátora (SCRAFFORD a kol., 2018).

## 9 Migrační objekty

Pohyb volně žijících živočichů skrze bariéru usnadňují stavení objekty, které byly vystavěny za účelem snadnějšího zdolávání překážky vzniklé antropogenní činností. Migrační objekty jsou prvky ochrany přírodních stanovišť, které poskytují opětovné propojení mezi stanovišti a snižuje negativní dopady vzniklé fragmentací stanovišť. Zároveň svou funkcí pomáhají předcházet kolizím vozidel se zvěří, což může kromě usmrcení nebo zranění živočicha způsobit zranění lidí jedoucích ve vozidlech a škody na majetku dotčených lidí. První zmínky o stavebních objektech, které sloužily k přechodu přes bariéru pocházejí ze 17. století z Francie, kde byly využity svazky větví k vytvoření mostků přes vodní kanály menších rozměrů. Následně byla tato koncepce přenesena na území Spojených států amerických a Kanady, kde byly tyto mostky z přírodních materiálů hojně využívány k překonávání menších vodních ploch. S rozvojem společnosti a nového průmyslového věku se zvyšoval počet objektů, které sloužily k překonávání nově vzniklých bariér, společně s jejich rostoucím počtem se rostly také rozměry technických objektů a docházelo k vývoji materiálů a konceptů, které se otázky migrace v krajině zabývaly. K vůbec prvním objektům tohoto novodobého typu patřily velikostně menší stavební útvary, které vznikaly ve 2. polovině 20. století v Belgii, Nizozemí, Francii a ve Švýcarsku. Postupem času se s rozvojem dálniční sítě a zvětšování hustoty silniční sítě docházelo k růstu počtu a zvětšování rozměrů objektů, sloužících k přechodu volně žijících živočichů skrze komunikaci o rozměrech dálnice. Železniční síť neměla na objekty průchodnosti tak výrazný vliv, jako právě síť silniční, jelikož její výstavba probíhala v porovnání se silniční sítí v daleko menším měřítku (CORLATTI a kol., 2009 a SINGLETON a kol., 2002, PFEIFFER a kol., 2020).

Termínem migrační objekt nelze chápat jen samotný stavební objekt, ale migračním objektem může zároveň být další navazující objekt, popřípadě úprava okolí, jež proběhla v průběhu výstavby a je funkčně napojena na primární stavební objekt. Mezi tyto objekty lze řadit například terénní práce různých rozsahů, vegetační úpravy, či oplocení. Tyto prvky svou funkcí výraznou měrou ovlivňují celkový migrační potenciál migračního objektu jako celku (ANDĚL a kol., 2011).

Efektivnost stavby přechodů pro divokou zvěř je na vysoké úrovni v případě, že je přechod v hodně lokalizován do oblasti, kde se dá nejpravděpodobněji přechod zvěře

předpokládat. Z tohoto důvodu bývají přechody lokalizovány do oblastí s výskytem biokoridorů a do oblastí, kde se zvěř shlukuje. Nezanedbatelnou roli při volbě vhodné lokace přechodu mají druhy živočichů, které se v příslušné oblasti nacházejí a které by tak potencionálně mohly tento přechod využít, těmto skutečnostem se rovněž přizpůsobuje technická úprava konstrukce přechodu. Náklady spojené s výstavbou a údržbou většiny přechodů volně žijících živočichů jsou v porovnání s ekologickými dopady na populace živočichů zanedbatelné. Souběžně s tím přechody pro volně žijící zvěř snižují počet dopravních nehod způsobených srážkou jedoucího vozidla se zvěří, snižují škody na zdraví a škody na majetku zúčastněných lidí.

## 9.1 Migrační podchody

Podchody patří mezi migrační objekty, ve kterých probíhá pohyb volně žijících živočichů spodní částí objektu. Podchody jsou provedeny skrze komunikace ve spodní části, zpravidla se jedná o betonové trubky, nebo betonové klenby. Podchody jsou dále děleny podle primárního účelu a velikosti na propustky a mosty na komunikaci.

### 9.1.1 Propustky

Propustky jsou velikostně menší stavební objekty, které svou funkcí neslouží primárně jako migrační objekty, nýbrž jako objekty vodohospodářské funkce. Slouží k odvádění srážek z polí, nebo jako odvádění vody z menších vodních toků. Rozměrově jsou propustky vázány na rozměry dopravní komunikace, skrze kterou jsou vedeny a na šířce koryta vodního toku. Zpravidla lze rozlišit 4 typy velikosti propustků. Při šířce komunikace do 7 metrů, která je rozměrově v kategorii silnice 3. třídy je používán trubní propustek, který má průměr od 0,5 m do 1 m. Tyto velikostně menší propustky jsou zpravidla využívány menšími druhy živočichů, jako jsou obojživelníci, plazy a menší druhy savců. V případě větší šířky komunikace bývá budován rámový propustek, který má tvar obdélníku a dosahuje délky 10 m a výšky a šířky minimálně 70 cm. Rámový propustek bývá využíván menšími savci. V případě, že se jedná o dálnici, popřípadě rychlostní silnici 1. třídy zvětšuje se úměrně rozměrům komunikace i rozměr propustku. Pokud je například délka podchodu 25 m, šířka a výška propustku je 2 x 1

m. Se zvětšujícími se rozměry propustků roste zároveň i počet druhů, které mohou tyto objekty využít k migraci. Limitujícím faktorem pro zvěř není pouze samotná velikost objektu, ale také množství vody, které propustkem proudí, jelikož je například při vydatných deštích nebo při jarním tání sněhové pokrývky zvýšená hladina vody, která propustkem protéká, snižuje se tak pro mnohé druhy možnost tento migrační objekt využít (ANDĚL a kol., 2011).



Obrázek 4: Trubní a rámový propustek (silniční obchvat města Holic)  
Zdroj: vlastní zpracování; 2021

### 9.1.2 Mosty na komunikaci

Migrační objekty v podobě mostů na dopravních komunikacích slouží ke zdolávání vodních ploch, terénních nerovností, komunikací nižších tříd, sídelních jednotek apod. Největšího významu dosahují mosty vedoucí přes komunikaci pro snižování bariérového efektu dopravních komunikací, kdy volně žijící živočichové využívají cesty pod mosty k migraci. Typickým jevem je u těchto migračních objektů rozdílná míra velikostí. Například v nížinatých oblastech jsou budovány objekty malých rozměrů, v oblastech typických například pro Alpské jsou naopak stavěny objekty velkých rozměrů, které mohou dosahovat délek i několikaset metrů (FAHRIG a kol., 2009).

Mosty plnící ekologické funkce se mohou dělit na mosty přímo pojížděné, které jsou tvořeny betonovou deskou, na kterou je položen asfalt (viz. obr. č. 5). Tento typ mostní konstrukce je zpravidla hůře začleněn do svého okolí, jelikož vegetační úpravy mohou být pouze po stranách přemostění, v jiných místech to kvůli betonové konstrukci není možné. Samotná konstrukce mostu má rovněž negativní vliv v podobě zvýšené hlučnosti a prašnosti z dopravy. Dalším typem mostní konstrukce je most přesýpaný, který má mezi mostní konstrukcí a stropem podchodu vrstvu zeminy, která působí rovněž jako protihluková bariéra a zároveň jako vrstva vegetačního pokryvu, který způsobuje lepší začlenění do území (ANDĚL a kol., 2011).



*Obrázek 5: Mostní konstrukce typu přímo pojížděného mostu (silniční obchvat města Holic)  
Zdroj: vlastní zpracování*

## 9.2 Migrační nadchody

Migrační nadchody jsou stavební objekty, které slouží k migraci živočichů nad úrovní dopravní komunikace, která je vedena pod mostní konstrukcí. Tyto stavení objekty se nazývají ekodukty. Tento typ staveb se nejčastěji vyskytuje na dálnicích a na rychlostních silnicích s více dopravními pruhy v jednom směru. Komunikace je zpravidla po celé své délce oplocena a tím zabraňuje vstup volně žijícím živočichům přímo na vozovku. Samotný nadchod je rovněž oplocený a pokrytý zelení, aby zapadl do celkového rázu krajiny a představoval pro živočichy přírodní a bezpečný přechod napříč dopravní komunikací. V místech, kde se nachází migrační nadchod plot chybí a svádí tak živočichy k přechodu v předem určeném místě. K lepšímu navádění slouží rovněž i okraj nadchodu, který je v místech vstupu rozšířen a směrem ke středu se zmenšuje, takovýto tvar směřuje živočichy ke vstupu a nezpůsobuje u nich stres z úzkého přechodu. Ideální šířka mostu je v rozmezí 20-40 m, přičemž šířka 40 m poskytuje i větším savcům komfortní přechod (ANDĚL a kol., 2011).

Migrační nadchod může být rovněž tunelové konstrukce, přičemž je dopravní komunikace svedena do tunelu a migrační nadchod je stejně, jako u mostní konstrukce veden po vrchní hraně konstrukce tunelu (viz. obr. č. 6, obr. č. 7). U tohoto typu migračního objektu je ekologická činnost spíše sekundárním jevem, kdy je tunel primárně budován pro dopravní požadavky za účelem překonání terénní deprese nebo přírodní překážky v podobě zvlněného reliéfu. Podobně, jako je tomu i u mostního nadchodu je i tunelový nadchod oplocen a pokryt zelení, aby tak co nejvíce zapadl do okolní krajiny (Anděl a kol., 2011).



Obrázek 6: Migrační nadchod tunelového typu (D11 – ekodukt Žehuň)

Zdroj: ceskadalnice.cz

Dostupné online: <http://foto.ceskadalnice.cz/nase-foto/objekt/ekodukt/d11-zehun/slides/02.html>





*Obrázek 7: Migrační nadchod mostového typu (D1 – ekodukt Hrabůvka)*

*Zdroj: ceskedalnice.cz*

*Dostupné online: [http://foto.ceskedalnice.cz/nase-foto/provoz/d1/usek\\_5/081125/slides/211.html](http://foto.ceskedalnice.cz/nase-foto/provoz/d1/usek_5/081125/slides/211.html)*

Specifickým typem migračního nadchodu je mostek přes komunikaci, sloužící veverkám k překonávání komunikací (viz. obr. č. 8). Tento mostek bývá budován v zalesněných oblastech, jejichž kompaktnost byla narušena výstavbou liniových dopravních staveb. Mostky často využívají jako podpůrnou konstrukci již existující systémy konstrukcí, konkrétně například systém mýtných bran. Nad těmito branami je ukotvena kláda stromu, která poskytuje veverkám ideální možnost přechodu skrze komunikaci přímo z koruny stromů, nacházejících se v těsné blízkosti dopravní komunikace (STAMPS a kol., 1987).



*Obrázek 8: Mostek pro veverky*

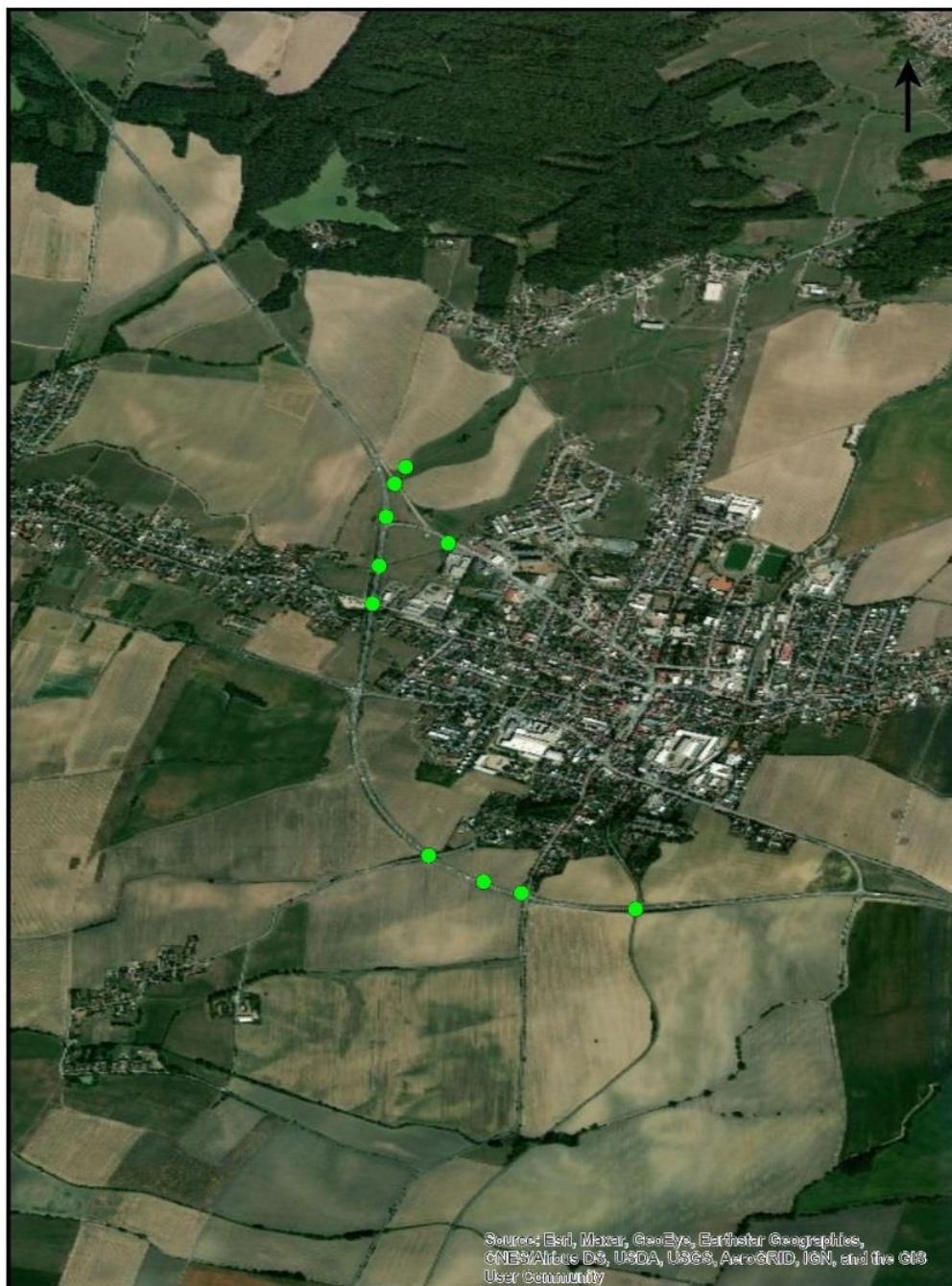
*Zdroj: ceskladalnice.cz*

### 9.2.1 Objekty primárně nebudované za účelem migrace

Migračními objekty nemusí být primárně pouze objekty, budované za účelem migrace volně žijících živočichů. K těmto objektům se řadí převážně objekty zemědělské činnosti, tedy například uměle vytvořené přejezdy pro zemědělskou techniku, antropogenně přeměněné prvky v krajině, jako jsou například navezené haldy zeminy ze staveb dopravních komunikací (viz. obr. č. 9). Antropogenně vzniklé úpravy krajiny za jiným účelem, než pro migraci volně žijících živočichů je v krajině mnoho, jen jsou veřejností vnímána pouze jako například mostky pro přejezd zemědělské techniky, a ne jako mostky sloužící k přechodu zvěře (HEBBLEWHITE a kol., 2020).



*Obrázek 9: Betonový mostek vzniklý pro agrární účely využívány zvěří k migraci (zázemí obchvatu města Holic)  
Zdroj: vlastní zpracování*



- Stavební prvky prostupnosti krajiny
- Podkladová vrstva - ORTOFOTO



Obrázek 10: Mapa stavebních prvků prostupnosti krajiny  
Zdroj: vlastní zpracování

V zázemí silničního obchvatu Holic se nachází 10 stavebních prvků, které byly vybudovány souběžně s výstavbou obchvatu ať už za účelem usnadňujícím pohyb v krajině nebo za účelem jiným. Tyto prvky nejsou v prostoru rozmístěny rovnoměrně po celé délce obchvatu, ale jsou lokalizovány v jeho severní a jižní části. Koncentrace těchto prvků ve dvou prostorově nevýrazných místech je zapříčiněna otevřeností krajiny, kde lze přechod zvěře skrze komunikace nejpravděpodobněji očekávat. V jižní části obchvatu se nachází dva mosty přes silnici I/35, kdy jeden slouží jako dopravní spojnice města Holice se svou městskou částí Roveňskem a druhý z nich je využíván k jednokolejné železniční dopravě (viz. obr. č. 10).

Nejčastěji se vyskytujícími stavebními prvky, které by mohly být využívány živočichy v prostupnosti krajinou jsou propustky menších rozměrů. Tyto propustky jsou zpravidla tvořeny trubkou různých průměrů, kterou proudí menší vodní toky lokálních významů. Tyto propustky slouží primárně k odvodu povrchové dešťové vody z okolních polí a dopravních ploch, nicméně v obdobích, kdy je objem vody v propustcích minimální mohou a jsou využívány živočichy k pohybu skrze ně.

Chodcům a cyklistům slouží k pohybu silniční most, který byl vystavěn za účelem bezpečného přechodu chodců a cyklistů přes komunikaci I/35. Přesto, že vozovka vedoucí mostem neodděluje jedoucí vozidla od jedoucích cyklistů, popřípadě od pohybujících se chodců je pohyb pro člověka po mostě daleko bezpečnější než přechod komunikace přes křižovatku, která se nachází o několik desítek metrů dále, ve směru na Vysoké Mýto.

## 10 Zájmové území

Zájmovým územím, které bylo použito pro studium změn v prostupnosti územím byl silniční obchvat města Holice, nacházejícím se na území Pardubického kraje v okrese Pardubice. Tato oblast prošla velkou proměnou, a to především v souvislosti s výstavbou obchvatu města. Proces výstavby započal v průběhu roku 2006 a dokončen byl v prosinci roku 2008. Samotné město Holice se nachází na silniční křižovatce silnice I/35 a I/36. První komunikace spojuje Liberec a Hradec Králové s Olomoucí a druhá I/36 je spojnicí se silnicí I/1, která spojuje Hradec Králové s Ostravou a pokračuje dále na Slovensko. Obě tyto komunikace jsou hojně využívány jak osobní dopravou, tak i dopravou nákladní. V důsledku absence dálničního koridoru, který by nahrazoval tyto komunikace, proudí tudy veškerá nákladní doprava. Obchvat města, který má délku 4,2 km a prochází prolukou v bytové zástavbě mezi obcemi Horní Ředice a Holice a dále pokračuje extravilánem obce Holice dále na východ ve směru na Vysoké Mýto odvádí nákladní dopravu z obydlých částí (HLADÍK, 2014).


V zájmovém území se nachází několik rozsáhlejších zalesněných oblastí, a to převážně v severní části obchvatu, podél rybníka Hluboký a rovněž také v Přírodní rezervaci Žernov. Obě rozsáhlé zalesněné plochy představují vhodná prostředí pro život divoké zvěře. Mezi těmito celky existuje konektivita v přesunu volně žijících živočichů, která byla však narušena výstavbou silnicí I/35. Na severní a jižní části obchvatu vedou biokoridory lokálního významu. Většina obchvatu prochází extravilánem obce, tudíž i zemědělsky využívanou plochou, kde se volně žijící živočichové pohybují, získávají potravu. Jedná se především o srnce obecného. Nicméně se tam vyskytují i zajíc polní, bažant obecný, koroptev polní nebo hraboš polní. Výjimečně se může v oblasti vyskytovat i prase divoké.

Na samotné hranici v severo-západní části katastru obce se začíná rozkládat přírodní rezervace Žernov. Tato přírodní rezervace představuje biologicky cenné území, ve kterém zbytky původních lesních porostů spolu s několika plošně rozsáhlejšími rybníky tvoří ekologicky významný ostrov v jinak zemědělsky hojně využívané krajině. Tato oblast se vyznačuje hojným výskytem vodního ptactva, které obývá převážně rákosiny a blízké okolí rybníků, lesní porosty představují útočiště pro větší savce, jako je například zajíc polní, srnec obecný apod, prase divoké apod. Zároveň vlhké oblasti v okolí rybníků představují vhodné podmínky pro výskyt různých druhů obojživelníků. Na zalesněnou oblast PR Žernov přímo navazovaly zalesněné oblasti ležící v katastru obcí Chvojenec, Vysoké Chvojno, Poběžovice a Holice. Tento ucelený systém byl narušen výstavbou silniční komunikace I/35, která od sebe oddělila rozsáhlé zalesněné plochy těchto obcí právě od PR Žernov.



 Plocha silničního obchvau města Holic

0 1,25 2,5Km




*Obrázek 11: Mapa s ortofoto snímkem znázorňující katastrální území města Holice v roce 2008  
Zdroj: Arcmap; vlastní zpracování*



 Plocha silničního obchvau města Holic

0 1,25 2,5Km



*Obrázek 12: Mapa s ortofoto snímkem znázorňující katastrální území města Holice v roce 2018  
zdroj: Arcmap; vlastní zpracování*



## 10.1 Intenzita dopravy v zájmovém území

Zájmovým územím prochází dvě komunikace I. třídy, které intenzitou provozu patří k nejzatěžovanějším silnicím v Pardubickém kraji. Počet dopravních prostředků, které po zmíněných komunikacích projíždí má zvyšující se tendenci, tato skutečnost je úzce spjatá s rozvojem individuální automobilové dopravy a s rozvojem nákladní dopravy. ŘSD ČR organizuje každých 5 let celostátní sčítání dopravy (CSD), při kterém měří intenzity dopravy na všech dálnicích a silnicích na území celé České republiky. Zvyšující se intenzita dopravy vedla k výstavbě městského obchvatu. Díky tomu se zvýšila bezpečnost uvnitř města pro chodce a cyklisty, pro které se také zlepšil pohyb po městě.

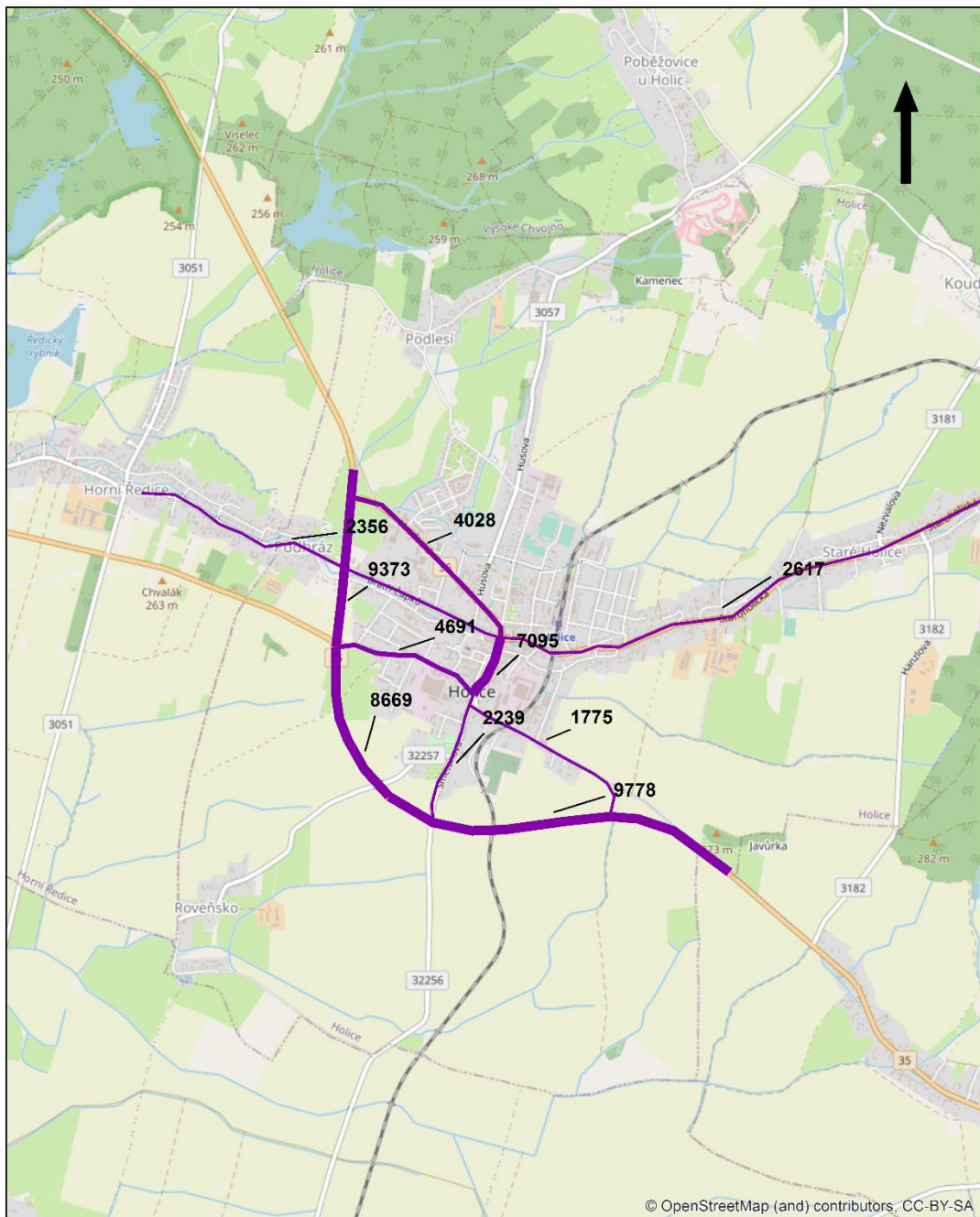
Samotné sčítání probíhalo na dálnicích automaticky, a to díky stacionárním stanicím, které sbíraly data o počtu automobilů, naopak u silnic 1. tříd a komunikací tříd nižších probíhalo sčítání dopravy za pomoci fyzicky přítomných lidských sčítatelů dopravy. Výsledky celostátních sčítání dopravy, které probíhaly v pětiletých intervalech (s výjimkou sčítání dopravy v roce 2015, které bylo oddáleno na rok 2016 z důvodů nedostatečného zajištění finančních prostředků a personálu potřebného k provedení sčítání) zobrazuje tab. č.:2. Z výsledků vyplývá, že mezi roky 2000 a 2005 měla intenzita dopravy vzrůstající tendenci. Tato skutečnost lze přisoudit ke globálnímu rozvoji individuální automobilové dopravy (DE JONG, 2004). Nicméně při sčítání dopravy v roce 2010 byla naměřená intenzita v porovnání s předešlými naměřenými hodnotami nižší. Tato skutečnost je odůvodněná dokončením a zprovozněním silničního obchvatu města, kdy část dopravních prostředků byla svedena právě ve směru ochvatu, tudíž se naměřená intenzita poměrně výrazně snížila. Při zatím posledním sčítání dopravy se již opět intenzita zvyšuje, jako tomu bylo v předešlých měřeních a při sčítání v roce 2021 lze opět očekávat nárůst intenzity dopravy ve zmíněném úseku. Nárůst dopravy by mělo zastavit zprovoznění již probíhající výstavby dálnice D35, která by měla svou funkcí nahradit právě silnici 1. třídy I/35, jejíž součástí je zmíněný silniční obchvat města.

Tabulka 1: Výsledky CSD v měřených úsecích ve městě Holice

| Výsledky CSD pro silniční obchvat Holic  |      |       |      |      |
|--|------|-------|------|------|
|  | 2000 | 2005  | 2010 | 2016 |
| <b>dvoustopá osobní vozidla</b>  | 9028 | 12240 | 6707 | 8064 |
| <b>osobní vozidla do 3,5 t</b>   | 1045 | 1457  | 838  | 1140 |
| <b>nákladní vozidla do 10 t</b>  | 447  | 721   | 395  | 386  |
| <b>nákladní vozidla nad 10 t</b>   | 2677 | 5433  | 3391 | 4548 |
| <b>intenzita cyklistického provozu<sup>1</sup></b>   | 2    | 2     | 1    | 0    |
| <sup>1</sup> hodnota 2=střední (6-50/hod)<br>hodnota 1=slabá (do 5/hod)<br>hodnota 0=žádná (0/hod) |      |       |      |      |

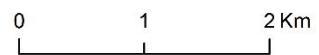
Zdroj: ŘSD; vlastní zpracování

V návaznosti na CSD si město Holice vypracovat studii ještě před samotným vyhotovením projektu výstavby městského obchvatu. Studie obsahovala výzkum provedený výpočtem intenzity dopravy, dále analýzu ekologických dopadů potencionální výstavby a zároveň dopady na obyvatele města. Výsledky studie byly předloženy orgánům zastupující Pardubický kraj a rovněž orgánům zastupující Ředitelství silnic a dálnic, pro které sloužila tato studie jako podkladová část pro následné vyhotovení samotného projektu výstavby silničního obchvatu. Ze samotného vyjádření tehdejšího holického starosty, pana Mgr. Ladislava Effenberka byla na základě studia vybudována protihluková stěna. Dále byl vybudován široký mostní průchod pro volně žijící živočichy. Z podkladů studia vznikl podnět na výstavbu silničního mostu, který by spojoval Holice s městskou částí Roveňsko a procházel by nad silnicí 1. třídy I/35. Tento 60 m dlouhý silniční most byl v roce 2009 postaven a nyní zabezpečuje pro chodce a cyklisty bezpečnější cestu ať už je to směrem z Roveňska do Holic anebo směrem z Holic do Roveňska (viz. obr. č. 16, obr. č. 17). Díky tomuto mostu se mohou chodci a cyklisté vyhnout rizikovému přejezdu komunikace I/35 a III/32256, která je do intenzity dopravy pro pohybujícího se chodce a cyklistu velice rizikovou (viz. obr. č. 19).



**Intenzita dopravy (počet vozidel za 24 hodin)**

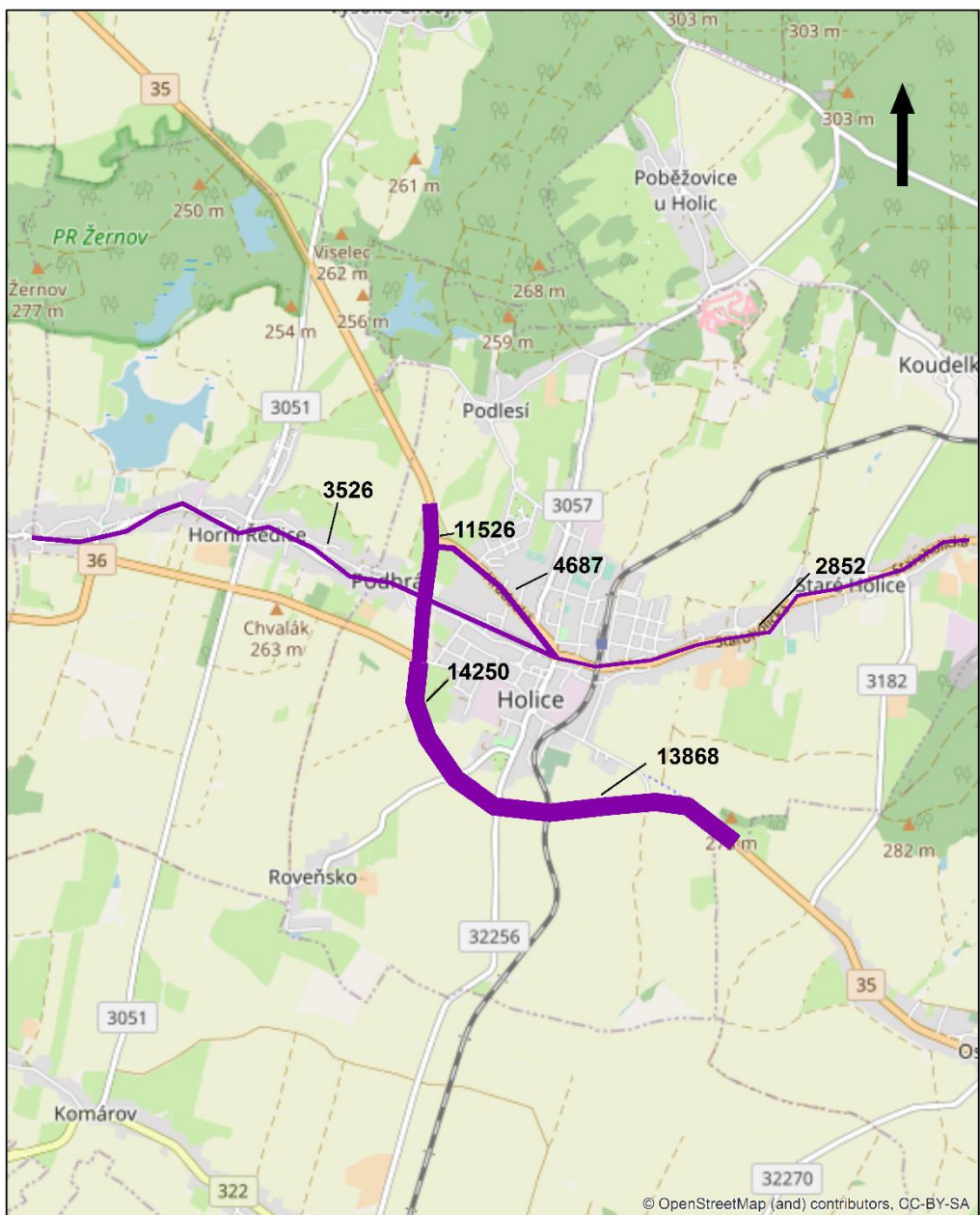
- 1 001 - 3 000
- 3 001 - 5 000
- 5 001 - 15 000



Obrázek 13: Mapa intenzity dopravy zjišťovaná při Celostátním sčítání dopravy na dálniční a silniční síti ČR 2010 zdroj: ŘSD; vlastní zpracování

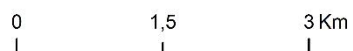
Z map vytvořených z dat z CSD vyplývá, že v porovnání časového horizontu šesti let se intenzita dopravy na obchvatu města téměř zdvojnásobila (viz. obr. č. 12 a obr. č. 13). Tato skutečnost jen dokládá lokální i světový trend v rozvoji automobilové dopravy. Vlivem liberalizace trhu roste počet dojížděk za prací, nárůst poptávky po zlepšení infrastruktury veřejné dopravy se projevuje ve zdražování veřejné dopravy, které má za následek zvýšení individuální automobilové dopravy. Vstup České republiky do Evropské unie znamenal pro Českou republiku značný nárůst nákladní dopravy, která se díky evropskému jednotnému trhu stala hlavní hybnou silou, kdy mezinárodní nákladní doprava zabezpečuje pohyb materiálu a výrobků napříč evropským kontinentem, od místa výroby až k místu spotřeby (SCHMEIDLER; 2005).

Vlivem rozvoje individuální dopravy je kladen stále větší důraz na to, aby byla doprava v co největší míře vyvedena z center měst do jejich extravilánu, kde by nenarušovala koncepční růst měst a zároveň nepředstavovala hrozbu pro obyvatele žijící ve městech. Z těchto důvodů jsou budovány městské silniční obchvaty. Pro dopravu představují silniční obchvaty rychlejší způsob cesty skrze městskou zástavbu, nicméně pro přírodu představuje budování takto rozsáhlé dopravní infrastruktury obrovské zásahy do dlouhodobě fungujících přírodních systémů (SPERANZA, 2018).



**Intenzita dopravy (počet vozidel za 24 hodin)**

- 1 001 - 3 000
- 3 001 - 5 000
- 5 001 - 15 000



Obrázek 14: Mapa intenzity dopravy vzniklé při Celostátním sčítání dopravy na dálniční a silniční síti ČR 2016  
Zdroj: ŘSD; vlastní zpracování

## 10.2 Incidenty vzniklé dopravou v zázemí silničního obchvatu

Společně se vzrůstající intenzitou dopravy roste počet dopravních nehod, např. střety jedoucího vozidla s chodcem, popřípadě s jiným vozidlem nebo s lesní zvěří. Z dat poskytnutých Policií ČR vytvořilo CDV internetový portál, na kterém se nacházejí data o incidentech týkajících se různých druhů dopravních nehod. Data jsou rovněž doplněna podrobnými informacemi o incidentech spolu s jejím znázornění na podkladových mapách.

Z dat poskytnutých CDV vyplývá, že v případě počtu srážek s chodci bylo období předcházející výstavbě silničního ochvatu města téměř totožné s obdobím po výstavbě (viz. tab. č. 2). Tato skutečnost je převážně ovlivněna faktem, že k převážné většině srážek chodců došlo přímo v samém centru města Holic, kde je shluk obyvatel největší, a tudíž je zde i zvýšené riziko incidentů chodce s jedoucím vozidlem při přechodu přes komunikaci. Vzhledem k tomu, že se na náměstí v Holicích nacházejí pouze 2 přechody pro chodce na poměrně dlouhé části komunikace (viz. obr. č. 14), dochází k častému přechodu chodců přes komunikace mimo vyznačená místa přímo k přechodu určená.

*Tabulka 2: Tabulka znázorňující počet srážek s chodci na území města Holic*

| Srážka jedoucího vozidla s chodcem |          |               |               |              |            |
|------------------------------------|----------|---------------|---------------|--------------|------------|
|                                    | Usmrceno | Těžce zraněno | Lehce zraněno | Nehod celkem | Nehod/rok  |
| 1.1.2006 - 31. 12.2009             | 1        | 0             | 10            | 10           | 2,5        |
| 1.1.2010 - 31.12.2015              | 0        | 0             | 4             | 4            | 0,8        |
| 1.1. 2016 - 31.12.2020             | 0        | 2             | 7             | 8            | 1,6        |
| <b>Celkem</b>                      | <b>1</b> | <b>2</b>      | <b>21</b>     | <b>22</b>    | <b>1,4</b> |

*Zdroj: CDV; vlastní zpracování*

Z detailních informací záznamů dopravních nehodách poskytnutých Policií ČR vyplývá, že většina nehod s chodci se stala na vyznačeném přechodu pro chodce a za příznivých rozhledových a povětrnostních podmínek. Zároveň chování chodců bylo ve většině správné. Tato skutečnost dokládá, že ve většině případů byl za viníka nehody označen řidič jedoucího vozidla, který nevěnoval dostatečnou míru pozornosti při řízení, popřípadě nepřizpůsobil rychlost stavu vozovky. Nicméně vyskytlo se i několik případů, kdy chodec naopak svým chováním zapříčinil dopravní nehodu. Chodci v těchto případech přecházeli

komunikaci v místech neoznačených a neurčených k přechodu pro chodce a zároveň nevěnovali dostatečnou pozornost projíždějícím vozidlům.

Srážky jedoucích vozidel s chodci byly v rámci katastrálního území obce Holic koncentrovány do samého centra obce. V centru obce, kde se nachází náměstí T.G. Masaryka je lokalizována převážná většina obchodů a služeb, které se v obci Holice nacházejí. Z tohoto důvodu je zde koncentrace obyvatel nejvyšší, obzvláště v pracovní dny. Tuto skutečnost opět dokládají detailní informace o jednotlivých dopravních nehodách, kdy informace o tom, kdy k nehodě došlo dokazuje, že většina srážek chodců s jedoucím vozidlem se stala v průběhu pracovního týdne (viz. příloha č. 5).

Vysoká koncentrace srážek chodců s jedoucím vozidlem je v místech, kde se nachází křižovatka komunikací I/35 a I/36. Na této křižovatce se nacházejí 3 přechody v blízkosti několika desítek m od sebe. Vzhledem k tomu, že zde v minulosti byla a do současnosti stále přetrvala vysoká intenzita dopravy je zde zvýšený počet sražených chodců. Situaci nepřispívá fakt, že se tato křižovatka nachází na pěší trase žáků, kteří procházejí z autobusového nádraží směrem do dvou základních škol, které se nacházejí v těsném sousedství této křižovatky. Druhým rizikovým úsekem pro chodce je úsek silnice I/36 procházející náměstím T.G. Masaryka. V této lokalitě se nacházejí celkem 3 přechody pro chodce, z toho 2 přes silnice I/36. Na poměrně dlouhém a přehledném úseku komunikace se již stalo několik dopravních nehod. Převážná většina z nich byla zaviněna řidiči jedoucích vozidel, kteří nevěnovali dostatečnou pozornost okolnímu provozu a svou nepozorností způsobili střet svého vozidla s chodcem, který přecházel na vyznačeném místě komunikaci (viz. příloha č. 3, tab. č. 3).

*Tabulka 3: Tabulka znázorňující příčiny srážek jedoucích vozidel s chodci ve vybraných časových obdobích*

| <b>Příčina srážky jedoucího vozidla s chodcem</b> |   |                                   |                           |                                      |                     |
|---|---|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------|
|   | <b>Řidič se plně nevěnoval řízení vozidla</b> | <b>Nezvládnutí řízení vozidla</b> | <b>Nezaviněná řidičem</b> | <b>Chodci na vyznačeném přechodu</b> | <b>Nehod celkem</b> |
| 1.1.2006 - 31. 12.2009                            | 3   | 3                                 | 2                         | 2                                    | <b>10</b>           |
| 1.1.2010 - 31.12.2015                             | 1   | 1                                 | 1                         | 1                                    | <b>4</b>            |
| 1.1.2016 – 31.12.2020                             | 3   | 2                                 | 0                         | 3                                    | <b>8</b>            |
| <b>Celkem</b>                                     | <b>7</b>                                      | <b>6</b>                          | <b>3</b>                  | <b>6</b>                             | <b>22</b>           |

*Zdroj: CDV; vlastní zpracování*

Absence přechodu pro chodce v okrajové části města, kde se nachází největší sídliště spolu s největšími obchody v katastru města, které jsou od sebe odděleny silniční komunikací rovněž zvyšuje riziko střetu chodce s jedoucím vozidlem. Z tohoto důvodu město Holice podalo žádost na ŘSD o vyznačení několika nových přechodů pro chodce, společně i s přechodem pro cyklisty.



*Obrázek 15: Silnice I/36 procházející náměstím Tomáše Garrigua Masaryka v Holicích  
Zdroj: vlastní zpracování; 2021*



V souvislosti s bezpečným přechodem chodců a cyklistů komunikace I/35 byl vybudován v jižním zázemí silničního okruhu most, který spojuje město Holice s jednou z jeho městských částí, s částí Roveňsko. Tento most sice neslouží pouze chodcům nebo cyklistům, ale využívá se rovněž individuální automobilovou dopravou.



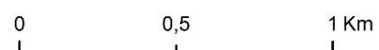
*Obrázek 16: Most spojující město Holice s městskou částí Roveňsko  
Zdroj: vlastní zpracování; 2021*



*Obrázek 17: Vozovka mostu spojujícího město Holice s městskou částí Roveňsko  
Zdroj: vlastní zpracování; 2021*



- Srážky chodců od 1.1. 2010 do 31.12. 2020
- Srážky chodců od 1.1. 2006 do 31.12. 2009



Obrázek 18: Mapa zobrazující srážky chodců s dopravním prostředkem na území města Holice  
 Zdroj: ESRI; vlastní zpracování

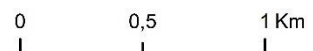
Pro přesnější vyhodnocení počtu srážek s jedoucimi nekolejovými vozidly, tedy s automobily bylo zapotřebí vyfiltrování si úseku silnice I/35, která je pro vymezené území stěžejní. Po vyfiltrování silnice I/35 se v prvním sledovaném období koncentrovaly dopravní nehody do centra města Holice, jelikož se zde ještě nenacházel obchvat města, tudíž doprava procházela centrem města a v místech, kde dochází ke křížení silnic se srážky shlukovaly. Naopak v případě druhého sledovaného časového intervalu docházelo již k dopravním nehodám v intravilánu města, na silničním obchvatu, nicméně opět docházelo ke shlukování dopravních nehod v místech křížení cest. Co do počtu dopravních nehod byl první sledovaný časový interval početnější na srážky vozidel, nicméně druhý časový interval zaznamenal více fatálních dopravních nehod (viz. tab. č. 4). Tuto skutečnost lze připisovat zvýšení rychlosti dopravy na silničním obchvatu, kdy, pokud docházelo k nehodám v centru města, docházelo k nim v rychlostech maximálně 50 km/h, avšak na silničním obchvatu města je maximální povolená rychlost 90 km/h, a v této rychlosti má srážka vozidel daleko fatálnější následky na lidském zdraví. Právě v úsecích, na kterých je maximální povolená rychlost 90 km/h došlo ke všem nehodám, při nichž minimálně jedna zúčastněná strana utrpěla ujmu na životě (viz obr. č. 20). V důsledku těchto skutečností byla v úseku křižovatky s víceúrovňovým křížením komunikace upravena maximální povolená rychlost na 70 km/h z důvodu ochrany řidičů.



*Obrázek 19: Rizikové křížení komunikace I/35  
Zdroj: vlastní zpracování; 2021*



- + Nehody s následky smrtelného zranění (od 1.1.2006 do 31.12.2009)
- \* Nehody s následky těžkého zranění (od 1.1.2006 do 31.12.2009)
- + Nehody s následky smrtelného zranění (od 1.1.2006 do 31.12.2009)
- \* Nehody s následky těžkého zranění (od 1.1.2010 do 31.12.2020)



Obrázek 20: Mapa zobrazující tragické dopravní nehody na území města Holice  
Zdroj: ESRI; vlastní zpracování

V souvislostech s rizikovým přejezdem komunikace I/35 se vypracovává analýza tohoto úseku dopravního tahu, jejíž součástí bude i plán na technickou úpravu křižovatky. Ze zpráv Městského úřadu v Holicích vyplývá, že nejpravděpodobnější variantou úpravy křižovatky bude její úplné zrušení a doprava, která touto křižovatkou směřovala na jih do obcí Dolní Roveň, bude projíždět po mostu, který se nachází severozápadně od zmiňované křižovatky. Tento most však nevyhovuje kapacitním standardům pro nákladní dopravu, proto by mělo dojít k technickým úpravám, při kterých by měla být vyztužena konstrukce mostu, dále by mělo dojít k jeho rozšíření a vytvoření pruhu pro cyklisty a chodce. Tento způsob úpravy mostu by měl být finančně i časově méně náročný než výstavba nového nadjezdu přes komunikaci I/35. Nicméně samotná úprava by neměla začít dříve než v roce 2025. A vzhledem ke skutečnosti, že v současné době probíhá výstavba dálnice D35, která by měla stávající komunikaci I/35 kapacitně nahradit, je pravděpodobné, že k samotné úpravě nadjezdu z důvodu nerentability ani nedojde, jelikož plánované zprovoznění úseku dálnice D35 je datováno na rok 2022.

*Tabulka 4: Tabulka znázorňující počet srážek s jedoucím nekolejovým vozidlem na území města Holic se zaměřením na úsek silnice I/35*

| <b>Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem</b> |                 |                      |                      |                     |                  |
|---|-----------------|----------------------|----------------------|---------------------|------------------|
|   | <b>Usmrceno</b> | <b>Těžce zraněno</b> | <b>Lehce zraněno</b> | <b>Nehod celkem</b> | <b>Nehod/rok</b> |
| 1.1.2006 - 31. 12.2009                        | 2               | 5                    | 58                   | 176                 | <b>44</b>        |
| 1.1.2010 - 31.12.2015                         | 4               | 9                    | 88                   | 109                 | <b>18,2</b>      |
| 1.1.2016 – 31.12.2020                         | 1               | 5                    | 70                   | 89                  | <b>17,8</b>      |
| <b>Celkem</b>                                 | <b>7</b>        | <b>19</b>            | <b>216</b>           | <b>374</b>          | <b>25</b>        |

*Zdroj: CDV; vlastní zpracování*

### 10.2.1 Střety se zvěří

Registrovaný počet sražené zvěře je v porovnání s počtem dopravních nehod nízký. Je to do jisté míry tím, že ne všechny incidenty se zvěří bývají hlášeny, jelikož bývají ohlášeny pouze srážky, při kterých vznikne škoda na majetku, popřípadě dojde k újmě na zdraví osoby jedoucí ve vozidle. Často dochází ke střetu s menším živočichem, například s plazem, obojživelníkem, nebo menšími druhy savců, kdy řidič jedoucího vozidla ani nezaznamená, že k nějakému střetu došlo. Stejně tomu může být i v případě, pokud například nákladní automobil srazí zajíce, ani tehdy nemusí dojít k nahlášení události, jelikož si řidič vozidla neuvědomuje, že ke srážce došlo. Z tohoto důvodu lze tato data považovat za orientační, nikoli naprosto přesná.

Z dat zveřejněných CDV vyplývá, že do početnosti srážek se zvěří bylo období po dokončení výstavby silničního obchvatu města větší než období, které obchvatu předcházelo. V prvním sledovaném období totiž doprava procházela přímo městem, a proto zde bylo zaznamenáno méně incidentů vozidel se zvěří. Pokud komunikace prochází intravilánem obce, neprotíná tak migrační koridory volně žijících živočichů, pro které tento způsob vedení komunikace nepředstavuje bariéru při jejich migraci v krajině. Bariérou je samotné zastavěné území. V druhém sledovaném období byl počet srážek se zvěří vyšší, a to z důvodu vyvedení dopravní komunikace do extravilánu obce, kde již silnice představuje migrační bariéru pro volně žijící živočichy, pro které se tak pohyb v přeměněné krajině stává riskantní. K rizikovosti přispívá kromě zvyšující se intenzity dopravy i skutečnost, že zde chybí opatření proti střetům se zvěří. V těchto otevřených úsecích komunikace dochází ke střetům se zvěří nejvíce, viz. obr. č. 21 a obr. č. 22), v místech, kde se nachází prvky stěžující pohyb živočichů je výskyt incidentů zvěře s vozidly ojedinělý (viz. obr. č. 10 a obr. č. 23). Nicméně, podél většiny rozlohy silničního obchvatu se nachází stavební prvky, které mají za cíl umožnit volně žijícím živočichům bezpečný přechod skrze komunikaci. S výjimkou v oblasti jižního – jihovýchodního zázemí okruhu, kde právě tyto prvky chybí (viz. obr. č. 10) Tyto prvky mají hned několik podob, nejčastěji se zde vyskytují betonové propustky různých rozměrů, které kromě odvodu povrchové vody představují možnost bezpečného průchodu pro různé druhy živočichů v závislosti na svých rozměrových parametrech. Kromě betonových propustek menších rozměrů, které slouží převážně k migraci menších druhů živočichů se v zázemí obchvatu nachází rovněž pojízdný mostový propustek, který je větších rozměrů a poskytuje tak

možnost průchodu pro zvěř větších rozměrů, jako je například srnec obecný, popřípadě prase divoké.



Obrázek 21: Fotografie silničního obchvatu města Holic

Zdroj: vlastní zpracování; 2021

Z poměrně detailních popisků incidentů, které byly zaznamenány Policií České republiky a které byly zároveň poskytnuty CDV nelze jednoznačně konstatovat roční období, které by bylo z hlediska výskytu sražené zvěře pro živočichy při přechodu komunikace rizikovější, jelikož výskyt srážek se zvěří byl v průběhu roku poměrně konstantní.

Tabulka 5: Tabulka znázorňující počet srážek se zvěří na území města Holic se zaměřením na úsek silnice I/35

| Srážka se zvěří        |                      |                           |               |            |
|------------------------|----------------------|---------------------------|---------------|------------|
|                        | Srážka s lesní zvěří | Srážka s domácím zvířetem | Srážek celkem | Srážek/rok |
| 1.1.2006 - 31. 12.2009 | 11                   | 2                         | 13            | 2,6        |
| 1.1.2010 - 31.12.2015  | 6                    | 2                         | 8             | 1,3        |
| 1.1.2016 – 31.12.2020  | 13                   | 2                         | 15            | 4          |
| <b>Celkem</b>          | <b>30</b>            | <b>6</b>                  | <b>36</b>     | <b>2,4</b> |

Zdroj: CDV; vlastní zpracování

Ke střetům jedoucích vozidel se zvířata docházelo v úsecích komunikace, které vedly skrze otevřená území. Po celé délce silničního obchvatu města rovněž absentuje výstražné značení, jež by upozorňovalo řidiče na možnost výskytu zvěře na vozovce, stejně tak v místech, kde dochází ke střetům se zvěří nejčastěji není omezená nejvyšší povolená rychlost, která by umožnila vozidlům včasěji reagovat na případný výskyt živočichů na vozovce. Přesto, že ke střetům se zvěří dochází v přehledných úsecích komunikace, rychlost jedoucích vozidel spolu s rozdílnými reakčními schopnosti jak řidičů vozidel, tak samotných živočichů způsobuje vznik incidentů vozidla se zvěří.

S ohledem na riziko vzniklé při výstavbě komunikace v otevřené krajině byly vybudovány technické prvky, které by měly umožnit volně žijícím živočichům bezpečný průchod skrze komunikace. Těchto prvků je hned několik a jsou rozmístěny v místech pravděpodobného přechodu zvěře téměř po celé délce silničního obchvatu. V místech, kde se tyto prvky nachází se četnost srážek se zvěří rovnala nule. Avšak v místech, kde po výstavbě silničního obchvatu tyto stavební prvky chybí stále dochází k častému sražení zvěře. V tomto úseku není průchod zvěře skrze komunikace žádným způsobem usměrňován.

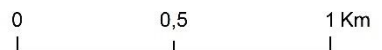


Obrázek 22: Fotografie silničního obchvatu města Holic  
Zdroj: vlastní zpracování; 2021





- Srážky se zvěří od 1.1.2010 do 31.12.2020
- Srážky se zvěří od 1.1.2006 do 31.12.2009

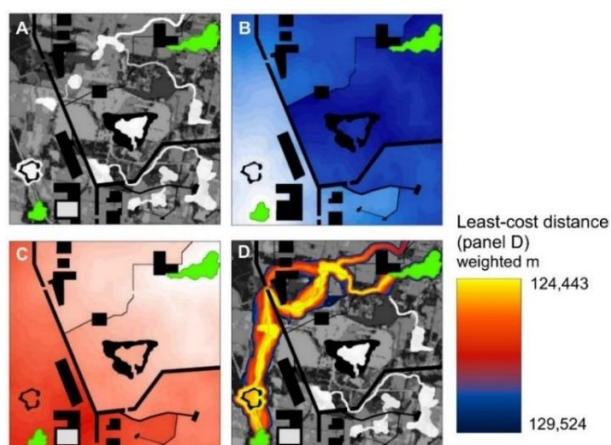


Obrázek 23: Mapa zobrazující incidenty jedoucího vozidla se zvěří v zázemí silničního obchvatu města Holice  
 Zdroj: ESRI; vlastní zpracování

## 11 Metodika výzkumu

Pro výzkum prostupnosti krajiny v zájmovém území byla zvolena metodika, vytvořená McRae a kol. (2012). Samotná metodika využívá teorii cest s nejnižšími náklady, tato metodika patří k poměrně často využívaným přístupům k hodnocení prostupnosti, která zároveň představuje komplexní analýzu příslušné oblasti (viz. obr. č. 24). Metodika byla původně využívána především k modelování konektivity ve volné přírodě, kde byl antropogenní faktor zanedbatelný, nicméně postupem času se tyto postupy začaly používat i pro hodnocení změn prostupnosti krajiny v oblastech silně ovlivněných antropogenní činností. Výstupem této části výzkumu bude model zohledňující koridory ve volné krajině a zjištění, k jakým změnám došlo po dokončení výstavby silničního obchvatu.

Základními datovými sadami sloužícími k vytvoření modelu prostupnosti územím byly mapové vrstvy získané v podobě WMS služeb z Národního geoportálu INSPIRE. Konkrétně se jednalo o vrstvy krajinného pokryvu CORINE Land Cover, základní databáze geografických dat České republiky (ZABAGED), vrstvu administrativního členění České republiky a pokladovou vrstvu archivních ortofoto snímků. Z databáze ZABAGED a z podkladových vrstev INSPIRE – Dopravní sítě byly vyobrazeny pouze ty typy komunikací, které se v zájmovém území nacházely. Vzhledem ke skutečnosti, že tato vrstva obsahovala rozdělení dopravní sítě na všechny pod-kategorie dopravních cest (dálnice, silnice pro motorová vozidla, účelové komunikace apod.), nebylo ji nutné dále upravovat podle kategorií. Zároveň byl využit rastrový digitální model reliéfu České republiky.



Obrázek 24: Grafické znázornění teorie nejnižších nákladů a znázornění koridorů  
Zdroj: McRae a kol.; 2012.

Období, pro která byly modely prostupnosti krajiny vytvářeny byly s ohledem na stavbu silničního obchvatu v zázemí města a s ohledem na dostupnost dat zvoleny roky 2008 a 2018. Pro obě tyto časová období byly aktuálně dostupné vrstvy Corine Land Cover, letecké snímky vybraného území a vrstvy dopravních komunikací. Po vložení obou podkladových vrstev do programu ArcMap bylo nejdříve zapotřebí vytvořit podkladovou mapu zájmového území, ta byla vytvořena za pomoci nástroje *Clip*. Následně bylo z důvodu transparentnosti mapového podkladu zapotřebí nastavit v záložce „Nastavení mapové vrstvy“ její průhlednost, tato průhlednost byla nastavena do takové míry, aby byla nastavena viditelnost obou podkladových vrstev.

Základní činností, kterou bylo nutné provést po získání vstupních dat bylo rozřazení typů krajinného pokryvu podle jejich bariérových efektů, které jednotlivé typy vykazují vůči volnému pohybu živých organismů, tento krok byl proveden na základě metodiky McRae a kol. (2012). Samotné hodnoty odporu byly přiřazovány na základě intenzity odporu jednotlivých krajinných prvků, přičemž prvky, které jsou minimálně antropogenně přeměněné mají hodnotu rezistence nejnižší. Se stoupající mírou přeměny krajinného pokryvu roste rovněž míra jeho rezistence. Nejvyšších hodnot rezistence dosahují rozsáhlé plochy souvislé zástavby a hustá dálniční síť. Následně byly kategorie krajinného pokryvu z důvodu dalších metodických postupů vloženy do nástroje *Linkage Mapper*, který představuje nástroj pro zmapování konektivity přírodních stanovišť. Je složen z několika nástrojů, které vyhodnocují koridory v

krajině na základě shodných hodnot rezistence (viz. tab. č. 6). Tento nástroj je potřeba nainstalovat do programu ArcMap v podobě rozšiřujících ArcGIS *Toolbox*.

Za účelem vytvoření modelu prostupnosti krajiny bylo zapotřebí vytvořit a vhodně lokalizovat navzájem propojené dvojice bodů, mezi kterými byla prostupnost krajiny modelována. Tyto body byly umístěny v místech, kde lze pohyb živočichů s největší pravděpodobností očekávat, tedy v místech výskytu významných krajinných celků (CHYTRÝ a kol., 2001). Z tohoto důvodu jsou výchozí body umístěny v zalesněných oblastech, a naopak body koncové v místech, kde se rozprostírají rozlehlé otevřené oblasti polí a luk. Právě mezi těmito lokacemi je pohyb volně žijících živočichů nejpravděpodobnější. V případě mapování prostupnosti krajiny pro člověka byly body lokalizovány do periferních oblastí katastrálního území obce Holice, konkrétně byla jedna dvojice bodů umístěna do obecních částí Podlesí a Roveňsko a druhá dvojice do obecní části Staré Holice a koncový bod byl umístěn na hranici katastru obce Holice s obcí Dolní Ředice. Tyto dvojice bodů byly umístěny na základě lokace silničního obchvatu, který tak svým umístěním mohl přerušit trasy pohybu obyvatel obce. Tyto body byly vytvořeny jako nové vrstvy bodového typu a následně vloženy do mapy v mapovém prostředí ArcMap.



Obrázek 25: Grafické znázornění teorie nejnižších nákladů v prostředí ArcMap.  
Zdroj: PINTO a kol.; 2009

<sup>4</sup> Digitální model reliéfu (DRM)

<sup>5</sup> Graficky odstupňované vzdálenosti od výchozího bodu (výsledek funkce *Cost Distance*)

<sup>6</sup> Graficky znázorněná cesta nejnižších nákladů (výsledek funkce *Cost Path*)

Cesta nejnižších nákladů slouží k tvorbě analýz konektivity území, konkrétně mezi body v území. Analýza využívá vstupní data, která mají rastrový a polygonový formát. Rastrovými vrstvami jsou digitální modely reliéfu, které jsou dále analyzovány za pomoci dalších nástrojů. Tyto další nástroje vytváří mezikrok v analýze, kdy se vytváří plošné zóny v území, které mezi zájmovými body vytváří od sebe navzájem odlišené plochy, které představují různé hodnoty vzdálenosti. Tato analýza následně slouží jako podklad pro vytvoření konečné podoby modelu konektivity, kdy za pomoci funkce *Distance* vytvoří program ArcMap liniovou spojnicí obou bodů. Tato spojnice značí trasu nejmenších nákladů mezi počátečním a koncovým bodem (viz. obr. č. 25).

*Tabulka 6: Tabulka hodnot rezistence jednotlivých typů krajinného pokryvu*

| Kategorie krajinného pokryvu            | Hodnota rezistence | Kategorie krajinného pokryvu                        | Hodnota rezistence |
|---|--------------------|---|--------------------|
| listnaté lesy                           | 1                  | vinice  | 10                 |
| jehličnaté lesy                         | 1                  | ovocné sady a keře                                  | 10                 |
| smíšené lesy                            | 1                  | vedlejší železniční trati a jejich přilehlé porosty | 20                 |
| slatiny a vřesoviště, křovinaté formace | 1                  | dopravní síť (komunikace III. tříd)                 | 20                 |
| přechodová stádia lesa a křovin         | 1                  | nesouvislá městská zástavba                         | 25                 |
| louky                                   | 5                  | dopravní síť (komunikace II. tříd)                  | 25                 |
| komplexní systémy kultur a parcel       | 5                  | dopravní síť (komunikace I. tříd)                   | 50                 |
| orná půda                               | 10                 | souvislá městská zástavba                           | 50                 |

*Zdroj: McRae; CENIA; vlastní zpracování*

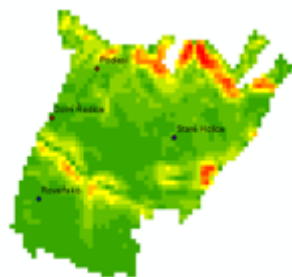
Hodnoty rezistence krajinného pokryvu byly využity jako podklad pro další zpracování v ArcMap. Za pomoci nástrojů byly vytvořeny modely prostupnosti územím mezi vybranými body. Samotné vytvoření modelu vyžadovalo několik mezikroků v podobě využití rastrových i polygonových vrstev. Konkrétně se jednalo o vrstvy sklonu reliéfu vytvořeném nástrojem *Slope*, pro který sloužil jako podklad digitální model reliéfu České republiky, který byl pro potřeby analýzy zmenšen za využití nástroje *Clip* pouze na rozsah zájmového území a dále vrstvy seskupující výsledky rastrové vrstvy sklonu reliéfu do větších celků, za tímto účelem byla použita funkce *Reclassify*. Důležité je, aby se při využití nástroje *Slope* použila rastrová vrstva zájmového území (v záložce *Environments – Raster analysis*), kdy tento krok způsobí vytvoření analýzy podle vlastností rastrové vrstvy zájmového území. Dalším krokem bylo využití funkce *Cost Distance*, kde byl využit model sklonitosti reliéfu (výsledek funkce *Slope*) a výchozí bod. K tomu, aby bylo možné provést analýzu prostupnosti mezi dvěma body bylo zapotřebí využít funkci *Cost Back Link*, která v případě této analýzy určuje směr pohybu. Tato funkce využila stejné vstupní vrstvy, jako funkce v předešlém kroku. Posledním krokem byla funkce *Cost Path*, kde byly jako vstupní data využity vrstvy koncového bodu, výslednou vrstvou z analýzy *Cost Distance* a výslednou vrstvou analýzy *Cost Back Link*, tento krok vytvoří analýzu cesty nejnižších nákladů. Následně bylo zapotřebí výstup analýzy *Cost Path* převést z rastrové do polygonové (polyline) podoby z důvodu lepšího zobrazení v mapě. Tento krok není nutný ve všech případech, pokud je rastrový formát nastavený na veliké rozlišení (například rozlišení 5x5) je výstup v mapě lépe čitelný a „zaostřený“ a není jej tak nutno převádět z rastru do polygonu. Výstupem modelu je mapa, jež zobrazuje liniovou spojnici bodů v krajině, která představuje cestu nejnižších nákladů (viz. obr. č. 25, obr. č. 28). V případě analýzy prostupnosti krajiny pro volně žijící živočichy byl k výslednému mapování cesty nejnižších nákladů vytvořen „Buffer“, tedy rozsahem širší zóna 100 m, která obklopila území výsledné cesty, tento krok byl učiněn z důvodu, že zvěř v krajině migruje volně a po prostorově rozsáhlejších území, proto výsledná analýza obsahovala rozšiřující migrační koridor. Tato činnost má za účel lepší vizualizaci a zároveň představuje i vyjádření možné odchylky od této cesty kdy, jak bylo zmíněno již dříve, zvěř v krajině migruje na poměrně rozsáhlých plochách. Tento krok byl proveden pomocí nástroje *Buffer*.

Mapové znázornění jednotlivých postupů, které následně vedly k vytvoření analýzy cesty nejnižších nákladů. Digitální model reliéfu představuje přehled o morfologii příslušné oblasti, tedy konkrétně o jeho nadmořské výšce (viz. obr. č. 26)



*Obrázek 26: Digitální model reliéfu katastrálního území obce Holice  
Zdroj: ZABAGED; vlastní zpracování*

Digitální model reliéfu (DRM) slouží jako podklad k vytvoření modelu sklonitosti příslušné oblasti, který jako proměnnou při tvorbě modelu využívá rozdílů v nadmořských výškách sousedících pixelů (viz. obr. č. 27).

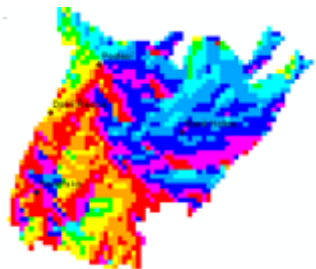


*Obrázek 27: Model sklonitosti reliéfu katastrálního území obce Holice  
Zdroj: ZABAGED; vlastní zpracování*

Další krok, tedy využití funkce *Cost Distance* využívá k modelování údaje o sklonitosti reliéfu a zároveň údaje o poloze výchozího bodu, od kterého je právě cesta nejnižších nákladů zjišťována. Výsledkem tohoto korku je mapa barevně odlišených ploch, které znázorňují oblasti od výchozího bodu nejbližší, respektive co se týče náročnosti nejsnazší až po oblasti nejvzdálenější, tedy nejnáročnější (viz. obr č 28. a obr. č. 29).



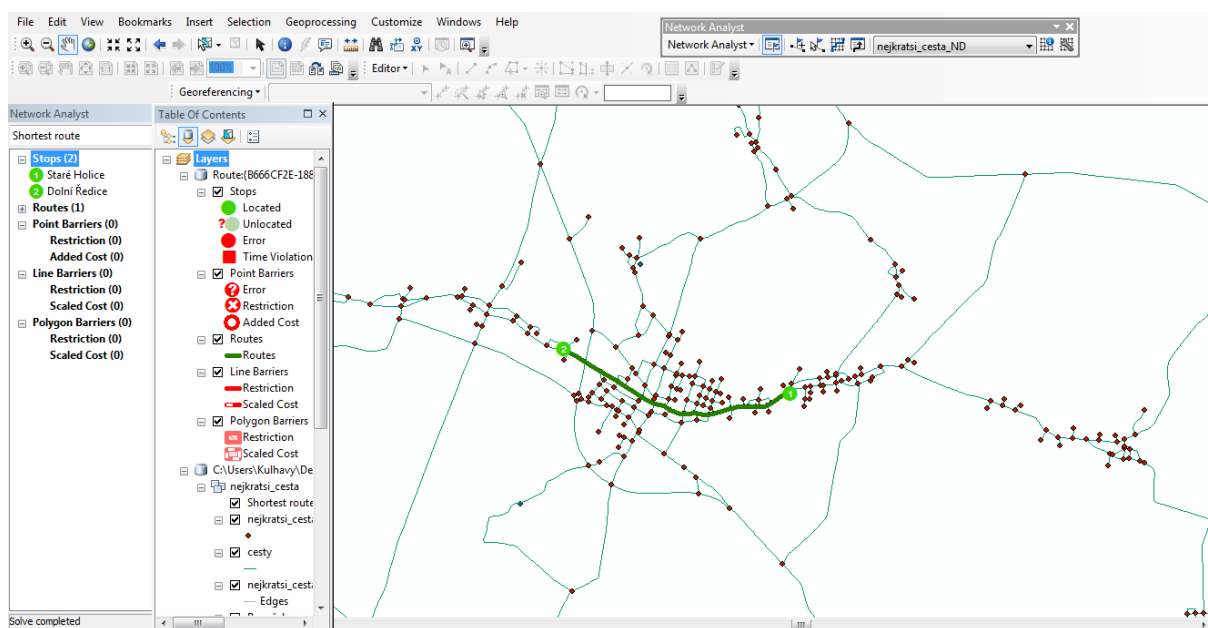
Obrázek 28: Grafické znázornění funkce *Cost Distance*  
Zdroj: ZABAGED; vlastní zpracování



Obrázek 29: Grafické znázornění funkce *Cost Back Link*  
Zdroj: ZABAGED; vlastní zpracování



K výsledkům analýzy nejnižších nákladů byly v případě výzkumu dostupnosti pro člověka připojeny výsledky *Network analyst*, které představovaly analýzu nejkratší možné cesty mezi zvolenými body. K vytvoření modelu bylo zapotřebí vypočítat délku komunikací pomocí nástroje *Calculate geometry*. Následně byl vytvořen *New Network dataset*, který zmapoval všechny dostupné komunikace a dopravní uzly. Abychom zjistili nejkratší vzdálenost mezi zvolenými body je zapotřebí mít v programu ArcMap aktivovanou funkci *Network analyst* v nástrojové liště *Toolbars*. Po vytvoření nového modelu je následně nutné vložit příslušné vrstvy do modelu, tedy vrstvy bodů. Následně je nutné provést poslední krok, a to provedení samotné analýzy nejkratší cesty, a to konkrétně za pomoci *Solve*, v nástrojové liště *Network Analyst* (viz. obr. č. 30). Tato trasa nebyla z hlediska viditelnosti ve výsledné mapě zobrazena, jelikož se překrývala s jinými cestami. Z tohoto důvodu byly pro další výzkum využity pouze číselné údaje o výsledných vzdálenost nejkratších cest. Zároveň byla vytvořena optimální cesta, která byla vytvářena s ohledem na existenci infrastruktury, která pohyb člověka usnadňuje a zároveň mu poskytuje komfortní a bezpečnou možnost pohybu mezi zvolenými body.



Obrázek 30: Grafické znázornění *Network Analyst* v programu ArcMap  
Zdroj: ArcMap, vlastní zpracování

V případě výzkumu prostupnosti krajiny pro volně žijící živočichy byla zvolena odlišná kritéria, konkrétně v případě optimální trasy byly brány v relevanci jak rezistence krajinného pokryvu, tak zároveň i lokalizace migračních objektů podél silničního obchvatu města. Hodnoty rezistence pokryvu se v místech, kudy procházela trasa sčítaly a tam, kde byl výsledný součet nejnižší byla optimální trasa umístěna. Zároveň pro zjištění nejkratší trasy mezi vybranými body byla zvolena metoda tzv. „vzdušné čáry“, která představovala nejkratší možnou vzdálenost.

Výsledky analýzy byly nakonec pomocí nástroje *Calculate geometry* vypočteny v atributové tabulce příslušných vrstev a následně převedeny do excelové tabulky, kde byly následně vyhodnoceny a porovnány mezi sebou (viz. tab. č. 7 a tab. č. 8)

## 12 Analýza prostupnosti území

K analýze prostupnosti krajiny, konkrétně tedy vývoje prostupnosti v zázemí silničního obchvatu města Holic byly předlohou 4 výsledné mapy, které představovaly grafické znázornění cest nejnižších nákladů mezi zvolenými body ve zvolených časových obdobích. V případě analýzy prostupnosti pro volně žijící živočichy byl navíc zvolen atribut rezistence krajinného pokryvu (McRAE a kol., 2012).

### 12.1 Vývoj prostupnosti území pro člověka

Z analýz prostupnosti krajiny pro obě časová období vyplynula skutečnost, že výstavba silničního obchvatu města Holic vytvořila novou překážku pro pohybující se obyvatele. Při pohybu lidí ze Starých Holic směrem na Dolní Ředice je cesta nejmenších nákladů vedena podél komunikace I/36 a dále přes centrum města po místní komunikaci až do obce Dolní Ředice v délce 3 057 m. Při výstavbě silničního obchvatu bylo vytvořeno přemostění v okrajové části katastru města Holice této místní komunikace, kdy byl nad touto komunikací vystavěn 200 m dlouhý silniční most, jež se stal součástí silničního obchvatu. Tato skutečnost výrazně přispěla k tomu, že pohyb chodců a cyklistů nebyl v této oblasti výraznou měrou ovlivněn. Převážná většina trasy je lokalizována do intravilánu obce. Současně tuto trasu doplňují rozšířené sítě chodníků a na ně navazující přechody pro chodce. Zároveň došlo po dokončení výstavby silničního obchvatu k revitalizaci obecních chodníků v této lokalitě, které přispělo k lepší prostupnosti pro chodce v těchto částech obce, konkrétně v této lokalitě vzniklo 69,5 m nových chodníků, které navázaly, na již existující. Tento projekt byl spolufinancován Evropskou unií (MĚSTO HOLICE, 2018). Pro cyklisty se však podél této trasy nenachází žádné prvky na komunikaci, které by cyklistům poskytovaly bezpečnější pohyb. Absence stezky pro cyklisty, pruhu pro cyklisty nebo přejezdu pro cyklisty představuje pro cyklisty pohybující se přímo po dopravní komunikaci zvýšené riziko střetu s jedoucím vozidlem, a to obzvláště v místech, kde se doprava koncentruje, tedy v centru města.

Při analýze druhé dvojice bodů, tedy cesty nejnižších nákladů z městské části Podlesí do městské části Roveňsko byl výstup analýzy takový, že cesta nejnižších nákladů byla vedena převážně extravilánem města Holice, konkrétně po trvalých travnatých plochách a dosahovala celkové délky 3741 m. Nicméně cesta překračovala komunikaci I/36 nedaleko sjezdu ze

silničního obchvatu a silniční obchvat překonávala nedaleko přemostění, které se nachází na místní komunikaci ve směru z Holic do Dolních Ředic. Nicméně cesta nejnižších nákladů mezi těmito body překonává silniční obchvat o několik set metrů dříve. K pohybu skrze komunikaci silničního obchvatu mohou lidé využít přímo pojízdný most, který byl primárně vybudován pro pohyb volně žijících živočichů, ale jeho umístění a technické parametry ho uzpůsobují i pro pohyb lidí. Následný pohyb lidí přes zastavěnou plochu obce Holice není omezen, jelikož se pohybují v místech s nižší intenzitou dopravy a v místech, kde se nacházejí stavební prvky (chodníky, obytné zóny), které chodce chrání před dopravními prostředky. Nicméně po překonání zástavby se na trasa nachází úsek komunikace I/36, která přímo navazuje na silniční ochvat. V těchto místech se nenachází žádný stavební prvek pro chodce, který by jej chránil před projíždějícími vozidly. Nicméně v těchto místech se nachází přehledný úsek komunikace a spolu s omezením rychlosti zde zamezily vzniku incidentu chodce s vozidlem. Následný poslední úsek cesty je veden po zemědělsky využívaných plochách a po plochách trvalých travních porostů, kde se již žádná komunikace ani jiný druh překážky pro chodce nenachází.

Výsledky analýzy se shodují s výsledky THOMPSON a kol. (2013), kdy se chodci pohybovali v prostředí, které se jim bylo následně přizpůsobováno s ohledem na jejich bezpečnost. Systém dopravní infrastruktury se stále vyvíjí.

Při porovnávání výsledků z měření jednotlivých tras vyplývá, že optimální trasa se průběhem a vzdáleností shoduje s nejkratší trasou. Tato skutečnost je výsledkem síťové analýzy, která využívá pro vytvoření analýzy data o dopravní síti, z toho důvodu jsou tyto vzdálenosti stejné. Optimální a nejkratší trasy jsou pro obě dvojice bodů vedeny částečně po místních komunikacích a zároveň částečně po silnicích I. třídy, které procházejí městem Holice. Trasa č. 1, tedy trasa z Podlesí do Roveňska byla v případě analýzy nejnižších nákladů přibližně o 400 m kratší než v případě optimální, respektive o 300 m v případě nejkratší trasy. Tento výsledek je způsoben skutečností, že analýza nejnižších nákladů nezohledňuje dopravní síť a pro tvorbu modelu využívá pouze údaje o typu reliéfu. Z toho důvodu je cesta vedena převážně přes zemědělsky využívanou krajinu a k pohybu člověka je využívána v podstatně menší míře, než je tomu v případě nejkratší a optimální trasy. Trasa č. 2, ze Starých Holic do Dolních Ředic má výsledek nejnižších nákladů naopak vyšší, než u nejkratší a optimální trasy. Rozdíl je 200 m v případě optimální trasy a 100 m v případě trasy nejkratší. Tento rozdíl není nikterak veliký, je to dáno faktem, že všechny tyto trasy jsou vedené přibližně stejnými místy, z tohoto důvodu je rozdíl vzdáleností mezi těmito trasami poměrně malý (viz. tab. č. 7).

Tabulka 7: Tabulka vzdáleností mezi vybranými body (analýza pro člověka)

| <b>Tabulka vzdáleností (analýza pro člověka)</b> |  |                            |                            |
|--|--|----------------------------|----------------------------|
|  | <b>Výsledek analýzy nejnižších nákladů (m)</b> | <b>Nejkratší trasa (m)</b> | <b>Optimální trasa (m)</b> |
| <b>1. Podlesí - Roveňsko</b>                     | 3741   | 4030                       | 4125                       |
| <b>2. Staré Holice - Dolní Ředice</b>            | 3057   | 2960                       | 2837                       |

Zdroj: vlastní zpracování

## 12.2 Vývoj prostupnosti území pro volně žijící živočichy

Vyhodnocování změn v prostupnosti krajiny bylo vyhotoveno na základě mapových výstupů. Tyto mapové výstupy zobrazují katastrální území města Holice a zároveň poskytují přehled o ekologicky hodnotných habitatech, které slouží volně žijícím živočichům v migraci a zároveň jim mohou poskytovat útočiště. První mapový výstup (příloha č. 1) je zaměřen na období před dokončením silničního ochvatu města. Významnější ekologické habitaty se rozkládají v severní a severo-západní části sledovaného území, kde se nacházejí rozsáhlejší na sebe navazující plochy lesa. V mapě (příloha č. 1) je znázorněna optimální trasa pohybu zvěře mezi oběma body. Výsledek naznačuje, že se volně žijící živočichové pohybují v místech, kde jim otevřená krajina poskytuje volnost v bezpečném pohybu. Nicméně na základě analýzy lze říci, že zvěř není schopna prostoupit krajinou z jednoho bodu do druhého, aniž by musela čelit překážce v podobě dopravní komunikace, popřípadě nějaké formě zástavby (viz příloha č. 1). Při analýze k roku 2008 se v krajině nenacházely žádné technické prvky, které by pohyb zvěře přes migrační bariéru usnadňovaly. Zároveň byla v provozu železniční trať ve směru Holice - Borohrádek (v severo-východní části katastru obce). Na jednokolejné trati byla provozována Českými drahami linka ve směru Holice – Borohrádek, tato linka byla koncem roku 2017 zrušena a v plném rozsahu nahrazena autobusovým spojením.

Při analýze vytvářené pro rok 2018 již železniční trať ve směru Holice – Borohrádek (v severo-východní části katastru obce) nebyla v provozu, i přes skutečnost, že se zde železniční trať fyzicky nachází, nepředstavuje již migrační bariéru pro volně žijící živočichy. Zároveň se v krajině již nacházelo silniční těleso v podobě obchvatu města a z tohoto důvodu se rozšířila migrační bariéra dále do extravilánu obce. Tato skutečnost zvýraznila kompaktnost migračních bariér v okolí města a zároveň došlo k další fragmentaci krajiny. Ke zvýšení efektu bariéru přispěla rovněž intenzita dopravy, která je v úsecích silničního obchvatu vysoká.

Při analýze nejnižších nákladů mezi vybranými body k roku 2018 bylo zjištěno, že migrační objekty nepokrývají uceleně celé zázemí silničního obchvatu a v místech, kde by živočichové s největší pravděpodobností migrovali za potravou, tedy ze zalesněných oblastí v severo-východní části katastru obce do široce otevřených trvale zatravněných ploch, popřípadě zemědělsky využívaných ploch. V těchto místech je výskyt zvěře nejpravděpodobnější.

Analýza vzdáleností jednotlivých migračních tras měla podobné výsledky, jako u analýzy vzdáleností pro pohyb člověka. Nicméně existují zde rozdíly. Trasa číslo 1, tedy trasa vedoucí z lesnaté oblasti, nacházející se na samé hranici katastru obce za městskou částí Podlesí jižním směrem na rozsáhlé otevřené oblasti zemědělských ploch měla všechny 3 výsledné vzdálenosti téměř totožné. Vzhledem k tomu, že se na této migrační trase nachází většina migračních objektů, prochází tímto směrem také optimální trasa, která právě umístění těchto objektů vyhodnotila jako optimální pro pohyb zvěře v této lokalitě. Výsledné vzdálenosti jsou tedy téměř totožné a představují tak důkaz o tom, že jsou migrační objekty v této oblasti vhodně umístěny s ohledem na skutečnost, že zde prochází jak cesta nejnižších nákladů, tak rovněž i nejkratší a optimální trasa mezi zvolenými body. (viz. tab. č. 8)

Z analýzy vzdáleností pro trasu číslo 2 vyplynulo, že zde existuje poměrně veliký rozdíl ve vzdálenosti mezi nejkratší trasou, popřípadě mezi cestou nejnižších nákladů a optimální trasou. Trasa číslo 2, je podobně jako trasa číslo 1 vedena ze zalesněné oblasti na severní hranici katastru obce přes plošně rozsáhlejší zemědělsky využívané plochy. Nicméně vzhledem k tomu, že cesta nejnižších nákladů, společně s nejkratší cestou procházejí přes komunikaci I/35 v místech, kde se nenachází žádné migrační objekty, vede optimální trasa odlišnou cestou za účelem využití existujících migračních objektů, které jsou právě od těchto tras vychýleny. Z tohoto důvodu je rozdíl vzdáleností poměrně znatelný, konkrétně tedy přibližně 1 500 m. Skutečnost, že se v průběhu nejkratší trasy, ani cesty nejnižších nákladů žádný migrační efekt nenachází jen zdůrazňuje potřebu vybudování nových technických prvků, které by migraci volně žijících živočichů v této lokalitě usnadnily a zároveň zajistili řidičům bezpečnější průjezd v těchto místech. Koncentrace dopravních nehod způsobených srážkou se zvěří jižní části obchvatu nejvyšší (viz. tab. č. 8 a obr. č. 23).

Tabulka 8: Tabulka vzdáleností mezi vybranými body (analýza pro volně žijící živočichy)

| <b>Tabulka vzdáleností (pro volně žijící živočichy)</b> |  |                            |                            |
|---|--|----------------------------|----------------------------|
|   | <b>Výsledek analýzy nejnižších nákladů (m)</b> | <b>Nejkratší trasa (m)</b> | <b>Optimální trasa (m)</b> |
| <b>Trasa číslo 1</b>                                    | 3288   | 3159                       | 3288                       |
| <b>Trasa číslo 2</b>                                    | 5125   | 5012                       | 6540                       |

Zdroj: vlastní zpracování

### 12.3 Efektivita ekoduktů

K tomu, aby ekodukt naplňoval plnohodnotně svou účelovou funkci je zapotřebí jej vhodně lokalizovat do míst, kde se s největší pravděpodobností budou volně žijící živočichové v krajině pohybovat. Pochopitelně, živočichové se mohou pohybovat i mimo migrační koridory, avšak cílem lokalizace ekoduktů je, aby zahrnula největší spádové území a byla co možná nejvíce využívány živočichy (PANZACCHI a kol., 2013). Zároveň je nutné zvolit vhodné rozměry příslušných technických prvků tak, aby umožnily pohyb živočichů různých velikostí. V tomto případě lze říci, že v zázemí silničního obchvatu se nacházejí stavební prvky různých rozměrů, z tohoto důvodu lze příslušné úseky komunikace označit za komunikace uzpůsobené k migraci živočichů přes toto těleso.

Z výsledků analýz cest nejnižších nákladů pro volně žijící živočichy vyplývá, že ve většině míst, kde pravděpodobně dochází k migraci zvěře jsou umístěny různé typy ekoduktů. Z analýzy pohybu k roku 2018 vyplývá, že většina technických objektů, které primárně, popřípadě sekundárně, slouží volně žijícím živočichům jako migrační objekty v krajině pro překonávání antropogenně vzniklých bariér v území byla lokalizována do míst, kde se volně žijící živočichové mohou nejčastěji vyskytovat (viz. příloha č. 2). V místech, kde se nacházejí migrační objekty je počet kolizí zvěře s jedoucím vozidlem podstatně nižší, než počet kolizí v místech, kde se tyto objekty nenachází. V těchto místech se kolize vozidel se zvěří koncentrují na přibližně 2 km. V těchto místech absentují jakékoli migrační objekty a terénní úpravy, které by pohyb skrze vozovku usnadňovaly a poskytovaly živočichům možnost bezpečného přechodu (viz. obr. č. 10 a příloha č. 2). Dopravní komunikace je v tomto úseku vedena z části zářezem do krajiny a z větší části v otevření krajiny. Absence pletiva podél komunikace i odpuzujících ohradníků způsobuje vstup volně žijících živočichů přímo na vozovku, což má za následek častou konfrontaci s jedoucími vozidly, pro které je nejvyšší dovolená rychlost 90 km/h.

Zároveň v krajině chybí prvky, které by různým způsobem naváděly živočichy na migrační objekty. Podél celé komunikace se nenachází žádné oplocení, ve kterých by mezery směřovaly živočichy k migračnímu objektu, stejně tak zde absentují pachové ohradníky, které živočichy od komunikace odpuzují.



## 13 Diskuze

Analýza prostupnosti krajiny prokázala, že pohyb člověka nebyl výraznou měrou ovlivněn s ohledem na výstavbu doprovodné technické infrastruktury, která byla vystavěna spolu se silničním obchvatem, popřípadě byla dostavěna v souvislosti s tímto dopravním tělesem později. Nicméně koncentrace dopravních nehod způsobených srážkou chodce, popřípadě cyklisty do centra města způsobuje zvýšené riziko pro pohyb lidí uvnitř města. Zvýšená koncentrace nehod je výsledkem zvýšené koncentrace pohybujících se osob a koncentrací vozidel (viz. příloha č. 4 a obr. č. 14 a obr. č. 18). Ve výsledku lze konstatovat, že za tímto jevem stojí jak na straně řidiče jedoucího vozidla, tak na straně chodce nedostatečné sledování okolního provozu, respektive nepatřičný pohyb při přechodu komunikace, tato skutečnost je v souladu s tvrzením ZITO a kol. (2015), kdy se věk chodců a reakční schopnosti jak chodců, tak řidičů ve vozidlech projevovaly na počtu dopravních nehod chodců s jedoucími vozidly.

Zároveň lze konstatovat, že po výstavbě silničního obchvatu došlo ke vzniku úseků, kde dochází ke koncentraci vážných dopravních nehod. Tato skutečnost by měla dále vést k diskusi, zda jsou opatření, zavedená v těchto místech dostačující a zda není možné aplikovat další rozšiřující opatření, například v podobě semaforů, snížení maximální povolené rychlosti apod., která by vedla k vytvoření bezpečnějšího průjezdu příslušného úseku (viz. příloha č. 5). Stejně závěry rovněž prokázal

Z dat z CDV o dopravních nehodách vyšlo najevo, že v místech, kde byla vybudována opatření pro bezpečný přechod zvěře se dopravní nehody způsobené zvěří téměř nevyskytovaly, naopak v místech, kde tato opatření absentují je počet srážek nejvyšší. Vzhledem k této skutečnosti je zapotřebí doplnit již existující opatření dalšími a propojit je tak v kompaktní systém, který by po celé délce komunikace umožňoval zvěři bezpečný průchod přes dopravní těleso, popřípadě aby jej od přechodu odrazil, z tohoto důvodu by bylo vhodné využít ve větší míře pachové ohradníky podél komunikace, popřípadě riziková místa oplotit, aby došlo k zamezení vstupu zvěře na vozovku. Tento výsledek je v souladu s výzkumem ASCENSAO a kol. (2016), kdy nejlepším možným krokem k zabránění srážky vozidla se zvěří je odrazení zvěře od přechodu přes komunikaci.

Společně se vzrůstající intenzitou dopravy narůstá rovněž počet sražené zvěře. Výzkum BEYER a kol. (2016) prokázal, že se vzrůstající intenzitou dopravy vzrůstá rovněž mortalita jedinců, snažících se překonat komunikaci. Z této diplomové práce vyplývá stejná skutečnost, kdy při zvýšené intenzitě dopravy vzrostl rovněž počet srážek se zvěří.

## 14 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo provést analýzu vývoje prostupnosti území s ohledem na dopravní infrastrukturu. Výsledkem analýz bylo zjištění, že výstavba silničního obchvatu města Holic narušila migrační trasy volně žijících živočichů. Před výstavbou silničního obchvatu byla krajina prostupná a umožňovala tak živočichům migraci v krajině. Nicméně s výstavbou dopravní komunikace v extravilánu města byla tato prostupnost narušena. Došlo k přetnutí migračních koridorů, které bylo nutno vhodnými opatřeními opět navázat a opět tak spojit migrační koridory v celek (CHALOUPKOVÁ, 2019). Tento fakt je v souladu s tvrzením MCRAE a kol. (2012), kdy výstavba liniových dopravních staveb způsobuje snižování konektivity krajiny pro živočichy a představuje tak bariéru v migracích ze zdrojových do koncových oblastí v krajině. Z výsledků analýz prostupnosti krajiny a z mapování migračních objektů vyplynulo, že umístění a počet migračních objektů není dostačující, a to převážně díky skutečnosti, že objekty nejsou rozmístěny po celé délce silničního obchvatu. Vzhledem k tomu, že migračních objekty chybí v místech, kde se nachází rozlehlá zemědělsky využívaná krajina po obou stranách komunikace, existuje v těchto místech podstatně vyšší riziko střetů se zvěří (viz. obr. č. 10 a obr. č. 23). Z výsledků výzkumu prostupnosti území lze konstatovat, že prostupnost po výstavbě silničního obchvatu nebyla vhodnými opatřeními vrácena do stavu, který zde byl před výstavbou silničního tělesa.

Dalším cílem práce bylo provedení analýzy efektivity vybudovaných opatření, která mají za hlavní cíl umožnění bezpečného pohybu volně žijících živočichů přes překážku. Samotná poloha těchto technických prvků spolu s daty o dopravních nehodách, způsobených srážkou zvěře s jedoucím vozidlem a spolu s lokalizací možných migračních koridorů vedla k vyhodnocení efektivity příslušných opatření. Výsledky ukázaly, že množství a rozmístění migračních objektů je nedostačující, zejména absence migračních objektů v jižní části obchvatu je znatelným nedostatkem, jež se projevuje v četnosti kolizí vozidel se zvěří.

Samotná diplomová práce by měla přispět k lepšímu porozumění tématu týkající se prostupnosti krajiny za využitím příkladu v analýze prostupnosti území pro zvolenou prostorovou jednotku a kartografických metod. Problematika prostupnosti území je široce vymezený pojem, který se vyskytuje napříč kontinenty (KASRAIAN a kol., 2016). Zároveň by výsledky této diplomové práce měly posloužit jako podklad pro příslušné orgány, které mají ve své správě příslušné komunikace a mohou se tak podílet na přeměnách a úpravách příslušných rizikových faktorů a rizikových úseků. Zároveň metodické postupy využití při tvorbě analýzy prostupnosti by měly posloužit jako podklad pro metodické vyhodnocování funkčnosti migračních objektů z hlediska jejich lokalizace v krajině.

## 15 Summary

The aim of this thesis was to analyse the development of permeability of the territory with regard to transport infrastructure. As a result of the analyses, it was found that the construction of the Holic road bypass had disrupted the migratory routes of wildlife. Before the construction of the road bypass, the landscape was permeable, allowing the animals to migrate into the landscape. Using methodological tools, mainly performed in the ArcMap program, analyzes were created and subsequently the outputs from the performed analyzes, which represented the result of the work itself. The methodology was taken from previous research on the permeability of the landscape, with a focus on the permeability of the landscape for wildlife and for humans. The methodology was based on the resistive properties of the landscape, which was mainly negatively affected by human activity. With regard to the interconnectedness of the landscape, models of landscape permeability were created, both for wildlife and for humans. These migration corridors were created on the basis of the lowest cost path (for wildlife) and network analysis (for humans). The result was maps showing the above-mentioned routes.

However, with the construction of a transport road in the extravilan of the city, this permeability was impaired. The migration corridors were cut, which had to be re-established by appropriate measures, bringing the migration corridors together again (CHALOUPKOVÁ, 2019). This is in line with MCRAE et al. (2012) when the construction of liner transport structures causes a reduction in landscape connectivity for animals and thus constitutes a barrier to migration from source to end areas in the landscape. The results of the analysis of the permeability of the landscape and the mapping of migratory objects showed that the location and number of migratory objects is not sufficient, largely due to the fact that the objects are not spread over the whole length of the road bypass. In the absence of migratory objects in places where there is a large agricultural landscape on both sides of the road, there is a significantly higher risk of encounters with game in these places (see Figure No. 10 and Figure No. 23). The results of the permeability research show that the permeability after the construction of the road bypass has not been restored by appropriate measures to the condition that existed before the construction of the road.

Another aim of the work was to carry out an analysis of the effectiveness of the measures built, which have as their main objective to enable the safe movement of wildlife through an obstacle. The very location of these technical elements, together with data on road accidents caused by a collision between game and a moving vehicle and the location of possible migration corridors, has led to an evaluation of the effectiveness of the measures. The results showed that the number and distribution of migratory objects is insufficient, in particular the absence of migratory objects in the southern part of the bypass is a noticeable deficiency reflected in the frequency of collisions between vehicles and deer.

The thesis itself should contribute to a better understanding of the topic of permeability of the landscape using the example in the analysis of permeability of the area for the chosen spatial unit and cartographic methods. The issue of permeability of territory is a widely defined concept that occurs across continents (KASRAIAN et al., 2016). At the same time, the results of this thesis should serve as a basis for the competent authorities, which have the relevant communications in their administration and can thus contribute to the transformation and adjustment of the relevant risk factors and risk sections. At the same time, methodological processes used in the production of permeability analysis should serve as a basis for methodical evaluation of the functionality of migratory objects in terms of their location in the landscape.

## 16 Seznam literatury

1. ANDĚL, Petr, Ivana GORČICOVÁ a Leoš PETRŽÍLKA: *Atlas vlivu silniční dopravy na biodiverzitu: Impact of the road traffic on biodiversity atlas*. Liberec: Evernia, 2008. ISBN 978-80-903787-1-1.
2. ANDĚL, Petr, Leoš PETRŽÍLKA a Ivana GORČICOVÁ: *Indikátory fragmentace krajiny: metodická příručka = Indicators of landscape fragmentation: systematic guide*. Liberec: Evernia, 2010. ISBN 978-80-903787-7-3.
3. ANDĚL, Petr: *Průchodnost silnic a dálnic pro volně žijící živočichy: metodická příručka*. Liberec: Evernia, 2011. ISBN 978-80-903787-4-2.
4. ANDREWS, Annabelle, 1990. Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: a review. *Australian Zoologist*, **26**(3/4), 130-141 [online]. Copyright © [cit. 21.01.2021]. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/Fragmentation-of-Habitat-by-Roads-and-Utility-A-Andrews/0c59d002d0ea506cf0641f3f9d67a50703a0d7de?p2df>
5. ASCENSÃO, Fernando, et al, 2016. Disentangle the causes of the road barrier effect in small mammals through genetic patterns. *PLoS One*, **11**(3): e0151500 [online]. Copyright © [cit. 20.01.2021]. Dostupné z: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0151500>
6. BEIER, Paul; MAJKA, Dan; JENNESS, Jeff, 2007. Conceptual steps for designing wildlife corridors. *CorridorDesign, Arizona, USA* [online]. Copyright © [cit. 20.01.2021]. Dostupné z: <http://corridordesign.org/dl/docs/ConceptualStepsForDesigningCorridors.pdf>
7. BEYER, Hawthorne L., et al, 2016. 'You shall not pass!': quantifying barrier permeability and proximity avoidance by animals. *Journal of Animal Ecology*, **85**(1), 43-53 [online]. Copyright © [cit.20.02.2021]. Dostupné z: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/1365-2656.12275>

8. CORLATTI, Luca; HACKLÄNDER, Klaus; FREY-ROOS, FREDY., 2009. Ability of wildlife overpasses to provide connectivity and prevent genetic isolation. *Conservation biology*, **23**(3), 548-556 [online]. Copyright © [cit.15.01.2021]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Luca-Corlatti/publication/24001446\\_Ability\\_of\\_Wildlife\\_Overpasses\\_to\\_Provide\\_Connectivity\\_and\\_Prevent\\_Genetic\\_Isolation/links/5b8da033a6fdcc1ddd09fd1d/Ability-of-Wildlife-Overpasses-to-Provide-Connectivity-and-Prevent-Genetic-Isolation.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Luca-Corlatti/publication/24001446_Ability_of_Wildlife_Overpasses_to_Provide_Connectivity_and_Prevent_Genetic_Isolation/links/5b8da033a6fdcc1ddd09fd1d/Ability-of-Wildlife-Overpasses-to-Provide-Connectivity-and-Prevent-Genetic-Isolation.pdf)
9. CROOKS, Kevin R., et al, 2011. Global patterns of fragmentation and connectivity of mammalian carnivore habitat. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2642-2651 [online]. Copyright © [cit. 20.02.2021]. Dostupné z: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rstb.2011.0120>
10. DE JONG, Gerard; GUNN, Hugh; WALKER, Warren, 2004. National and international freight transport models: an overview and ideas for future development. *Transport Reviews*, **24**(1), 103-124 [online]. Copyright © [cit.11.01.2021]. Dostupné z: [http://eprints.whiterose.ac.uk/2015/2/ITS9\\_National\\_and\\_International\\_Freight\\_UPL\\_OADABLE.pdf](http://eprints.whiterose.ac.uk/2015/2/ITS9_National_and_International_Freight_UPL_OADABLE.pdf)
11. FAHRIG, Lenore; RYTWINSKI, Trina, 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and society*, **14**(1) [online]. Copyright © [cit. 03.01.2021]. Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/pdf/26268057.pdf>
12. GANDHI, Tarak; TRIVEDI, Mohan Manubhai, 2007. Pedestrian protection systems: Issues, survey, and challenges. *IEEE Transactions on intelligent Transportation systems*, **8**(3), 413-430 [online]. Copyright © [cit. 20.01.2021]. Dostupné z: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.81.6405&rep=rep1&type=pdf>
13. GOBEIL, Jean-François; VILLARD, Marc-André, 2002. Permeability of three boreal forest landscape types to bird movements as determined from experimental translocations. *Oikos*, **98**(3), 447-458 [online]. Copyright © [cit. 15.01.2021]. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/Permeability-of-three-boreal-forest-landscape-types-Gobeil-Villard/9597abe36cac79650cfae680f5c80b7fbe237989?p2df>
14. HAMED, Mohammed M., 2001. Analysis of pedestrians' behavior at pedestrian crossings. *Safety science*, **38**(1), 63-82 [online]. Copyright © [cit. 15.01.2021].



15. HEBBLEWHITE, Mark; WHITTINGTON, Jesse, 2020. Wolves without borders: Transboundary survival of wolves in Banff National Park over three decades. *Global Ecology and Conservation*, **24** [online]. Copyright © [cit. 09.01.2021]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989420308349>
16. HLADÍK, Pavel. *Holice: obrazový průvodce minulostí a současností města*. Holice: Kulturní dům města Holic, 2014. ISBN 978-80-260-6194-6.
17. HLAVÁČ, Václav a Petr ANDĚL: *Metodická příručka k zajišťování průchodnosti dálničních komunikací pro volně žijící živočichy*. Havlíčkův Brod: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2001. ISBN 80-86064-60-3.
18. Chaloupková, A. (2019): Problematika fragmentace krajiny pozemními komunikacemi v právu. *Acta Universitatis Carolinae Iuridica*, **65**(3), 21-33.
19. CHYTRÝ, Milan, et al: *Katalog biotopů České republiky*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 2001.
20. ISHAQUE, Muhammad Moazzam; NOLAND, Robert B., 2008. Behavioural issues in pedestrian speed choice and street crossing behaviour: a review. *Transport Reviews*, **28**(1), 61-85 [online]. Copyright © [cit.13.01.2021]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01441640701365239>
21. Iuell, B., 2009. Wildlife and Traffic-a European handbook for identifying conflicts and designing solutions. In *The XXIIInd PIARC World Road CongressWorld Road Association-PIARC* [online]. Copyright © [cit.06.01.2021]. Dostupné z: <https://trid.trb.org/view/749891>
22. IUPELL, Bjørn, 2003. Wildlife and Traffic-a European handbook for identifying conflicts and designing solutions. In: *The XXIIInd PIARC World Road CongressWorld Road Association-PIARC*. [online]. Copyright © [cit.05.01.2021]. Dostupné z: <https://trid.trb.org/view/749891>
23. Jaeger, J. A., Bowman, J., Brennan, J., Fahrig, L., Bert, D., Bouchard, J., ... & Von Toschanowitz, K. T., 2005. *Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior*. *Ecological modelling*, **185**(2-4), 329-348 [online]. Copyright © [cit.05.01.2021]. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.539.90&rep=rep1&type=pdf>

24. KÄMMERLE, Jim-Lino, et al., 2017. Temporal patterns in road crossing behaviour in roe deer (*Capreolus capreolus*) at sites with wildlife warning reflectors. *PloS one*, **12**(9), e0184761 [online]. Copyright © [cit.20.12.2020]. Dostupné z: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0184761>
25. KASRAIAN, Dena, et al., 2016. Long-term impacts of transport infrastructure networks on land-use change: an international review of empirical studies. *Transport reviews*, **36**(6), 772-792 [online]. Copyright © [cit.20.12.2020]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/01441647.2016.1168887>
26. KRIZEK, Kevin J.; EL-GENEIDY, Ahmed; THOMPSON, Kristin, 2007. A detailed analysis of how an urban trail system affects cyclists' travel. *Transportation*, **34**(5), 611-624.
27. LARSEN, Jacob; PATTERSON, Zachary; EL-GENEIDY, Ahmed, 2013. Build it. But where? The use of geographic information systems in identifying locations for new cycling infrastructure. *International Journal of Sustainable Transportation*, **7**(4), 299-317 [online]. Copyright © [cit.20.12.2020]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Ahmed-El-Geneidy-2/publication/263448580\\_Build\\_It\\_But\\_Where\\_The\\_Use\\_of\\_Geographic\\_Information\\_Systems\\_in\\_Identifying\\_Locations\\_for\\_New\\_Cycling\\_Infrastructure/links/53d8ea610cf2631430c37b53/Build-It-But-Where-The-Use-of-Geographic-Information-Systems-in-Identifying-Locations-for-New-Cycling-Infrastructure.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ahmed-El-Geneidy-2/publication/263448580_Build_It_But_Where_The_Use_of_Geographic_Information_Systems_in_Identifying_Locations_for_New_Cycling_Infrastructure/links/53d8ea610cf2631430c37b53/Build-It-But-Where-The-Use-of-Geographic-Information-Systems-in-Identifying-Locations-for-New-Cycling-Infrastructure.pdf)
28. LUSK, Anne C., et al., 2011. Risk of injury for bicycling on cycle tracks versus in the street. *Injury prevention*, **17**(2), 131-135 [online]. Copyright © [cit. 03.01.2021]. Dostupné z: <https://injuryprevention.bmj.com/content/injuryprev/17/2/131.full.pdf>
29. Massey, D., Arango, J., Hugo, G., Kouaouci, A., Pellegrino, A., & Taylor, J., 1993. Theories of International Migration: A Review and Appraisal. *Population and Development Review*, **19**(3), 431-466. doi:10.2307/2938462 [online]. Copyright © [cit.20.02.2021]. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.667.4527&rep=rep1&type=pdf>
30. MCRAE, Brad H., et al., 2012. Where to restore ecological connectivity? Detecting barriers and quantifying restoration benefits. *PloS one*, **7**(12) [online]. Copyright © [cit.20.12.2020]. Dostupné z: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0052604>

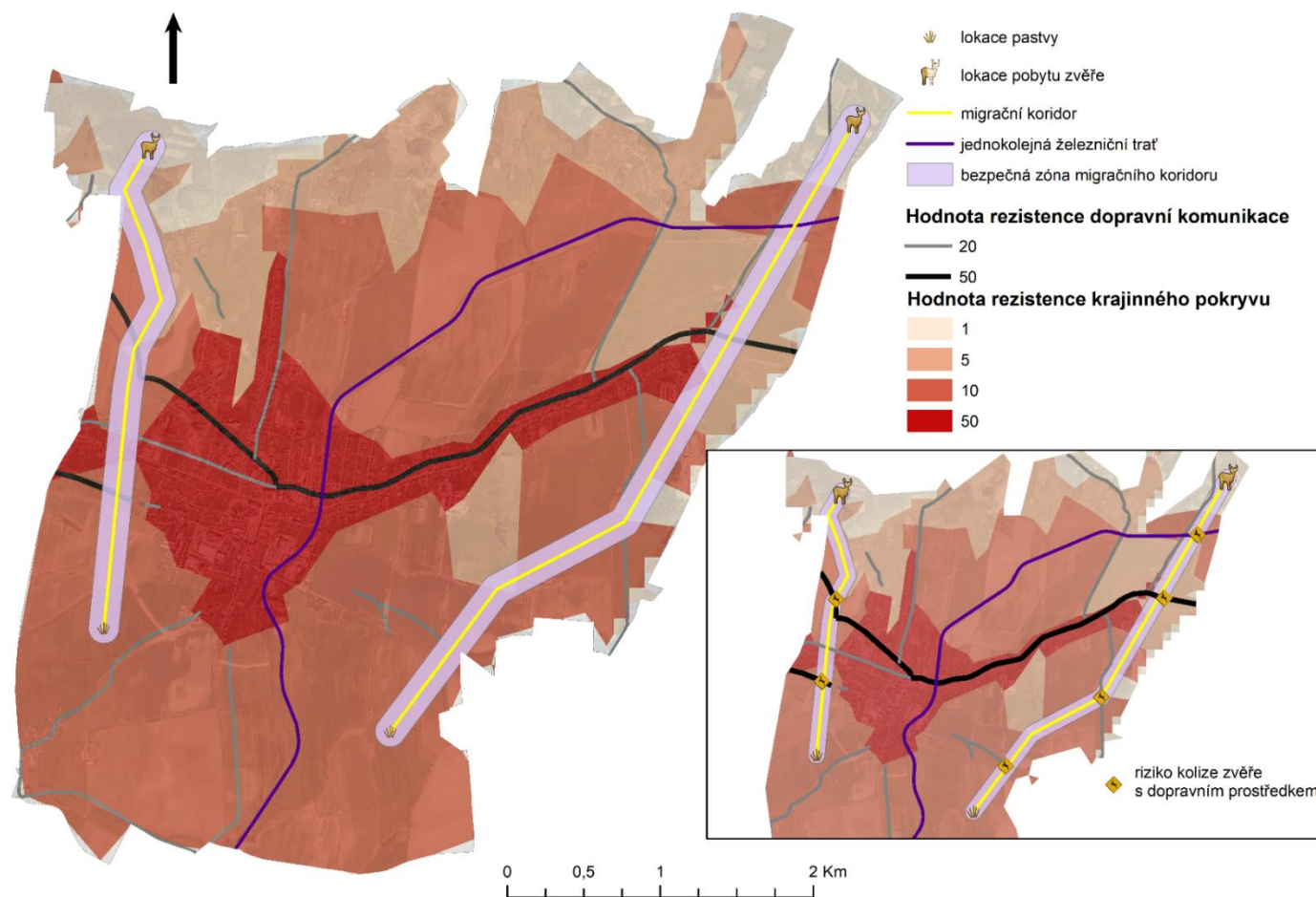
31. PANZACCHI, Manuela; VAN MOORTER, Bram FA; STRAND, Olav., 2013. A road in the middle of one of the last wild reindeer migration routes in Norway: crossing behaviour and threats to conservation [online]. Copyright © [cit. 20.12.2020]. Dostupné z: <https://brage.nina.no/nina-xmlui/handle/11250/2480558>
32. PAPADIMITRIOU, Eleonora; LASSARRE, Sylvain; YANNIS, George, 2016. Introducing human factors in pedestrian crossing behaviour models. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, **36**, 69-82 [online]. Copyright © [cit. 11.01.2021]. Dostupné z: <https://www.nrso.ntua.gr/geyannis/wp-content/uploads/geyannis-pc190.pdf>
33. PARKIN, John; RYLEY, Tim; JONES, Tim, 2007. Barriers to cycling: an exploration of quantitative analyses. *Cycling and society*, 67-82 [online]. Copyright © [cit. 06.02.2021]. Dostupné z: [http://ubir.bolton.ac.uk/39/1/ce\\_chapters-1.pdf](http://ubir.bolton.ac.uk/39/1/ce_chapters-1.pdf)
34. PFEIFFER, Morgan B., et al., 2020. Deciphering interactions between white-tailed deer and approaching vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 79 [online]. Copyright © [cit.06.02.2021]. Dostupné z: [https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3311&context=icwdm\\_usdanwrc](https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3311&context=icwdm_usdanwrc)
35. PINTO, Naiara; KEITT, Timothy H., 2009. Beyond the least-cost path: evaluating corridor redundancy using a graph-theoretic approach. *Landscape Ecology*, **24**(2), 253-266 [online]. Copyright © [cit.20.12.2020]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-008-9303-y>
36. PUCHER, John; BUEHLER, Ralph, 2016. *Safer cycling through improved infrastructure*. [online]. Copyright © [cit.13.02.2021]. Dostupné z: <https://ajph.aphapublications.org/doi/full/10.2105/AJPH.2016.303507>
37. PULUGURTHA, Srinivas S., et al., 2012. Evaluating effectiveness of infrastructure-based countermeasures for pedestrian safety. *Transportation research record*, **2299**(1), 100-109 [online]. Copyright © [cit.15.02.2021]. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/2299-11>

38. ROMPORTL, D., ANDĚL, P., ANDREAS, M., GORČICOVÁ, I., HLAVÁČ, V., MINÁRIKOVÁ, T., ... & ZIEGLEROVÁ, A., 2009. *Metodika mapování migračních koridorů pro velké savce*. ÚSES: Zelená páteř krajiny. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, sro [online]. Copyright © [cit.20.01.2021]. Dostupné z: <http://www.uses.cz/data/sbornik09/Romportl.pdf>
39. Scrafford, M. A., Avgar, T., Heeres, R., & Boyce, M. S., 2018. Roads elicit negative movement and habitat-selection responses by wolverines (*Gulo gulo luscus*). *Behavioral Ecology*, **29**(3), 534-542 [online]. Copyright © [cit. 15.12.2020]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/beheco/article/29/3/534/4844878>
40. Schepers, P., Twisk, D., Fishman, E., Fyhri, A., & Jensen, A., 2017. The Dutch road to a high level of cycling safety. *Safety science*, **92**, 264-273 [online]. Copyright © [cit. 20.02.2021]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925753515001472>
41. SCHMEIDLER, Karel: *Trendy rozvoje individuální automobilové dopravy v ČR*. Urbanismus a územní rozvoj, 2005, 8.5 [online]. Copyright © [cit. 20.02.2021]. Dostupné z: [https://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/casopis/2005/2005-05/04\\_trendy.pdf](https://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/casopis/2005/2005-05/04_trendy.pdf)
42. Singleton, P. H., 2002. *Landscape permeability for large carnivores in Washington: a geographic information system weighted-distance and least-cost corridor assessment*.
43. SPERANZA, M. Grazia, 2018. Trends in transportation and logistics. *European Journal of Operational Research*, **264**(3), 830-836 [online]. Copyright © [cit. 16.02.2021]. Dostupné z: [https://e-tariome.com/storage/panel/fileuploads/2019-03-12/1552384471\\_E10790-e-tariome.pdf](https://e-tariome.com/storage/panel/fileuploads/2019-03-12/1552384471_E10790-e-tariome.pdf)
44. STAMPS, Judy A.; BUECHNER, M.; KRISHNAN, V. V., 1987. The effects of edge permeability and habitat geometry on emigration from patches of habitat. *The American Naturalist*, **129**(4), 533-552 [online]. Copyright © [cit.05.01.2021]. Dostupné z: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/284656>
45. Taylor, P., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G., 1993. Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure. *Oikos*, **68**(3), 571-573 [online]. Copyright © [cit. 12.01.2021]. Dostupné z: <https://max2.ese.u-psud.fr/epc/conservation/PDFs/HIPE/Taylor1993.pdf>

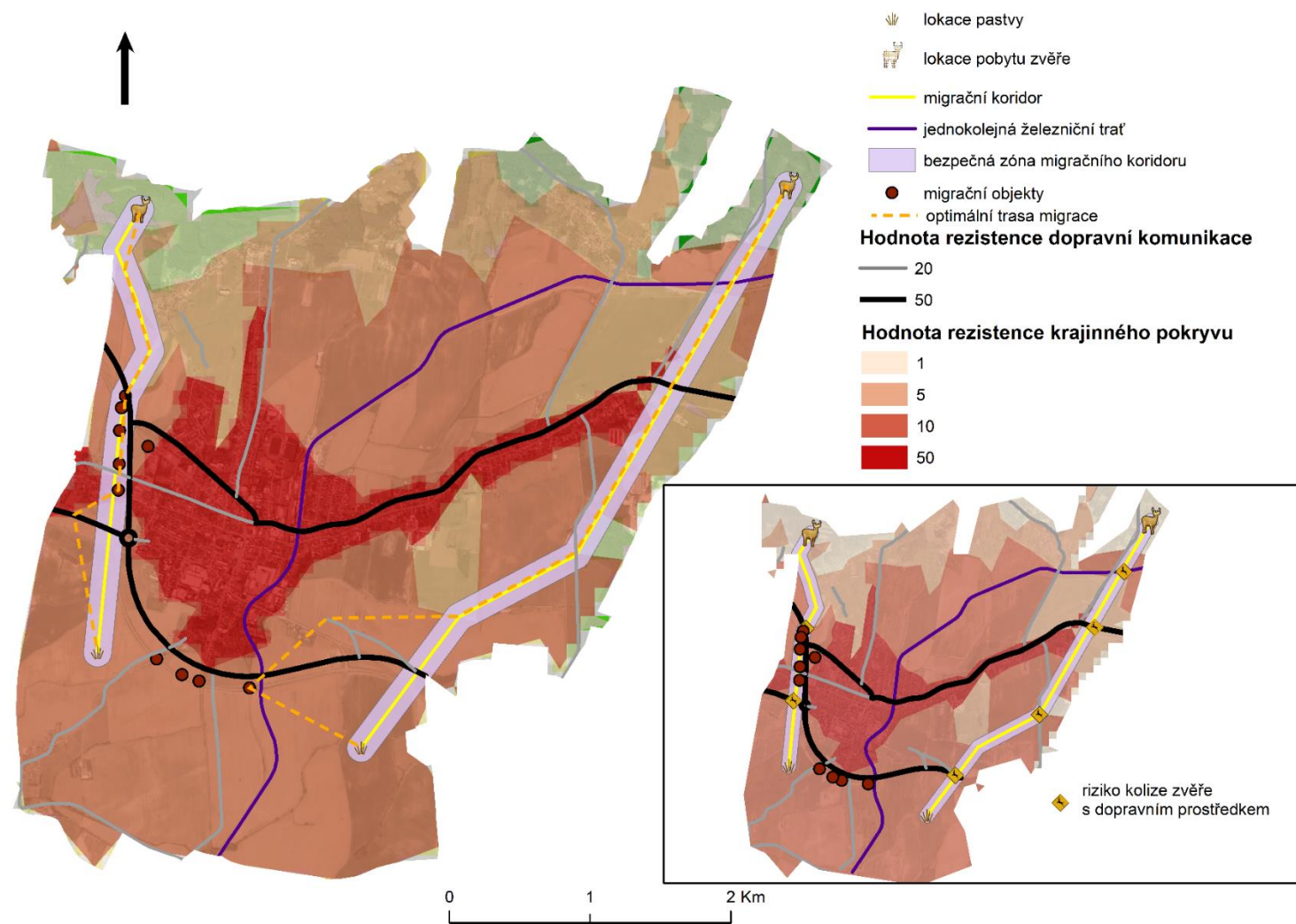
46. Theobald, D. M., Reed, S. E., Fields, K., & Soulé, M., 2012. Connecting natural landscapes using a landscape permeability model to prioritize conservation activities in the United States. *Conservation Letters*, **5**(2), 123-133 [online]. Copyright © [cit. 05.01.2021]. Dostupné z: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1755-263X.2011.00218.x>
47. THOMPSON, Leah L., et al., 2013. Impact of social and technological distraction on pedestrian crossing behaviour: an observational study. *Injury prevention*, **19**(4), 232-237 [online]. Copyright © [cit.03.02.2021]. Dostupné z: <https://injuryprevention.bmj.com/content/injuryprev/19/4/232.full.pdf>
48. WHITTINGTON, Jesse; ST. CLAIR, Colleen Cassady; MERCER, George, 2004. Path tortuosity and the permeability of roads and trails to wolf movement. *Ecology and Society*, **9**(1) [online]. Copyright © [cit.20.03.2021]. Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/pdf/26267646.pdf>
49. YANES, Miguel; VELASCO, José M.; SUÁREZ, Francisco, 1995. Permeability of roads and railways to vertebrates: the importance of culverts. *Biological conservation*, **71**(3), 217-222 [online]. Copyright © [cit. 20.03.2021]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0006320794000280>
50. ZANDIEH, Razieh, et al., 2016. Older adults' outdoor walking: Inequalities in neighbourhood safety, pedestrian infrastructure and aesthetics. *International journal of environmental research and public health*, **13**(12) [online]. Copyright © [cit. 20.03.2021]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1660-4601/13/12/1179>
51. ZIPPERER, W. C., et al., 2012. Ecological consequences of fragmentation and deforestation in an urban landscape: a case study. *Urban Ecosystems*, **15**(3), 533-544 [online]. Copyright © [cit. 20.03.2021]. Dostupné z: [https://www.srs.fs.fed.us/pubs/ja/2012/ja\\_2012\\_zipperer\\_002.pdf](https://www.srs.fs.fed.us/pubs/ja/2012/ja_2012_zipperer_002.pdf)
52. ZITO, Giuseppe Angelo, et al., 2015. Street crossing behavior in younger and older pedestrians: an eye-and head-tracking study. *BMC geriatrics*, **15**(1), 1-10 [online]. Copyright © [cit. 20.03.2021]. Dostupné z: <https://bmcgeriatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12877-015-0175-0>

53. Projekt „Zvýšení bezpečnosti dopravy v Holicích - výstavba chodníku Podhráz - Holice“ | Holice | město neznámé energie. Holice | město neznámé energie [online]. Copyright © 2021 Město Holice [cit. 20.03.2021]. Dostupné z: <https://www.holice.eu/mesto-a-urad/dotace-a-granty/projekt-zvyseni-bezpecnosti-dopravy-v-holicich-vystavba-chodniku-podhraz-holice/>
54. *Nehody v ČR | Statistiky*. Nehody v ČR [online]. Copyright © 2021, *Centrum dopravního výzkumu*, v. v. i. [cit. 21.03.2021]. Dostupné z: <https://nehody.cdv.cz/statistics.php>
55. *Evidence zvěře sražené na silnicích a železnicích* [online]. Copyright © 2021, *Centrum dopravního výzkumu*, v. v. i. [cit. 21.03.2021]. Dostupné z: <http://www.srazenazver.cz/cz/>
56. *O INSPIRE* - Národní geoportál INSPIRE [online]. Copyright © 2021 [cit. 21.03.2021]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/about-inspire>
57. *Geoportál ČÚZK-ZABAGED* [online]. Copyright © 2021 [cit. 21.03.2021]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(y5y0bc3pcxhzi4hxoyy1vsr\)\)/Default.aspx?menu=3113&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZABAGED-P&metadataXSL=metadata.sluzba](https://geoportal.cuzk.cz/(S(y5y0bc3pcxhzi4hxoyy1vsr))/Default.aspx?menu=3113&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZABAGED-P&metadataXSL=metadata.sluzba)
58. *Prezentace výsledků sčítání dopravy 2016*. [online]. Copyright © [cit.23.03.2021]. Dostupné z: <http://scitani2016.rsd.cz/pages/results/default.aspx>
59. *Prezentace výsledků sčítání dopravy 2010*. [online]. Copyright © [cit.23.03.2021]. Dostupné z: <http://scitani2010.rsd.cz/pages/results/default.aspx>
60. České dálnice-dálniční síť, 2020. [online]. Copyright © [cit.23.03.2021]. Dostupné z: <http://www.ceskedalnice.cz/dalnicni-sit/>
61. *Fragmentace krajiny – ISSaR*. ISSaR – Informační systém statistiky a reportingu [online]. Copyright © 2021 CENIA, česká informační agentura životního prostředí [cit. 20.04.2021]. Dostupné z: <https://issar.cenia.cz/cr/priroda-a-krajina/fragmentace-krajiny/>
62. *Landscape fragmentation per 1 km<sup>2</sup> grid in 2009* [online]. Copyright © 2021 EEA. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/landscape-fragmentation-per-1-km2-2/landscape-fragmentation-per-1-km2>

## 17 Přílohy

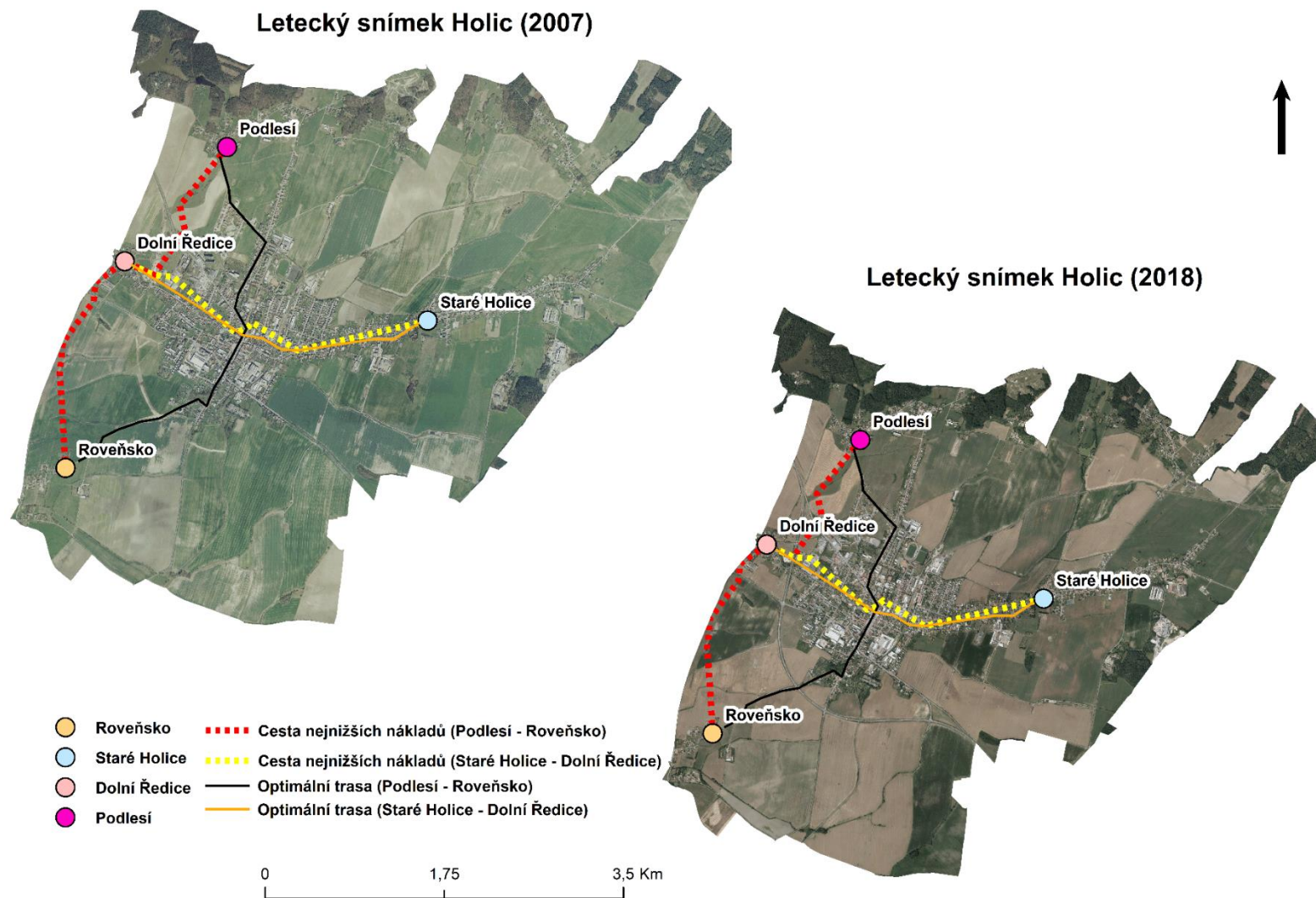


Příloha 1: Mapa koridorů v krajině před výstavou silničního ochvatu města Holice (2008)  
Zdroj: INSPIRE, ZABAGED; vlastní zpracování



Příloha 2: Mapa koridorů v krajině před výstavou silničního ochvatu města Holice (2018)  
 Zdroj: INSPIRE, ZABAGED; vlastní zpracování

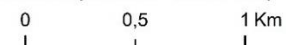




Příloha 3: Mapa nejnižších nákladů a optimální trasa cesty pro člověka (2007; 2018)  
 Zdroj: vlastní zpracování



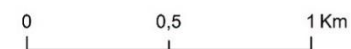
- +** Dopravní nehody s následkem smrtelného zranění (1.1.2006 - 31.12.2009)
- \*** Dopravní nehody s následkem těžkého zranění (1.1.2006 - 31.12.2009)
- +** Dopravní nehody s následkem smrtelného zranění (1.1.2010 - 31.12.2020)
- \*** Dopravní nehody s následkem těžkého zranění (1.1.2010 - 31.12.2020)



Příloha 4: Mapa znázorňující rizikový přejezd komunikace I/35  
 Zdroj: vlastní zpracování; 2021



- Srážky chodců od 1.1. 2006 do 31.12. 2009
- Srážky chodců od 1.1. 2010 do 31.12. 2020



Příloha 5: Mapa znázorňující místa koncentrace střetů jedoucích vozidel s chodci  
 Zdroj: CDV; vlastní zpracování