

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Mitja KRAJNC

**UGOTAVLJANJE UČINKOVITOSTI IZVEDENIH  
OMILITVENIH UKREPOV ZA PREHAJANJE  
PROSTOŽIVEČIH ŽIVALI NA AVTOCESTNEM  
ODSEKU LENDA VA – PINCE**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Mitja KRAJNC

**UGOTAVLJANJE UČINKOVITOSTI IZVEDENIH OMILITVENIH  
UKREPOV ZA PREHAJANJE PROSTOŽIVEČIH ŽIVALI NA  
AVTOCESTNEM ODSEKU LENDA VA – PINCE**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**ASSESSMENT OF EFFECTIVENESS OF MITIGATION MEASURES  
FOR ENABLING WILDLIFE CROSSING AT HIGHWAY SECTION  
LENDAVA – PINCE**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija biologije (star dodiplomski študij) na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Diplomsko delo je bilo opravljeno na Katedri za ekologijo in varstvo okolja, pri skupini za ekologijo živali, na Oddelku za biologijo, Biotehniška fakulteta. Terensko delo sem opravljal v sodelovanju z ERICo Velenje, Inštitutom za ekološke raziskave d.o.o., in sicer v sklopu njihovih tekočih projektov spremljanja prostoživečih živali v času obratovanja avtocestnega odseka Lendava – Pince.

Študijska komisija univerzitetnega študija biologije BF je dne 03.06.2011 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Ivana Kosa, za somentorico dr. Heleno Poličnik in za recenzenta doc. dr. Boštjana Pokornega.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Rudi VEROVNIK

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Ivan KOS

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Članica: dr. Helena POLIČNIK

ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave d.o.o.

Član: doc. dr. Boštjan POKORNY

ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave d.o.o.

Zagovor: V četrtek, 17.6.2012, ob 12. uri, v predavalnici B5 v Biološkem središču v Ljubljani.

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Mitja Krajnc

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dn  
DK UDK 591.5:502(497.4)(043.2)=163.6  
KG Podhod za živali / avtocesta / fragmentacija / omilitveni ukrepi / učinkovitost prehajanja / prostoživeče živali / večnamenski objekt za prehajanje preko avtoceste  
AV KRAJNC, Mitja  
SA KOS, Ivan (mentor) / POLIČNIK, Helena (somentorica)  
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo  
LI 2012  
IN UGOTAVLJANJE UČINKOVITOSTI IZVEDENIH OMILITVENIH UKREPOV ZA PREHAJANJE PROSTOŽIVEČIH ŽIVALI NA AVTOCESTNEM ODSEKU LENDAVA – PINCE  
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)  
OP XI, 69 str., 12 pregl., 30 sl., 53 vir., 3 pril.  
IJ SI  
JI Sl/En  
AI Obravnavana trasa avtocestnega odseka Lendava – Pince je dolga 16,7 km. Na omenjenem odseku smo na sedmih objektih/podhodih, ki so bili namensko zgrajeni oz. ustrezno prilagojeni za prehajanje prostoživečih živali preko avtoceste (omilitveni ukrepi), redno spremljali njihovo učinkovitost z metodo sledenja na peščenih blazinah (praviloma na 14 dni). Štiri objekte smo dodatno opremili še z IR fotoaparati, s katerimi smo dobili še več informacij o prehajanju prostoživečih živali skozi podhode. V dvehletnem obdobju izvajanja monitoringa (od 8.10.2009 do 18.10.2011) smo stalno ali občasno prehajanje živali prek navedenih podhodov potrdili za 12 vrst prostoživečih živali (vse s peščenimi blazinami). Z metodo sledenja živali v pesku smo v približno dveh letih v šestih podhodih registrirali 1865 prehodov večjih vrst prostoživečih živali s skupno frekvenco prehajanja 3,04 živali/dan. Med opazovanimi objekti je po učinkovitosti prehajanja izrazito izstopal podhod 7, tj. širok podhod, namenjen vsem prostoživečim vrstam živali (0,98 živali/dan). Skoraj tretjina vseh živali (32 %) in 11 od 12 vrst je uporabljalo ta podhod. Odločilna dejavnika za učinkovit podhod sta struktura oz. zgradba objekta (indeks odprtosti > 1,5) in umestitev v prostor. Ugotovili smo, da med okoljskimi dejavniki ni značilne statistične korelacije, in da ne moremo brez statističnega tveganja trditi, kateri od vplivnih dejavnikov ima večji pomen pri zagotavljanju učinkovitosti prehoda.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dn  
DC UDC 591.5:502(497.4)(043.2)=163.6  
CX Wildlife underpass / highway / fragmentation / mitigation measures / effectiveness / wildlife crossings / multifunctional wildlife crossing object  
AU KRAJNC, Mitja  
AA KOS, Ivan (supervisor) / POLIČNIK, Helena (co-advisor)  
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of biology  
PY 2012  
TI ASSESSMENT OF EFFECTIVENESS OF MITIGATION MEASURES FOR ENABLING WILDLIFE CROSSING AT HIGHWAY SECTION LENDAVA – PINCE  
DT Graduation thesis (University studies)  
NO XI, 69 p., 12 tab., 28 fig., 53 ref., 3 ann.  
LA SI  
AL SI/En  
AB On the highway section Lendava – Pince (16.7 km long) monitoring of seven specially constructed or modified wildlife passages (underpasses) were performed. Effectiveness of these passages in terms of intensity of wildlife crossings were evaluated by regular (every 14 days) monitoring of wildlife tracks in the sand mounds inside the objects. Four objects were additionally equipped with infrared cameras, from which we gathered additional information about wildlife passage through these underpasses. During the period of monitoring, from 8.10.2009 to 18.10.2011, we confirmed permanent or occasional crossings of 12 free-ranging animal species. In two years of monitoring, 1865 animal crossings were noted in total, with the frequency of crossings of 3.04 animals/day. Among all observed underpasses, wide underpass No. 7 showed the highest effectiveness, with frequency of wildlife usage of 0.98 animals/day. Nearly one third of all animals recorded (32 %) and 11 of 12 species that used passageways, chose underpass No. 7 for their passage under the highway. The decisive factors for the effectiveness of the underpasses or passageways are its structural characteristics (i.e. openness index > 1.5) and geographical location of the object. We found that the environmental factors are not in significant statistical correlations. And we can not say without statistical risk, which of the influencing factors have greater importance in ensuring the effectiveness of underpasess.

## KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA .....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION .....	IV
KAZALO VSEBINE .....	V
KAZALO SLIK .....	VII
KAZALO PREGLEDNIC .....	IX
KAZALO PRILOG .....	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI .....	X
SLOVARČEK .....	XI
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 NAMEN IN OPREDELITEV PROBLEMA .....	2
1.2 DELOVNE HIPOTEZE .....	4
<b>2 PREGLED OBJAV .....</b>	<b>5</b>
2.1 Vpliv prometne infrastrukture na prostoživeče živali .....	5
2.2 Trki vozil z divjadjo .....	6
2.3 Zakonska določila in evropska pobuda za defragmentacijo ozemlja .....	9
2.3.1 <i>Evropska unija in COST 341</i> .....	10
2.4 Omilitveni ukrepi .....	11
2.5 Trajnostni pristop k projektiranju avtocestne infrastrukture .....	13
2.5.1 <i>Preprečevanje fragmentacije z upoštevanjem naravnih danosti in topografije</i> .....	13
2.5.2 <i>Zaščitne ograje</i> .....	14
2.5.3 <i>Prehodi za živali</i> .....	14
2.5.4 <i>Omilitveni ukrepi na obstoječi infrastrukturi</i> .....	16
2.6 Primeri ugotavljanja učinkovitosti omilitvenih ukrepov za prehanje prostoživečih živali preko avtoceste .....	17
2.6.1 <i>Nacionalni Park Banff (Kanada)</i> .....	17
2.6.2 <i>Florida in Južna Kalifornija (ZDA)</i> .....	18
2.6.3 <i>Podhod Slaty Creek (Avstralija)</i> .....	19
2.6.4 <i>Prvi ekodukti na Nizozemskem</i> .....	19
2.6.5 <i>Španija</i> .....	20
2.6.6 <i>Avstrija, Nemčija in Švica</i> .....	21
2.6.7 <i>Slovenski avtocestni križ</i> .....	22
<b>3 MATERIALI IN METODE DELA .....</b>	<b>24</b>

3.1	Predstavitev objekta raziskave .....	24
3.1.1	<i>Pomurski avtocestni krak</i> .....	24
3.1.2	<i>AC odsek Lendava – Pince in odcep hitre ceste do mejnega prehoda Dolga vas</i> .....	24
3.1.3	<i>Okoljske značilnosti severovzhodnega obroja Prekmurja</i> .....	26
3.2	Monitoring prehajanja prostoživečih živali.....	27
3.2.1	<i>Sledenje živali s peščenimi blazinami v izbranih objektih</i> .....	30
3.2.2	<i>Namestitev senzorsko proženih fotoaparatorov</i> .....	30
3.3	Obdelava in ovrednotenje podatkov .....	32
3.3.1	<i>Podatki, pridobljeni na terenu</i> .....	32
3.3.2	<i>Analiza strukturnih in okoljskih dejavnikov</i> .....	34
3.3.3	<i>Statistična obdelava podatkov</i> .....	36
<b>4</b>	<b>REZULTATI</b> .....	<b>37</b>
4.1	Monitoring prehajanja živali s sledenjem v peščenih blazinah.....	37
4.2	Monitoring prehajanja živali z IR fotoaparati .....	40
4.3	Vpliv strukturnih in okoljskih dejavnikov .....	41
4.3.1	<i>Strukturni dejavniki</i> .....	41
4.3.2	<i>Okoljski dejavniki</i> .....	44
4.3.3	<i>Raba prostora v okolici sedmih opazovanih podhodov</i> .....	45
4.3.4	<i>Korelacija in multipla regresija vplivnih dejavnikov</i> .....	47
4.4	Povožene živali na AC odseku A5 Lendava – Pince v obdobju 2009 – 2011 .....	48
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b> .....	<b>50</b>
5.1	Ugotavljanje učinkovitosti podhodov z metodo peščenih blazin.....	50
5.1.1	<i>Sezonska dinamika prehajanja živali</i> .....	51
5.2	Spremljanje prehajanja živali skozi podhode z IR fotoaparati.....	51
5.2.1	<i>Dnevna dinamika prehajanja prostoživečih živali skozi podhode</i> .....	52
5.3	Vpliv strukturnih, okoljskih in antropogenih dejavnikov .....	53
5.4	Povožene živali v času monitoringa na opazovanem odseku avtoceste.....	55
5.5	Sklepi in ugotovitve .....	55
<b>6</b>	<b>POVZETEK</b> .....	<b>58</b>
<b>7</b>	<b>VIRI</b> .....	<b>60</b>

**ZAHVALA**

**PRILOGE**

## KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Štirje glavni vplivi cestne infrastrukture na prostoživeče populacije živali.....</i>	<i>6</i>
<i>Slika 2: Število povoženih prostoživečih živali v obdobju 2002 - 2009 v Sloveniji.....</i>	<i>8</i>
<i>Slika 3: Primerjava med lovsko gojitvenimi območji – LGO (danes lovsko upravljalska območja – LUO) v povprečnem letnem številu povožene srnjadi v loviščih v obdobju 1999 – 2002. ....</i>	<i>9</i>
<i>Slika 4: Cestno omrežje v Evropi.....</i>	<i>11</i>
<i>Slika 5: Stopnja fragmentacije v Evropi leta 2009.....</i>	<i>11</i>
<i>Slika 6: Gradnja ekodukta na odseku AC Beltinci – Lendava.....</i>	<i>15</i>
<i>Slika 7: Adaptacija obstoječega prepusta, tako da je omogočen prehod živali ob visoki vodi</i>	<i>16</i>
<i>Slika 8: Nadhod za živali v Banff Parku v Kanadi.....</i>	<i>18</i>
<i>Slika 9: Večina prehodov in ekoduktov je krajših od 70–80 metrov, toda zgoraj prikazani ekodukt, blizu Hilversuma na Nizozemskem, je dolg 800 metrov in velja za najdaljši prehod za živali na svetu.....</i>	<i>20</i>
<i>Slika 10: Slovensko avtocestno omrežje .....</i>	<i>24</i>
<i>Slika 11: AC odsek Lendava - Pince in odsek hitre ceste Dolga vas.....</i>	<i>26</i>
<i>Slika 12: Nameščanje peščene blazine na pohodni polici v podhodu 5 in sledi živali, ki so prečkale ta prehod prek peščene blazine. ....</i>	<i>30</i>
<i>Slika 13: Senzorsko prožena fotoaparata dveh različnih proizvajalcev.....</i>	<i>31</i>
<i>Slika 14: Satelitski posnetek obravnavane trase avtoceste A5 Lendava - Pince z označenimi objekti, ki so bili vključeni v diplomsko delo .....</i>	<i>32</i>
<i>Slika 15: Popis sledi v podhodu 7 in rahljanje peščene blazine za ponovno spremljanje prehajanja prostoživečih živali skozi podhod.....</i>	<i>33</i>
<i>Slika 16: Fotografije živali, posnete s senzorsko proženimi IR fotoaparati za spremljanje učinkovitosti prehodov.....</i>	<i>34</i>
<i>Slika 17: Število prehodov različnih vrst živali skozi šest podhodov v opazovanem obdobju.</i>	<i>38</i>
<i>Slika 18: Število vseh prehodov in 12 vrst živali, ki so prehajale skozi enega od šestih podhodov v opazovanem obdobju.....</i>	<i>38</i>
<i>Slika 19: Sezonska dinamika prehajanja vseh živali in srnjadi skozi podhod 7, objekt z največjo frekvenco prehajanja na odseku 0816: Lendava - Pince. ....</i>	<i>39</i>
<i>Slika 20: Sezonska dinamika prehajanja vseh živali in srnjadi skozi podhod 1, objekt z drugo največjo frekvenco prehajanja na odseku 0817: Dolga vas – meja z Madžarsko....</i>	<i>39</i>



<i>Slika 21: Število prehajanj vseh 10 vrst živali skozi 4 opazovane objekte v obdobju od 30.7.2010 do 2.7.2011. ....</i>	<i>40</i>
<i>Slika 22: Dnevna dinamika prehajanja vseh živali, srnjadi in lisice, skozi podhod 7, objekt z največjo frekvenco prehajanja prostoživečih živali skozi podhode na opazovanem odseku avtoceste. ....</i>	<i>41</i>
<i>Slika 23: Objekt 6, podhod za male živali, z indeksom odprtosti 0,19, in objekt 3, zasilni izhod za živali pred visokimi vodami, z indeksom odprtosti 1,29.....</i>	<i>43</i>
<i>Slika 24: Relativne razdalje do okoljskih dejavnikov na severni strani objekta.....</i>	<i>44</i>
<i>Slika 25: Relativne razdalje do okoljskih dejavnikov na južni strani objekta.. ....</i>	<i>44</i>
<i>Slika 26: Presek rabe tal s tremi krogi oddaljenosti od središča podhodov .....</i>	<i>45</i>
<i>Slika 27: Delež posamezne rabe tal v treh oddaljenostih od središča sedmih podhodov.....</i>	<i>46</i>
<i>Slika 28: Korelacija med skupnim številom vrst divjadi, ki so uporabljale podhod, in številom prehodov srnjadi.....</i>	<i>47</i>
<i>Slika 29: Korelacija med deležem njiv v radiu 250 metrov od središča podhoda in številom prehodov srnjadi.....</i>	<i>47</i>
<i>Slika 30: Evidentirane povožene živali na avtocesti A5 v obdobju 2009 - 2011. ....</i>	<i>49</i>

## KAZALO PREGLEDNIC

<i>Preglednica 1: Omilitveni ukrepi s povezovalno in varovalno funkcijo.....</i>	<i>12</i>
<i>Preglednica 2: Omilitveni ukrepi.....</i>	<i>13</i>
<i>Preglednica 3: Podatki o dnevni prometni obremenitvi za leto 2010 za odsek Lendava – Pince in hitro cesto Dolga vas .....</i>	<i>26</i>
<i>Preglednica 4: Pregled sedmih objektov, namenjenih prehajanju živali preko AC Lendava - Pince, ki so bili vključeni v raziskavo .....</i>	<i>28</i>
<i>Preglednica 5: Pregled načrtovanih metod monitoringa na posameznih objektih, namenjenih prehajanju sesalcev preko AC Lendava - Pince.....</i>	<i>31</i>
<i>Preglednica 6: Seznam 11 dejavnikov učinkovitosti podhodov, ki so bili zajeti v raziskavo. 35</i>	
<i>Preglednica 7: Število prehajanj in vrst živali, ki so uporabljale podhode (metoda peščenih blazin).....</i>	<i>37</i>
<i>Preglednica 8: Število prehajanj in vrst živali, ki so uporabljale podhode (metoda spremljanja z IR fotoaparati). .....</i>	<i>40</i>
<i>Preglednica 9: Strukturni podatki o objektih in indeks odprtosti za posamezen podhod.....</i>	<i>41</i>
<i>Preglednica 10: Korelacijski faktorji vplivnih dejavnikov na število prehodov dveh najpogostejših vrst divjadi skozi opazovane podhode.....</i>	<i>47</i>
<i>Preglednica 11: Povzetek rezultatov linearne regresijske analize vplivnih dejavnikov na odvisno spremenljivko, število prehodov srnjad in lisic v enem dnevu.....</i>	<i>48</i>
<i>Preglednica 12: Seznam povoženih živali na AC odseku Lendava – Pince .....</i>	<i>49</i>

## KAZALO PRILOG

<i>PRILOGA 1: Fotografije sledi prostoživečih živali v podhodih.....</i>	<i>67</i>
<i>PRILOGA 2: Dnevna dinamika prehajanja istega srnjaka skozi podhod 1.....</i>	<i>68</i>
<i>PRILOGA 3: Registrirane povožene živali na štajersko-prekmurski avtocesti A5 v obdobju 2009 – 2011.....</i>	<i>69</i>

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

A5	Avtocesta A5 (Pomurska avtocesta) je dolga 82,3 km in povezuje avtocesto A1 pri razcepu Dragučova z Madžarsko, pri mejnem prehodu Pince. Avtocesta poteka od razcepa Dragučova preko Slovenskih goric in Prekmurja do mejnega prehoda Pince na meji z Madžarsko.
AC	Avtocesta.
COST 341	( <i>Cooperation in the field of Scientific and Technical Research</i> ) 341: je evropska mreža strokovnjakov in znanstvenikov v skupnem projektu (341) za zmanjšanje fragmentiranosti habitatov zaradi cestne infrastrukture in ohranitev biodiverzitete v Evropski uniji.
DARS	Družbe za avtoceste v Republiki Sloveniji.
EU	Evropska unija.
Gb	Kratica za gigabajt, enota za shranjevanje digitalnih informacij. 1 Gb je 10 <sup>9</sup> bajtov.
GIS	Geografski informacijski sistem.
Ha	Hektar (oznaka ha) je enota za površino, enaka stotim arom. Površina enega hektara ustreza ploščini kvadrata s stranico 100 m. En hektar je enak 10.000 m <sup>2</sup> ali 0,01 km <sup>2</sup> .
ID RABA	Identifikacijska številka različne rabe zemljišča v evidenci.
IO	Indeks odprtosti podhodov (višina x širina / dolžina).
IR	Infrardeče območje spektra elektromagnetnega valovanja (npr. IR vmesnik).
LUO	Lovsko upravljavsko območje.
LZS	Lovska zveza Slovenije.
PVO	Presoja vplivov na okolje.
RKG	Register kmetijskih gospodarstev.
TCH	Avtocesta (Trans Canada highway), ki povezuje vzhodno in zahodno obalo Kanade.
ZDA	Združene države Amerike.

## SLOVARČEK

**Divjad** - Zakon o divjadi in lovstvu določa, katere prostoživeče živalske vrste sodijo med divjad. Divjad so po tem zakonu vrste prostoživečih sesalcev in ptic, ki jih lovimo. Na podlagi njegovega 38. člena je Vlada RS izdala Uredbo o določitvi divjadi in lovnih dob, v kateri so določene vrste prostoživečih sesalcev in ptic, ki so divjad. Pojem divjad je torej podmnožica pojma prostoživeče živalske vrste.

**Pojem »divjad« v diplomskem delu** – Vse večje vrste sesalcev in ptic, ki so še posebej zanimive z vidika cestno-prometne varnosti in njihove vloge v ekosistemih. Njim so različni omilitveni ukrepi na cestah, zaradi splošnega družbenega in upravljaljskega pomena, tudi namenjeni. Omilitveni ukrepi na avtocesti niso namenjeni samo divjadi, temveč vsem prostoživečim živalim.

## 1 UVOD

Cestna infrastruktura se skupaj z rastjo prebivalstva in številom registriranih vozil povsod po svetu širi. Frekvenca vozil in hitrosti na avtocestah so se v zadnjih letih povečale. Trki vozil z divjadjo predstavljajo ponekod resno grožnjo udeležencem v prometu in opozarjajo na povečan konflikt človeka s prostoživečimi živalmi. Po drugi strani pa smo izgubili obsežna območja naravnih habitatov in v veliki meri preprečili prostoživečim živalim dnevno ter sezonsko migracijo. Razdelili smo populacije predvsem tistih živali z velikim domačim okoljem na manjše in manj stabilne subpopulacije z omejenim genskim pretokom. Tako smo ponekod v razmeroma kratkem času ogrozili obstoj nekaterih pomembnih vrst velikih in malih sesalcev. »*Biotska raznovrstnost je življenje, naše življenje!*« je slogan, ki ga je izbrala Generalna skupščina združenih narodov za Mednarodno leto biotske raznovrstnosti, leto 2010. Evropska komisija za okolje v svoji kampanji navaja seznam šestih največjih groženj za biodiverzitetu. To so podnebne spremembe, intenzivno kmetijstvo in opuščanje obdelovalnih površin, širjenje predmestij, invazivne tujerodne vrste, eutrofikacija in avtoceste (ECE, 2010). Ekologija je mlada biološka disciplina, ki zahteva interdisciplinaren pristop k reševanju problemov. V zadnjih nekaj desetletjih se je izoblikovala smer, ki se ukvarja z **ekologijo cest** (*»road ecology«*), in sicer z namenom reševanja konfliktov med človekom in naravnim okoljem, katerega smo presekali z neprekinjenimi linijskimi cestnimi objekti. Janez Grilc (2011) je zapisal, da si avtocesto lahko predstavljamo kot moteč tujec, lahko tudi sto metrov v premeru velik valj, poln smradu, ropota, vibracij, nenaravnih zvočnih in svetlobnih učinkov. Po drugi strani pa se zavedamo dejstva, da smo brez te infrastrukture nefunkcionalni, nekonkurenčni v današnji družbi. Na takšna in podobna vprašanja iščejo ekologi odgovore in podajajo »salomonske rešitve«. Danes velja, da ima ekologija tri pomembne naloge: (i) dogodke v naravi mora opaziti in opisati, (ii) razložiti in poiskati razloge, ki so privedli do teh dogodkov, (iii) razviti sistem napovedovanja dogodkov in predlagati ukrepe za omilitev ter izboljšanje njihovega stanja (Tome, 2006). V prihodnje bo zelo pomemben koncept "**zelene infrastrukture**", ki bo morala zagotoviti povezanost ekosistemov, njihovo odpornost in s tem ohranitev za človeštvo nujno potrebnih »storitev«, ki jih nudijo. Trajnostno prostorsko načrtovanje je velik izziv tudi za Slovenijo, ki se glede rabe prostora včasih obnaša izjemno neodgovorno. V EU je že v začetku sedemdesetih let prejšnjega stoletja bila sprejeta skupna strateška akcija reševanja problema fragmentacije habitatov zaradi cestnega omrežja in zmanjšanja trkov vozil z divjadjo, COST 341, ki je

veliko pripomogla k izboljšanju prenosa znanja in izkušenj ter omogočila načrtovanje in postavitev učinkovitejših omilitvenih ukrepov za večjo prepustnost cestnih barier za prostoživeče živali (Damarad in Bekker, 2003). Slovenija je v oceni fragmentiranosti življenjskih prostorov prostoživečih živali in trkov vozil z divjadjo veliko pod evropskim povprečjem (slika 5). Poleg Avstrije in Hrvaške smo ena redkih evropskih držav, ki ima v celoti zamrežene avtoceste, tako da so trki z živalmi na avtocestah zanemarljivi. Hkrati veljamo v evropskem prostoru za ene najboljših upravljavcev populacij prostoživečih živali, z majhno stopnjo njihove ogroženosti.

Za vse nove odseke avtocest v Sloveniji je v obdobju najmanj treh let potrebno spremljati prehajanje divjadi in nekaterih drugih vrst prostoživečih živali preko tistih premostitvenih objektov avtoceste, ki bi utegnili služiti prehajanju (namenski prehodi, večnamenski objekti, prilagojeni objekti). Za ugotavljanje učinkovitosti teh objektov se za vsak odsek posebej izvaja spremljanje stanja, t. i. **monitoring živalstva** v času obratovanja avtocestnega odseka. Odgovoren za izvedbo tovrstnih raziskav je *DARS d.d.*, izvajajo pa jih različne raziskovalne institucije. *ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave d.o.o.* od leta 2007 dalje spremlja prehajanje prostoživečih živali na večjem številu novih odsekov avtocest na dolnjski, gorenjski in pomurski avtocesti. V izvajanje monitoringa na AC odseku Lendava – Pince sem bil kot študent vključen tudi sam. Rezultate podajam v sklopu diplomske naloge. Glede na to, da slovenski avtocestni križ še ni v celoti zaključen (čakamo namreč še na izgradnjo III. razvojne osi), bodo naši izsledki in zaključki uporabni pri ekonomsko in ekološko sprejemljivejšem načrtovanju izgradnje novih odsekov z vsemi potrebnimi omilitvenimi ukrepi za prehajanje tam živečih živali.

## 1.1 NAMEN IN OPREDELITEV PROBLEMA

Gradnja cestnega omrežja, ceste kot prostorski element in promet, imajo na populacije prostoživečih živali številne negativne vplive: (a) povzročajo uničevanje in fragmentacijo življenjskega prostora; (b) so zapreka (bariera), ki otežuje (onemogoča) sezonske in dnevne selitve živali; (c) vplivajo na spremembe v sestavi zoocenoze, zmanjšujejo genski pretok in biotsko raznolikost; (d) povzročajo poslabšanje življenjskih razmer zaradi onesnaževanja in hrupa; (e) predstavljajo dejavnik tveganja za izumrtje nekaterih redkih in ogroženih vrst; (f) vplivajo na povečano smrtnost živalskih vrst (Alexander in Waters, 2000; Huber, 2008).

Živali cest praviloma ne prečkajo zaradi nekontroliranih premikov (izjema je, če so vznemirjene), temveč je prečkanje povezano z določenim namenom, tj. z opravljanjem določenih nagonskih aktivnosti, kot so prehranjevanje, parjenje, izbor ustrežnejših habitatov itn. (Poličnik in Pokorny, 2011).

Znanstveniki v ZDA ocenjujejo, da ima njihov sistem cest vpliv na ekologijo živali na vsaj 25 % ozemlja (Forman, 2000). **Fragmentacija življenjskega prostora** je bila ocenjena za enega izmed glavnih vzrokov za izgubljanje biotske pestrosti v Evropi (Damarad in Bekker, 2003). V Evropski uniji (EU) zaradi prometne in druge infrastrukture ter urbanizacije vsak dan izgubimo 1.500 ha naravnih habitatov (EEA, 2011). Največji problem predstavljajo dolge, neprekinjene, večpasovne avtoceste, ki sekajo naravne habitate in s tem onemogočajo prehajanje predvsem večjih sesalcev, ki so najbolj občutljivi na antropogene vplive. Zaskrbljujoči so tudi podatki o povozih živali in **trkih** z motornimi vozili. V Evropi je po najnovejših ocenah vsako leto povozenih več kot 1.000.000 prostoživečih parkljarjev, gospodarska škoda zaradi trkov z njimi pa na letnem nivoju presega 2 milijardi € (Langbein in sod., 2011). V Sloveniji je letno registrirano povozenih (dejansko število je še bistveno večje) med 5400 in 6400 prostoživečih parkljarjev, kar pomeni, da letni stroški zaradi trkov vozil z divjadjo na nacionalnem nivoju presegajo 15 milijonov € (Pokorny in sod., 2008). Zato se v zadnjih letih v mnogih razvitih državah uveljavlja znanje in razvoj okoljsko čimbolj sprejemljivih pristopov k planiranju, projektiranju, gradnji in vzdrževanju cestne infrastrukture pod trenutno zelo popularnim pojmom »**trajnostne ceste**« (»*sustainable roads*«). Ekološko najbolj ustrezen način za učinkovito prehajanje številnih živalskih vrst prek cestnih barrier so ekodukti – ozelenjeni nadhodi ali podhodi, ki usmerjajo živali k prehodu ceste (bariere), ne da bi jo tudi neposredno prečkale in ogrožale sebe in cestne udeležence (Stergar in Stergar, 2010; Clevenger in sod., 2001; Langbein in sod., 2011). Ali so ekodukti praviloma tudi družbeno najbolj sprejemljivi in ali obstajajo cenejši, podobno učinkoviti večnamenski objekti za prehajanje živali, bomo poskusili pojasniti in odgovoriti v sklopu diplomske naloge.

## 1.2 DELOVNE HIPOTEZE

V diplomski nalogi smo postavili naslednje hipoteze:

- Na uspešnost prehajanja prostoživečih živali prek AC vpliva več dejavnikov, od katerih je najpomembnejša umestitev premostitvenega objekta v naravni prostor. Pomembna je tudi struktura podhoda z vključujočo širšo rabo prostora.
- Od okoljskih dejavnikov ima največji vpliv na prehajanje divjadi prek AC bližina gozdnega roba, vodnih teles in oddaljenost od urbanih središč.
- Občutljivost živali na moteče antropogene dejavnike, ki zmanjšujejo učinkovitost premostitvenih objektov, in prag tolerance živali na njih je vrstno specifičen.
- Učinkovitost podhoda se kaže v visoki frekvenci prehodov večjega števila osebkov in vrst prostoživečih živali v tem okolju. Učinkovit podhod ni vrstno specifičen, ampak je multifunkcionalen.
- Posamezne vrste živali različno prehajajo prek AC, in sicer odvisno od njihove številčnosti v prostoru, potreb po dnevni ali sezonski migraciji ter velikosti domačega okoliša.
- Nepravilnosti v načrtovanju premostitvenih objektov za živali, neredno vzdrževanje varovalnih ograj oz. slaba zaščita priključkov in izvozov iz avtoceste se kažejo v povečanem tveganju za trke motornih vozil z divjadjo.



## 2 PREGLED OBJAV

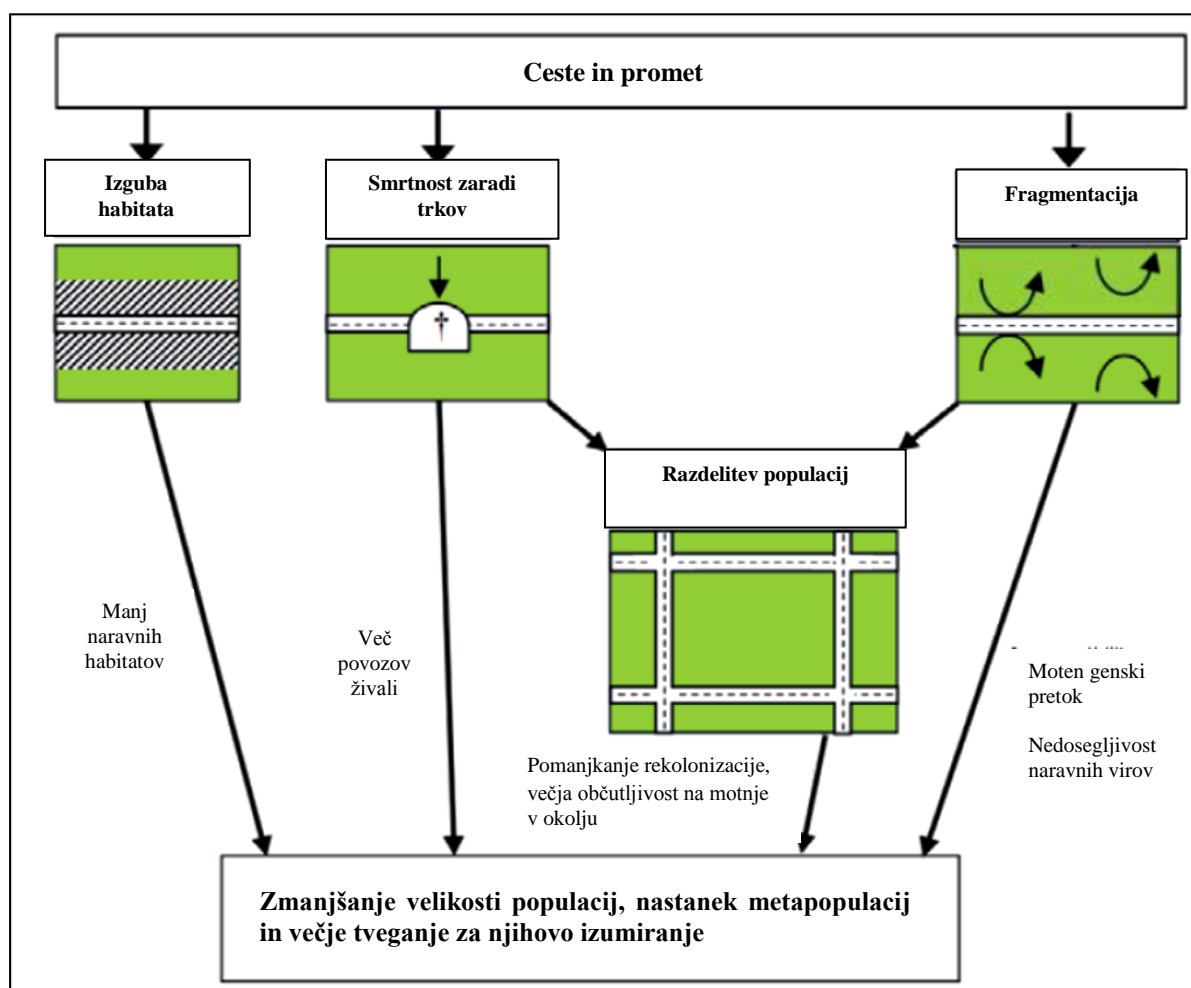
### 2.1 Vpliv prometne infrastrukture na prostoživeče živali

Promet ima, poleg zagotavljanja družbene blaginje, tudi svoje negativne plati. Predstavlja neposredno fizično grožnjo prostoživečim živalim in ljudem, je vir toplogrednih plinov in hrupa, predstavlja nevarnost za izlive strupenih snovi v okolje in za onesnaževanje zraka s prahom ter strupenimi plini. Zaradi prometa so lahko ogroženi habitati in posamezne populacije prostoživečih živalskih vrst. Obvladovanje prometa zato zahteva kompleksno načrtovanje, veliko vloženih finančnih sredstev in striktno zakonodajo. Vendar še tako dober projekt gradnje prometnic ne more popolnoma odpraviti vseh posledic posega v okolje. Pri delu z naravo ni popolnih rešitev. Motnje v delovanju življenjskih skupnosti so neizbežne in vedno smo primorani na kompromise. Popolne varnosti za ljudi in živali na cestah ni mogoče zagotoviti (Paulinič, 2009). Ograjene prometnice ustvarjajo dolge linijske bariere, ki lahko v celoti presekajo posamezne naravne habitate, tam živeče populacije živali pa razdelijo in ločijo. To predstavlja predvsem dve glavni težavi za živalske populacije:

- velikost življenjskega prostora se toliko zmanjša, da preostanek ne zagotavlja več dovolj prostora tam živečim vrstam,
- bariera, ki ločuje oba dela nekoč skupnega habitata je tako učinkovita, da prehajanje osebkov ni možno, kar lahko vodi do lokalnega izumrtja določenih vrst (Stergar in Stergar, 2010).

Cestna infrastruktura ima štiri poglobitve vplive na prostoživeče živali in naravno okolje, v katerem le-te živijo. To so:

1. Izguba naravnih habitatov zaradi izgradnje cestno-prometnih objektov.
2. Fragmentacija ozemlja zaradi ograjenih cestnih barier.
3. Povečanje smrtnosti prostoživečih živali zaradi naletov vozil nanje.
4. Razdelitev naravnih populacij na manjše, izolirane subpopulacije z omejenim genskim pretokom (slika 1).



Slika 1: Štirje glavni vplivi cestne infrastrukture na populacije prostoživečih živalskih vrst (Jaeger in sod., 2005, cit. po EEA, 2011).

## 2.2 Trki vozil z divjadjo

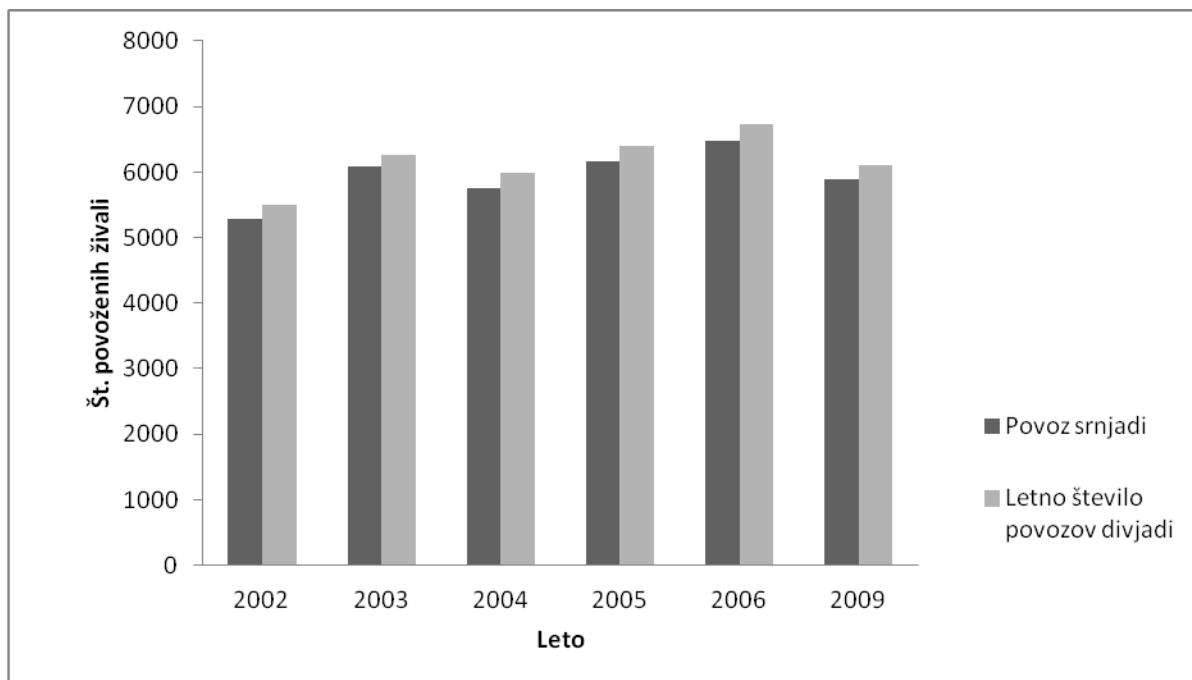
Poleg ostalih negativnih vplivov na živalstvo predstavljajo trki z večjimi vrstami, zlasti s parkljarji, pomembno tveganje za varnost udeležencev v cestnem prometu. Število trkov vozil s parkljarji v zadnjih desetletjih dramatično narašča povsod po svetu, kar je posledica krajinsko-ekoloških sprememb, naraščanja številčnosti parkljarjev in povečane gostote prometa (Huges in sod., 1996, cit. po Pokorny in sod., 2008). Tako sta še v sredini devetdesetih let prejšnjega stoletja Groot Bruinderink in Hazebroek (1996) ocenjevala, da se je letno v **Evropi** (brez Rusije) zgodilo prek 500.000 trkov vozil s prostoživečimi parkljarji, v katerih je izgubilo življenje približno 300 ljudi, 30.000 jih je bilo poškodovanih, ekonomska izguba pa je presegala milijardo dolarjev. V začetku novega tisočletja se je v Evropi zgodilo že več kot 750.000 trkov vozil s prostoživečimi parkljarji; dandanes to število že dosega

neverjetnih 1.000.000 registriranih primerov, celokupna škoda pa presega 2 milijarde EUR (Langbein, 2008; Langbein in sod., 2011). Med parkljarji, udeleženi v prometnih nesrečah po vsej Evropi, srnjad (*Capreolus capreolus*) po številu daleč presega vse vrste. Skupno število nesreč z udeležbo parkljarjev je v **ZDA** trenutno okoli 1.500.000 na leto, ocena škode na letni ravni je 1,1 milijarde dolarjev in okoli 150 ljudi na leto pri tem izgubi življenje (zbrano v Langbein in sod., 2011). V **Sloveniji** se povprečno zaradi trka z veliko divjadjo poškoduje 12 ljudi na leto (Pokorny in sod., 2004), vsaki dve leti pa se zgodi ena prometna nesreča z smrtnim izidom (Krže, 2000).

V Sloveniji je bilo v obdobju 1997 – 2001 letno registrirano povoženih (dejansko število je bilo bistveno višje) med 4.000 in 5.000 parkljarjev (Pokorny in sod., 2003, cit. po Pokorny in sod., 2008). V zadnjih letih je to število še naraslo (slika 2) – tako je bilo po podatkih lovske organizacije v letu 2002 skupaj povoženih 5.496 parkljarjev, do leta 2006 je bilo zabeleženih že 6.481 povozov parkljarjev. V letu 2009 je na slovenskih cestah po podatkih Lovsko upravljavskih območij življenja izgubilo 5899 kosov srnjadi, 133 kosov jelenjadi, 72 divjih prašičev, 690 poljskih zajcev, 891 lisic in 4 gamsi (ZGS in LZS, neobjavljeno, cit. po Pokorny in sod., 2008). Srnjad predstavlja najbolj problematično skupino divjadi kar se tiče trkov z vozili, saj živi na skoraj celotnem ozemlju Slovenije (Krže, 2000). Kumelj in Oršanič (2007) navajata v analizi obdobja 1962 – 2006, da smrtnost srnjadi zaradi povoza predstavlja 13 % letnega odvzema (tj. odstrela in izgub) srnjadi in kar 61% vseh registriranih izgub.

Celokupno škodo pri enem trku motornega vozila s parkljarji strokovnjaki ocenjujejo na povprečno 2500 €. Le-ta je sestavljena iz več delov, ki jih je potrebno upoštevati pri končni vrednosti stroškov, tj. materialna škoda na vozilu, stroški zavarovanja, izpad opravilne sposobnosti poškodovanih oseb, stroški izgube divjadi, ipd. Po ocenah strokovnjakov tako celokupni stroški trkov vozil s parkljarji v Sloveniji na letnem nivoju presegajo 15 milijonov € (Pokorny in sod., 2008).

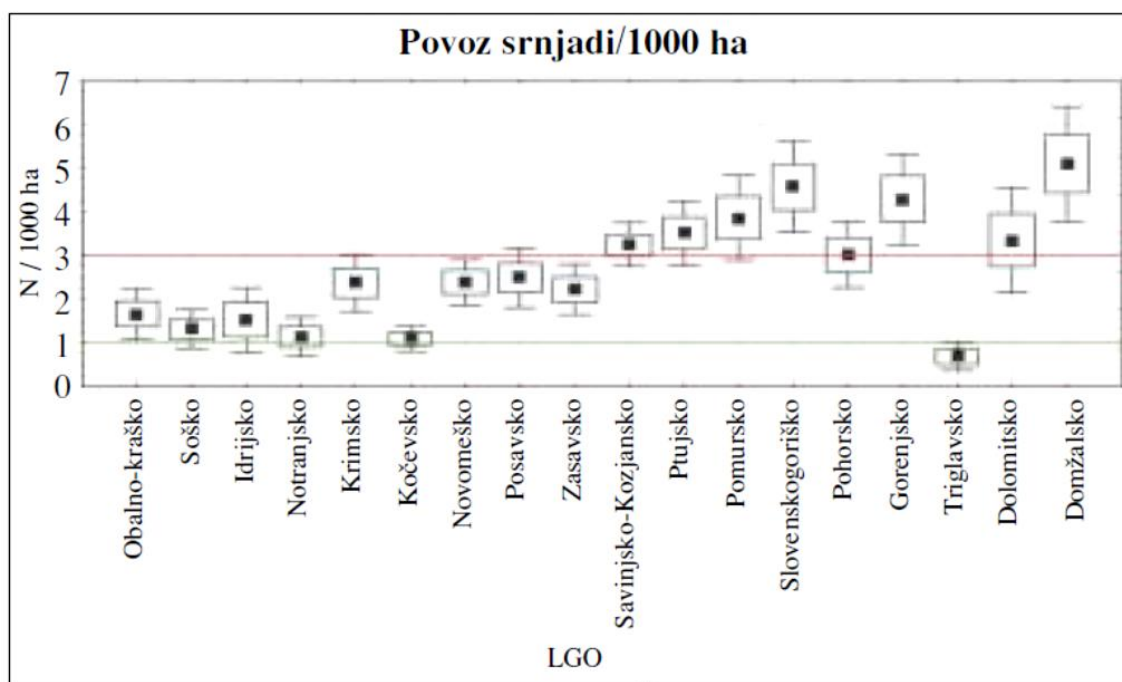
Langbein in sod. (2011) navajajo tri glavne faktorje, ki vplivajo na frekvenco nesreč divjadi v prometu: (i) letni čas in deli dneva; (ii) tip ceste, frekvenca prometa in hitrosti; (iii) okoljske in krajinske značilnosti ob cesti.



Slika 2: Število povožene divjadi v obdobju 2002 – 2009 v Sloveniji (po podatkih lovske organizacije). Dejansko število povoženih živali je še bistveno višje, predvsem zaradi pobega ranjenih živali z mesta trka v okoliški habitat ter zaradi protipravne prisvojitve povoženih živali (povzeto po Pokorny in sod., 2008).

Pokorny in sod. (2004) so prišli do pomembnih ugotovitev:

- Med slovenskimi lovišči obstajajo velike razlike v gostoti povoza, kar je posledica razlik v krajinsko-ekoloških značilnostih lovišč, dolžini prometnic v njih, gostoti prometa in številčnosti parkljarjev, zlasti srnjadi (slika 3).
- Tveganje za trk s parkljarji se prek leta spreminja in je odvisno od življenjskega ritma ciljne vrste, njenih socialnih in prehranskih zahtev ter dejavnikov vznemirjenja. Upoštevajoč letno periodiko povozov sta v primeru srnjadi najbolj problematična meseca april in maj, možnost trka z njo pa ostaja velika tudi poleti in jeseni; za trk z jelenjadjo so najbolj problematični jesenski meseci (obdobje ruka) in začetek zime.
- Dnevni čas največjega tveganja za trk s srnjadjo ima izrazito bimodalno porazdelitev; najbolj kritični sta obdobji jutranjega ( $5^h - 7^h$ ) in večernega ( $18^h - 22^h$ ) mraka.
- V širšem geografskem prostoru, na nivoju države, kjer so razlike v gostoti populacij lahko zelo velike, z naraščajočo številčnostjo srnjadi narašča tudi možnost trka z njo.



Slika 3: Primerjava med nekdanjimi lovskogojitvenimi območji (LGO) v povprečnem letnem številu povožene srnjadi v loviščih v obdobju 1999 – 2002 (Pokorny in sod., 2004).

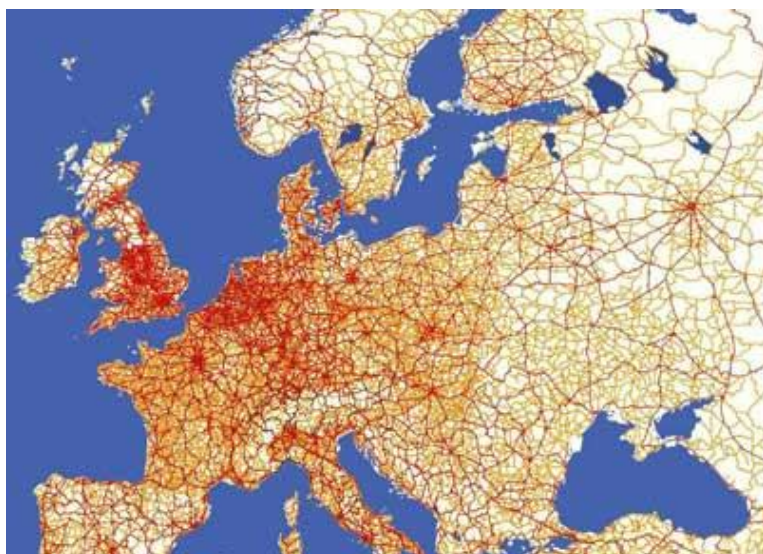
### 2.3 Zakonska določila in evropska pobuda za defragmentacijo ozemlja

Ukrepi glede izgube habitatov in problematike fragmentacije ozemlja se nanašajo na določila iz Zakona o divjadi in lovstvu (Ur. l. RS, 2004). V prvem odstavku 30. člena je zapisano, da se za posege v prostor, ki lahko bistveno spremenijo življenjske razmere divjadi, izdelava presoja življenjskih možnosti divjadi. Če se s presojo vplivov na okolje divjadi ugotovi, da bi ti posegi življenjske možnosti bistveno poslabšali, jih je potrebno omejiti ali opustiti v celoti. Neprimerni posegi v prostor so v drugem odstavku istega člena razloženi kot posegi, ki ožijo življenjski prostor in prehranske možnosti divjadi, zmanjšujejo možnost za gnezdenje, poleganje in vzrejo mladičev, z nemirom spreminjajo življenjski ritem divjadi, in posegi, ki preprečujejo stike med populacijami ter neposredno ogrožajo življenje divjadi. Določila glede prometnic v Sloveniji so zapisana v 34. členu Zakona o divjadi in lovstvu, v katerem prvi odstavek določa, da je pri gradnji z ograjami zavarovanih prometnic treba zagotoviti prehode za divjad na krajih, kjer so že od nekdaj potekale stečine in naravni prehodi posameznih vrst divjadi. Po drugem odstavku istega člena pa projekt izgradnje prometnice ne sme biti potrjen oziroma gradbeno dovoljenje ne sme biti izdano, dokler niso zagotovljene strokovne rešitve prehodov divjadi iz prejšnjega odstavka (Zakon o divjadi in lovstvu, 2004).

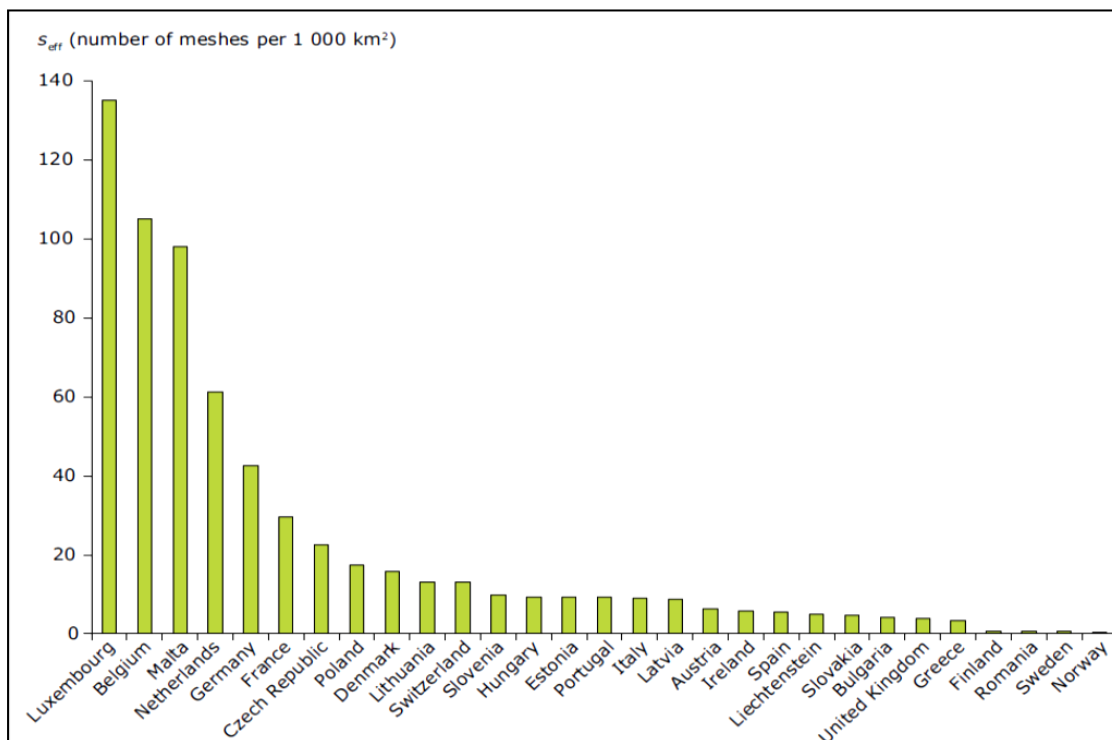
### 2.3.1 Evropska unija in COST 341

V državah članicah Evropske unije je ohranjanje biotske raznovrstnosti določeno v evropskih direktivah, kar pomeni, da se med drugim zavezujejo tudi k reševanju problema fragmentacije in izgube naravnih habitatov. Nenehno drobljenje življenjskega okolja divjih živali z izgradnjo novih cestnih odsekov neposredno zmanjšuje možnosti preživetja mnogih živalskih vrst. Ker so selitvene poti presekane, posamezne populacije nimajo kontakta in tako ne pride do mešanja genetskega materiala, kar močno zmanjšuje preživetveni potencial skupine živali.

V območju Natura 2000 so okoljske zahteve še ostrejšje. Krže (2008) v svojem članku ugotavlja, da kljub temu, da je kar 36 % ozemlja Slovenije vključeno v Naturo 2000, nimamo niti enega zelenega mostu, ki bi ustrezal standardom za izpolnjevanje primarnega namena objekta. To je prepustnost cestnih barier za vse prostoživeče živali, še posebej za velike zveri (medved, volk, ris), ki so najbolj občutljive na moteče dejavnike, ki jih ceste in promet povzročajo v naravnem okolju (t.j. hrup, svetloba, nevarnost za trk...). Vendar je danes stanje v Sloveniji že precej drugačno, saj so bili namenski ekodukti (tudi večjih dimenzij) zgrajeni, npr., na dolenski in pomurski avtocesti. Leta 1995 se je ustanovila mednarodna skupina strokovnjakov (*Infra Eco Network Europe – IENE*), z namenom preučiti problem fragmentacije habitatov zaradi prometne infrastrukture v Evropi. Tri leta kasneje se je pričel projekt COST-Action 341, »*Habitat Fragmentation due to linear Transportation infrastructure*«, pri katerem trenutno sodeluje 21 evropskih držav in omogoča povezovanje znanja ter postavitev temeljne podlage za načrtovanje omilitvenih ukrepov za vso Evropo. Slovenija v programu COST 341 ne sodeluje (IENE..., 2011).



Slika 4: Cestno omrežje v Evropi (IENE..., 2011).



Slika 5: Stopnja fragmentacije okolja v Evropi leta 2009 (EEA..., 2011).

## 2.4 Omilitveni ukrepi

Omilitveni ukrepi so namenjeni predvsem zmanjševanju konfliktov v prometu udeleženi prostoživečih živali. Ti ukrepi zmanjšujejo možnost trkov z divjadjo in preprečujejo fragmentacijo njihovega habitata. Pri omilitvenih ukrepih razlikujemo med tistimi, katerih

osnovna funkcija je povezovanje, in tistimi, katerih osnovna funkcija je varovanje prostoživečih živali (preglednica 1). Največ omilitvenih ukrepov je namenjenih preprečevanju oz. zmanjšanju trkov vozil z divjadjo na lokalnih in regionalnih cestah izven naselij, saj je tam tveganje za trk z divjadjo največje. Putman in sod. (2004) so ukrepe za zmanjšanje trkov vozil z divjadjo združili v tri skupine:

**a) Ukrepi, ki preprečujejo ali kontrolirajo prehajanje divjadi preko cest** (mreže oz. mehanske ograje, svetlobna, zvočna in kemična odvratača za živali, lokalno zmanjšanje gostote določenih populacij živali).

**b) Ukrepi za povečanje ozaveščenosti voznikov** (opozorilni sistemi v avtomobilih, svetlobni znaki ob cestah, odstranjevanje občestne vegetacije za večjo vidljivost, izobraževanje v šolah).

**c) Varni prehodi za živali** (izgradnja namenskih nadhodov in podhodov za živali, posodobitev večnamenskih objektov za prehajanje manj občutljivih živali, predvsem srnjadi in malih sesalcev).

Preglednica 1: Omilitveni ukrepi s povezovalno in varovalno funkcijo (Stergar in Stergar, 2010).

Omilitveni ukrepi s povezovalno funkcijo		
Nad prometnico	Pod prometnico	
<ul style="list-style-type: none"><li>• ekodukti</li><li>• modificirani mostovi / multifunkcijski nadhodi in nadvozi</li><li>• drevesni prehodi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• viadukti</li><li>• podhodi za večje vrste prostoživečih živali</li><li>• podhodi za male živali</li><li>• modificirani / multifunkcijski podhodi / podvozi</li><li>• modificirani prepusti</li><li>• prepusti za ribe</li><li>• prepusti za dvoživke</li></ul>	
Omilitveni ukrepi z varovalno funkcijo		
Specifični ukrepi	Prirejanje habitata	Prirejanje infrastrukture
<ul style="list-style-type: none"><li>• ograje</li><li>• odvratačni ukrepi</li><li>• opozorilne table in senzorični sistemi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• odstranjevanje vegetacije</li><li>• zasaditev vegetacije</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• protihrupna ograja</li><li>• ureditev bankine</li><li>• zasilne rampe iz jarkov in zadrževalnikov</li><li>• spremenjena širina ceste</li><li>• umetna razsvetljava</li></ul>



Pokorny in sod. (2008) navajajo tri kategorije, v katere razvrščajo omilitvene ukrepe za zmanjšanje problematike trkov vozil z divjadjo. Razdelitev je prikazana v naslednji preglednici.

Preglednica 2: Omilitveni ukrepi za zmanjšanje problematike trkov vozil z divjadjo (Pokorny in sod., 2008).

Ukrepi, usmerjeni k voznikom	Ukrepi, usmerjeni v habitat	Ukrepi, usmerjeni k divjadi
<ul style="list-style-type: none"><li>• Uradni prometni znak</li><li>• Neuradna signalizacija:<ul style="list-style-type: none"><li>- Opozorilne table interesnih skupin prebivalstva</li><li>- Silhuete</li><li>- Izobraževanje in ozaveščanje</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Redna košnja cestnih robov</li><li>• Posipavanje cest s substituti soli (kalcijev in magnezijev acetat)</li><li>• Osvetljevanje prometnic</li><li>• Odstranjevanje drevnine</li><li>• Zmanjšanje nemira</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Optimalna realizacija odstrela</li><li>• Ograje, ki fizično ustavljajo divjad</li><li>• Podhodi in nadhodi</li><li>• Prehodi za divjadi</li><li>• Različna odvrčala (kemična, svetlobna, zvočna) za divjad</li></ul>

## 2.5 Trajnostni pristop k projektiranju avtocestne infrastrukture

Miha in Boris Stergar sta na 10. slovenskem kongresu o cestah in prometu leta 2010 v Portorožu predstavila pomembnost sodelovanja tehniških in naravoslovnih ved pri projektiranju cestne infrastrukture pod pojmom »ekološki inženiring«. Pri tem gre za integracijo ekologije in inženirstva v takšni obliki, da je slednji sprejemljiv tako za človeka kot za naravo. Trajnostne ceste, »sustainable roads«, so vodilo za prihodnost planiranja, projektiranja, gradnje in upravljanja cestno prometne infrastrukture.

### 2.5.1 Preprečevanje fragmentacije z upoštevanjem naravnih danosti in topografije

Eden bistvenih elementov, s katerimi lahko projektanti cest pripomorejo k čim manjši fragmentaciji habitata, je potek same osi ceste in pripadajoča lega. Optimalno je potrebno izkoristiti naravne danosti in topografijo na obravnavanem območju, upoštevati prometne podatke in planirano kategorijo ceste, zemeljska dela pa zmanjšati na minimum. V premožnejših državah po svetu se na ranljivih naravovarstvenih območjih namesto dolgih nasipov raje poslužujejo gradnje nizkih viaduktov, ki so se pokazali kot izredno primerne rešitve predvsem na območjih mokrišč. Daleč najbolj učinkovito rešitev umestitve prometnice v ekološko ranljiv prostor predstavljajo predori, ki pa so zaradi visoke cene izgradnje in vzdrževanja prej izjema kot pravilo tudi v najbolj ekološko ozaveščenih državah (Stergar M. in Stergar B., 2010).

### **2.5.2 Zaščitne ograje**

Zaščitne žičnate ograje se v praksi pogosto uporabljajo za preprečevanje dostopa živali do cestnega telesa in tako izboljšujejo prometno varnost ter zmanjšujejo vpliv prometa na številčnost živalskih populacij. Medtem ko to funkcijo opravljajo dokaj učinkovito, pa je doprinos k delitvi habitatov izredno velik. Zaradi tega se v razvitih (bogatejših) državah EU vedno pogosteje uporabljajo žive meje, žičnate ograje pa le na mestih, kjer je to neizogibno. Žive meje sicer podražijo vzdrževanje, vendar poleg estetskega videza ter varčevanja s surovinami (zmanjša se poraba kovin ter kemičnih zaščitnih sredstev) predstavljajo tudi povezovalni element za nekatere vrste živali (npr. netopirje, ptice, ...). Žičnate ograje so lahko dobra rešitev samo v kombinaciji z ustrezno sprojektiranimi prehodi za živali oz. minimalno vsaj urejenimi izhodnimi rampami, ki omogočajo živalim, katere se znajdejo na napačni (torej cestni) strani ograje, da zapustijo cestno telo (Stergar M. in Stergar B., 2010). V Sloveniji, na Hrvaškem in v Avstriji imamo v celoti zamrežene avtoceste, kar občutno zmanjša zahajanje divjadi na ceste; povozi večine večjih vrst sesalcev (izjema je, npr., rjavi medved) so zato na avtocestah manj pomemben dejavnik smrtnosti populacij. Številne evropske države, npr. Velika Britanija, skandinavske države, del Nemčije, ograjevanja avtocest sploh ne poznajo. Z gradnjo ograjenih avtocest se presekajo ustaljene večstoletne poti in selitveni koridorji, ki so jih pred tem redno uporabljale različne vrste prostoživečih živali. Z namenom ohranjanja povezanosti populacij in opravljanja temeljnih življenjskih funkcij (npr. dostop do prehranskih virov, iskanje kritja in paritvenih stikov), je živalim potrebno omogočiti prehajanje preko avtoceste z ene strani na drugo. Zato je potrebno pri načrtovanju gradnje novih avtocest načrtovati tudi gradnjo posebnih prehodov za prostoživeče živali (Poličnik in Pokorny, 2011).

### **2.5.3 Prehodi za živali**

Prehodi za prostoživeče živali so koridorji (pod cesto ali nad njo), namenjeni varnemu prehajanju živali, večji prepustnosti in povezanosti habitatov, obenem pa zmanjšujejo verjetnost trkov vozil z divjadjo. Ti objekti so lahko podhodi, nadhodi, večji zeleni mostovi (ekodukti), tuneli za male sesalce ali viadukti, namenjeni prostoživečim živalim (Bank in sod., 2002). Pomembno je, da se jih ne projektira kot samostojne, izolirane objekte, ampak kot del celovite rešitve oziroma koncepta povezave razdrobljenega živalskega habitata.

Njihova izgradnja je upravičena oz. potrebna povsod, kjer: (i) je trasa prometnice obdana z zaščitno ograjo (npr. avtocesta); (ii) trasa seka življenjski prostor živalske vrste, ki je še posebej občutljiva na bariere in smrtnost zaradi prometa; (iii) je pričakovati, da ostali ukrepi ne bodo uspešni. Izvedba prehodov za živali je lahko v obliki nadvodov – ekoduktov (slika 6) ali podvodov, odvisna pa je od topografije in živalskih vrst, ki na določenem območju živijo in bodo prehode uporabljale (Stergar M. in Stergar B., 2010).



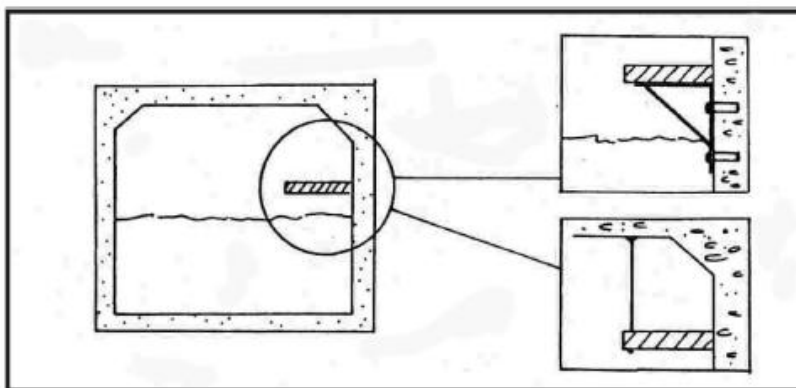
Slika 6: Gradnja ekodukta na odseku AC Beltinci – Lendava; foto: Ljubica Dalla Valle (Stergar M. in Stergar B., 2010: 923).

Ekološko najustreznejši ukrep, ki omogoča varno in intenzivno prehanje živali prek ograjenih avtocest, so zagotovo namensko zgrajeni nadvodi ali podvodi velikih dimenzij oz. razsežnosti – **ekodukti**. Številne raziskave (zbrano v Clevenger in sod., 2008; Langbein in sod., 2011) so pokazale, da so zlasti nadvodi (zanje se pogosto uporablja izraz »zeleni mostovi«) učinkovit ukrep, ki omogoča potrebno prehanje prek avtocest za številne živalske vrste. Zato so predvsem v Evropi (in bistveno manj v Severni Ameriki) v zadnjih letih med naravovarstveniki izjemno priljubljeni; kjer so uspešni, zelene mostove tudi bolj ali manj intenzivno gradijo. Pri tem po uspehih še zlasti izstopa Hrvaška, kjer je bilo na avtocesti Zagreb–Ploče zgrajenih kar deset zelenih mostov, ki vsi po vrsti po širini presegajo (!) 100 m (Huber, 2011, cit. po Poličnik in Pokorny, 2011). Seveda pa je gradnja teh objektov zelo draga. Tako so, npr., na Nizozemskem stroški gradnje sedmih zelenih mostov znašali od 1,4 do 5,6 mio evrov (Kruidering in sod., 2005, cit. po Poličnik in Pokorny, 2011). Zato so v zadnjem času vedno pogostejši pomisleki, ali je gradnja tako dragih struktur z ekonomskega

vidika sploh upravičena. Kot nadomestilo za široke zelene mostove v svetu praviloma gradijo objekte, ki so precej manjših dimenzij, namenjeni so zgolj za prehajanje živali ali pa imajo še kakšen drug namen (večnamenski objekti). Vendar je vsaj v začetni fazi ciljna vrsta pogosto popolnoma nepripravljena tak objekt tudi uporabljati. Po nekaterih raziskavah naj bi srnjad potrebovala vsaj 6 mesecev, da se znebi strahu pred novimi objekti in jih začne uporabljati oz. prehajati prek/skozi njih (Poličnik in Pokorny, 2011).

#### 2.5.4 Omilitveni ukrepi na obstoječi infrastrukturi

Zelo zanimiv in cenovno ugoden je pristop k reševanju problematike s pomočjo adaptacije obstoječe infrastrukture. V teoriji je možna adaptacija vseh objektov, nadvozov in nadvodov, podvozov in podhodov, prepustov, itd., v praksi pa se pokaže (predvsem v Sloveniji), da so bili v preteklosti v glavnem nadvozi (predvsem nadvozi deviacij poljskih poti preko avtocest) zaradi varčevanja izvedeni z minimalnimi profili, tako da dodajanje pasu za prehod živali večinoma ni možno. Dodatno omejitve predstavljajo naprave za odvodnjavanje na samih objektih, ki niso zasnovane za takšne rešitve. Zaradi navedenih razlogov ostajajo najbolj primerni objekti za adaptacijske posege podvozi/podhodi in prepusti, ki pa naj bi v širino merili več kot 10 m, v dolžino pa manj kot 30 m. Za uspešno opravljanje funkcije zagotavljanja živalskih prehodov mora biti gostota prometa, ki poteka po teh objektih, čim manjša. Posebno primerni so prepusti z vodotoki, ki pa morajo imeti zgrajene posebne suhe poti za prehod sesalcev v času, ko je v prepustu voda (povzeto po Stergar M. in Stergar B., 2010).



Slika 7: Adaptacija obstoječega prepusta, tako da je omogočen prehod živali ob visoki vodi (Stergar M. in Stergar B., 2010: 923).

## 2.6 Primeri ugotavljanja učinkovitosti omilitvenih ukrepov za prehanje prostoživečih živali preko avtoceste

Prehodi za živali predstavljajo omilitvene ukrepe, nadhode (ekodukte) ali podhode, ki povezujejo dva dela nekoč enotnega habitata, presekanega s prometnico. Prvi namenski prehodi za prostoživeče živali so bili zgrajeni v Franciji v 50-ih letih prejšnjega stoletja (Chilson, 2003). Te namenske objekte že nekaj desetletij gradijo tudi v Kanadi, ZDA, na Nizozemskem, v Švici, Nemčiji, Avstriji in tudi v sosednji Hrvaški. Pri gradnji naših avtocest smo takšne omilitvene ukrepe začeli resno vključevati v projektne načrte šele pred nekaj leti. Raziskave kažejo, da prehodi za prostoživeče živali podražijo celoten projekt izgradnje cestne infrastrukture za 7–8 %. Stroški izgradnje in vzdrževanja pa so zanemarljivi v primerjavi z ekološko koristjo (tj. večja povezljivost habitata in genski pretok), seveda pa tudi s finančnimi prihranki in zaščito živali ter udeležencev v prometu zaradi zmanjšanja trkov vozil z divjadjo (Bank in sod., 2002). Kljub temu, da gre za globalen problem, saj nas cestno omrežje »duši« domala vsepovsod po svetu, je moč zaslediti le nekaj raziskav, ki ocenjujejo učinkovitost namensko zgrajenih prehodov za živali. V nadaljevanju so predstavljeni nekateri primeri iz različnih delov sveta.

### 2.6.1 Nacionalni Park Banff (Kanada)

Najstarejši nacionalni park v Kanadi, sredi Skalnatega gorovja, je najprimernejše območje za preučevanje učinkovitosti prehodov za divjad. V njem prebiva veliko različnih vrst prostoživečih živali, poleg tega pa je park že nekaj časa predeljen z dolgo in široko štiripasovno avtocesto TCH (*Trans-Canada Highway*). Za omilitev fragmentacije habitata in z njimi povezanih problemov so leta 1978 v projektu rekonstrukcije štiripasovnice skozi park zgradili 24 prehodov za živali, od tega 22 podhodov in 2 nadhoda (Clevenger, 2007). Zadnjih nekaj deset let se raziskovalci z Univerze v Calgaryju ukvarjajo s preučevanjem dejavnikov, ki vplivajo na učinkovitost zgrajenih prehodov. Objavljene so bile številne publikacije o učinkovitosti prehodov za živali in vplivih na zmanjšanje povozov in trkov z divjadjo na cestah (Clevenger in Waltho, 2000; Clevenger in sod., 2001; Clevenger, 2007). V zadnjih 25-ih letih (do januarja 2007) so znanstveniki z uporabo različnih tehnik monitoringa zabeležili 84.000 živali, ki so uporabljale 24 prehodov v Banff Nacionalnem parku, vključno z 10 vrstami velikih sesalcev, kot so belorepi jeleni, losi, ameriški črni medvedi, grizliji,

pume, volkovi in kojoti (Clevenger, 2007). Raziskave nakazujejo tudi na trend učenja in čas, ki ga živali potrebujejo, da se privadijo na prehod in ga z zaupanjem začnejo uporabljati. Tukaj še posebej izstopajo grizliji in volkovi. Kanadski raziskovalci ugotavljajo, da uporaba podhodov in ograjenost cest na TCH zmanjšuje trke vozil z velikimi kopitarji za več kot 80%. Vendar pa za velike zveri (medvedi, volkovi,..) ti omilitveni ukrepi ne zaležejo pri zmanjšanju trkov in smrtnosti teh živali na TCH. Tako imajo prehodi za živali v Banff parku različno veljavo, odvisno za katero vrsto živali gre (Clevenger in sod., 2001). Park Canada ima trenutno v načrtu zgraditi 17 dodatnih prehodov na TCH in nadgraditi sistem mrež ob cestah, kar bi še dodatno povečalo varnost v prometu ter zmanjšalo trke z velikimi zvermi (Hallstrom in sod., 2008).



Slika 8: Nadhod za živali v Banff Parku v Kanadi (Wildlife crossing..., 2011).

### 2.6.2 Florida in Južna Kalifornija (ZDA)

Na približno 64 km dolgi avtocesti I-75 v pokrajini Collier in Lee na Floridi so zgradili 24 podhodov, 12 mostov prilagodili v ekodukte. Ti prehodi so bili prvotno namenjeni zaščiti ogrožene podvrste pume (*Puma concolor coryi*), ki živi samo v jugovzhodnem delu Združenih držav. Velja za enega izmed najbolj ogroženih velikih sesalcev v Severni Ameriki. Po nekaterih podatkih jih živi samo še 80 – 100 osebkov (Foster in Humphrey, 1995). Še posebej je ta žival občutljiva na trke z vozili. Leta 2006 jih je namreč pod kolesi končalo 11, leto kasneje pa 14 osebkov. Uporabili so številne omilitvene ukrepe za zmanjšanje tveganja trkov z divjadjo, od katerih se je kot najbolj učinkovita izkazala kombinacija prehodov za

divjad in mreže ob cesti. Na odsekih, opremljenih s prehodi in mrežami, od uvedbe omilitvenih ukrepov niso več zabeležili nesreč vozil in divjadi, zato v prihodnje oblasti nameravajo zgraditi še več takšnih objektov (Scott, 2007). Poleg zaščite floridske pume so se ti prehodi izkazali izredno koristni tudi za druge sesalce, kot so risi, jeleni, rakuni (Foster in Humphrey, 1995). V južni Kaliforniji so namenski prehodi za živali uspešno zaščitili ogroženo vrsto želve (ang. Desert tortoise, *Gopherus agassizii*). V prvih 4 letih po postavitvi zaščitnih mrež in ureditvi ustreznih prehodov (tudi kanalov za meteorno vodo) se je število povoženih želv zmanjšalo za 93 % (Chilson, 2003).

### **2.6.3 Podhod Slaty Creek (Avstralija)**

Leta 1997 so zgradili približno 70 metrov dolg podhod Slaty Creek z namenom omilitve ekološke bariere, ki jo predstavlja avtocesta Calder v pokrajini Black Forest v Avstraliji. Znanstveniki so uporabili kar 14 različnih metod za registracijo uporabnosti podhoda za prostoživeče živali. 12 mesecev so določali številčnost in raznolikost vrst, ki so uporabljale ta podhod. V primerjavi s 116 poznanimi vrstami živali, ki živijo v širšem območju gozda, so 79 vrst le-teh zaznali tudi v samem podhodu (od dvoživk, ptic, koal, vombatov, plazilcev, kengurujev, ipd.) (Abson in Lawrence, 2003). Avtorja ugotavljata, da kljub temu, da je podhod mnogovrstno koristen, bi se dalo njegovo učinkovitost še izboljšati, in sicer s postavitvijo varovalnih mrež ob avtocesti in izključitvijo predatorjev, kot sta divja mačka in lisica iz širše okolice podhoda.

### **2.6.4 Prvi ekodukti na Nizozemskem**

V nekaterih evropskih državah so se že lotili ukrepov za urejanje posledic, ki jih prinaša gradnja in uporaba avtocest in železnic. Najpomembnejša pravna podlaga so predvsem evropske direktive (usmeritve), ki od držav članic terjajo vedno bolj odgovorno ravnanje na tem področju (smernice FFH; rastlinstvo – živalstvo – habitati) (Krže, 2008).

Na Nizozemskem obstaja več kot 600 prehodov za prostoživeče živali (podhodi in ekodukti), ki ščitijo populacije divjih prašičev, srnjadi in jelenjadi (Wikipedia..., 2011). Hoge Veluwe National Park, največji naravni rezervat na Nizozemskem, vsebuje tri 50-metrške ekodukte, od teh sta dva, ki neposredno povezujeta gozdove na obeh straneh. V raziskavi (Bank in sod., 2002) so ugotovili, da je v enem letu skoraj 5000 srnjadi in divjih prašičev uporabilo podhoda

za svoje naravne migracijske poti. Nizozemska se med drugim ponaša tudi z najdaljšim ekoduktom (nadhodom) na svetu, *Natuurbrug Zanderij Crailo*. Ta obsežen objekt, z omilitveno funkcijo povezovanja in prepustnosti, je dolg preko 800 metrov in se razteza preko železnice, poslovne cone, športnega objekta, reke in avtoceste. Monitoring živali in ocenjevanje učinkovitosti prvovrstnega ekoduta je trenutno v izdelavi (Wikipedia..., 2011).



Slika 9: Večina prehodov in ekoduktov je krajših od 70–80 metrov (če gledamo razdaljo z ene strani na drugo stran linijske bariere), toda zgoraj prikazani ekodukt, blizu Hilversuma na Nizozemskem, je dolg 800 metrov in velja za najdaljši prehod za živali na svetu. Photo: W. Metz (Clevenger in Huijser, 2010).

### 2.6.5 Španija

Na severu Španije, na avtocesti A-52, so spomladi leta 2001 in jeseni 2002 preučevali učinkovitost tam zgrajenih prehodov za živali. Zabeležili so povprečno 1,37 prehodov živali na dan skozi enega od 82 opazovanih prehodov. Rezultati kažejo tudi na to, da strukturne značilnosti prehodov, kot so širina, dolžina in odprtost, odločilno vplivajo na njihovo rabo (Mata in sod., 2005). Ključni elementi, ki določajo učinkovito rabo prehodov, so za različne vrste živali različni. Največji indeks uporabnosti in frekvenco prehajanj imajo namensko zgrajeni nadhodi in podhodi za živali. Ti so se izkazali za 1,5-krat do 3-krat bolj učinkovite v primerjavi z ostalimi konvencionalnimi prehodi (Mata in sod., 2005). Vendar pa imajo velik pomen na prehajanje tudi multifunkcionalni premostitveni objekti, ki so v souporabi s



človekom. Najbolj ustrezni so v krajih, kjer je človeška aktivnost majhna (Clevenger in Waltho, 2000; Mata in sod., 2005). Španski raziskovalci (Malo in sod., 2005) so poskušali ugotoviti, koliko dni neprekinjenega monitoringa je potrebno za registracijo večine živali, ki uporabljajo prehod. Ugotovili so, da je 25 dni spremljanja dovolj, da zaznamo 80 % vseh vrst, ki uporabljajo prehod.

### 2.6.6 Avstrija, Nemčija in Švica

V sosednji **Avstriji** so se problema fragmentacije lotili razmeroma pozno, saj je bil prvi »zeleni most« zgrajen šele leta 1990 (Krže, 2008). Avtocestno omrežje v Avstriji je skoraj v celoti zaključeno, vendar je dosegljivih zelo malo informacij o prepustnosti teh 2000 km cest za prostoživeče živali. Prav tako ni dosti znanega o učinkovitosti prehodov in koridorjev za prehajanje živali preko cest. Prvič so se s to problematiko soočili v devetdesetih. Ocenili so trenutno prepustnost cestnega omrežja za živali in predlagali izgradnjo dodatnih ekoduktov in podhodov, predvsem za velike sesalce, ki predstavljajo najbolj občutljivo skupino živali. Zabeležili so 764 objektov za prehajanje in jih razvrstili v 5 skupin glede na primernost za prehajanje določenih skupin živali. Klasifikacija je upoštevala širino prehoda, lokacijo, razdaljo do motečih dejavnikov (cesta, hiše, ...) in razpoložljivost vegetativnega pokrova. Tako je prehod tipa A moral biti širši od 80 metrov (uporabna površina za prehajanje velikih sesalcev), tip B širši od 30 metrov, vse do zadnjega tipa E, ki je ustrezal prehodom za male sesalce, ki so bili širši od 3 metrov (Woess in sod., 2001). V vseh registriranih objektih so opravili monitoring prehajanja živali v štirih sezonah in pridobili bazo podatkov o prepustnosti cestnega omrežja v Avstriji. Določili so minimalno prepustnost za mednarodno, regionalno in lokalno defragmentacijo. V predelih z nezadostno prepustnostjo so predlagali izgradnjo zelenih mostov tipa A, B, ali C (Woess in sod., 2002).

Eno izmed prvih raziskav učinkovitosti prehodov v **Nemčiji** je opravil Olbrich (1984), ki je opazoval 824 različnih nadhodov in podhodov na skupaj 823 km dolgih odsekih avtocest v Nemčiji. Ugotovil je, da je srnjad uporabljala 45 % vseh podhodov in 23 % razpoložljivih nadhodov. Jelenjad je za svoje migracijske poti koristila le 8 % podhodov in samo 5 % nadhodov. Olbrich je trdil, da mora biti minimalna višina in širina podhodov 4 metre, indeks odprtosti (višina x širina / dolžina podhoda) pa mora biti vsaj 1,5 za jelenjad in 0,75 za srnjad (Olbrich, 1948, cit. po Langbein in sod., 2011). Georgii in sodelavci (2007; cit. po Langbein

in sod., 2011) so v svoji raziskavi odkrili, da so živali najintenzivneje (85 % vseh registriranih živali) za svoje prehajanje uporabljale ekodukte in viadukte. V Nemčiji so imeli do leta 2008 zgrajenih 16 zelenih mostov (nadhodov) na avtocestah in 20 na hitrih, zveznih cestah. V načrtu oz. v gradnji na avtocestah imajo še 26 zelenih mostov, na hitrih zveznih cestah pa 10. Na avtocestah imajo 29 zelenih podhodov, na hitrih zveznih 1, v gradnji na avtocestah 16, na zveznih hitrih cestah pa 1 zeleni podhod; skupno imajo torej 131 tovrstnih objektov na okrog 12.400 km avtocest. Nemška lovska zveza želi s temi ukrepi ublažiti tudi posledice vsakoletnega povoza okrog 220.000 glav parkljaste divjadi, kar z vsemi posledicami pomeni okrog 450 mio € škode letno (Krže, 2008). **Švica**, ki sicer ni članica Evropske skupnosti, do leta 2020 načrtuje zgraditi kar 50 zelenih mostov (Krže, 2008).

### **2.6.7 Slovenski avtocestni križ**

V 70-ih letih je bil za Lovsko zvezo Slovenije eden največjih uspehov prepričati »odločevalce«, da so ogradili prvo avtocesto Verd–Postojna. Takrat o zelenih mostovih ni razmišljal še nihče. Dandanes so razmere, znanje in zahteve povsem drugačne. Adamič in sod. (2000), ki so kot prvi sistematično spremljali prehajanje prostoživečih živali preko avtoceste na odseku med Vrhniko in Kozino, navajajo, da so se za najbolj učinkovite prehode za divje živali izkazali mostovi (viadukti); zabeležili so prehajanje 2,4 živali/viadukt/dan. Pogostost prehodov živali na podvozih je manjša, tj. 0,64 prehodov živali/podvoz/dan. Najbolj pa zaostajajo nadvozi s povprečnim prehajanjem 0,14 živali/nadvoz/dan. V drugi raziskavi so na odseku avtoceste med Vrhniko in Logatcem na treh podvozih gozdnih cest zabeležili 1,84 sledi/podvoz/dan. Na treh mostovih je bilo ugotovljeno, da jih uporabljajo praviloma le srednje veliki sesalci, parkljarji se jim praviloma izognejo (Adamič in sod., 1996). Pogostost prehajanja nekaterih živalskih vrst se je izrazito povečala v času parjenja, ko so živali avtocesto prehajale desetkrat pogosteje kot v preostalem delu leta (Adamič in sod., 2000). Po vstopu Slovenije v EU in vključitvi v skupno direktivo za ohranitev biodiverzitete se je povečalo število raziskav in monitoringov prehodov za živali na avtocestah, predvsem zaradi skupne evropske strategije defragmentacije in zaščite zavarovanih območij v Naturi 2000.

Inštitut za ekološke raziskave ERICo Velenje več let kontinuirano spremlja prehajanje živali prek avtocest na večjem številu odsekov v času obratovanja AC. Skupaj so s popisi peščenih

slednih blazin v treh letih spremljanja stanja (na odsekih dolenske avtoceste) oziroma v enem letu (na gorenjski in pomurski avtocesti) evidentirali več kot 4.000 prehodov/prečkanj večjih živali (divjadi), od tega največ lisic (>1.400 evidentiranih prehodov), na drugem mestu pa je bila srnjad (964 evidentiranih prehodov) (Poličnik in Pokorny, 2011). V nadaljevanju sta predstavljeni dve takšni študiji.

Na avtocesti A2 med Novim mestom in Krškim je na odseku Kronovo – Smednik, ki seka naravovarstveno pomembno (SPA Natura 2000) območje Krakovskega gozda, od leta 2007 naprej potekal monitoring vpliva AC na živali. Poudarek je bil na: (i) ugotavljanju prehajanja večjih vrst prostoživečih sesalcev prek štirih podhodov ob potokih; (ii) analizi podatkov o povozu živali na tem odseku AC. Skupaj je bilo v obdobju 2007 – 2010 s popisi sledi na peščenih slednih blazinah v podhodih registriranih 1.313 prehodov 13 vrst sesalcev. Najpogosteje (>250 registriranih prehodov za posamezno vrsto) so podhode uporabljale srnjad, lisice in vidre, pogosto (>40 prehodov) pa tudi poljski zajci, kune in dihurji; občasno (po cca. 10 sledi) so bili registrirani prehodi divjih mačk, jazbecev, divjih prašičev in jelenjadi, v enem primeru pa tudi risa. Ugotovitve o prehajanju živali pod AC in pestrosti izbranih živalskih vrst kažejo, da je kljub zaznanemu negativnemu vplivu AC odseka na živalstvo le-ta zmernega značaja (Poličnik in sod., 2010).

Triletni monitoring prehajanja živali v času obratovanja AC odseka Lendava – Pince se je pričel v septembru 2009 in bo trajal do avgusta 2012. V tem času je bila preverjena ustreznosti izvedenih omilitvenih ukrepov in načrt izvedbe monitoringa prehajanja živali skozi namensko zgrajene premostitvene objekte na omenjenem odseku AC. V sklopu tega projekta je bila izvedena tudi pričujoča diplomatska naloga, in sicer z enoletnim spremljanjem sedmih podhodov z namenom ugotavljanja učinkovitosti le-teh za prehajanje prostoživečih živali. Rezultati so predstavljeni v nadaljevanju, letna poročila o izvajanju monitoringa pa bodo na ERICo izdelana vsak konec leta do zaključka projekta (Pokorny in sod., 2009; Poličnik in sod., 2010).

Kljub navedenim študijam je danes tako v slovenskem kot tudi širšem evropskem prostoru še vedno premalo raziskav, ki bi ocenjevale učinkovitost prehodov za živali in omogočale učinkovito ter ekonomsko ugodno načrtovanje rekonstrukcije ali izgradnje novih. V literaturi

prav tako ni mogoče zaslediti standardiziranega protokola za izvajanje monitoringa, zato so raziskave pogosto med sabo neprimerljive, podatki pa razdrobljeni. Dobra praksa zahteva, da se po investiciji in izgradnji objekta izvede sistematičen monitoring in ocena učinkovitosti posameznega objekta; temu naj bi vsaj delno prispevala tudi pričujoča diplomska naloga.

### 3 MATERIALI IN METODE DELA

#### 3.1 Predstavitev objekta raziskave

##### 3.1.1 Pomurski avtocestni krak

Štiripasovna avtocesta A5 povezuje Maribor (Dragučova) in Pince na slovensko-madžarski meji. Je del avtocestne smeri vzhod–zahod, ki na avtocestno omrežje navezuje severovzhodno Slovenijo oz. Pomurje ter vodi mednarodni promet proti Madžarski. Pomurski avtocestni krak sestavlja sedem gradbenih odsekov, skupna dolžina znaša 85,2 km (DARS..., 2006).



Slika 10: Slovensko avtocestno omrežje (Slovensko AC omrežje..., 2011).

##### 3.1.2 AC odsek Lendava – Pince in odcep hitre ceste do mejnega prehoda Dolga vas

Gradnja: 2006 – 2008.

Dolžina: 16,7 km.

Trasa proučevanega odseka Lendava – Pince se prične pred avtocestnim razcepom Dolga vas. V nadaljevanju se vklopi v obstoječo traso obvoznice Lendava, ki je bila kot 1. faza zgrajena že julija 1999 in poteka ob Kobiljskem potoku proti jugu. Nato prečka reko Ledavo in potok Črnc do priključka Lendava ter v nadaljevanju proti jugu prečka železniško progo Lendava – Čakovec. Južno od objektov rafinerije Nafta Lendava se trasa obrne proti vzhodu in prečka severni del starega termalnega kopališča in poteka v nadaljevanju južno od zaselka Zatak, kjer ponovno prečka Ledavo. Nato poteka mimo območja Dolinskih pašnikov in se južno od Pinc zaključi oz. priključi na madžarsko avtocestno omrežje.

Odsek hitre ceste proti mejnemu prehodu Dolga vas se začne v istoimenskem razcepu, v katerem se odcepi od A5 in poteka po ravninskem terenu vse do madžarske meje. Odsek je bil predan prometu avgusta 2008.

Avtocesta je v celoti zgrajena kot štiripasovnica z odstavnimi nišami in vmesnim ločilnim pasom. Projektirani normalni prečni profil znaša 21,20 m. Vertikalni in horizontalni tehnični elementi upoštevajo računsko hitrost 120 km/h. Na avtocesti so bili zgrajeni: razcep avtoceste in hitre ceste »Dolga vas«, priključki Lendava in Pince ter naslednji premostitveni objekti:

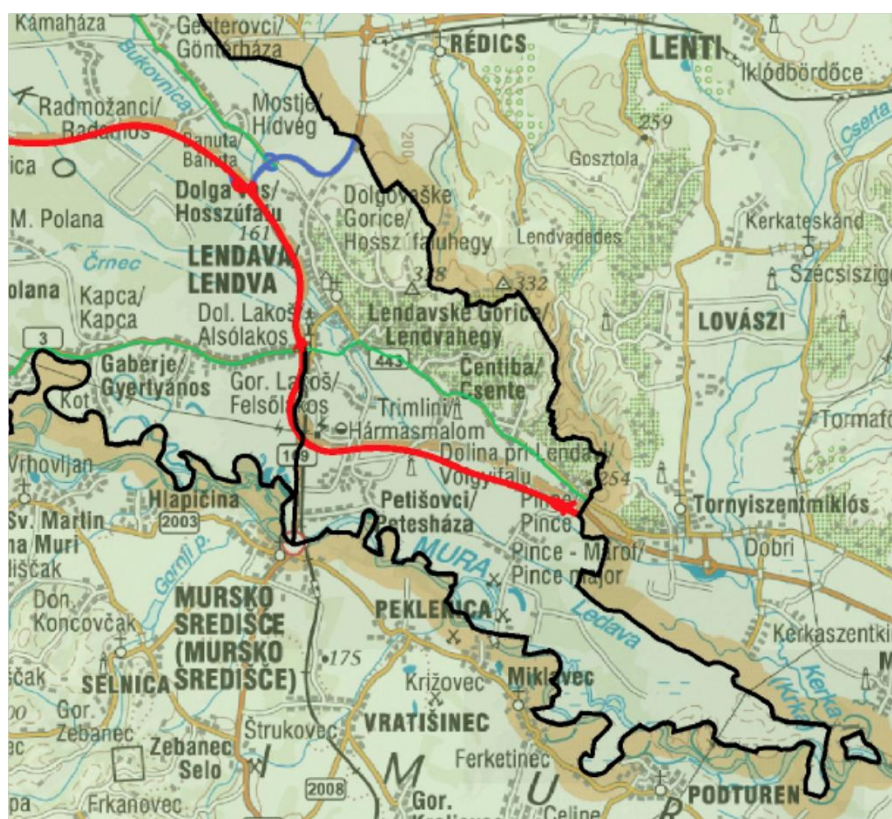
- viadukt Trimlini čez železnico in regionalno cesto, dolžina 183,4 m;
- 8 mostov v skupni dolžini 288 m;
- 1 podvoz v skupni dolžini 22,8 m;
- 6 nadvozov v skupni dolžini 786,6 m;
- 22 vodnih prepustov.

Na hitri cesti proti Dolgi vasi so bili zgrajeni še 3 nadvozi skupne dolžine 242 m in 1 most dolžine 9 m. Izvedene oz. zgrajene so bile tudi protihrupne zaščite, vodni zadrževalniki, prestavitve komunalnih in drugih vodov, 19 km deviacij državnih in občinskih ter drugih cest, več regulacij (DARS..., 2006).

Preglednica 3: Podatki o dnevni prometni obremenitvi za leto 2010 za odsek Lendava – Pince in hitro cesto Dolga vas (Direkcija RS za ceste..., 2011).

ŠT. ODSEKA	ODSEK AC	PLDP (povprečni letni dnevni promet) za leto 2010
A5	Dolga vas - Lendava	8.925
A5	Lendava – Pince	6.289
H7	Dolga vas – MP Dolga vas	3.792
A1*	Celje – Celje (zahod)	39.770

\* Za primerjavo je podan primer AC odseka z veliko frekvenco obremenitve.



Slika 11: AC odsek Lendava – Pince (rdeče) in odsek hitre ceste Dolga vas (modro) (Atlas okolja..., 2011).

### 3.1.3 Okoljske značilnosti severovzhodnega obrobja Prekmurja




Obravnavana trasa AC odseka Lendava – Pince poteka po skrajnem severovzhodnem obrobju Prekmurja, kjer obširne ravnine položno prehajajo v gričevnat, delno planotast svet Dolgovaških, Lendavskih in Čentibskih goric. Podnebje v Pomurju je najbolj celinsko v Sloveniji, še vedno pa ga označujemo kot zmerno-celinsko ali subpanonsko podnebje. Poletne temperature so nekoliko nižje kot pri pravem celinskem podnebju. Povprečna

januarska temperatura zraka se giblje med  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  in  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , povprečna julijska temperatura zraka pa sega malo pod  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Povprečna letna količina padavin je 800 – 1000 mm (Čarni, 2005). Značilnosti podnebja v Pomurju sta tudi poletni višek padavin in suše. Pomurje je najmanj namočen del Slovenije, kar ima velik vpliv na kmetijstvo, ki je tu najpomembnejša gospodarska panoga. Na pretežnem delu trasa avtoceste poteka po njivskih kompleksih kmetijskih zemljišč s sorazmerno dobrim pridelovalnim potencialom. Večji otoki naravnega gozda so v Črnem logu in delno ob Radmožanskem kanalu, pasovi ob vseh naravnih ter umetnih strugah vodotokov so spontano zarasli (Pokorny in sod., 2009). Vegetacijo ob cestah, ob poteh in kolovozih uvrščamo v združbo *Polygono-Poetea annuae*, na manj pohojenih rastiščih pa najdemo tudi druge združbe, ki so sicer delno prilagojene na teptanje. Značilni so listnati gozdovi, v katerih so prevladujoče drevesne vrste bukev, kostanj, hrast graden in beli gaber, ki se pogosto pojavljajo v otočkih sredi kultiviranih njivskih površin ali naselij. Ob rekah uspevata črna jelša in hrast dob (Čarni, 2005). Na obravnavanem območju živi prekmursko-zalska populacija jelenjadi, ki je edina genetsko avtohtona populacija te vrste v Sloveniji. Od večjih vrst divjadi živita tu še divji prašič in srnjad. Širše območje vodotokov naseljuje tudi vidra. Celotno območje proučevanega odseka avtoceste je s stališča narave v veliki meri degradirano z redkimi manjšimi območji poudarjene naravovarstvene vrednosti (Pokorny in sod., 2009).


### 3.2 Monitoring prehajanja prostoživečih živali

Učinkovitost izvedenih ukrepov, ki naj bi omilili vplive obratovanja avtoceste na prostoživeče živali, smo preverjali na treh pododsekih avtoceste ter hitre ceste, in sicer na: (i) odseku 0817: Dolga vas – meja z Madžarsko; (ii) odseku 0813: Turnišče – razcep Dolga vas; (iii) odseku 0816: Lendava – Pince. Na omenjenih pododsekih, s skupno dolžino 16,7 km, je zgrajenih 21 večjih premostitvenih objektov; med njimi je 15 objektov (14 na AC in 1 na HC), ki so primarno namenjeni (nekateri) oz. s prilagojeno izvedbo omogočajo (večina) prehajanje živali preko avtoceste. V diplomsko nalogo smo vključili le tiste objekte na tej trasi, kjer je bil monitoring s peščenimi blazinami in z IR-fotoaparati mogoč. Učinkovitost podhodov v smislu prehajanja prostoživečih živali prek njih smo tako spremljali na **sedmih različnih objektih** z uporabo **dveh različnih metod monitoringa**, in sicer s sledenjem s peščenimi blazinami ter neposrednim registriranjem prehodov živali s senzorsko proženimi infrardečimi fotoaparati.

Preglednica 4: Pregled sedmih objektov, namenjenih prehajanju živali preko AC Lendava – Pince, ki so bili vključeni v raziskavo (vir. Poličnik in sod., 2010).

Oznaka objekta	OBJEKT	Tip podhoda	Širina	Višina	Stacionaža (km)
<b>Odsek 0817: Dolga vas – meja z Madžarsko</b>					
1	Podhod za živali, Borosni potok (0815-1,5-1)	Podhod za živali pod obstoječim mostom čez Borosni potok.	2 x 1,5 m + 2 m (potok)	4 m	1,300
					
<b>Odsek 0813: Turnišče – razcep Dolga vas</b>					
2	Podhod za živali, Bukovnica (jarek) (0814-1,5-9)	V sredini podhoda je inundacijski jarek. Na obeh straneh sta utrjeni pohodni polici.	5,30 + 4 + 2 m (jarek)	2,90 m	9,500
					
3	Zasilni izhod za živali pred visokimi vodami (0814-1,5-1)	Zasilni izhod za živali pred visokimi vodami. V suhih razmerah omogoča tudi dnevne migracije živali vseh vrst.	2 x 4 m + 1 m (jarek)	3,00 m	9,000
					



4	Podhod za dvoživke in druge manjše živali (0814-1,3-10)	Škatlast prepust za dvoživke in druge manjše živali. Tlakovan in vzorno urejen.	2,02 m	2,07 m	8,700
					
<b>Odsek 0816: Lendava - Pince</b>					
5	Podhod za jelenjad ob javni cesti (0816-1,3-6)	Razširitev javne poti z obojestranskima tlakovanima pohodnima policama.	2 x 3 m + 4 m (cesta)	4,00 m	6,450
					
6	Podhod za male živali (0816: 5,80 km)	Škatlast prepust z betonsko polico za odvodnjavanje voda Stare Ledave.	2 m + 1 m (jarek)	2,00 m	5,800
					
7	Podhod za sesalce (0816: 4,52 km)	Namenski podhod za vse vrste prostoživečih živali.	2 x 4,10 m + 2 m (jarek)	2,60 m	4,520
					

### 3.2.1 Sledenje živali s peščenimi blazinami v izbranih objektih

Za evidentiranje prisotnosti in ugotavljanje intenzitete rabe podhodov za prostoživeče živali smo uporabili metodo sledenja s peščenimi slednimi blazinami. V ta namen smo v 6 podhodov na suhe police vzdolž vodotokov, kanalov ali cest, v dolžini 5 – 6 metrov nasuli približno 5 cm debelo plast dolomitnega peska oz. mivke. Po potrebi (zaradi izpiranja ob večjih vodostajih potokov, tanjšanja debeline sloja zaradi stalnega grabljenja pohodnih površin) smo peščene blazine dodatno nasipali. Živalske vrste smo identificirali na podlagi odtisov v pesku (sledí) in načinom hoje (skokov), pri čemer smo uporabljali osebne izkušnje in določevalne ključe (Kryštufek in sod., 1988; Mears, 2006). Popise smo praviloma opravljali vsakih 14 dni v obdobju enega leta, tj. od 23. 4. 2010 – 23. 4. 2011. Med rezultate diplomskega dela smo vključili tudi podatke o prehodih, ki so jih v sklopu rednega monitoringa na inštitutu ERICo pridobili že prej in kasneje. Tako skupni rezultati zajemajo monitoring prehajanj živali preko šestih podhodov v obdobju dobrih dveh let, tj. od **8. 10. 2009 do 18. 10. 2011**. Po fotografsko in pisno zabeleženih sledih posameznih vrst živali na posameznem podhodu smo z grabljami zrahljali in zgladili površino peska. Tako smo ob vsakem popisu evidentirali le nove prehode. Ob rednem pregledovanju peščenih blazin smo poleg vrste živali določali tudi frekvenco prehajanja posamezne živalske vrste in smer prehodov.



Slika 12: Nameščanje peščene blazine na pohodni polici v podhodu 5 (levo). Sledi živali, ki so prečkale ta prehod prek peščene blazine (desno) (Foto: M. Krajnc).

### 3.2.2 Namestitev senzorsko proženih fotoaparátov

Na objektih, kjer smo na peščenih blazinah zaznali visoko frekvenco prehodov prostoživečih živali, in kjer zaradi pogoste visoke vode metoda s peskom ni bila mogoča, smo namestili senzorsko prožene fotoaparate. Na prehodih št. 1, 3, 5 in 7 smo v avgustu 2010 namestili IR-

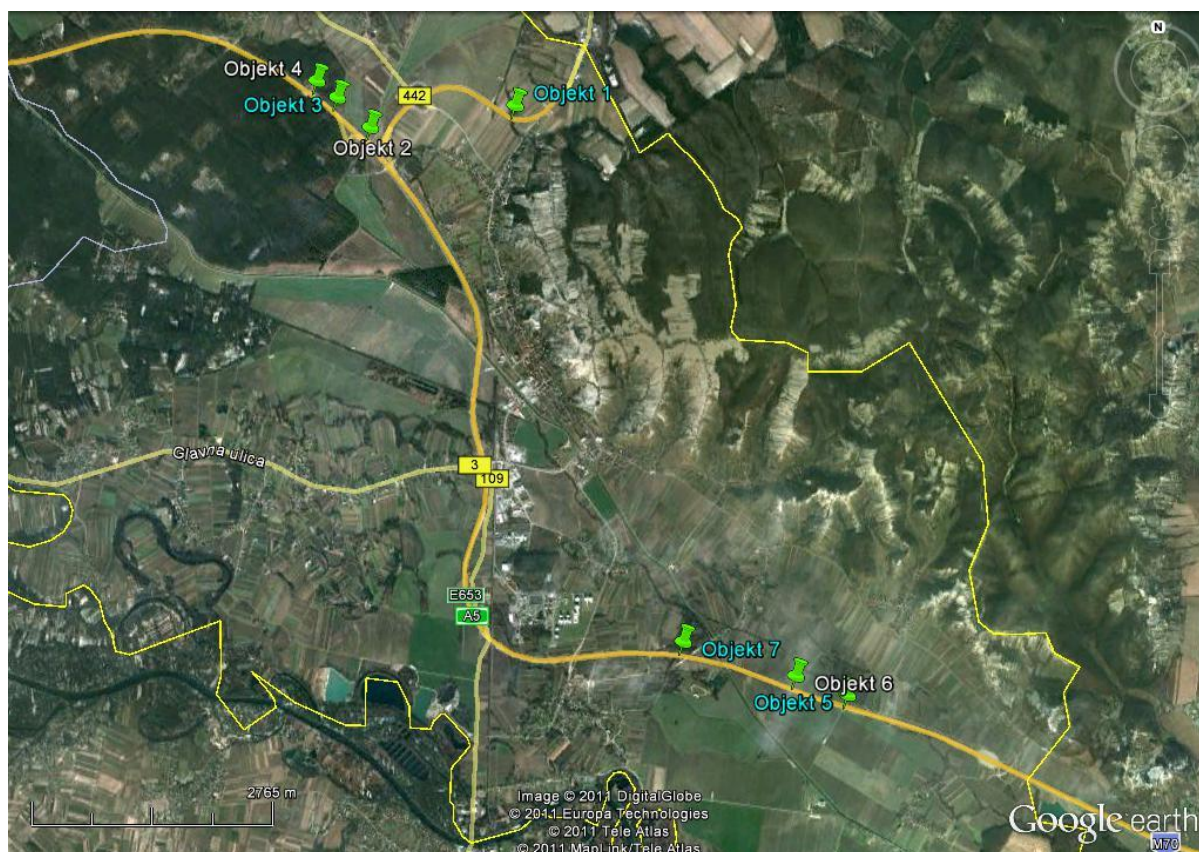
fotoaparate dveh različnih proizvajalcev (Bushnell in Scout Guard) ter jih usmerili proti vhodu/izhodu podhoda. Fotoaparati so bili nameščeni bodisi na nosilne drogove varovalnih ograj ob avtocesti bodisi na drevesa v neposredni bližini urejenih podhodov. Zaradi izpostavljenosti smo jih zavarovali s ključavnicami. Na fotoaparatih smo nastavili srednjo občutljivost na zunanji dražljaj, ob spremembi kadra (premikajoči objekti) pa so se posnele tri zaporedne fotografije v razmiku treh sekund. Posnetki so se shranili na 8 GB spominsko kartico. Baterije je bilo potrebno menjati na cca. 3 mesece, razen v zimskih mesecih, ko je poraba energije zaradi nizkih temperatur večja, zato smo takrat baterije zamenjali vsak mesec. Fotografije smo prenesli na prenosni disk in jih pregledali ter analizirali.



Slika 13: Senzorsko prožena fotoaparata dveh različnih proizvajalcev. Desno: foto 1 (podhod 1 - Borosni potok); Levo: foto 3 (podhod 5 – podhod ob javni cesti). Na sredini: prenašanje posnetih fotografij (Foto: M. Krajnc).

Preglednica 5: Pregled uporabljenih metod monitoringa na posameznih objektih, namenjenih prehajanju prostoživečih živali preko AC Lendava – Pince.

Oznaka objekta	OBJEKT	METODA	
		Peščene blazine	IR kamere
1	Podhod za živali Borosni potok (0815-1,5-1)	X	X
2	Podhod za živali Bukovnica (inundacijski jarek) (0814-1,5-9)	X	
3	Zasilni izhod za živali pred visokimi vodami (0814-1,5-1)		X
4	Podhod za dvoživke (0814-1,3-10)	X	
5	Podhod za jelenjad ob javni cesti (0816-1,3-6)	X	X
6	Podhod za male živali /odvodnjavanje voda Stare Ledave (0816: 5,80 km)	X	
7	Podhod za sesalce ob jarku (0816: 4,52 km)	X	X



Slika 14: Satelitski posnetek trase avtoceste A5 Lendava – Pince z označenimi objekti, ki so bili vključeni v diplomsko delo. S svetlo modro so obarvani objekti, na katerih so bile nameščene IR kamere (kartografska podlaga: Google Earth..., 2011).

### 3.3 Obdelava in ovrednotenje podatkov

#### 3.3.1 Podatki, pridobljeni na terenu

Po prvi metodi, to je sledenje živali s peščenimi blazinami, ki velja za klasično metodo pri spremljanju učinkovitosti podhodov, smo praviloma na 14 dni popisovali vrste živali, smer in število prehodov, in sicer glede na njihove stopinje v pesku na šestih izbranih objekti. V celotnem obdobju raziskave je bilo opravljenih 28 terenskih pregledov. Poleg določitve živalske vrste smo pri vsakem pregledu skušali določiti tudi število živali posamezne vrste, ki so med dvema popisoma prečkale podhod. Kot uspešen prehod smo upoštevali vsako žival, ki je v celoti prečkala AC (in se ni obrnila sredi podhoda). Glavni cilj pridobljenih podatkov je bil objektivno oceniti učinkovitost vsakega objekta posebej, in sicer tako, da smo izračunali za vsak podhod posebej število živali, ki so povprečno prečkale podhod v enem dnevu (št. živali/dan/podhod). Učinkovitost podhoda se kaže tudi v številu različnih vrst, ki ga uporabljajo za prehanjanje, zato smo ločeno upoštevali vsako vrsto, ki je vsaj enkrat prečkala

podhod v celoti. Ker smo pridobili podatke o vrstah, ki so prehajale prek AC v določenem obdobju (v 14-dnevnem intervalu), in njihovem številu, smo sezonsko dinamiko prehajanja vseh prostoživečih živali oz. posamezne vrste (npr. srnjadi) skozi vse opazovane premostitvene objekte tudi grafično prikazali.



Slika 15: Popis sledi v podhodu 7 (levo) in rahljanje peščene blazine za ponovno spremljanje prehajanja prostoživečih živali skozi podhod (desno).

Vzporedno s prvo metodo, tj. sledenjem živali v pesku, smo na štirih objektih med 30. 7. 2010 in 2. 7. 2011 opravljali tudi monitoring prehajanja živali s pomočjo IR fotoaparatom. Ti so se sprožili samodejno ob zaznani spremembi v kadru snemanja. Omejujoč dejavnik pri tej metodi je bila svetloba, saj ponoči kljub IR senzorjem fotoaparati niso bili sposobni zaznati spremembe daleč od postavitve. Podatki o datumu in času so bili samodejno zapisani na vsaki posneti digitalni fotografiji. Na podlagi 3 zaporednih fotografij, ki jih je fotoaparat posnel ob dražljaju (prehod živali), smo kasneje pri pregledovanju fotografij na računalniku analizirali vse pridobljene informacije. Tako smo pri tej metodi pridobil veliko več podatkov, ki so bili zanesljivi in preverljivi. To so datum, čas, število osebkov, vrsta živali, spol in starost (srnjad), smer prehoda in ali je žival sploh prečkala podhod. Učinkovitost podhoda smo tudi po tej metodi ocenili s številom živali, ki so prečkale podhod v enem dnevu (glede na število aktivnih dni fotoaparata). Tako je bilo mogoče primerjati zanesljivost obeh metod (št. živali/prehod/dan). Vsaka od teh metod ima svoje pomanjkljivosti, zato je kombinacija večih metod še vedno priporočljiva (Ford in sod., 2009). Pri analizi podatkov smo poleg frekvence prehajanj in števila različnih vrst izpostavili še dnevno dinamiko prehajanja prostoživečih živali in posameznih vrst (srnjad, lisica) skozi podhod z največjo frekvenco prehajanj (objekt 7).



Slika 16: Fotografije živali, posnete s senzorsko proženimi IR fotoaparati. Od levo zgoraj proti desno spodaj si sledijo: jazbec, lisica, poljski zajec (vsi podhod 7), srna (podhod 3), srnjak (podhod 5), košuta navadnega jelena (podhod 3).

Največ problemov pri monitoringu smo imeli zaradi vremenskih nepravilnosti (poplave, neurje) ter zaradi človeške aktivnosti (sprehajalci, cestni delavci, avtomobili). V podhodu 5 so nam en fotoaparati uničili nepridipravi.

### 3.3.2 Analiza strukturnih in okoljskih dejavnikov

Clevenger in Waltho (2000) ter Donaldson (2005) navajajo 10 dejavnikov, ki lahko vplivajo na učinkovitost podhodov. Med strukturne elemente sodijo višina, dolžina in širina podhoda. Iz teh parametrov je mogoče izračunati indeks odprtosti podhoda ( $\text{širina} \cdot \text{višina} / \text{dolžina}$ ). Peti dejavnik je stopnja glasnosti, ki se meri v središču podhoda. Med okoljske dejavnike štejemo razdalje do najbližjih prometnih cest in železnice, gozdnega roba, naselja in vodnega vira. Tretja skupina dejavnikov je človeška aktivnost. Sem sodi indeks človeške rabe podhoda (povprečno število ljudi, ki so uporabili podhod v enem mesecu).

Ena od hipotez diplomske naloge se nanaša tudi na strukturne in okoljske dejavnike učinkovitosti prehoda. Oceniti smo poskušali vpliv 11 dejavnikov (preglednica 6).

Preglednica 6: Seznam 11 vplivnih dejavnikov, ki so bili zajeti v raziskavo.

Strukturni dejavniki (lastnosti objekta)	Okoljski dejavniki (razdalja do)	Raba prostora v okolici podhoda (% površine)
širina	lokalne ceste	radij 100 m
višina	naselja (urbanega središča)	radij 250 m
dolžina	stalnega vodnega vira	radij 500 m
indeks odprtosti	gozdnega roba	

Človeško aktivnost smo ocenili na podlagi posnetkov mimoidočih, ki smo jih ujeli z IR fotoaparati. Stopnje hrupa v podhodih nismo merili. Vsi objekti so bili zgledno vzdrževani v skladu z določili, podanimi v Presoji vplivov na okolje (PVO), zato tega dejavnika nismo upoštevali.

Strukturne parametre smo izmerili v enem od terenskih pregledov. Iz dobljenih podatkov smo izračunali indeks odprtosti, ki je posebej pomemben pri prehajanju večjih vrst prostoživečih živali, kot so srnjad, jelenjad in velike zveri. Relativne razdalje do okoljskih dejavnikov, ki so pomembni pri ekologiji prostoživečih živali (prehranjevanje, rehidracija, domači okoliš, umik pred nevarnostjo ipd.), smo izmerili s pomočjo javnega pregledovalnika grafičnih podatkov na spletu (MKGP..., 2012). V tej spletni aplikaciji je mogoče precej natančno (do 1 m) na orto-foto posnetkih izmeriti razdalje od središča objekta do najbližjega okoljskega dejavnika (npr. naselja ali gozdnega roba). Ker so se podatki močno razlikovali glede na severno oz. južno stran avtoceste, smo dejavnike ločili glede na smer neba.

Širša raba prostora je pomemben dejavnik, ki bi lahko vplival na učinkovitost prehoda. V ta namen smo z GIS orodji naredili prostorsko analizo vpliva rabe tal v okolici vsakega od sedmih podhodov v treh radijih, in sicer 100 m, 250 m in 500 m od izhodiščne točke (središče podhoda). Za vsak krog posebej smo naredili presek izhodiščnega sloja (raba tal v občini Lendava) s površino vsakega kroga. Tako smo dobili delež vseh tipov rabe tal (ID RABA), ki so bili znotraj označenega kroga (100, 250, 500 metrov od središča podhoda). Podatke smo prenesli v preglednico in združili vse parcele z istim tipom tal ter sešteli njihovo skupno površino. Nato smo izdelali tortni diagram z vsemi deleži rabe tal v treh radijih za vsakega od sedmih podhodov.

### **3.3.3 Statistična obdelava podatkov**

Vse statistične analize smo izvedli s pomočjo programskega paketa Statistica for Windows 7.1 (StatSoft, 2006). Z enostavnimi linearnimi korelacijami smo želeli statistično določiti vpliv posameznih strukturnih in okoljskih dejavnikov na frekvenco prehajanja srnjadi in lisic (vrsti prostoživečih živali, ki sta najpogosteje uporabljali podhode). Z linearno multiplo regresijo smo želeli ob znanih neodvisnih spremenljivkah poiskati korelacijo in napoved odvisne spremenljivke; ta je bila v našem primeru število prehodov srnjadi skozi podhod v enem dnevu. Kot statistično značilne smo privzeli rezultate, če je bila velikost statističnega tveganja  $p < 0,05$ .



## 4 REZULTATI

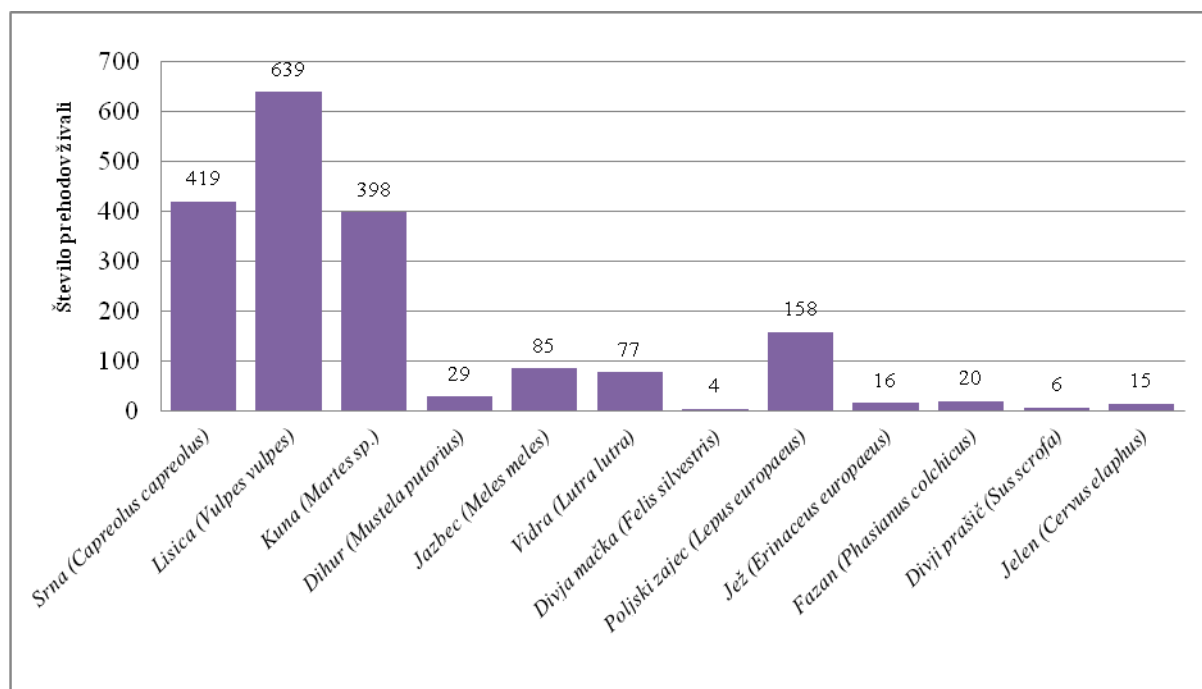
Rezultate smo glede na uporabljene metode spremljanja prehajanja živali in načina obdelave podatkov razdelili v **štiri sklope**. Osnovna sklopa, ki temeljita na lastnem terenskem delu, sta monitoring prehajanja živali s sledenjem v peščenih blazinah in monitoring prehajanja živali z IR fotoaparati. V tretjem sklopu smo skušali opredeliti vpliv strukturnih in okoljskih dejavnikov, ki lahko vplivajo na učinkovitost prehajanja živali skozi podhode. Slednje smo pridobili s pomočjo GIS orodij in javno dostopnih prostorskih podatkov RKG (GERK) in RABA na spletnem naslovu tedanjega Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Četrty sklop predstavljajo podatki o povoženih živalih na AC odseku Lendava – Pince v obdobju 2009 – 2011.

### 4.1 Monitoring prehajanja živali s sledenjem v peščenih blazinah

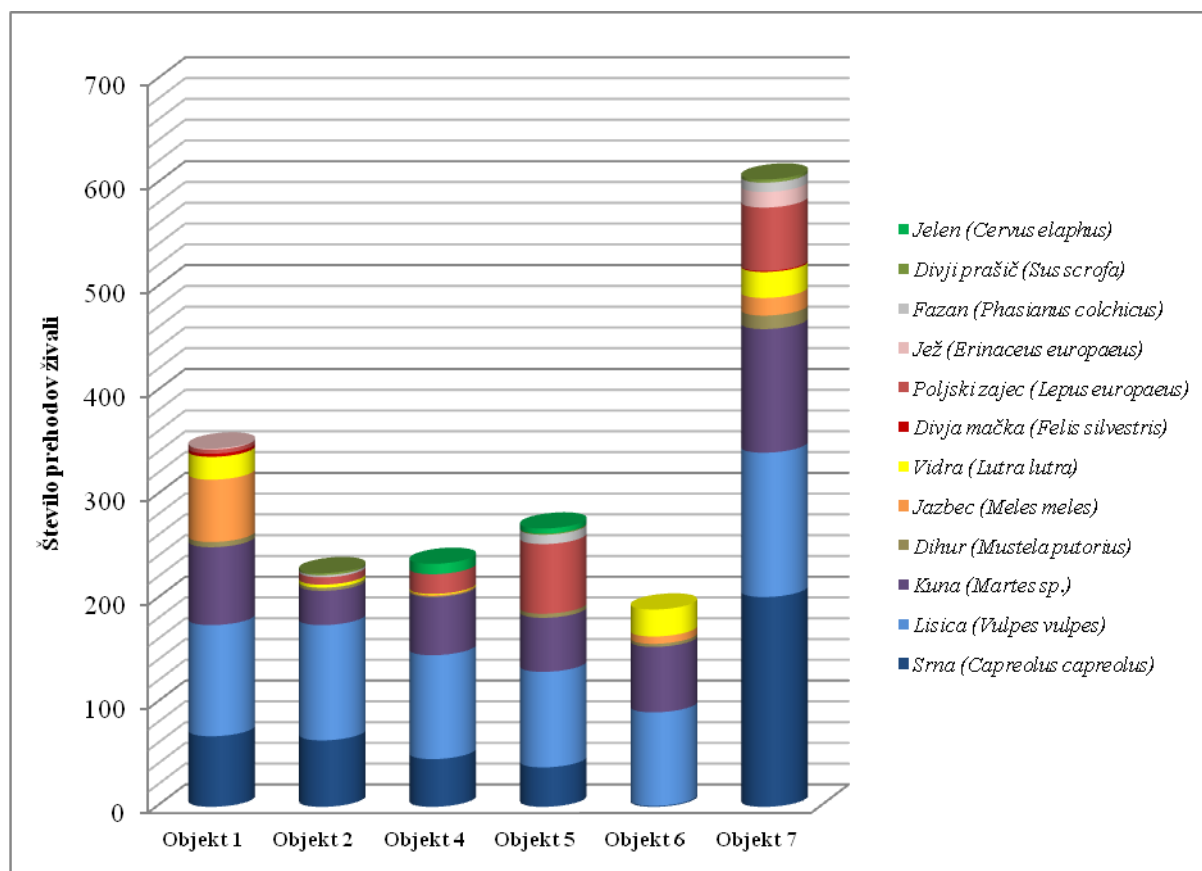
Preglednica 7: Število prehajanj in vrst živali, ki so uporabljale podhode (po metodi peščenih blazin).

Št. objekta	Objekt	Število vrst živali, ki so prehajale	Število prehajanj skupaj * (2 leti)	Št. živali / dan / objekt	Število popisov blazin
Objekt 1	Podhod za žival Borosni potok	9	345	0,56	27
Objekt 2	Podhod za živali Kobiljski potok	8	225	0,37	25
Objekt 4	Podhod za dvoživke in male živali	8	234	0,38	20
Objekt 5	Podhod za jelenjad ob javni cesti	8	268	0,44	25
Objekt 6	Podhod za male živali / odvodnjavanje voda Stare Ledave	6	190	0,31	26
Objekt 7	Podhod za sesalce ob jarku	11	603	0,98	28
Vsi objekti skupaj:		<b>12 vrst</b>	<b>1.865</b>	<b>3,04</b>	<b>28</b>

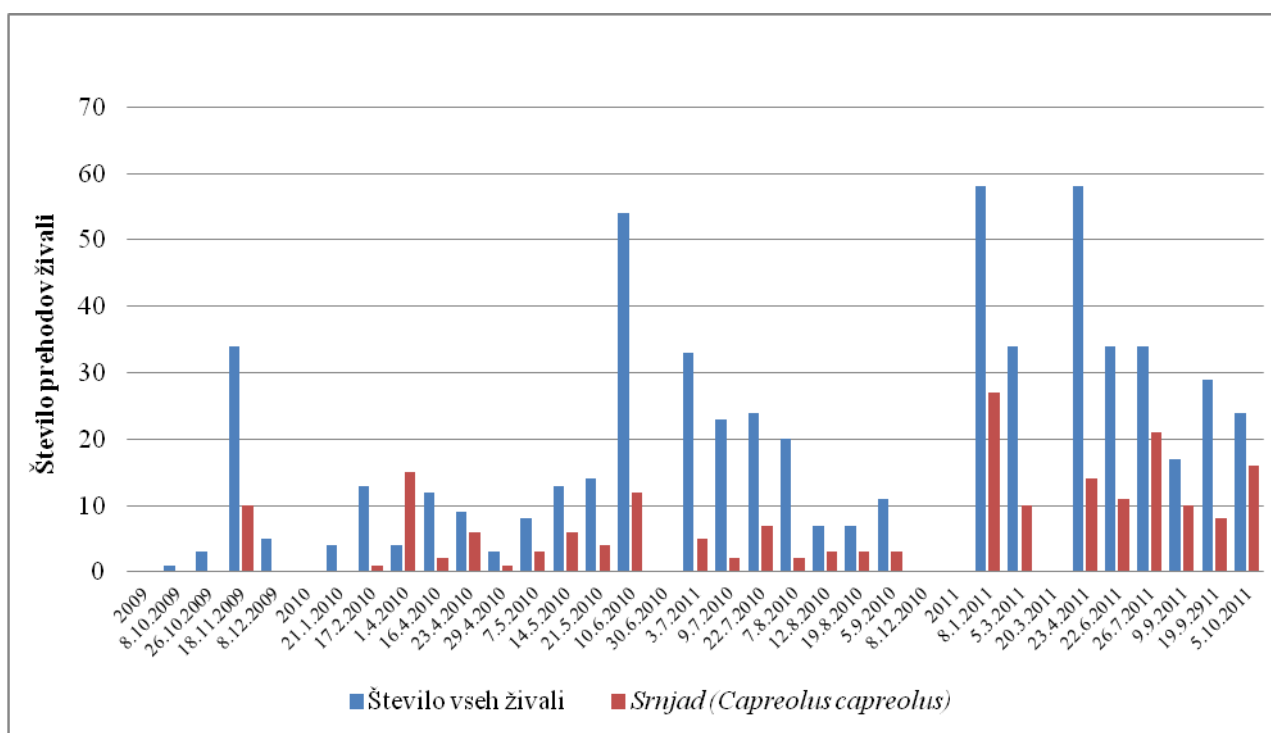
\* Od 8. 10. 2009 do 18. 10. 2011 (614 dni). Izvzeti so neveljavni podatki monitoringa, kot so npr. poplavljen in od človeka uničene peščene blazine, zato se število popisov med posameznimi podhodi razlikuje.



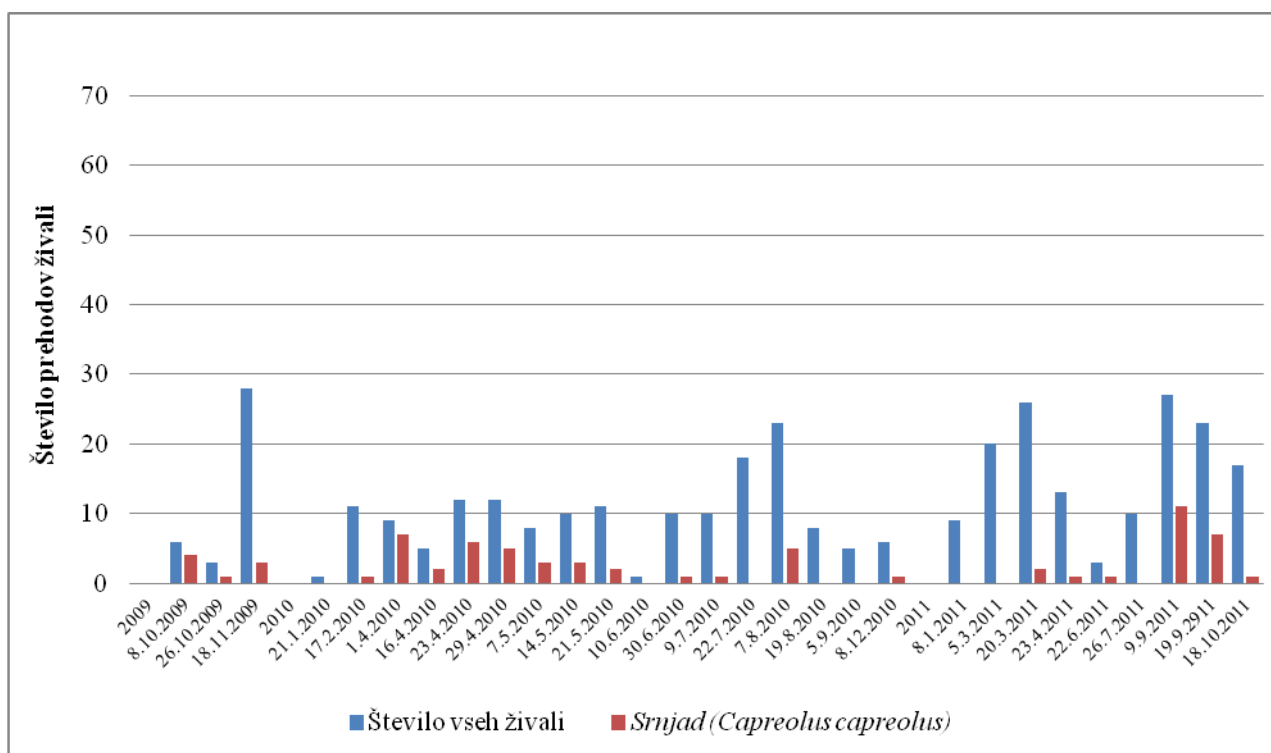
Slika 17: Število prehodov različnih vrst živali skozi šest podhodov v opazovanem obdobju (8. 10. 2009 do 18. 10. 2011).



Slika 18: Število vseh prehodov in 12 vrst živali, ki so prehajale skozi enega od šestih podhodov v opazovanem obdobju (8. 10. 2009 do 18. 10. 2011).



Slika 19: Sezonska dinamika prehajanja vseh živali (modro) in srnjadi (rdeče) skozi podhod 7, objekt z največjo frekvenco prehajanja na odseku 0816: Lendava – Pince (**0,98 prehodov živali/dan**).



Slika 20: Sezonska dinamika prehajanja vseh živali (modro) in srnjadi (rdeče) skozi podhod 1, objekt z drugo največjo frekvenco prehajanja na odseku 0817: Dolga vas – meja z Madžarsko (**0,56 prehodov živali/dan**).

## 4.2 Monitoring prehajanja živali z IR fotoaparati

Preglednica 8: Število prehajanj in vrst živali, ki so uporabljale podhode (metoda spremljanja z IR fotoaparati).

št. Objekta	Objekt	Število vrst živali, ki so prehajale	Število prehajanj skupaj	Št. živali/prehod/dan	Aktiven čas (dni) *
Objekt 1	Podhod za živali Borosni potok	6	53	1,10	48
Objekt 3	Izhod pred visokimi vodami	4	54	0,20	274
Objekt 5	Podhod za jelenjad ob javni cesti	7	52	0,18	292
Objekt 7	Podhod za sesalce ob jarku	8	136	0,54	252
Vsi objekti skupaj:		<b>10 vrst</b>	<b>295</b>		

\* Od 30. 7. 2010 do 2. 7. 2011: izvzeti so neveljavni podatki monitoringa, kot so npr. poplavljeni podhodi, nepravilno nameščen in nastavljen fotoaparati, polna spominska kartica, prazne baterije.

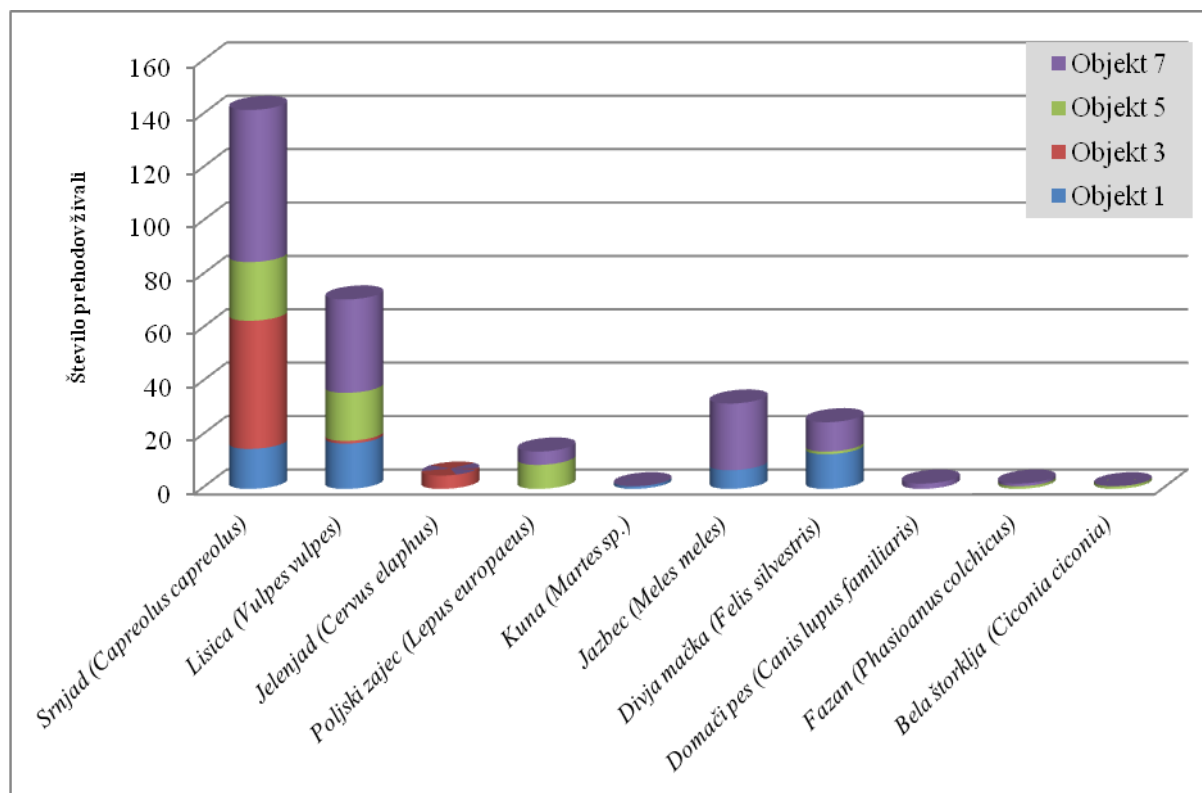
Aktiven čas:

FOTO 1: 30. 7. 2010 – 6. 3. 2011,

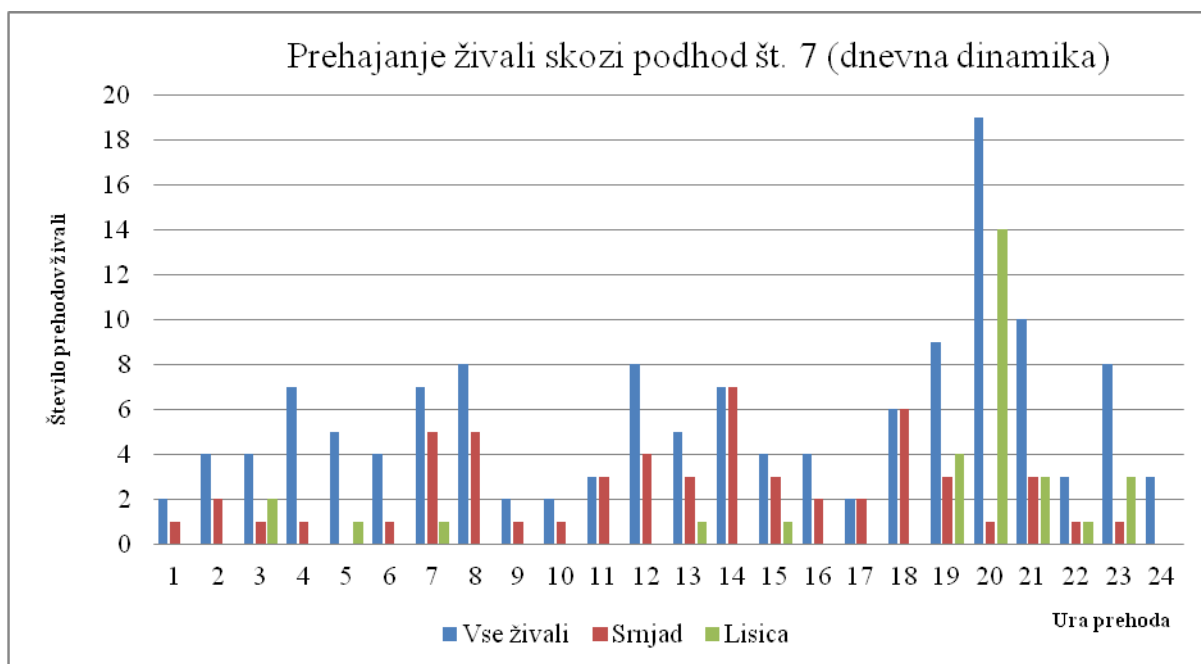
FOTO 3: 19. 8. 2010 – 2. 7. 2011,

FOTO 5: 12. 8. 2010 – 1. 6. 2011,

FOTO 7: 8. 8. 2010 – 21. 6. 2011.



Slika 21: Število prehajanj 10 vrst živali skozi štiri z IR-fotoaparati opazovane objekte v obdobju od 30. 7. 2010 do 2. 7. 2011.



Slika 22: Dnevna dinamika prehajanja vseh živali (modro), srnjadi (rdeče) in lisice (zeleno), registrirana z uporabo IR-fotoaparatorov, skozi podhod 7, objekt z največjo frekvenco prehajanja prostoživečih živali skozi podhode na opazovanem odseku avtoceste (**0,54 prehodov živali/dan**).

### 4.3 Vpliv strukturnih in okoljskih dejavnikov

#### 4.3.1 Strukturni dejavniki

Preglednica 9: Strukturni podatki o objektih in indeks odprtosti za posamezen podhod.

št.	Objekt	Širina (m)	Višina (m)	Dolžina (m)	Indeks odprtosti (IO)
1	Podhod za živali Borosni potok (0815-1,5-1)	5	4	21	<b>0,95</b>
2	Podhod za živali Bukovnica (0814-1,5-9)	10,3	2,9	21	<b>1,42</b>
3	Zasilni izhod za živali pred visokimi vodami (0814-1,5-1)	9	3	21	<b>1,29</b>
4	Podhod za dvoživke in druge male živali (0814-1,3-10)	2	2	21	<b>0,19</b>
5	Podhod za jelenjad ob javni cesti (0816-1,3-6)	10	4	21	<b>1,90</b>
6	Podhod za male živali /odvodnjavanje voda Stare Ledave (0816: 5,80 km)	2	2	21	<b>0,19</b>
7	Podhod za sesalce ob jarku (0816: 4,52 km)	10,1	2,6	21	<b>1,25</b>

Natančnejši opis in ocena ustreznosti posameznih objektov glede na zahteve in priporočila PVO (povzeto po Poličnik in sod., 2010):

Objekt 1: Podhod pod obstoječim mostom 0815-1,5-1 nad Borosnim potokom

Objekt je zgrajen v predvidenih dimenzijah. Izjema je berma, ki je ožja od predvidene (pohodna polica širine 2 m), a z zahtevano grobo kameno oblogo. Ta naj bi preprečevala zdrse divjadi tudi pri prehajanju v zimskem času. Velika poraščenost z naravno vegetacijo na obeh straneh mostu pozitivno vpliva na funkcionalnost objekta. Njegova izvedba je bila ocenjena kot ustrezna.

Objekt 2: Podhod za živali pod mostom 0814-1,5-9 čez inundacijski jarek v razcepu Dolga vas (jarek Bukovnica)

V sredini podhoda je inundacijski jarek, ki ga polni potok Bukovnica. Na obeh straneh sta pohodni polici iz grobe kamene podlage, ki sta široki 4 m (desna) oz. 5,30 m (leva), višina podhoda je 2,90 m. Leva polica se nadaljuje v poljsko cesto, na desni strani pa prehod ni smiselno zaključen, kar otežuje prehajanje prostoživečim živalim. Objekt je ustrezno zgrajen in omogoča prehajanje živali vseh vrst tudi ob visokih vodah.

Objekt 3: Zasilni izhod za živali pred visokimi vodami pod mostom 0814-1,5-1

Objekt je lociran znotraj vodnega objekta, zadrževalnika in v gozdu Črni log. Pod mostom je primerno urejen zasilni izhod za živali pred visokimi vodami, ki v suhih razmerah omogoča tudi dnevne migracije živali vseh vrst. Na obeh straneh podhoda sta 4 m široki pohodni polici, ki sta obloženi s kamni, v sredini pa je urejen inundacijski jarek širine 1 m.

Objekt 4: Podhod za dvoživke in druge male živali 0814-1,3-10

Objekt je izveden kot škatlast prepust. Podhod je tlakovan s kamni v betonu. V neposredni bližini (a izven odseka AC Lendava – Pince, ki je predmet te raziskovalne naloge) prečka avtocesto ekodukt ali namensko zgrajeni nadhod, ki ga intenzivno uporablja srnjad in še zlasti jelenjad. Zasledili smo namreč številne sledi obeh vrst v blatu in zemlji. Objekt 4 je zgrajen skladno z namenom prehajanja dvoživk in malih sesalcev preko avtoceste.

Objekt 5: Podhod za jelenjad 0,816-1,3-6 v kombinaciji s podvozom javne poti

Podhod je urejen kot razširitev javne poti z obojestranskima policama širine 3 m, tako da je širina podhoda 10 m, višina pa 4 m. Pohodni polici sta tlakovani s kamnom v beton, del poti v podvozu je asfaltiran. Drevnine na območju podhoda ni, spontano zaraščanje pa je zaradi načina izvedbe (asfaltiranje, kamnite obloge) omejeno zgolj na ozek pas pred in za samim objektom. Človeška prisotnost je pri tem podhodu izrazita, saj smo že pri samih terenskih ogledih zasledili visoko frekvenco sprehajalcev in vozil, ki so podhod prečkala po javni cesti.

#### Objekt 6: Podhod za male živali na stacionaži 0816: 5,80 km – odvod voda Stare Ledave

Prehod je oblikovan kot škatlast prepust z betonsko polico 1 m in je primeren za prehajanje malih živali (mali sesalci, dvoživke). Ob levi strani je 1 m širok kanal za odvodnjavanje visokih voda. Na obeh straneh je reguliran kanal, ki je poraščen s travinjem. Širša raba prostora je namenjena kmetijskim površinam.

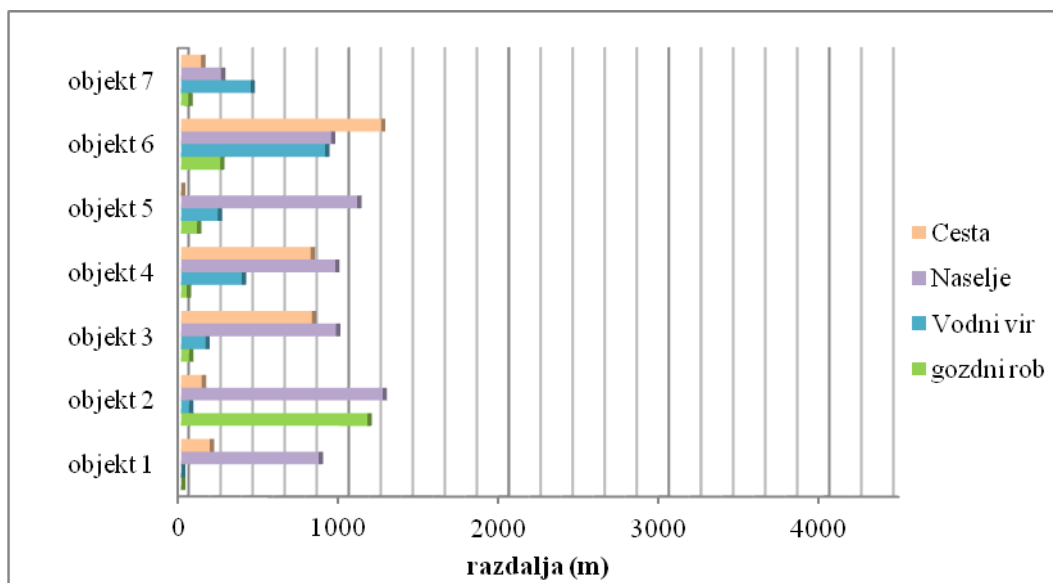
#### Objekt 7: Podhod za živali ob jarku na stacionaži 0816: 4,520 km

Objekt povezuje agrarno in gozdno krajino. Podhod ima dve kamniti pohodni polici širine 4,10 m, v sredini pa jarek širine 1 m, ki je večino časa suh. Podhod intenzivno uporabljajo živali, saj smo v blatu jarka registrirali številne sledi srnjadi. Izvedba in umeščenost objekta v prostor je ustrezna.

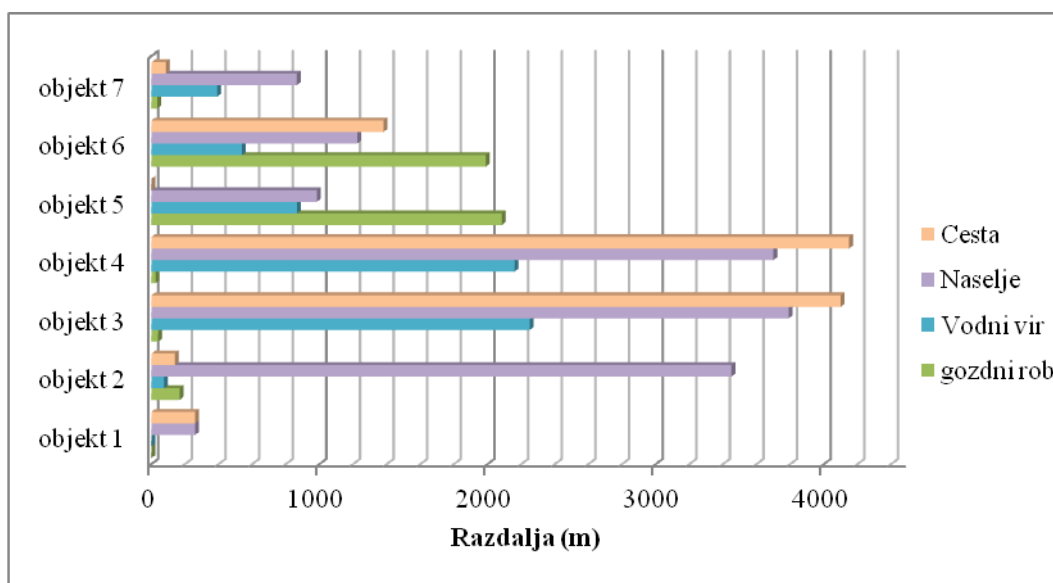


Slika 23: Objekt 6, podhod za male živali, z indeksom odprtosti 0,19 (levo) in objekt 3, zasilni izhod za živali pred visokimi vodami, z indeksom odprtosti 1,29 (desno).

### 4.3.2 Okoljski dejavniki



Slika 24: Izmerjene razdalje (v metrih) do okoljskih dejavnikov na SEVERNI strani objekta.

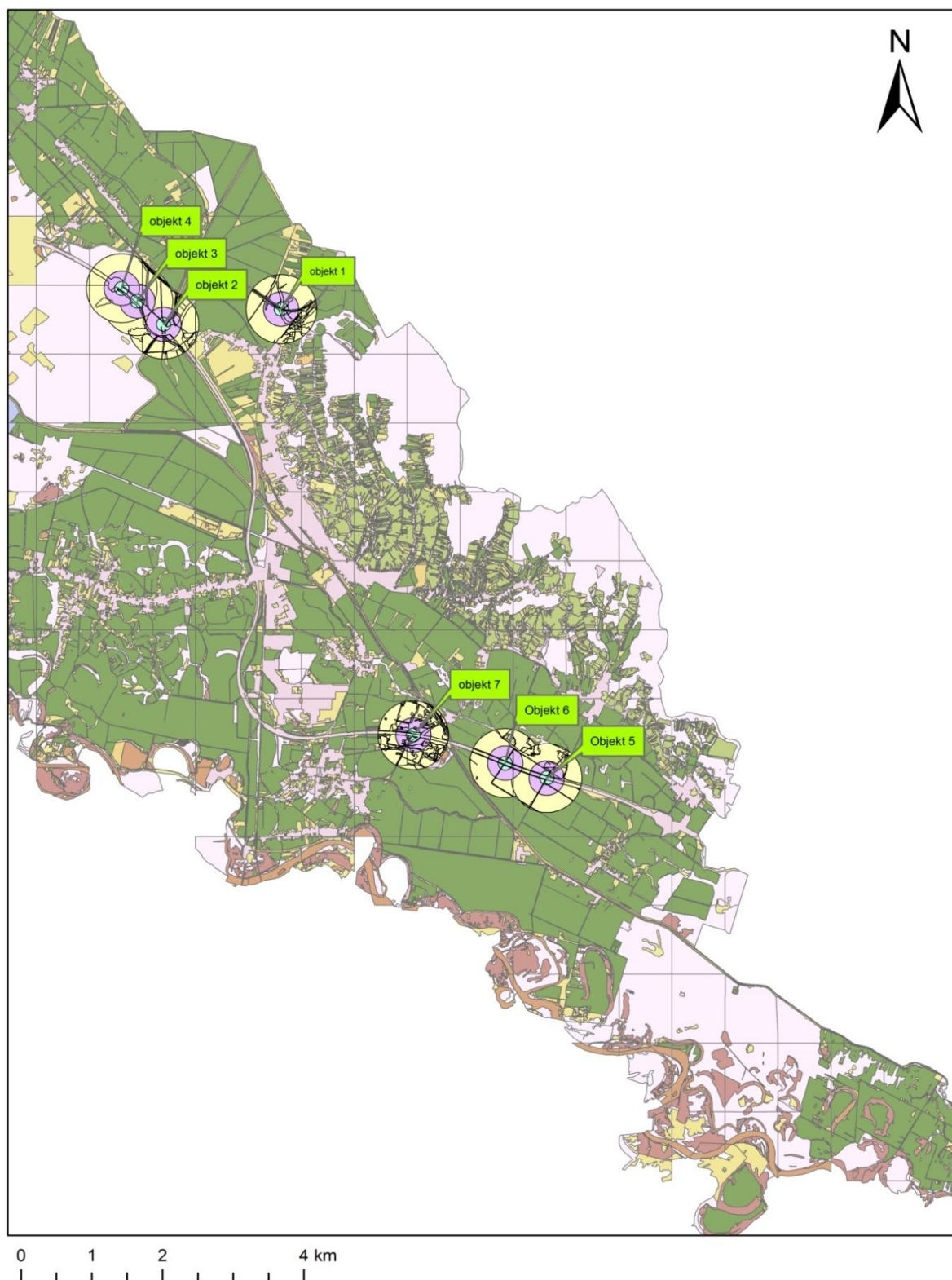


Slika 25: Izmerjene razdalje (v metrih) do okoljskih dejavnikov na JUŽNI strani objekta.

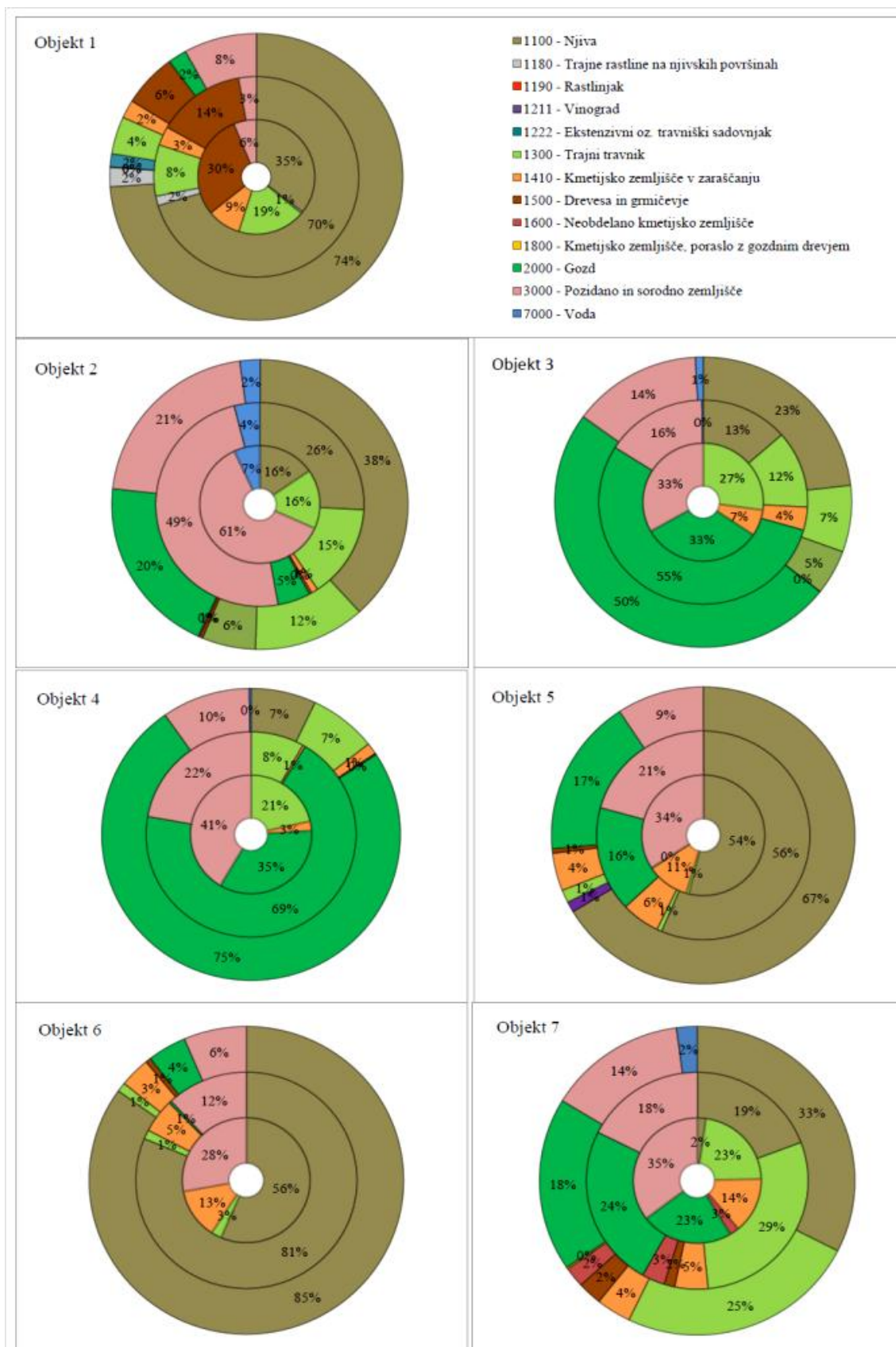
Med okoljske dejavnike spada tudi človeška aktivnost oz. raba podhodov s strani človeka. Največjo človeško aktivnost je bilo zaznati v podhodu 5, ki je že v osnovi večnamenski objekt, skozi katerega pelje lokalna cesta, in v podhodu 2, ki je zasnovan tudi za prehod kmetijske mehanizacije. Najmanj človeških motenj je bilo opaziti v podhodu 7, razen ob nujnih vzdrževalnih delih, in pri podhodih 3 in 4, ki sta zaradi svoje nedostopne lege ter namočenosti tal neprimerna za človeško rabo.



### 4.3.3 Raba prostora v okolici sedmih opazovanih podhodov



Slika 26: Umeščenost opazovanih objektov v prostor in presek rabe tal okoli podhodov (podatki za GIS so iz leta 2010) do 500 metrov od središča podhodov.



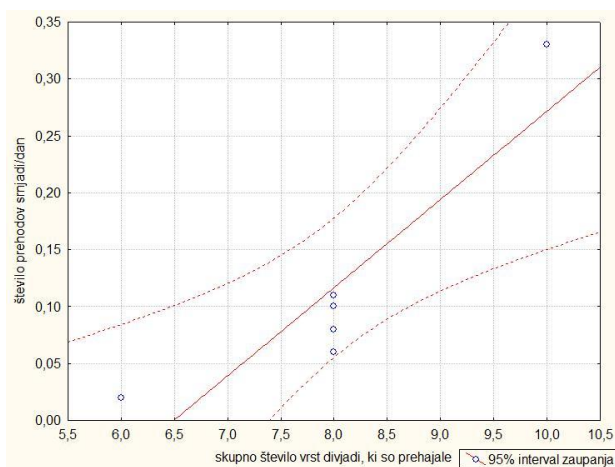
Slika 27: Deleži posamezne rabe tal v treh oddaljenostih od središča sedmih podhodov (100 m, 250 m, 500 m).

### 4.3.4 Korelacija in multipla regresija vplivnih dejavnikov

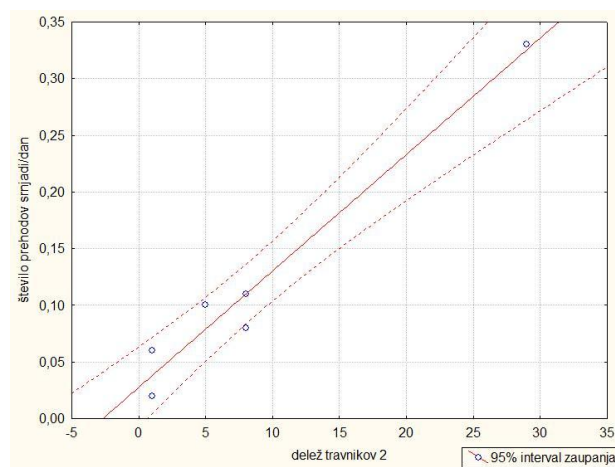
Preglednica 10: Korelacijski faktorji vplivnih dejavnikov na število prehodov dveh najpogostejših vrst divjadi skozi opazovane podhode.

	število prehodov srnjadi/dan	število prehodov lisic/dan
skupno število vrst divjadi	<b>0,90</b>	<b>0,84</b>
število prehodov srnjadi/dan	1,00	<b>0,98</b>
število prehodov lisic/dan	<b>0,98</b>	1,00
indeks odprtosti (IO)	0,28	0,25
minimalna oddaljenost gozdnega roba	-0,49	-0,37
minimalna oddaljenost vodnega vira	0,03	-0,02
oddaljenost od naselja	-0,66	-0,57
delež gozda 1*	0,43	0,36
delež gozda 2**	0,11	0,02
delež gozda 3***	-0,04	-0,09
delež njiv 1*	-0,51	-0,55
delež njiv 2**	-0,45	-0,46
delež njiv 3***	-0,40	-0,39
delež pozidanosti 1*	0,03	0,14
delež pozidanosti 2**	-0,02	0,12
delež pozidanosti 3***	0,38	0,52
delež travnikov 1*	0,62	0,53
delež travnikov 2**	<b>0,98</b>	<b>0,95</b>
delež travnikov 3***	0,81	<b>0,90</b>
delež vodnih virov 1*	-0,07	0,11
delež vodnih virov 2**	-0,07	0,11
delež vodnih virov 3***	0,63	0,73

\* v oddaljenosti 100 m od središča podhodov, \*\* v oddaljenosti 250 m od središča podhodov, \*\*\* v oddaljenosti 500 m od središča podhodov. Odebeljeni rezultati so statistično značilni. Interval zaupanja je vsaj 95 % ( $p < 0,05$ ).



Slika 29: Korelacija med skupnim številom vrst divjadi, ki so uporabljale podhod, in številom prehodov srnjadi ( $r = 0,90$ ,  $p < 0,05$ ).



Slika 28: Korelacija med deležem travnikov v radiu 250 metrov od središča podhoda in številom prehodov srnjadi ( $r = 0,98$ ,  $p < 0,05$ ).

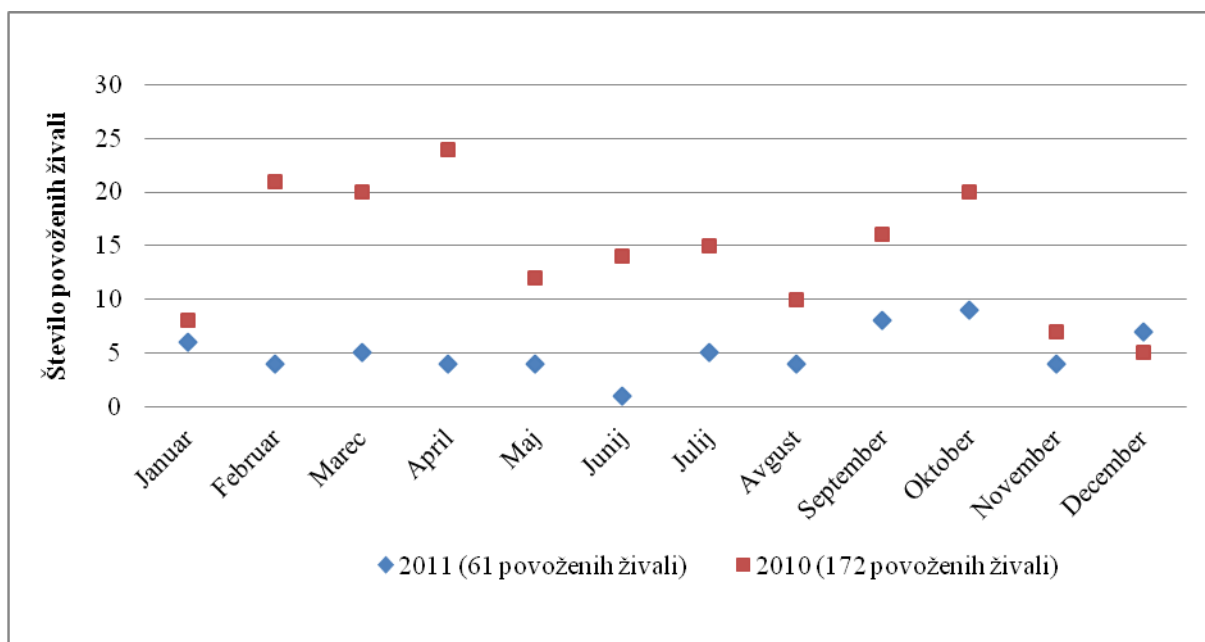
Preglednica 11: Povzetek rezultatov linearne regresijske analize vplivnih dejavnikov na odvisno spremenljivko (število prehodov srnjadi in lisic v enem dnevu).

Neodvisne spremenljivke	Število prehodov srnjadi / dan	Število prehodov lisic / dan
Indeks odprtosti (IO) Minimalna oddaljenost od gozda Maximalna oddaljenost od gozda Oddaljenost od naselja	$F_{(4,1)} = 0,72$ $p = 0,69$ $R^2 = 0,74$	$F_{(4,1)} = 1,03$ $p = 0,62$ $R^2 = 0,80$
Delež gozda 1 Delež njiv 1 Delež pozidanosti 1 Delež travnikov 1	$F_{(4,1)} = 2,53$ $p = 0,43$ $R^2 = 0,91$	$F_{(4,1)} = 9,36$ $p = 0,17$ $R^2 = 0,97$
Delež gozda 2 Delež njiv 2 Delež pozidanosti 2 Delež travnikov 2	$F_{(4,1)} = 16,38$ $p = 0,84$ $R^2 = 0,98$	$F_{(4,1)} = 9,78$ $p = 0,03$ $R^2 = 0,99$
Delež gozda 3 Delež njiv 3 Delež pozidanosti 3 Delež travnikov 3	$F_{(4,1)} = 3,22$ $p = 0,36$ $R^2 = 0,93$	$F_{(4,1)} = 17,63$ $p = 0,06$ $R^2 = 0,98$

$R^2$  – koeficient multiple determinacije,  $p$  – statistično tveganje. Kjer je  $p < 0,05$  takrat so rezultati statistično značilni (odebeljeni rezultati).

#### 4.4 Povožene živali na AC odseku A5 Lendava – Pince v obdobju 2009 – 2011

Poleg rednega monitoringa uporabe podhodov in prehajanja prostoživečih živali pod avtocesto smo pridobili tudi podatke od vzdrževalcev avtoceste (DARS, AC baza Murska Sobota) o registriranem povozu živali na avtocesti A5 in na opazovanem odseku AC Lendava – Pince. Ta naj bi opozarjal na morebitne nepravilnosti pri izvedbi omilitvenih ukrepov, kot so zaščitna ograja, namenski podhodi in nadhodi. V letu 2009 je bilo po podatkih vzdrževalcev cest na A5 povoženih 117 prostoživečih sesalcev (največ lisic, poljskih zajcev, jazbecev in 14 osebkov srnjadi) ter 114 večjih vrst ptic; v letu 2010 je bilo registrirano povoženih 70 prostoživečih sesalcev (od tega 7 osebkov srnjadi) in 68 ptic; v letu 2011 pa 43 prostoživečih sesalcev (največ lisic, mačk, poljskih zajcev, pa tudi 6 osebkov srnjadi in 2 divja prašiča) ter 10 ptic (priloga 3).



Slika 30: Evidentirane povožene živali na avtocesti A5 v obdobju 2009 – 2011. Seznam vseh vrst in število povoženih živali je podan v prilogi 3. Vir podatkov: DARS, Avtocestna baza Murska Sobota, 2012.

Za avtocestni odsek Lendava – Pince, ki je bil predmet raziskave, smo pridobili podatke o povožu živali samo za leto 2011. Registrirali so 10 povoženih prostoživečih živali, od tega 6 lisic, poljskega zajca, jazbeca, vidro in kanjo. Do povoza je prihajalo na različnih lokacijah in ob različnem času, pretežno v jesenskem in zimskem času (preglednica 10).

Preglednica 12: Seznam povoženih živali na AC odseku Lendava – Pince v letu 2011 (vir: DARS, Avtocestna baza Murska Sobota, 2012).

Datum	Odsek	Stacionaža (km - št.)	Vrsta živali
10.1.2011	0816	1,0	lisica
17.1.2011	0816	4,5	lisica
22.2.2011	0816	4,0	kanja
15.3.2011	0816	1,5	jazbec
22.7.2011	0816	0,9	vidra
3.8.2011	Turnišče-M.S.		mačka
29.9.2011	razcep Dolga vas		lisica
30.10.2011	0813	7,0	lisica
29.11.2011	0813	3,3	lisica
9.12.2011	0813	2,5	poljski zajec
26.12.2011	0813	4,5	lisica

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 Ugotavljanje učinkovitosti podhodov z metodo peščenih blazin

Z ugotavljanjem intenzitete in vrstne raznolikosti sesalcev, ki so prehajali skozi 7 opazovanih podhodov, smo skušali oceniti učinkovitost omilitvenih ukrepov za prehajanje prostoživečih živali preko linijske avtocestne bariere. V obdobju izvajanja monitoringa (od 8. 10. 2009 do 18. 10. 2011) smo stalno ali občasno prehajanje živali prek navedenih podhodov potrdili za **12 prostoživečih živalskih vrst** (12 s peščenimi blazinami in 10 z fotoaparati), in sicer za: evropsko srno/srnjad (*Capreolus capreolus*), lisico (*Vulpes vulpes*), kune (*Martes sp.*), poljskega zajca (*Lepus europaeus*), jazbeca (*Meles meles*), vidro (*Lutra lutra*), dihurja (*Mustela putorius*), divjo mačko (*Felis silvestris*), ježa (*Erinaceus europaeus*), divjega prašiča (*Sus scrofa*), navadnega jelena/jelenjad (*Cervus elaphus*) in fazana (*Phasianus colchicus*). Z metodo sledenja živali v pesku smo v približno dveh letih (614 dni) v šestih podhodih registrirali 1.865 prehodov prostoživečih živali s skupno frekvenco prehajanja 3,04 živali/dan. Med opazovanimi objekti je po učinkovitosti prehajanja izrazito izstopal podhod 7 (0,98 živali/dan). Skoraj tretjina vseh živali (32 %) in 11 od 12 evidentiranih vrst živali v pesku so za mesto prehoda avtoceste izbrale objekt 7 (sliki 14, 15). Objekt 1, podhod Borosni potok, je uporabljalo 9 vrst živali oz. 18 % vseh evidentiranih prehodov živali (s frekvenco 0,56 živali/dan). Glede na to, da je na sredi podhoda potok in so stranske police dokaj ozke, ocenjujemo, da gre za učinkovit podhod, kar smo potrdili tudi s fotografskimi posnetki iste živali (srnjaka), ki je več dni zapored ob istem času prečkala podhod (priloga 3). Ostali štirje objekti so bili manjkrat uporabljeni; skozi njih je prehajalo 8 vrst živali in so skupaj predstavljali prehod za 50 % živalskih vrst, ki so uporabljale podhode.

V peščenih blazinah smo najpogosteje zabeležili prehajanje lisice (34 %), ki je v vseh podhodih prehajala približno enako pogosto (0,17 lisic/dan). Srnjad (22 %) je najpogosteje izbrala podhod 7, ki je dovolj širok in idealno postavljen v prostor z bližino gozdnega roba in obdelovalnih površin. Po naših podatkih je skoraj polovica vse srnjadi, ki je prehajala AC, za prehajanje izbrala podhod 7 (0,32 srnjadi/dan). Podhod 6 je namensko zgrajen za male živali in strukturno ni primeren za srnjad in večje sesalce, zato pričakovano tam ni bilo opaziti prehodov srnjadi. Kune so tako kot lisice bile pogosto registrirane živali, ki so enakomerno prehajale skozi vse podhode enako pogosto (21 %). To kaže na to, da sta ti vrsti razširjeni po

celotnem območju in sta najmanj zahtevni pri prehajanju preko avtocestnih prehodov. Poljski zajec (8 %) je prehajal večinoma samo skozi podhoda 5 in 7, ki sta dovolj široka in v okolici nudita pestro rabo tal. Jazbec (5 %) je za svoj podhod izbral podhod 1, Borosni potok, katerega je uporabilo 70 % vseh jazbecev. Vidra (4 %) je v podhodih 1, 6, 7 enakomerno prehajala (približno 1 prehod vidre na 25 dni), v ostalih treh je skoraj ni bilo opaziti. Sledi jelenjadi smo zelo redko zasledili v peščenih blazinah, ponavadi smo njihove stopinje opazili pred objektom v blatu (objekt 4). Njihovo prisotnost in oklevanje pri prehajanju podhoda 3 so nam potrdili fotografski posnetki IR kamere.

### **5.1.1 Sezonska dinamika prehajanja živali**

Sezonska dinamika prehajanja živali, predvsem pa srnjadi, je bila tekom dvoletnega monitoringa s peščenimi blazinami jasno izražena (sliki 20, 21). To dinamiko prehajanja lahko najbolj opazujemo pri podhodu 7, ki je bil najbolj učinkovit po frekvenci in številu različnih vrst, ki so ga uporabljale. S slik 19 in 20 opazimo, da je frekvenca prehajanja različna in tudi vrstno specifična. Pri srnjadi kot najpogostejši vrsti velikih sesalcev, ki so redno uporabljale podhode, opazimo rahlo večjo dinamiko prehajanja v pozno spomladanskih mesecih (april, maj). Takrat namreč razpadejo tropi, osebk pa so bistveno bolj aktivni, saj v tem času oblikujejo teritorialno razporeditev v prostoru. Poleti v obdobju prska ali parjenja je povečana mobilnosti srnjakov. V zimskih mesecih so živali manj aktivne, zaradi snežne odeje, omejene dostopnosti prehranskih virov in manjših energetske potreb (Pokorny, 2004; Poličnik in Pokorny, 2011). Zanimivo je spoznanje, da je srnjad začela uporabljati podhod 7 v letu 2011 veliko bolj pogosto kot na začetku monitoringa leta 2009. Ti podatki potrjujejo ugotovitve iz podobne raziskave na AC odseku Kronovo – Smednik, kjer so registrirali 63 % vseh prehodov srnjadi v zadnjem, tretjem letu monitoringa (Poličnik in sod., 2010). Takšna doba prilagajanja velikih prostoživečih živali (srnjadi in jelenjadi, predvsem pa zveri) na nov objekt je opazna tudi v naši raziskavi, kjer je skoraj polovica registriranih prehodov srnjadi v letu 2011.

## **5.2 Spremljanje prehajanja živali skozi podhode z IR fotoaparati**

Rezultate prve metode spremljanja učinkovitosti podhodov smo želeli primerjati oz. preveriti s pomočjo IR fotoaparata, ki so bili nameščeni na tri objekte (1, 5, 7), kjer smo spremljali prehajanje tudi s peščenimi blazinami. Objekt 3 zaradi nedostopnosti in pogostega

poplavljanja ni bil primeren za prvo metodo, zato smo tam namestili samo senzorsko prožen fotoaparatus. Podatki iz posnetih fotografij so nam omogočili bolj natančno determinacijo vrst (zlasti pa spolnih in starostnih kategorij) živali, ki so podhod prečkale in točne časovne podatke o dogodkih prehajanj. V obdobju aktivnega izvajanja monitoringa z IR fotoaparati (od 30. 7. 2010 do 2. 7. 2011) smo v 4 objektih registrirali 10 vrst živali in 295 prehodov prostoživečih živali. V objektu 1, Borosni potok, smo imeli tehnične težave s fotoaparatom, ki je bil kasneje tudi tarča vandalizma, zato smo te podatke izločili iz analize rezultatov. Tudi po tej metodi se je podhod 7 izkazal za najbolj učinkovitega. Povprečna dnevna frekvenca prehajanja je bila 0,54 živali/dan, medtem ko je bila dinamika prehodov bistveno manjša pri ostalih dveh podhodih (0,20 oz. 0,18 živali/dan v prehodih 3 in 5).

Skoraj polovica (48 %) vseh živali, ki so bile ujete na fotografijah, je srnjad. Srne so za prehajanje v večini izbrale podhod 3 in 7, medtem ko so bili srnjaki veliko manj zahtevni in so približno enako pogosto uporabljali vse tri podhode. Lisica je bila druga najpogostejša vrsta, ki je bila registrirana na zajetih fotografijah (24 %). Pretežno je za prehajanje uporabljala podhod 7 in 5, medtem ko je v podhodu 3 praktično ni bilo opaziti. Jazbec je bil evidentiran na 11 % fotografijah, najpogostejši gost je bil v podhodu 7, divja mačka (8 %) pa v podhodu 1 in 7. Poljski zajec (5 %) je bil največkrat opažen v podhodu 5. Poleg srnjadi smo v podhodu 3 posneli še jelenjad. Iz zaporednih slik je razvidno, da je bila jelenjad bojazljiva in se je obotavljala pri prehodu. Ne moremo pa zagotovo trditi, da so te živali tudi prehajale skozi celoten podhod. V mesecu maju 2011 smo v treh primerih posneli košuto, enkrat pa košuto s teletom. Vrste prostoživečih živali, ki so redko (le nekajkrat) uporabile podhod za prehajanje so kuna, fazan in bela štorclja.

### **5.2.1 Dnevna dinamika prehajanja prostoživečih živali skozi podhode**

Iz podatkov, pridobljenih s fotografijami živali, smo lahko izdelali graf 24-urne dnevne dinamike prehajanja prostoživečih živali in najpogostejših vrst, ki so uporabljale podhod 7 (srnjad in lisica). Ta objekt je bil z vidika frekvence prehajanj najbolj učinkovit in rezultati potrjujejo njegovo uporabo v času, ko so živali najbolj aktivne. To je zgodaj zjutraj ( $4^h - 8^h$ ), še posebej pa v večernem času ( $18^h - 21^h$ ). Takrat smo zabeležili največ prehodov lisic, saj je kar 45 % vseh lisic prehajalo podhod 7 v večernem času okoli 20. ure. Dinamika prehajanja



srnjadi ne kaže izrazitega vzorca, največ prehodov je bilo registriranih okoli 7. in 8. ure zjutraj in pa okoli 14. oz. 18. ure popoldan.

### 5.3 Vpliv strukturnih, okoljskih in antropogenih dejavnikov

Dejavnike, ki vplivajo na učinkovitost prehodov, smo razdelili v strukturne, okoljske in antropogene. Skušali smo oceniti, kateri od teh odločilno vplivajo na prehajanje različnih vrst prostoživečih živali. Monitoring uporabe podhodov je pokazal, da je **objekt 7** daleč najbolj učinkovit podhod. Strukturno je podoben podhodom 2, 3, 5; vsi so široki približno 10 metrov in imajo široke utrjene pohodne police. Indeks odprtosti (IO) je manjši (1,25), kot je v objektu 5 (1,90), skozi katerega vodi javna cesta. Po raziskavah sodeč mora biti za učinkovito prehajanje srnjadi indeks odprtosti vsaj 0,75 in vsaj 1,5 za jelenjad (Putman, 1997, cit. po Poličnik in Pokorny, 2011). Razen škatlastih prepustov (objekt 4 in 6), so vsi podhodi primerni za prehajanje srnjadi ( $IO > 0,75$ ), medtem ko je za jelenjad ( $IO > 1,5$ ) primeren samo podhod 5 ob javni cesti. Korelacija indeksa odprtosti podhodov in frekvence prehajanj srnjadi ni statistično značilna ( $r = 0,28$ ,  $p > 0,05$ ). Glede na stanje na terenu predvidevamo, da je za to kriva tudi raba samega prehoda, saj namreč v dveh prehodih velikih dimenzij (z velikim indeksom odprtosti) sledenje prehajanju prostoživečih živali ni bilo optimalno, saj je večji del prehoda zavzemala asfaltirana cesta; posledično na teh površinah nismo mogli namestiti peščenih slednih blazin (so bile nameščene le ob robovih prehodov, kjer ni bilo vozišče). Po pregledu foto posnetkov iz enega od takšnih prehodov pa smo ugotovili, da so vse živali praviloma prehajale skozi sredino podhoda. Vendar teh podatkov o prehodih tako zaradi krajšega časa izpostavitve fotoaparata kot tudi zaradi povsem druge (neprimerljive) metode štetja prehodov prostoživečih živali v samo statistično analizo korelacij nismo vključili.

Umestitev premostitvenega objekta za prehajanje prostoživečih živali preko avtoceste v naravni prostor ima za posledico različen vpliv vrste okoljskih dejavnikov. To so, npr., bližina gozdnega roba, stalnega vodnega vira, ceste in naselja. Gozdni rob je pri podhodu 7 in 1, ki sta se izkazala za najučinkovitejša, zelo blizu (80 m in 0 m). Vodni vir je bil v bližini vseh podhodov in zato ni predstavljal odločujočega dejavnika. Tudi podatki o motečih antropogenih dejavnikih kažejo na to, da se živali ne izogibajo urbanim središčem ter cestam. Podhodi, ki so bolj odmaknjeni (2, 3, 4, 6), se niso izkazali za bolj učinkovite. V analizi

podatkov o rabi tal v okolici vseh sedmih opazovanih podhodov so prikazani deleži 13 tipov rabe tal in površine posameznih okoljskih dejavnikov. To so, npr., delež gozda, vodnih površin, njivskih in travnatih površin, sadovnjakov in vinogradov, pozidanega ozemlja ter cest. Če izpostavimo podhod za živali ob jarku (objekt 7) kot primeren in učinkovit podhod, lahko iz deležev rabe tal vidimo, da gre za zelo pester nabor devetih različnih tipov, kjer predstavljajo njive, trajni travniki, gozd in tudi pozidana zemljišča 90 % rabe tal v radiusu 500 m od središča podhoda. V neposredni bližini (do 100 m) je velik delež gozda in trajnih travnikov (oba 23 %), kmetijskega zemljišča v zaraščanju (14 %) in kar 35 % pozidane površine. Učinkovitost podhoda Borosni potok (objekt 1) je posledica kar desetih različnih tipov rabe tal in velikega deleža njivskih površin (74 %) v radiusu 500 m od središča podhoda. V sami bližini (do 100 m) pa poleg njiv (35 %) prevladujejo še drevesa in grmičevje (30 %), trajni travniki (19 %) in kmetijska zemljišča v zaraščanju (9 %). Podhoda 3 in 4 izstopata po deležu gozda (50 % in 75 %) v okolici 500 m od središča podhoda. V njuni neposredni bližini je tudi ekodukt, ki ga za prehajanje uporablja najverjetneje večina velikih sesalcev (jelenjad in srnjad). Objekta 5 in 6 sta postavljena v izrazito agrarno okolje, saj je v radiusu 500 m od središča prvega 67 % njivskih površin in kar 85 % v primeru drugega. Vsi rezultati multifaktorske regresije vplivnih dejavnikov na frekvenco prehodov srnjadi imajo visok koeficient determinacije ( $R^2$ ), vendar samo delež travnikov v okolici podhodov v vplivnem pasu do 250 m potrjuje statistično značilnost korelacije s frekvenco prehodov lisic ( $p < 0,05$ ). Tudi korelacije posameznih neodvisnih okoljskih dejavnikov in frekvence prehajanj srnjadi imajo  $p > 0,05$ . Zato so napovedi vzročno – posledičnih povezav med vplivnimi dejavniki na podlagi tako malega števila strukturno različnih prehodov za prostoživeče živali statistično zelo tvegane oz. so celo nekorektne.

Največ motenj zaradi človeka je bilo opaziti pri večnamenskem podhodu oz. podvozu št. 5. Dnevno je skozi njega prepeljalo več osebnih vozil, kmetijskih strojev in rekreativcev. Kljub tem motnjam je bil objekt uporaben in učinkovit za prehajanje srnjadi, lisic, kun, zajcev, in sicer v času zgodaj zjutraj ali preko noči, ko je bilo malo motenj. Pri ostalih objektih so bile motnje redke, npr. nekaj dnevna vzdrževalna dela v podhodu 7, sprehajalci in kolesarji v podhodu 1 in 4, motokrosisti v podhodu 2, lovci v podhodu 3.

## 5.4 Povožene živali v času monitoringa na opazovanem odseku avtoceste

Podatke o povoženih živalih na AC odseku Lendava – Pince smo pridobili za leto 2011. Registrirali so 11 povoženih prostoživečih živali, od tega 6 lisic, poljskega zajca, jazbeca, divjo mačko, vidro in kanjo. Povoza velikih sesalcev (npr. srnjadi, jelenjadi, divje svinje) na omenjenem odseku ni bilo. Mali sesalci z lahkoto zaidejo na cestišče pod zaščitno ograjo, zato je do njihovega povoza prihajalo na različnih mestih na avtocesti. Največja nevarnost za večje sesalce predstavljajo priključki in izvozi iz avtocest, ki so nezaščiteni z ograjo, zato lahko živali slučajno zaidejo v to cestno vozlišče. Tveganje za trke z divjadjo zaradi vstopa prek priključkov na AC so zato, npr., na gorenjski AC med Šmartnim on Kranjem poskušali zmanjšati z zvočnimi odvrtači (Pokorny in sod., 2007). Na celotni avtocesti A5 se je od leta 2009 (282 povozov) do leta 2011 (61 povozov) število povoženih prostoživečih živali občutno zmanjšalo, najverjetneje predvsem na račun dobe prilagajanja živali na nov objekt in pridobivanja zaupanja v namenske podhode oz. nadhode.

## 5.5 Sklepi in ugotovitve

Ekološko najustreznejši ukrep, ki omogoča varno in intenzivno prehanje vseh vrst prostoživečih živali prek ograjenih avtocest, so zagotovo namensko zgrajeni nadhodi ali podhodi velikih mer oz. razsežnosti – ekodukti (Langbein in sod., 2011). V zadnjem času pa so vedno pogostejši pomisleki, ali je gradnja tako dragih objektov z ekonomskega vidika sploh upravičena, še posebno, ker obstajajo nekatere nadomestne možnosti. Vedno več raziskovalcev je namreč prepričan, da je za doseganje zadostne povezanosti med deloma populacije na obeh straneh avtoceste, namesto enega ali dveh velikih ekoduktov, bolje imeti več manjših podhodov/nahodov, ki so primerno razporejeni vzdolž avtoceste (Langbein in sod., 2011; Grilc, 2011; Poličnik in Pokorny, 2011). Poleg namensko zgrajenih objektov so lahko pomembni tudi prilagojeni večnamenski premostitveni objekti. Na splošno velja, da je v primeru gradnje novega odseka avtoceste izvedba podhodov preprostejša in cenovno ugodnejša, kot bi bila naknadna gradnja nahodov. Primerne podhode za divjad lahko zagotovimo že z manjšimi povečavami in prilagoditvami objektov, ki bi jih morali tudi sicer vključiti v cestno telo (npr. mostovi, podvozi) (Poličnik in Pokorny, 2011). Krže (2008) v svojem članku opisuje, da naj bi učinkovit podhod (ne glede na to, ali je namenski ali večnamenski) meril vsaj 4 metre »svetle višine«, dolžina podhoda pa naj ne bi bila daljša od

dvakratnika širine (indeks odprtosti je tako večji od 2). V naši raziskavi je bil samo podhod ob javni cesti (podhod 5) blizu tem kriterijem, vsi ostali so bili pod temi omejitvami. Od vseh sedmih, sta podhod ob jarku Bukovica (podhod 2) in podhod ob javni cesti (podhod 5) prilagojena večnamenska objekta; skozi je speljana poljska pot in javna cesta, vsi ostali so namenski podhodi za velike oz. male sesalce ter dvoživke.

Z diplomsko nalogo »Ugotavljanje učinkovitosti izvedenih omilitvenih ukrepov za prehajanje prostoživečih živali na AC odseku Lendava – Pince« smo poskušali odgovoriti na **hipoteze**, ki smo jih postavili na začetku našega dela. Poudarek je bil na evidentiranju živalskih vrst in ugotavljanju frekvence njihovega prehajanja skozi podhode. Od vseh vplivnih dejavnikov smo želeli poiskali tiste, ki so odločilni pri učinkovitosti podhoda. To naj bi bili v prvi vrsti struktura oz. zgradba objekta (indeks odprtosti  $>1,5$ ) in umestitev v prostor z okoljskimi dejavniki. Najbolj pomembni okoljski dejavniki so delež travnikov, gozda, kmetijskih površin, vodnih teles in površin v zaraščanju. Ugotovili smo, da med dejavniki ni značilne statistične korelacije, in da ne moremo brez statističnega tveganja trditi, kateri od vplivnih dejavnikov ima večji pomen pri zagotavljanju učinkovitosti prehoda.. Razlog za to je predvsem premajhno število strukturno podobnih (združljivih) prehodov, zaradi česar korektna statistična analiza ni možna. Možnost prehajanja je še posebej pomembna za velike sesalce (jelenjad, srnjad, divji prašič, zveri) z velikim domačim okolišem in značilno sezonsko dinamiko (parjenje, iskanje novega teritorija, ipd.). Učinkovit podhod je lahko poleg velikih, namenskih ekoduktov tudi večnamenski objekt, namenjen vsem tam živečim vrstam živali kakor tudi občasnim prehodom ljudi. Kot vzorčni primer izgradnje in umestitve namenskega premostitvenega objekta na avtocestnem odseku Lendava – Pince je potrebno izpostaviti podhod za živali ob jarku (podhod 7). Ta podhod je izbralo 32 % vseh evidentiranih živali in 11 od 12 vrst prostoživečih živali. Lisice (34 %), srnjad (22 %) in kune (21 %) so bile najpogostejše vrste, ki so uporabljale podhode. Lisica in kuna sta bili v vseh podhodih približno enako pogosto evidentirani. Srnjad je najraje izbrala podhod ob jarku (podhod 7), v škatlastem prepustu širine 1 meter (podhod 6) pa sploh ni prehajala. Lahko sklepamo, da so vse tri vrste prisotne na širšem ozemlju občine Lendava in da se dinamično gibljejo v prostoru (še posebej to velja za srnjad). Nepravilnosti v izvedbi omilitvenih ukrepov nismo zaznali. Registriran povoz živali (11 živali, od tega 6 lisic) na opazovanem

odseku v letu 2011 ne priča o večji problematiki nevarnosti trkov s prostoživečimi živalmi na avtocesti na tem odseku.

Če bi želeli opisno – intuitivne rezultate še statistično podpreti, bi v redni monitoring morali zajeti večje število objektov, in ne samo sedem. Predvsem pa bi moralo biti v obdelavo vključenih po več strukturno podobnih objektov, kar bi nam omogočilo korektno statistično obdelavo (multifaktorsko linearno regresijo) za ugotavljanje pomembnosti različnih okoljskih dejavnikov na učinkovitost podhodov. Za prihodnje raziskave vplivnih dejavnikov na učinkovitost omilitvenih ukrepov na avtocestah v primeru, da je na razpolago dovolj podatkov o prehajanju prostoživečih živali na večjem številu tudi strukturno primerljivih objektov, predlagam multifaktorsko analizo v GIS orodju.

## 6 POVZETEK

Gradnja cestnega omrežja, ceste kot prostorski element in promet na njih imajo na populacije prostoživečih živali številne negativne vplive. Uničevanje in fragmentacija primernih habitatov, onemogočanje sezonskih in dnevnih selitev živali, zmanjševanje genskega pretoka in biotske raznolikosti, trki divjadi z vozili so samo nekateri najbolj kritični vplivi. Diplomaska naloga z naslovom »Ugotavljanje učinkovitosti izvedenih omilitvenih ukrepov za prehajanje prostoživečih živali na avtocestnem odseku Lendava–Pince« je del rednega večletnega spremljanja učinkovitosti premostitvenih objektov in ugotavljanja morebitnih negativnih vplivov novozgrajene avtoceste na prostoživeče živali. Obravnavana trasa avtocestnega odseka Lendava – Pince je dolga 16,7 km. Na omenjenem odseku smo na sedmih objektih, ki so bili namensko zgrajeni za prehajanje prostoživečih živali preko avtoceste ali pa so bili v ta namen ustrezno prilagojeni, redno spremljali njihovo učinkovitost z metodo sledenja v peščenih blazinah (praviloma na 14 dni). Štiri objekte smo dodatno opremili z IR fotoaparati, s katerimi smo dobili še več informacij o prehajanju prostoživečih živali skozi podhode. V obdobju izvajanja monitoringa (od 8. 10. 2009 do 18. 10. 2011) smo stalno ali občasno prehajanje prek navedenih podhodov potrdili za **12 različnih vrst živali** (vse s peščenimi blazinami), in sicer za: evropsko srno/srnjad (*Capreolus capreolus*), lisico (*Vulpes vulpes*), kune (*Martes sp.*), poljskega zajca (*Lepus europaeus*), jazbeca (*Meles meles*), vidro (*Lutra lutra*), dihurja (*Mustela putorius*), divjo mačko (*Felis silvestris*), ježa (*Erinaceus europaeus*), divjega prašiča (*Sus scrofa*), navadnega jelena/jelenjad (*Cervus elaphus*), fazana (*Phasianus colchicus*). Z metodo sledenja živali v pesku smo v približno dveh letih (614 dni) v šestih podhodih registrirali 1.865 prehodov prostoživečih živali s skupno frekvenco prehajanja 3,04 živali/dan. Med opazovanimi objekti je po učinkovitosti prehajanja izrazito izstopal širok podhod za živali ob jarku, podhod 7 (0,98 živali/dan). Skoraj tretjina vseh živali (32 %) in 11 od 12 registriranih vrst živali v pesku so za mesto prehoda avtoceste izbrale ta objekt. Eden izmed ciljev je bil izmed vseh dejavnikov, ki vplivajo na učinkovitost podhodov, določiti tiste, ki so odločilni pri učinkovitosti podhoda. To so v prvi vrsti struktura oz. zgradba objekta (indeks odprtosti >1,5) in umestitev v prostor; bližina gozdnega roba, kmetijskih površin, vodnega vira in oddaljenost od stalne človeške prisotnosti. Ugotovili smo, da med dejavniki ni značilne statistične korelacije, in da ne moremo brez statističnega tveganja trditi, kateri od vplivnih dejavnikov ima večji pomen pri

zagotavljanju učinkovitosti prehoda. Možnost varnega prehajanja prek AC je še posebej pomembna za velike sesalce (jelenjad, srnjad, divji prašič, zveri) z velikim domačim okoljem in značilno sezonsko dinamiko (parjenje, iskanje novega teritorija, ipd.). Poleg velikih, namensko zgrajenih ekoduktov je lahko učinkovit podhod tudi večnamenski objekt, namenjen vsem tam živečim vrstam živali, kakor tudi občasnim prehodom ljudi.

## 7 VIRI

- Abson R. N., Lawrence R. 2003. Monitoring the use of Slaty Creek Wildlife Underpass, Calder Freeway, Black Forest, Macedon, Victoria, Australia. Proceedings of the 2003 International Conference on Ecology and Transport: 40-45.
- Adamič M., Jerina K., Jonozovič M. 1996. Značilnosti v rabi mostov in podvozov na odseku avtoceste Vrhnika-Razdrto-Čebulovica za prehajanje velikih sesalcev. 3. Slovenski kongres o cestah in prometu, Bled, 13.-15. november 1996. Ljubljana: Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije: 351-355.
- Adamič M., Kobler A., Jerina K. 2000. Strokovna izhodišča za gradnjo ekoduktov za prehajanje rjavega medveda (*Ursus arctos*) in drugih velikih sesalcev preko avtoceste (na odseku Vrhnika-Razdrto-Čebulovica). Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 60 str.
- Alexander S. M., Waters N. 2000. GIS-T and the Effects of Highway Transportation Corridors on Wildlife. Transportation Research, Part C. Pergamon. 8: 307-320.
- Atlas okolja. 2007. Agencija RS za okolje, ARSO, <http://gis.arso.gov.si> (30. oktober 2011).
- Bank F. G., Irwin C. L., Evink G. L., Gray M. E., Hagood S., Kinar J. R., Levy A., Paulson D., Ruediger B., Sauvajot R. M., Scott D. J., White P. 2002. Wildlife habitat connectivity across European highways. U.S. Department of Transportation: Federal Highway Administration: 1-45.
- Clevenger P. A. 2007. Highways through habitats: The Banff Wildlife Crossings Project. Transportation Research News 247: 14-17.
- Clevenger T., Huijser M. P. 2010. Handbook for design and evaluation of wildlife crossing structures in North America. Washington, D.C., Western Transportation Institute: 204 str..
- Clevenger A. P., Waltho N. 2010. Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. Conservation Biology, 14, 1: 47-56.



- Clevenger A. P., Chruszcz B., Gunson K. E. 2001. Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin* 29: 646-653.
- Chilson P. 2003. Cutting Edge: Right of way. *Audubon magazine*, June, 2003, <http://archive.audubonmagazine.org/cuttingedge/cuttingedge0306.html> (12. avgust 2011).
- Čarni A. 2005. Vegetation of trampled habitats in the Prekmurje region (Slovenia). *Hacquetia*, 4/2: 151-159.
- DARS - Družba za avtoceste v Republiki Slovenija. 2006. AC A5 Maribor - Pince. Pomurski avtocestni krak, [http://www.dars.si/Dokumenti/2\\_EU\\_Sofinancira/Prospekt\\_Maribor-Pince\\_kohezija.pdf](http://www.dars.si/Dokumenti/2_EU_Sofinancira/Prospekt_Maribor-Pince_kohezija.pdf) (3. oktober 2011).
- Damarad T., Bekker G. J. 2003. COST 341- habitat fragmentation due to transportation infrastructure. *Find COST Actions*, 341: 1-16.
- Donaldson B. M. 2005. The use of highway underpasses by large mammals in Virginia and factors influencing their effectiveness. Final Report. Virginia, Charlottesville. Virginia Transportation Research Council: 34 str.
- Direkcija RS za ceste. 2010. Prometne obremenitve 2010, [http://www.dars.si/Dokumenti/2\\_EU\\_Sofinancira/Prospekt\\_Maribor-Pince\\_kohezija.pdf](http://www.dars.si/Dokumenti/2_EU_Sofinancira/Prospekt_Maribor-Pince_kohezija.pdf) (30. oktober 2011).
- ECE, European Commission for Environment. 2010. Kaj je biotska raznovrstnost? [http://ec.europa.eu/environment/biodiversity/campaign/index\\_sl.htm](http://ec.europa.eu/environment/biodiversity/campaign/index_sl.htm) (22. september 2011).
- EEA, European Environment Agency. 2011. Landscape Fragmentation in Europe, Joint EEA - FOEN report, No 2/2011. Copenhagen, Denmark. EEA: 92 str.
- Ford T. A., Clevenger A. P., Bennett A. 2009. Comparison of methods of monitoring wildlife crossing-structures on highway. *Journal of Wildlife Management*, 73, 7: 1213 - 1222.
- Forman R. T. T. 2000. Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. *Conservation Biology*, 14, 1: 31-35.

- Foster M. L., Humphrey S. R. 1995. Use of Highway underpasses by Florida pathers and other wildlife. *Wildlife Society Bulletin* 23: 95-100.
- Google Earth. 2011. Verzija programa 6.1.0.5001. Google. (20.12.2011).
- Grilc J. 2011. Zeleni nadhodi za divjad preko avtocest - še iz drugega zornega kota. *Lovec*, 94, 6: 304-305.
- Groot Bruinderink G. W. T. A., Hazebroek E. 1996. Ungulate traffic collisions in Europe. *Conservation Biology*, 10: 1059-1067.
- Hallstrom W., Clevenger A. P., Maher A., Whittington J. 2008. Effectiveness of highway mitigation fencing for ungulates and carnivores. *Journal of Applied Ecology*.
- Huber P. R., 2008. The effects of spatial and temporal scale on conservation planning and ecological networks in the Central Valley, California. Davis, California. University of California: 138 str.
- IENE - Infra Eco Network Europe 2011. <http://www.iene.info/cost341.php> (20. oktober 2011).
- Kryštufek B., Brancelj A., Krže B., Cop J. 1988. Zveri II. Ljubljana, Lovska zveza Slovenije, 319 str.
- Krže B. 2008. Povezati bivalne okoliše divjadi! *Lovec*, 91, 9: 425-427.
- Krže B. 2000. Srnjad: biologija, gojitev, ekologija. Ljubljana. Lovska zveza Slovenija: 271 str.
- Kumelj M., Oršanič H. T. 2007. The impact of traffic on roe deer (*Capreolus capreolus L.*) populatation in Slovenia. V: 8th roe deer meeting 07. Velenje, 26-29 junij 2007. Poličnik H., Pokorny B. (ur.). Velenje, Erico: 86 str.
- Langbein, J. 2008. Urban Deer Vehicle Collisions - A risky life for deer. Urban deer conference, oktober 2008. London, British Deer Society Conference, <http://www.deercollisions.co.uk/ftp/LangbeinUrbanDeerVC1.pdf> (9. september 2011).

- Langbein J., Putman R., Pokorny B. 2011. Traffic collisions involving deer and other ungulates in Europe and available measures for mitigation. V: Ungulate Management in Europe - problems and practices. Putman R., Apollonio M., Andersen R. (ur.). New York, Cambridge University Press: 215 - 259.
- Malo J. E., Hervas I., Herranz J., Mata C., Suarez F. 2005. How many days to monitor a wildlife passage? Species detection patterns and the estimation of the vertebrate fauna using crossing structures at a motorway. V: Wildlife Crossing Structures. Malo J. E. (ur.). Raleigh, North Carolina State University: 406-413.
- Mata C., Hervas I., Herranz J., Suarez F., Malo J. E. 2005. Complementary use by vertebrates of crossing structures along a fenced Spanish motorway. *Biological Conservation* 124: 397-405.
- Mears R. 2006. Animal tracks and signs (Pocket nature guide). New York. Oxford University Press, Inc.: 264 str.
- MKGP portal. 2012. Javni pregledovalnik grafičnih podatkov, <http://rkg.gov.si> (10.1.2012).
- Paulinič G. 2009. Analiza povozov srnjadi (*Capreolus capreolus L.*) na glavnih prometnih žilah v severovzhodni Sloveniji. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 59 str.
- Pokorny B. 2004. Parkljarji in promet. Stanje v Sloveniji. *Lovec* 87, 5: 284 - 287.
- Poličnik H., Pokorny B. 2011. Uporabnost večnamenskih podhodov/nadhodov za prehajanje divjadi prek avtocest. *Lovec, glasilo Lovski zveze Slovenije*, 9/2011: 430-434.
- Pokorny B., Zaluberšek M., Savinek M., Pavšek Z. 2004. Parkljarji in promet: Strategija in načrtovane aktivnosti v Sloveniji. *Lovec*, 87, 10: 524-527.
- Pokorny B., Poličnik H., Savinek K., Marolt J. 2007. Vplivi ultrazvočnih odvrčalnih naprav na prehajanje prostoživečih parkljarjev preko državnih cest. Končno poročilo. ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave d.o.o., Velenje: 48 str.

- Pokorny B., Zaluberšek M., Savinek K., Poličnik H., Marolt J. 2008. Trki vozil s srnjadjo: stanje in reševanje problematike v Sloveniji. 1. slovenski posvet z mednarodno udeležbo o upravljanju z divjadjo: srnjad, Velenje, 22.11.2008. Velenje, Erico: 29-34.
- Poličnik H., Zaluberšek M., Triglav Brežnik G., Al Sayegh Petkovšek S., Pokorny B. 2009. Monitoring živali v času obratovanja na AC odseku Lendava - Pince. Poročilo 1. leta izvajanja monitoringa. Velenje. ERICo Velenje d.o.o.: 36 str.
- Poličnik H., Triglav Brežnik G., Al Sayegh Petkovšek S., Flis J., Zaluberšek M., Vidmar M., Pokorny B. 2010. Ugotavljanje uspešnosti izvedenih ukrepov za prehajanje živali na avtocestnem odseku Kronovo - Smednik. 10. Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 20. – 22. oktober 2010. Ljubljana. Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije: 905 - 919.
- Putman R. J., Langbein J., Staines B. W. 2004. Deer and road traffic accidents; A review of mitigation measures: Costs and Cost-effectiveness. Report for the Deer Commission for Scotland.
- Slovensko avtocestno omrežje. 2011. Wikipedia, the free encyclopedia (22. september 2011) [http://sl.wikipedia.org/wiki/Slovensko\\_avtocestno\\_omrežje](http://sl.wikipedia.org/wiki/Slovensko_avtocestno_omrežje) (3. oktober 2011).
- Stergar M., Stergar B. 2010. Trajnostni pristopi k projektiranju cestne infrastrukture. 10. Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 20-23 oktober 2010. Ljubljana. Zbornik referatov 2.del.: 920-925.
- Tome D. 2006. Ekologija, organizmi v prostoru in času. Ljubljana, Tehniška založba Slovenija: 331 str.
- Wildlife crossing. 2011. Wikipedia, the free encyclopedia (31. August 2011). [http://en.wikipedia.org/wiki/Wildlife\\_crossing](http://en.wikipedia.org/wiki/Wildlife_crossing). (14. september 2011).
- Woess M., Glitzner I., Voelk F.H. 2001. Habitat fragmentation due to transportation infrastructure in Austria. Preservation of migration corridors for wildlife in cultural landscapes, [http://ivfl.boku.ac.at/Projekte/Woek/pdf/woess\\_new\\_zealand.pdf](http://ivfl.boku.ac.at/Projekte/Woek/pdf/woess_new_zealand.pdf) (26. september 2011).

Woess M., Grillmayer R., Voelk F. H. 2002. Green bridges and Wildlife Corridors in Austria.  
*Zeitschrift Jagdwiss*, 48: 25-32.

Zakon o divjadi in lovstvu (ZDLov-1). 2004. Uradni list RS št. 16/2004, str. 1577-1593,  
[http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r00/predpis\\_ZAKO3780.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r00/predpis_ZAKO3780.html) (9. september 2011).

## **ZAHVALA**

Zahvala gre v prvi vrsti moji družini in prijateljem, brez katerih bi bilo vse skupaj težje, tako da hvala vsem za podporo. Zahvalil bi se rad celotni ekipi na ERICo d.o.o. Velenje, še posebej somentorici dr. Heleni Poličnik in doc. dr. Boštjanu Pokornemu, ki sta mi bila vedno na voljo s svojim strokovnim znanjem in izkušnjami. Za pomoč pri GIS analizah se zahvaljujem Idi Jelenko, prav tako z inštituta ERICo. Hvala tudi mentorju, prof. dr. Ivanu Kosu, in sodelavcem na Katedri za ekologijo živali na Oddelku za biologijo, Biotehniška fakulteta. Posebna zahvala gre tudi uslužbencem DARS-a na Avtocestni bazi Murska Sobota, ki so mi prijazno posredovali podatke o registriranih povoženih živalih na avtocesti.

**HVALA!**

## PRILOGE



**PRILOGA 1:** Izbrane fotografije sledi prostoživečih živali v podhodih.

Slike si sledijo od leve zgoraj proti desni spodaj: 1) lisica; 2) vidra; 3) srnjad; 4) jazbec; 5) kuna; 6) divja mačka; 7) poljski zajec; 8) srnjad; 9) vidra; 10) jelenjad; 11) dihur; 12) jež (foto: M. Zaluberšek, 2010; ERICo Velenje d.o.o.).

**PRILOGA 2:** Dnevna dinamika prehajanja istega srnjaka skozi podhod 1.

DATUM	ČAS	VRSTA	ŠTEVILO OSEBKOV	SMER PREHODA	SPOL	ŠTEVILO FOTOGRAFIJ
31.7.2010	16:16	<b>Srna</b> ( <i>Capreolus capreolus</i> )	1	S	M	3
1.8.2010	17:07	<b>Srna</b> ( <i>Capreolus capreolus</i> )	1	S	M	3
1.8.2010	22:14	<b>Srna</b> ( <i>Capreolus capreolus</i> )	1	S	M	3
2.8.2010	16:16	<b>Srna</b> ( <i>Capreolus capreolus</i> )	1	S	M	3
2.8.2010	23:33	<b>Srna</b> ( <i>Capreolus capreolus</i> )	1	S	M	3



Bushnell 077°F 07-31-2010 16:16:06



Bushnell 079°F 08-01-2010 17:07:00



Bushnell 066°F 08-01-2010 22:14:42



Bushnell 082°F 08-02-2010 16:16:24



**PRILOGA 3:** Registrirane povožene živali na štajersko-prekmurski avtocesti A5 (Maribor–Pince) v obdobju 2009 – 2011. Vir podatkov: DARS, AC Baza Murska Sobota.

	Št.	Povožene živali	Leto 2009	Leto 2010	Leto 2011	Skupaj 09 - 11	delež
VELIKI SESALCI	<b>1</b>	<b>Srna</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>27</b>	<b>0,05</b>
	2	Divja svinja	2	0	2	4	0,01
	3	Domači pes	3	7	2	12	0,02
MALI SESALCI	<b>4</b>	<b>Lisica</b>	<b>41</b>	<b>25</b>	<b>17</b>	<b>83</b>	<b>0,16</b>
	<b>5</b>	<b>Domača mačka</b>	<b>51</b>	<b>34</b>	<b>8</b>	<b>93</b>	<b>0,18</b>
	7	Jazbec	10	5	7	22	0,04
	<b>8</b>	<b>Poljski zajec</b>	<b>33</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>57</b>	<b>0,11</b>
	9	Kuna	9	6	2	17	0,03
	10	Jež	2	1		3	0,01
	11	Podlasica	2	1		3	0,01
	12	Vidra	1		1	2	0,00
PTIČI	<b>13</b>	<b>Fazan</b>	<b>25</b>	<b>19</b>	<b>5</b>	<b>49</b>	<b>0,10</b>
	<b>14</b>	<b>Kanja</b>	<b>42</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>74</b>	<b>0,14</b>
	15	Sova	24	8		32	0,06
	16	Labod	1	1	1	3	0,01
	17	Golob	3	1		4	0,01
	18	Goska	1			1	0,00
	19	»večja ujeda«	4	1	1	6	0,01
	20	Čaplja	3		1	4	0,01
	21	Mlakarica	3	3		6	0,01
	22	Jerebica	8			8	0,02
	23	Siva vrana		4		4	0,01
	24	Kormoran		1		1	0,00
Skupno število povoženih živali			282	172	61	<b>515</b>	1