

Genetska struktura in njen vpliv na telesne mase in razmnoževalni potencial mladic srnjadi v Sloveniji

Genetic structure and its influence on body mass and reproductive ability of European roe deer female yearlings in Slovenia

Urška Gerič¹, Boštjan Pokorny^{2,3}, Jacopo Cerri¹, Elena Bužan^{1,2}

¹ Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije,

Oddelek za biodiverzitetu, Glagoljaška 8, 6000 Koper

² Fakulteta za varstvo okolja, Trg mladosti 7, 3320 Velenje

³ Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

Izvleček

Evropska srna/srnjad (*Capreolus capreolus*) se v vseevropski razširjenosti srečuje z veliko raznolikostjo okoljskih razmer, zato znake njenih življenjskih strategij in fitnesa oblikuje več dejavnikov. V pričujoči raziskavi smo ugotavljali vpliv genetskih dejavnikov na populacijsko strukturo srnjadi v Sloveniji ter na dva pomembna parametra fitnesa (telesne mase in razmnoževalni potencial). Z uporabo 14 mikrosatelitnih lokusov v 214 vzorcih samic (enoletnih in odraslih srn) z območja celotne Slovenije smo najprej opredelili genetsko populacijsko strukturo, upoštevajoč lokacijo odvzema glede na lovskoupravljavsko območje (LUO). Razlike v genetski strukturi smo razložili s populacijsko zgodovino, povezano z različnimi pristopi k upravljanju populacij, in/ali različno povezanostjo med subpopulacijami. Jasno ločene so tri genetske grupe, prisotne v: (i) osrednji Sloveniji, (ii) submediteranskem in kraškem območju in (iii) subpanonskem delu Slovenije oz. na severovzhodu države. V vzorcu 172 enoletnih srn (mladic) smo analizirali povezavo med genetskimi značilnostmi in telesno maso ter razmnoževalno sposobnostjo (tj. plodnost oz. število rumenih telesc). V vzorcu 172 enoletnih srn (mladic) smo analizirali povezavo med

genetskimi značilnostmi na telesno maso in razmnoževalno sposobnost (tj. plodnost oz. število rumenih telesc). Dokazali smo vpliv genetske komponente na telesno maso, medtem ko njenega značilnega neposrednega vpliva na število rumenih telesc nismo zaznali. Z vključitvijo prostorske (zemljepisna širina) kovariate smo dokazali, da na telesne mase in razmnoževalno sposobnost srn (mladic) vpliva več dejavnikov, nad genetskimi pa imajo prevladujoč vpliv okoljski oz. razpoložljivost prehranskih virov.

Ključne besede: evropska srna, mikrosateliti, populacijska genetska struktura, telesna masa, heterozigotnost, lovskoupravljavska območja, razmnoževalni potencial

Abstract

*Across its pan-European distribution, the European roe deer (*Capreolus capreolus*) faces a wide diversity of environmental conditions; therefore, several factors shape their life-history traits and parameters of fitness. In this study, we determined the influence of genetic factors on the population structure of deer in Slovenia and on two important fitness parameters (body mass and reproductive*

potential). Using 14 microsatellite loci in 214 samples of females (one year olds and adults) throughout Slovenia, we first defined the genetic population structure, taking into account the location of sampling according to the hunting management area (LUO). Differences in genetic structure were explained by population history associated with different approaches to population management and/or different linkages between subpopulations. There are three distinct genetic clusters, present in: (i) Central Slovenia, (ii) the sub-Mediterranean and Karst areas and (iii) the Subpannonian Region or in the northeast of the country. We analyzed the influence of genetic characteristics on body mass and reproductive ability (i.e. fertility or a number of corpora lutea) in a sample of 172 one-year-old roe deer (yearlings). We demonstrated the influence of the genetic component on body mass, while its distinctive direct effect on the number of corpora lutea has not been detected. By including the spatial (latitude) covariate, we proved that the body mass and reproductive ability of roe deer (yearlings) are influenced by several factors, and over the genetic ones, the prevailing influence is environmental including the availability of food resources.

Keywords: European roe deer, microsatellites, population genetic structure, heterozygosity, hunting management areas, body mass, reproductive potential

1 Uvod

Evropska srna/srnjad (*Capreolus capreolus* L.) je v Sloveniji splošno razširjena vrsta, ki razen predelov nad gozdno mejo in urbanih območij živi povsod po državi. Do sredine 19. stoletja je bila na slovenskem ozemlju maloštevilna in je naseljevala pretežno listnate gozdove v osrednjem delu Slovenije; zunaj tega območja je bila redkeje prisotna, z

nekaj večjimi jedri na jugu in severovzhodu držav (Kryštufek, 1991). Na začetku 20. stoletja in po drugi svetovni vojni se je zaradi obsežnejšega izsekovanja gozdov in posledično povečevanja dolžine gozdnega roba v osrednjem delu države spremenil življenjski prostor, kar je omogočilo večanje številčnosti in prostorsko širjenje srnjadi, npr. proti jugu v submediteransko in kraško območje, v hribovite predele na severu ter na kmetijska območja subpanonske regije (Kryštufek, 1991; Simonič, 1976). Vrsta je sredi 90-ih let prejšnjega stoletja naseljevala praktično celotno državo (Pokorny, 2009; Stergar in sod., 2012), kljub ponekod lokalnim zmanjšanjem številčnosti pa dandanes ocenjena številčnost presega 200.000 osebkov (Jerina in sod., 2010). Gradient ocenjenih populacijskih gostot srnjadi v Sloveniji je prikazan na Sliki 1.

Po izrazitem večanju številčnosti in prostorske razširjenosti srnjadi v drugi polovici prejšnjega stoletja (Krže, 2000) je v zadnjih letih v nekaterih območjih Slovenije po pričevanju upravljavcev populacij opaziti znatno zmanjšanje številčnosti, kar je lahko posledica antropogenih vplivov (npr. degradacija habitatov, urbanizacija, spodbujanje paše, različne motnje), zaraščanja krajine in vedno večjega vpliva plenilcev. Našteti dejavniki vplivajo na dinamiko, velikost in strukturo populacij srnjadi. Čeprav se okoljski in antropogeni vplivi lahko zelo hitro spreminjajo, je njihov vpliv na genetsko raznolikost lahko dolgoročen.

Prva obširnejša genetska analiza populacijske strukture srnjadi v slovenskem prostoru je bila narejena leta 2020, ko smo pri nas odkrili tri večje genetske gruče (Bužan in sod., 2020). Le-te sovpadajo z zgodovino širjenja vrste, saj opazimo največjo in najbolj mešano gručo v centralnem delu države; na Primorskem in na vzhodu države sta drugi dve gruči. V prejšnjih letih smo slovenski raziskovalci določili tudi vpliv telesnih mas in starosti na razmnoževalni

Izvirni znanstveni članek

potencial srn (Flajšman in sod., 2017) oz. vpliv okoljskih dejavnikov (Flajšman, 2017). Dokazano je bilo, da je telesna masa ključnega pomena za razmnoževalni uspeh samic v Sloveniji in tudi v širšem evropskem prostoru, saj vpliva tako na verjetnost ovulacije oz. vstopa v razmnoževanje kot tudi na potencialno velikost legla (Flajšman in sod., 2013, 2017, 2018). Metaanaliza objavljenih evropskih študij o razmnoževanju srnjadi je pokazala, da se telesna masa srn in tudi število rumenih telesc (*corpora lutea*; kazalnik ovulacije v tekočem letu) povečujeta z zemljepisno širino (Flajšman in sod., 2018). Na isti zemljepisni širini so razlike v povprečni telesni masi populacij predvsem posledica odprtosti krajine, ki vpliva na dostopnost energetske bogatejših virov hrane, npr. na travnikih in njivah (Coulon in sod., 2004). V Sloveniji imajo samice srnjadi, ki naseljujejo odprta kmetijska območja subpanonske regije, v povprečju znatno večjo telesno maso in večji razmnoževalni potencial v primerjavi s snami iz drugih, bolj gozdnatih območij, medtem ko je srnjad iz submediteranskih območij najlažja in ima najmanjše število mladičev na posamezno samico (Flajšman, 2017).

V nasprotju z mnogimi študijami, v katerih so proučevali vpliv okoljskih dejavnikov, starosti in fenotipskih značilnosti osebkov na glavne parametre vitalnosti, tj. fitnesa srnjadi, kot sta telesna masa in sposobnost razmnoževanja (zbrano v Andersen in sod., 1998; Flajšman in sod., 2013), so doslej le redko proučevali vpliv genetske spremenljivosti, npr. heterozigotnosti, na te parametre (Hewison, 1997; Kurt in sod., 1993; Quéméré in sod., 2018). Zato smo v pričujoči raziskavi poleg populacijske genetske strukture srnjadi na območju celotne Slovenije skušali določiti tudi vpliv genetskih dejavnikov (multilokusne heterozigotnosti in koeficienta pripadnosti določeni genetski gruči) na telesno maso in potencialno velikost legla (število rumenih telesc) mladice, tj. tiste starostne skupine samic,

za katero je bila v preteklosti potrjena največja spremenljivost obeh proučevanih parametrov (Flajšman, 2017; Flajšman in sod., 2017).

Testirali smo naslednji hipotezi: (i) genetska struktura populacij evropske srne v Sloveniji je določena s krajinskimi značilnostmi in dobro sovпада z lovskoupravljavskimi območji; (ii) obstaja statistično značilna povezava med genetskim ozadjem in (standardizirano) telesno maso ter razmnoževalnim potencialom mladice.

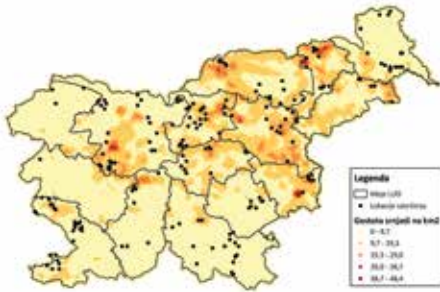
2 Metode dela

2.1 Vzorčenje in priprava vzorcev

Vzorke smo pridobili s pomočjo upravljavcev lovišč oz. posameznih lovcev, in sicer v sklopu rednega odvzema srnjadi na območju celotne Slovenije v obdobju 2013–2015. V analizo smo zajeli 214 samic (odraslih srn in mladice). Vse smo vključili v določitev populacijske strukture, za analizo soodvisnosti med genetsko komponento in fitnesom pa smo se z namenom večje standardizacije omejili na 172 vzorcev mladice (tj. samic v drugem življenjskem letu). Starost osebkov je bila določena *post mortem*, in sicer na podlagi makroskopskega pregleda razvojne stopnje zob na levi polovici spodnje čeljustnice (po Pokorny in Jelenko Turinek, 2018). Ob odvzemu so lovci vsem osebkom, vključenim v raziskavo, odvzeli rodila (maternice z jajčniki), ki so služila za določitev razmnoževalnega potenciala, tj. števila rumenih telesc v jajčnikih, ob čemer je bil del maternic shranjen v etanolu za nadaljnje analize DNA (po Flajšman, 2017).

Za vse vzorce smo prek lovskoinformacijskega sistema pridobili podatke o lokaciji odvzema v mreži kvadrantov 1 x 1 km, pri čemer smo za nadaljnje prostorske analize uporabili centroide teh kvadrantov.

Vzorci smo prostorsko razdelili v 14 skupin, ki sovpadajo z lovskoupravljavskimi območji (LUO), pri čemer smo osamljen vzorec iz Zahodnovisokokraškega LUO priključili Primorskemu LUO. Lokacije odvzema vzorcev mladice, ki smo jih vključili v oba dela raziskave, so prikazane na Sliki 1.



Slika 1: Prostorski prikaz lokacij vzorčenja mladice srnjadi. Meje označujejo 15 lovskoupravljavskih območij, rumeno oranžni odenki pa shematsko prikazujejo gradient ocenjenih populacijskih gostot (po Stergar in sod., 2012). Podatki o populacijskih gostotah so bili pridobljeni od Zavoda za gozdove Slovenije in obdelani v programu ArcMap 10.4.1 (ESRI, 2011).

Figure 1: Spatial representation of sampling locations of roe deer female yearlings. The borders indicate 15 hunting management areas, the yellow and orange hues systematically reorient the gradient of the estimated population density (Stergar et al., 2012). The population density data was obtained from the Slovenian Forest Service and processed with the program Arcman 10.4.1 (ESRI, 2011).

2.2 Molekularne metode

2.2.1 Izolacija DNA iz tkivnih vzorcev

Za DNA izolacijo iz koščkov tkiva (del maternic), velikih 2 x 2 mm, smo uporabili peqGOLD Tissue DNA-komplet reagentov (S-Line) (VWR International, Leuven, Belgija), pri čemer smo sledili navodilom proizvajalca z manjšimi modifikacijami, ki so natančno opisane v Bužan in sod., 2020. Končno koncentracijo in čistost izolirane DNA v vzorcu smo izmerili s fluorimetrom Qubit 3.0 (Life Technologies) in Qubit® dsDNA kompletom reagentov (Invitrogen BR Assay Kit).

2.2.2 Verižna reakcija s polimerazo (PCR)

S pomočjo verižne reakcije s polimerazo (PCR) smo pomnožili 14 mikrosatelitnih lokusov, specifičnih za srnjad (po Olano-Marin in sod., 2014). Lokuse smo združevali v sete po štiri (Priloga P2) v skladu s specifičnimi temperaturnimi pogoji reakcije. Reakcijska mešanica 10 µl je bila sestavljena iz seta 10 nm začetnih oligonukleotidov (4 lokusi na set), 3 µl DNA in 6 µl kompleta reagentov KAPA2G Fast Multiplex Mix (Kapa Biosystems, Wilmington, MA, ZDA). PCR reakcijo smo izvedli po sledečem temperaturnem profilu: začetna aktivacija PCR 2 min na 95 °C; sledilo ji je 35 ciklov: denaturacija 10 s na 95 °C, prileganje začetnih oligonukleotidov 30 s na 55 °C (temperaturo smo prilagajali kot je zapisano v Prilogi P2), podaljševanje fragmentov 20 s na 72 °C in končna ekstenzija za 10 min na 72 °C (povzeto po Bužan in sod., 2020; Gerič, 2020).

2.2.3 Fragmentna analiza I

Fragmentna analiza je bila narejena na sekvenatorju SeqStudio (ThermoFischer Scientific) z uporabo GeneScan LIZ500 (-250) velikostnega standarda (Applied Biosystems). Rezultate smo odčitali s programom GeneMapper v.5.0 (Applied Biosystems), kjer smo uporabili optimizacijo z Bin set v oknu Panel manager, pripravljeno po navodilih programa.

2.3 Statistične analize

2.3.1 Določitev populacijske genetske strukture

Populacijsko strukturo smo določili s programom STRUCTURE 2.3.4 (Falush in sod., 2003). V modelu smo preverjali optimalni K (število gruč) od 2 do 10, za kar smo uporabili 10 neodvisnih ciklov in podatek o pripadnosti posameznega osebk

Izvirni znanstveni članek

v lovskoupravljavsko območje z nastavitvijo LOCPRIOR (Hubisz in sod., 2009). Uporabili smo mešani model (angl. *admixture model*) s povezanimi alelnimi frekvencami (angl. *correlated allele frequencies*), saj smo predvidevali določeno mešanje osebkov z različnih območij. Rezultate desetih iteracij za posamezni K smo združili s programom STRUCTURE Harvester v0.6.94 (Earl in vonHoldt, 2012), kjer smo tudi določili optimalen K za ΔK , in sicer z metodo, ki so jo razvili Evanno in sod. (2005). Za izris slik smo najprej morali združiti vse potrebne iteracije za posamezni K s programom CLUMPP (Jakobsson in Rosenberg, 2007), nato pa smo s programom DISTRICT (Rosenberg, 2004) izrisali končno sliko. Podrobnejše nastavitve parametrov in postopek analize so opisane v Gerič (2020).

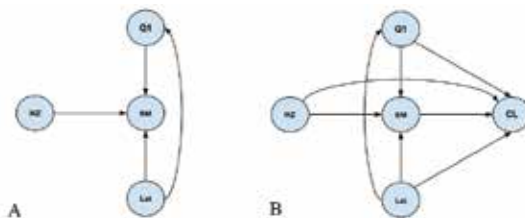
Pripadnost določeni (genetsko prepoznani) gruči se v programu izrazi kot vrednost Q, ki predstavlja koeficient pripadnosti. Matematično Q predstavlja povprečje verjetnosti, da določeni osebek pripada določeni gruči (Lawson in sod., 2018).

2.3.2 Soodvisnost med genetsko komponento in parametri fitnessa

Soodvisnost telesne mase (tehtane brez notranjih organov, a z glavo in nogami, ter standardizirane z upoštevanjem časovne korekcije glede na dan odvzema posameznega osebka; podrobnosti v Flajšman, 2017) in razmnoževalnega potenciala (števila rumenih telesc (CL) v jajčnikih) od genetske komponente smo preverjali na podlagi statističnega modela, kjer smo upoštevali več medsebojno delujočih dejavnikov; uporabili smo statistično orodje R (R Core Team, 2021). V ta del analize smo vključili samo mladice, in sicer zaradi naslednjih razlogov: (i) standardiziranje vzorca glede na starost, ki jo v nasprotju od odraslih srn pri mladiceh lahko natančno določimo z makroskopskim

pregledom razvojne stopnje zob (Pokorny in Jelenko Turinek, 2018); (ii) ta starostna kategorija ima veliko večjo spremenljivost telesnih mas in razmnoževalne sposobnosti oz. stopnje plodnosti v primerjavi z odraslimi srnami (Flajšman in sod., 2017), zato je pri mladiceh pričakovati večje učinke različnih vplivnih dejavnikov.

V model smo kot neodvisni spremenljivki vključili dve genetski značilnosti: (i) multilokusno heterozigotnost (HZ), pri čemer smo predvidevali, da je heterozigotnost pozitivno soodvisna s fitnessom osebka; (ii) koeficient pripadnosti določeni gruči (Q). Poleg genetskih značilnosti smo v model vključili tudi koordinate odvzema kot za ugotavljanje variabilnosti v prostoru. Zaradi medsebojne soodvisnosti med zemljepisno širino in zemljepisno dolžino smo vzeli samo zemljepisno širino, saj bolje razloži razlike med podatki v prostoru. Statistično analizo smo razdelili v dva regresijska modela, ki sta prikazana na Sliki 2.



Slika 2: Predstavitev izgradnje modelov, kjer so upoštewane relacije med uporabljenimi spremenljivkami. A) model za napovedovanje odvisnosti telesne mase (BM) od neodvisnih spremenljivk, B) model za napovedovanje odvisnosti števila rumenih telesc (CL) od neodvisnih spremenljivk. Neodvisne spremenljivke: i) HZ – multilokusna heterozigotnost, ii) Q – verjetnost pripadnosti osebka prvi genetski gruči in iii) Lat – zemljepisna širina.

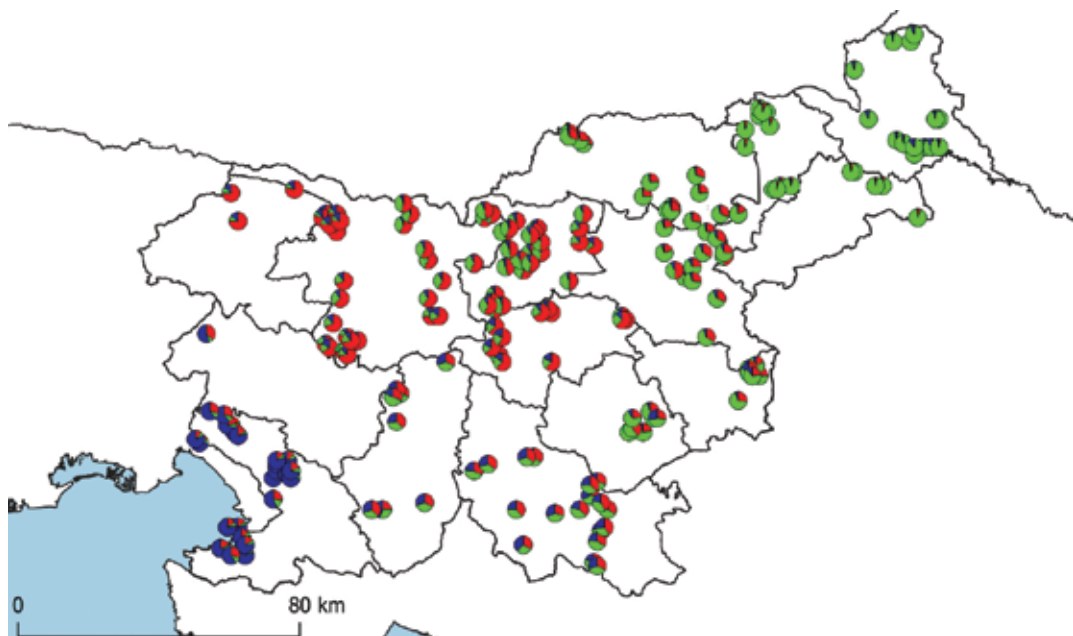
Figure 2: Representation of the model building, where we consider the correlations between used variables. A) model for predicting correlation between body mass and independent variables, B) model for predicting correlation between the number of corpora lutea and independent variables. Independent variables: i) HZ – multilocus heterozygosity, ii) Q – membership probability of the individual to the first genetic cluster iii) Lat - latitude.

Z modelom A smo preverjali odvisnost telesne mase od: (i) multilokusne heterozigotnosti, ki pove delež homozigotnih lokusov (Aparicio in sod., 2006) in je izračunana z uporabo funkcije GENHET v okolju R (Coulon, 2010); (ii) Q – verjetnosti, da osebek pripada gruči Q_1 (pripadnost posameznim gručam je razvidna s Slik 3 in 4) in (iii) zemljepisne širine.

Model B napoveduje vpliv proučevanih genetskih in okoljskih dejavnikov na število rumenih telesc v jajčnikih mladice srnjadi, tj. kazalnika zgodnjega razmnoževalnega potenciala samic te vrste (Flajšman in sod., 2017). Osebke smo razdelili v tri skupine: i) osebki, ki niso imeli rumenega telesca; ii) osebki, ki so imeli eno rumeno telesce in ii) osebki, ki so imeli dve rumeni telesci. Pri tem je treba omeniti, da je bilo osebkov brez rumenega telesca samo 12

od skupno 172 vzorcev, zato smo to tudi upoštevali pri interpretaciji rezultatov, saj se tako nekoliko zmanjša statistična moč modela, v kateraga smo vključili naslednje neodvisne spremenljivke: (i) multilokusna heterozigotnost; (ii) verjetnost pripadnosti določeni gruči – Q ; (iii) zemljepisna širina in (iv) telesna masa. Vpliv telesne mase na število rumenih telesc so že dokazali v predhodni študiji (Flajšman in sod., 2017), zato smo v naši študiji to odvisnost samo potrdili in jo povezali še z genetskimi dejavniki.

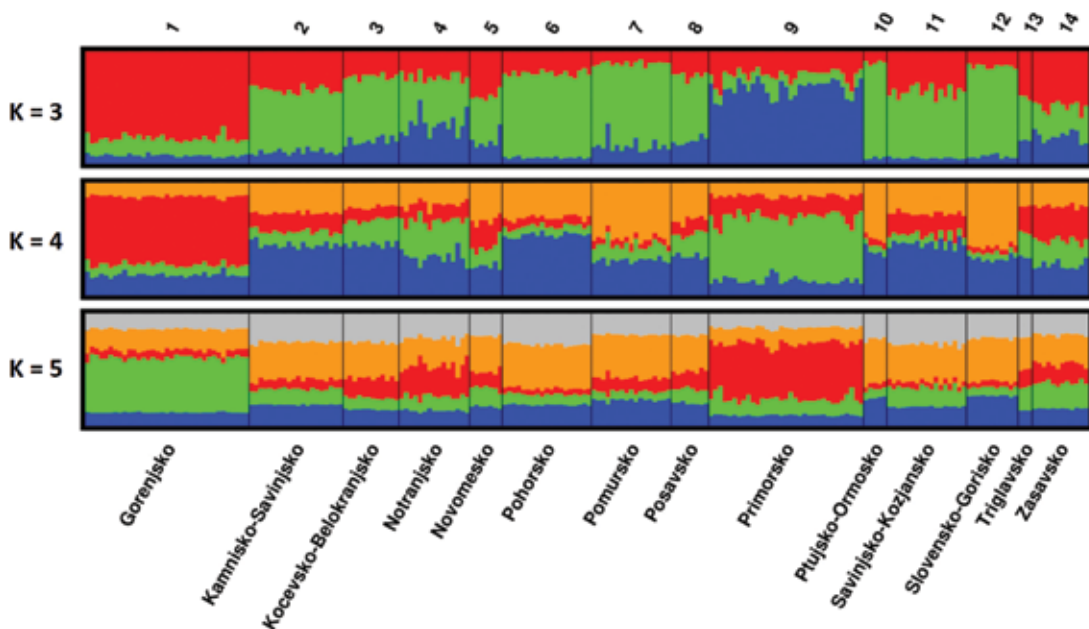
Oba modela smo zgradili z regresijsko analizo (ang. general linear model - GLM) v programu STAN (Carpenter in sod., 2017) v programskem okolju R (R Core Team, 2021).



Slika 3: Genetska struktura evropske srne v Sloveniji na podlagi vrednosti Q iz programa STRUCTURE (dopolnjeno po Bužan in sod., 2020). Barve gruč: i) rdeča – Q_1 ; ii) modra – Q_2 ; iii) zelena – Q_3 .

Figure 3: genetic structure of roe deer in Slovenia based on Q value from the STRUCTURE software (updated from Bužan et al, 2020). Cluster colours: i) Red – Q_1 ; ii) Blue – Q_2 ; iii) green – Q_3 .

Izvirni znanstveni članek



Slika 4: Genetska struktura evropske sme v Sloveniji, pridobljena s programom STRUCTURE. Prikazano je razvrščanje populacije v tri, štiri in pet gruč ($K = 3, 4, 5$). Vsaka barva ustreza eni skupini, vsak stolpec prikazuje posamezni osebek in oceno pripadnosti posamezni skupini. Črne črte ločujejo vzorce glede na lokaliteto po lovskoupjavljavskih območjih. Najverjetnejša je razdelitev v tri gruče.

Figure 4: Genetic structure of roe deer in Slovenia from STRUCTURE software. The population clustering of three, four and five groups ($K = 3, 4, 5$) is shown. Each colour corresponds to a group, each column represents an individual and the estimation of membership to each group. The black lines divide the samples based on the location of hunter management areas. The clustering into three groups is the most probable.

Preglednica 1: Koeficienti Gausovega (GLM) modela (A)

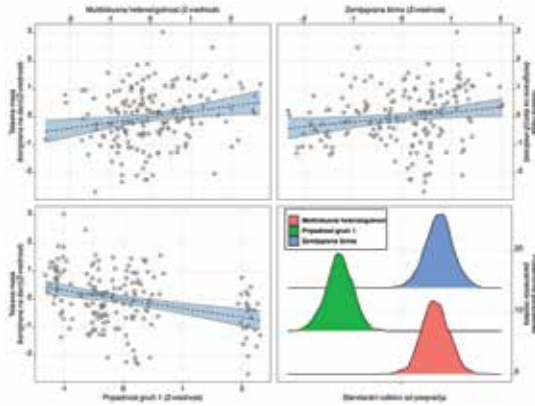
Table 1: Gauss (GLM) coefficients of model (A).

Neodvisna spremenljivka	Ocena	Napaka ocene	Sp. 95 % CI	Zg. 95 % CI
Presek	-0,00	0,07	-0,13	0,13
Heterozigotnost	0,20	0,07	0,06	0,33
Q1	-0,32	0,07	-0,46	-0,18
Zemljepisna širina	0,17	0,07	0,04	0,31

3 Rezultati

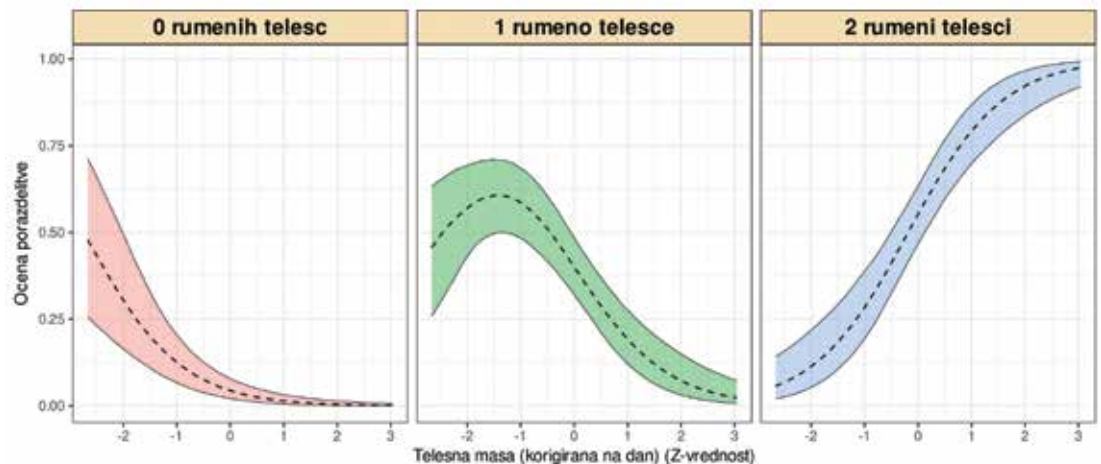
3.1 Populacijska genetska struktura srnjadi v Sloveniji

S programom STRUCTURE smo kot najbolj razločevalno določili razlikovanje (samic) srnjadi v tri genetske gruče, ki geografsko zavzemajo naslednja območja: (i) ravninska in gričevnata območja subpanonske severovzhodne Slovenije, ki vključujejo Pomursko, Slovenskogoriško in Ptujsko-Ormoško LUO; (ii) širšo Primorsko, tj. submediteransko Slovenijo vključno s Krasom, ki sovпада s Primorskim LUO, vanjo lahko uvrstimo tudi edini vzorec iz Zahodnovisokokraškega LUO; (iii) genetsko najbolj pestro gručo osrednje Slovenije, ki vključuje vsa preostala lovskoupravljavska območja (Sliki 3 in 4). Čeprav razmejevanje LUO v Sloveniji ni temeljilo na populacijskih značilnostih srnjadi kot ciljne vrste, tudi za to vrsto meje med LUO dokaj dobro razmejujejo skupine (subpopulacije) srnjadi z različno genetsko strukturo (Slika 3). Pri tem je zanimivo, da je mikrosatelitna genetska razdalja med osebki sicer v pozitivni



Slika 5: Razsevni grafikon z regresijsko premico za naslednje korelacije: i) telesna masa (korigirana na dan (Z-vrednost) in multilokusna heterozigotnost (Z-vrednost); ii) telesna masa (korigirana na dan (Z-vrednost) in zemljepisna širina (Z-vrednost); iii) telesna masa (korigirana na dan (Z-vrednost) in pripadnost gruči 1 (Z-vrednost). Na četrtem grafu so prikazane posteriorne porazdelitve parametrov modela, ki povedo, kakšna je njihova soodvisnost od telesne mase.

Figure 5: Scatter plot with regression line for the following correlations: i) body mass (standardized (Z-value) and multilocus heterozygosity (Z-value); ii) body mass (standardized (Z-value) and latitude (Z-value); iii) Body mass (standardized (Z-value) and membership of cluster 1 (Z-value). On the fourth graph are shown a posteriori distribution of the vmodel's parameters, which describe the correlation between them and body mass.



Slika 6: Robni učinki modela za število rumenih telesc v odvisnosti od telesne mase.

Figure 6: Model's marginal effect of correlation between the number of corpora lutea and body mass.

Izvirni znanstveni članek

Preglednica 2: Koeficienti logističnega modela (B)

Table 2: Coefficients of logistic model (B).

Neodvisna spremenljivka	Ocena	Napaka ocene	Sp. 95 % CI	Zg. 95 % CI
Presek 1	-3,10	0,35	-3,81	-2,43
Presek 2	-0,21	0,17	-0,54	0,13
Telesna masa	1,14	0,19	0,78	1,51
Zemljepisna širina	-0,27	0,16	-0,58	0,05

soodvisnosti od geografske oddaljenosti med njimi, a je vpliv geografske oddaljenosti na populacijsko strukturo srnjadi pri nas zelo majhen, saj ta dejavnik pojasnjuje <1 % genetske spremenljivosti te vrste (Bužan in sod., 2020).

3.2 Soodvisnost med genetsko komponento in parametri fitnessa

Model A, ki napoveduje spreminjanje telesne mase, je pokazal statistično značilno soodvisnost za vse neodvisne spremenljivke, ki so bile uporabljene v modelu. Pri tem je telesna masa v pozitivni korelaciji z multilokusno heterozigotnostjo in zemljepisno širino ter v negativni korelaciji s pripadnostjo drugi gruči. Odvisnosti so prikazane z razsevnimi grafikoni, ki vključujejo tudi regresijske premice, prav tako smo pokazali tudi posteriorne porazdelitve parametrov modela. Grafi so prikazani na Sliki 5.

Glede na posteriorne porazdelitve parametrov modela in Preglednice 1 vidimo, da je telesna masa (i) v rahli pozitivni korelaciji s heterozigotnostjo ($\beta = 0,06 - 0,33$ v 95% CI); (ii) v rahli pozitivni korelaciji z zemljepisno širino ($\beta = 0,04 - 0,31$ v 95% CI) in (iii) v negativni korelaciji s Q1 ($\beta = (-0,46) - (-0,18)$ v 95% CI). Rezultate potrjuje tudi Priloga P3, iz katere je razvidno, da so osebkovi z manjšo telesno maso v večini odvzeti iz severnega dela osrednje Slovenije, prav tako pa na

omenjenem območju zaznamo tudi nekoliko manjšo heterozigotnost osebkov in večjo pripadnost gruči Q1.

Model B, ki napoveduje spreminjanje števila rumenih telesc, je pokazal statistično značilno soodvisnost za vse neodvisne spremenljivke, ki so bile uporabljene v modelu. Pri tem je število rumenih telesc v pozitivni korelaciji s telesno maso in prav tako z zemljepisno širino. Slika 6 prikazuje robne učinke, kjer lahko vidimo vpliv neodvisnih spremenljivk na posamezni razred, ki predstavlja število rumenih telesc. Kot so že dokazali (Flajšman in sod., 2017), je število rumenih telesc zelo odvisno od telesne mase; (i) z večanjem telesne mase se verjetnost, da samica nima nobenega rumenega telesca, zelo zmanjša, (ii) pri majhnih do srednjih telesnih masah se verjetnost, da ima samica eno rumeno telesce, povečuje, potem pa se pri velikih telesnih masah ta verjetnost zelo zmanjša in (iii) verjetnost, da ima samica dve rumeni telesci, se zelo povečuje z večanjem telesne mase.

Prav tako smo ugotovili nekakšen vpliv zemljepisne širine na število rumenih telesc (Priloga P4), ki sovпада z ugotovitvijo, da imajo srne na vzhodu države večjo telesno maso kot na zahodu (Flajšman in sod., 2018). Ko upoštevamo vpliv telesne mase in zemljepisne širine na število CL skupaj, to še bolj razloži rezultat, in sicer na grafu iz Priloge P3 opazimo območje severnega dela osrednje Slovenije, kjer je največ osebkov brez rumenih

telesc in so to tudi osebkki z najmanjšo telesno maso. Taka ugotovitev potrди tudi majhen robni učinek zemljepisne širine na verjetnost, da je samica brez rumenih telesc, saj je večino spremenljivosti v prostoru zaradi prostorskega vpliva na telesno maso. Neposrednega vpliva genetske komponente (heterozigotnost in pripadnost prepoznanim genetskim gručam) na razmnoževalni potencial mladice srnjadi nismo mogli dokazati.

4 Razprava

4.1 Populacijska struktura in prostorski premiki vrste

Habitatni generalisti, ki so splošno razširjeni in med katere sodi tudi evropska srna, naj bi glede na dognanja imeli majhno strukturiranost populacij (tj. slabo izraženo populacijsko genetsko strukturo) in velik potencial za genski pretok med populacijami (Coltman, 2008). Na podlagi zgodovinskih podatkov o prisotnosti in širjenju srnjadi ter upravljanju z njo lahko sklepamo, da se je populacija širila iz osrednjega dela Slovenije na jug in na severovzhod (Kryštufek, 1991; Simonič, 1976). Takšno širjenje potrjuje tudi ugotovljena populacijska struktura, ki kaže na obstoj treh gruč (Slika 3), pri čemer je večja genska raznolikost v gruči iz osrednje Slovenije; zelo očitne so genetske razlike med osebki iz jugozahodne Slovenije (Primorska, Kras, Istra) in tistimi iz severovzhodnega dela države oz. iz subpanonske regije.

Bužan in sod. (2020) so poleg določitve populacijske strukture srnjadi v Sloveniji naredili tudi analizo izolacije z distanco; dokazali so obstoj večje genetske razdalje med geografsko bolj oddaljenimi osebki. Pri tej teritorialni vrsti (Krže, 2000) je izolacija z distanco pričakovana, saj imajo tako samci kot samice majhne življenjske okoliše in se praviloma premikajo na krajše razdalje (zbrano v Hewison in sod., 1998). V kulturni krajini pa so prostorski premiki osebkov dodatno omejeni z razdrobljenostjo prostora, npr. zaradi

linijske infrastrukture in mreže urbanih območij (Coulon in sod., 2004).

Očitne genetske razlike na krajših razdaljah, npr. med sosednjimi lovskoupravljavskimi območji, so posledica naravnih procesov, saj je za srnjad značilna visoka stopnja filopatrije, dokaj kratke disperzijske razdalje in majhna velikost življenjskega okoliša (zbrano v Hewison in sod., 1998; Linnell in sod., 1998). Zato je pričakovano zelo počasno prostorsko širjenje srnjadi oz. prostorsko omejen pretok genov, kar je potrdila tudi genetska analiza starševstva v 2.600 ha velikem lovišču Oljka, Šmartno ob Paki (Bončina in sod., 2019). Rezultati so skladni tudi s prejšnjimi genetskimi študijami vrste v Evropi, v katerih je bila srnjad tudi s pomočjo molekularnih orodij potrjena kot zelo teritorialna vrsta (Bonnot in sod., 2010; Coulon in sod., 2006a,b; Gaillard in sod., 2008). Velika filopatričnost pa je lahko v kulturni krajini tudi posledica antropogenih dejavnikov oz. prostorskih barier, ki še dodatno omejuje prostorske premike srnjadi. Zato v razdrobljenih habitatih stopnja urbanizacije zelo vpliva na genetsko razdaljo med osebki te vrste, ki je večja, kot bi jo pričakovali glede na geografsko razdaljo med njimi (Wang in Schreiber, 2001).

4.2. Soodvisnost med genetskimi lastnostmi in fitnessom mladice srnjadi

Evropska srna je vrsta, ki za pomembne življenjske procese, npr. razmnoževanje, ne kopiči energetskih zalog – je t. i. *income breeder* (Andersen in sod., 2000; Apollonio in sod., 2020). Zato je telesna masa zelo dober pokazatelj vitalnosti osebkov oz. njihovega fitnesa (Debeffe in sod., 2013). Vendar so v nasprotju z različnimi okoljskimi dejavniki, za katere je znano, da vplivajo na telesno maso na celotnem območju razširjenosti srnjadi (npr. McCullough in sod., 2000; Ouhard in sod., 2013; Toigo in sod., 2006), vplivi notranjih (genetskih) dejavnikov zelo redko preučevani. Zato smo skušali določiti vpliv genetske predispozicije (heterozigotnosti; HL) skupaj z drugimi genetskimi podatki

Izvirni znanstveni članek

(pripadnost določeni genetski gruči; Q) na telesno maso mladice srnjadi v Sloveniji.

Naši rezultati potrjujejo, da na razmnoževalni potencial mladice zelo vpliva telesna masa, kar je v skladu s predhodnimi ugotovitvami v slovenskem (Flajšman in sod., 2017) in širšem evropskem prostoru (zbrano v Flajšman in sod., 2013, 2018). V Sloveniji se telesne mase srnjadi prostorsko spreminjajo s splošnim gradientom naraščanja v smeri jugozahod (Primorski LUO) – severovzhod (Pomurski LUO). Zato nas je zanimala povezava med dejavnikom genetske strukture oz. pripadnosti določeni genetski prepoznani gruči srnjadi (Slika 3) in telesno maso. Statistični modeli so potrdili pomemben vpliv pripadnosti genetski gruči Q1 (le-ta je prevladujoča v osrednjem delu Slovenije, tj. v Gorenjski LUO) na telesno maso, pri čemer pa ne moremo izključiti prostorskega sovpadanja vpliva populacijske genetske strukture z okoljskimi dejavniki. Osebk, ki pripadajo genetski gruči Q1, so namreč živeli v energetsko manj bogatih območjih, kar lahko vpliva na manjšo telesno maso srnjadi na takem območju. Da okoljski dejavniki prevladujoče vplivajo na telesne mase srnjadi, kažeta tudi naslednji dejstvi: (i) povprečne telesne mase mladice so se v treh zaporednih letih raziskovalnega obdobja (2013–2015) značilno razlikovale; (ii) nismo ugotovili značilnega vpliva heterozigotnosti na telesne mase. Kljub temu notranji (genetski) dejavniki prispevajo k pojasnitvi spremenljivosti telesnih mas (mladic) srnjadi vzdolž gradienta prisotnosti vrste v slovenskem prostoru, kar je skladno z ugotovitvami Bužan in sod. (2020).

Povezava med genetskimi dejavniki in drugim pomembnim parametrom fitnesa, tj. razmnoževalni potencial oz. prisotnost in število rumenih telesc v jajčnikih (kazalnik pričakovane velikosti legla oz. števila zarodkov), je bila manj izrazita: v končni pojasnjevalni model nista bili vključeni niti heterozigotnost niti pripadnost določeni genetski gruči. Vendar smo pri primerjavi mladice, ki so že bile plodne (tj. so

spostile jajčne celice oz. so imele rumena telesca v jajčnikih), s tistimi, ki niso bile, opazili pomen heterozigotnosti, in sicer v obeh skrajnostih. Kar 71 % plodnih mladice je bilo namreč uvrščenih v skupino z najvišjim indeksom HL (>0,60). V tej skupini heterozigotnosti je kar 80 % mladice imelo dve rumeni telesci; nasprotno so imele vse še neplodne mladice HL < 0,40 (priloga P3). Kljub temu nismo ugotovili značilne soodvisnosti med genetsko komponento in plodnostjo mladice, kar je lahko posledica: i) neposredne povezave med heterozigotnostjo in pripadnostjo genetski gruči Q1 nismo zaznali, saj ima le-ta posredno povezavo prek telesne mase, ii) morda je majhna soodvisnost, vendar jo z našo velikostjo vzorca nismo uspeli zaznati, pri čemer so pomembne tudi razlike v velikosti skupin, saj je bilo neplodnih osebkov mnogo manj kot tistih, ki so imele v jajčnikih vsaj eno rumeno telesce.

Ne glede na to očitno tudi v primeru razmnoževalnega potenciala vpliv okoljskih dejavnikov prevlada nad genetskimi, kar kaže dejstvo, da je bilo leto odvzema osebkov prepoznano kot neodvisna spremenljivka z močnim pojasnjevalnim vplivom. Na še precej večjem vzorcu samic srnjadi, ki je vključeval tudi osebk, vključene v našo raziskavo, sta veliko medletno spremenljivost razmnoževalnega potenciala mladice ugotovila že Flajšman in Pokorny (2017). Avtorja sta precej večjo plodnost in povprečno potencialno velikost legla mladice v letih 2014 (plodnost: 97 %; povprečno število rumenih telesc: 1,63) in 2015 (98 %; 1,54) v primerjavi z letom 2013 (83 %; 1,13) pojasnila z vplivom poletnih vremenskih razmer. Za leto 2013 je bilo namreč značilno mnogo bolj vroče in suho poletje (povprečni julijski podatki: temperatura 20,4 °C; padavine: 47 mm), kot je bilo leta 2014 (18,2 °C; 167 mm). To zopet kaže, da čeprav genetski dejavniki delno vplivajo na vitalnost srnjadi, jih vpliv okoljskih dejavnikov preglasi oz. prekrije. V prihodnje bi bilo zato smiselno narediti več raziskav o celostnem vplivu zunanjih in notranjih dejavnikov na

izbrane parametre fitnesa in druge lastnosti srnjadi ter tako bolje razumeti dejanski vpliv genetskih značilnosti na ekološko uspešnost in populacijsko dinamiko te pomembne vrste kopenskih ekosistemov. Pri tem bi bilo smiselno uporabiti tudi druge genetske markerje, ki so pod selekcijskim pritiskom, saj tudi te dajo neko dodatno informacijo o povezavi med okoljem in genetskimi značilnostmi osebkov.

5 Zaključki

V Sloveniji je srnjad razvila bolj ali manj izrazito populacijsko strukturo v skladu z geografskimi in zgodovinskimi značilnostmi. Takšna populacijska genetska struktura potrjuje izrazito teritorialnost vrste, a s prisotnim genskim pretokom med različno oddaljenimi območji. Zaznane genetske razlike med lovskoupravljavskimi območji so posledica prepleta več dejavnikov, npr. zgodovine vrste, možnosti širjenja v prostoru, razlik v upravljanju itn. Ugotovili smo rahlo povezavo med genetsko komponento in telesno maso, medtem ko jasne povezave z razmnoževalnim potencialom nismo zaznali. Na telesne mase in razmnoževalno sposobnost samic srnjadi vpliva več dejavnikov, med genetskimi pa imajo prevladujoč vpliv okoljski, predvsem tisti, ki so povezani z razpoložljivostjo virov. Z vidika razumevanja ekologije in evolucije je zato treba poznati skupne oz. celostne učinke genotipa in okolja na znake življenjskih strategij vrst. Pri tem je treba upoštevati tudi razlike v pristopih k upravljanju populacij, še posebej, kadar odločitve temeljijo na spremljanju parametrov fitnesa osebkov (npr. kot kazalnika v adaptivnem upravljanju).

Ugotovitve kažejo, da bi bilo v načrtovanje upravljanja s srnjadjo priporočljivo vključiti tudi podatke o prostorski in medletni spremenljivosti telesnih mas ter razmnoževalnega potenciala, a tudi o genetski raznolikosti in značilnostih okolja v posameznem LUO. Molekularno-genetske analize so namreč zelo pomembne za

podrobnejši vpogled v stanje populacij in lahko omogočijo doseči še boljše, na znanju temelječe upravljanje z divjadjo.

6 Povzetek

V pričujoči raziskavi smo določili populacijsko genetsko strukturo srnjadi v Sloveniji (s poudarkom na razmejitvah med lovskoupravljavskimi območji; v ta del smo vključili 214 odraslih in enoletnih srn – mladice) ter proučevali vpliv genetskih dejavnikov na dva pomembna kazalnika fitnesa (telesne mase in razmnoževalni potencial) pri 172 mladice. Dokazali smo obstoj treh genetskih gruč srnjadi, prisotnih v: i) osrednji Sloveniji, ii) submediteranskem in kraškem območju in iii) subpanonskem delu Slovenije oz. na severovzhodu države. Prostorske razlike v genetski strukturi srnjadi je mogoče razložiti z zgodovino širjenja vrste, različnimi upravljavskimi pristopi in/ali različno povezljivostjo med subpopulacijami. Ugotovljena populacijska genetska struktura potrjuje izrazito teritorialnost srnjadi, hkrati pa kaže na obstoj genskega pretoka med sosednjimi območji. Potrdili smo statistično značilno soodvisnost med genetsko komponento (pripadnost gruči Q1, ki je prisotna v osrednji Sloveniji, ter heterozigotnostjo) in telesno maso, pri čemer je telesna masa v pozitivni korelaciji s heterozigotnostjo in v negativni s pripadnostjo genetski gruči Q1. Neposrednega vpliva obeh genetskih komponent na razmnoževalni potencial (število rumenih teles v jajčnikih) nismo uspeli zaznati, saj je ta vpliv posreden prek telesne mase, kar pa smo uspeli dokazati.

Vpliv genetskih dejavnikov je pogosto prikrit ali preglasan z vplivom okolja in razpoložljivostjo virov, kar potrjuje izrazita medletna spremenljivost oz. značilne razlike v povprečnih telesnih masah in razmnoževalnem potencialu mladice v treh zaporednih letih raziskovalnega obdobja (2013–2015). V prihodnje je zato treba

Izvirni znanstveni članek

proučevati skupne oz. celostne učinke genotipa in okolja na znake življenjskih strategij vrst. V načrtovanje upravljanja s populacijami pa je priporočljivo vključiti tudi podatke o prostorski in medletni spremenljivosti telesnih mas ter razmnoževalnega potenciala. Prav tako je priporočljivo vključiti podatke o genetski raznolikosti in značilnostih okolja v posameznem LUO, kar lahko omogoči še boljše upravljanje z divjadjo, ki bo temeljilo na znanju.

7 Summary

In this study, we determined the population genetic structure of European roe deer in Slovenia (with the emphasis on borders between hunting management areas; we included 214 adults and one year old females) and studied the influence of genetic factors on two important fitness indicators (body mass and reproductive potential) of 172 one year old females. We have confirmed the existence of three genetic clusters of roe deer present in: (i) the sub-Mediterranean and Karst areas, (ii) central Slovenia, (iii) the Subpannonian Region or the northeast of the country. Spatial differences in genetic structure of roe deer can be explained by the historical dispersal of species, diverse management approaches and/or diverse connection between subpopulations. The determined genetic structure of the population confirms the territorial behavior of roe deer, but also the existence of genetic flow between neighboring subpopulations. We confirmed a statistically significant correlation between the genetic component (belonging to the first cluster Q1 in northeastern Slovenia and heterozygosity) and body mass, where body mass was positively correlated with heterozygosity and negatively correlated with belonging to the first genetic cluster Q1. We could not demonstrate a direct influence of these two genetic components on reproductive potential (i.e., the number of corpora lutea in the ovaries), as this influence is probably indirect via body mass, which in turn has been demonstrated.

The influence of genetic factors is often hidden or overridden by the influence of the environment and the availability of resources, which has been confirmed by the pronounced interannual variability or characteristic differences in average body mass and reproductive potential of yearlings in three consecutive years of the research period (2013-2015). Therefore, it is necessary, in the future, to study the common or overall effects of genotype and the environment on life history traits, and it is recommended to include data on spatial and interannual variability of body mass and reproductive potential in population management planning. Additionally, it is also recommended to include data on genetic diversity and environmental characteristics in individual LUO, which could enable even better, knowledge-based game management.

8 Zahvala

Zahvaljujemo se vsem lovcem in upravljavcem lovišč, ki so sodelovali pri zbiranju vzorcev, in dr. Katarini Flajšman, ki jih je odvzela in nam omogočila dostop do njih. Za pomoč pri laboratorijskem delu se zahvaljujemo dr. Feliciti Urzi in Sandri Potušek. Lovski zvezi Slovenije izrekamo pohvalo in zahvalo za razvoj sodobnega lovskoinformacijskega sistema, ki raziskovalcem omogoča dostop do mnogih dragocenih podatkov o osebkih, vključenih v to raziskavo in podobne. Izvedbo raziskave je omogočila finančna podpora: (i) Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (CRP projekta V4-1825 in V1-2031); (ii) Javne agencije RS za raziskovalno dejavnost (programska skupina P1-0386; omenjena CRP projekta); (iii) Evropske komisije prek projekta STEPCHANGE (European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Program; No. 101006386), namenjenega pospeševanju vključevanja lovcev kot pomembnih sodelavcev na področju t. i. državljanske znanosti pri

monitoringu in raziskavah prostoživečih živali oz. biotske pestrosti; (iv) COST akcije *G-Bike Genomic Biodiversity Knowledge for Resilient Ecosystems*.

9 Viri

- Andersen, R., Duncan, P., Linnell, J. D. C. (ur). 1998. The European roe deer: the biology of success. Oslo: Scandinavian University Press: 376 str.
- Andersen, Reidar, Gaillard, J. M., Linnell, J. D. C., Duncan, P. 2000. Factors affecting maternal care in an income breeder, the European roe deer. *Journal of Animal Ecology*, 69(4): 672–682.
- Aparicio, J. M., Ortego, J., Cordero, P. J. 2006. What should we weigh to estimate heterozygosity, alleles or loci? *Molecular Ecology*, 15(14): 4659–4665.
- Apollonio, M., Merli, E., Chirichella, R., Pokorny, B., Alagić, A., Flajšman, K., Stephens, P. A. 2020. Capital-Income Breeding in Male Ungulates : Causes and Consequences of Strategy Differences Among Species. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8: 308.
- Bončina, A., Pokorny, B., Sternad, M., Bužan, E. 2019. Genetska povezanost in sorodstvena razmerja evropske srne v modelnem lovišču osrednje Slovenije, Zlatorogov zbornik, 6: 10–28.
- Bonnot, N., Gaillard, J.M., Coulon, A., Galan, M., Cosson, J.F., Delorme, D., Klein, F., Hewison, A. J. M. 2010. No difference between the sexes in fine-scale spatial genetic structure of roe deer. *PLoS ONE*, 5(12): e14436.
- Buzan, E., Gerič, U., Potušek, S., Flajšman, K., Pokorny, B. 2020. First insights into the population genetic structure and heterozygosity–fitness relationship in roe deer inhabiting the area between the Alps and Dinaric Mountains. *Animals*, 10(12): 1–25.
- Carpenter, B., Gelman, A., Hoffman, M. D., Lee, D., Goodrich, B., Betancourt, M., Brubaker, M., Guo, J., Li, P., Riddell, A. 2017. Stan: A Probabilistic Programming Language. *Journal of Statistical Software*, 76(1): 1–32.
- Coltman, D. W. 2008. Molecular ecological approaches to studying the evolutionary impact of selective harvesting in wildlife. *Molecular Ecology*, 17: 221–235.
- Coulon, A. 2010. Genhet: An easy-to-use R function to estimate individual heterozygosity. *Molecular Ecology Resources*, 10(1): 167–169.
- Coulon, A., Cosson, J. F., Angibault, J. M., Cargnelutti, B., Galan, M., Morellet, N., Petit, E., Aulagnier, S., Hewison, A. J. M. 2004. Landscape connectivity influences gene flow in a roe deer population inhabiting a fragmented landscape: An individual-based approach. *Molecular Ecology*, 13(9): 2841–2850.
- Coulon, A., Cosson, J. F., Morellet, N., Angibault, J.M., Cargnelutti, B., Galan, M., Aulagnier, S., Hewison, A. J. M. 2006. Dispersal is not female biased in a resource-defence mating ungulate, the European roe deer. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1584): 341–348
- Coulon, A., Guillot, G., Cosson, J. F., Angibault, J. M. A., Aulagnier, S., Cargnelutti, B., Galan, M., Hewison, A. J. M. 2006. Genetic structure is influenced by landscape features: Empirical evidence from a roe deer population. *Molecular Ecology*, 15(6): 1669–1679.
- Debeffe, L., Morellet, N., Cargnelutti, B., Lourtet, B., Coulon, A., Gaillard, J. M., Bon, R., Hewison, A. J. M. 2013. Exploration as a key component of natal dispersal: Dispersers explore more than philopatric individuals in roe deer. *Animal Behaviour*, 86(1): 143–151.
- Earl, D. A., vonHoldt, B. M. 2012. STRUCTURE HARVESTER: A website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. *Conservation Genetics Resources*, 4(2): 359–361.
- ESRI, 2011. ArcGis Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Evanno, G., Regnaut, S., Goudet, J. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: A simulation study. *Molecular Ecology*, 14(8): 2611–2620.
- Falush, D., Stephens, M., Pritchard, J. K. 2003. Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data: Linked Loci and Correlated Allele Frequencies. *Genetics*, 164(4): 1567–1587.
- Flajšman, K. 2017. Effects of individual, population and environmental factors on reproductive success of roe deer (*Capreolus capreolus* L.). Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 125 str.

Izvirni znanstveni članek

- Flajšman, K., Borowik, T., Pokorny, B., Jędrzejewska, B. 2018. Effects of population density and female body mass on litter size in European roe deer at a continental scale. *Mammal Research*, 63(1): 91–98.
- Flajšman, K., Jelenko, I., Helena, P., Pokorny, B. 2013. Reproductive potential of roe deer (*Capreolus capreolus* L.): review of the most important influential factors. *Acta Silvae et Ligni*, 102(2013): 1–20.
- Flajšman, K., Jerina, K., Pokorny, B. 2017. Age-related effects of body mass on fertility and litter size in roe deer. *PLoS ONE*, 12(4): 12–16.
- Flajšman, K., Pokorny, B. 2017. Kaj vemo o razmnoževalnem potencialu srnjadi v Sloveniji? *Lovec*, 100(1): 10–14.
- Flajšman, K., Pokorny, B., Chirichella, R., Bottero, E., Mattioli, L., Apollonio, M. 2017. I can produce more offspring as you can imagine: first records on exceptionally large litters in roe deer in central/southern Europe. *European Journal of Wildlife Research*, 63(3): 42.
- Gaillard, J. M., Hewison, A. J. M., Kjellander, P., Pettorelli, N., Bonenfant, C., Van Moorter, B., Liberg, O., Andren, H., Van Laere, G., Klein, F., Angibault, J.-M., Coulon, A., Vanpé, C. 2008. Population density and sex do not influence fine-scale natal dispersal in roe deer. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1646): 2025–2030.
- Gerič, U. 2020. Genetska struktura evropske srne na stičišču med dinaridi in alpami. Magistrsko delo, Univerza na primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije: 39 str.
- Hewison, A. J. M. 1997. Evidence for a genetic component of female fecundity in British roe deer from studies of cranial morphometrics. *Functional Ecology*, 11: 508–517.
- Hubisz, M. J., Falush, D., Stephens, M., Pritchard, J. K. 2009. Inferring weak population structure with the assistance of sample group information. *Molecular Ecology Resources*, 9(5): 1322–1332.
- Jakobsson, M., Rosenberg, N. A. 2007. CLUMPP: A cluster matching and permutation program for dealing with label switching and multimodality in analysis of population structure. *Bioinformatics*, 23(14): 1801–1806.
- Jerina, K., Stergar, M., Videmšek, U., Kobler, A., Pokorny, B., Jelenko, I. 2010. Prostorska razširjenost, vitalnost populacijska dinamika prostoživečih vrst parkljarjev v Sloveniji: preučevanje vplivov okoljskih in vrstno-specifičnih dejavnikov ter napovedovanje razvojnih trendov. Ljubljana, Slovenija: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 48 str.
- Kryštufek, B. 1991. Sesalci Slovenije. Ljubljana: Prirodoslovni muzej Slovenije: 294 str.
- Krže, B. 2000. Srnjad: biologija, gojitev, ekologija (Zlatorogova knjižica, 27). Ljubljana: Lovska zveza Slovenije: 271 str.
- Kurt, F., Hartl, G. B., Völk, F. 1993. Breeding strategies and genetic variation in European roe deer *Capreolus capreolus* populations. *Acta Theriologica* 38(2): 187–194.
- Lawson, D. J., Van Dorp, L., Falush, D. 2018. A tutorial on how not to over-interpret STRUCTURE and ADMIXTURE bar plots. *Nature Communications* 9(1): 1–11.
- Linnell, J. D. C., Wahlstrom, L. K., Gaillard, J. M. 1998. From birth to independence: birth, growth, neonatal mortality, hiding behaviour and dispersal. Scandinavian University Press, Oslo: 257–284.
- McCullough, D. R., Andersen, R., Duncan, P., Linnell, J. D. C. 2000. The European Roe Deer: The Biology of Success. *The Journal of Wildlife Management*, 64(2): 608.
- Olano-Marin, J., Plis, K., Sönnichsen, L., Borowik, T., Niedziałkowska, M., Jędrzejewska, B. 2014. Weak population structure in European roe Deer (*Capreolus capreolus*) and evidence of introgressive hybridization with Siberian roe deer (*C. pygargus*) in Northeastern Poland. *PLoS ONE*, 9(10): e109147.
- Poetsch, M., Seefeldt, S., Maschke, M., Lignitz, E. 2001. Analysis of microsatellite polymorphism in red deer, roe deer, and fallow deer - Possible employment in forensic applications. *Forensic Science International*, 116(1): 1–8.
- Pokorny, B. 2009. Kako še izboljšati upravljanje s srnjadjo v Sloveniji? *Lovec* 92: 130–134.
- Pokorny, B., Turinek, J. I. 2018. Čeljustnice prostoživečih parkljarjev : dragocen vir informacij o osebnih, vrstah in okolju. Ljubljana : Lovska zveza Slovenije: 137 str.

Izvirni znanstveni članek

Quéméré, E., Gaillard, J. M., Galan, M., Vanpé, C., David, I., Pellerin, M., Kjellander, P., Hewison, A. J. M., Pemberton, J. M. 2018. Between-population differences in the genetic and maternal components of body mass in roe deer. *BMC Evolutionary Biology*, 18(1): 18-39.

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Røed, K. H. 1998. Microsatellite variation in Scandinavian Cervidae using primers derived from Bovidae. *Hereditas*, 129(1): 19–25.

Røed, K. H., Midthjell, L. 1998. Microsatellites in reindeer, *Rangifer tarandus*, and their use in other cervids. *Molecular Ecology*, 7(12): 1773–1776.

Rosenberg, N. A. 2004. DISTRUCT: A program for the graphical display of population structure. *Molecular Ecology Notes*, 4(1): 137–138.

Simonič, A. 1976. Srnjad: biologija in gospodarjenje. Ljubljana, Slovenija: Lovska zveza Slovenije: 606 str.

Stegar, M., Borkovič, D., Hiršelj, J., Kavčič, I., Krofel, M., Mrakič, M., Troha, R., Videmšek, U., Vrčon, B., Jerina, K. 2012. Ugotavljanje gostot prostoživečih parkljarjev s kombinirano metodo štetja kupčkov iztrebkov in podatkov o odvzemu. Ljubljana, Slovenija: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 18 str.

Toigo, C., Gaillard, J. M., Van Laere, G., Hewison, M., Morellet, N. 2006. How does environmental variation influence body mass, body size, and body condition? Roe deer as a case study. *Ecography*, 29(3): 301–308.

Vial, L., Maudet, C., Luikart, G. 2003. Thirty-four polymorphic microsatellites for European roe deer. *Molecular Ecology Notes*, 3(4): 523–527.

Wang, M., Schreiber, A. 2001. The impact of habitat fragmentation and social structure on the population genetics of roe deer (*Capreolus capreolus* L.) in Central Europe. *Hereditas*, 86(6): 703–715.

Priloge

Priloga 1

Preglednica P1: Podatki o vzorcih srnjadi, vključenih v raziskavo

Table P1: Data of roe deer samples included in the research.

LME	Ime LUO	Datum odvzema	Mase, ko- rigirane na dan	Sta- rost	Št. CL	HL	X	Y	Q1	Q2	Q3
LME76	Gorenjsko	25. 10. 2013	13,518	1	2	0,327383	46,22751	14,4961	0,692	0,204	0,104
LME104	Gorenjsko	7. 9. 2013	12,293	1	0	0,308522	46,37074	14,35182	0,706	0,182	0,112
LME105	Gorenjsko	1. 12. 2013	11,578	1	1	0,451966	46,39787	14,3775	0,697	0,191	0,113
LME106	Gorenjsko	16. 9. 2013	8,929	1	0	0,543675	46,39003	14,65064	0,696	0,199	0,104
LME107	Gorenjsko	18.09.2013	9,959	1	0	0,322966	46,39911	14,67659	0,683	0,189	0,128
LME108	Gorenjsko	26. 11. 2013	14,502	1	0	0,325502	46,27295	14,61246	0,692	0,196	0,112
LME122	Gorenjsko	17. 9. 2014	12,944	1	2	0,247801	46,13737	14,4581	0,701	0,176	0,123
LME123	Gorenjsko	13. 10. 2014	11,837	1	2	0,619158	46,18229	14,4447	0,675	0,177	0,148
LME124	Gorenjsko	18. 9. 2014	13,459	1	2	0,581209	46,13748	14,48398	0,669	0,212	0,119
LME144	Gorenjsko	6. 10. 2014	10,731	1	2	0,362525	46,27295	14,61246	0,731	0,152	0,117
LME145	Gorenjsko	11. 12. 2014	15,729	1	1	0,351892	46,40803	14,65053	0,679	0,169	0,152
LME146	Gorenjsko	14. 9. 2014	12,899	2	2	0,611093	46,35423	14,71584	0,634	0,154	0,211
LME147	Gorenjsko	23. 12. 2014	14,91	1	1	0,256015	46,42472	14,35118	0,704	0,178	0,118
LME170	Gorenjsko	14. 9. 2014	11,399	1	2	0,231921	46,28125	14,44371	0,693	0,188	0,119
LME171	Gorenjsko	5. 9. 2014	9,763	1	2	0,244552	46,28125	14,44371	0,721	0,166	0,113
LME172	Gorenjsko	3. 9. 2014	13,232	1	2	0,163299	46,30818	14,43045	0,694	0,195	0,11
LME189	Gorenjsko	6. 9. 2014	12,778	1	2	0,233371	46,03651	14,14902	0,695	0,204	0,101
LME230	Gorenjsko	17. 10. 2015	11,397	1	1	0,176074	46,11709	14,09603	0,682	0,201	0,117
LME231	Gorenjsko	17. 10. 2015	12,897	1	1	0,377758	46,07278	14,18725	0,714	0,169	0,117
LME236	Gorenjsko	20. 10. 2015	13,443	1	1	0,424229	46,0815	14,14833	0,724	0,17	0,105
LME237	Gorenjsko	12. 10. 2015	13,322	1	1	0,380294	46,0726	14,16139	0,696	0,197	0,108
LME273	Gorenjsko	2. 9. 2015	11,217	1	1	0,266525	46,39607	14,10445	0,716	0,178	0,106
LME274	Gorenjsko	3. 9. 2015	14,232	1	2	0,409209	46,35109	14,10518	0,696	0,189	0,115
LME275	Gorenjsko	5. 9. 2015	14,263	1	2	0,364875	46,36887	14,0789	0,677	0,213	0,11
LME276	Gorenjsko	4. 9. 2015	10,474	1	1	0,334223	46,37818	14,11774	0,692	0,211	0,097
LME334	Gorenjsko	13. 9. 2015	7,383	1	0	0,159185	46,35426	14,72883	0,696	0,185	0,119
LME1446	Gorenjsko	2. 9. 2014	16,293	3-4	2	0,222191	46,22534	14,13315	0,686	0,194	0,12
LME1447	Gorenjsko	3. 9. 2014	17,064	5-7	2	0,311671	46,18026	14,1209	0,668	0,189	0,143
LME1461	Gorenjsko	17. 9. 2014	13,796	3-4	2	0,480367	46,0629	14,07106	0,712	0,168	0,12
LME1462	Gorenjsko	3. 9. 2014	13,232	8-9	2	0,43589	46,05401	14,08414	0,664	0,223	0,114
LME1463	Gorenjsko	3. 9. 2014	12,232	8-9	3	0,38896	46,04541	14,13596	0,699	0,193	0,108
LME1464	Gorenjsko	1. 10. 2014	13,656	3-4	2	0,239126	46,04551	14,14888	0,684	0,199	0,117
LME1465	Gorenjsko	6. 9. 2014	14,778	5-7	2	0,247801	46,05451	14,14874	0,657	0,207	0,136
LME1478	Gorenjsko	/	/	/	2	0,341735	46,39575	14,06544	0,65	0,216	0,134
LME1479	Gorenjsko	/	/	/	2	0,56411	46,38665	14,05259	0,718	0,187	0,096
LME88	Kamniško-Savinjsko	2. 11. 2013	16,139	1	2	0,117798	46,39956	15,01471	0,377	0,188	0,435
LME97	Kamniško-Savinjsko	17. 9. 2013	8,443	1	0	0,324155	46,27346	14,82005	0,375	0,21	0,416

Izvirni znanstveni članek

LME109	Kamniško-Savinjsko	16. 9. 2013	13,429	1	1	0,269061	46,19221	14,69076	0,341	0,197	0,461
LME113	Kamniško-Savinjsko	2. 10. 2014	15,671	1	2	0,673377	46,22861	14,9628	0,348	0,17	0,482
LME186	Kamniško-Savinjsko	1. 12. 2014	15,078	1	2	0,065896	46,38133	14,7677	0,343	0,244	0,413
LME194	Kamniško-Savinjsko	16. 9. 2014	8,429	1	1	0,321264	46,26429	14,72927	0,348	0,201	0,45
LME196	Kamniško-Savinjsko	13. 10. 2014	16,337	1	2	0,310807	46,30045	14,81996	0,349	0,204	0,447
LME197	Kamniško-Savinjsko	16. 9. 2014	9,429	1	1	0,314342	46,25542	14,79417	0,368	0,227	0,405
LME198	Kamniško-Savinjsko	20. 9. 2014	9,989	1	1	0,213977	46,17418	14,67791	0,352	0,261	0,388
LME199	Kamniško-Savinjsko	30. 9. 2014	15,14	1	2	0,312026	46,15622	14,69096	0,39	0,218	0,392
LME200	Kamniško-Savinjsko	14. 10. 2014	12,852	1	1	0,228975	46,16529	14,71681	0,377	0,175	0,449
LME207	Kamniško-Savinjsko	4. 9. 2014	8,247	1	0	0,24591	46,36328	14,74178	0,381	0,224	0,395
LME242	Kamniško-Savinjsko	10. 11. 2015	15,26	1	0	46,16515	14,66501	0,38	0,27	0,35	0,35
LME305	Kamniško-Savinjsko	6. 9. 2015	11,278	1	0	46,28239	14,78109	0,327	0,195	0,478	0,478
LME306	Kamniško-Savinjsko	4. 9. 2015	12,247	1	0	46,30051	14,8589	0,347	0,287	0,366	0,366
LME309	Kamniško-Savinjsko	6. 9. 2015	15,278	1	0	46,3275	14,85884	0,366	0,234	0,4	0,4
LME310	Kamniško-Savinjsko	3. 9. 2015	10,732	1	0	46,3093	14,74203	0,348	0,228	0,425	0,425
LME313	Kamniško-Savinjsko	3. 10. 2015	13,686	1	0	46,36347	14,84575	0,315	0,265	0,42	0,42
LME314	Kamniško-Savinjsko	9. 9. 2015	14,323	1	0	46,35446	14,83278	0,347	0,206	0,447	0,447
LME315	Kamniško-Savinjsko	4. 9. 2015	14,247	1	0	46,34544	14,81981	0,373	0,216	0,411	0,411
LME81	Kočevsko-Belokranjsko	3. 10. 2013	12,686	1	0	45,67975	15,04017	0,253	0,392	0,354	0,354
LME93	Kočevsko-Belokranjsko	6. 10. 2013	12,731	1	0	45,66173	15,07865	0,319	0,321	0,36	0,36
LME95	Kočevsko-Belokranjsko	8. 10. 2013	10,761	1	0	45,77858	14,80877	0,283	0,385	0,332	0,332
LME136	Kočevsko-Belokranjsko	18. 12. 2013	11,835	1	0	45,70674	15,04019	0,283	0,348	0,369	0,369
LME137	Kočevsko-Belokranjsko	25. 10. 2014	14,018	1	0	45,50878	15,05284	0,307	0,306	0,387	0,387
LME164	Kočevsko-Belokranjsko	5. 9. 2014	13,263	1	0	45,64377	15,00166	0,285	0,325	0,39	0,39
LME165	Kočevsko-Belokranjsko	6. 9. 2014	11,278	1	0	45,58975	15,07855	0,318	0,325	0,357	0,357
LME166	Kočevsko-Belokranjsko	1. 9. 2014	11,202	1	0	45,56276	15,0657	0,283	0,341	0,376	0,376
LME168	Kočevsko-Belokranjsko	6. 9. 2014	13,278	1	0	45,71573	15,06589	0,276	0,355	0,368	0,368
LME175	Kočevsko-Belokranjsko	20. 10. 2014	14,443	1	0	45,7421	14,61613	0,29	0,327	0,383	0,383
LME176	Kočevsko-Belokranjsko	20. 9. 2014	14,489	1	0	45,76026	14,66743	0,293	0,366	0,341	0,341

Izvirni znanstveni članek

LME125	Kočevsko-Belokranjsko	20. 12. 2014	19,865	1	0	45,93882	14,34396	0,231	0,415	0,354	0.354
LME126	Notranjsko	5. 11. 2014	14,185	1	0	45,94775	14,33096	0,281	0,394	0,325	0.325
LME142	Notranjsko	15. 9. 2014	13,414	1	0	46,02064	14,51089	0,232	0,498	0,27	0.27
LME318	Notranjsko	13. 9. 2015	14,383	1	0	45,92968	14,31828	0,268	0,372	0,36	0.36
LME319	Notranjsko	11. 9. 2015	12,353	1	0	45,86677	14,33193	0,281	0,453	0,266	0.266
LME320	Notranjsko	2. 10. 2015	15,671	1	0	45,66038	14,43704	0,25	0,475	0,275	0.275
LME321	Notranjsko	1. 9. 2015	11,202	1	0	45,77862	14,83449	0,259	0,492	0,249	0.249
LME322	Notranjsko	8. 9. 2015	13,308	1	0	45,64354	14,77075	0,274	0,441	0,285	0.285
LME323	Notranjsko	3. 9. 2015	14,232	1	0	45,63473	14,91187	0,214	0,53	0,256	0.256
LME324	Notranjsko	5. 9. 2015	11,263	1	0	45,64372	15,10428	0,254	0,367	0,379	0.379
LME325	Notranjsko	16. 9. 2015	12,429	1	0	45,59874	15,09138	0,292	0,46	0,248	0.248
LME326	Notranjsko	5. 10. 2015	10,716	1	0	45,5536	14,79672	0,242	0,573	0,185	0.185
LME1451	Notranjsko	15. 9. 2014	18,031	3-4	0	45,64128	14,24481	0,286	0,467	0,248	0.248
LME1452	Notranjsko	26. 12. 2014	16,956	3-4	0	45,64153	14,28329	0,2	0,601	0,199	0.199
LME1453	Notranjsko	31. 12. 2014	18,031	8-9	0	45,64128	14,24481	0,282	0,477	0,241	0.241
LME259	Notranjsko	21. 9. 2015	15,504	1	0	45,84157	15,1819	0,308	0,306	0,386	0.386
LME260	Novomeško	19. 9. 2015	17,474	1	0	45,84148	15,2334	0,31	0,234	0,456	0.456
LME261	Novomeško	4. 9. 2015	14,247	1	0	45,85055	15,19481	0,309	0,284	0,406	0.406
LME262	Novomeško	10. 10. 2015	14,792	1	0	45,87738	15,2722	0,33	0,252	0,418	0.418
LME263	Novomeško	26. 9. 2015	12,58	1	0	45,87754	15,1949	0,285	0,289	0,425	0.425
LME264	Novomeško	24. 10. 2015	16,503	1	0	45,89541	15,2594	0,316	0,267	0,417	0.417
LME265	Novomeško	22. 9. 2015	13,52	1	0	45,87735	15,28508	0,252	0,389	0,359	0.359
LME77	Pohorsko	9. 10. 2013	16,776	1	0	46,40805	15,33987	0,249	0,126	0,625	0.625
LME79	Pohorsko	14. 9. 2013	13,398	1	0	46,39836	15,52187	0,283	0,13	0,587	0.587
LME83	Pohorsko	8. 9. 2013	8,808	1	0	46,59748	14,96256	0,294	0,124	0,582	0.582
LME86	Pohorsko	6. 9. 2013	14,278	1	0	46,39805	15,58689	0,246	0,143	0,611	0.611
LME87	Pohorsko	2. 10. 2013	14,171	1	0	46,39805	15,58689	0,222	0,109	0,669	0.669
LME96	Pohorsko	13. 11. 2013	10,805	1	0	46,49771	15,43163	0,272	0,134	0,595	0.595
LME111	Pohorsko	7. 12. 2013	17,668	1	0	46,5795	15,01476	0,26	0,143	0,597	0.597
LME115	Pohorsko	29. 10. 2014	13,079	1	0	46,41704	15,33993	0,277	0,113	0,61	0.61
LME116	Pohorsko	28. 10. 2014	16,064	1	0	46,40805	15,33987	0,235	0,137	0,629	0.629
LME117	Pohorsko	18. 9. 2014	15,459	1	0	46,40809	15,32686	0,271	0,156	0,573	0.573
LME181	Pohorsko	5. 9. 2014	14,263	1	0	46,4443	15,23598	0,256	0,108	0,636	0.636
LME182	Pohorsko	16. 10. 2014	14,882	1	0	46,48023	15,26218	0,252	0,129	0,619	0.619
LME238	Pohorsko	20. 9. 2015	12,489	1	0	46,3808	15,4177	0,273	0,127	0,6	0.6
LME239	Pohorsko	2. 10. 2015	12,671	1	0	46,35361	15,46947	0,263	0,142	0,594	0.594
LME255	Pohorsko	10. 9. 2015	10,838	1	0	46,59749	14,97561	0,238	0,129	0,633	0.633
LME256	Pohorsko	9. 9. 2015	11,823	1	1	0,117798	46,59748	14,96256	0,25	0,135	0,615
LME257	Pohorsko	22. 9. 2015	11,02	1	1	0,294927	46,60648	14,96255	0,248	0,127	0,624
LME258	Pohorsko	21. 10. 2015	16,458	1	2	0,276705	46,58849	15,00171	0,268	0,145	0,587
LME290	Pohorsko	6. 10. 2015	12,231	1	1	0,309136	46,45267	15,44429	0,266	0,116	0,618
LME121	Pomursko	25. 10. 2015	17,518	1	1	0,269061	46,76384	16,02289	0,167	0,245	0,588
LME138	Pomursko	11. 12. 2014	13,729	1	2	0,120688	46,63743	16,07275	0,162	0,27	0,568
LME151	Pomursko	7. 12. 2014	15,668	1	2	0,462423	46,55476	16,24066	0,147	0,234	0,619
LME152	Pomursko	27. 11. 2014	17,017	1	2	0,480172	46,63468	16,33391	0,137	0,405	0,458
LME153	Pomursko	6. 12. 2014	17,153	1	2	0,46055	46,58243	16,17605	0,176	0,209	0,616
LME154	Pomursko	7. 12. 2014	16,168	1	2	0,276091	46,54576	16,24045	0,147	0,262	0,591
LME155	Pomursko	9. 12. 2014	21,199	1	2	0,377758	46,56332	16,27999	0,169	0,204	0,627

Izvirni znanstveni članek

LME156	Pomursko	7. 12. 2014	15,668	1	2	0,498896	46,54576	16,24045	0,143	0,254	0,603
LME281	Pomursko	17. 11. 2015	18,366	1	2	0,294927	46,57317	16,20194	0,168	0,236	0,596
LME282	Pomursko	1. 12. 2015	14,578	1	1	0,597969	46,56303	16,30607	0,149	0,311	0,54
LME283	Pomursko	2. 12. 2015	16,593	1	2	0,409209	46,57317	16,20194	0,129	0,187	0,684
LME284	Pomursko	8. 12. 2015	15,183	1	1	0,284416	46,56272	16,33215	0,189	0,196	0,615
LME285	Pomursko	18. 11. 2015	15,381	1	2	0,522001	46,63483	16,32086	0,149	0,225	0,626
LME286	Pomursko	15. 11. 2015	17,336	1	2	0,331277	46,56375	16,24086	0,152	0,303	0,546
LME287	Pomursko	7. 10. 2015	14,746	1	2	0,445181	46,83373	16,23396	0,15	0,23	0,62
LME288	Pomursko	17. 10. 2015	14,897	1	2	0,303238	46,85157	16,24749	0,148	0,262	0,59
LME289	Pomursko	22. 11. 2015	16,442	1	2	0,407686	46,83441	16,16843	0,15	0,219	0,631
LME120	Posavsko	21. 10. 2014	16,958	1	2	0,248801	45,98377	15,65992	0,254	0,347	0,399
LME141	Posavsko	9. 12. 2014	17,199	1	1	0,459888	45,92121	15,58183	0,268	0,318	0,413
LME243	Posavsko	6. 9. 2015	13,278	1	2	0,500193	46,01084	15,64733	0,239	0,328	0,434
LME244	Posavsko	7. 9. 2015	14,793	1	2	0,50776	45,99299	15,62131	0,313	0,348	0,339
LME245	Posavsko	12. 9. 2015	14,368	1	2	0,294927	45,98392	15,63411	0,272	0,367	0,361
LME246	Posavsko	13. 9. 2015	14,883	1	1	0,377758	46,00198	15,62141	0,257	0,358	0,385
LME247	Posavsko	27. 9. 2015	14,595	1	1	0,201796	45,99299	15,62131	0,258	0,413	0,329
LME248	Posavsko	3. 10. 2015	15,168	1	2	0,344681	45,98392	15,63411	0,243	0,388	0,369
LME134	Primorsko	18. 10. 2014	13,413	1	2	0,390389	45,85264	13,7269	0,19	0,74	0,07
LME139	Primorsko	25. 9. 2014	12,565	1	1	0,211733	45,74643	13,89639	0,257	0,649	0,094
LME140	Primorsko	16. 9. 2014	11,929	1	1	0	46,08548	13,63105	0,295	0,631	0,074
LME143	Primorsko	29. 9. 2014	12,125	1	1	0,463125	45,75567	13,92192	0,193	0,717	0,089
LME252	Primorsko	6. 9. 2015	12,279	1	2	0,314752	45,73791	13,94796	0,273	0,655	0,072
LME253	Primorsko	8. 9. 2015	11,308	1	2	0,237409	45,73791	13,94796	0,185	0,729	0,086
LME254	Primorsko	26. 9. 2015	10,58	1	2	0,137623	45,76442	13,89604	0,161	0,769	0,07
LME1428	Primorsko	29. 9. 2014	16,411	3-4	2	0,515138	45,71931	13,88408	0,173	0,727	0,1
LME1432	Primorsko	6. 10. 2014	18,731	5-7	0	0,231204	45,53735	13,69561	0,197	0,706	0,097
LME1438	Primorsko	29. 10. 2014	13,579	5-7	2	0,337537	45,83479	13,74018	0,188	0,735	0,077
LME1439	Primorsko	26. 9. 2014	16,58	3-4	2	0,251337	45,8525	13,71403	0,216	0,704	0,08
LME1440	Primorsko	3. 11. 2014	13,654	2	1	0,319282	45,80632	13,61216	0,175	0,746	0,079
LME1441	Primorsko	23. 10. 2014	13,458	3-4	2	0,49294	45,81516	13,59907	0,147	0,783	0,07
LME1442	Primorsko	25. 11. 2014	16,487	5-7	1	0,311807	45,82594	13,75325	0,195	0,739	0,066
LME1443	Primorsko	25. 9. 2014	13,565	8-9	2	0,429991	45,74643	13,89639	0,186	0,708	0,107
LME1444	Primorsko	5. 10. 2014	11,716	3-4	2	0,136374	45,73743	13,89657	0,203	0,667	0,13
LME1445	Primorsko	24. 9. 2014	13,55	2	1	0,299344	45,66534	13,88515	0,21	0,665	0,125
LME1449	Primorsko	21. 12. 2014	17,88	5-7	2	0,250898	45,59204	13,75843	0,173	0,753	0,074
LME1450	Primorsko	17. 12. 2014	18,819	5-7	2	0,36257	45,53735	13,69561	0,183	0,738	0,079
LME1454	Primorsko	27. 12. 2014	20,471	8-9	2	0,159185	45,87934	13,70053	0,24	0,667	0,094
LME1455	Primorsko	23. 12. 2014	20,91	2	2	0,351132	45,88774	13,64879	0,203	0,701	0,096
LME1459	Primorsko	21. 12. 2014	16,38	8-9	2	0,362167	45,75542	13,89621	0,172	0,743	0,085
LME1460	Primorsko	30. 11. 2014	14,563	2	2	0,670082	45,75567	13,92192	0,161	0,74	0,1
LME1466	Primorsko	23. 12. 2015	18,91	8-9	2	0,240135	45,59162	13,71999	0,174	0,751	0,075
LME1467	Primorsko	18. 12. 2015	20,835	3-4	2	0,239126	45,54734	13,78503	0,175	0,744	0,081
LME1468	Primorsko	5. 11. 2015	17,185	3-4	2	0,220762	45,59162	13,71999	0,176	0,748	0,076
LME1470	Primorsko	4. 10. 2015	19,701	3-4	2	0,387381	45,54734	13,78503	0,184	0,743	0,073
LME1471	Primorsko	26. 9. 2015	16,58	3-4	2	0,340428	45,7288	13,93528	0,161	0,767	0,072
LME1472	Primorsko	6. 9. 2015	18,278	3-4	2	0,356031	45,76479	13,9346	0,161	0,764	0,075
LME1473	Primorsko	6. 9. 2015	16,278	3-4	2	0,307558	45,71992	13,9483	0,18	0,733	0,087

Izvirni znanstveni članek

LME1477	Primorsko	/	/	/	2	0,329918	45,51979	13,73442	0,221	0,687	0,092
LME118	Ptujsko-Ormoško	27. 9. 2014	15,095	1	2	0,248155	46,50298	16,01798	0,129	0,078	0,792
LME135	Ptujsko-Ormoško	22. 11. 2014	18,442	1	2	0,328049	46,38372	16,24977	0,153	0,085	0,761
LME298	Ptujsko-Ormoško	25. 10. 2015	17,018	1	2	0,410824	46,46602	16,12145	0,131	0,113	0,755
LME299	Ptujsko-Ormoško	20. 10. 2015	15,943	1	1	0,309136	46,50309	16,00495	0,116	0,082	0,802
LME300	Ptujsko-Ormoško	24. 10. 2015	14,503	1	2	0,414471	46,46627	16,09542	0,122	0,108	0,771
LME184	Savinjsko-Kozjansko	10. 12. 2014	16,214	1	2	0,128902	46,29934	15,53391	0,409	0,115	0,476
LME203	Savinjsko-Kozjansko	30. 9. 2014	16,14	1	2	0,237409	46,23694	15,39067	0,367	0,129	0,503
LME205	Savinjsko-Kozjansko	30. 9. 2014	17,64	1	2	0,351892	46,25506	15,35189	0,446	0,136	0,418
LME217	Savinjsko-Kozjansko	13. 12. 2015	17,259	1	2	0,505224	46,31857	15,05364	0,397	0,126	0,477
LME221	Savinjsko-Kozjansko	6. 9. 2015	14,278	1	1	0,344626	46,32758	15,0017	0,443	0,132	0,426
LME222	Savinjsko-Kozjansko	7. 9. 2015	8,793	1	0	0,24591	46,36357	15,0017	0,415	0,126	0,458
LME225	Savinjsko-Kozjansko	11. 9. 2015	12,853	1	1	0,393945	46,36357	15,0017	0,408	0,127	0,465
LME241	Savinjsko-Kozjansko	24. 12. 2015	12,925	1	2	0,394503	46,0837	15,46717	0,404	0,12	0,476
LME249	Savinjsko-Kozjansko	8. 10. 2015	13,761	1	2	0,443602	46,1825	15,50686	0,414	0,142	0,444
LME250	Savinjsko-Kozjansko	20. 9. 2015	15,489	1	2	0,334168	46,26384	15,41681	0,382	0,14	0,478
LME251	Savinjsko-Kozjansko	12. 9. 2015	12,368	1	1	0,259259	46,29968	15,45602	0,438	0,128	0,434
LME270	Savinjsko-Kozjansko	2. 10. 2015	17,171	1	1	0,424229	46,23685	15,4166	0,403	0,109	0,488
LME271	Savinjsko-Kozjansko	26. 9. 2015	17,08	1	2	0,314051	46,22785	15,41654	0,402	0,122	0,476
LME277	Savinjsko-Kozjansko	6. 9. 2015	8,778	1	2	0,293918	46,36314	15,3136	0,373	0,15	0,477
LME278	Savinjsko-Kozjansko	11. 9. 2015	13,353	1	2	0,377567	46,30016	15,31324	0,361	0,138	0,501
LME280	Savinjsko-Kozjansko	8. 9. 2015	13,308	1	2	0,282745	46,29034	15,53382	0,411	0,152	0,438
LME84	Slovensko goriško	30. 10. 2013	16,094	1	1	0,310807	46,62229	15,70683	0,159	0,11	0,731
LME85	Slovensko goriško	1. 10. 2013	12,155	1	1	0,230912	46,65843	15,68117	0,168	0,112	0,72
LME112	Slovensko goriško	31. 12. 2013	16,531	1	2	0,409209	46,65835	15,69424	0,143	0,11	0,747
LME130	Slovensko goriško	19. 12. 2014	16,35	1	2	0,633156	46,56884	15,61482	0,17	0,115	0,716
LME131	Slovensko goriško	6. 11. 2014	16,7	1	1	0,689732	46,61382	15,61533	0,146	0,103	0,75
LME133	Slovensko goriško	22. 10. 2014	13,473	1	1	0,269061	46,64951	15,66799	0,14	0,134	0,726
LME211	Slovensko goriško	30. 11. 2014	12,563	1	2	0,414471	46,46911	15,74391	0,16	0,15	0,691

Izvirni znanstveni članek

LME212	Slovensko goriško	30. 11. 2014	14,063	1	2	0,135378	46,46884	15,78297	0,143	0,154	0,702
LME213	Slovensko goriško	11. 12. 2014	15,729	1	0	0,201796	46,46019	15,73076	0,152	0,095	0,753
LME317	Slovensko goriško	27. 10. 2015	16,549	1	1	0,385489	46,6675	15,66822	0,147	0,116	0,738
LME1474	Triglavsko	/	/	/	2	0,193363	46,44632	13,71315	0,391	0,328	0,281
LME1476	Triglavsko	18. 9. 2015	16,459	5-7	2	0,31116	46,45771	13,94722	0,415	0,328	0,257
LME173	Zasavsko	12. 9. 2014	17,368	1	2	0,579687	46,02163	14,89835	0,362	0,475	0,163
LME177	Zasavsko	24. 9. 2014	14,55	1	2	0,226782	46,1476	14,89813	0,371	0,446	0,183
LME226	Zasavsko	3. 9. 2015	14,232	1	2	0,361515	46,13853	15,157	0,422	0,389	0,189
LME227	Zasavsko	5. 9. 2015	15,763	1	1	0,063006	46,12952	15,16992	0,427	0,411	0,162
LME228	Zasavsko	5. 9. 2015	13,763	1	1	0,421281	46,12954	15,15697	0,369	0,436	0,194
LME291	Zasavsko	6. 12. 2015	12,153	1	2	0,187833	46,03929	14,70453	0,365	0,43	0,205
LME292	Zasavsko	19. 12. 2015	12,35	1	1	0,452615	46,02133	14,71754	0,365	0,458	0,177
LME293	Zasavsko	19. 12. 2015	14,501	1	1	0,294927	46,11124	14,69121	0,397	0,439	0,165
LME294	Zasavsko	19. 12. 2015	12,35	1	1	0,368467	46,05722	14,67858	0,37	0,468	0,162
LME296	Zasavsko	13. 12. 2014	16,759	1	1	0,294927	46,08431	14,71722	0,355	0,466	0,18
LME327	Zasavsko	26. 9. 2015	16,08	1	1	0,543177	46,15658	14,88516	0,454	0,373	0,173
LME328	Zasavsko	2. 10. 2015	12,171	1	1	0,145837	46,14756	14,85929	0,398	0,383	0,219

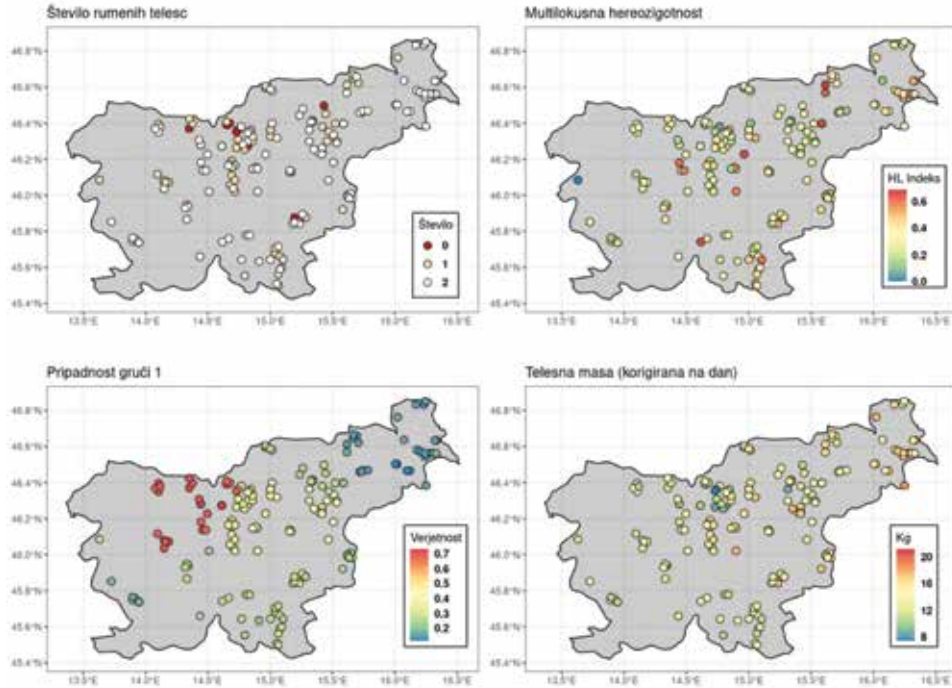
Priloga 2

Preglednica P2: Podroben opis 14-ih mikrosatelitnih lokusov. Za vsak lokus je navedeno: temperatura prileganja, razpon alelov (bp), ponovljen motiv, set in referenca. Navedene so oznake barvila, ki je bilo dodano mikrosatelitu v setu, da smo ga lahko kasneje ločili v programu Genemapper za določanje dolžin mikrosatelitov.

Table P2: Data of roe deer samples included in the research. detailed description of 14 microsatellite loci. For each locus the annealing temperature, the range of alleles (bp), the repeated motif, set and reference are given.

Lokus	Barvilo	T prileganja (°C)	Razpon alelov (bp)	Sekvenca 5' – 3'	Set	Referenca
BM1818	PET	54	247–263	AGCTGGGAATATAACCAAAGG AGTGCTTTCAAGGTCCATGC	1	(Vial in sod., 2003)
BM757	NED	54	158–211	TGGAAACAATGTAAACCTGGG TTGAGCCACCAAGGAACC	1	(Vial in sod., 2003)
CSSM66	FAM	54	167–185	ACACAAATCCTTTCTGCCAGCTGA AATTTAATGCACTGAGGAGCTTGG	1	(Roed, 1998)
NVHRT73	NED	55	210–267	CTTGCCCATTTAGTGTTTCT TGCGTGTCTATTGAATAGGAG	1	(Roed in Midthjell, 1998)
NVHRT24	FAM	55	110–150	TGTGGACTATAGGGAGC GTGTACAAAAAGTGATTGAGT	2	(Roed in Midthjell, 1998)
NVHRT48	PET	55	80–95	CGTGAATCTTAACCAGGTCT GGTCAGCTTCATTAGAAAC	2	(Roed in Midthjell, 1998)
NVHRT16	NED	55	151–175	ATTCTAAGCCCAAATAATCTT TCTAAGGGTCTGTGTCTT	2	(Roed in Midthjell, 1998)
RT1	FAM	54	210–245	TGCCTTCTTTCATCCAACAA CATCTCCCATCTCTTTAC	2	(Poetsch in sod., 2001)
MCM64	PET	63	123–153	TACAGTCCATGGGGTCACAAGAG TCTGAATCTACTCCCTCCTCAGAGC	3	(Roed, 1998)
Roe1	PET	45	131–133	AAATTTGGCTCTGCAATCGG ACACAAAAGCCACCCAATAC	3	(Vial in sod., 2003)
ETH225	NED	45	137–155	GATCACCTTGCCACTATTTCCT ACATGACAGCCAGCTGCTACT	3	(Vial in sod., 2003)
Roe8	FAM	45	59–101	AAGCCGCGCTGAAGGAG ATCAAGCTCCCTCTTCG	3	(Vial in sod., 2003)
MAF70	NED	63	117–155	GCAGGACTCTACGGGCTTGC CACGGAGTCACAAGAGTCAGACC	4	(Vial in sod., 2003)
NVHRT21	PET	57	152–178	GCAGCGGAGAGGAACAAAAG	4	(Roed in Midthjell, 1998)

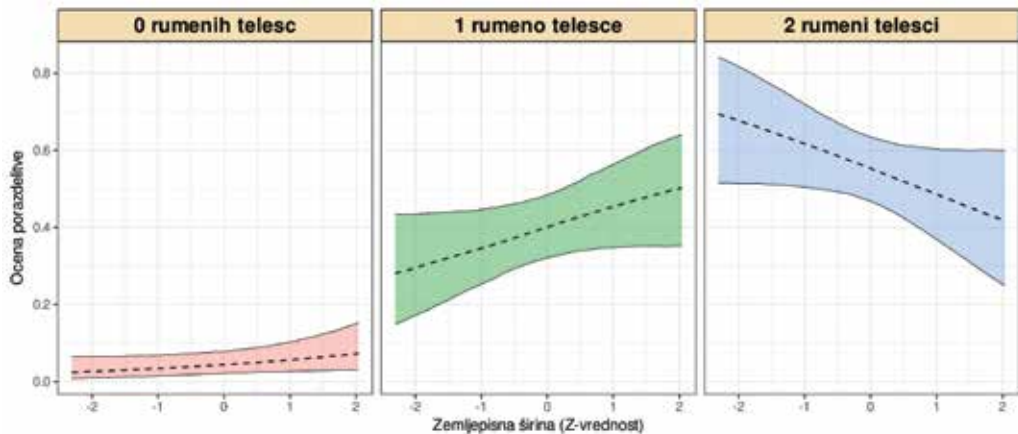
Priloga 3



Slika P1: Prostorska razporeditev uporabljenih spremenljivk v statističnih modelih

Figure P1: Spatial distribution of used variables in statistical models.

Priloga 4



Slika P2: Robni učinki modela za število rumenih teles v odvisnosti od zemljepisne širine

Figure P2: Model's marginal effect of the correlation between the number of corpora lutea and latitude.