

## Povozi na avtocestah in železniških progah: podcenjen vir umrljivosti prostoživečih živali v Sloveniji

### *Wildlife-traffic collisions on highways and railways: an underestimated source of wildlife mortality in Slovenia*

Samar Al Sayegh Petkovšek<sup>1</sup>, Klemen Kotnik<sup>1</sup>, Boštjan Pokorny<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Fakulteta za varstvo okolja, Trg mladosti 7, Velenje

<sup>2</sup> Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, Ljubljana

#### Izvleček

Na prometnicah so trki s prostoživečimi živalmi tveganje za varnost voznikov, povzročajo materialno škodo in prispevajo k umrljivosti prostoživečih živali. Pričujoča raziskava, ki obravnava povoze na slovenskem avtocestnem in železniškem omrežju, je prispevek k boljšemu poznavanju te problematike ter osnova za izvedbo ukrepov za zmanjšanje števila trkov s prostoživečimi živalmi na avtocestah in železniških progah v Sloveniji. V prvi fazi smo za izbor relevantnih podatkov opravili primerjavo med parcialnimi bazami povozov za izbrana tri leta (2016, 2018, 2019) štirih vrst prostoživečih živali (evropske srne (*Capreolus capreolus*), navadnega jelena (*Cervus elaphus*), divjega prašiča (*Sus scrofa*) in rjavega medveda (*Ursus arctos*)), ki jih vodijo upravljavci lovišč (Oslis: Osrednji slovenski lovskoinformacijski sistem) in upravljavci avtocest (DARS: Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji) oz. železniške infrastrukture (SŽ: Slovenske železnice). Ugotovili smo, da je za povoze na avtocestah in hitrih cestah popolnejša baza DARS (v primerjavi z Oslis), za povoze na železniških progah pa baza Oslis (v primerjavi z bazo SŽ). V proučevanih letih je bilo povozov osebkov dvanajstih vrst velikih sesalcev 7,0 % (avtocestno omrežje) oziroma 2,6 % (železniško omrežje) vseh registriranih povozov na prometnicah. Delež povozov evropske srne na železniških progah je bil

nekoliko manjši v primerjavi s pvozom te vrste na avtocestah (2,1 % vs. 3,3 %); nasprotno pa je bil v primerjavi z avtocestami mnogo večji delež umrljivosti na železniškem omrežju pri navadnem jelenu (2 % vs. 23 %), divjem prašiču (5 % vs. 15 %) in rjavem medvedu (10 % vs. 40 %). V nadaljevanju smo za izbrani obdobji (avtocestno omrežje: 2018–2020; železniško omrežje: 2015–2019) določili povprečno letno gostoto povozov velikih sesalcev na avtocestnih in železniških odsekih (št. povozenih osebkov/ km odseka) in tako določili najbolj problematične odseke, kjer je smiselno predlagati omilitvene ukrepe (npr. nadgradnja in posodobitev železniških prog) oz. nadaljevati z njihovo izvedbo (za avtocestno omrežje).

**Ključne besede:** prostoživeči parkljarji, povoz živali, avtocesta, železniško omrežje, Oslis (Osrednji slovenski lovskoinformacijski sistem)

#### Abstract

*Wildlife-traffic collisions pose a risk to road safety, contribute to considerable economic loss, and are an important factor in wildlife mortality. This research, which investigates wildlife-traffic collisions on the Slovenian highway and railway network, contributes to a better understanding of this issue and represents a basis for the implementation of mitigation measures to reduce the number*

### Izvirni znanstveni članek

*of collisions with wildlife on the highways and railways in Slovenia. Firstly, we compared different wildlife-traffic collision databases to select relevant data for further analyses. For a random three-year period (2016, 2018 and 2019), we compared the wildlife traffic database of four selected species (roe deer (*Capreolus capreolus*), red deer (*Cervus elaphus*), wild boar (*Sus scrofa*) and brown bear (*Ursus arctos*)), obtained from the Central Slovenian Hunting Information System (Oslis), with databases managed by DARS (Motorway Company in the Republic of Slovenia) and SŽ (the Slovenian Railways database). We found that the DARS database is more comprehensive for wildlife-traffic collisions on highways and expressways (compared to the Oslis, while the Oslis database is better for railways (compared to the SŽ base). The wildlife mortality of twelve selected species of large mammals represent 2.6% (railways) or 7.0% (highways) of all registered mortality on the roads and railways. Roe deer mortality on the railways is slightly lower compared to the highways (2.1% vs. 3.3%) and relatively large for roe deer (23% vs. 2%), wild boar (15% vs. 5%), and brown bear (40% vs. 10%). A spatial distribution of collisions of large mammals per individual highway or railway section was performed for the 2018–2020 period (highway network) and the 2015–2019 period (railway network) as well. The sections of Slovenian highway and railway with the highest collision rates (no. of wildlife collision per km section) were determined with the aim of proposing mitigating measures (e.g., upgrading and modernising railway lines) or continuing with the implementation of measures (for the highway network).*

**Keywords:** *wild ungulates, wildlife mortality, highway, railway, Oslis (Central Slovenian Hunting Information System)*

## 1 Uvod

Na prometnicah so trki s prostoživečimi živalmi tveganje za varnost voznikov, povzročajo materialno škodo in negativno vplivajo na

populacije prostoživečih živali, vključno s povečano umrljivostjo. Prometnice kot prostorski element in promet povzročajo naslednje negativne vplive na prostoživeče živali: (i) uničujejo primerne habitate in povzročajo njihovo razdrobljenost; (ii) predstavljajo zapreko (bariero), ki otežuje in onemogoča sezonske in dnevne premike živali; (iii) vplivajo na spremembe v sestavi zoocenoze in zmanjšujejo biotsko raznolikost; (iv) slabšajo življenjske razmere zaradi onesnaževanja in hrupa; (v) so pomemben dejavnik tveganja za izumrtje nekaterih redkih in ogroženih vrst in (vi) vplivajo na povečano umrljivost živalskih vrst (Alexander in Waters, 2000; Putman in sod., 2004; Pokorny, 2006; Lagos in sod., 2012; Cserkesz in sod., 2013; Šprem in sod., 2013; Červinka in sod., 2015; Dorsey in sod., 2015; Krofel in sod., 2015; Shilling in Waetjen, 2015; Santos in sod., 2017; Jakubas in sod., 2018; Al Sayegh Petkovšek in sod., 2019, 2020; Hamr in sod., 2021; Pokorny in sod., 2022).

Slovenija sodi med države, kjer se upravljavci državne prometne infrastrukture (DRSI: Direkcija RS za infrastrukturo za državne ceste in železniške proge; DARS za avtoceste) že več let trudijo zmanjšati tveganje za trke z divjadjo, in sicer z izvedbo različnih odvrtačalnih ukrepov predvsem na območju glavnih in regionalnih cest (npr. Pokorny in sod., 2016; Al Sayegh Petkovšek in sod., 2021a). V zadnjih letih je vse več pozornosti namenjene tudi trkom prostoživečih živali na železniških progah, kjer so vplivi na populacije prostoživečih živali podobni kot pri cestnem prometu, vendar pa je treba upoštevati tudi nekatere razlike, kot so: (i) železniški promet je manj intenziven kot cestni; so daljša obdobja, ko prometa sploh ni (npr. ponekod ponoči), vendar sta povzročeni hrup in nastajanje vibracij praviloma mnogo večja kot pri cestnem prometu; (ii) umrljivost zaradi trkov z vlaki (število povoženih oseb) je za večino vrst mnogo manjša kot v cestnem prometu; vendar moramo biti pri vrednotenju tega podatka previdni, saj je cestno omrežje

bistveno daljše in bolj razvejano; (iii) železniški koridorji so ožji v primerjavi s cestnimi, kar vpliva na manjšo izgubo habitatov ob umeščanju/izgradnji novih železniških prog; (iv) onesnaženje, ki ga povzroča železniški promet, je manjše v primerjavi s cestnim, še posebno, ker mnoge vlakovne kompozicije vlečejo električne lokomotive (Iuell in sod., 2003; Barrientos in Borda-de-Agua, 2017, Borda-de-Agua in sod., 2017, Santos in sod., 2017; Potočnik in sod., 2019; Al Sayegh Petkovšek in sod., 2020). Poleg negativnih vplivov na živalstvo pomenijo trki z osebkami večjih vrst, kot so parkljarji in velike zveri, pomembno tveganje za varnost udeležencev v prometu ter veliko ekonomsko izgubo zaradi škode na vozilih, stroškov zdravljenja in zdravstvenega varstva poškodovanih oseb ter izgube mesa divjadi (Groot Bruinderink in Hazebroek, 1996; Bissonette in sod., 2008). Z vidika cestnoprometne varnosti je še posebno problematično zahajanje prostoživečih živali na avtoceste, saj so tam hitrosti vozil večje; varen odstrel živali znotraj ograje ni mogoč in ga zaradi dejstva, da gre za nelovno površino, tudi ni mogoče preprosto izvajati na legalen način; varno odganjanje živali povzroča velike zastoje v prometu; odvoz kadavrov je lahko vprašljiv s sanitarno-higienskega vidika, način odvoza pa vsaj pri nas tudi ni zadovoljivo pravnoformalno urejen (Pokorny in sod., 2020; Al Sayegh Petkovšek in sod., 2021b).

Namen raziskave je bil: (i) narediti primerjavo različnih podatkovnih baz o povozih prostoživečih živali (tj. tistih, ki jih pripravljajo/vodijo upravljavci lovišč (Oslis) in upravljavci avtocest (DARS) oz. železniške infrastrukture (SŽ)); (ii) določiti obseg (v lovskoupravljavskih statistikah sicer podcenjen problem) povozov na avtocestah in na železnicah, in sicer glede na celotne izgube izbranih vrst velikih sesalcev v prometu; (iii) primerjati značilnosti povozov na avtocestnem in železniškem omrežju; (iv) določiti/ugotoviti odseke avtocest in železniških prog z največ povozov, kar bo lahko osnova za vzpostavitev (na območju železniške

infrastrukture) oziroma nadaljevanje izvajanja (na avtocestnem omrežju) omilitvenih ukrepov za zmanjšanje povozov velikih sesalcev.

## 2 Materiali in metode

### 2.1 Avtocestno omrežje in prometna obremenitev

Slovensko avtocestno omrežje (tudi avtocestni križ) obsega pet avtocest (štiri in večpasovne) in pet hitrih cest (tri in dvopasovne) (slika 1). Brez priključkov je avtocest (AC) in hitrih cest (HC) skupaj 616,1 km (avtoceste: 547,2 km; hitre ceste: 68,9 km), vključno s priključki pa 778,2 km (DRSI, 2021). Najdaljša je avtocesta A1 (štajerski in primorski krak oziroma AC), ki poteka od Šentilja do Kopra (245,3 km), sledi ji avtocesta A2 (gorenjski in dolenski krak oziroma AC), ki se začne s predorom Karavanke in konča na Obrežju (175,5 km). Preostale avtoceste so bistveno krajše: pomurska AC (A5) je dolga 79,6 km, podravska AC (A4) 34,6 km in avtocesta A3, ki poteka od primorske AC proti Sežani, le 12,3 km. Med hitrimi cestami je najdaljša cesta H4 med Razdrtim in Vrtojbo (42,1 km). Avtocestno omrežje, vključno s hitrimi cestami, upravlja in vzdržuje DARS.



Slika 1: Avtocestno omrežje, vključno s hitrimi cestami, v Sloveniji; z vijoličasto so označeni odseki v gradnji (vir: DARS, 2021).

Figure 1: Highway network in Slovenia, including expressways; segments under construction are indicated in violet (source: DARS, 2021).

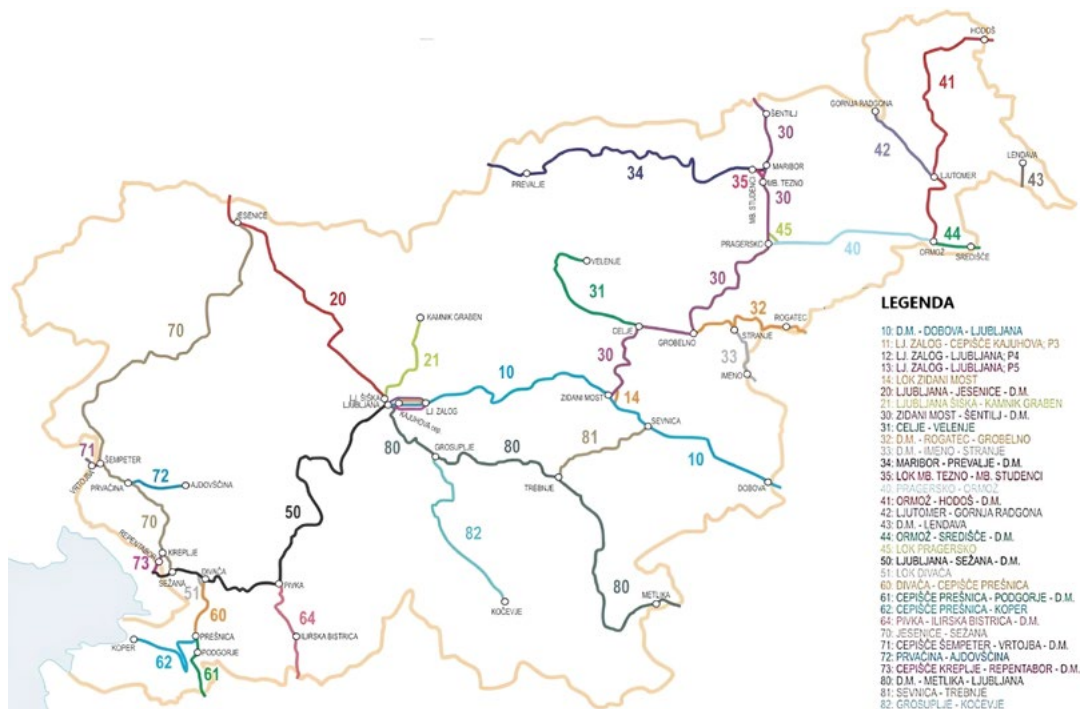
Izvirni znanstveni članek

Največ prometa je na ljubljanskem avtocestnem obroču, in sicer na odseku zahodne ljubljanske obvoznice (A2, Brdo–Kozarje), kjer je bil v letu 2016 povprečni letni dnevni promet (PLDP) 74.438 vozil/dan, v letu 2019 pa že 76.954 vozil/dan. Na posameznih odsekih severne (H3, Savlje–industrijska cona Šiška), južne (A1, Peruzzijska–Barjanska cesta) in vzhodne (A1, Litijska cesta–Malence) ljubljanske obvoznice je PLDP v obdobju 2015–2019 presegal 60.000 vozil/dan. To mejo je presegal oziroma dosegal tudi promet na odsekih Vrhnika–Brezovica, kjer je PLDP v 2019 znašal 67.061 vozil/dan, na odsekih Vrhnika–Logatec in razcep Malence–Šmarje Sap pa okoli 58.700. Analiza prometa na prometno bolj obremenjenih odsekih A1 in A2 kaže, da se je promet vseskozi povečeval, razen leta 2020, ko se je zaradi ukrepov zoper covid-19 zmanjšal za okoli 25 % glede na leto 2019, na dolenski AC pa je bilo zmanjšanje

prometa v smeri proti Obrežju celo 65 % (DRSI, 2021; DARS, 2021; Bil in sod., 2021).

### 2.2 Železniško omrežje in prometna obremenitev

Železniško omrežje v Sloveniji obsega 1.207,7 km železniških prog (slika 2), od katerih je večina enotimnih (874,2 km), elektrificirane so vse glavne. Na progah je 3.355 mostov, viaduktov in prepustov v dolžini 16,98 km ter 94 predorov in galerij v skupni dolžini 37,4 km. Najbolj obremenjena železniška proga v obdobju 2016–2019 je bila Dobova–Ljubljana, in sicer odsek Ljubljana Zalag–Ljubljana Moste, ki ga je vsak dan prevozilo v povprečju od 80 do 102 potniških vlakov. Druga najbolj obremenjena železniška proga s potniškim prometom je Zidani Most–Šentilj z odsekoma Pragersko–Maribor Tezno s 76 vlaki vsak dan in Celje–Grobelno s 72 do 76 vlaki vsak dan.



Slika 2: Slovensko železniško omrežje in poimenovanje prog (vir: <https://www.gov.si teme/zelezniska-infrastruktura/>).

Figure 2: Slovenia's railway network and names of segments (Source: <https://www.gov.si teme/zelezniska-infrastruktura/>).

Povozi na avtocestah in železniških progah: podcenjen vir umrljivosti prostoživečih živali v Sloveniji

Upošteva je tovorni promet sta najbolj prometno obremenjeni železniški progi Ljubljana–Sežana z odseki Postojna–Pivka, Borovnica–Postojna in Pivka–Divjača (okoli 85 vlakov vsak dan) ter Dobova–Ljubljana (okoli 80 vlakov vsak dan) (DRSI, 2020).

### 2.3 Pridobivanje in analiza podatkov o povozih na železniškem in avtocestnem omrežju

Podatke o povozih živali na avtocestnem oziroma železniškem omrežju zbirata upravljavca prometne infrastrukture, DARS in SŽ. Poleg teh baz pa je že vrsto let v sklopu upravljanja in monitoringa populacij divjadi tudi mnogo bolj celosten lovskoinformacijski sistem, ki ga s podatki oskrbujejo upravljavci lovišč; tako je, npr., vsak dan ažurirana podatkovna baza Oslis, kjer so shranjeni/zavedeni podatki o odstrelu in izgubah vseh vrst divjadi (in nekaterih zavarovanih vrst) v Sloveniji. Oslis je informacijski sistem, ki temelji na združevanju podatkovnih zbirk sistema Lisjak, ki ga je razvila in ga vzdržuje Lovska zveza Slovenije, ter zbirke X-Lov, ki jo vzdržuje Zavod za gozdove Slovenije. V skladu z določili Zakona o divjadi in lovstvu (Ur. l. RS, št. 16/04) morajo policija, upravljavci cest in veterinarsko-higienska služba o trku divjadi z vozili in o najdbi ranjene ali poginule divjadi na cestišču (pred njeno odstranitvijo) obvestiti Regijski center za obveščanje, ki o tem obvesti upravljavca lovišča. Le-ta nato registrira povoz v osnovni podatkovni bazi, ki je povezana z bazo Oslis. Zakon pa ne

ureja evidentiranja povozov na železnicah, zato je obveščanje upravljavcev lovišč neobvezno in verjetno pomanjkljivo.

Pred analizo povozov na slovenskih avtocestah in železnicah smo primerjali bazi DARS oziroma SŽ s podatki v sistemu Oslis, da bi ugotovili, katera baza podatkov je najbolj celovita oz. vsebuje največ podatkov. V primerjavo smo vključili štiri ciljne vrste, tj. evropsko srno/srnjad (*Capreolus capreolus*), navadnega jelena/jelenjad (*Cervus elaphus*), divjega prašiča (*Sus scrofa*) in rjavega medveda (*Ursus arctos*). V preglednici 1 prikazujemo primerjavo števila registriranih povozov na železniških tirih med bazama Oslis in SŽ, in sicer za izbrana leta (2016, 2018, 2019). Vključili smo vse podatke iz baze Oslis o povozih na železniški progi ali v njeni neposredni bližini, kot vzrok odvzema pa je bila opredeljena kategorija »povoz na železnicah«. Podatki iz baze SŽ so bili za isto obdobje pridobljeni v sklopu izdelave Strokovnih podlag za izdelavo navodil in tehničnih specifikacij za zagotovitev migracijskih koridorjev živali na območju železniške infrastrukture (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2020). Iz preglednice 1 je razvidno, da je baza Oslis mnogo obsežnejša in bolj reprezentativna, saj je bilo v primerjavi z njo v bazi SŽ zabeleženih le 17–27 % povozov srnjadi, jelenjadi in divjega prašiča ter <50 % povozov rjavega medveda. V nadaljevanju smo zato za analize uporabili osnovne upravljavske podatke iz baze Oslis.

Preglednica 1: Primerjava registriranih povozov (število osebkov) štirih vrst velikih sesalcev na železniških progah v bazi Oslis in v bazi SŽ v izbranih letih (2016, 2018, 2019)

Table 1: A comparison of registered animal-vehicle collisions (in numbers of individual animals) among the four large mammal species on railway lines according to the Oslis database and the Slovenian Railways database in the selected years (2016, 2018, 2019)

	Baza Oslis	Baza SŽ	Delež v bazi SŽ glede na Oslis
Evropska srna	401	86	21,4 %
Navadni jelen	155	41	26,4 %
Divji prašič	91	16	17,6 %
Rjavi medved	19	9	47,4 %

### Izvirni znanstveni članek

Preglednica 2: Primerjava registriranih povozov (število osebkov) štirih vrst velikih sesalcev na avtocestnem omrežju v bazi Oslis in v bazi DARS v letih 2016, 2018 in 2019

Table 2: A comparison of registered animal-vehicle collisions (in numbers of individual animals) among the four large mammal species on the highway network according to the Oslis database and the DARS database in 2016, 2018 and 2019

	Baza Oslis	Baza DARS	Delež v Oslis glede na bazo DARS
Evropska srna	83	488	17,0 %
Divji prašič	14	23	60,9 %
Navadni jelen	4	13	30,8 %
Rjavi medved	3	3	100 %

Zanimala nas je tudi primerjava med bazama Oslis in DARS (preglednica 2); slednje smo pridobili v sklopu projekta Odvratanje divjadi z AC in HC, in sicer po posameznih avtocestnih bazah (ACB), ki vzdržujejo avtocestno omrežje (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2021b). V podatkovni bazi DARS so sicer vključeni tudi podatki o povozih na hitrih cestah, ki jih v nadaljevanju ne obravnavamo posebej, temveč skupaj z avtocestami. Primerjali smo podatke za tri leta (2016, 2018 in 2019). Številčni podatki o povozih rjavega medveda so bili enaki v obeh bazah, podatki o povozih divjega prašiča, srnjadi in jelenjadi pa so bistveno obsežnejši/popolnejši v bazi DARS, kar je razumljivo, saj upravljavci lovišč (lovci) sami ne odstranjujejo kadavrov povozenih živali z avtocestnega telesa. V Oslisu je bilo v proučevanih letih zabeleženih zgolj 60 % povozenih divjih prašičev, 30 % jelenjadi in le 17 % srnjadi (v primerjavi z bazo DARS). Očitno je, da je glede podatkov o povozih velikih sesalcev na avtocestnem omrežju popolnejša baza njegovega upravljavca (baza DARS), ki je zavezan k hitremu in natančnemu obveščanju voznikov o potencialni nevarnosti trkov z divjadjo. Zato smo za nadaljnje analize povozov na avtocestnem omrežju uporabili bazo podatkov DARS.

#### 2.4 Izračun gostote povozov

Za določitev odsekov avtocestnega in železniškega omrežja z največjo zgostitvijo povozov smo izračunali število povozenih osebkov večjih vrst sesalcev (evropska srna, navadni jelen, divji prašič,

sevni gams (*Rupicapra rupicapra*), evropski muflon (*Ovis gmelini musimon*), jelen lopatar ali damjek (*Dama dama*), rjavi medved, volk (*Canis lupus*), evrazijski šakal (*Canis aureus*), navadna lisica (*Vulpes vulpes*), evrazijski jazbec (*Meles meles*), poljski zajec (*Lepus europaeus*)) na kilometer železniške proge oziroma avtocestnega odseka in tako določili gostoto povozov (kp = št. osebkov/km) za posamezne odseke (po Seiller in Olsson, 2017; Gilhooly in sod., 2019). Posebej smo izračunali povoze samo za parkljarje na avtocestnih odsekih (navadni jelen, evropska srna, divji prašič) in na odsekih železniških prog (navadni jelen, evropska srna, divji prašič, sevni gams, evropski muflon) (kpp = št. osebkov parkljarjev /km). Odseke železniških prog, ki so bistveno daljši od avtocestnih odsekov (slika 5), smo smiselno razdelili na pododseke, katerih dolžina je bila od 10 do 26 km, največ pa je bilo dolgih okoli 15 km. Avtocestne odseke, katerih dolžina je bila od 1,9 km do 14,5 km, smo obravnavali kot celoto (slika 3).

### 3 Rezultati in razprava

#### 3.1 Primerjava med povozimi na avtocestnem in železniškem omrežju

Ne glede na vrsto (skupaj dvanajst obravnavanih vrst prostoživečih živali, ki jih v nadaljevanju zaradi lažje berljivosti poimenujemo s skupnim imenom »veliki sesalci«) je bilo v treh proučevanih letih (2016, 2018, 2019) na avtocestah registrirano povozenih

Povozi na avtocestah in železniških progah: podcenjen vir umrljivosti prostoživečih živali v Sloveniji

Izvirni znanstveni članek

1.603 osebkov, od tega 525 prostoživečih parkljarjev (navadni jelen, evropska srna, divji prašič, severni gams). Na letnem nivoju to pomeni v povprečju 175 povoženih prostoživečih parkljarjev, in sicer 163 osebkov srnjadi, štiri osebe jelenjadi in osem divjih prašičev.

Na železniških progah so bili v letih 2016, 2018 in 2019 registrirani povozi 606 osebkov velikih sesalcev, od tega 541 prostoživečih parkljarjev oz. povprečno na leto 180, in sicer 103 osebk srnjadi, 50 osebkov jelenjadi, 23 divjih prašičev, trije

osebki evropskih muflonov in manj kot en osebek gamsa in jelena lopatarja na leto. V skupnem številu povozov vseh dvanajstih vključenih vrst je bilo povozov na železniških progah 2,6 % registriranega povoza na vseh prometnicah in so bili v intervalu od 0,5 % (poljski zajec) do 40 % (rjavi medved). Relativno velik delež (precej večji v primerjavi z avtocestami) v skupnem številu povozov so tudi povozi na železniških tirih navadnega jelena (23 %) in divjega prašiča (15 %); nasprotno je bil na železniških progah zelo majhen delež registriranih povozov srednje

Preglednica 3: Registrirani povozi (število osebkov) dvanajstih vrst velikih sesalcev v letih 2016, 2018 in 2019 na avtocestah, železniških progah in drugih cestah (vir: baza Oslis, 2021; DARS, 2021)

Table 3: Registered animal-vehicle collisions (in numbers of individual animals) among twelve large mammal species on highways, railways and other roads in 2016, 2018, and 2019 (Source: Oslis database, 2021; DARS, 2021)

	Avtoceste*	Železniške proge*	Druge ceste**	SKUPAJ
Evropska srna	488 (3,3 %)**	309 (2,1 %)	13.950 (94,6 %)	14.747
Navadna lisica	645 (17,9 %)	26 (0,7 %)	2.927 (81,4 %)	3.598
Evrasijski jazbec	306 (15,8 %)	14 (0,7 %)	1.622 (83,5 %)	1.942
Poljski zajec	121 (9,6 %)	6 (0,5 %)	1.133 (89,9 %)	1.260
Divji prašič	23 (5,0 %)	69 (15,0 %)	367 (80,0 %)	459
Navadni jelen	13 (2,0 %)	151 (23,0 %)	493 (75,0 %)	657
Evrasijski šakal	3 (7,1 %)	6 (14,3 %)	33 (78,6 %)	42
Jelen lopatar ali damjek	0 (0,0 %)	1 (2,9 %)	33 (97,1 %)	34
Rjavi medved	3 (10,0 %)	12 (40,0 %)	15 (50,0 %)	30
Severni gams	1 (3,3 %)	2 (6,7 %)	27 (90,0 %)	30
Evropski muflon	0 (0,0 %)	9 (50,0 %)	9 (50,0 %)	18
Volk	0 (0,0 %)	1 (10,0 %)	9 (90,0 %)	10
<b>SKUPAJ</b>	<b>1603 (7 %)</b>	<b>606 (2,6 %)</b>	<b>20.618 (90,4 %)</b>	<b>22.827</b>
<b>Povprečen povoz/km/leto****</b>	<b>0,69</b>	<b>0,17</b>	<b>0,18</b>	<b>0,19</b>

\* Povozi na železniških progah so pridobljeni iz baze Oslis, povozi na avtocestah pa iz baze DARS. \*\* Povozi na drugih cestah (glavnih, regionalnih in občinskih cestah) so pridobljeni iz baze Oslis. \*\*\* V oklepaju je naveden delež glede na celotne povoze na prometnicah. \*\*\*\*Prikazujemo povprečne povoze na km avtocest, železnic in drugih cest; upoštevali smo naslednje dolžine: 778,2 km (avtoceste), 1.207,7 km železniške proge) in 39.132 km (druge ceste).

\* Data on animal-vehicle collisions on the railway lines comes from the Oslis database, while data on animal-vehicle collisions on the highways comes from the DARS database. \*\*Data on other roads (arterial, regional and municipal roads) comes from the Oslis database. \*\*\*The share of animal-vehicle collisions on all roads is given in parentheses. \*\*\*\*The average number of animal-vehicle collisions per km of highways, railways and other roads is shown here; it is based on the following distances: 778.2 km (highways), 1207.7 km (railways) and 39,132 km (other roads).

### Izvirni znanstveni članek

velikih zveri, npr. lisice in jazbeca (preglednica 3). V skupnem številu povozov vseh dvanajstih vključenih vrst je bilo povozov na avtocestnem omrežju 7,0 % registriranih povozov na vseh prometnicah in so bili v intervalu od 2 % (navadni jelen) do 18 % (navadna lisica); povozi osebkov jelena lopatarja, evropskega muflona in volka niso bili zabeleženi (preglednica 3). Povprečno je na leto 0,7 registriranega povozna na kilometer avtocestnega omrežja, kar je več kot na železniškem omrežju in drugih cestah, kjer je okoli 0,2 povozov/km/leto (preglednica 3). Povprečni letni povoz na kilometer avtoceste je večji primerjavi z avtocestami in drugimi cestami na Hrvaškem, kjer je bil povprečni letni povoz 0,15 (avtoceste) oz. 0,09 osebka/km/leto (druge ceste) (Šprem in sod., 2013). Pri tem velja upoštevati, da so podatki za Hrvaško za obdobje 2007–2009, da so bili upoštevani tudi povozi ptic (mlakarice, fazani) in kun, ki jih mi nismo uvrstili v analizo, in da so bile podatki pridobljeni od policije in ne upravljavcev avtocest. Nasprotno pa je bilo na madžarskih avtocestah povozov več, in sicer se je število povečevalo do leta 2007, ko so povozi dosegli vrh z 1,4 osebka/km/leto in so se nato nekoliko zmanjšali (Cserkesz in sod., 2013).

### 3.2 Gostota povozov na avtocestah v obdobju 2018–2020

Gostoto povozov v raziskavo vključenih devetih vrst velikih sesalcev (evropska srna, navadni jelen, divji prašič, rjavi medved, volk, evrazijski šakal, navadna lisica, evrazijski jazbec, poljski zajec) na avtocestnih odsekih smo analizirali za obdobje 2018–2020; izračunali smo povprečno letno gostoto povozov za vse vrste skupaj (slika 3) in posebej samo za tri vrste parkljarjev. Izpostavili smo tiste odseke, na katerih je bila gostota povozov (kp) na letnem nivoju vsaj en registriran povoz velikih sesalcev na kilometer odseka; poleg tega smo izpostavili tudi odseke z velikim absolutnim povozom velikih sesalcev (preglednica 4).

Največja povprečna letna gostota povozov vseh, v raziskavo vključenih vrst (3 osebki/km), je bila ugotovljena na odsekih Bertoki–Koper in Kranj vzhod–Brnik (slika 3). Na gorenjskem kraku A2 lahko kot zelo problematičen izpostavimo še odsek Brnik–Vodice (kp = 2,5), na dolenskem kraku pa odsek Ivančna Gorica–Bič (kp = 2,7). Na avtocesti A1 je bila največja povprečna letna gostota povozov na štajerskem kraku registrirana na odseku Draženci–Podlehnik (kp = 2,2); na primorskem kraku avtoceste oz. na hitri cesti pa na odsekih Gabrk–Divača (kp = 2,8) in H5 Škofije–Srmin (kp = 2,4). Vsi naštetih odseki so relativno kratki, njihova dolžina je od 2,5 km do 6,7 km; razen odseka Kranj vzhod–Brnik, kjer v obdobju 2018–2020 ni bilo registriranega povozov parkljarjev, ampak predvsem povozov lisic, so četrtno do tretjino povozov predstavljali parkljarji; na odseku Škofije–Srmin je bil njih delež še večji, tj. 47 %. Na daljših odsekih (11,0–20,0 km), kjer je gostota povozov (kp) zmanjševala njihova dolžina, lahko kot najbolj problematične izpostavimo, upoštevaje tudi povoze parkljarjev, predvsem odsek Grosuplje–Ivančna Gorica (kp = 2,2), kateremu sledita odseka Vrhnika–Brezovica (kp = 1,5) in Postojna–Razdrto (kp = 1,2). Na navedenih odsekih je bilo povozov parkljarjev od 38 % (Grosuplje–Ivančna Gorica) do 63 % (Postojna–Razdrto) (preglednica 4).

Kljub zaščitni ograji, ponekod dodanemu električnemu pastirju vzdolž ograje (na primorski avtocesti med Logatcem in Ravbarkomando) in nameščenimi zvočnimi odvrtači na priključkih v letih 2019 in 2020 je bilo v obdobju 2018–2020 na številnih avtocestnih odsekih v Sloveniji še vedno relativno veliko povozov velikih sesalcev (tudi prostoživečih parkljarjev). Najverjetnejši vzroki za to so lahko: (i) umeščenost problematičnih odsekov v prostor, kjer se prepletata gozdna(ta) in kmetijska krajina; (ii) posamezni avtocestni odseki prečkajo ustaljene selitvene poti velikih sesalcev; (iii) izredno obilen obrod plodonosnih listavcev v letu 2018, ki je vplival na medletno variabilnost v prirastku oz. na precej večje



Izvirni znanstveni članek

gostote parkljarjev v letu 2019; (iv) vedno intenzivnejši tranzitni promet na avtocestah; (v) ponekod neprimerna (prenizka oz. poškodovana) zaščitna ograja, ki omogoča zahajanje živali na avtocestno telo (zbrano v Al Sayegh Petkovšek in sod., 2021b).

Na trke večjih vrst sesalcev na območju prometnic vplivajo številni dejavniki. V preglednem delu

Gunsona in sod. (2011), kjer so analizirali raziskave (24) trkov vretenčarjev na cestnem omrežju, so potrdili, da obstaja soodvisnost med intenzivnostjo prometa in hitrostjo vozil (Bashore in sod, 1985; Seiler, 2005), krajino in cestno infrastrukturo (Hubbard in sod., 2000; Clevenger in sod., 2003; Malo in sod., 2004; Gunson in sod., 2011) ter vrsto in biologijo živali (Orlowski in Nowak, 2006; Grilo in sod., 2009; Gunson in sod., 2011). Na število

Preglednica 4: Seznam avtocestnih odsekov z največ registriranimi pvozmi velikih sesalcev (devet v raziskavo vključenih vrst: vse, kp; samo tri vrste prostoživečih parkljarjev: parkljarji, kpp) v obdobju 2018–2020

Table 4: A list of highway sections with the most registered animal-vehicle collisions involving large mammals (nine species included in the study: all, kp; only three species of free-living ungulates: ungulates, kpp) in the 2018–2020 period

	Št. odseka	Odsek	Dolžina (km)	Povoz (vse)	Povoz (parkljarji)	kp* (N/km/leto)	kpp* (N/km/leto)
1.	0237 + 0737	Bertoki–Koper	2,549	23	6	<b>3,00</b>	0,78
2.	0008 + 0608	Kranj vzhod–Brnik	3,900	35	0	<b>2,99</b>	0,00
3.	0007 + 0607	Kranj zahod–Kranj vzhod	5,691	<b>49</b>	6	<b>2,87</b>	0,35
4.	0059 + 0659	Gabr–Divača	2,878	24	8	<b>2,78</b>	<b>0,93</b>
5.	0009 + 0609	Brnik–Vodice	5,264	40	8	<b>2,53</b>	0,51
6.	0023 + 0623	Ivančna Gorica–Bič	6,889	<b>51</b>	18	<b>2,47</b>	<b>0,87</b>
7.	0093 + 0693	Draženci–Podlehnik	5,905	39	15	<b>2,20</b>	<b>0,85</b>
8.	0388 in 0788	Škofije–Srmin	4,156	30	14	<b>2,41</b>	<b>1,12</b>
9.	0022 + 0622	Grosuplje–Ivančna Gorica	20,00	<b>131</b>	50	<b>2,18</b>	<b>0,83</b>
10.	0042 + 0642	Vransko–Šentrupert	7,899	<b>48</b>	12	<b>2,03</b>	0,50
11.	0060 + 0660	Divača–Kozina	7,151	43	10	<b>2,00</b>	0,47
12.	0021 + 0621	Šmarje Sap–Grosuplje	3,873	23	6	1,97	0,52
13.	0006+ 0606	Podtabor–Kranj zahod	7,324	36	3	1,64	0,14
14.	0154	Razcep Nanos	1,664	8	3	1,60	0,60
15.	0003 + 0603	Lipce–Lesce	7,963	38	4	1,59	0,17
16.	0032 + 0632	Maribor–Pesnica	4,513	21	11	1,55	<b>0,81</b>
17.	0041 + 0641	Arja vas–Šentrupert	9,652	<b>45</b>	7	1,55	0,24
18.	0047 + 0647	Šentjakob–Lj. Zadobrova	2,883	13	5	1,50	0,58
19.	0052 + 0652	Vrhnika–Brezovica	12,424	<b>55</b>	<b>22</b>	1,48	0,59
20.	0043 + 0643	Vransko–Trojane	9,962	42	9	1,41	0,30
21.	0035 + 0635	Fram–Slivnica	1,913	8	3	1,39	0,52
22.	0044 + 0644	Krtina–Blagovica	12,456	<b>52</b>	11	1,41	0,29
23.	0045 + 0645	Krtina–Domžale	3,485	14	1	1,34	0,19
24.	0066 + 0666	Slivnica–Maribor	4,090	15	9	1,22	0,73
25.	0054 + 0654	Logatec–Unec	10,431	38	<b>19</b>	1,21	0,61

### Izvirni znanstveni članek

26.	0056 + 0656	Postojna–Razdrto	11,182	40	<b>25</b>	1,19	0,15
27.	0024 + 0624	Trebnje V–Novo mesto V	13,168	<b>47</b>	10	1,19	0,25
28.	0375 + 0775	Vipava–Ajdovščina	6,757	23	2	1,13	0,29
29.	0005 + 0605	Brezje–Podtabor	5,002	16	1	1,07	0,13
30.	0068 + 0668	Gaberk–Sežana vzhod	7,982	25	7	1,04	0,29
31.	0061 + 00661	Kozina–Črni Kal	11,818	36	12	1,01	0,20

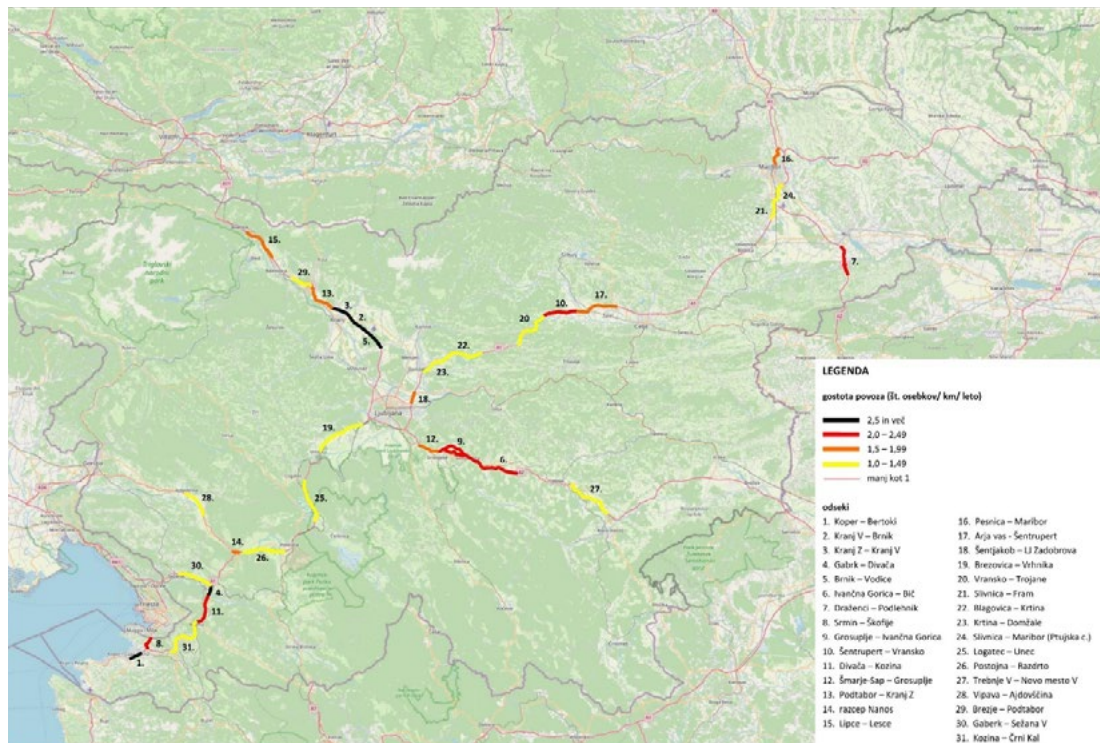
\* kp: Letna gostota povozov velikih sesalcev (št. osebkov/km odseka), tj. vseh devetih vključenih vrst (navadni jelen, evropska srna, divji prašič, rjavi medved, volk, evrazijski šakal, lisica, volk, poljski zajec); \*\* kpp: Letna gostota povozov treh vrst parkljarjev. Krepko smo označili veliko registriranih povozenih osebkov na posameznih odsekih (>45 za vse vrste; >15 za parkljarje) in največje gostote povozov (kp ≥ 2 oz. kpp ≥ 0,8).

\* kp: The annual frequency of animal-vehicle collisions involving large mammals (in numbers of individual animals per kilometre of road section), i.e., all nine species included in the study (red deer, European roe deer, wild boar, brown bear, wolf, Eurasian jackal, fox, wolf and European hare); \*\* kpp: Annual frequency of animal-vehicle collisions involving all three types of ungulates. Large numbers of animals lost to animal-vehicle collisions on various stretches of road (>45 for all species; >15 for ungulates) and the highest frequencies of animal-vehicle collisions (kpp ≥ 2 or kpp ≥ 0.8) have been bolded.

povozov parkljarjev (in še posebno evropske srne) zelo vpliva tudi medletna variabilnost v prirastku evropske srne zaradi različnih vremenskih in prehranskih razmer (Flajšman, 2017; Chirichella in sod., 2018). Številčnost parkljarjev zelo povečuje obilen obrod plodonosnih listavcev (bukev, kostanj, hrast); tovrsten obrod je bilo opaziti v slovenskih gozdovih v letu 2018 (ZGS, 2019). Hkrati so selitve in posledično povozi odvisni tudi od življenjskega ritma živali in letnega časa (npr. paritveno obdobje, sezonske selitve zaradi iskanja ustreznega/nezasedenega življenjskega okoliša) (Pokorny, 2006; Langbein in sod., 2011; Cserkesz in sod., 2013; Pokorny in Flajšman, 2016; Bil in sod., 2019, 2023).

Avtoceste so praviloma ograjene z zaščitnimi ograjami, ki v primeru kakovostne izvedbe preprečujejo dostop živalim na cestišče. Na madžarski avtocestni mreži je bilo največ trkov (60–70 %) registriranih na območju avtocestnih priključkov in prehodov. Slednje so povezovali s prehajanjem živali na cestišče avtoceste na območjih, kjer je bila zaščitna ograja prekinjena (Cserkesz in sod., 2013). Priključki so namreč za živali svojevrstna past, saj jim omogočajo relativno preprost vstop na avtocesto, medtem ko je izhod bistveno težji, še posebno, če zaščitne ograje niso kombinirane z drugimi

omilitvenimi ukrepi (npr. premostitveni objekti, izskočne rampe, enosmerna vrata) (Luell in sod., 2003; Dodd in sod., 2004; Mata in sod., 2008; Jones in sod., 2022). Ustrezne zaščitne ograje in premostitveni objekti lahko zmanjšajo vpliv lokalnih gostot populacij živali na povečano število povozov. Markolt in sod. (2012), ki so raziskovali soodvisnost med gostoto populacij večjih sesalcev (evropska srna, divji prašič, evrazijski jazbec, navadna lisica) in povozi v obdobju od 2002 do 2009 v okolici izbrane avtoceste (madžarska avtocesta M3), niso potrdili soodvisnosti med pogostnostjo povozov in lokalno gostoto populacij. Domnevali so, da v primeru, ko se med obema dejavnikoma pojavi soodvisnost, je le-ta posledica predvsem nefunkcionalne zaščitne ograje in neustreznega vzdrževanja (Markolt in sod., 2012). Na podlagi terenskega ogleda avtocestnih odsekov z zgotovitvijo povozov smo sklepali, da je tudi v primeru slovenskih avtocest pomemben dejavnik, ki vpliva na poveze, ponekod neprimerna (prenizka oz. poškodovana, nepravilno umeščena) zaščitna ograja, ki živalim omogoča vstop na območje avtocest (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2021b).



Slika 3: Prikaz avtocestnih odsekov s povprečno letno gostoto povozov velikih sesalcev (vseh devet vključenih vrst) v obdobju 2018–2020

Figure 3: An overview of highway sections with the average annual frequency of animal-vehicle collisions involving large mammals (all nine species included in the study) in the 2018–2020 period

### 3.3 Gostota povozov na železniških progah v obdobju 2015–2019

Gostoto povozov na železniških odsekih (slika 2) smo analizirali za petletno obdobje (2015–2019) in odseke z več povozmi razdelili na pododseke. Za prikaz zgostitve povozov smo za pododseke izračunali povprečno letno gostoto povozov za vse proučevane vrste velikih sesalcev (preglednica 5).

Na območju slovenske železniške infrastrukture je bilo največ povozenih velikih sesalcev, registriranih na železniški progi od Preserja do Logatca, in sicer na pododsekih in Preserje–Verd in Verd–Logatec ( $kp = 0,7$  osebk/km/leto) (preglednica 5, slika 5). Povozi so bili registrirani vzdolž celotnega pododseka Preserje–Verd (slika 4) oziroma v gozdni krajini med Verd in

Logatcem. Med vsemi registriranimi povozenimi osebki (88) v obdobju 2015–2019 je bilo največ osebkov jelenjadi (49) in nekoliko manj srnjadi (27); registriran je bil tudi povoz štirih rjavih medvedov (Oslis, 2021).

Povečano število povozov v primerjavi z drugimi odseki smo registrirali tudi na pododseku Pragersko–Maribor (preglednica 5, slika 5), kjer je bil  $kp = 0,5$  osebk/km/leto. Na omenjenem odseku je bilo v petletnem obdobju (2015–2019) registriranih 28 povozenih velikih sesalcev. Med njimi je bilo največ srnjadi (23), preostalo so bili divji prašiči (5) (Oslis, 2021).

Praviloma na število trkov živali z vlaki vplivajo predvsem hitrost vlakov, umeščenost železniške proge v prostor in bližina naravnih ovir (npr.

Izvirni znanstveni članek

Preglednica 5: Seznam pododsekov železniških prog z največ registriranimi pvozovi velikih sesalcev (dvanajst v raziskavo vključenih vrst: vse, kp; pet vrst prostoživečih parkljarjev: parkljarji, kpp) v obdobju 2015–2019

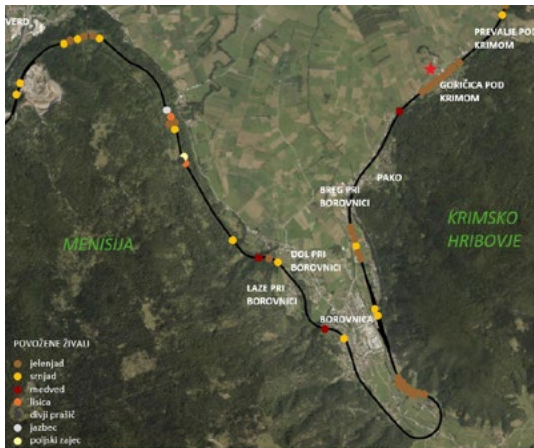
Table 5: A list of railway subsections with the highest number of animal-vehicle collisions involving large mammals (twelve species included in the study: all, kp; five species of free-living ungulates: ungulates, kpp) in the 2015–2019 period

Pododsek	Dolžina	Povoz (vse)	Povoz (parkljarji)	kp* (N/km/leto)	kpp* (N/km/leto)
1. Verd–Logatec	10,0	37	34	<b>0,74</b>	<b>0,68</b>
2. Preserje–Verd	15,0	51	45	<b>0,68</b>	<b>0,59</b>
3. Pragersko–Maribor	11,0	28	28	<b>0,51</b>	<b>0,51</b>
4. Maribor–Ožbalt	26,0	51	51	<b>0,41</b>	<b>0,41</b>
5. Poljčane–Pragersko	16,0	31	31	<b>0,39</b>	<b>0,39</b>
6. Prešnica–Rižana	20,5	34	30	<b>0,33</b>	<b>0,30</b>
7. Rižana–Koper	11,0	18	18	<b>0,33</b>	<b>0,33</b>
8. Podbrdo–Most na Soči	20,0	31	31	<b>0,31</b>	<b>0,31</b>
9. Zidani Most–Zagorje	18,0	27	26	<b>0,30</b>	<b>0,29</b>
10. Logatec–Rakek	15,0	22	19	0,29	0,25
11. Rakek–Postojna	11,0	15	8	0,27	0,15
12. Kranj–Otoče	14,0	19	19	0,27	0,27
13. Kresnice–Ljubljana	24,0	29	29	0,26	0,26
14. Ožbalt–Vuzenica	22,0	25	25	0,25	0,25
15. Ljubljana–Šmarje Sap	14,0	16	16	0,23	0,23
16. Branik–Koprive	11,0	12	12	0,22	0,22
17. Bled–Bohinjska Bistrica	16,0	16	16	0,20	0,20
18. Divača–Sežana	12,5	12	12	0,19	0,19
19. Ormož–Središče	11,6	11	11	0,19	0,19
20. Polzela–Velenje	21,0	16	16	0,15	0,15
21. Ljubljana–Preserje	15,0	11	11	0,15	0,15
22. Vuzenica–Holmec (2)***	34,5	25	25	0,14	0,14
23. Postojna–Prešnica (4)***	54,5	39	34	0,14	0,12
24. Otoče–Žirovnica	15,0	10	10	0,13	0,13
25. Šmarje Sap–Semič (4)***	84,0	56	56	0,13	0,13
26. Most na Soči–Volčja Draga (3)***	39,0	25	25	0,13	0,13
27. Laško–Zidani Most	15,0	10	10	0,13	0,13
28. Zidani Most–Sevnica	17,0	11	11	0,13	0,13
29. Zagorje–Kresnice	24,0	14	14	0,12	0,12
30. Šentilj–Maribor	17,0	9	9	0,11	0,11
31. Rogaška Slatina–Grobelno	21,0	12	12	0,11	0,11
32. Jesenice–Bled	10,0	5	5	0,10	0,10
33. Hodoš–Murska Sobota (2)***	30,0	15	15	0,10	0,10

Izvirni znanstveni članek

\*: kp: Letna gostota povozov večjih vrst prostoživečih sesalcev (navadni jelen, evropska srna, evropski muflon, severni gams, divji prašič, rjavi medved, volk, evrazijski šakal, lisica, navadna lisica, evrazijski jazbec, poljski zajec), izražena kot št. osebkov/km/leto. \*\*: kpp: Letna gostota povozov parkljarjev (navadni jelen, evropska srna, evropski muflon, severni gams, divji prašič), izražena kot št. osebkov/km/leto. \*\*\*: Navedeni pododseki obsegajo več pododsekov (število je navedeno v oklepaju), ki smo jih združili, saj imajo enako gostoto povozov. Krepko smo označili kp in kpp > 0,3 osebkov/km/leto

\*: kp: The annual frequency of animal-vehicle collisions involving large wild mammal species (red deer, European roe deer, European mouflon, northern chamois, wild boar, brown bear, wolf, Eurasian jackal, fox, red fox, European badger and European hare), expressed as individuals/km/year. \*\*: kpp: The annual frequency of animal-vehicle collisions involving ungulates (red deer, European roe deer, European mouflon, northern chamois and wild boar), expressed as individuals/km/year. \*\*\*: The subsections listed here include several subsections (the number is listed in parentheses) that have been combined because they have the same frequency of animal-traffic collisions. The kpp and kpp of > 0.3 individuals/km/year have been bolded.



Slika 4: Odsek železniške proge Preserje–Verd z vidika umeščenosti v prostor in zgostitve povozov (levo) ter območje Goričice pod Krimom (označeno z rdečo zvezdo) (desno).

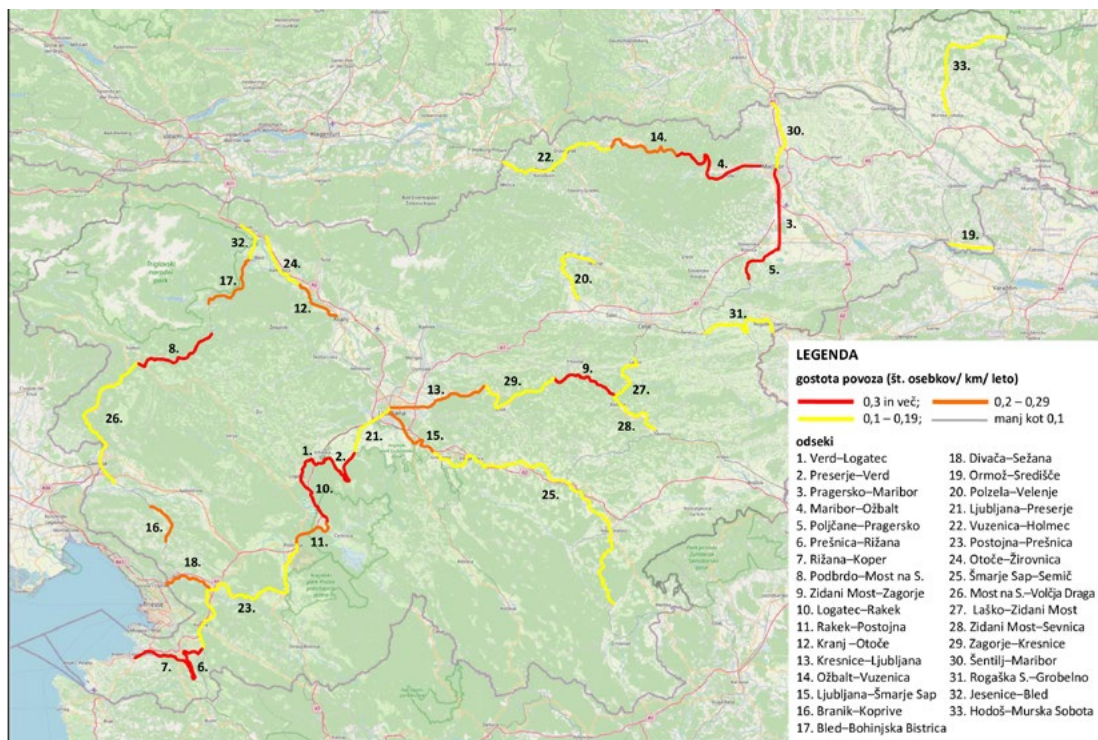
Figure 4: The Preserje-Verd railway section from a spatial planning perspective and the increased frequency of animal-vehicle collisions (left) and Goričica pod Krimom (marked with red star) (right).

vodotoki); v nekoliko manjši meri pa okoliški habitati, reliefne značilnosti in bližina cest. Posebno problematični so nepregledni odseki proge, ki onemogočajo pravočasno zaznavo vlaka (Santos in sod., 2017; Seiler in Olsson, 2017; St. Clair in sod., 2020). Odseke švedskih železniških prog, kjer je bila povprečna letna gostota povozov srnjadi  $\geq 0,33$  osebkov/km, sta Seiler in Olsson (2017) opredelila kot črne točke povozov (angl. »Hot spots«). V Sloveniji je, upoštevaje registrirane povoze med letoma 2015 in 2019, pododsekov s povprečno letno gostoto povozov parkljarjev  $\geq 0,30$  osebkov/km železniške proge devet in skupaj predstavljajo okoli 12 % dolžine železniških prog (147,5 km

(preglednica 5). Za omenjene pododseke je na območju zgostitve povozov smiselno načrtovati in uvesti ustrezne omilitvene ukrepe, da bi zmanjšali število povozov in povečali povezljivost prostora.

Vzroki za relativno veliko povozov na pododsekih Preserje–Logatec in Pragersko–Maribor so najverjetneje: (i) velike populacijske gostote parkljarjev (Stergar in sod., 2009), ki predstavljajo skoraj 90 % vseh povozov; (ii) umeščenost železniške infrastrukture v prostor (razgibano gozdnato območje in stik med odprto (barjansko) krajino in gozdom (Verd–Logatec) oz. mozaična krajina (Maribor–Pragersko); (iii) velike pogostnosti vlakov, ki je bila v letu 2019

Izvirni znanstveni članek



Slika 5: Prikaz pododsekov slovenskih železniških prog s povprečno letno gostoto povozov velikih sesalcev (vseh dvanajst vključenih vrst) v obdobju 2015–2019.

Figure 5: An overview of the Slovenian railways with the average annual frequency of animal-vehicle collisions involving large mammals (all twelve species included in the study) in the 2015–2019.

v povprečju 121 vlakov/dan (35 potniških in 86 tovornih) med Preserjem in Logatcem oziroma 101 vlak/dan (78 potniških in 23 tovornih) med Mariborom in Pragerskim (DRSI, 2020).

K povozom na območju železniške proge med Verdrom in Logatcem oziroma Postojno (slika 5) prispevajo tudi značilnosti prostorskega vedenja nekaterih vrst velikih sesalcev (navadni jelen, evropska srna, divji prašič, rjavi medved) na tamkajšnjem območju, saj železniška proga poteka čez območje, ki povezuje populacije velikih sesalcev iz dinarskega in alpskega prostora (Adamič in sod., 2000; Al Sayegh Petkovšek in sod., 2019; Potočnik in sod., 2019; Recio in sod., 2021). Na železniški progi med Preserjem

in Postojno, ki seka disperzijski koridor rjavega medveda (Potočnik in sod., 2019; Recio in sod., 2021), smo v obravnavanem petletnem obdobju registrirali povoze dvanajstih rjavih medvedov.

#### 4 Zaključki

Na podlagi primerjave baz podatkov (baze Oslis, DARS, SŽ) in analize povozov na slovenskem avtocestnem in železniškem omrežju v letih 2016, 2018 in 2019 ter določitve gostote povozov, ki za namene tega prispevka predstavljajo število povozenih osebkov večjih vrst prostoživečih sesalcev (evropska srna, navadni jelen, severni gams, evropski muflon, jelen lopatar ali damjek, divji prašič, rjavi medved, volk, evrazijski šakal, navadna lisica, evrazijski jazbec, poljski zajec) na kilometer avtocestnega oz. železniškega odseka na leto za izbrani obdobji (avtocestno omrežje: 2018–2020; železniško omrežje: 2015–2019), smo ugotovili:

Povozi na avtocestah in železniških progah: podcenjen vir umrljivosti prostoživečih živali v Sloveniji

*Izvirni znanstveni članek*

- a. za povoze na avtocestah in hitrih cestah je popolnejša baza DARS (v primerjavi z Oslis), za povoze na železniških progah pa baza Oslis (v primerjavi z bazo SŽ). Ugotovitev opozarja, da je treba bazo Oslis, ki je v uporabi kot najpomembnejši informacijski sistem pri načrtovanju in monitoringu upravljanja populacij divjadi, nadgraditi tako, da bi upravljavce/vzdrževalce avtocest aktivno vključili v registracijo povozov v lovsko-informacijski sistem. To bi bilo mogoče zelo preprosto in takoj narediti tako, da bi vzdrževalcem avtocest omogočili uporabo aplikacije Povozi divjadi, ki sta jo znotraj informacijskega sistema Lisjak razvili DRSI in Lovska zveza Slovenije. Z uporabo omenjene aplikacije tudi na avtocestah bi upravljavci lovišč v realnem času neposredno v svoje podatkovne baze dobili podatke o povozenih osebkih, ki bi jih potem zgolj potrdili, kar bi s skoraj nič dodatnega dela zagotovilo večjo celovitost in usklajenost podatkov o povozih prostoživečih živali na avtocestah;
- b. povozov na železniških progah je 2,6 %, povozov na avtocestnem omrežju pa 7,0 % registrirane umrljivosti proučevanih vrst velikih sesalcev na slovenskih prometnicah. Relativen povoz srnjadi na železniškem omrežju je nekoliko manjši v primerjavi s povozom na avtocestah (2,1 % vs. 3,3 % vseh povozov); bistveno več (v primerjavi z avtocestami) pa je povozov jelenjadi (23 % vs. 2 %), divjega prašiča (15 % vs. 5 %) in rjavega medveda (40 % vs. 10 %);
- c. povprečni letni registrirani povozi velikih sesalcev so na avtocestnem omrežju (175 osebkov) primerljivi s povozom v železniškem omrežju (180 osebkov), čeprav je železniško omrežje bistveno daljše (1.200 km vs. 778 km) in ni ograjeno z zaščitnimi ograjami, kot je to značilno za avtoceste. Na avtocestah so bili v primerjavi s povozom na železniških progah registrirani večji povprečni letni povozi smjadi (163 vs. 103 osebki) in bistveno manjši za jelenjad (4 vs. 50), divjega prašiča (8 vs. 23) in medveda (1 vs. 4);
- d. registrirana gostota povozov, upoštevaje vse večje vrste prostoživečih sesalcev, je pomembno večja na avtocestah, k čemur prispeva tudi dejstvo, da je baza DARS (upoštevaje primerjavo z bazo Oslis) pri registraciji povozov srednje velikih vrst (lisica, jazbec, poljski zajec) precej bolj celovita (domnevamo lahko, da je registracija povozov naštetih vrst na železniških progah v bazi Oslis še manj zanesljiva);
- e. največja gostota povozov na avtocestah je bila ugotovljena na odsekih Koper–Bertoki in Kranj vzhod–Brnik (kp = 3,0 osebke/km/leto). V skupini krajših avtocestnih odsekov (2,5–6,9 km) je bila večja gostota povozov še na odsekih: Gabrk–Divjača (kp = 2,8), Brnik–Vodice (kp = 2,5), Ivančna Gorica–Bič (kp = 2,5), Draženci–Podlehnik (kp = 2,4) in Škofije–Srmin (kp = 2,4). Med daljšimi odseki (9,6–20 km) je bila gostota povozov največja na odsekih Grosuplje–Ivančna Gorica (kp = 2,2), Arja vas–Šentrupert (kp = 1,5) in Vrhnika–Brezovica (kp = 1,5). Po absolutnem številu trkov z velikimi sesalci izstopa odsek Grosuplje–Ivančna Gorica v dolžini 20 km, kjer so bili v obdobju 2018–2020 registrirani povozi 131 osebkov, od tega 50 parkljarjev (srnjad, jelenjad, divji prašič). Med železniškimi odseki glede na gostoto povozov izstopajo odseki Verd–Logatec (kp = 0,7), Preserje–Verd (kp = 0,7) in Pragersko–Maribor (kp = 0,5);
- f. za navedene problematične odseke na slovenskem avtocestnem in železniškem omrežju, kjer je bila ugotovljena večja gostota povozov, je smiselno izvajati že preizkušene omilitvene ukrepe, kot je uporaba odvračal in predvsem povečanje povezljivosti oz. varnega prehajanja živali prek infrastrukture z izgradnjo novih (npr.

### Izvirni znanstveni članek

ob gradnji novih avtocest in železniških prog; na avtocestnem odseku Vrhnika–Postojna) ter rekonstrukcijo/prilagoditvijo obstoječih premostitvenih objektov.

## 5 Summary

*Wildlife-traffic collisions pose a risk to road safety, contribute to considerable economic loss, and are an important factor in wildlife mortality. This research, which investigates wildlife-traffic collisions on the Slovenian highway and railway network for the first time, contributes to a better understanding of this issue and represents a basis for the implementation of mitigation measures to reduce the number of collisions with wildlife on the highways and railways in Slovenia.*

*The comparison of databases (Central Slovenian Hunting Information System (Oslis), the Motorway Company of the Republic Slovenia database (DARS), and the Slovenian Railways database (SŽ)), the analysis of road traffic on the Slovenian highway and railway network in 2016, 2018 and 2019, and determining the collision rates (the number of individual large wild mammals (roe deer (*Capreolus capreolus*), red deer (*Cervus elaphus*), northern chamois (*Rupicapra rupicapra*), European mouflon (*Ovis gmelina musimon*), wild boar (*Sus scrofa*), brown bear (*Ursus arctos*), wolf (*Canis lupus*), golden jackal (*Canis aureus*), red fox (*Vulpes vulpes*), Eurasian badger (*Meles meles*), and European hare (*Lepus europaeus*)) per km of highway/railway section per year for the selected periods (motorway network: 2018–2020; railway network: 2015–2019), were performed.*

*The DARS database is more comprehensive for wildlife-traffic collisions on the highways and expressways (compared to the Oslis), while the Oslis database is better for railways (compared to the SŽ base). The finding points out that the Oslis database, which is used as the most important information system in planning and monitoring the management of game populations, needs to be upgraded in*

*such a way that the managers of the highways are actively involved in the registration of the hunting information system (Oslis). It would be possible to do this very easily and quickly by allowing managers of the highways to use the “Wildlife-traffic collisions” application, which was developed by the Directorate of Infrastructure of the Republic of Slovenia (DRSI) and the Hunting Association of Slovenia (LZS) within the Lisjak information system. By using this application on highways as well, managers of hunting grounds would get data about run-over animals directly into their databases in real-time, which would then only be verified. That would ensure the greater integrity and consistency of data about wildlife-traffic collisions on highways with almost no additional work.*

*Wildlife mortality represents 2.6% (railways) or 7.1% (highways) of all registered road mortality, including railways. Roe deer mortality on railways is slightly lower compared to the highways (2.1% vs. 3.3%) and relatively large for roe deer (23.2% vs. 2.0%), wild boar (15.5% vs. 5.2%) and brown bear (40% vs. 10%).*

*The registered annual mortality of large mammals on highways (175 specimens) is comparable with the mortality on the railways (180 specimens), although the railway network is larger (1,200 km vs. 778 km) and without fencing as is typical for highways. On the highways, a higher average annual wildlife mortality was registered for roe deer (163 vs. 103) and significantly lower for red deer (4 vs. 50), wild boar (8 vs. 23) and brown bear (1 vs. 4) compared to the railways.*

*Collision rates, for all large species of wild mammals, are significantly higher on the highways, which is also contributed to by the fact that the DARS database (taking into consideration the comparison with the Oslis database) is much more comprehensive in the registration of medium-sized species (red fox, Eurasian badger and European hare); we can assume that the registration of wildlife mortality on railways in the Oslis database is even less reliable.*



*The highest collision rates (kp) on the highways were found in the sections Koper - Bertoki and Kranj East - Brnik (kp = 3.0 individuals/km/year). In the group of shorter highway sections (2.5 - 6.9 km), the following sections had a higher collision rate: Gabrk - Divača (kp = 2.8), Brnik - Vodice (kp = 2.5), Ivančna Gorica - Bič (kp = 2.5), Draženci - Podlehnik (kp = 2.4) and Škofije - Srmin (kp = 2.4). Among the longer sections (9.6 - 20 km), the collision rate was the highest in the sections Grosuplje - Ivančna Gorica (kp = 2.2), Arja vas - Šentrupert (kp = 1.5) and Vrhnika - Brezovica (kp = 1.5). In terms of the absolute number of collisions with large mammals, the section Grosuplje - Ivančna Gorica stands out, with a length of 20 km, where 131 individuals were registered in the 2018-2020 period, of which 50 were ungulates (roe deer, red deer and wild boar). The railway sections with the highest collision rates were Verd - Logatec (kp = 0.7), Preserje - Verd (kp = 0.7) and Pragersko - Maribor (kp = 0.5).*

*For the mentioned problematic sections on the Slovenian highway and railway network, where a higher wildlife-traffic collision rate was found, it makes sense to implement already tested mitigating measures, such as the use of deterrents and, above all, increasing the connectivity or safe passage of animals through the infrastructure by building new routes (e.g. during the construction of new highways and railway lines; on the highway section Vrhnika - Postojna) and the reconstruction/adaptation of existing bridging facilities.*

## 6 Zahvala

Podatke o povozih na avtocestnem omrežju smo pridobili v sklopu projektne naloge Odvrčanje divjadi z AC in HC, ki jo je finančno omogočila DARS; podatke o povozih na železniškem omrežju pa v sklopu projektne naloge Strokovne podlage za izdelavo navodil in tehničnih specifikacij za zagotovitev migracijskih koridorjev živali na območju železniške infrastrukture,

ki jo je financirala DRSI. Oba financerja sta pokazala hvalevredno zanimanje za reševanje problematike trkov vozil s prostoživečimi živalmi na avtocestnem in železniškem omrežju in se jim na tem mestu zahvaljujemo.

## 7 Viri

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, Univerza v Ljubljani, Biotehniška, fakulteta: 60 str.

Al Sayegh Petkovšek, S., Kotnik, K., Pokorny, B. 2019. Strokovne podlage za zagotovitev ustreznih migracijskih koridorjev velikih zveri in drugih vrst velikih sesalcev na AC odseku Vrhnika - Postojna. Velenje: Visoka šola za varstvo okolja: 83 str.

Al Sayegh Petkovšek, S., Kotnik, K., Pokorny, B. 2020. Strokovne podlage za izdelavo navodil in tehničnih specifikacij za zagotovitev migracijskih koridorjev živali na območju železniške infrastrukture. Velenje: Visoka šola za varstvo okolja: 210 str.

Al Sayegh Petkovšek, S., Kotnik, K., Pokorny, B. 2021b. Odvrčanje divjadi iz AC in HC: Zaključno poročilo. Velenje: Visoka šola za varstvo okolja.

Al Sayegh Petkovšek, S., Kunej, U., Alagić, A., Flajšman, K., Levanič, T., Pokorny, B. 2021a. Namestitve zvočnih in svetlobnih (modrih) odvrčal za divjad na odsekih državnih cest v letih 2018-2020: zaključno poročilo monitoringa. Velenje, Visoka šola za varstvo okolja, Ljubljana Gozdarski inštitut Slovenije: 110 str.

Alexander, S. M., Waters, N. M. 2000. The effects of highway transportation corridors on wildlife: a case study of Banff National Park. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 8: 307-320.

Barrientos, R., Borda-de-Agna, L. 2017. Railways as Barriers for Wildlife: Current Knowledge. In: Borda-de-Água, L., Barrientos, R., Beja, P., Pereira, H. M. (eds). Railway ecology. Switzerland, Springer International Publishing AG: 43-64.

Bashore, T. L., Tzilkowski, W. M., Bellis, E. D. 1985. Analysis of deer-vehicle collision sites in Pennsylvania. Journal of Environmental Management, 49: 769-774.

*Izvirni znanstveni članek*

- Bil, M., Andrášik, R., Čícha, V., Arnon, A., Kruuse, M., Langbein, J., Náhlik, A., Niemig, M., Pokorny, B., Colino-Rabanal, V. J., Rolandsen, C. M., Seiler, A. 2021. COVID-19 related travel restrictions prevented numerous wildlife deaths on roads: a comparative analysis of results from 11 countries. *Biological Conservation*, 256: a109076, 6 str.
- Bil, M., Andrášik, R., Dula, M., Sedoník, M. 2019. On reliable identification of factors influencing wildlife-vehicle collisions along roads. *Journal of Environmental Management*, 237: 297–304.
- Bil, M., Andrášik, R., Kušta, T., Bartonička, T. 2023. Ungulate-vehicle crashes peak a month earlier than 38 years ago due to global warming. *Climatic Change*, 176: 84.
- Bissonette, J. A., Kassar, C., Cook, L. J. 2008. An assessment of costs associated with deer-vehicle collisions: human death and injury, vehicle damage, and deer loss. *Human–Wildlife Conflicts* 2:17–27.
- Borda-de-Agua, L., Barrientos, R., Beja, P., Pereira, M. 2017. Railway Ecology. In: Borda-de-Agua, L., Barrientos, R., Beja, P., Pereira, H. M. (eds). *Railway ecology. Switzerland*, Springer International Publishing AG: 3–10.
- Chirichella, R., Pokorny, B., Bottero, E., Flajšman, K., Mattioli, L., Apollonio, M. 2018. Factors affecting implantation failure in roe deer. *Journal of Wildlife Management*: DOI: 10.1002/jwmg.21623
- Clevenger, A. P., Chruszcz, B., Gunson, K. E. 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna vehicle-kill aggregations. *Biological Conservation*, 109: 15–26.
- Cserkesz, T., Ottlecz, B., Cserkesz-Nagy, A., Farkas, J. 2013. Interchange as the main factor determining wildlife–vehicle collision hotspots on the fenced highways: spatial analysis and applications. *European Journal of Wildlife Research*, 59 (4): 587–597.
- Červinka, J., Riegert, J., Grill, S., Šalek, M. 2015. Large-scale evaluation carnivore road mortality: the effect of landscape and local scare characteristics. *Mammal Research*, 60: 233–243.
- Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo (DRSI), Sektor za železnice. 2020. Povprečno število potniških in tovornih vlakov na dan za obdobje 2016–2019.
- Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo (DRSI). 2021. Cestna infrastruktura. <https://www.gov.si teme/cestna-infrastruktura/>, 30. 8. 2021.
- Dodd, C. K., Barichivich, W. J., Smith, L. L. 2004. Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. *Biological Conservation*, 118: 619–631.
- Dorsey, B., Olsson, M., Rew, L. J. 2015. Ecological effects of railways on wildlife. In R. Van der Ree, D. J. Smith, C. Grilo (Eds.), *Handbook of road ecology*. West Sussex, Wiley: 219–227.
- Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji (DRSI). 2021. PLDP po avtocestnih odsekih v obdobju 2018-2021.
- Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji (DRSI). 2021. Analiza prometnih obremenitev. [https://www.dars.si/Prometne\\_obremenitve/Analiza\\_prometnih\\_obremenitev](https://www.dars.si/Prometne_obremenitve/Analiza_prometnih_obremenitev), 30. 8. 2021.
- Flajšman, K. 2017. Vpliv individualnih, populacijskih in okoljskih dejavnikov na izbrane parametre razmnoževalnega uspeha samic evropske srne (*Capreolus capreolus* L.). Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.
- Gilhooly, P. S., Nielsen, S. E., Whittington, J., St. Clair, C. C. 2019. Wildlife mortality on roads and railways following highway mitigation. *Ecosphere*, 10 (2): 1–15.
- Grilo, C., Bissonette, J. A., Santos-Reis, M. 2009. Spatial-temporal patterns in Mediterranean carnivore casualties: consequences for mitigation. *Biological Conservation*, 142: 301–313.
- Groot Bruinderink, G. W., Hazebroek, E. 1996. Ungulate traffic collisions in Europe. *Conservation Biology*, 10: 1059–1067.
- Gunson, K.E., Mountrakis, G., Quackenbush, L. 2011. Spatial wildlife–vehicle collision models: a review of current work, and their application to transportation mitigation projects. *Journal of Environmental Management* 92 (4):1074–1082.
- Hamr, J., Lieske, D. J., Martin, M., Nickel, C. B., Popp, J. N. 2021. The efficacy of highway wildlife collisions mitigation in preventing elk mortality in central Ontario. *The Journal of Wildlife Management*. DOI: 10.1002/jwmg.22184.
- Hubbard, M. W., Danielson, B. J., Schmitz, R. A. 2000. Factors influencing the location of deer–vehicle accidents in Iowa. *Journal of Environmental Management*, 64:707–713.

*Izvirni znanstveni članek*

Iuel, B., Bekke, G. J., Cuperu, R., Dufe, J., Fr, G., Hick, C., Hlavá, V., Kelle, V., B., Rosel, C., Sangwin, T., Tørsløv, N., Wandall, B., le Maire, B. (Eds.) 2003. *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure. COST 341.*

Jakubas, D. R. Y., Lazarus, M. 2018. Factor affecting wildlife-vehicle collisions on the expressway in a suburban area in northern Poland. *North-Western Journal of Zoology*, 14 (1): 107–116.

Jones, P. F., Jakes, A. F., Vegter, S. E., Verhage, M. S. 2022. Is it the road or the fence? Influence of linear anthropogenic features on the movement and distribution of a partially migratory ungulate. *Movement Ecology* 10, 37, <https://doi.org/10.1186/s40462-022-00336-3>.

Krofel, M., Al Sayegh Petkovšek, S., Huber, Đ., Jonozovič, M., Ličina, T., Pokorny, B., Pavšek Z., Rejič, S., Stergar, M., Klemen J. 2015. Povozi medvedov na cestah in železnicah; analiza umrljivosti in akcijski načrt za preprečevanje povozov. *Lovec*, XCVIII, št. 12/2015.

Lagos, L., Picos, J., Valero, E. 2012. Temporal pattern of wild ungulate-related traffic accidents in northwest Spain. *European Journal of Wildlife Research*, 58(4): 661–668.

Langbein, J., Putman, R., Pokorny, B. 2011. Traffic collisions involving deer and other ungulates in Europe and available measures for mitigation. In: Putman R, Apollonio M, Andersen R (eds). *Ungulate management in Europe: problems and practices*. Cambridge University Press, pp. 215–259.

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

Markolt, F., Szemezhy, L., Lehoczki, R., Heltai, M. 2012. Spatial and temporal evaluation of wildlife-vehicle collisions along the M3 Highway in Hungary. *North-Western Journal of Zoology*, 8 (2): 414–425.

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

Mattson, D. J. 2019. Effects of Trains and Railways on Grizzly Bears. The Grizzly Bear Recovery Project. Report BGRP-2019-1.

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

Osrednji Slovenski Lovsko Informacijski Sistem (Oslis). 2021.

Pokorny, B. 2006. Roe deer-vehicle collisions in Slovenia: situation, mitigation strategy and countermeasures. *Veterinarski Arhiv*, 76: S177–187.

Pokorny, B., Cerri, J., Bužan, E. 2022. Wildlife roadkill and COVID-19: A biologically significant, but heterogeneous, reduction. *Journal of Applied Ecology*, 59: 1291–1301.

Pokorny, B., Flajšman, K. 2016. Značilnosti povoza parkljaste divjadi: divjji prašič. *Lovec*, 99: 470–476.

Pokorny, B., Flajšman, K., Alagič, A., Levanič, T., Potočnik, H., Črtalič, J., Kljun, F., Zagorac, M., Laharnar, R., Kos, I., Bužan, E., Gerič U., Potušek, S., Urzi, F., Šorgo A., Al Sayegh Petkovšek, S. 2020. Divjad v naseljih, na cestah in drugih nelovnih površinah: težave, izzivi in rešitve (končno poročilo CRP projekta). Ljubljana – Velenje – Koper – Maribor, Gozdarski inštitut Slovenije – Visoka šola za varstvo okolja – Univerza v Ljubljani – Univerza na Primorskem – Univerza v Mariboru: 207 str.

Potočnik, H., Al Sayegh Petkovšek, S., De Angelis, D., Huber, Đ., Jerina, K., Kusak, J., Mavec, M., Pokorny, B., Reljič, S., Rodriguez Recio, M., Skrbinšek, T., Vívoda, B., Jelenko Turinek, I. 2019. Priročnik za vključevanje povezljivosti in primernosti prostora za medveda v prostorsko načrtovanje. *Life Dinalp Bear, Ljubljana*, 66 str.

Putman, R. J., Langbein, J., Staines, B. W. 2004. Deer and Road Traffic Accidents; A Review of Mitigation Measures: Costs and Cost-Effectiveness. Report to the Deer Commission for Scotland. No. contract RP 23A.

Recio, M. R., Knauer, F., Molinari-Jobin, A., Huber, Đ., Filacorda, S., Jerina, K. 2021. Context-dependent behaviour and connectivity of recolonizing brown bear populations identify transboundary conservation challenges in Central Europe. *Animal Conservation*, 24: 73–83, <https://doi.org/10.1111/acv.12624>.

Santos, S. M., Carvalho, F., Mira, A. 2017. Current Knowledge on Wildlife Mortality in Railways. In: Borda-de-Água, L., Barrientos, R., Beja, P., Pereira, H. M. (eds). *Railway ecology. Switzerland, Springer International Publishing AG*: 11–22.

*Izvirni znanstveni članek*

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

Seiler, A., Olsson, M. 2017. Wildlife Deterrent Methods for Railways—An Experimental Study. In: Borda-de-Água, L., Barrientos, R., Beja, P., Pereira, H. M. (eds). *Railway ecology*. Switzerland, Springer International Publishing AG: 277–291.

Shilling, F. M., Waetjen, D. P. 2015. Wildlife-vehicle collision hotspots at US highway extents: scale and data source effects. V: Seiler, A., Hedin, J. O. (Edit.) *Proceedings of IENE 2014 International Conference on Ecology and Transportation*, Malmö, Sweden, Nature Conservation, 11: 41–60.

St. Clair, C. C., Whittington, J., Forshner, A., Gangadharan, A., Laskin, D. N. 2020. Railway mortality for several mammal species increases with train speed, proximity to water, and track curvature. *Scientific Reports*, 10 (1): 20476.

Stergar, M., Jonozovič, M., Jerina, K. 2009. Območja razširjenosti in relativne gostote avtohtonih vrst parkljarjev v Sloveniji. *Gozdarski vestnik letnik*, 67, 9: 367–380.

Šprem, N., Duduković, D., Keros, T., Konjević, D. 2013. Wildlife-Vehicle Collisions in Croatia – A Harard for Humans and Animals. *Coll. Antropol*, 37 (2): 531-535.

Zakon o divjadi in lovstvu. 2004. Ur. l. RS, št. 16/04 in 17/08.

Zavod za gozdove Slovenije. 2019. Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2018.