

Genetska pestrost na osnovi porekla pri slovenskih
lokalnih pasmah do vključno leta 2016

Uredila
Špela Malovrh

Domžale, 2017

Genetska pestrost na osnovi porekla pri slovenskih lokalnih pasmah do vključno leta 2016

Uredila:

Špela Malovrh

Za vsebino in jezikovno pravilnost prispevkov so odgovorni avtorji.

Izdajo monografije sta podprla Ministrstvo za kmetijstvo in okolje v okviru Javne službe nalog genske banke v živinoreji in Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko.

Izdajatelj:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Prelom in priprava za tisk:

Špela Malovrh

Oblikovanje:

Špela Malovrh

Tisk:

Grafex d.o.o.

Naklada 100 izvodov

Domžale, 2017

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

636.1/.4:575.22(497.4)
636.7.043.7:575.22(497.4)

GENETSKA pestrost na osnovi porekla pri slovenskih lokalnih pasmah do vključno leta 2016 / uredila Špela Malovrh. – Domžale : Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, 2017

ISBN 978-961-6204-74-3
1. Malovrh, Špela, 1968–
292862720

Raznolikost ustvarja harmonijo in harmonija ustvarja lepoto, ravnotežje, obilje in mir v naravi in družbi, v kmetijstvu in kulturi, v znanosti in politiki.

Vandana Shiva

Kazalo

1 Slovenske lokalne pasme prašičev	3
1.1 Uvod	3
1.2 Material in metode	4
1.3 Rezultati in diskusija	5
1.3.1 Demografski opis referenčne populacije	5
1.3.2 Generacijski interval	8
1.3.3 Velikost družin	8
1.3.4 Popolnost porekla	10
1.3.5 Koeficient inbridinga in koeficient sorodstva	13
1.3.6 Povprečno sorodstvo	14
1.3.7 Prispevki prednikov in efektivno število prednikov	17
1.4 Zaključki	19
1.5 Viri	20
2 Slovenske lokalne pasme koz	21
2.1 Uvod	21
2.2 Material in metode	22
2.3 Rezultati in diskusija	23
2.3.1 Demografski opis referenčne populacije	23
2.3.2 Generacijski interval	25
2.3.3 Velikost družin	27
2.3.4 Popolnost porekla	28
2.3.5 Inbriding in sorodstvo	30
2.3.6 Povprečno sorodstvo	34
2.3.7 Prispevek prednikov in efektivno število prednikov	35
2.4 Zaključki	38
2.5 Viri	38
3 Slovenske lokalne pasme ovc	39
3.1 Uvod	39
3.2 Material in metode	40
3.3 Rezultati in diskusija	41
3.3.1 Demografski opis referenčne populacije	41
3.3.2 Generacijski interval	44
3.3.3 Velikost družin	46
3.3.4 Popolnost porekla	47

3.3.5	Inbriding in sorodstvo	51
3.3.6	Povprečno sorodstvo	58
3.3.7	Prispevek prednikov in efektivno število prednikov	59
3.4	Zaključki	63
3.5	Viri	65
4	Slovenske lokalne pasme goveda	67
4.1	Uvod	67
4.2	Material in metode	68
4.3	Rezultati in diskusija	69
4.3.1	Demografski opis referenčne populacije	69
4.3.2	Generacijski interval in velikost družin	70
4.3.3	Popolnost porekla	72
4.3.4	Koeficient inbridinga in sorodstva	74
4.3.5	Prispevek prednikov in efektivno število prednikov	77
4.4	Zaključki	85
4.5	Viri	86
5	Tri slovenske lokalne pasme konj	87
5.1	Uvod	87
5.2	Material in metode	89
5.3	Rezultati in diskusija	89
5.3.1	Demografski opis referenčne populacije	89
5.3.2	Generacijski interval in velikost družin	91
5.3.3	Popolnost porekla	93
5.3.4	Inbriding, sorodstvo in povprečna sorodnost	95
5.3.5	Prispevek prednikov in efektivno število prednikov	99
5.4	Zaključki	103
5.5	Viri	103
6	Kraški ovčar	105
6.1	Uvod	105
6.2	Material in metode	105
6.3	Rezultati in diskusija	106
6.3.1	Demografski opis referenčne populacije	106
6.3.2	Generacijski interval in velikost družin	107
6.3.3	Popolnost porekla	109
6.3.4	Koeficient inbridinga in sorodstva ter povprečno sorodstvo	111
6.3.5	Prispevki prednikov in efektivno število prednikov	113
6.4	Zaključki	115
6.5	Viri	115

Poglavje 1

Slovenske lokalne pasme prašičev

Špela Malovrh ^{1,2}, Tina Flisar ¹, Milena Kovač ¹

1.1 Uvod

V zadnjem času postajajo analize strukture porekla v populacijah vse bolj uporabno in uporabljano orodje, ki omogoča vpogled v genetsko ozadje in razvoj populacije. Na eni strani omogoča oceno stanja genetske raznolikosti v populaciji, oceno zastopanosti osnovalcev in prednikov, kot tudi oceno prispevka vnesenih genov iz tujih populacij, po drugi strani pa lahko rezultate izkoristimo za postopno spremembo stanja v ogroženih populacijah, saj lahko uravnotežimo prispevke prednikov v sklad genov populacije, poskušamo izenačiti velikost družin ter uporabiti primerno število čim manj sorodnih plemenjakov. V Sloveniji imamo poleg avtohtone pasme krškopoljski prašič še tri tradicionalne pasme prašičev: maternalni pasmi slovenski landrace - linija 11 in slovenski veliki beli prašič ter terminalno pasmo slovenski landrace - linija 55. Za krškopoljskega prašiča vodimo rodovniško knjigo od leta 1992, medtem ko za tradicionalne pasme že več kot 40 let.

Pasma slovenski landrace - linija 11 je srednje velika moderna mesnata pasma prašičev. Je bele barve, z visečimi ušes in z glavo z ravno nosno linijo. Telo ima dolgo in nekoliko zašiljeno (trapezaste oblike) na sorazmerno visokih tankih nogah. Pasma je podobna pasmi švedski landrace, ki je imela pri nastanku pasme slovenski landrace - linija 11 pomembno vlogo. Podobnost se ne kaže samo v videzu, ampak tudi v podobnih proizvodnih sposobnostih. Z uvozom plemenskih prašičev pasme švedski landrace iz Švedske v letu 1958 se pričela sodobna intenzivna reja prašičev v Sloveniji. Občasno smo uvozili genetski material iz Švedske, Norveške in Kanade, katerih populacije so tudi tesno povezane. Pasma smo poimenovali slovenski landrace - linija 11 v letu 2004. Plodnost pasme slovenski landrace - linija 11 je dobra. Svinje so dobre matere, izgube pujskov so manjše. Rast je srednje dobra in ravno tako mesnatost. Uporablja se kot maternalna pasma, kar pomeni, da je namenjena proizvodnji ženskih živali hibrida 12, ki so matere pitancem.

Živali pasme slovenski veliki beli prašič (22) so bele barve, imajo pokončna ušesa ter značilno ukrivljeno nosno linijo. Telo je dolgo in pravokotno oblikovano na dolgih nogah. Pasma je precej zahtevna glede rejskih razmer in prehrane. Pasma je poznana po dobri plodnosti (maternalna pasma), v gnezdu je v primerjavi s pasmo slovenski landrace - linija 11 pol živorojenega pujska manj, pujski pa so nekoliko bolj občutljivi. Tako so v čistopasemski reji sorazmerno velike izgube do odstavitve. Rast je dobra in zelo primerljiva s pasmo slovenski landrace - linija 11, mesnatost pa nekoliko boljša. Populacija je nastala na osnovi uvoza prašičev large white v letu 1967. Pri proizvodnji ženskih živali hibrida 12 nastopa v vlogi očetovske pasme. V letu 2004 smo jo poimenovali slovenski veliki beli prašič in je uvrščena na listo tradicionalnih pasem prašičev.

¹Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Groblje 3, 1230 Domžale

²E-pošta: spela.malovrh@bf.uni-lj.si

Tradicionalna pasma slovenski landrace - linija 55 je tudi bele barve. Prašiči imajo močnejšo glavo z relativno ravnim nosnim profilom in visečimi ušesi. Srednje dolg trup je širok s poudarjenimi plečkami in šunkami. Pasma je nastala na osnovi uvoza živali linije nemški landrace B. Pasma nemški landrace je nastala s križanjem avtohtonih nemških prašičev z belimi prašiči s pokončnimi ušesi v angleškem tipu. Za izboljšanje mesnatosti so pasmo oplemenjevali s pasmo belgijski landrace in tako je nastal nemški landrace B. V zadnjem času v Nemčiji pasmo selekcionirajo le kot maternalno. Pri nas pasmo slovenski landrace - linija 55 še vedno vzrejamo kot terminalno pasmo za uporabo v tro- (12 x 55) in štiripasemskem križanju (12 x 54). Pasma je v primerjavi z drugimi sodobnimi pasmami tipa landrace manj plodna. Za pasmo je značilna izredno dobra rast. Potomce lahko pitamo na večjo maso, a ima nekoliko slabšo mesnatost na račun večje zamaščenosti. Za doseg dobre mesnatosti je potrebno pitance genotipa, ki vsebuje to pasmo, krmiti restriktivno.

Krškopoljski prašič je v starejših zapisih v literaturi imenovan tudi kot črnopasasti, ali samo pasasti oziroma prekasti (tudi prekec). Ime pasme je vezano na jugovzhodni del Dolenjske, kjer se je pasma razvijala in ohranila vse do danes. Reja krškopoljskih prašičev je bila v preteklosti usmerjena v prirajo tekačev za prodajo. Reje so bile majhne in niso imele zadostnih površin, da bi lahko spitale prašiče. Kupljene tekače so kupci spitali za samooskrbo, zaželena je bila predvsem mast. Podobno težko je tudi dandanes kupiti pitanca krškopoljske pasme. Pasma se je razvijala v skromnih pogojih in je izrazito ekstenzivna. Posledica selekcije v takih razmerah so nekatere biološke značilnosti, ki pasmo odlikujejo: dobra prilagojenost na skromne razmere reje in prehrane, sposobnost izkoriščanja voluminozne krme, za skromne razmere zadovoljiva plodnost, dobre materinske lastnosti ter kakovost mesa in primernost za predelavo v suhomesnate izdelke.

Namen te študije je presoja genetske pestrosti v populacijah lokalnih pasem prašičev, pri čemer bomo uporabili različne parametre, ki merijo genetske raznolikosti v populaciji na osnovi porekla.

1.2 Material in metode

Podatke o poreklu prašičev smo dobili iz podatkovne zbirke centralne selekcijske službe v prašičereji na Katedri za znanosti o rejah živali, Enoti za prašičerejo, na Oddelku za zootehniko Biotehniške fakultete. Obsegali so oznako živali, spol, oznako očeta in matere, datum rojstva, izvor, lastnika ter datum izločitve. V analizo smo vključili štiri pasme: slovenski landrace - linija 11, slovenski veliki beli prašič, slovenski landrace - linija 55 ter pasmo krškopoljski prašič. Populacije so različno velike. Poreklo je zajemalo od 2411 živali pri krškopoljskem prašiču do 192339 živali pasme slovenski landrace - linija 11, od tega jih je bilo od 64 do 15313 brez obeh znanih staršev (tabela 1). Za analizo smo kot referenčno populacijo, ki naj bi okvirno predstavljala živečo populacijo, izbrali živali, rojene v letih 2013 do 2016.

Opis populacije na osnovi porekla obsega dva sklopa parametrov, prvi je demografski, drugi pa genetski. S pomočjo demografske analize opišemo strukturo in spreminjanje opazovane populacije, genetska analiza pa zajame razvoj in dinamiko sklada genov populacije. V okviru demografskega opisa bomo predstavili število moških in ženskih živali v populaciji, kako se to število spreminja s časom, generacijski interval ter povprečno velikost družin. Genetski opis populacije zajema popolnost porekla, koeficient inbridinga oziroma stopnja sorodstva ter zastopanost prednikov, ki so ali pa niso osnivalci populacije: ekvivalent popolnih generacij prednikov (Maignel in sod., 1996), ter tri mere, ki opišejo ohranjeno genetsko pestrost v populaciji: ekvivalent osnivalcev (Lacy, 1989) oz. efektivno število osnivalcev in efektivno število prednikov (Boichard in sod., 1997) ter ekvivalent osnivalskih genomov oz. efektivno število osnivalskih genomov (MacCluer in sod., 1986). Zelo dober parameter sorodstva v populaciji je povprečno sorodstvo (Dunner in sod., 1998), ki meri, koliko je posamezna žival v povprečju sorodna z vsemi ostalimi v celotni oz. živeči populaciji. Na osnovi povprečnega sorodstva lahko izbiramo živali, ki so v populaciji genetsko manj zastopane in s tem preprečujemo prehitro povečevanje koeficienta inbridinga in s tem izgubljanje alel iz sklada genov populacije.

Za izračun koeficientov inbridinga in koeficientov sorodstva, povprečnega sorodstva, ekvivalenta popolnih generacij, efektivnega števila osnivalcev in efektivnega števila prednikov smo se poslužili programskega paketa PEDIG (Boichard, 2002), ostale parametre pa smo izračunali s pomočjo statističnega paketa SAS (SAS Inst. Inc., 2012).

1.3 Rezultati in diskusija

1.3.1 Demografski opis referenčne populacije

Podatki o poreklu so obsegali od 2411 živali pri pasmi krškopoljski prašič do 192339 živali pasme slovenski landrace - linija 11 kot najštevilčnejše pasme (tabela 1) v celotnem obdobju. Pasma se med seboj razlikujejo tako v velikosti kot v številu let, ko se zanje vodi rodovniška knjiga oziroma imamo zanje podatke v bazi. Pri vseh pasmah je v poreklu določen delež živali, ki nimajo poznanih staršev. Pri krškopoljski pasmi je le-teh v poreklu 4.05 %. Najmanj jih je pri pasmi slovenski landrace - linija 55 (2.57 %) in največ pri pasmi slovenski landrace - linija 11 (8.04 %). Živali brez obeh poznanih staršev se v takih analizah obravnavajo kot osnivalci populacije.

Za referenčno populacijo smo izbrali živali, rojene v letih 2013 do 2016. V zadnjih letih je bilo vsega 100 živali zabeleženih pri pasmi slovenski landrace - linija 55, 813 živali pri pasmi slovenski veliki beli prašič, 1007 živali pri krškopoljskem prašiču ter okoli 3400 pri pasmi slovenski landrace - linija 11 (tabela 1). Zaradi različne velikosti populacij je različno tudi število staršev, katerih potomci so v referenčni populaciji. Pri pasmi slovenski landrace - linija 11 je bilo 79 očetov in 937 mater, pri pasmi slovenski veliki beli prašič je bilo očetov več (93), medtem ko je bilo mater manj (334).

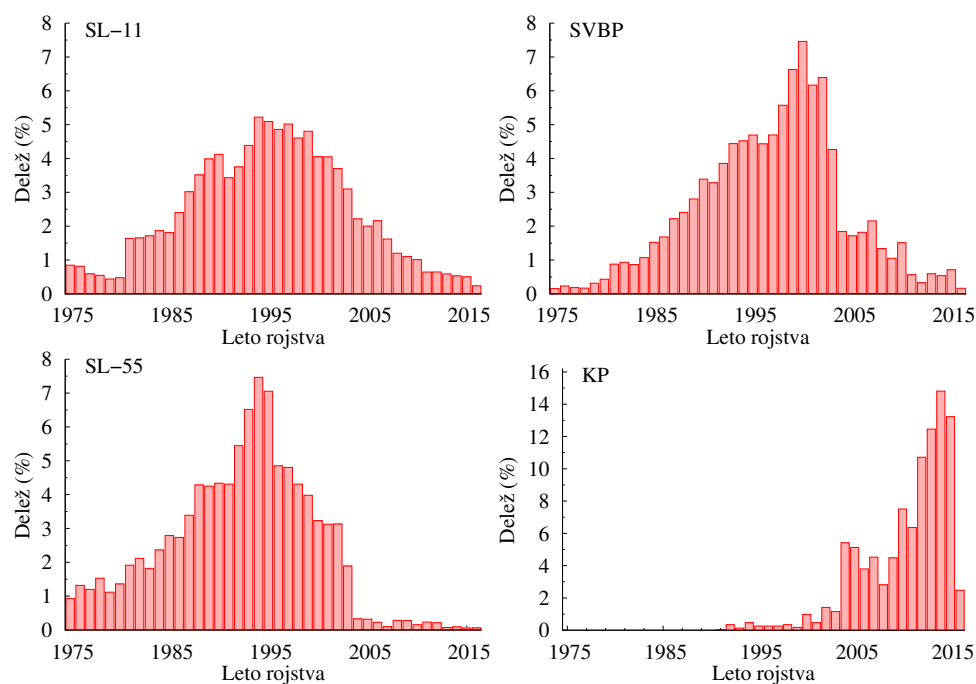
Tabela 1: Demografski opis v celotnem poreklu in v referenčni populaciji po pasmah

	Slovenski landrace - linija 11	Slovenski veliki beli prašič	Slovenski landrace - linija 55	Krškopoljski prašič
Število	192339	44570	35739	2411
Osnovalci	15313	2989	965	64
Delež ¹ (%)	7.96	6.71	2.70	2.65
Merjasci	50071	18005	18840	442
Svinje	142268	26565	16899	1969
Očetje	2947	2506	1064	189
Matere	46017	9682	6665	597
		Referenčna populacija (2013-2016)		
Število	3387	813	101	1007
Osnovalci	0	0	0	0
Merjasci	55	63	60	164
Svinje	3332	750	41	843
Očetje	79	93	16	95
Matere	937	334	25	310
Razmerje ²	11.86	3.59	1.56	3.26

¹ delež osnovalcev, ² razmerje med svinjami in merjasci, ki se pojavijo kot starši

Krškopoljski prašič sploh ni več najmanj številčna populacija v analizi, v zadnjih štirih letih je bilo 95 očetov in 310 mater. Najslabša je situacija pri pasmi slovenski landrace - linija 55 z le 16 očeti in 25 materami. Pasma imajo precej različno razmerje med svinjami in merjasci, ki se pojavljajo kot starši. Pri pasmi slovenski landrace - linija 11 je najširše (11.86), pri pasmi slovenski landrace - linija 55 pa najožje (1.56). V referenčni populaciji se že vrsto let ne pojavljajo več živali z neznanimi starši.

Slika 1 kaže, kako se je pri vseh štirih pasmah z leti spreminja število vpisanih v seznam živali. Ker so populacije različno velike oz. je število živali različno veliko (tabela 1), zaradi lažje primerljivosti prikazujemo število vpisanih v posameznem letu kot delež vpisov od skupnega števila živali z znanim datumom rojstva znotraj pasme. Pasmama slovenski landrace - linija 11 in slovenski landrace - linija 55 se velikost populacije povečuje do leta 1995, kasneje pa zmanjšuje. Posebno veliko zmanjšanje je doživela pasma slovenski landrace - linija 55, ki so jo v letu 2003 na farmah povsem opustili. Populacija pasme slovenski veliki beli prašič je bila največja okrog leta 2000, kasneje pa se tudi močno zmanjšuje. Krškopoljski prašič je edina pasma, ki se ji je število v zadnjih letih povečalo, vendar med leti kaže precejšnja nihanja.



Slika 1: Prirastek populacij po letih rojstva (SL-11 – slovenski landrace - linija 11, SVBP – slovenski veliki beli prašič, SL-55 – slovenski landrace - linija 55, KP – krškopoljski prašič)

1.3.2 Generacijski interval

Pri izračunu generacijskega intervala smo zajeli le potomce, ki so imeli tudi lastne potomce, pri čemer smo upoštevali celotno populacijo. Pasma slovenski landrace - linija 11, slovenski veliki beli prašič ter slovenski landrace - linija 55 se med sabo ne razlikujejo veliko v generacijskem intervalu (tabela 2). Merjasci imajo sinove v povprečju, ko so stari med 1.86 let (slovenski landrace - linija 11) in 2.20 let (krškopoljski prašič). Ob rojstvu hčera so merjasci stari med 1.76 let (slovenski landrace - linija 11) in 2.12 let (krškopoljski prašič). Tudi svinje so ob rojstvu potomcev najmlajše pri pasmi slovenski landrace - linija 11 in najstarejše pri pasmi krškopoljski prašič. Tako so svinje pri rojstvu sinov stare od 1.63 let (slovenski landrace - linija 11) do 2.79 let (krškopoljski prašič), pri hčerah pa med 1.88 let (slovenski landrace - linija 55) in 2.55 let (krškopoljski prašič). Krškopoljski merjasci se tako od merjascev ostalih pasem ne ločijo veliko, za tri mesece mlajši so edino merjasci pasme slovenski landrace - linija 11, so pa krškopoljske svinje v povprečju za dobrih 10 mesecev starejše ob rojstvu svojih potomcev kot svinje tradicionalnih pasem.

Tabela 2: Generacijski interval glede na spol staršev in potomcev¹

Pot prenosa genov	Št. staršev	Št. potomcev	GI ² (leto)	Št. staršev	Št. potomcev	GI (leto)
	Slovenski landrace - linija 11			Slovenski veliki beli prašič		
Oče - sin	544	1063	1.86	368	638	2.01
Oče - hči	1145	31807	1.76	732	5441	1.91
Mati - sin	862	960	1.63	583	6701	1.82
Mati - hči	19407	34185	1.94	3498	6715	1.94
	Slovenski landrace - linija 55			Krškopoljski prašič		
Oče - sin	278	515	2.03	63	141	2.20
Oče - hči	553	5291	1.88	100	500	2.12
Mati - sin	477	565	1.83	110	149	2.79
Mati - hči	3122	5883	1.88	262	539	2.51

¹ upoštevani le potomci, ki so imeli lastne potomce, ² generacijski interval

1.3.3 Velikost družin

Velikost družine, predvsem pa izenačenost velikosti, pomembno vpliva na zastopanost genov posameznih prednikov v populaciji, na efektivno velikost populacije in s tem na njeno možnost preživetja na daljši rok, če gre za ogroženo populacijo.

Velikost družin predstavljamo s številom potomcev za pare merjascev-svinja ter po merjascih in svinjah ločeno (tabela 3). Pri tem smo upoštevali le potomce z lastnimi potomci, saj le-ti prispevajo k prenosu genetskega materiala iz generacije v generacijo. Velika večina parov

Tabela 3: Velikost družin po pasmah¹

Pasma	Družina	Št.	Povpr.	SD	Maks.	Dd1 ²	Dp1 ³
Slovenski landrace - linija 11	Merj.-svinja	29638	1.31	0.65	10	76.9	58.7
	Merjasec	2301	16.90	29.89	272	34.5	2.0
	Svinja	22895	1.73	1.18	19	59.8	34.6
Slovenski veliki beli prašič	Merj.-svinja	7295	1.30	0.66	9	77.9	59.9
	Merjasec	2070	4.61	7.69	106	47.4	10.3
	Svinja	5420	1.76	1.34	20	61.4	34.9
Slovenski landrace - linija 55	Merj.-svinja	5226	1.31	0.65	8	76.9	59.2
	Merjasec	874	7.93	9.90	86	28.7	3.6
	Svinja	3594	1.92	1.44	14	54.1	28.1
Krškopoljski prašič	Merj.-svinja	396	1.85	1.19	7	52.0	28.1
	Merjasec	136	5.40	5.67	36	27.5	5.4
	Svinja	323	2.27	1.65	13	41.8	18.4

¹ upoštevani le potomci, ki so imeli lastne potomce, ² delež družin z enim potomcem, ³ delež potomcev iz družin z enim potomcem

pri vseh pasmah je imela le enega potomca, je pa takih parov v primerjavi z ostalimi vrstami rejnih živali (ovce, koze, govedo) manj. Parov z le enim potomcem je bilo med 52.0 % pri krškopoljskem prašiču in 76.9 % pri pasmi slovenski landrace - linija 11.

Večje število potomcev po enem paru je v primerjavi z ostalimi vrstami nekoliko pogostejše, maksimum pa znaša 7 pri krškopoljskem prašiču ter 10 pri pasmi slovenski landrace - linija 11. Pari so imeli v povprečju med 1.30 (slovenski veliki beli prašič) in 1.85 potomcev (krškopoljski prašič). Variabilnost velikosti družin je pri parih majhna, nekoliko odstopajo le pari pri krškopoljskem prašiču. Standardni odklon znaša od 0.65 potomcev pri pasmah slovenski landrace - linija 11 in slovenski landrace - linija 55 do 1.19 pri krškopoljski pasmi.

Merjascev, kot družin s potomci, je bilo med 136 pri krškopoljskem prašiču in 2301 pri slovenski landrace - liniji 11 (tabela 3), v skupnem pa 5381. V povprečju so imeli med 4.61 (slovenski veliki beli prašič) in 16.90 čistopasemskih potomcev (slovenski landrace - linija 11). Standardni odklon za velikost družin po merjascih pri vseh pasmah presega povprečje, kar kaže na precejšnjo neizenačenost v zastopanosti merjascev. Z le enim potomcem je od 28.7 % merjascev pri pasmi slovenski landrace - linija 55 do 47.4 % merjascev pri slovenskem velikem belem prašiču. Merjasci, ki so najbolj zastopani preko potomstva, pa so imeli med 36 (krškopoljski prašič) in 272 potomcev (slovenski landrace - linija 11), ki so imeli lastne potomce in tako poskrbeli za prenos genov z očeta na njegove vnuke.

Svinje imajo pričakovano manj potomcev, če jih primerjamo z merjasci, med 1.73 pri pasmi slovenski landrace - linija 11 in 2.27 pri krškopoljskem prašiču. Svinj z enim samim potomcem je od 41.8 % pri krškopoljskem prašiču do 61.4 % pri slovenskem velikem belem prašiču. Standardni odklon velikosti družine pri svinjah je pri vseh pasmah nekaj nad 1, kar pomeni, da so matere pri vrsti prašič v primerjavi z ostalimi vrstami nekoliko manj ena-

komerno zastopane, so pa svinje še vedno bistveno enakomerneje zastopane kot merjasci. Najdejo se pa tudi svinje, ki so imele blizu 20 potomcev, ki so poskrbeli za prenos njihovih genov v naslednjo generacijo.

Velika varianca v velikosti družine po merjascih zmanjšuje efektivno velikost populacije, saj v sklad genov populacije prispeva le določene živali, pri vseh ostalih živalih pa na prenos genov na potomce močno vpliva naključni tok genov, ki praviloma vodi v izgubljanje genov.

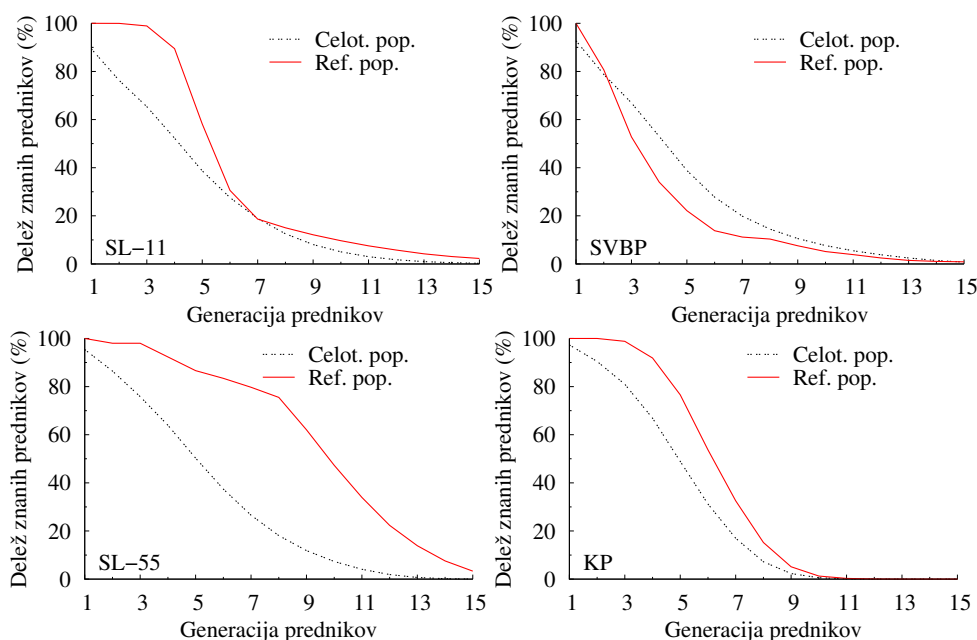
1.3.4 Popolnost porekla

Živali, rojene v letih 2013-2016, imajo v svojem poreklu pri pasmah slovenski landrace - linija 11 in slovenski veliki beli prašič znanih največ 29 oz. 26 generacij prednikov, pri pasmi slovenski landrace - linija 55 je poznanih največ 18 generacij, medtem ko je pri krškopoljskem prašiču znanih največ 14 generacij (tabela 4). Popolnost porekla je v referenčni populaciji v primerjavi s celotno populacijo boljša pri večini pasem (slika 2). V celotni populaciji imajo živali znane starše (prva generacija prednikov) med 89 % pri pasmi slovenski landrace - linija 11 in 97 % pri krškopoljskem prašiču, medtem ko ima tretjo generacijo znano med 65 in 81 % živali. V referenčni populaciji imajo živali pri vseh pasmah znana oba starša. Z izjemo pri pasmi slovenski veliki beli prašič je tretja generacija prednikov znana pri 99 % živali. V populacijo slovenskega velikega belega prašiča je bilo v zadnjih letih pripeljanih precej živali iz tujih populacij, v populacijo pasme slovenski landrace - linija 11 pa se uvažajo predvsem merjasci. Obema pasmama se to pozna pri popolnosti porekla: pri pasmi slovenski landrace - linija 11 se delež znanih prednikov po peti generaciji hitro zmanjša, pri slovenskem velikem belem prašiču pa je že v tretji generaciji delež znanih prednikov manjši kot v celotni populaciji.

Popolnost porekla ocenjujemo z ekvivalentom popolnih generacij prednikov, ki predstavlja povprečno število generacij prednikov, če bi bili v teh generacijah znani vsi predniki. Najbolj popolno poreklo imajo tako svinje kot merjasci pasme slovenski landrace - linija 55, kjer ima

Tabela 4: Ekvivalent popolnih generacij prednikov in povprečno število znanih prednikov v referenčni populaciji po spolu in pasmah

Parameter	Merjasci	Svinje	Merjasci	Svinje
	Slov. landrace - linija 11		Slov. veliki beli prašič	
Število	55	3332	63	750
Maks. št. gener. v poreklu	26	29	27	28
Ekvivalent popol. gener. predn.	3.96	5.62	3.93	3.42
Povpr. št. znanih prednikov	4148.9	13934.4	11545.9	11035.6
Parameter	Slov. landrace - linija 55		Krškopoljski prašič	
	Število	60	41	164
Maks. št. gener. v poreklu	20	19	14	14
Ekvivalent popol. gener. predn.	8.38	10.04	5.77	5.75
Povpr. št. znanih prednikov	6554.3	9153.0	217.9	215.3



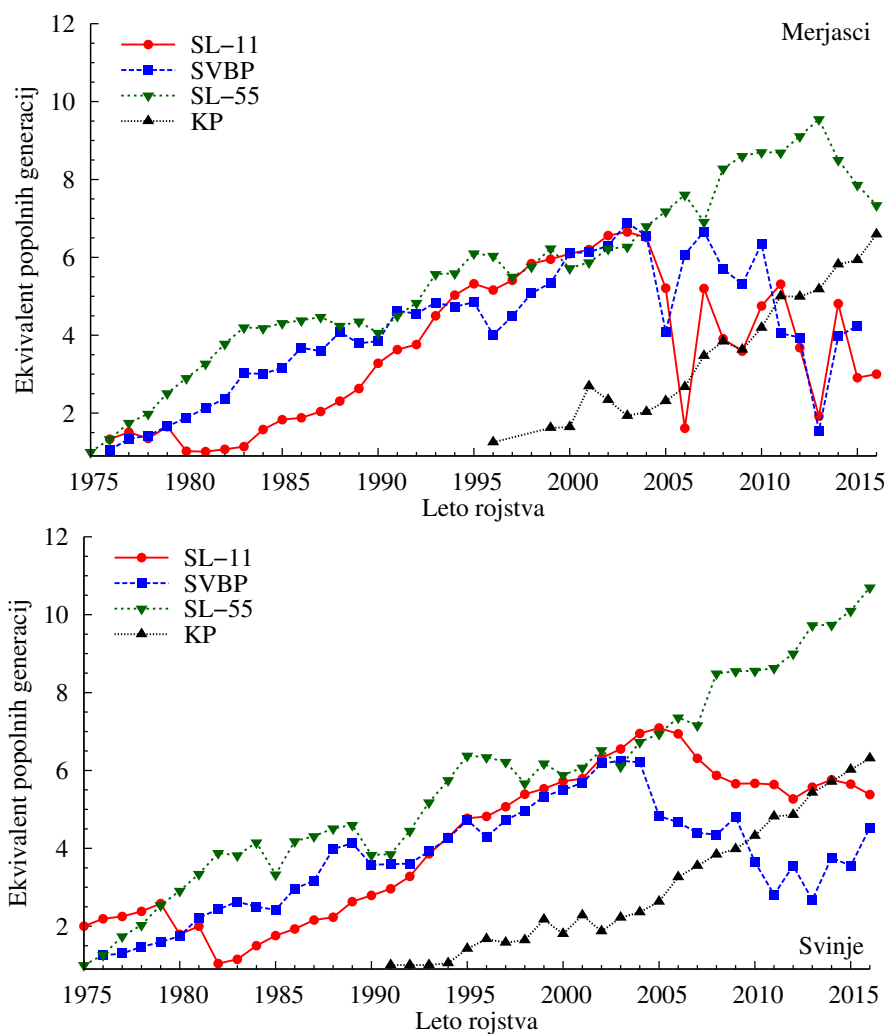
Slika 2: Delež znanih prednikov po generacijah prednikov v celotni in referenčni populaciji po pasmah (SL-11 – slovenski landrace - linija 11, SVBP – slovenski veliki beli prašič, SL-55 – slovenski landrace - linija 55, KP – krškopoljski prašič)

ekvivalent vrednost 8.38 oz. 10.04, najmanj popolno poreklo pa ima pasma slovenski veliki beli prašič, 3.93 pri merjascih in 3.42 pri svinjah (tabela 4). Pri pasmi slovenski veliki beli prašič se je uvažalo tako svinje kot merjasce, kar se odraža v ekvivalentu popolnih generacij.

Pri krškopoljskem prašiču imajo tako merjasci kot svinje v referenčni populaciji ekvivalent popolnih generacij blizu 6. Delež znanih prednikov pri krškopoljskem prašiču je za živali v referenčni populaciji v tretji generaciji 99 % in v peti generaciji 77 % (slika 2). Pri krškopoljski pasmi se ekvivalent popolnih generacij v primerjavi s predhodnimi analizami povečuje, medtem ko pri ostalih pasmah ostaja praktično enak oz. se celo zmanjšuje. Pri pasmi slovenski landrace - linija 11 imajo merjasci manjšo vrednost za ekvivalent popolnih generacij (3.96) kot svinje (5.62), kar je posledica nakupov merjascev iz drugih (sorodnih) populacij.

Ekvivalent popolnih generacij prednikov se z leti praviloma povečuje (slika 3), kar je opazno v celotnem obdobju pri pasmi slovenski landrace - linija 55 in krškopoljskem prašiču, tako pri svinjah kot merjascih. Pri pasmah slovenski landrace - linija 11 in slovenski veliki beli prašič se je v zadnjih letih ekvivalent popolnih generacij zmanjšal, sploh pri merjascih, kar je posledica vključitve uvoženih živali in njihovih prednikov v populacije. Pri krškopoljskem prašiču se, glede na relativno pozno uvedbo rodovniške knjige in s tem beleženja porekla v

primerjavi z ostalimi pasmami, pozna ta zamik. Konstantno povečevanje ekvivalenta popolnih generacij pa pomeni, da se postopoma izboljšuje popolnost porekla živalim, ki so rojene v zadnjih letih.



Slika 3: Ekvivalent znanih generacij prednikov po spolu, pasmah in letih rojstva (SL-11 – slovenski landrace - linija 11, SVBP – slovenski veliki beli prašič, SL-55 – slovenski landrace - linija 55, KP – krškopoljski prašič)

1.3.5 Koeficient inbridginga in koeficient sorodstva

V zajeti populaciji je bilo med 1773 inbridiranih živali pri krškopoljski pasmi in 79731 inbridiranih živali pri pasmi slovenski landrace - linija 11 (tabela 5). Povprečni inbridging pri inbridiranih živalih znaša med 1.16 % (slovenski landrace - linija 11) in 4.63 % (krškopoljski prašič). Pri krškopoljski pasmi bi pričakovali še večji inbridging v primerjavi z ostalimi tremi pasmami, a slabša popolnost porekla pri tej pasmi povzroča, da je koeficient inbridginga podcenjen. Najbolj inbridirane živali po pasmah imajo podoben koeficient inbridginga, ki znaša nad 25 %, najbolj inbridirano žival najdemo v populaciji slovenski veliki beli prašič, njen koeficient inbridginga znaša 37.50 %. Obe pasmi slovenski landrace in slovenski veliki beli prašič, ki imajo v poreklu znanih tudi 20 in več generacij prednikov, imajo med 39.1 in 62.3 % živali inbridiranih. Omenjene tri pasme imajo med inbridiranimi živalmi nad 90 % takih, ki imajo koeficient inbridginga manjši od 5 %. Pri krškopoljskem prašiču je sedaj 73.5 % živali inbridiranih, med inbridiranimi pa jih je več kot 20 % s koeficientom inbridginga nad 5 %. Pri krškopoljskem prašiču se s časom znatno povečujeta tako popolnost porekla kot tudi povprečni koeficient inbridginga.

Tabela 5: Porazdelitev za koeficient inbridginga po pasmah

Razred koef. inbridginga (%)	Število		Delež (%)	
	Slovenski landrace - linija 11		Slovenski veliki beli prašič	
$0 < x < 5$	79731	99.0	16775	96.3
$5 \leq x < 10$	421	0.52	533	3.1
$10 \leq x < 15$	249	0.31	66	0.38
$15 \leq x < 20$	16	0.02	8	0.05
$20 \leq x < 25$	2	0.002		
$25 \leq x < 30$	147	0.18	45	0.26
$35 \leq x < 40$			1	0.006
Skupaj	80556 ¹	41.8 ²	17428	39.1
Povprečje (%)	1.16		2.19	
Maksimum (%)	28.55		37.50	
	Slovenski landrace - linija 55		Krškopoljski prašič	
$0 < x < 5$	20659	92.7	1246	79.1
$5 \leq x < 10$	1552	7.0	427	15.0
$10 \leq x < 15$	57	0.26	44	2.9
$15 \leq x < 20$	2	0.009	12	0.28
$20 \leq x < 25$			1	0.06
$25 \leq x < 30$	4	0.018	42	2.8
$30 \leq x < 35$			1	0.06
Skupaj	22274	62.3	1773	73.5
Povprečje (%)	2.50		4.63	
Maksimum (%)	25.56		31.20	

¹ število inbridiranih živali, ² delež inbridiranih živali v populaciji

Tabela 6: Koeficient sorodstva v referenčni populaciji po pasmah

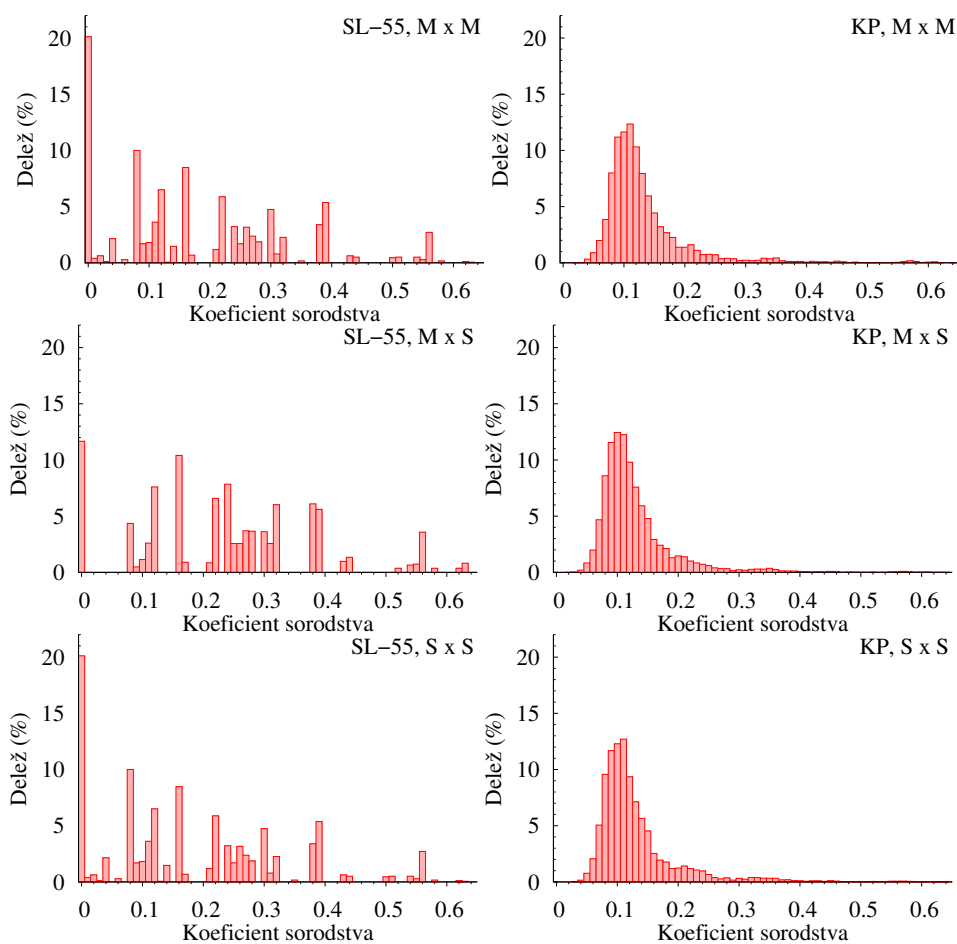
Par	Št. parov	Povpr.	Std. odklon	Maks.
Slovenski landrace - linija 11				
Merjasci med sabo	1485	0.0292	0.0916	0.545
Merjasci s svinjami	183260	0.0215	0.0637	0.750
Svinje med sabo	5549446	0.0551	0.0781	0.819
Slovenski veliki beli prašič				
Merjasci med sabo	1953	0.0492	0.1147	0.610
Merjasci s svinjami	47250	0.0274	0.0744	0.610
Svinje med sabo	280875	0.0286	0.0689	0.610
Slovenski landrace - linija 55				
Merjasci med sabo	1770	0.1776	0.1493	0.629
Merjasci s svinjami	2460	0.2352	0.1485	0.634
Svinje med sabo	820	0.3312	0.1298	0.634
Krškopoljski prašič				
Merjasci med sabo	13366	0.1337	0.0726	0.821
Merjasci s svinjami	138252	0.1298	0.0664	0.821
Svinje med sabo	354903	0.1301	0.0680	0.859

Koeficient inbridinga sicer pove, kako je posamezna žival inbridirana, ne pove pa sorodstva z drugimi živalmi. "Koeficient starševstva" (*les coefficient de parente*) - kot ga je definiral Malécot (1948) in ki ga angleško govoreči svet prevaja z *coancestry coefficient* oz. *kinship coefficient*, kar bi mi prevedli kot koeficient sorodstva - med potencialnimi starši je enak koeficientu inbridinga potomca tega para in povprečje koeficientov sorodstva predstavlja napoved za inbriding v naslednji generaciji. Minimalno povečanje inbridinga v naslednji generaciji je tudi osnova, kako izbrati pare staršev v malih populacijah, kakršna je krškopoljska pasma. Običajno pod pojmom koeficient sorodstva (*coefficient of relationship*) razumemo aditivni genetski koeficient sorodstva (Wright, 1922), ki pa predstavlja dvakratnik koeficienta inbridinga potencialnega potomca.

Koeficienti sorodstva med živalmi, rojenih v letih 2013 do 2016, so podani v tabeli 6. Rezultati so enako kot koeficient inbridinga pod vplivom nepopolnosti porekla in so v populacijah z manj globokimi rodovniki manj zanesljivo ocenjeni. Zaskrbljujoče so povprečne vrednosti (tabela 6) in pa porazdelitve za koeficient sorodstva (slika 4) pri pasmi slovenski landrace - linija 55, pa tudi pri krškopoljski pasmi opazamo hitro povečevanje v primerjavi s predhodnimi leti.

1.3.6 Povprečno sorodstvo

Povprečno sorodstvo (Dunner in sod., 1998) je zelo dober parameter za opis stanja v populaciji, saj meri, koliko je posamezna žival v povprečju sorodna z vsemi ostalimi v (živeči) populaciji. Na osnovi povprečnega sorodstva lahko izbiramo živali, ki so v populaciji genetsko manj zastopane in s tem preprečujemo prehitro povečevanje koeficienta inbridinga



Slika 4: Porazdelitev za koefficient sorodstva v referenčni populaciji pri pasmi slovenski landrace - linija 55 (levo) in krškopoljskem prašiču (desno)

in posledično tudi izgubljanje alel iz sklada genov populacije. Povprečno sorodstvo med živalmi, ki so rojene v letih 2013 do 2016, je podano v tabeli 7, slika 5 pa prikazuje porazdelitev za povprečno sorodstvo v referenčni populaciji po pasmah.

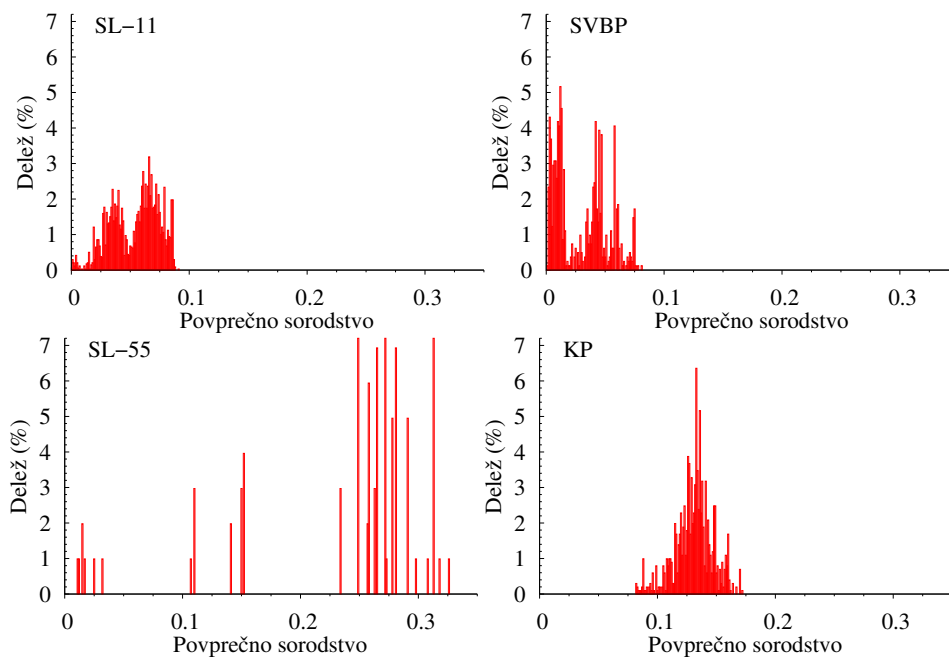
V referenčni populaciji je določen delež živali takih, ki so s populacijo manj sorodne in med temi se najdejo potencialni merjasci, ki bi bili lahko uporabljeni glede na manjšo sorodnost. Razpon vrednosti za povprečno sorodstvo v referenčni populaciji (tabela 7) se giblje med 0.0004 in 0.0912 z mediano pri 0.0588 pri pasmi slovenski landrace - linija 11. Pri pasmi slovenski veliki beli prašič je stanje nekoliko boljše. V bistveno slabši situaciji sta pasmi

slovenski landrace - linija 55 in krškopoljski prašič. Pri pasmi slovenski landrace - linija 55 je povprečje kar 0.2387, z razponom od 0.0106 do 0.3262, medtem ko je pri krškopoljskem prašiču povprečje pri 0.1310 (mediana 0.1326, razpon med 0.0817 in 0.1718).

Tabela 7: Povprečno sorodstvo v referenčni populaciji po pasmah

Pasma	Št.	Povpr.	SD ¹	Min.	Maks.	Me ²	KA ³
Slov. landrace - linija 11	3387	0.0543	0.0199	0.0004	0.0912	0.0588	-0.36
Slovenski veliki beli	813	0.0297	0.0219	0.0013	0.0808	0.0289	0.36
Slov. landrace - linija 55	101	0.2387	0.0790	0.0106	0.3262	0.2654	-1.70
Krškopoljski prašič	1007	0.1310	0.0156	0.0817	0.1718	0.1326	-0.40

¹ standardni odklon, ² mediana, ³ koeficient asimetričnosti



Slika 5: Porazdelitev za povprečno sorodstvo v referenčni populaciji po pasmah (SL-11 – slovenski landrace - linija 11, SVBP – slovenski veliki beli prašič, SL-55 – slovenski landrace - linija 55, KP – krškopoljski prašič)

1.3.7 Prispevki prednikov in efektivno število prednikov

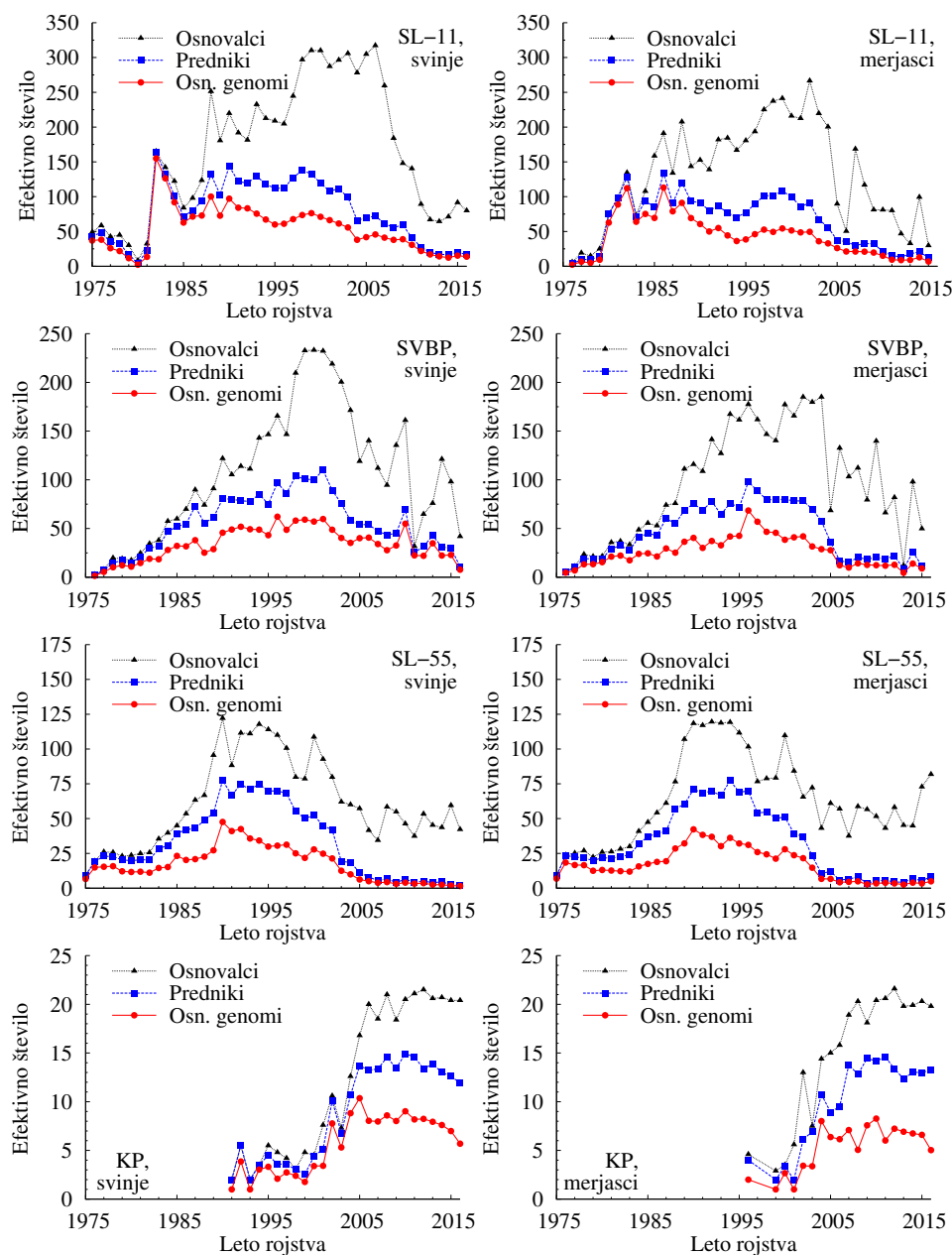
V populacijah je med 38 pri merjascih pasme krškopoljski prašič in 1091 živali pri svinjah pasme slovenski landrace - linija 11, ki jih lahko smatramo za osnovalce (tabela 8). Razlike med pasmami so precejšnje, saj so tudi populacije precej različno velike, predvsem pa se precej razlikuje njihova zgodovina (slika 6). Efektivno število osnovalcev se za svinje in merjasce pri pasmi krškopoljski prašič praktično ne razlikuje. Merjasci pri pasmah slovenski landrace - linija 11 in slovenski landrace - linija 55 imajo večje efektivno število osnovalcev kot svinje, medtem ko imajo svinje pasme slovenski veliki beli prašič večje efektivno število osnovalcev kot merjasci. Efektivno število prednikov je pri vseh pasmah pričakovano manjše od efektivnega števila osnovalcev, kar so na splošno dokazali Boichard in sod. (1997). Efektivno število prednikov pri pasmi slovenski landrace - linija 11 je le še četrtnina od efektivnega števila osnovalcev, pri pasmi slovenski veliki beli prašič ena tretjina, pri krškopoljski pasmi nad polovico, medtem ko je pri merjascih pasme slovenski landrace - linija 55 ena sedmina in pri svinjah te pasme le dobra desetina (tabela 8).

Efektivno število prednikov pri krškopoljski pasmi je 13.0 pri merjascih in 13.2 pri svinjah in se je v primerjavi s predhodnimi analizami ni bistveno zmanjšalo. Pri pasmi slovenski landrace - linija 55 ima sedanja populacija v primerjavi z analizami izpred nekaj leta precej manjše efektivno število prednikov, vsega 10.0 pri merjascih in 5.3 pri svinjah. Razlike med efektivnim številom osnovalcev in efektivnim številom prednikov kažejo na neenakomerno zastopanost genov prednikov, na kar smo opozorili tudi pri velikosti družin.

Tabela 8: Zastopanost osnovalcev, prednikov in osnovalskih genomov pri merjascih in svinjah v referenčni populaciji

Parameter	Za merjasce	Za svinje	Za merjasce	Za svinje
	Slov. landrace - linija 11		Slov. veliki beli prašič	
Število ¹	55	3332	63	750
Število osnovalcev	707	1091	475	713
Efekt. št. osnovalcev (f_e)	127.5	92.9	83.6	131.8
Efekt. št. prednikov (f_a)	38.7	23.4	28.0	43.8
Efekt. št. osn. genomov (N_g)	21.4	18.1	15.6	33.7
N_{50} ²	16	9	11	17
C_{max} ³ (%)	7.7	10.0	9.5	7.5
	Slov. landrace - linija 55		Krškopoljski prašič	
Število	60	41	164	843
Število osnovalcev	249	195	38	39
Efekt. št. osnovalcev (f_e)	69.2	48.2	20.3	20.7
Efekt. št. prednikov (f_a)	10.0	5.3	13.0	13.2
Efekt. št. osn. genomov (N_g)	5.4	3.0	7.3	7.8
N_{50}	4	2	5	5
C_{max} (%)	19.3	29.3	14.9	14.2

¹ število živali v referenčni populaciji z znanimi starši, ² število prednikov, ki skupaj prispevajo 50 % v sklad genov populacije, ³ največji robnik prispevek prednika



Slika 6: Efektivno število osnovalcev, prednikov in osnovalskih genomov po letih rojstva po pasmah in spolih (SL-11 – slovenski landrace - linija 11, SVBP – slovenski veliki beli prašič, SL-55 – slovenski landrace - linija 55, KP – krškopoljski prašič)

Efektivno število prednikov pokaže tudi na ozka grla (Boichard in sod., 1997), ki so pomemben vzrok izgubljanja genov iz genetskega sklada populacije. Efektivno število osnovalskih genomov poleg ozkih grl upošteva tudi naključni tok genov (MacCluer in sod., 1986), zato je njegova vrednost pričakovano še manjša od efektivnega števila prednikov. Efektivno število osnovalskih genomov je 21.4 pri merjascih in 18.1 pri svinjah pasme slovenski landrace - linija 11 (tabela 8), pri pasmi slovenski veliki beli prašič je večje pri svinjah (33.7) kot pri merjascih (15.7) ter vsega 5.4 pri merjascih in 3.0 pri svinjah pasme slovenski landrace - linija 55. Krškopoljska pasma z 7.3 (merjasci) in 7.8 (svinje) sploh ni na zadnjem mestu.

Vse tri populacije tradicionalnih pasem prašičev so pred letom 2000 imele precej večja efektivna števila osnovalcev, prednikov in osnovalskih genomov (slika 6). Od kar pa je z rejo svinj prenehala večina velikih slovenskih prašičerejskih farm, so se populacije močno zmanjšale. Populaciji krškopoljskega prašiča se pozitivno pozna vnos živali pasme *sattelschwein* ter pristop četrte izvorne reje v letu 2003. Ker se populacija povečuje, se med leti 2005 in 2010 efektivni števili prednikov in osnovalskih genomov bistveno ne slabšata (slika 6). V zadnjih letih pa sta se pričeli zmanjševati obe omenjeni efektivni števili, kar kaže na bolj neuravnotežene prispevke, kot so bili pred leti.

Število prednikov, ki v sklad genov populacije skupno prispevajo 50 % (tabela 8), je pri merjascih med 4 (slovenski landrace - linija 55) in 16 (slovenski landrace - linija 11) ter pri svinjah med 2 (slovenski landrace - linija 55) in 17 (slovenski veliki beli prašič). Največji posamični prispevek imajo pri vseh pasmah pričakovano merjasci in znaša pri merjascih med 7.7 % pri pasmi slovenski landrace - linija 11 in 19.3 % pri pasmi slovenski landrace - linija 55. Tudi pri svinjah so merjasci tisti z največjim posamičnim prispevkom, ki znaša med 9.5 % pri pasmi slovenski veliki beli prašič in kar 29.3 % pri pasmi slovenski landrace - linija 55.

1.4 Zaključki

Populacije tradicionalnih slovenskih pasem prašičev imajo poreklo poznano precej generacij, saj imamo zanje podatke v podatkovni zbirki za več kot 35 let. Pri avtohtoni pasmi krškopoljski prašič je bilo spremljanje porekla vzpostavljeno v začetku 90-ih let prejšnjega stoletja, tako da je znano bistveno manj generacij prednikov, a se ekvivalent popolnih generacij prednikov z leti izboljšuje.

Povprečni koeficient inbridginga pri treh tradicionalnih pasmah je majhen in glede na popolnost porekla zanesljivo ocenjen, inbridiranih pa je več kot 90 % živali. Pri pasmi slovenski landrace - linija 55 je koeficient sorodstva v referenčni populaciji vse večji. Pasma krškopoljski prašič ima zaradi nepoznanega porekla iz preteklosti koeficient inbridginga kot tudi koeficient sorodstva verjetno precej podcenjen.

Efektivno število prednikov se razlikuje tako med pasmami kot med merjasci in svinjami znotraj pasme. Pasma slovenski landrace - linija 55 ima v primerjavi s krškopoljskim prašičem že manjše efektivno število prednikov, posamični prispevki prednikov pa so večji. Problematična postaja tudi pasma slovenski veliki beli prašič.

Merjasci so praktično pri vseh pasmah neenakomerno zastopani, kar prispeva k manjšemu učinkovitemu številu prednikov in posledično k izgubljanju genov iz sklada genov populacije. Posebej izrazito je to pri pasmi slovenski landrace - linija 55. Če jo želimo ohraniti, bo nujno potrebno zmanjševati sorodstvo v populaciji.

1.5 Viri

- Boichard D. 2002. PEDIG: a fortran package for pedigree analysis suited for large populations. V: Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, 2002-08-19/23. Castanet-Tolosan, INRA, 32: 525–528.
- Boichard D., Maignel L., Verrier E. 1997. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genet. Sel. Evol.*, 29: 5–23.
- Dunner S., Checa M.L., Gutiérrez J.P., Martín J.P., Cañón J. 1998. Genetic analysis and management in small populations: the Asturcon pony as an example. *Genet. Sel. Evol.*, 30: 397–405.
- Lacy R.C. 1989. Analysis of founder representation in pedigrees: Founder equivalents and founder genome equivalents. *Zoo Biol.*, 8: 111–123.
- MacCluer J.W., VandeBerg J.L., Read B., Ryder O.A. 1986. Pedigree analysis by computer simulation. *Zoo Biol.*, 5: 147–160.
- Maignel L., Boichard D., Verrier E. 1996. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. V: Proceedings of the Interbull Meeting, Veldhoven. International Bull Evaluation Service, 15: 49–54.
- Malécot G. 1948. *Les mathématiques de l'hérédité*. Pariz, Masson et Cie: 65 str.
- SAS Inst. Inc. 2012. *The SAS System for Linux, Release 9.4*. Cary, NC.
- Wright S. 1922. Coefficients of inbreeding and relationship. *Am. Nat.*, 56: 330–338.

Poglavje 2

Slovenske lokalne pasme koz

Špela Malovrh ^{1,2}, Tina Flisar ¹, Jurij Krsnik ¹, Mojca Simčič ¹

2.1 Uvod

Analize strukture porekla v populacijah postajajo vse bolj uporabno in uporabljano orodje, ki omogoča vpogled v genetsko ozadje in razvoj populacije, saj na eni strani omogoča oceno stanja genetske raznolikosti v populaciji, oceno zastopanosti osnovalcev in prednikov, kot tudi oceno prispevka vnesenih genov iz tujih populacij, po drugi strani pa lahko rezultate analiz uporabimo za postopno spremembo stanja v ogroženih populacijah, saj lahko uravnotežimo prispevke prednikov v sklad genov populacije, poskušamo izenačiti velikost družin, v sezoni pripustov uporabiti primerno število čim manj sorodnih plemenjakov.

Sanska pasma spada med evropske, alpske pasme koz in je izrazito mlečna pasma. Ime je dobila po reki in dolini Saane v Švici, od koder tudi izvira. Znano je, da je švicarska sanska pasma sodelovala pri oplemenjevanju domačih (predvsem belih) pasem koz povsod po Evropi, zato poznamo več sanski kozi podobnih pasem, kot sta francoska sanska pasma in bela nemška plemenita pasma ter tudi slovenska sanska pasma. Slovenska sanska koza je nastala z oplemenjevanjem domačih koz (domača križana koza in bela balkanska koza) s sansko kozo. Z uvozom plemenskih kozlov in semena elitnih francoskih samcev so se naše domače koze približale tipu sanske koze.

Tudi srnasta koza spada med evropske alpske pasme koz in je izrazito mlečna pasma. V literaturi zasledimo opis francoske srnaste pasme, švicarske srnaste pasme in nemške srnaste pasme. Med seboj se razlikujejo predvsem v obarvanosti in nekoliko v velikosti okvirja, sicer pa velja, da srnasta koza izvira iz Alp. Francoska srnasta pasma je nastala s križanjem domače alpske koze s kozli iz Švice. Slovenska srnasta pasma je nastala z oplemenjevanjem vseh obarvanih koz s kozli ali semenom srnastih pasem, po izvoru iz Nemčije in Francije. Pasma je namenjena za prirejo mleka in je primerna tako za pašno rejo na strmih površinah kot tudi za hlevsko rejo.

Drežniška pasma koz je edina ohranjena avtohtona pasma koz v Sloveniji. Izvira iz Zgornjega Posočja. Pasma je dobila ime po vasi Drežnica. Ta pasma je izrazito pašna in zelo primerna za ekstenzivne pogoje reje. Zaradi omejitve reje koz v preteklosti, deloma pa tudi pospeševanja uporabe pasem koz z večjo prirejo, so rejci težko prišli do ustreznih plemenjakov. Na današnjo populacijo drežniške pasme so deloma vplivali tudi kozli drugih pasem. To se najbolj vidno odraža v obarvanost koz, ki je zelo pestra. Za samce in nekatere samice je značilna močno razvita brada. Na vratu se pogosto pojavljajo zvončki. Živali so robustne in z močnimi kostmi. Pasma je bila uradno priznana leta 2000.

¹Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Groblje 3, 1230 Domžale

²E-pošta: spela.malovrh@bf.uni-lj.si

Namen te študije je presoja genetske pestrosti na osnovi porekla slovenskih lokalnih pasem koz, pri čemer bomo uporabili različne mere genetske raznolikosti v populaciji.

2.2 Material in metode

Podatke o poreklu slovenskih pasem koz hrani in vzdržuje Seleksijska služba za drobnico v okviru Katedre za znanosti o rejah živali, Enote za drobnico, na Oddelku za zootehniko Biotehniške fakultete. Za analizo smo uporabili zapise, ki so obsegali oznako živali, pasmo, spol, oznako očeta in matere, datum rojstva, rejca ter izvor. V analizo smo vključili tri pasme: slovensko srnasto, sansko kozo ter drežniško kozo. Populacije so različno velike, številčno najmanjša populacija je pri pasmi drežniška koz. Poreklo je tako zajemalo 8594 živali srnaste pasme, 3660 živali sanske pasme ter 1886 živali drežniške pasme, od tega jih je bilo 1889, 873 oziroma 471 brez obeh znanih staršev. Za analizo smo kot referenčno populacijo, ki naj bi okvirno predstavljala živečo populacijo, izbrali živali, rojene v letih 2012 do 2016.

Opis populacije na osnovi porekla obsega dva sklopa parametrov, prvi je demografski, drugi pa genetski. S pomočjo demografske analize opišemo strukturo in spreminjanje opazovane populacije, genetska analiza pa zajame razvoj in dinamiko sklada genov populacije. V okviru demografskega opisa bomo predstavili število moških in ženskih živali v populaciji, kako se to število spreminja s časom, generacijski interval ter povprečno velikost družin. Genetski opis populacije zajema popolnost porekla, koeficient inbridinga oziroma stopnja sorodstva ter zastopanost prednikov, ki so ali pa niso osnovalci populacije, ekvivalent popolnih generacij prednikov (Maignel in sod., 1996), ki opiše popolnost porekla, ter tri mere, ki opišejo ohranjeno genetsko pestrost v populaciji: ekvivalent osnovalcev (Lacy, 1989) oz. efektivno število osnovalcev in efektivno število prednikov (Boichard in sod., 1997) ter ekvivalent osnovalskih genomov oz. efektivno število osnovalskih genomov (MacCluer in sod., 1986). Zelo dober parameter, ki opisuje sorodstvo v populaciji je povprečna sorodnost (Dunner in sod., 1998), ki meri, koliko je posamezna žival v povprečju sorodna z vsemi ostalimi v (živeči) populaciji. Na osnovi povprečne sorodnosti lahko izbiramo živali, ki so v populaciji genetsko manj zastopane in s tem preprečujemo prehitro povečevanje koeficienta inbridinga in s tem izgubljanje alel iz sklada genov populacije.

Za izračun koeficientov inbridinga in sorodstva, ekvivalenta popolnih generacij, efektivnega števila osnovalcev, prednikov ter ekvivalenta osnovalskih genomov smo se poslužili programskega paketa PEDIG (Boichard, 2002), ostale parametre pa smo izračunali s pomočjo statističnega paketa SAS (SAS Inst. Inc., 2012).

Tabela 1: Demografski opis v celotnem poreklu in v referenčni populaciji po pasmah

	Slovenska srnasta koza	Slovenska sanska koza	Drežniška koza
Celotni podatki o poreklu			
Število	8594	3660	1886
Kozli	801	433	221
Koze	7793	3227	1665
Osnovalci	1889	873	471
Delež ¹ (%)	22.0	23.9	25.0
Referenčna populacija (2012–2016)			
Število	1402	727	518
Kozli	139	58	79
Koze	1263	669	439
Očetje	116	52	33
Matere	766	419	309
Razmerje ²	6.60	8.06	9.36
Osnovalci	83	12	26
Delež ¹ (%)	5.9	1.7	5.0

¹ delež osnovalcev, ² razmerje med kozami in kozli, ki se pojavijo kot starši

2.3 Rezultati in diskusija

2.3.1 Demografski opis referenčne populacije

Podatki o poreklu so obsegali od 1886 živali drežniške pasme in 8594 živali srnaste pasme kot številčnejše pasme med slovenskimi lokalnimi pasmami koz (tabela 1). Pri vseh pasmah je v poreklu precejšen delež živali, ki nimajo poznanih staršev: pri srnasti pasmi je takih v poreklu 22.0 %, več jih je pri ostalih dveh pasmah, 23.9 % pri sanski in 25.0 % pri drežniški pasmi. V primerjavi s predhodno analizo se je delež osnovalcev pri vseh treh pasmah zmanjšal, a se je število osnovalcev povečalo. Kot osnovalce populacije se v tovrstnih analizah obravnavajo živali brez poznanih obeh staršev.

Za referenčno populacijo smo izbrali živali, rojene v petletnem obdobju med letoma 2012 in 2016. Le-teh je bilo pri srnasti pasmi 1402, pri sanski pasmi 727 ter 518 pri drežniških kozah (tabela 1). Zaradi različne velikosti populacij je različno tudi število staršev, katerih potomci so v referenčni populaciji. Pri srnasti je bilo tako 116 očetov in 766 mater, pri sanski pa 52 očetov in 419 mater. Pri drežniški kozi je število staršev manjše kot pri ostalih dveh pasmah, očetov je bilo 33, mater pa 309. Razmerje med kozami in kozli, ki se pojavljajo kot starši, je bilo pri drežniški najširše (9.36), pri sanski 8.06 ter najožje (6.60) pri srnasti pasmi. V primerjavi s preteklimi analizami se je število očetov pri srnasti pasmi povečalo, pri sanski pasmi pa prepolovilo.

V referenčni populaciji se pojavlja 5.9 oziroma 1.7 % živali brez znanih staršev pri snasti in sanski pasmi ter primerljivo tudi pri drežniški pasmi (5.9 %). V primerjavi s predhodnimi analizami se stanje izboljšuje pri drežniški kozi, medtem ko je pri snasti in sanski tokrat

Tabela 2: Število živali v poreklu glede na leto rojstva po pasmah

Leto	Slovenska snasta koza	Slovenska sanska koza	Drežniška koza
1981		1	
1982		1	
1983	1	1	
1984	6	3	
1985	17	6	
1986	25	7	
1987	32	17	
1988	118	53	2
1989	148	75	1
1990	220	107	4
1991	257	97	6
1992	344	113	16
1993	331	111	17
1994	313	104	21
1995	285	99	34
1996	344	80	41
1997	229	79	33
1998	281	107	27
1999	286	74	42
2000	182	50	52
2001	192	78	74
2002	188	68	75
2003	273	37	95
2004	256	92	102
2005	403	100	82
2006	279	88	69
2007	258	145	123
2008	366	140	110
2009	288	190	109
2010	248	163	95
2011	322	123	103
2012	293	95	112
2013	242	188	108
2014	330	112	113
2015	302	155	82
2016	235	177	103

osnovalcev več. Pojavljanje osnovalcev v referenčni populaciji kaže na to, da so populacije odprte (vključevanje živali iz novih tropov v kontrolo v zadnjih letih, kot tudi migracija - nakupi - plemenjakov iz sorodnih pasem).

Najstarejša zabeležena žival z znanim datumom rojstva je bila rojena v letu 1981, in sicer pri sanski pasmi (tabela 2). Pred letom 1987 je bilo, ne glede na pasmo, zajetih zelo malo živali. Pri drežniški pasmi so bile najstarejše živali rojene v letu 1988. Pri vseh pasmah vidimo, da se z leti - z nekaj nihanja - število v poreklo zajetih živali povečuje. Letni prirastek pri srnasti pasmi v zadnjih letih šteje okrog 300 žival, pri sanski 150 ter pri drežniški pasmi okrog 100 živali. Zadnje leto, tokrat leto 2016, še niso vse rojene živali v tem letu, vpisane v seznam živali. Kljub povečevanju v zadnjih letih so vse tri populacije maloštevilne.

2.3.2 Generacijski interval

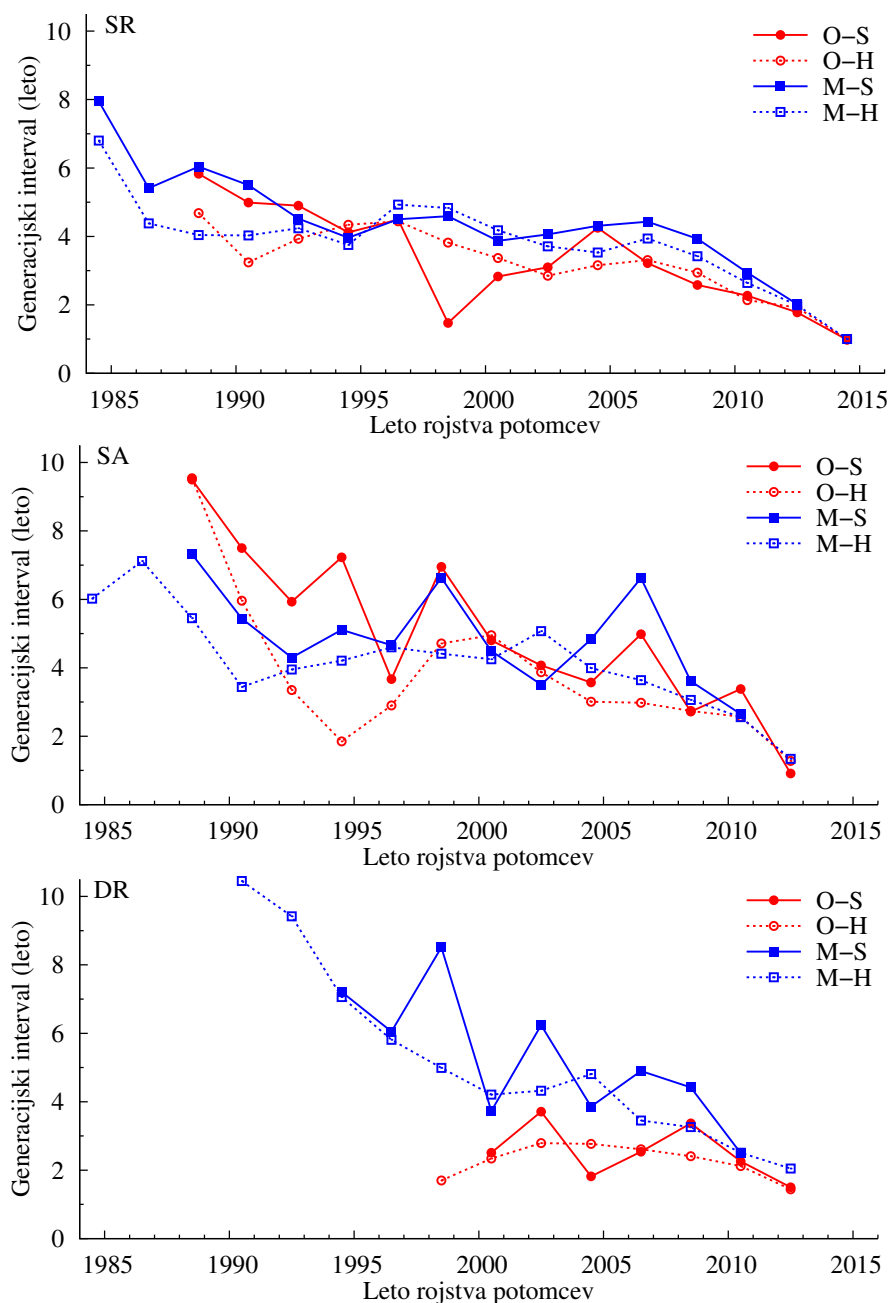
Pri izračunu generacijskega intervala smo zajeli le potomce, ki so imeli tudi lastne potomce, pri čemer smo upoštevali celotno populacijo. Pasma se med sabo razlikuje v generacijskem intervalu, razlikujejo pa se tudi kozli in in koze znotraj pasem (tabela 3). Kozli imajo v primerjavi s kozami pri srnasti in drežniški pasmi prej potomce, medtem ko pri sanski pasmi kasneje. Pri vseh treh pasmah imajo potomke po očetu in po materi krajši interval kot moški potomci. Pri srnasti pasmi je generacijski interval pod 4 leta pri poti prenosa genov oče - sin in oče - hči, pri poti mati - sin pa generacijski interval znaša 4.37 let. Pri sanski pasmi je generacijski interval med 3.88 let za pot mati - hči in 5.56 let pri poti oče - sin. Kozli drežniške pasme imajo potomce zelo mladi, v povprečju imajo sinove pod 2.6 let starosti in hčere pri 2.4 letih, medtem ko so koze bolj primerljive s kozami ostalih dveh pasem.

Tabela 3: Generacijski interval (GI) glede na spol staršev in potomcev po pasmah¹

Pot prenosa genov	Starši	Potomci	GI (leto)	Starši	Potomci	GI (leto)
Slovenska srnasta koza			Slovenska sanska koza			
Oče - sin	105	171	3.59	46	76	5.17
Oče - hči	200	2057	3.54	92	712	3.95
Mati - sin	169	177	4.36	69	78	4.95
Mati - hči	1357	2113	4.06	516	786	3.98
Drežniška koza						
Oče - sin	29	46	2.65			
Oče - hči	63	301	2.51			
Mati - sin	59	62	4.81			
Mati - hči	350	490	4.68			

¹ upoštevani le potomci, ki so imeli lastne potomce

Pri vseh treh pasmah se, ne glede na spol staršev in potomcev, generacijski interval s časom skrajšuje (slika 1). Zelo kratek generacijski interval - pod 2 leti - v zadnjih letih je posledica tega, da so starši, ki imajo v teh letih potomce, še živi in bodo potomstvo še imeli. Pri srnasti in sanski pasmi v generacijskem intervalu med očeti in materami ni zelo velikih razlik, medtem ko imajo pri drežniški kozi matere potomce večinoma eno leto kasneje kot očetje.



Slika 1: Dolžina generacijskega intervala glede na spol staršev in potomcev po pasmah in letih rojstva potomcev (SR – slovenska srnasta koza, SA – slovenska sanska koza, DR – drežniška koza, O – oče, S – sin, H – hči, M – mati)

2.3.3 Velikost družin

Velikost družine, predvsem pa izenačenost velikosti, pomembno vpliva na zastopanost genov posameznih prednikov v populaciji, na efektivno velikost populacije in s tem na njeno možnost preživetja na daljši rok, če gre za ogroženo populacijo. Velikost družin predstavljamo s številom potomcev za pare kozel - koza ter po kozlih in kozah ločeno (tabela 4). Pri tem smo upoštevali le potomce z lastnimi potomci, saj le-ti prispevajo k prenosu genetskega materiala iz generacije v generacijo.

Velika večina parov pri vseh pasmah je imela le enega potomca. Takih parov je med 83.6 % pri srnasti pasmi in 93.2 % pri drežniški pasmi. Večje število potomcev po enem paru je zelo redko. Pari so imeli v povprečju med 1.09 (drežniška pasma) in 1.20 potomcev (srnasta pasma). Variabilnost velikosti družin je pri parih majhna, standardni odklon znaša od 0.37 potomcev pri drežniški do 0.50 potomcev pri srnasti pasmi.

Kozlov, kot družin s potomci, je bilo največ pri srnasti pasmi (453) in najmanj (72) pri drežniški pasmi (tabela 4). V povprečju so imeli srnasti kozli 5.79, sanski 4.15 ter drežniški 5.24 potomcev. Standardni odklon za velikost družin po kozlih pri vseh pasmah dosega oziroma presega povprečje, kar kaže na veliko neizenačenost družin. Z le enim potomcem je 20.8 % drežniških kozlov, medtem ko je takih 47.5 % srnastih in 52.7 % sanskih kozlov. Kozli, ki so najbolj zastopani preko potomstva, so imeli 76 (srnasta pasma), 40 (sanska pasma) ter 18 potomcev (drežniška pasma). Ti potomci so preko lastnih potomcev poskrbeli za prenos genov od starega očeta na vnuke.

Koze imajo v primerjavi s kozli pričakovano precej manj potomcev, med 1.45 (sanska pasma) in 1.49 (srnasta pasma). Koz z enim samim potomcem je bilo med 69.4 % pri srnastih in 71.1 % pri sanskih kozah. Standardni odklon velikosti družine po kozah je pri vseh pasmah

Tabela 4: Velikost družin po pasmah¹

Pasma	Družina	Št.	Povpr.	SD ²	Maks.	DelID1 ³	DelPI ⁴
Slovenska srnasta koza	Kozel - koza	2094	1.20	0.50	6	83.6	69.7
	Kozel	453	5.79	9.63	76	47.5	8.2
Slovenska sanska koza	Koza	1808	1.49	0.94	9	69.4	46.5
	Kozel - koza	962	1.16	0.42	4	86.5	74.6
Drežniška koza	Kozel	281	4.15	6.26	40	52.7	12.7
	Koza	812	1.45	0.87	7	71.1	49.0
Drežniška koza	Kozel - koza	340	1.09	0.37	4	93.2	84.7
	Kozel	72	5.24	4.53	18	20.8	4.0
	Koza	392	1.47	0.89	6	69.9	47.5

¹ upoštevani le potomci, ki so imeli lastne potomce, ² standardni odklon, ³ delež družin z enim potomcem (%), ⁴ delež potomcev iz družin z enim potomcem (%)

pod 1, kar pomeni, da so koze veliko enakomernejše zastopane v primerjavi s kozli. Se pa seveda najdejo tudi rekorderke s po 9 potomci, ki so poskrbeli za prenos in razširitev njihovih genov.

Velika varianca v velikosti družine po očetih zmanjšuje efektivno velikost populacije, saj v sklad genov populacije prispeva le nekaj živali, pri vseh ostalih živalih pa na prenos genov na potomce močno vpliva naključni tok genov, ki praviloma vodi v izgubljanje genov. Pri očetih bi bilo potrebno paziti, da bo njihov doprinos v sklad genov enakomernejši.

2.3.4 Popolnost porekla

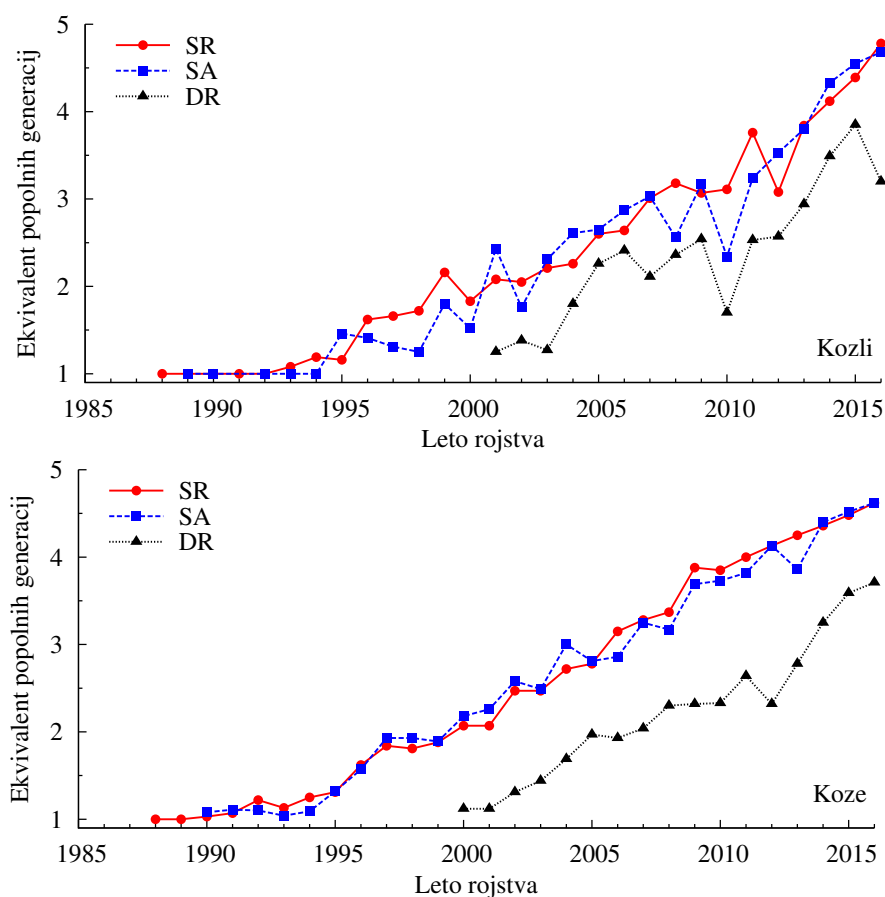
Živali, rojene v letih 2012 do 2016, imajo v svojem poreklu največ 8 do 12 znanih generacij prednikov (tabela 5). Popolnost porekla ocenjujemo z ekvivalentom popolnih generacij prednikov, ki predstavlja povprečno število generacij prednikov, če bi bili v teh generacijah znani vsi predniki, pri čemer se upoštevajo le živali, ki imajo znana oba starša v prvi generaciji. Pri kozlih v referenčni populaciji je ekvivalent popolnih generacij znašal med 3.09 pri drežniški in 4.17 pri srnasti pasmi. Ti kozli imajo v povprečju med 27.1 pri drežniški in 72.8 znanih prednikov pri srnasti pasmi, kar je zelo malo. Če bi bilo poreklo popolno do 8 oz. 12 generacije, bi živali imele 510 oz. 8190 znanih prednikov.

Pri kozah je ekvivalent popolnih generacij nekoliko večji kot pri kozlih in se giblje med 3.10 pri drežniški in 4.36 pri srnasti pasmi, so pa pri obeh spolih nizke vrednosti. Rezultati so lahko posledica vključevanja novih tropov v zadnjih letih, katerih živali so bile v glavnem brez znanih prednikov. Koze v referenčni populaciji imajo v povprečju med 27.2 (drežniška pasma) in 72.7 poznanih prednikov (srnasta pasma), kar je praktično enako kot pri kozlih, vendar so to majhne vrednosti.

Tabela 5: Ekvivalent popolnih generacij prednikov in povprečno število znanih prednikov v referenčni populaciji po spolu in pasmah

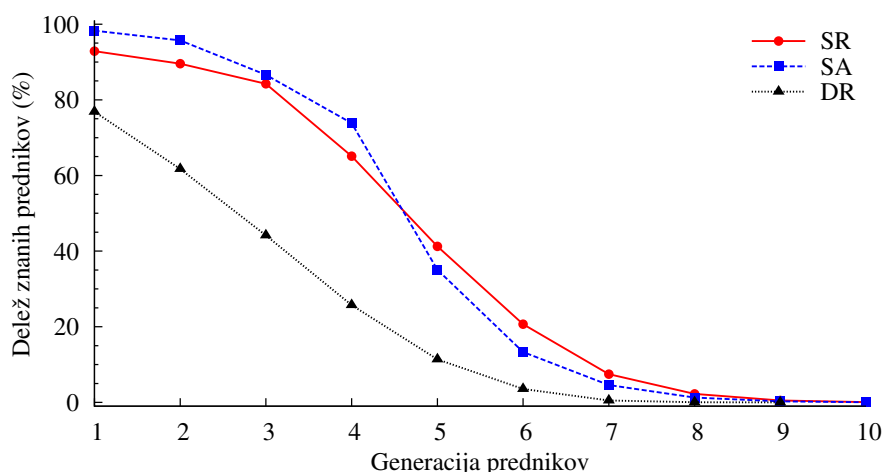
Parameter	Kozli		Koze	
	Slov. srnasta koza	Slov. sanska koza	Drežniška koza	Srnasta koza
Število ¹	137	1148	58	657
Maks. število generacij v poreklu	12	12	11	11
Ekvivalent popolnih generacij prednikov	4.17	4.36	4.16	4.30
Povprečno število znanih prednikov	72.8	72.7	54.6	58.2
Število	49	255		
Maks. število generacij v poreklu	8	8		
Ekvivalent popolnih generacij prednikov	3.09	3.10		
Povprečno število znanih prednikov	27.1	27.2		

¹ število živali z znanima staršema



Slika 2: Ekvivalent popolnih generacij prednikov po letih glede na spol in pasmo (SR – slovenska srnasta koza, SA – slovenska sanska koza, DR – drežniška koza)

Pri vseh pasmah je opazno, da se ekvivalent popolnih generacij prednikov z leti povečuje (slika 2). Srnasta in sanska pasma imata pri kozah precej podoben potek povečevanja ekvivalenta popolnih generacij, pri kozlih pa je nekaj več nihanja pri sanski pasmi, kar je deloma lahko tudi posledica njihovega manjšega števila. Drežniška pasma ima živali, ki imajo poznane starše šele od leta 2000 naprej, ko se je zanjo pričela voditi rodovniška knjiga. Pri drežniških kozah je letni trend povečevanja ekvivalenta popolnih generacij podoben kot pri kozah srnaste in sanske pasme, le da vrednost zaostaja nekaj več kot eno generacijo. Pri drežniških kozlih je bilo v letu 2010 zajetih le pet živali, ki imajo ekvivalent popolnih gene-



Slika 3: Popolnost porekla po generacijah prednikov v referenčni populaciji po pasmah (SR – slovenska srnasta koza, SA – slovenska sanska koza, DR – drežniška koza)

racij pod 1.5, kar se z vrednostjo okrog 2.5 v letih pred in po vidi kot občuten padec. Tudi v letu 2016 imajo drežniški kozli ekvivalent popolnih generacij za 0.65 manjši v primerjavi s predhodnim letom.

Delež znanih prednikov po generacijah za živali, rojene v zadnjih petih letih, se med pasmami razlikuje (slika 3). Pri drežniških pasmi je v prvi generaciji (starši) znanih pod 77 % prednikov, v drugi generaciji (stari starši) 62 % ter v tretji (stari stari starši) le še 44 % prednikov. Pri sanski pasmi je v prvi generaciji znanih 98 %, pri srnasti pa 93 % prednikov. Sanska pasma ima vse do pete generacije več znanih prednikov kot srnasta, od pete generacije naprej pa se delež znanih prednikov hitreje zmanjšuje pri sanski pasmi.

2.3.5 Inbriding in sorodstvo

V zajeti populaciji je bilo 1629 inbridiranih živali srnaste pasme, 693 inbridiranih živali sanske pasme ter le 243 inbridiranih živali drežniške pasme (tabela 6). Tako je bilo pri srnasti pasmi 19.0 % živali inbridiranih, pri sanski 18.9 %, medtem ko je bilo pri drežniški pasmi vsega 12.9 % živali inbridiranih. Povprečni koeficient inbridinga pri teh živalih znaša med 7.36 % (sanska pasma) in 9.15 % (drežniška pasma), največji koeficient inbridinga pri posamezni živali pa je bil med pasmami podoben, od 34.67 do 38.67 %.

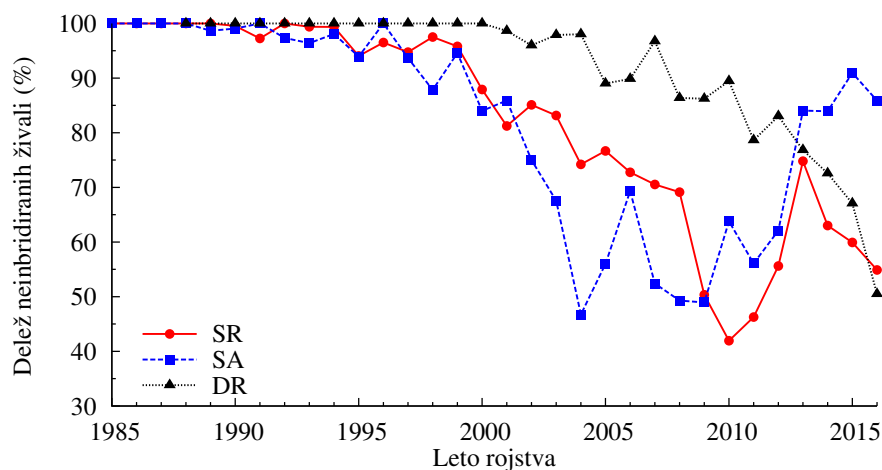
Do 5 % inbridinga ima 56 % inbridiranih živali pri srnasti in sanski pasmi ter pod 40 % pri drežniški pasmi. S 25 do 30 % inbridinga je pri srnasti pasmi blizu 17 % inbridiranih živali, pri drugih dveh pasmah je takih 10 oz. 11 %. Glede na precejšnjo nepopolnost porekla sta tako povprečni koeficient inbridinga kot tudi delež inbridiranih živali po vsej verjetnosti precej podcenjena, sploh pri tako majhni populaciji, kot je drežniška koza.

Tabela 6: Koeficient inbridinga po pasmah

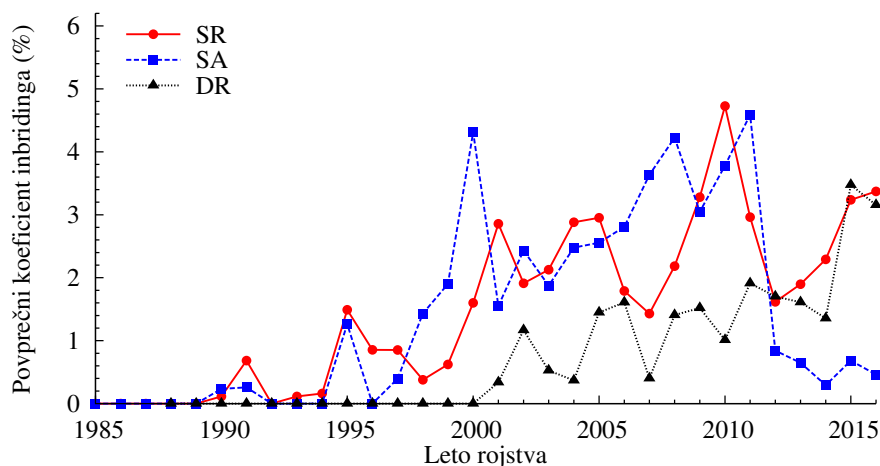
Pasma	Slov. srnasta koza		Slov. sanska koza		Drežniška koza	
	Število	(%)	Število	(%)	Število	(%)
$0 < x \leq 5$	918	56.4	389	56.1	95	39.1
$5 < x \leq 10$	213	13.1	123	17.7	59	24.3
$10 < x \leq 15$	158	9.7	61	8.8	47	19.3
$15 < x \leq 20$	37	2.3	37	5.3	10	4.1
$20 < x \leq 25$	11	0.7	8	1.2	13	1.2
$25 < x \leq 30$	273	16.8	69	10.0	27	11.1
$30 < x \leq 35$	7	0.4	6	0.9	1	0.4
$35 < x \leq 40$	12	0.7			1	0.4
Skupaj	1629 ¹	19.0 ²	693	18.9	243	12.9
Povprečje ³ (%)	8.22		7.36		9.15	
Maksimum (%)	38.67		34.67		37.50	

¹ število inbridiranih živali, ² delež inbridiranih živali v populaciji (%), ³ povprečni koeficient inbridinga pri inbridiranih živalih

Vse do leta 2000 so pri vseh pasmah praktično vse zajete živali neinbridirane (slika 4), saj je do tedaj ogromno živali brez znanih staršev. Za take živali lahko predvidevamo, da so inbridirane, vendar pa ne moremo predvidevati, kako so si med sabo sorodne. Po letih bi pričakovali, da se delež neinbridiranih živali zmanjšuje, ker se povečuje popolnost porekla, kar se dogaja pri drežniški kozi. Pri obeh drugih pasmah pa v zadnjih letih delež neinbridiranih živali povečuje, kar pomeni, da se vključuje veliko živali iz drugih populacij.



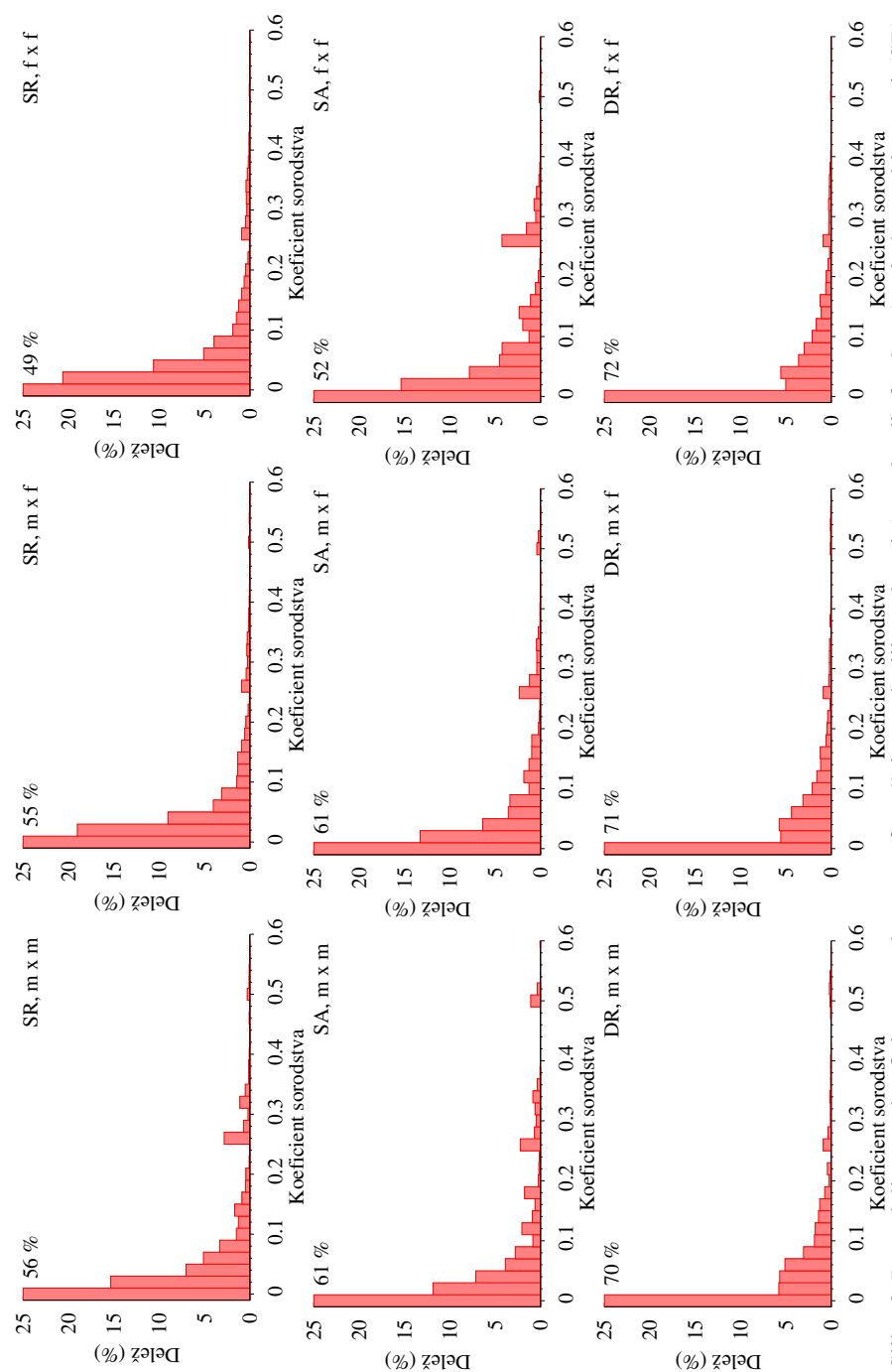
Slika 4: Delež neinbridiranih živali po letih in pasmah (SR – slovenska srnasta koza, SA – slovenska sanska koza, DR – drežniška koza)



Slika 5: Spreminjanje inbridginga z leti po pasmah (SR – slovenska srnasta koza, SA – slovenska sanska koza, DR – drežniška koza)

Pri vseh pasmah se povprečni koeficient inbridginga v populaciji s časom povečuje (slika 5). Če populacije niso zaprte (vnos tujih genov, sprejem novih tropov v kontrolo in s tem novih živali), potem vidimo, da lahko povprečni inbridging v katerem letu tudi pade. Najhitreje se koeficient inbridginga povečuje pri srnasti pasmi, najpočasneje pa pri drežniški kozi, kar je verjetno bolj posledica tega, da imajo živali drežniške pasme poznanih malo prednikov. V zadnje obdobju pa se je inbridging močno zmanjšal tako pri srnasti, še posebno pa pri sanski pasmi, kjer smo opazili tudi precejšnje povečanje števila osnovalcev.

Koeficient inbridginga sicer pove, koliko je posamezna žival inbridirana, ne pove pa koliko je sorodna z ostalimi živalmi, niti ne napoveduje povprečnega inbridginga v naslednji generaciji. Po definiciji Wrighta (1922) je koeficient sorodstva med potencialnimi starši dvakratnik koeficienta inbridginga potomca tega para, tako da povprečje koeficientov sorodstva predstavlja napoved za inbridging v naslednji generaciji. Minimalno povečanje inbridginga v naslednji generaciji je tudi osnova, kako izbrati pare staršev v malih populacijah. Koeficienti sorodstva med živalmi, ki so rojene v letih 2012–2016, so podani v tabeli 7. Rezultati so enako kot koeficient inbridginga pod vplivom nepopolnosti porekla in so za velikost populacij, kakršne so obravnavane pasme, precej podcenjeni. Najmanj sorodne naj si bi bile živali drežniške pasme, najbolj pa sanske pasme. Pri vseh treh pasmah so kozli med sabo nekoliko bolj sorodni, kot so sorodni s kozami oziroma so med sabo sorodne koze. Glede na porazdelitve za koeficient sorodstva (slika 6), je pri srnasti pasmi med pari kozel - kozel nesorodnih 56 % pri srnasti ter kar 61 % pri sanski in 70 % pri drežniški pasmi. Pri parih kozel - koza so vrednosti podobne. Tudi porazdelitve za pare koza - koza so podobne, nesorodnih parov koza-koza je od 49 % pri srnasti od 72 % pri drežniški pasmi.



Slika 6: Porazdelitev za koefficient sorodstva v referenčni populaciji med pari (m – kozli, f – koze) pri slovenski srnasti (SR), slovenski sanski (SA) in drežniški kozji (DR)

Tabela 7: Koeficient sorodstva v referenčni populaciji po pasmah

Par	Št. parov	Povpr.	SD ¹	Maks.
Slovenska srnasta koza				
Kozli med sabo	9591	0.0410	0.0838	0.750
Kozli s kozami	175557	0.0316	0.0662	0.875
Koze med sabo	796953	0.0354	0.0670	1.000
Slovenska sanska koza				
Kozli med sabo	1653	0.0434	0.0940	0.637
Kozli s kozami	38802	0.0386	0.0818	0.773
Koze med sabo	223446	0.0458	0.0818	0.770
Drežniška koza				
Kozli med sabo	3081	0.0288	0.0704	0.758
Kozli s kozami	34681	0.0276	0.0676	0.863
Koze med sabo	96141	0.0266	0.0638	0.859

¹standardni odklon

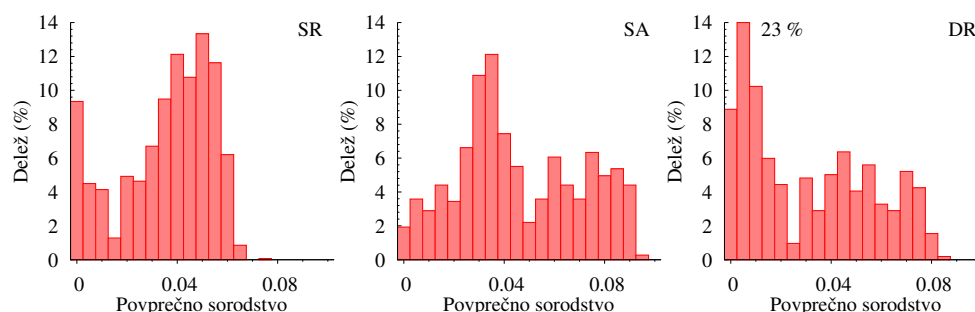
Tabela 8: Povprečno sorodstvo v referenčni populaciji po pasmah

Pasma	Št.	Povpr.	SD ¹	Min.	Maks.	Me ²	KA ³
Slovenska srnasta koza	1402	0.035	0.018	0.001	0.075	0.039	-0.61
Slovenska sanska koza	726	0.046	0.025	0.001	0.094	0.039	0.19
Drežniška koza	518	0.029	0.025	0.002	0.087	0.020	0.53

¹standardni odklon, ²mediana, ³koeficient asimetričnosti

2.3.6 Povprečno sorodstvo

Dunner in sod. (1998) so definirali parameter povprečno sorodstvo, ki omogoča izbiro živali, ki so v povprečju z ostalimi živalmi manj sorodne. Povprečno sorodstvo za posamezno žival je povprečje koeficientov v vrstici v matriki sorodstva, ki pripada tej živali. Opisna statistika za povprečno sorodstvo za živali, ki so rojene v letih 2012 do 2016, je podana v tabeli 8, slika 7 pa prikazuje porazdelitve za povprečno sorodstvo. Med zajetimi živalmi jih je določen delež takih, ki so s populacijo manj sorodne in med temi se lahko najdejo potencialni kozli, ki bi bili lahko glede na nesorodnost uporabljeni v tropih, ne da bi bistveno prispevali k povečanju inbridinga v populaciji. Razpon vrednosti za povprečno sorodstvo v referenčni populaciji pri srnasti pasmi se giblje med 0.001 in 0.075 s povprečjem in mediano pri 0.035 oz. 0.039 (tabela 8). Povprečno sorodstvo se je pri srnasti pasmi zmanjšalo, kar tudi kaže na to, da v populacijo prihajajo živali od drugod. Sanska pasma je imela še pred kratkim med obravnavanimi pasmami koz precej večje vrednosti za povprečno sorodstvo, sedaj mediana in povprečje znašata 0.046 in 0.039, razpon vrednosti pa je med 0.001 in 0.094. Pri drežniški sta mediana in povprečje za povprečno sorodstvo najmanjša (0.020 oziroma 0.029), razpon vrednosti pa je podoben kot pri ostalih dveh pasmah, med 0.002 in 0.087. Tudi ti rezultati so močno pod vplivom nepopolnosti porekla in so za velikost populacij, kakršne so obravnavane pasme, verjetno precej podcenjeni.



Slika 7: Porazdelitev za povprečno sorodstvo po pasmah v referenčni populaciji (SR – slovenska srnasta koza, SA – slovenska sanska koza, DR – drežniška koza)

Porazdelitev za povprečno sorodstvo pri srnasti pasmi kaže, da ima večina živali iz referenčne populacije vrednost za povprečno sorodstvo med 0.03 in 0.06 (slika 7), pri sanski pasmi okrog 0.03, vendar je kar nekaj živali z vrednostjo med 0.06 in 0.08. Pri drežniški pasmi pa ima večina živali referenčne populacije povprečno sorodstvo pod 0.01, kar je verjetno posledica nepopolnosti porekla, kar nekaj pa je tudi živali, ki imajo povprečno sorodstvo med 0.04 in 0.08.

2.3.7 Prispevek prednikov in efektivno število prednikov

V referenčnih populacijah je pri kozlih med 111 (drežniška pasma) in 328 živali (srnasta pasma), ki jih lahko smatramo za njihove osnovalce, medtem ko je pri kozah osnovalcev med 188 pri drežniški in 595 pri srnasti pasmi (tabela 9). Razlike so tako med spoloma kot med pasmami precejšnje.

Pri zaprtih populacijah je nepričakovano, da še efektivno število osnovalcev s časom povečuje, kar lahko opažamo pri srnasti in sanski pasmi (slika 8), medtem ko je bilo pri drežniški pasmo tako obdobje med leti 2005 in 2010. Tovrstno povečevanje je tudi odraz vključevanja živali iz drugih populacij. Efektivno število osnovalcev se za kozle in koze znotraj pasem razlikuje, in znaša pri kozlih od 35.0 pri drežniški do 102.4 pri sanski, pri kozah pa med 30.8 pri drežniški in 93.6 pri sanskih (tabela 9). V obdobju zadnjih petih let se je pri drežniški efektivno število osnovalcev precej zmanjšalo pri kozlih, medtem ko se pri kozah povečuje (slika 8). Pri srnastih kozah sta leti rojstva 2009 in 2014 odstopajoča vrhova, te živali imajo več staršev iz drugih populacij. Podoben vrh imajo tudi srnasti kozli, ki so rojeni v letu 2015, in sanski kozli, rojeni v letu 2013.

Efektivno število prednikov, ki so ali niso osnovalci, je pri kozlih med 26.1 (drežniška pasma) in 40.7 (srnasta pasma) ter pri kozah med 23.7 pri drežniški in 38.2 pri srnasti pasmi (tabela 9). Za razliko od efektivnega števila osnovalcev pri efektivnem številu prednikov (slika 8) ni tako zaznavno vključevanje živali iz drugih populacij.

Tabela 9: Zastopanost osnovalcev, prednikov in osnovalskih genomov pri kozlih in kozah v referenčni populaciji

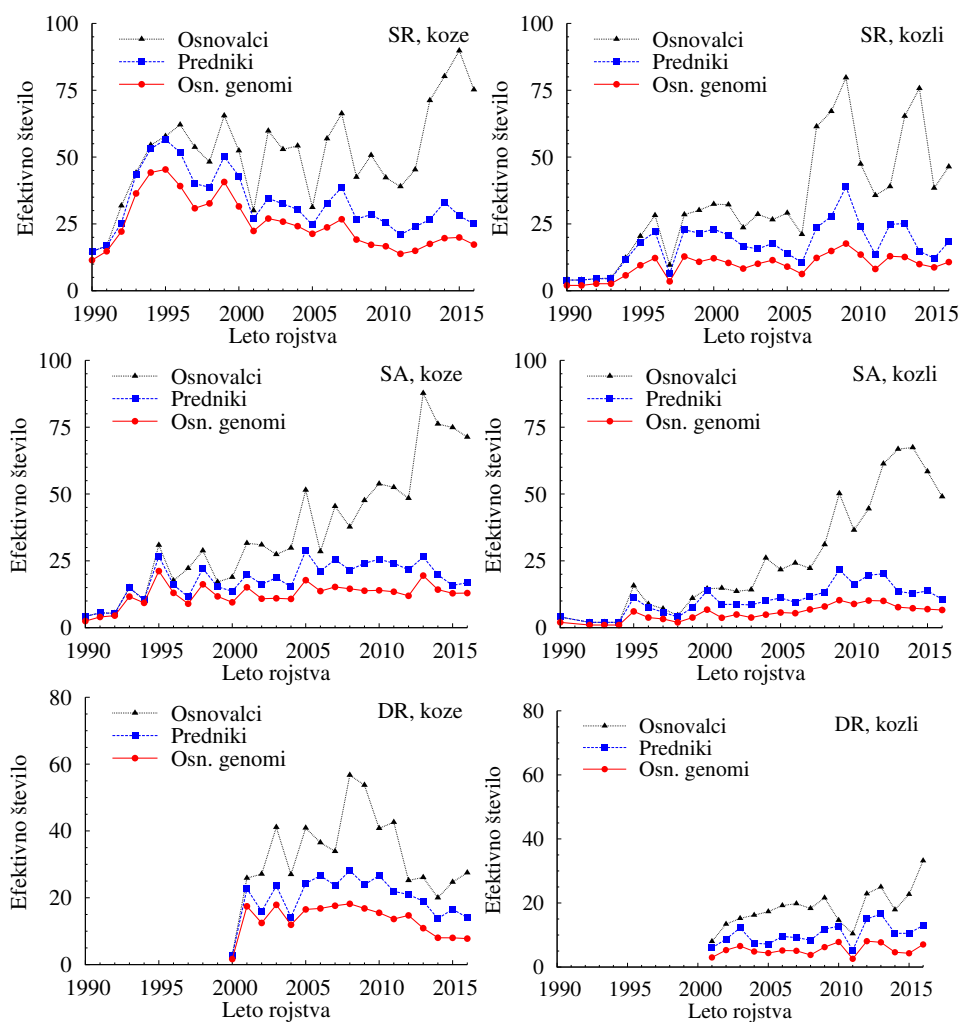
Parameter	Pri kozlih	Pri kozah	Pri kozlih	Pri kozah
	Slov. srnasta koza		Slov. sanska koza	
Število živali z znanimi starši	137	1148	58	657
Število osnovalcev	328	595	197	314
Efektivno število osnovalcev (f_e)	100.9	85.0	102.4	93.6
Efektivno število prednikov (f_a)	40.7	38.2	35.8	27.4
Ef. št. osnovalskih genomov (N_g)	20.4	24.0	16.8	20.6
N_{50}	14	13	13	12
N_{99}	136	318	69	137
C_{max} (%)	8.0	6.7	7.1	12.1
	Drežniška koza			
Število živali z znanimi starši	49	255		
Število osnovalcev	111	188		
Efektivno število osnovalcev (f_e)	35.0	30.8		
Efektivno število prednikov (f_a)	26.1	23.7		
Ef. št. osnovalskih genomov (N_g)	12.4	14.0		
N_{50}	11	9		
N_{99}	56	107		
C_{max} (%)	11.7	13.0		

N_{50} , N_{99} – število prednikov, ki skupno prispevajo 50 oz. 99 % v sklad genov populacije, C_{max} – največji posamični robni prispevek med predniki

Efektivno število prednikov je pri vseh pasmah pričakovano manjše od efektivnega števila osnovalcev, kar so na splošno dokazali Boichard in sod. (1997). Razlike med efektivnim številom osnovalcev in efektivnim številom prednikov kažejo na neenakomerno zastopanost genov prednikov, predvsem kozlov v populacijah, na kar smo opozorili že pri velikosti družin. Efektivno število prednikov pokaže tudi na ozka grla Boichard in sod. (1997), ki so pomemben vzrok izgubljanja genov iz sklada genov populacije. Efektivno število osnovalskih genomov poleg ozkih grl upošteva tudi naključni tok genov (MacCluer in sod., 1986), zato je njegova vrednost pričakovano manjša tudi od efektivnega števila prednikov.

Efektivno število oz. ekvivalent osnovalskih genomov pri kozlih med 12.4 pri drežniških in 20.4 pri srnastih ter pri kozah med 14.0 pri drežniških in 24.0 pri srnastih (tabela 9), kar pri kozlih predstavlja v primerjavi z efektivnim številom prednikov polovično vrednost, pri kozah pa med 59 in 75 % vrednosti.

Število prednikov, ki v sklad genov populacije skupno prispevajo 50 %, je pri drežniških kozlih 11, pri sanskih 13 ter pri srnastih 14 (tabela 9). Pri kozah je pri srnasti in sanski pasmi potreben še en vpliven prednik manj za pojasnitev 50 % genov v skladu genov populacije, pri drežniški kozah pa kar 2 manj. V skladu genov 99 % genetske pestrosti pojasni pri kozlih med 56 prednikov pri drežniški in 136 pri srnasti pasmi. Pri kozah je za pokritje 99 % genet-



Slika 8: Efektivno število osnovalcev, prednikov in osnovalskih genomov po letih rojstva po pasmah in spolih (SR – slovenska srnasta koza, SA – slovenska sanska koza, DR – drežniška koza)

ske pestrosti potrebnih nekoliko več prednikov, med 107 pri drežniških in 318 pri srnastih. Največji posamični prispevek imajo pri vseh pasmah kozli, od 7.1 % pri kozlih sanske pasme do 11.7 % pri kozlih drežniške pasme. V populacijah koz so največji posamični prispevki prednikov nekoliko večji kot pri kozlih, z izjemo pri srnasti pasmi.

2.4 Zaključki

Populacije obravnavanih pasem koz imajo poreklo poznano le za malo generacij, saj se v sistem kontrole in spremljanja porekla še vedno vključujejo nove živali oziroma so pasme v tem sistemu šele kratek čas. Precejšen prirastek živali brez poznanih staršev se je dogodil pri srnasti in sanski pasmi, kar vpliva tako na koeficient inbridinga kot sorodstva, ki sta se posledično zmanjšala.

Kozli pri vseh pasmah so preveč neenakomerno zastopani, kar prispeva k majhnemu učinkovitemu številu prednikov in majhni učinkoviti velikosti populacije. Potrebno bi bilo spremljati in upoštevati velikost družin, ki morajo biti bolj uravnotežene in s čim manj variabilnosti, tako da je prispevek v sklad genov naslednje generacije čim bolj enakomeren in se izgublja čim manj genov.

Ocenjena koeficienta inbridinga in sorodstva ter povprečno sorodstvo so nizki, vendar so omenjeni parametri zaradi nepopolnega porekla verjetno precej podcenjeni, opazen je sicer trend povečevanja z leti, z izjemo zadnjih let, ko se vključuje veliko živali iz drugih populacij.

Efektivno število prednikov in osnovalskih genomov se med pasmami nekoliko razlikuje, kot tudi med spoloma znotraj pasem. Verjetno so te vrednosti precenjene zaradi predpostavke, da so živali brez prednikov nesorodne.

2.5 Viri

- Boichard D. 2002. PEDIG: a fortran package for pedigree analysis suited for large populations. V: Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, 2002-08-19/23. Castanet-Tolosan, INRA, 32: 525–528.
- Boichard D., Maignel L., Verrier E. 1997. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genet. Sel. Evol.*, 29: 5–23.
- Dunner S., Checa M.L., Gutiérrez J.P., Martín J.P., Cañón J. 1998. Genetic analysis and management in small populations: the Asturcon pony as an example. *Genet. Sel. Evol.*, 30: 397–405.
- Lacy R.C. 1989. Analysis of founder representation in pedigrees: Founder equivalents and founder genome equivalents. *Zoo Biol.*, 8: 111–123.
- MacCluer J.W., VandeBerg J.L., Read B., Ryder O.A. 1986. Pedigree analysis by computer simulation. *Zoo Biol.*, 5: 147–160.
- Maignel L., Boichard D., Verrier E. 1996. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. V: Proceedings of the Interbull Meeting, Veldhoven. International Bull Evaluation Service, 15: 49–54.
- SAS Inst. Inc. 2012. The SAS System for Linux, Release 9.4. Cary, NC.
- Wright S. 1922. Coefficients of inbreeding and relationship. *Am. Nat.*, 56: 330–338.

Poglavje 3

Slovenske lokalne pasme ovc

Špela Malovrh ^{1,2}, Tina Flisar ¹, Jurij Krsnik ¹, Mojca Simčič ¹

3.1 Uvod

V zadnjem času postajajo analize strukture porekla v populacijah vse bolj uporabno in uporabljano orodje, ki omogoča vpogled v genetsko ozadje in razvoj populacije. Na eni strani omogoča oceno stanja genetske raznolikosti v populaciji, oceno zastopanosti osnovalcev in prednikov, kot tudi oceno prispevka vnesenih genov iz tujih populacij, po drugi strani pa lahko rezultate izkoristimo za postopno spremembo stanja v ogroženih populacijah, saj lahko uravnotežimo prispevke prednikov v sklad genov populacije, poskušamo izenačiti velikost družin, v pripustni sezoni uporabiti primerno število čim manj sorodnih plemenjakov.

V Sloveniji redimo štiri avtohtone pasme ovc, od katerih so belokranjska pramenka, istrska pramenka in bovška ovca ocenjene s stopnjo ogroženosti kritična, medtem ko je jezersko-solčavska ovca ocenjena kot ranljiva. Za bovško in jezersko-solčavsko ovco se je rodovniška knjiga začela voditi z letom 1983, za istrsko pramenko v letu 1994 in kot zadnja je dobila svojo rodovniško knjigo belokranjska pramenka v letu 1997. Med tradicionalne pasme sodi oplemenjena jezersko-solčavska ovca.

Na območju Krasa in Istre so ovčarji redili domačo, avtohtono ovco, ki so ji rekli istrijanka, kraška ovca, primorska ovca in celo ovca surove volne. Nekoč je bila na tem področju ovčereja dokaj razvita. Pasma so redili predvsem zaradi njene vzdržljivosti in skromnosti: odlikujeta jo dolga hoja in paša med kamenjem, popase tudi suho staro pašo. Redijo jo v majhnih tropih, je v mlečnem tipu. Populacija naj bi po ocenah štela 1000 živali, plemenjaki so testirani na testni postaji. Po podatkih Selekcijske službe za drobnico je bila plodnost ovac te pasme v letu 2015 naslednja: 1.01 jagnjitev/ovco/leto, 1.10 rojenih jagnjet v gnezdu in 1.11 rojenih jagnjet na ovco na leto.

Belokranjska pramenka je avtohtona pasma ovc, ki so jo nekoč redili na obeh bregovih reke Kolpe, predvsem v hribovitih, kraških predelih Bele krajine. Razmere za kmetovanje so tam zelo slabe, zato je ovca, ki je uspela preživeti v takih okoliščinah, zelo skromna. V program ohranjanja so vključeni skoraj vsi rejci, ki še imajo belokranjsko pramenko, kar predstavlja sedaj okoli 900 živali. Od jeseni 1996 je pasma vključena v ohranjanje v okviru genske banke, našlo se je še nekaj tropov in postopoma se njen stalež povečuje. Po podatkih Selekcijske službe za drobnico je bila plodnost ovac v letu 2015 naslednja: 1.00 jagnjitev/ovco/leto, 1.14 rojenih jagnjet v gnezdu ter 1.13 rojenih jagnjet na ovco na leto.

Pasma bovška ovca se je v stoletjih izoblikovala v Zgornjem Posočju in dobila ime po kraju Bovec. Njene korenine verjetno segajo do prvotne bele ovce, ki so jo redili tudi drugod v Alpah, vendar je o tem v literaturi bolj malo podatkov. Bovška ovca je izrazito mlečnega

¹Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Groblje 3, 1230 Domžale

²E-pošta: spela.malovrh@bf.uni-lj.si

tipa, uporablja pa se tudi za meso in volno. Je bele barve, lahko pa je tudi rjava ali črna, njena volna je groba in pramenasta. Pasma je prilagojena na skromne razmere in pogoje reje. Redijo jih v majhnih tropih od 5 do 15 živali, le redki tropi štejejo več kot 100 ovc. Določene reje te pasme so v gensko banko vključene že od leta 1991, skupni stalež pasme pa je v zadnjih letih ocenjen na okrog 3600 živali. Po podatkih Seleksijske službe za drobnico je bila plodnost bovških ovc v letu 2015 naslednja: 1.00 jagnjitev/ovco/leto, 1.23 rojenih jagnjet v gnezdu ter 1.22 rojenih jagnjet na ovco na leto.

Jezersko-solčavska ovca je nastala s križanjem primitivne domače bele ovce z bergamaško in padovansko ovco. Planinske pasme v vzhodnih Alpah so nastale iz domače bele majhne ovce, ki so jo imenovali Zaupelschaf. Ima značilen izbočen profil glave, ki ga je dobila po bergamaški ovci, in kakovostno volno, ki jo je podedovala po padovanski. Ovce so večinoma bele barve, pojavljajo pa se tudi temno obarvane. Pasma odlikuje dobra plodnost, poliestrična je celo leto in je namenjena predvsem za prirajo jagnjet za meso. Stalež pri jezersko-solčavski pasmi je ocenjen na 17200 živali. Del plemenjakov je testiran na testni postaji. V okviru programa za ohranjanje avtohtonih pasem je vključenih okoli 800 živali. Po podatkih Seleksijske službe za drobnico je bila njena plodnost v letu 2015 naslednja: 1.26 jagnjitev/ovco/leto, 1.16 rojenih jagnjet v gnezdu ter 1.46 rojenih jagnjet na ovco na leto.

Domačo jezersko-solčavsko pasmo oplemenjujemo z romanovsko pasmo od leta 1982. Oplemenjevanje je dalo tip ovce, ki je primeren za intenzivno rejo za meso in za gospodarsko križanje. Živali so plodne, zgodaj spolno zrele in vitalne. Jagnjeta priraščajo 200 do 250 g/dan in so vitalna. Poginov je malo, ovce imajo močan materinski nagon. V primerjavi z jezersko-solčavsko ovco imajo živali oplemenjene jezersko-solčavske pasme krajše noge, manjšo in z dlako poraščeno glavo ter krajši rep. Trup je srednje širok, glava plemenita, profil glave rahlo izbočen ali raven, ušesa pa srednje velika ter štrleča na stran. Oplemenjena jezersko-solčavska ovca predstavlja okoli 40 % ovc v Sloveniji, ki so vključene v kontrolo porekla in proizvodnje. Po podatkih Seleksijske službe za drobnico je bila njena plodnost v letu 2015 naslednja: 1.32 jagnjitev/ovco/leto, 1.46 rojenih jagnjet v gnezdu in 1.93 rojenih jagnjet na ovco na leto.

Namen te študije je presoja genetske pestrosti slovenskih pasem ovc, pri čemer bomo uporabili različne mere genetske raznolikosti v populaciji na osnovi porekla.

3.2 Material in metode

Podatke o poreklu slovenskih lokalnih pasem ovc hrani in vzdržuje Seleksijska služba za drobnico v okviru Katedre za znanosti o rejah živali, Enote za drobnico, na Oddelku za zootehniko Biotehniške fakultete. Za analizo smo uporabili zapise, ki so obsegali oznako živali, pasmo, spol, oznako očeta in matere, datum rojstva, rejca ter izvor. V analizo smo vključili štiri avtohtone pasme, in sicer istrsko pramenko, belokranjsko pramenko, bovško in jezersko-solčavsko ovco ter tradicionalno pasmo oplemenjeno jezersko-solčavsko ovco. Populacije so različno velike, predvsem obe pramenki sta majhni populaciji. Poreklo je

zajemalo skupno 63014 živali, od tega jih je bilo 13878 brez obeh znanih staršev. Za analizo smo kot referenčno populacijo, ki naj bi okvirno predstavljala živečo populacijo, izbrali živali rojene v letih 2012 do 2016. Teh živali je bilo v skupnem 10286.

Opis populacije na osnovi porekla obsega dva sklopa parametrov, prvi je demografski, drugi pa genetski. S pomočjo demografske analize opišemo strukturo in spreminjanje opazovane populacije, genetska analiza pa zajame razvoj in dinamiko sklada genov populacije. V okviru demografskega opisa bomo predstavili število moških in ženskih živali v populaciji, kako se to število spreminja s časom, generacijski interval ter povprečno velikost družin. Genetski opis populacije zajema popolnost porekla, koeficient inbridinga oziroma stopnja sorodstva ter zastopanost prednikov, ki so ali pa niso osnivalci populacije: ekvivalent popolnih generacij prednikov (Maignel in sod., 1996), ekvivalent osnivalcev (Lacy, 1989) oz. efektivno število osnivalcev in efektivno število prednikov (Boichard in sod., 1997) ter ekvivalent osnivalskih genomov oz. efektivno število osnivalskih genomov (MacCluer in sod., 1986). Ti parametri temeljijo na konceptu verjetnosti izvora genov (MacCluer in sod., 1986; Lacy, 1989). Zelo dober parameter za oceno sorodstva v populaciji je povprečno sorodstvo (Dunner in sod., 1998), ki meri, koliko je posamezna žival v povprečju sorodna z vsemi ostalimi v (živeči) populaciji. Na osnovi povprečnega sorodstva lahko izbiramo živali, ki so v populaciji genetsko manj zastopane in s tem preprečujemo prehitro povečevanje koeficienta inbridinga in s tem izgubljanje alel iz sklada genov populacije. Za izračun koeficientov inbridinga in koeficientov sorodstva, efektivnega števila osnivalcev in efektivnega števila prednikov smo uporabili programski paket PEDIG (Boichard, 2002), medtem ko smo ostale parametre izračunali s pomočjo statističnega paketa SAS (SAS Inst. Inc., 2012).

3.3 Rezultati in diskusija

3.3.1 Demografski opis referenčne populacije

Podatki o poreklu so obsegali med 2541 živali pasme belokranjska pramenka do 26205 živali oplemenjene jezersko-solčavske ovce kot najštevilčnejše pasme (tabela 1). Pasma se med seboj razlikujejo tako v velikosti kot v številu let, ko se zanje vodi rodovniška knjiga. Pri vseh pasmah je v poreklu precejšen delež živali, k nimajo poznanih staršev. Pri oplemenjeni jezersko-solčavski ovci je le-teh v poreklu 26.3 %, najmanj jih je pri bovški ovci (15.9 %). Živali brez poznanih staršev se v takih analizah obravnavajo kot osnivalci populacije. Delež osnivalcev se v primerjavi s preteklimi analizami ne zmanjšuje.

Za referenčno populacijo smo izbrali živali, rojene v letih 2012 do 2016. Le-teh je bilo pri istrski pramenki 583 in pri belokranjski pramenki 645 (tabela 1). Nad 2100 živali je v zadnjih petih letih zabeleženih pri bovški ovci ter blizu 4000 pri jezersko-solčavski ter nekaj pod 3000 pri oplemenjeni jezersko-solčavski ovci.

Tabela 1: Demografski opis v celotnem poreklu in v referenčni populaciji po pasmah

	Istrska	Belokranjska	Bovška ovca	Jezersko-	Oplemenjena jezersko-
	pramenka	pramenka	solčavska ovca	solčavska ovca	solčavska ovca
Število	3464	2541	10137	20667	26205
Ovni	355	333	1205	4164	4075
Ovce	3109	2208	8932	16503	22130
Osnovalci	696	606	1613	4050	6913
Delež ¹ (%)	20.1	23.8	15.9	19.6	26.3
	Referenčna populacija (2012-2016)				
Število	583	645	2146	3935	2977
Ovni	53	80	250	1041	529
Ovce	529	565	1896	2894	2448
Očetje	45	47	134	224	189
Matere	339	413	1344	2202	1608
Razmerje ²	7.53	8.79	10.03	9.83	8.51
Osnovalci	44	31	28	209	349
Delež ¹ (%)	7.5	4.8	1.3	5.3	11.7

¹ delež osnovalcev, ² razmerje med ovcami in ovni, ki se pojavijo kot starši

Tabela 2: Število živali v poreklu glede na leto rojstva po pasmah

Leto	Istrska pramenka	Belokranjska pramenka	Bovška ovca	Jezersko-solčavska ovca	Oplemenjena jezersko-solčavska ovca
1978					1
1979				1	
1980					1
1982				4	4
1983			4	6	16
1984		3	2	6	39
1985	1	2	19	15	86
1986	2		21	40	74
1987	6	3	39	51	82
1988	15	3	80	92	126
1989	51	10	69	137	139
1990	52	18	105	172	335
1991	20	7	98	160	269
1992	19	21	106	214	298
1993	23	24	126	298	418
1994	68	21	198	428	865
1995	115	26	260	613	1305
1996	105	25	297	584	1189
1997	142	68	289	800	1538
1998	206	49	338	641	1507
1999	165	62	375	798	1357
2000	137	84	373	688	943
2001	171	90	394	698	1343
2002	116	184	468	880	1320
2003	202	134	500	848	1354
2004	182	133	512	975	1259
2005	146	154	470	1138	1181
2006	113	157	381	1135	1033
2007	168	148	441	1039	925
2008	144	87	475	1047	895
2009	135	127	462	1184	1055
2010	135	98	484	930	769
2011	141	98	474	766	579
2012	102	111	408	767	653
2013	116	116	453	782	534
2014	129	200	424	946	762
2015	103	146	399	1083	772
2016	133	72	462	357	256

Zaradi različne velikosti populacij je različno tudi število staršev, katerih potomci so v referenčni populaciji. Pri pramenkah je bilo očetov 45 oz. 47, medtem ko je bilo število mater 339 oz. 413. Pasmimi imata različno razmerje med ovci in ovni, ki se pojavljajo kot starši. Pri belokranjski pramenki je to razmerje med ožjimi (7.53), pri istrski pramenki pa nekoliko širše 8.79. Pri bovški pasmi smo v referenčni populaciji zabeležili 134 očetov in 1344 mater, kar predstavlja razmerje 10.03 (najširše med obravnavanimi pasmami), pri jezersko-solčavski je bilo 2202 mater in 224 očetov ter razmerje med njimi 9.83. Nekoliko manjša je v zadnjem času populacija oplemenjene jezersko-solčavske ovce, kjer je bilo 189 očetov in 1608 mater ter razmerje med njimi 8.51. V referenčni populaciji se še vedno pojavlja med 1.3 (bovška ovca) in 11.7 % živali brez znanih staršev (oplemenjena jezersko-solčavska ovca), kar je posledica vključevanja novih tropov v kontrolo ali nakupov od drugod v zadnjih letih. Te na novo vključene reje naj ne bi imele povezav s tropi v kontroli, živali so bile neoznačene, zaradi tipa oz. zunanosti živali, pa so bile za vključitev v spremljano populacijo zanimive.

Najstarejša zabeležena žival z znanim datumom rojstva je bila rojena v letu 1978 (tabela 2). Pred letom 1990 je bilo - ne glede na pasmo - zajetih zelo malo živali. Pri vseh pasmah vidimo, da se z leti z nekaj nihanja število v poreklo zajetih živali povečuje. V zadnjih letih je letni prirast tako pri jezersko-solčavski kot oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi med 600 in 1000 živali, pri bovških ovcih okrog 450 in pri istrski pramenki blizu 130 živali. Belokranjska pramenka je bila v sistem spremljanja populacije vključena zelo pozno, poleg tega je maloštevilna. Kljub temu v zadnjih letih v povprečju zabeležijo preko 100 novih vpisov v seznam. Ves ta čas se povečuje tudi število v kontrolo vključenih tropov. Pri kateri od pasem lahko zadnje leto v analizi odstopa navzdol po številu živali, vendar se v tem letu rojene živali večinoma vpišejo v naslednjem letu, včasih pa tudi kasneje.

3.3.2 Generacijski interval

Pri izračunu generacijskega intervala smo zajeli le živali, ki so imele tudi lastne potomce, pri čemer smo v analizi zajeli celotno populacijo, ne le referenčne, rezultate prikazujemo za štiri poti prenosa genov: oče - sin, oče - hči, mati - sin ter mati - hči (tabela 3). Pasmimi se med sabo razlikujejo v generacijskem intervalu, razlikujejo pa se tudi ovni in ovce, se pravi očetje in matere, znotraj pasem.

Ovni imajo v primerjavi z ovci vsaj 1 do 2 leti prej potomce pri vseh pasmah (tabela 3), kar je posledica tega, da so ovni iz tropa izločeni, da ne bi oplojevali svojih potomk. Najkrajši generacijski interval pri očetih je pri bovški ovci za pot oče - hči (2.85 let) ter pri belokranjski za pot oče - sin (2.90 let), najdaljši pa za pot oče - hči pri oplemenjeni jezersko-solčavski ovci (5.61 let). V povprečju so ovni ob rojstvu potomcev stari med 3.5. in 4 leta. Pri bovški pasmi so ovni v povprečju najmlajši, izgleda, da pri tej pasmi rejci uporabljajo ovne najkrajši čas, podobno tudi pri belokranjski pramenki.

Tabela 3: Generacijski interval (GI) glede na spol staršev in potomcev¹ po pasmah

Pot prenosa genov	Št. staršev	Št. potomcev	GI (leto)	Št. staršev	Št. potomcev	GI (leto)	Št. staršev	Št. potomcev	GI (leto)
	Istrska pramenka			Belokranjska pramenka			Bovška ovca		
Oče - sin	50	96	4.36	59	102	2.90	350	556	3.49
Oče - hči	118	870	4.44	97	655	3.35	513	3109	2.85
Mati - sin	100	107	4.53	99	104	9.26	514	583	4.73
Mati - hči	673	969	5.32	474	668	8.15	2144	3216	4.92
	Jezerško-solčavska ovca			Opl. jezerško-solčavska ovca					
Oče - sin	252	627	3.35	196	540	3.86			
Oče - hči	545	5074	3.52	566	5477	5.61			
Mati - sin	564	642	4.84	489	543	6.43			
Mati - hči	3508	5242	5.55	3730	5650	7.96			

¹ upoštevani le potomci, ki so imeli lastne potomce

Ovce oplemenjene jezersko-solčavske pasme sov primerjavi z ovci ostalih pasem izrazito starejše ob rojstvu tako sinov kot hčera (tabela 3), ki se jih kasneje uporabi za pleme. Njihova starost je ob rojstvu sinov v povprečju 9.26 let ter ob rojstvu hčera 8.15 let. Sicer so ovce ostalih pasem ob rojstvu potomcev stare okrog 5 let, z izjemo oplemenjene jezersko-solčavske pasme, ki so ob rojstvu sinov stare 6.43 let in ob rojstvu hčera 7.96 let.

3.3.3 Velikost družin

Velikost družine, predvsem pa izenačenost velikosti, pomembno vpliva na zastopanost genov posameznih prednikov v populaciji, na enakomeren prenos genov v naslednjo generacijo, na manjše izgubljanje genov iz populacije, na efektivno velikost populacije in s tem na njeno možnost ohranitve na daljši rok, kadar gre za ogroženo populacijo. Velikost družin predstavljamo s številom potomcev za pare oven-ovca ter po ovnih in ovcah ločeno (tabela 4). Pri tem smo upoštevali le živali z lastnimi potomci, saj le-ti prispevajo k prenosu genov v naslednjo generacijo.

Večina parov pri vseh pasmah je imela le enega potomca (tabela 4). Takih parov je med 83.4 % pri oplemenjeni jezersko-solčavski ovci in 93.6 % pri bovški ovci. Večje število potomcev na par je redko, največ je med 3 pri bovški ovci in istrski pramenki in 11 pri oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi. Delež potomcev, ki izvirajo iz družin z enim potomcem, znaša med 69.5 % pri oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi in 87.4 % pri bovški ovci.

Tabela 4: Velikost in variabilnost velikosti družin po pasmah¹

Pasma	Družina	Št.	Povpr.	SD ²	Maks.	DelD1 ³	DelP1 ⁴
Istrska pramenka	Oven - ovca	884	1.08	0.30	3	92.0	85.3
	Oven	123	7.98	8.85	54	16.3	2.0
	Ovca	756	1.49	0.83	6	66.4	44.6
Belokranjska pramenka	Oven - ovca	665	1.14	0.40	5	88.0	77.2
	Oven	107	7.07	7.71	34	21.5	3.0
	Ovca	530	1.46	0.78	6	67.5	46.3
Bovška ovca	Oven - ovca	3438	1.07	0.26	4	93.6	87.4
	Oven	564	6.61	7.88	71	15.6	2.4
	Ovca	2395	1.60	0.95	8	61.8	38.6
Jezersko-solčavska ovca	Oven - ovca	5022	1.14	0.41	7	87.4	76.6
	Oven	581	10.03	10.24	52	15.1	1.5
	Ovca	3865	1.56	0.92	8	64.1	41.1
Opl. jezersko-solčavska ovca	Oven - ovca	5161	1.20	0.52	11	83.4	69.5
	Oven	732	8.86	11.17	114	23.4	2.6
	Ovca	4323	1.53	0.99	17	67.1	43.8

¹ upoštevani le potomci, ki so imeli potomce, ² standardni odklon, ³ delež družin z enim potomcem (%), ⁴ delež potomcev iz družin z enim potomcem (%)

Pari so imeli v povprečju med 1.07 (bovška ovca) in 1.20 potomcev (oplemenjena jezersko-solčavska ovca). Variabilnost velikosti družin je pri parih majhna, standardni odklon znaša od 0.24 pri bovški ovci do 0.52 pri oplemenjeni jezersko-solčavski ovci.

Ovnov, kot družin s potomci, je bilo med 107 pri belokranjski pramenki in 732 oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi (tabela 4). V povprečju so imeli med 6.61 (bovška ovca) in 10.03 potomcev (jezersko-solčavska ovca). Standardni odklon za velikost družin po ovnih pri vseh pasmah presega povprečje, giblje se od 7.71 pri belokranjski pramenki do 11.17 pri oplemenjeni jezersko-solčavski ovci in kaže na zelo veliko neizenačenost družin po ovnih in s tem na zelo različno zastopanost ovnov. Z le enim potomcem je od 15.1 % ovnov pri jezersko-solčavski ovci do 23.4 % ovnov pri oplemenjeni jezersko-solčavski ovci. Ovni, ki so najbolj zastopani preko potomstva, so imeli med 34 (belokranjska pramenka) in 114 potomcev (oplemenjena jezersko-solčavska ovca), ki so imeli lastne potomce in tako poskrbeli za prenos genov od svojega očeta na njegove vnuke. Velika varianca v velikosti družine po ovnih zmanjšuje efektivno velikost populacije, saj v sklad genov populacije prispeva le malo živali, pri vseh ostalih živalih na prenos genov na potomce močno vpliva naključni tok genov, kar vodi v izgubljanje genov.

Ovce imajo v primerjavi z ovni pričakovano precej manj potomcev, med 1.46 pri belokranjski pramenki in 1.60 pri bovški ovci (tabela 4). Ovc z enim samim potomcem je od 61.8 % pri bovški ovci do 67.5 % pri belokranjski pramenki. Pri ovcah kot družinah znaša delež potomcev iz družin z enim potomcem med 38.6 % pri bovški ovci do 46.3 % pri belokranjski pramenki. Standardni odklon velikosti družine po ovcah je pri vseh pasmah blizu 1, kar pomeni, da so ovce veliko enakomerneje zastopane v primerjavi z ovni. Kljub temu pa se najdejo tudi ovce, ki so imele po 8 in več potomcev, ki so poskrbeli za prenos njihovih genov v naslednjo generacijo.

3.3.4 Popolnost porekla

Živali rojene v letih 2012 do 2016 (referenčna populacija) imajo v svojem poreklu največ 8 oz. 9 znanih generacij prednikov pri obeh pramenkah, pri bovški ovci pa je največ znanih generacij, in sicer 21 (tabela 5). Pri jezersko-solčavski ovci in pri oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi je znanih največ 13 oz. 16 generacij prednikov. V referenčno populacijo je zajetih med 45 (istrska pramenka) in 1027 ovnov (jezersko-solčavska ovca) ter med 456 (istrska pramenka) in 2657 ovc (jezersko-solčavska ovca), pri čemer so tu obravnavane le živali z obema znanima staršema.

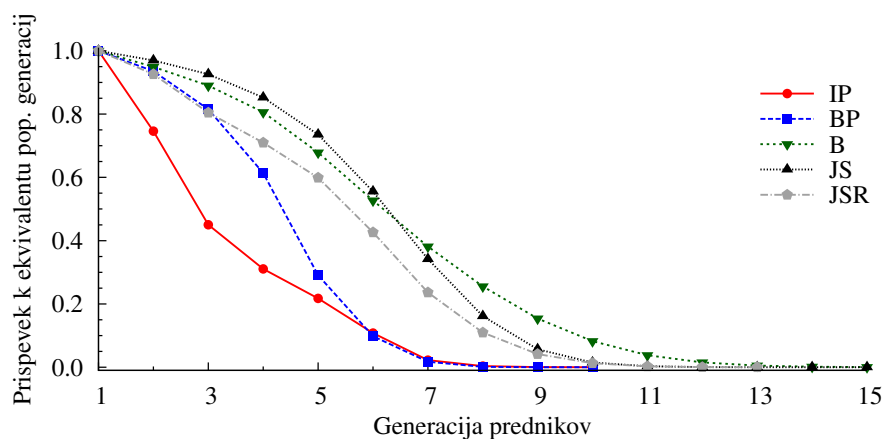
Popolnost porekla ocenjuje ekvivalent popolnih generacij prednikov, ki predstavlja povprečno število generacij prednikov, če bi bili v teh generacijah znani vsi predniki. Pri ovnih v referenčni populaciji je ekvivalent popolnih generacij znašal od 2.86 pri istrski pramenki do 5.96 pri bovški ovci (tabela 5). Ti ovni imajo v povprečju med 29.7 (istrska pramenka) in 740.2 znanih prednikov (bovška ovca).

Tabela 5: Ekvivalent popolnih generacij prednikov in povprečno število znanih prednikov v referenčni populaciji¹ po spolu in pasmah

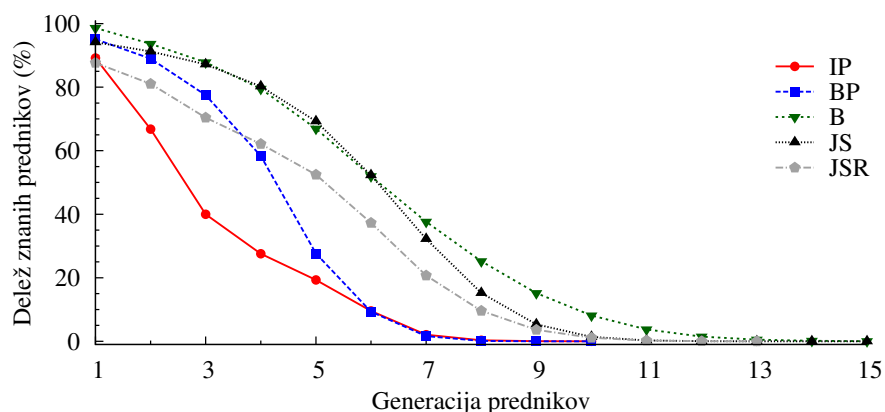
Parameter	Istrska pramenka	Belokranjska pramenka	Bovška ovca	Jezersko-solčavska ovca	Oplemenjena jezersko-solčavska ovca
Število ²	45	76	245	1027	522
Max. število generacij v poreklu	8	8	21	15	13
Ekvivalent popolnih generacij prednikov	2.86	3.70	5.96	5.91	5.31
Povprečno število znanih prednikov	29.7	38.9	740.2	245.5	196.7
			Ovce		
Število	456	537	1871	2657	2070
Max. število generacij v poreklu	9	9	21	16	14
Ekvivalent popolnih generacij prednikov	2.86	3.78	5.76	5.51	4.76
Povprečno število znanih prednikov	31.4	40.4	571.7	215.7	163.5

¹ referenčna populacija predstavljajo živali, rojene v letih 2012-2016, ² upoštevane le živali z obema znanima staršema

Pri ovcah je ekvivalent popolnih generacij podoben kot pri ovnih pri istrski (2.86) in belokranjski pramenki (3.78) ter bovški ovci (5.76), medtem ko pri jezersko-solčavski in oplemenjeni jezersko-solčavski ovci manjši (5.51 in 4.76, tabela 5). V preteklosti je bil pri ovcah nekoliko nižji, kar je bila posledica vključevanja novih tropov v zadnjih letih, katerih živali so bile v glavnem brez znanih prednikov. Ovce imajo tako v referenčni populaciji od 31.4 pri belokranjski pramenki do 571.7 znanih prednikov v povprečju pri bovški ovci, kar je bistveno bolje kot pred leti.

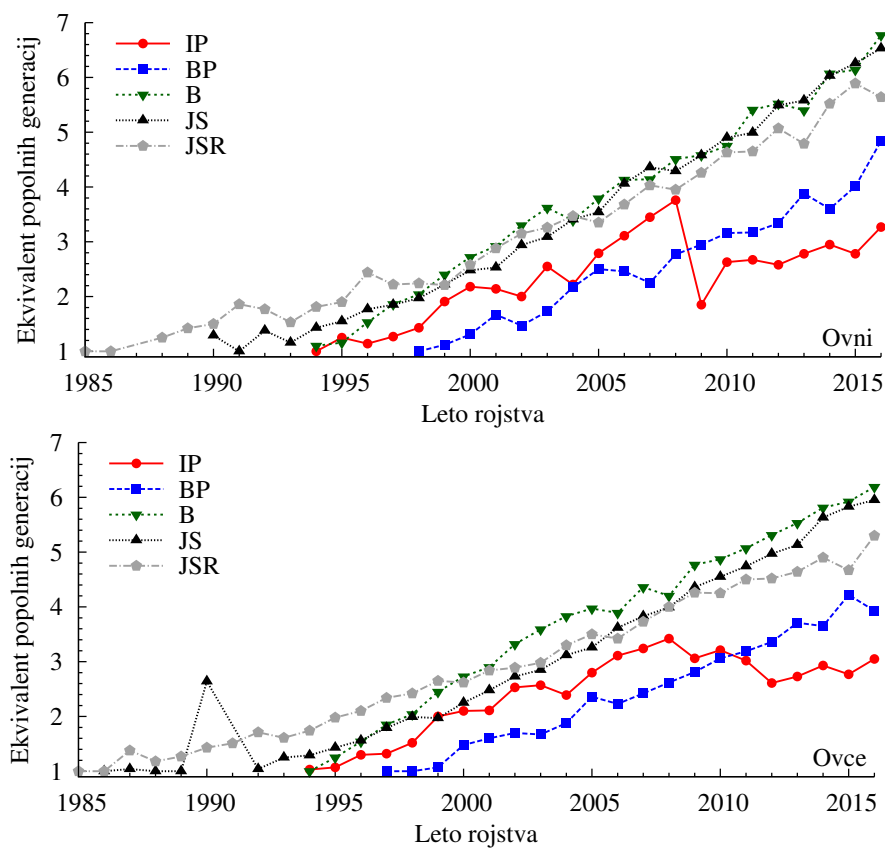


Slika 1: Prispevek k ekvivalentu popolnih generacij po generacijah prednikov v referenčni populaciji po pasmah (IP – istrska pramenka, BP – belokranjska pramenka, B – bovška ovca, JS – jezersko-solčavska ovca, JSR – oplemenjena jezersko-solčavska ovca)



Slika 2: Popolnost porekla po generacijah prednikov v referenčni populaciji po pasmah (IP – istrska pramenka, BP – belokranjska pramenka, B – bovška ovca, JS – jezersko-solčavska ovca, JSR – oplemenjena jezersko-solčavska ovca)

Slika 1 prikazuje, koliko posamezne generacije prispevajo k ekvivalentu popolnih generacij pri živalih, rojenih v zadnjih petih letih. Pričakovano je prispevek prve generacije največji in je v tem prikazu enak 1, saj so zajete le živali, ki imajo znana oba starša, kasneje pa se prispevek posameznih generacij zmanjšuje, saj je vedno več neznanih prednikov v poreklu posamezne živali. Pri tem obe pramenki precej odstopata od ostalih pasem. Medtem ko je prispevek tretje generacije pri bovški in jezersko-solčavski pasmi okoli 0.90, je pri belokranjski pramenki 0.81 (primerljivo in oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi) in pri istrski pramenki vsega 0.45. Kasneje je manjšanje prispevka z generacijami približno podobno pri bovški, jezersko-solčavski in oplemenjeni jezersko-solčavski ovci, v peti generaciji prednikov je prispevek med 0.60 in 0.74, medtem ko je pri pramenkah vrednost vsega 0.22 (istrska pramenka) oz. 0.30 (belokranjska pramenka).



Slika 3: Ekvivalent popolnih generacij prednikov po letih glede na spol in pasmo (IP – istrska pramenka, BP – belokranjska pramenka, B – bovška ovca, JS – jezersko-solčavska ovca, JSR – oplemenjena jezersko-solčavska ovca)

Popolnost porekla se je najbolj izboljšala pri belokranjski pramenki. V višjih generacijah med pasmami navzgor najbolj odstopa bovška ovca, pri kateri je še v osmi generaciji prispevek k ekvivalentu popolnih generacij 0.26. Ploščina pod krivuljo za posamezno pasmo pa da vrednost ekvivalenta popolnih generacij prednikov v tabeli 5.

Razlike v popolnosti porekla med pasmami so opazne tudi pri prikazu popolnosti porekla po generacijah prednikov (slika 2). Za razliko od prikaza na sliki 1 so tu upoštevane vse živali referenčne populacije, tudi tiste brez znanih staršev ali z le enim znanim staršem. V primerjavi s sliko 1 tu najbolj odstopa istrska pramenka, saj ima v referenčni populaciji največji delež živali z neznanimi starši (tabela 1), precej pa je takih tudi pri oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi. Pri obeh pramenkah delež znanih prednikov, kar je primerljivo prispevku k ekvivalentu popolnih generacij, hitro pada (slika 2), pri ostalih treh pasmah pa so njihove krivulje praktično enake kot na sliki 1.

Pri vseh pasmah je opazno, da se ekvivalent popolnih generacij prednikov z leti povečuje (slika 3). Bovška pasma praktično od začetkov beleženja porekla prednjači v popolnosti porekla. Belokranjski pramenki se pozna, da je bila pri tej pasmi rodovniška knjiga vzpostavljen najkasneje. Pri istrski pramenki se je v zadnjih letih pojavilo precej živali, katerih predniki prej niso bili vpisani v rodovnik, posledično se je popolnost porekla v letih 2008-2009 bistveno poslabšala pri ovnih. Zanimivo je spreminjanje popolnosti porekla pri oplemenjeni jezersko-solčavski ovci, ki je do leta 1999 prednjačila pri ekvivalentu popolnih generacij, kasneje pa so njene vrednosti podobne kot pri jezersko-solčavski ovci, v zadnjih letih pa zaostaja. Ekvivalent popolnih generacij se ne povečuje, ker v populacije prihajajo živali od drugod, zanje pa praviloma ne poznamo več kot dve ali tri generacije prednikov.

3.3.5 Inbriding in sorodstvo

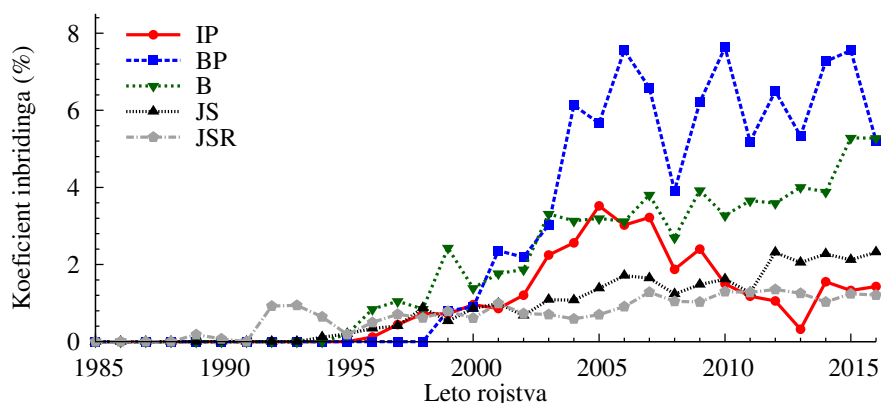
V zajetih populacijah je bilo med 687 pri istrski pramenki in 8835 inbridiranih živali pri jezersko-solčavski ovci (tabela 6). Povprečni inbriding pri inbridiranih živalih znaša med 13.93 % (belokranjska pramenka) in 2.83 % (jezersko-solčavska ovca), precej veliko je povprečje tudi pri istrski pramenki (6.86 %). Inbridiranih je med 19.8 % (istrska pramenka) in 48.7 % živali v poreklu (bovška ovca). Bovška ovca, ki ima najpopolnejše poreklo (tabela 5), ima tudi pričakovano največji delež inbridiranih živali.

Koeficient inbridinga nad 0 in pod 5 % ima med inbridiranimi živalmi pri belokranjski pramenki le 25.8 % živali, pri jezersko-solčavski in oplemenjeni jezersko-solčavski ovci pa 89.8 in 86.7 % živali. Pri belokranjski pramenki ima blizu 60 % inbridiranih živali koeficient inbridinga 10 % ali več. Takih je pri jezersko-solčavski in oplemenjeni jezersko-solčavski ovci okoli 5 % živali. Tako povprečni inbriding kot delež inbridiranih živali je po vsej verjetnosti podcenjen glede na nepopolnost porekla, predvsem pri obeh pramenkah. Najbolj inbridirano žival najdemo v populaciji belokranjske pramenke, njen koeficient inbridinga znaša kar 46.09 %, zelo blizu sta tudi najbolj inbridirani živali pasem istrska pramenka (42.09 %) in bovška ovca (42.52 %).

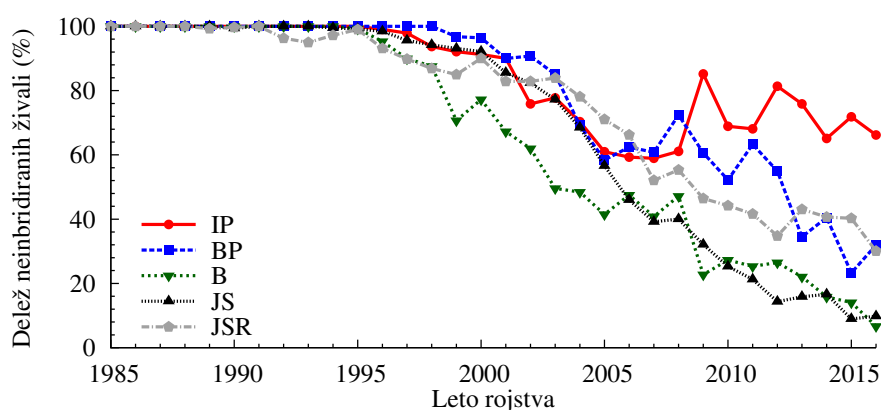
Tabela 6: Koefficient inbridinga po pasmah

Pasma Razred za inbriding (%)	Istrska pramenka		Belokranjska pramenka		Bovška ovca		Jezersko- solčavska ovca		Opl. jezersko- solčavska pasma	
	Število	Delež (%)	Število	Delež (%)	Število	Delež (%)	Število	Delež (%)	Število	Delež (%)
0 < x < 5	397	57.8	215	25.8	3034	61.4	7930	89.8	5586	86.7
5 ≤ x < 10	107	15.6	133	16.0	996	20.2	364	4.1	393	6.1
10 ≤ x < 15	81	11.8	119	14.3	526	10.6	83	0.9	51	0.8
15 ≤ x < 20	30	4.4	128	15.4	158	3.2	31	0.4	23	0.4
20 ≤ x < 25	12	1.7	46	5.5	56	1.1	3	0.03		
25 ≤ x < 30	51	7.4	145	17.4	138	2.8	405	4.6	385	6.0
30 ≤ x < 35	6	0.9	28	3.4	25	0.5	11	0.1	4	0.6
35 ≤ x < 40			15	1.8	6	0.1	8	0.1	2	0.03
40 ≤ x < 45	3	0.4	2	0.2	2	0.04				
45 ≤ x < 50			1	0.1						
Skupaj	687 ¹	19.8 ²	832	32.4	4941	48.7	8835	42.7	6444	24.6
Povprečje ³ (%)	6.86		13.93		5.55		2.82		3.12	
Maksimum (%)	42.09		46.09		42.52		38.82		37.5	

¹ število inbridiranih živali, ² delež inbridiranih živali v porektu, ³ povprečni koefficient inbridinga pri inbridiranih živalih



Slika 4: Spreminjanje povprečnega koeficienta inbridginga z leti po pasmah (IP – istrska pramenka, BP – belokranjska pramenka, B – bovška ovca, JS – jezersko-solčavska ovca, JSR – oplemenjena jezersko-solčavska ovca)



Slika 5: Delež neinbridiranih živali po letih in pasmah (IP – istrska pramenka, BP – belokranjska pramenka, B – bovška ovca, JS – jezersko-solčavska ovca, JSR – oplemenjena jezersko-solčavska ovca)

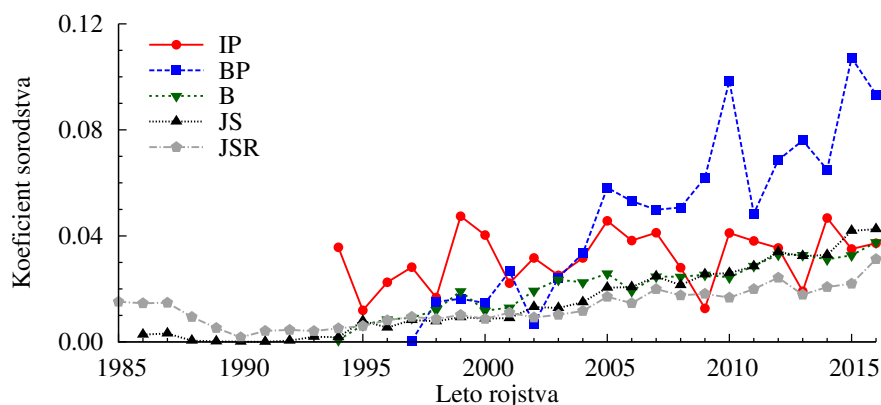
Pri vseh pasmah se povprečni koeficient inbridginga v populaciji s časom povečuje (slika 4). Nobena od populacij ni zaprta, zato v določenih letih v primerjavi s predhodnimi leti opazimo tudi znižanje inbridginga, kar je lahko le posledica tega, da nove živali nimajo skupnih znanih prednikov in s tem sorodnikov v populaciji ter s potomci iz parjenj z njimi se navidezno zmanjša inbridging. Pri koeficientu inbridginga precej izstopa belokranjska pramenka, najmanj inbridirane pa so živali pasem bovška in oplemenjena jezersko-solčavska ovca. Naj-

bolj nepričakovano pa je zmanjševanje vrednost povprečnega koeficienta inbridinga pri istrski pramenki, kjer se očitno v populacijo vključuje živali od drugod, z zelo malo znanimi predniki, kar se je poznalo že pri popolnosti porekla (slika 3).

Pri večini pasem so do leta 1995 praktično vse zajete živali neinbridirane (slika 5), saj je do tedaj večina živali brez znanih staršev. Za take živali sicer lahko predvidevamo, da so inbridirane, sploh če gre za majhne populacije, vendar pa ne moremo predvideti, kako so si med sabo sorodne. Po letih bi pričakovali, da se delež neinbridiranih živali zmanjšuje, ker se povečuje popolnost porekla, kar se dogaja pri štirih pasmah. Izjema je istrska pramenka, pri kateri se v zadnjih letih delež neinbridiranih živali povečuje, kar tudi dokazuje, da se vključuje veliko živali iz drugih populacij. Koeficient inbridinga sicer kaže, koliko so živali posamično inbridirane, ne pove pa, koliko so živali v populaciji med seboj sorodne in tudi povprečni koeficient inbridinga ne napoveduje stanja v populaciji za naslednjo generacijo. Koeficient sorodstva (Wright, 1922, *relationship coefficient*) običajno računamo kot aditivni genetski koeficient sorodstva. Predstavlja dvakratnik koeficienta inbridinga potomca in kot tak lahko zavzame vrednosti med 0 in 2. Povprečje koeficientov sorodstva predstavlja napoved za povprečni koeficient inbridinga v naslednji generaciji.

Tabela 7: Koeficient sorodstva v referenčni populaciji po pasmah

Par	Št. parov	Povprečje	Std. odklon	Maks.
Istrska pramenka				
Ovni med sabo	1431	0.0368	0.0800	0.5624
Ovni z ovcami	28566	0.0322	0.0728	0.7872
Ovce med sabo	139656	0.0588	0.1304	0.7500
Belokranjska pramenka				
Ovni med sabo	3160	0.0776	0.1098	0.7656
Ovni z ovcami	45200	0.0710	0.1078	1.0000
Ovce med sabo	159330	0.0702	0.1128	1.0522
Bovška ovca				
Ovni med sabo	31125	0.0322	0.0830	1.0014
Ovni z ovcami	474000	0.0210	0.0534	1.0682
Ovce med sabo	1762503	0.0246	0.0532	0.9402
Jezersko-solčavska ovca				
Ovni med sabo	457446	0.0428	0.0546	0.7742
Ovni z ovcami	2469060	0.0316	0.0408	0.7874
Ovce med sabo	3326910	0.0266	0.0378	1.0218
Opl. jezersko-solčavska ovca				
Ovni med sabo	278631	0.0340	0.0580	0.5820
Ovni z ovcami	1572435	0.0234	0.0412	0.7574
Ovce med sabo	2214460	0.0196	0.0402	1.0000



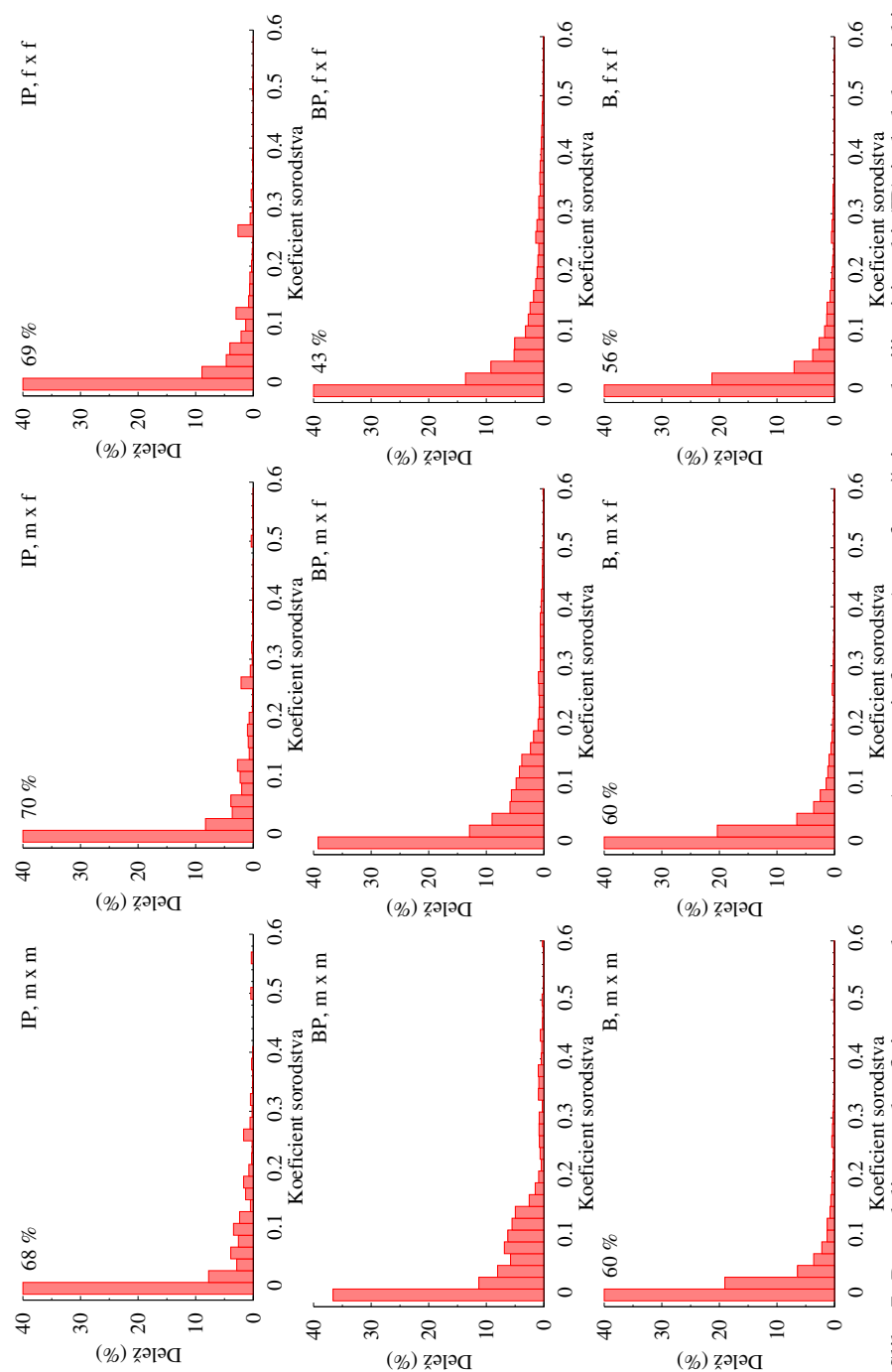
Slika 6: Koefficient sorodstva po letih in pasmah (IP – istrska pramenka, BP – belokranjska pramenka, B – bovška ovca, JS – jezerko-solčavska ovca, JSR – oplemenjena jezerko-solčavska ovca)

Minimalno povečanje inbridinga v naslednji generaciji je tudi osnova, kako izbirati pare staršev v malih populacijah, kakršni sta istrska in belokranjska pramenka. Koefficienti sorodstva med živalmi, ki so rojene v letih 2012 do 2016, so podani v tabeli 7. Rezultati so, enako kot koefficient inbridinga, pod vplivom nepopolnosti porekla in so pri obeh pramenkah najmanj zanesljivo ocenjeni.

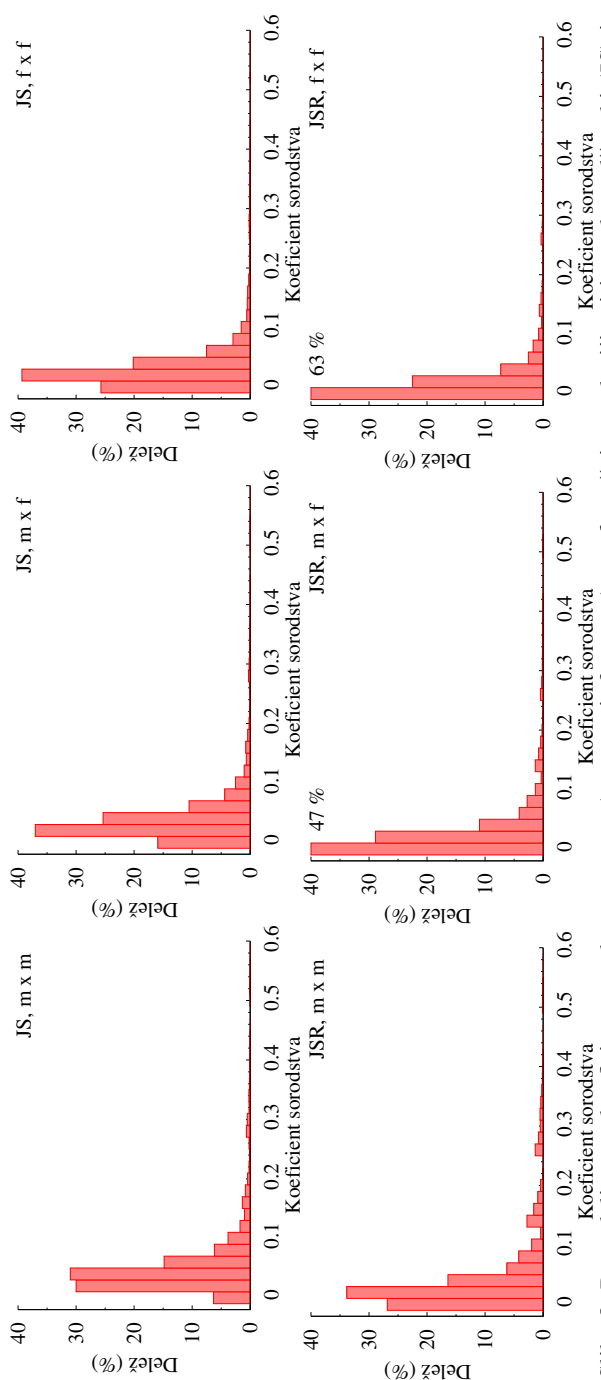
Sorodstvo med ovni je pri vseh pasmah večje kot med ovni in ovcami ter med ovcami (tabela 7), z izjemo istrske pramenke, kar kaže na to da v populacijo prihajajo predvsem plemenjaki. Največje vrednosti za koefficient sorodstva (0.0776 med ovni, 0.0710 med ovni in ovcami ter 0.0702 med ovcami) so pri belokranjski pramenki, kar je glede na vrednosti za koefficient inbridinga (tabela 6) tudi pričakovano. Pri istrski pramenki je koefficient sorodstva nekoliko manjši med ovcami (0.0588), medtem ko je bistveno manjši med ovni (0.0368). Maksimalne vrednosti za koefficient sorodstva med pari živali se gibljejo med 0.5624 pri ovnih med sabo pasme istrska pramenka in 1.0522 pri ovcah med sabo pri belokranjski pramenki.

Belokranjski pramenki se povprečni koefficient sorodstva povečuje praktično od pričetka vodenja rodovniške knjige (slika 6), kar je pričakovano, saj je bila populacija tedaj zelo majhna. Nekoliko boljša je situacija pri istrski pramenki, ki je tudi majhna populacija, a je čezmejna pasma in je možno preprečevanje parjenja v sorodstvu z nakupi plemenjakov čez mejo. Vse ostale tri pasme so bistveno večje, kar se pozna v precej počasnejšem naraščanju sorodstva.

Glede na porazdelitve koefficienta sorodstva (sliki 7, 8) je pri istrski pramenki med pari oven-ovca 70 % nesorodnih, pri belokranjski pramenki 39 %, pri bovški pasmi 60 %, pri oplemenjeni jezerko-solčavski ovci 57 % ter pri jezerko-solčavski pasmi pod 16 %. Tudi iz porazdelitev pri belokranjski pramenki se vidi, da so si živali te pasme najbolj sorodne (slika 7).



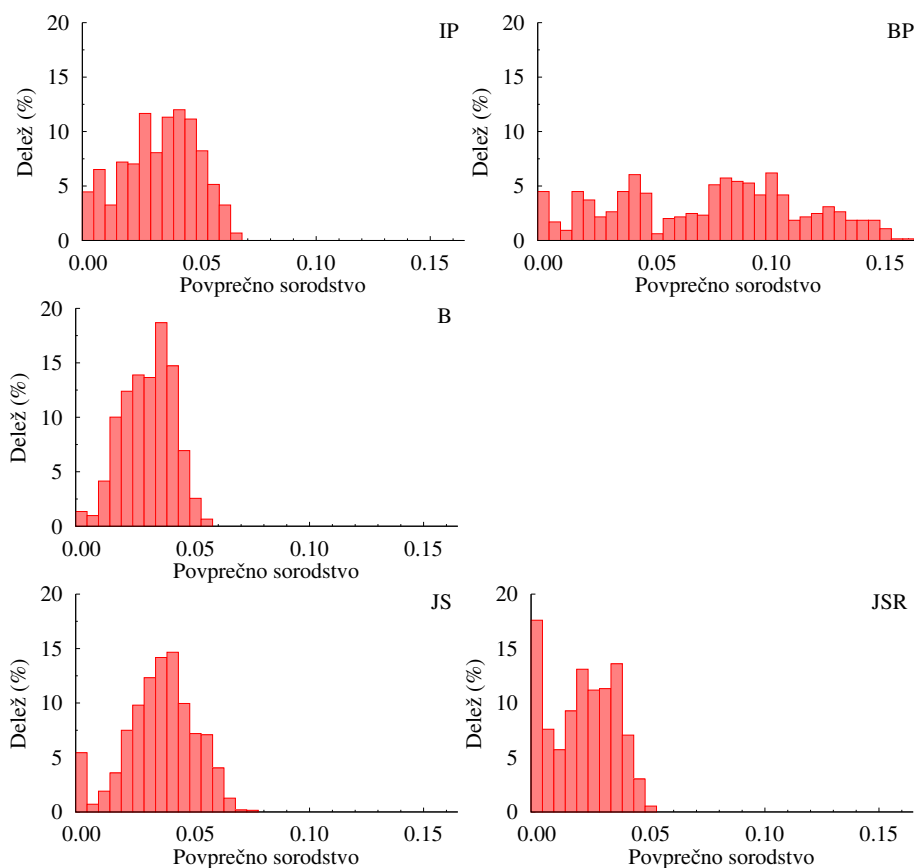
Slika 7: Porazdelitev za koefficient sorodstva za pare (m – ovni, f – ovce) v referenčni populaciji pri istrski (IP) in belokranjski pramenki (BP) ter bovški ovci (B)



Slika 8: Porazdelitev za koefficient sorodstva za pare (m – ovni, f – ovce) v referenčni populaciji pri jezersko-solčavski (JS) in oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi (JSR)

3.3.6 Povprečno sorodstvo

Povprečno sorodstvo (Dunner in sod., 1998) meri, koliko je posamezna žival sorodna z vsemi ostalimi v populaciji. Izbira parov potencialnih staršev lahko prispeva h manjšemu povečevanju inbridinga v naslednji generaciji. Na sliki 9 so prikazane porazdelitve za povprečno sorodstvo, medtem ko je opisna statistika za povprečno sorodstvo med živalmi referenčne populacije podana v tabeli 8. Med živečimi živalmi jih je določen delež takih, ki so s populacijo manj sorodne in med temi se najdejo potencialni ovni, ki bi bili lahko glede na nesorodnost uporabljeni v tropih. Najmanjšo vrednost za povprečno sorodstvo (0.020) ima oplemenjena jezersko-solčavska ovca, največjo pa belokranjska pramenka (0.072, tabela 8). Razpon vrednosti za povprečno sorodstvo v referenčni populaciji se pri oplemenjeni jezersko-solčavski ovci giblje med 0.0003 in 0.051 z mediano pri 0.021. Pri belokranjski pramenki je mediana za povprečno sorodstvo kar 0.078, razpon pa je med 0.017 in 0.161.



Slika 9: Porazdelitev za povprečno sorodstvo v referenčni populaciji po pasmah (IP – istrska pramenka, BP – belokranjska pramenka, B – bovška ovca, JS – jezersko-solčavska ovca, JSR – oplemenjena jezersko-solčavska ovca)

Tabela 8: Povprečno sorodstvo v referenčni populaciji po pasmah

Pasma	Št.	Povpr.	SD ¹	Min.	Maks.	Me ²	KA ³
Istrska pramenka	583	0.032	0.016	0.0017	0.066	0.033	-0.23
Belokranjska pramenka	645	0.072	0.040	0.0016	0.161	0.078	-0.04
Bovška ovca	2146	0.029	0.011	0.0005	0.057	0.030	-0.23
Jezersko-solčavska ovca	3935	0.035	0.015	0.0003	0.074	0.036	-0.36
Opl. jezersko-solč. ovca	2977	0.020	0.014	0.0003	0.051	0.021	-0.05

¹ standardni odklon, ² mediana, ³ koeficient asimetričnosti

Belokranjska pramenka je glede porazdelitve za povprečno sorodstvo najbolj problematična (slika 9), medtem ko se povprečno sorodstvo pri istrski pramenki v primerjavi s preteklimi analizami zmanjšalo, kar je posledica vnosa genetskega materiala iz tujih populacij. Tudi ti rezultati so pod vplivom nepopolnosti porekla in so za velikost populacij obravnavanih pasem, verjetno precej podcenjeni.

3.3.7 Prispevek prednikov in efektivno število prednikov

V referenčni populaciji po pasmah je bilo zajetih pri ovnih med 45 (istrska pramenka) in 1027 (jezersko-solčavska ovca) ter pri ovcah med 456 (istrska pramenka) in 2657 (jezersko-solčavska ovca), za katere se poznani starši (tabela 9). V populacijah je med 110 (istrska pramenka) in 530 živali pri ovnih (jezersko-solčavska ovca) in med 336 (istrska pramenka) in 1113 živali pri ovcah (oplemenjena jezersko-solčavska ovca), ki jih lahko smatramo za osnovalce. Razlike med pasmami so precejšnje, kar glede na različno velikost populacij pričakovano. Ovce imajo pri vseh pasmah več osnovalcev kot ovni, z izjemo pri bovški ovci. Pri istrski pramenki se je število osnovalcev močno povečalo.

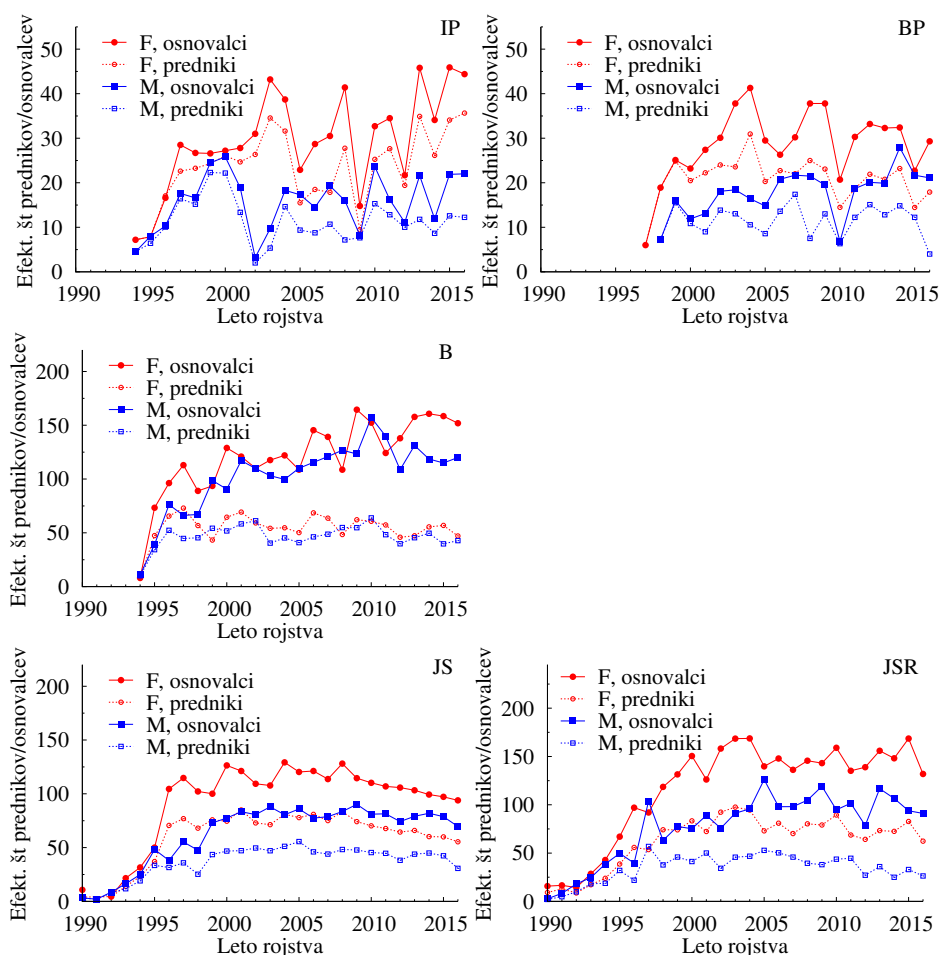
Efektivno število osnovalcev se za ovne in ovce znotraj pasem večinoma precej razlikuje (tabela 9), od 25.7 pri ovnih belokranjske pramenke do 153.6 pri ovnih bovške pasme ter od 32.7 pri ovcah istrske pramenke do 169.2 pri ovcah bovške pasme. Širok je razkorak med številom osnovalcev in efektivnim številom osnovalcev tako pri jezersko-solčavski kot pri oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi, kjer je pri ovnih število osnovalcev šestkrat oz. petkrat večje od efektivnega števila osnovalcev, pri ovcah pa desetkrat oz. osemkrat večje.

Precejšnje razlike med pasmami ovc so tudi v trendu sprememb efektivnega števila osnovalcev in prednikov glede na leto rojstva živali (slika 10). Pri obeh pramenkah zaradi majhnega števila živali obe vrednosti precej nihata, pri jezersko-solčavski pasmi se od leta 2005 pri ovcah opazi trend zmanjševanja, medtem ko je stanje pri ovnih dokaj stabilno, pri oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi je zmanjševanje pri efektivnem številu prednikov bolj opazno, medtem ko se pri bovški pasmi efektivno število osnovalcev povečuje, efektivno število prednikov pa se rahlo zmanjšuje.

Tabela 9: Zastopanost osnovalcev in prednikov pri ovnih in ovcah referenčne populacije

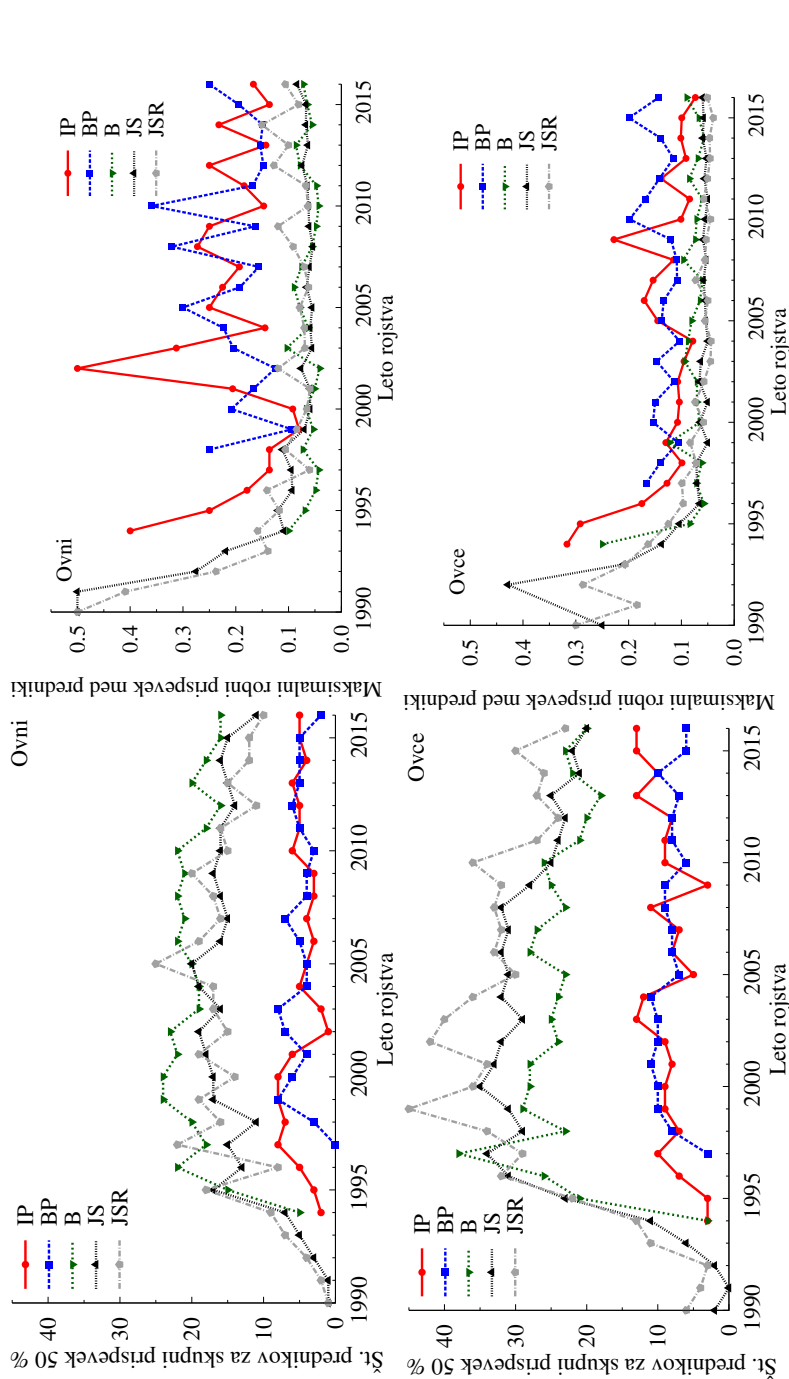
Parameter	Istrska pramenka		Belokranjska pramenka		Bovška ovca	
	Pri ovnih	Pri ovcah	Pri ovnih	Pri ovcah	Pri ovnih	Pri ovcah
Število živali z znanimi starši	45	456	76	537	245	1871
Število osnovalcev	110	336	89	216	420	670
Efektivno število osnovalcev (f_e)	25.7	45.4	27.5	32.7	153.6	169.2
Efektivno število prednikov (f_d)	21.9	38.7	20.2	23.1	66.8	61.3
N_{50} ¹	10	15	8	9	27	26
Število ovnov v N_{50}	7	11	7	8	22	24
C_{max} ² (%)	15.3	8.4	11.8	14.1	6.9	6.7
	Jezersko-solčavska ovca					
Število živali z znanimi starši	1027	2657	522	2070		
Število osnovalcev	530	1059	484	1113		
Efektivno število osnovalcev (f_e)	80.3	103.1	104.2	169.0		
Efektivno število prednikov (f_d)	46.2	65.2	39.5	84.9		
N_{50}	16	24	15	32		
Število ovnov v N_{50}	14	18	14	29		
C_{max} (%)	6.2	5.7	8.3	4.5		

¹ število prednikov, katerih prispevek je 50 % v sklad genov populacije, ² največji posamični robni prispevek



Slika 10: Efektivno število prednikov in osnovalcev po letih rojstva po pasmah (IP – istrska pramenka, BP – belokranjska pramenka, B – bovška ovca, JS – jezersko-solčavska ovca, JSR – oplemenjena jezersko-solčavska ovca) in spolu (F – ovce, M – ovni)

Efektivno število prednikov je pri vseh pasmah pričakovano manjše od efektivnega števila osnovalcev. Pri ovnih je efektivno število prednikov najmanjše pri belokranjski pramenki (20.2), precej podobno je tudi pri istrski pramenki (21.9), medtem ko je pri ovnih bovške ovce to število 66.8, pri jezersko-solčavski pasmi 46.2 ter pri oplemenjeni jezersko-solčavski ovci 39.5. Pri ovcah je pri večini pasem efektivno število prednikov večje kot pri ovnih in znaša med 23.1 pri belokranjski pramenki in 84.9 pri oplemenjeni jezersko-solčavski ovci. Razlike med številom osnovalcev in efektivnim številom osnovalcev kot tudi med efektivnim številom osnovalcev in efektivnim številom prednikov kažejo na neenakomerno zastopanost in s tem izgubljanje genov, predvsem pri ovnih, na kar smo opozorili že pri velikosti družin.



Slika 11: Spreminjanje števila prednikov, ki v sklad genov prispevajo 50 % (levo) ter največji posamični robni prispevek (desno) z leti po spolu in pasmah (IP – istrska pramenka, BP – belokranjska pramenka, B – bovška ovca, JS – jezerško-solčavska ovca, JSR – oplemenjena jezerško-solčavska ovca)

Število prednikov, ki v sklad genov referenčne populacije skupno prispevajo 50 % (tabela 9), je pri ovnih med 8 (belokranjska pramenka) in 27 (bovška ovca) ter pri ovcah med 9 (belokranjska pramenka) in 32 (oplemenjena jezersko-solčavska ovca). Največji posamični prispevek imajo pri vseh pasmah ovni in znaša med 6.9 % pri ovnih bovške pasme in 15.3 % pri ovnih istrske pramenke. V populacijah pri ovcah so največji posamezni prispevki podobni kot pri ovnih, od 4.5 % pri ovcah oplemenjene jezersko-solčavske pasme do 14.1 % pri ovcah belokranjske pramenke. Tudi pri ovcah so predniki z največjim posamičnim prispevkom ovni. Med najvplivnejšimi predniki pri ovnih, ki predstavljajo 50 % raznolikosti v skladu genov populacije, je ovnov od 70 % pri istrski pramenki do 93 % pri oplemenjeni jezersko-solčavski ovci, pri ovcah pa med 73 % pri istrski pramenki in 92 % pri bovški ovci.

Na sliki 11 (levo) je prikazano, kako se z letom rojstva živali spreminjata število prednikov, ki v sklad genov populacije skupno prispevajo 50 % in največji posamični robni prispevek. Pri ovnih pri obeh pramenkah je takih prednikov 5 in pri ovcah okoli 7. Pri ostalih treh pasmah je pri ovnih prednikov, ki v sklad genov skupno prispevajo 50 % genov, med 15 in 20 z rahlo padajočim trendom, medtem ko je bilo pri ovcah teh pasem v letu 1995 okoli 30, trend zmanjševanja števila pa je bolj opazen in je v letu 2016 le še okoli 25 prednikov, ki v sklad genov skupno prispevajo 50 %.

Tako pri istrski kot belokranjski pramenki je največji posamični robni prispevek od leta 2000 naprej pri ovnih po letih rojstva s precej nihanjem okoli 20 % (slika 11, desno), pri ovnih oplemenjene jezersko-solčavske pasme malo pod 9 % ter pri ovnih ostalih dveh pasem pa blizu 7 %. Pri ovcah je največji posamični robni prispevek od leta 2000 pri pramenkah 12 oz. 14 %, pri ovcah ostalih treh pasem pa med 5 in 7 %.

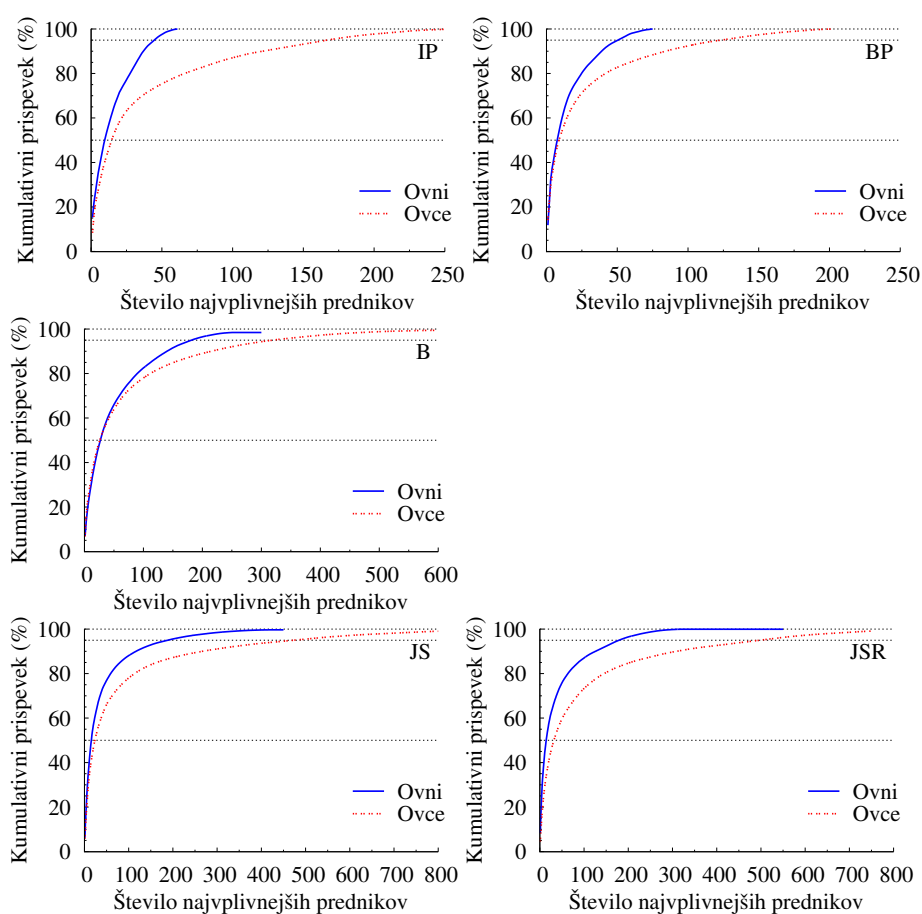
Pri vseh pasmah se kumulativni prispevek prednikov prej približa 100 % pri ovnih kot pri ovcah (slika 12). Tudi tu se lepo vidi, da so posamični prispevki prednikov pri obeh pramenkah precej večji kot pri ostalih treh pasmah. Za pojasnitev 95 % genetske variabilnosti v skladu genov populacije je pri ovnih istrske in belokranjske pramenke potrebnih 50 najpomembnejših prednikov, pri ovcah pa 170 (istrska pramenka) oz. 125 (belokranjska pramenka). Pri ostalih treh pasmah je pri ovnih za 95 % potrebnih okoli 180 prednikov, medtem ko je pri ovcah razpon med 320 pri bovški ovci in malo pod 500 pri oplemenjeni jezersko-solčavski ovci.

3.4 Zaključki

Populacije avtohtonih slovenskih pasem ovc imajo poreklo poznano le za malo generacij, saj se v sistem kontrole in spremljanja porekla še vedno vključujejo novi tropi oziroma so pasme v tem sistemu šele kratek čas, tipičen primer je belokranjska pramenka. V primerjavi s predhodnimi analizami se stanje večinoma popravlja. Koeficient inbridginga je pri obeh pramenkah velik, saj so inbridirane praktično vse živali, ki imajo vsaj malo znanega porekla. Zaradi nepopolnega porekla sta tako koeficient inbridginga kot tudi koeficient sorodstva verjetno precej podcenjena. Koeficient inbridginga se je v primerjavi s predhodnimi analizami povečal, sploh pri pramenkah.

Efektivno število prednikov se bolj razlikuje med pasmami kot med spoloma znotraj pasem. Efektivno število prednikov se je v primerjavi s predhodno analizo pri nekaterih pasmah zmanjšalo, kar kaže na izgubljanje genetske variabilnosti. Pri pramenkah, ki sta manjši populaciji, je efektivno število tako osnovalcev kot prednikov precej manjše kot pri bovški in jezersko-solčavski pasmi.

Ovni so praktično v vseh pasmah preveč neenakomerno zastopani, kar prispeva tako k majhnemu efektivnemu številu prednikov pri pramenkah kot relativno velikim spremembam pri koeficientu inbridinga med generacijami ter posledično zmanjšanju efektivne velikosti po-



Slika 12: Kumulativni prispevek 'n' najpomembnejših prednikov v genski sklad referenčne populacije po pasmah (IP – istrska pramenka, BP – belokranjska pramenka, B – bovška ovca, JS – jezersko-solčavska ovca, JSR – oplemenjena jezersko-solčavska ovca)

pulacije. Potrebno bi bilo načrtovati velikost družin, ki morajo biti bolj uravnotežene in s čim manj variabilnosti, tako da je prispevek v sklad genov naslednje generacije čim bolj enakomeren in se izgublja čim manj genov.

3.5 Viri

- Boichard D. 2002. PEDIG: a fortran package for pedigree analysis suited for large populations. V: Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, 2002-08-19/23. Castanet-Tolosan, INRA, 32: 525–528.
- Boichard D., Maignel L., Verrier E. 1997. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genet. Sel. Evol.*, 29: 5–23.
- Dunner S., Checa M.L., Gutiérrez J.P., Martín J.P., Cañón J. 1998. Genetic analysis and management in small populations: the Asturcon pony as an example. *Genet. Sel. Evol.*, 30: 397–405.
- Lacy R.C. 1989. Analysis of founder representation in pedigrees: Founder equivalents and founder genome equivalents. *Zoo Biol.*, 8: 111–123.
- MacCluer J.W., VandeBerg J.L., Read B., Ryder O.A. 1986. Pedigree analysis by computer simulation. *Zoo Biol.*, 5: 147–160.
- Maignel L., Boichard D., Verrier E. 1996. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. V: Proceedings of the Interbull Meeting, Veldhoven. International Bull Evaluation Service, 15: 49–54.
- SAS Inst. Inc. 2012. The SAS System for Linux, Release 9.4. Cary, NC.
- Wright S. 1922. Coefficients of inbreeding and relationship. *Am. Nat.*, 56: 330–338.

Poglavje 4

Slovenske lokalne pasme goveda

Špela Malovrh^{1,2}, *Tina Flisar*¹, *Miran Štepec*¹, *Betka Logar*³, *Marko Čepon*¹

4.1 Uvod

V govedoreji je močno razširjena uporaba osemenjevanja, pa ne samo znotraj držav, temveč v svetovnem merilu, kar močno vpliva na genetsko pestrost pasem goveda. Uporaba le nekaj "izjemnih" bikov lahko zmanjša genetsko pestrost pasme, medtem ko pametna uporaba mnogih očetov genetsko pestrost lahko ohranja. V zadnjem času postajajo analize strukture porekla v populacijah vse bolj uporabljano orodje, ki omogoča vpogled v genetsko ozadje in razvoj populacije. Na eni strani omogoča oceno stanja genetske raznolikosti v populaciji, oceno zastopanosti osnovalcev in prednikov, kot tudi oceno prispevka vnesenih genov iz tujih populacij, po drugi strani pa lahko rezultate izkoristimo za postopno spremembo stanja v ogroženih populacijah, saj lahko uravnotežimo prispevke prednikov v sklad genov populacije, poskušamo izenačiti velikost družin...

Rjavo govedo je bilo že v srednjem veku poznano v Švici. V 19. stoletju je ta pasma prevladovala v vzhodni Švici, južni Nemčiji, zahodni Avstriji ter v sosednjih alpskih predelih Italije. V drugi polovici 19. stoletja so pričeli uvažati prve živali rjavega goveda tudi v Slovenijo. Vse bolj je raslo spoznanje, da je to govedo zelo primerno za prirejo mleka tudi na slabših, kraških območjih. Plemenske živali so prihajale v Slovenijo iz Švice in Avstrije (montafonsko govedo - poimenovanje, ki je še danes prisotno med rejci). Kasneje, v prvi polovici 20. stoletja je bilo vse bolj pomembno spoznanje, da so biki te pasme odlični tudi za pitanje. Z uvedbo osemenjevanja so se proizvodne lastnosti pri tej pasmi v Sloveniji zelo hitro izboljševale in pasma se je močno razširila predvsem na območjih s prevladujočim travinjem. V zadnjih 20 letih se je selekcijsko delo pri tej pasmi usmerilo predvsem na izboljševanje lastnosti mlečnosti, pitovnim in klavnim lastnostim pa se v selekcijskem programu daje manjšo težo. Pri tej pasmi je v Sloveniji dokumentirano več kot sto let trajajoče selekcijsko delo (od l. 1904).

Pasma lisasto govedo v Sloveniji izhaja iz populacije švicarskega simentalkega goveda, ki je nastalo v dolinah Simme in Saane v zahodni Švici. Razvoj industrije in tehnike ter pojav kupne moči proletariata v drugi polovici 19. stoletja so botrovali širjenju simentalkega goveda iz Švice v številne takratne srednje in vzhodno evropske države. Simentalška pasma je bila namreč primerna za delo, predvsem pa za intenzivnejšo prirejo mleka in mesa. V času druge svetovne vojne in po njej je lisasto govedo v Sloveniji predstavljalo tretjino staleža. Pomembno prelomnico je pomenilo leto 1952 z uveljavitvijo osemenjevanja, istočasno pa je v Evropi naraščalo povpraševanje po govejem mesu. Stalež lisaste pasme v Sloveniji je pričel naraščati, v 70-ih letih 20. stoletja je presegel 50 % in danes znaša okrog 60 % govedi.

¹Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Groblje 3, 1230 Domžale

²E-pošta: spela.malovrh@bf.uni-lj.si

³Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ul. 17, 1000 Ljubljana

Cikasto govedo je edina ohranjena slovenska avtohtona pasma goveda. Pasma je nastala na območju Bohinja, kjer je bilo razširjeno govedo rdeče ali rdečerjave barve. Za pasmo je bil značilen majhen okvir, prilagojenost na pašo na strmih planinah ter skromnost glede prehrane. Njena največja odlika je bila - glede na majhno telesno maso - zelo dobra mlečnost, saj je po izvoru brahicereno govedo. V drugi polovici 19. stoletja so v Bohinj vpeljali rdečo tirolsko govedo, ki je bilo po zunanosti podobno bohinjskemu govedu. Z uvažanjem plemenskih bikov in telic pincgavske oziroma belanske pasme je bohinjsko govedo izgubljalo svojo enobarvnost, pojavila pa se je sedanja rdeče-bela obarvanost. Cikasto govedo je še leta 1964 na Gorenjskem predstavljalo preko 70 % govedi, a se je v želji po produktivnejših kravah pričelo cikasto zamenjevati z lisastim govedom, posledično pa se je stalež pasme drastično zmanjšal. Z letom 2000 je bilo cikasto govedo vključeno v program Ohranjanje biotske raznovrstnosti v slovenski živinoreji na Oddelku za zootehniko, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani. Pristojno ministrstvo je cikasto govedo opredelila kot slovensko avtohtono pasmo goveda in jo uvrstilo na Seznam avtohtonih in tradicionalnih pasem domačih živali (ULRS, 2004), od leta 2011 pa se za pasmo vodi izvorna rodovniška knjiga.

Namen te študije je presoja strukture populacij treh slovenskih lokalnih pasem goveda, pri čemer bomo uporabili različne parametre, ki omogočajo spremljanje genetske raznolikosti v populaciji na podlagi rodovniških podatkov.

4.2 Material in metode

Podatke o poreklu pri pasmah lisasto in rjavo govedo je posredovala Katedra za znanosti o rejah živali, Enota za govedorejo, na Oddelku za zootehniko Biotehniške fakultete, ki opravlja genetsko vrednotenje za omenjeni pasmi, medtem ko smo podatke za poreklo pasme cikasto govedo pridobili na Kmetijskem inštitutu Slovenije, ki vodi Centralno podatkovno zbirko za govedo. Za analizo smo uporabili zapise, ki so obsegali oznako živali, pasmo, spol, oznako očeta in matere, datum rojstva ter izvor. Populacije so zelo različno velike, največ živali je pri lisasti pasmi, najmanj pa pri cikasti. Poreklo je pri lisasti pasmi zajemalo 1270585 živali, pri rjavi 311037 ter pri cikastem govedu 5993 živali. Od tega je bilo 93741, 23899 oziroma 531 živali brez obeh znanih staršev. Za analizo smo kot referenčno populacijo izbrali živali, rojene v letih 2012 do 2016.

Za opis populacije na osnovi porekla se običajno uporablja dva sklopa parametrov. Prvi je demografska analiza, s pomočjo katere opišemo strukturo in spreminjanje opazovane populacije. V okviru demografskega opisa bomo predstavili število moških in ženskih živali v populaciji, kako se to število spreminja s časom, generacijski interval ter velikost in variabilnost družin. Drugi sklop je genetska analiza, ki zajame razvoj in dinamiko sklada genov populacije. Genetski opis populacije obsega popolnost porekla, koeficient inbridinga in sorodstva ter zastopanost prednikov, ki so ali pa niso osnovalci populacije: ekvivalent popolnih generacij prednikov (Maignel in sod., 1996), ekvivalent osnovalcev (Lacy, 1989) oz. efektivno število osnovalcev in efektivno število prednikov (Boichard in sod., 1997) ter ekvivalent osnovalskih genomov oz. efektivno število osnovalskih genomov (MacCluer in sod., 1986). Povprečno sorodstvo (Dunner in sod., 1998) je parameter, ki pove, koliko je

posamezna žival v povprečju sorodna z vsemi ostalimi v (živeči) populaciji. Na osnovi čim manjših vrednosti za povprečno sorodstvo lahko v ogroženih populacijah izbiramo živali, ki so genetsko manj zastopane in s tem doprinesemo k preprečevanju izgubljanja alel iz sklada genov populacije.

Za izračun parametrov, ki genetsko opisujejo populacije, smo se poslužili programskega paketa PEDIG (Boichard, 2002), medtem ko smo ostale parametre izračunali s pomočjo statističnega paketa SAS (SAS Inst. Inc., 2012).

4.3 Rezultati in diskusija

4.3.1 Demografski opis referenčne populacije

Podatki o poreklu so obsegali med 5993 živali pri cikastem govedu do 1270585 živali pri lisastem govedu (tabela 1). Pri vseh pasmah je v poreklu določen delež živali, ki nimajo poznanih staršev: pri rjavi in lisasti pasmi je takih v poreklu 7.7 oz. 7.4 % ter pri cikasti pasmi 8.9 %. Živali brez znanih staršev se v tovrstnih analizah obravnavajo kot osnovalci populacije. Pri cikastem govedu je nestaršev, se pravi živali brez potomcev 44.8 %, pri ostalih dveh pasmah je delež nestaršev večji, 62.0 % pri rjavi pasmi in 67.9 % pri lisasti pasmi. Za referenčno populacijo smo izbrali živali, rojene v letih 2012 do 2016. Le-teh je bilo pri rjavem govedu 33777, pri lisastem 211377 ter 2557 pri cikastem govedu (tabela 1).

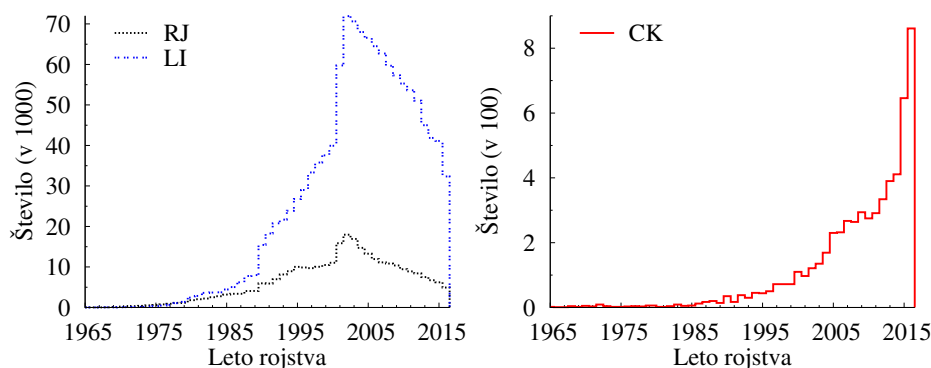
Tabela 1: Demografski opis v celotnem poreklu in v referenčni populaciji po pasmah

	Rjavo govedo	Lisasto govedo	Cikasto govedo
Celotni podatki o poreklu			
Število	311037	1270585	5993
Biki	110994	543996	1372
Krave	200043	726589	4621
Delež nestaršev (%)	62.0	67.9	44.8
Osnovalci	23899	93741	531
Delež osnovalcev (%)	7.7	7.4	8.9
Referenčna populacija (2012-2016)			
Število	33777	211377	2557
Biki	16303	106644	836
Krave	17474	104733	1765
Očetje	373	1171	275
Matere	18817	105635	1536
Razmerje ¹	50.4	90.2	5.6
Osnovalci	21	343	3
Delež osnovalcev (%)	0.06	0.16	0.12

¹ razmerje med kravami in biki, ki se pojavijo kot starši

Zaradi različne velikosti populacij je različno tudi število staršev, katerih potomci so v referenčni populaciji. Pri rjavi pasmi je bilo 373 očetov in 18817 mater, pri lisasti 1171 očetov in 105635 mater, medtem ko je bilo pri cikasti pasmi 275 očetov in 1536 mater. Razmerje med kravami in biki, ki se pojavljajo kot starši, je bilo pri lisasti najširše (90.2), najožje pa pri cikasti pasmi (5.6). V referenčni populaciji se pojavlja pod 0.2 % živali brez znanih staršev pri tradicionalnih pasmah, kar je verjetno posledica migracije plemenjakov iz sorodnih pasem, medtem ko so pri cikasti pasmi le 3 živali brez znanih staršev.

Število vpisov v zajeti seznam živali po letih rojstva pri obeh tradicionalnih pasmah narašča vse do leta 2003 (slika 1), po tem letu pa se prične zmanjševati. Ker imamo pri teh dveh pasmah zajete živali, ki imajo meritve in se zanje napovedujejo plemenske vrednosti, ter njihove prednike, lahko vidimo, da po letu 2003 upada število živali, zajetih v kontrolo. Na začetku je imela rjava pasma prirastek približno dvakrat večji kot lisasta tja do leta 1990, sledilo je 10 let, ko se populacija rjavega goveda močno povečevala, žal pa je upadanje po letu 2003 izrazitejše pri rjavem govedu kot pri lisastem. Pri cikastem govedu se število živali v zadnjem času zelo povečuje, tako je v zadnjih dveh letih v seznam živali za to pasmo vpisanih več kot četrtina vseh.



Slika 1: Prirastek populacije po letih rojstva (RJ – rjavo govedo, LI – lisasto govedo, CK – cikasto govedo)

4.3.2 Generacijski interval in velikost družin

Pri izračunu generacijskega intervala smo v prikaz zajeli vse potomce ali pa le potomce, ki so imeli tudi lastne potomce. V obeh primerih smo upoštevali celotno populacijo, saj potomci v referenčni populaciji večinoma še ne morejo imeti lastnih potomcev. Pasma se med sabo precej razlikujejo v generacijskem intervalu, razlikujejo pa se tudi biki in krave znotraj pasme, kot tudi po poteh selekcije oz. poteh prenosa genov: oče - sin, oče - hči, mati - sin ter mati - hči (tabela 2). Biki pri rjavi in lisasti pasmi so v primerjavi s kravami starejši, ko imajo sinove, ki imajo kasneje lastne potomce, medtem ko so cikasti biki ob rojstvu potomcev v povprečju precej mlajši kot krave. Cikasti biki so ob rojstvu sinov stari

3.53 let, medtem ko so biki tradicionalnih pasem stari 8.79 let (rjavi) oz. 8.10 let (lisasti). Hčere imajo rjavi biki v povprečju pri starosti 6.20 let, lisasti pri starosti 6.75 let, cikasti biki pa so več kot dve leti mlajši, le 3.86 leti. Krave imajo sinove, ki imajo kasneje potomce, pri starosti 6.54 let pri rjavi pasmi, 5.79 let pri lisasti pasmi oz. 6.13 let pri cikasti pasmi. Pri vseh pasmah je pri hčerah tako po očetih kot po materah krajši generacijski interval kot pri sinovih. Generacijski interval za pot selekcije mati - hči je pri lisasti in cikasti pasmi nekoliko krajši (5.19 let oz. 5.29 let) kot pri rjavi pasmi, kjer je 5.47 let.

Tabela 2: Generacijski interval (GI) glede na spol staršev in potomcev

Pot prenosa genov	Število		GI (leto)	Število		GI ¹ (leto)
	Starši	Potomci		Starši ¹	Potomci ¹	
Rjavo govedo						
Oče - sin	1128	108840	6.26	375	1296	8.79
Oče - hči	1383	169887	6.21	1220	94053	6.20
Mati - sin	63617	108156	5.18	858	1107	6.54
Mati - hči	92109	161765	5.35	58508	87481	5.47
Lisasto govedo						
Oče - sin	2779	510489	6.93	845	3301	8.10
Oče - hči	3401	583862	6.81	2700	288004	6.75
Mati - sin	271537	526567	5.09	2432	2928	5.79
Mati - hči	310333	593493	5.12	192044	289010	5.19
Cikasto govedo						
Oče - sin	310	1180	3.77	184	464	3.53
Oče - hči	457	3907	3.83	327	2168	3.86
Mati - sin	893	1245	5.71	321	459	6.13
Mati - hči	2328	4109	5.31	1495	2276	5.29

¹ upoštevani le potomci, ki so imeli lastne potomce

Velikost družine, predvsem pa izenačenost velikosti, pomembno vpliva na zastopanost genov posameznih prednikov v populaciji, na efektivno velikost populacije in s tem na možnost preživetja na daljši rok, če je populacija ogrožena. Velikost družin predstavljamo s številom potomcev za pare bik - krava ter za bike in krave ločeno (tabela 3). Pri tem smo upoštevali le potomce, ki imajo kasneje sami potomce, saj le taki prispevajo k prenosu genetskega materiala iz generacije v generacijo. Velika večina parov pri vseh treh pasmah je imela le enega potomca. Takih parov med 94.1 % pri cikasti pasmi in 98.7 % pri lisasti pasmi. Večje število potomcev po enem paru je zelo redko, maksimum pa znaša 3 oz. 4. Pari so tako imeli v povprečju le malo več kot enega potomca, med 1.01 in 1.06. Variabilnost velikosti družin je pri parih majhna, standardni odklon znaša med 0.11 pri rjavi pasmi in 0.24 potomcev pri cikasti pasmi.

Bikov, kot družin s potomci, je bilo 1614 pri rjavi pasmi, 3573 pri lisasti pasmi in 444 pri cikasti pasmi (tabela 3). V povprečju so imeli rjavi biki 59.4 potomcev, lisasti biki 84.1 potomcev, medtem ko so jih imeli cikasti biki bistveno manj, 6.10 potomcev. Standardni

Tabela 3: Velikost družin po pasmah¹

Pasma	Družina	Število	Povpr.	SD ²	Max.	DelD1 ³	DelP1 ⁴
Rjavo govedo	Bik-krava	85350	1.02	0.13	4	98.5	96.9
	Bik	1614	59.4	142.4	1391	32.0	0.5
	Krava	60383	1.50	0.84	9	66.1	44.1
Lisasto govedo	Bik-krava	276417	1.01	0.11	4	98.7	97.5
	Bik	3573	84.1	254.7	3286	38.5	0.5
	Krava	199426	1.51	0.83	11	65.3	43.4
Cikasto govedo	Bik-krava	2543	1.06	0.24	3	94.1	88.8
	Bik	444	6.10	13.14	100	45.7	7.5
	Krava	1696	1.66	1.22	11	64.8	38.9

¹ upoštevani le potomci, ki so imeli lastne potomce, ² standardni odklon, ³ delež družin z enim potomcem, ⁴ delež potomcev iz družin z enim potomcem

odklon za velikost družin po bikih pri obeh tradicionalnih pasmah je velikanski, 142.4 pri rjavih in 254.7 pri lisastih bikih. Pri cikastih bikih je standardni odklon precej manjši (13.14), a je še vedno velik. Z le enim potomcem je 32.0 % očetov pri rjavi pasmi, 38.5 % očetov pri lisasti ter 45.7 % očetov pri cikasti pasmi. Pri lisastih bikih ima en bik kar 3286 potomcev, ki so imeli kasneje tudi sami potomce. Krave imajo v primerjavi z biki pričakovano precej manj potomcev. Tako so imele krave v povprečju med 1.50 (rjave) in 1.66 potomcev (cikaste). Krav z enim samim potomcem je bilo okrog 65 % pri vseh treh pasmah. Standardni odklon velikosti družine po kravah je pri obeh tradicionalnih pasmah pod 1, pri cikastih kravah je le malo nad 1, kar pomeni, da so krave veliko enakomerneje zastopane v primerjavi z biki.

4.3.3 Popolnost porekla

Živali, rojene v letih 2012 do 2016, imajo v svojem poreklu največ 18 znanih generacij prednikov pri rjavi pasmi, 20 pri lisasti pasmi ter 14 pri cikasti pasmi (tabela 4). Popolnost porekla ocenjujemo z ekvivalentom popolnih generacij prednikov, ki predstavlja povprečno število generacij prednikov, če bi bili v teh generacijah znani vsi predniki. Pri bikih v referenčni populaciji je ekvivalent popolnih generacij znašal med 4.38 pri cikastih in 6.40 pri rjavih. Biki imajo v povprečju znanih dobrih 100 prednikov pri cikastem govedu, ter blizu 300 oz. 400 pri lisasti oz. rjavi pasmi. Pri kravah znotraj pasem je ekvivalent popolnih generacij praktično enak kot pri bikih, podobno pa tudi povprečno število znanih prednikov.

Ekvivalent popolnih generacij se z leti povečuje pri vseh pasmah (slika 2). Biki in krave obeh tradicionalnih pasem imajo pred letom 1965 ekvivalent popolnih generacij praktično enak 1. Po letu 1965 se tako pri bikih kot pri kravah povečuje in v letu 2007 pri rjavi pasmi preseže 5, pri lisasti pasmi pa 4. Po letu 2003 sta ekvivalenta popolnih generacij postala praktično enaka pri bikih in kravah znotraj tradicionalnih pasem, pred letom 2003 so imele krave tako pri rjavi kot pri lisasti pasmi nekoliko popolnejše poreklo biki. Cikasto govedo je bilo v strokovnem smislu dolga leta zanemarjana pasma. Z letom 2000, ko je postalo

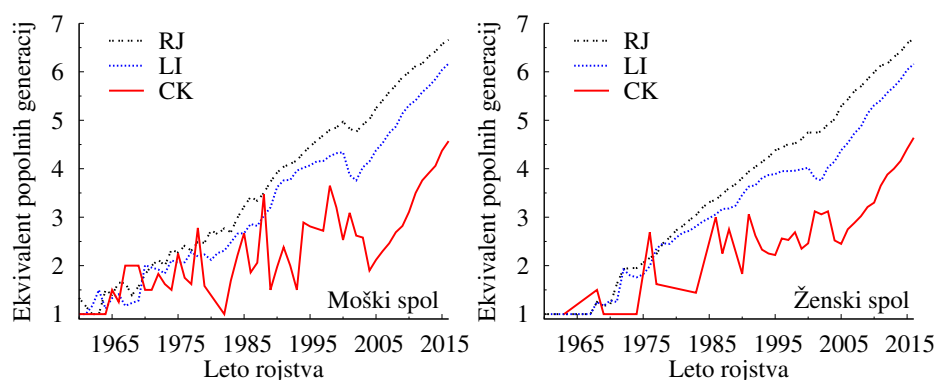
Tabela 4: Ekvivalent popolnih generacij prednikov in povprečno število znanih prednikov v referenčni populaciji po spolu in pasmah

Pasma Parameter	Rjavo govedo		Lisasto govedo		Cikasto govedo	
	Biki	Krave	Biki	Krave	Biki	Krave
Število ¹	16098	17068	101034	98036	768	1719
Maks. število generacij v poreklu	18	18	20	19	14	14
Ekviv. popolnih generacij predn.	6.40	6.40	5.83	5.82	4.38	4.27
Povpr. število znanih prednikov	397.5	397.1	290.6	289.6	100.1	91.7

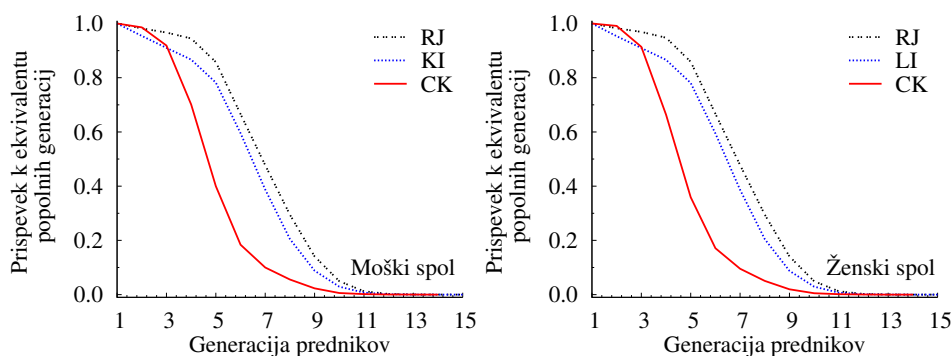
¹ število živali z obema znanima staršema

individualno označevanje pri govedu obvezno, in ko se je s pasmo spet pričelo strokovno ukvarjati, se pozna, da se prične popolnost porekla popravljati, sploh pa je to očitno po letu 2005, ko se popolnost porekla povečuje enako hitro kot pri tradicionalnih pasmah.

V referenčni populaciji - pri živalih, ki so rojene v letih 2012 do 2016 - se prispevki posameznih generacij prednikov pri bikih in kravah znotraj pasme ne razlikujejo bistveno (slika 3). Prva generacija, se pravi starši živali, imajo pri vseh pasmah prispevek enak 1, v kasnejših generacijah prednikov pa se prično pojavljati razlike med pasmami. Prispevek prednikov v drugi generaciji je med pasmami še podoben, med 0.95 pri lisasti in 0.98 pri rjavi pasmi, v tretji generaciji je prispevek prednikov pri rjavi pasmi še vedno 0.97, pri cikasti pasmi pa 0.91. Razlika med pasmami se v prispevku prednikov povečuje do šeste generacije, kjer je pri rjavi pasmi prispevek 0.67 in pri lisasti 0.59, medtem ko je pri cikasti pasmi le še 0.17, kar pomeni, da je v tej generaciji znanih le še 17 % prednikov. V kasnejših generacijah so prispevki med pasmami spet bolj podobni, od enajste generacije naprej imajo le še redke živali znanega kakega prednika.



Slika 2: Ekvivalent popolnih generacij prednikov po letih rojstva po spolih in pasmah (RJ – rjavo govedo, LI – lisasto govedo, CK – cikasto govedo)



Slika 3: Prispevek generacij prednikov k ekvivalentu popolnih generacij v referenčni populaciji po spolih in pasmah (RJ – rjava govedo, LI – lisasto govedo, CK – cikasto govedo)

4.3.4 Koeficient inbridinga in sorodstva

V zajetih populacijah je bilo 192631 inbridiranih živali rjave pasme, 600685 inbridiranih živali lisaste pasme ter 715 inbridiranih živali pri cikastem govedu (tabela 5). Povprečni koeficient inbriding pri teh živalih znaša med 0.76 % pri lisasti pasmi in 2.90 % pri cikasti pasmi. Največji koeficient inbridinga je bil pri vseh treh pasmah podoben, 35.90 oz. 37.60 %. Pri rjavi pasmi je bilo inbridiranih 63.7 %, pri lisasti pasmi 48.3 % in pri cikasti pasmi 42.1 % živali, zajetih v poreklu. Povprečni inbriding, ki ga tu podajamo za inbridirane živali, v nekaterih populacijah rjavega goveda po svetu navajajo kot povprečje populacije. V populaciji rjavega goveda ima med inbridiranimi živalmi koeficient inbridinga pod 5 % 97.3 % živali, podoben je delež tudi pri lisasti pasmi (97.9 %), medtem ko je pri cikasti pasmi delež nižji (85.5 %). Koeficient inbridinga 10 % ali več ima pri obeh tradicionalnih pasmah pod 1 % inbridiranih živali, pri cikasti pasmi pa ima koeficient inbridinga 10 % in več blizu 7 % med inbridiranimi živalmi.

Povprečje v populaciji za koeficient inbridinga se z leti povečuje pri vseh pasmah (slika 4). Pred letom 1990 je v podatkih zajeto le malo živali, v glavnem samo starši, zato pri vseh pasmah povprečni koeficient inbridinga precej niha, hkrati pa ima tudi nepričakovano visoke vrednosti. Pri rjavi pasmi je povečevanje hitrejše kot pri lisasti pasmi, kar je glede na velikost populacij pričakovano. Pri obeh pasmah tako pri bikih kot pri očetih opazimo bistveno večja nihanja pri povprečjih po letih kot pri kravah ter materah, saj jih je manj, pa tudi starši so verjetneje iz tujih populacij.

Pri vseh pasmah so biki, ki so vključeni v seznam živali, praktično do leta 1995 le biki, ki so tudi očetje, kasneje pa je v podatke vključenih več moških telet. Pri lisasti pasmi očetje, rojeni v letu 2010, pri inbridingu močno odstopajo. Razlike v povprečnem koeficientu inbridinga med kravami in materami je minimalna, saj je v primerjavi z biki bistveno večji delež živali, ki se pojavijo kot starši. Najbolj povprečni koeficient inbridinga niha pri cikasti

Tabela 5: Koeficient inbridinga po pasmah

Pasma Razred za koef. inbr. (%)	Rjavo govedo		Lisasto govedo		Cikasto govedo	
	Število	(%)	Število	(%)	Število	(%)
$0 < x \leq 5$	192631	97.3	600685	97.9	2158	85.5
$5 < x \leq 10$	3698	1.9	8926	1.5	197	7.8
$10 < x \leq 15$	683	0.34	1662	0.27	109	4.3
$15 < x \leq 20$	33	0.017	49	0.008	19	0.75
$20 < x \leq 25$			3	0.0005	1	0.04
$25 < x \leq 30$	1004	0.51	2251	0.37	39	1.5
$30 < x \leq 35$	3	0.002	6	0.001	1	0.04
$35 < x \leq 40$	1	0.001	4	0.001	1	0.04
Skupaj	198053 ¹	63.7 ²	327585	48.3	2525	42.1
Povprečje (%) ³	1.26		0.76		2.90	
Maksimum (%)	37.60		37.60		35.94	

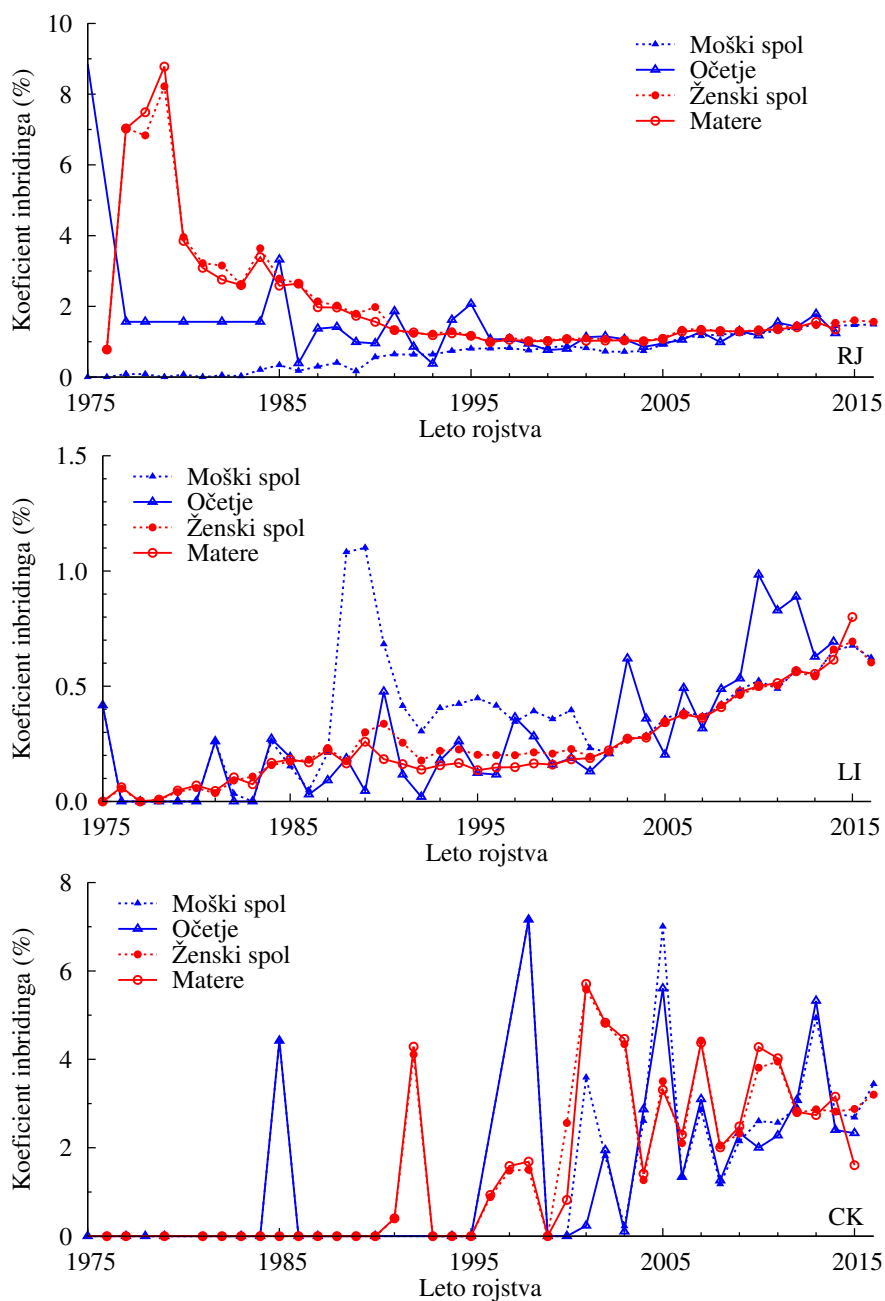
¹ število inbridiranih živali, ² delež inbridiranih živali v populaciji, ³ povprečni koeficient inbridinga pri inbridiranih živalih

pasmi, pri kateri je vse do leta 2005 zelo malo živali, tako je pred letom 2000 bikov na leto pod pet ter krav nekaj deset in šele v zadnjih dveh letih nekaj sto tako pri bikih kot kravah. Pri cikasti pasmi lahko glede na velikost populacije pričakujemo najvišjo stopnjo inbridinga.

Porazdelitve za koeficient inbridinga pri inbridiranih živalih se med pasmami razlikujejo (slika 5). Neinbridiranih živali je pri rjavi pasmi 36 %, pri lisasti pasmi slabih 52 % in pri cikasti pasmi dobrih malo pod 58 % (tabela 5), že prej pa smo omenili, da je med inbridiranimi pri obeh tradicionalnih pasmah delež živali, ki imajo koeficient inbridinga pod 5 % blizu 98 % in pri cikasti pasmi blizu 86 % živali (tabela 5). Med inbridiranimi je pri rjavi pasma z do 1 % inbridinga 63 % živali in z do 2.5 % inbridinga 91 % živali (slika 5). Pri lisasti pasmi je z do 1 % inbridinga 85 % in do 2.5 % inbridinga 95 % od inbridiranih živali, medtem ko ima cikasta pasma le 38 % živali z inbridingom pod 1 % ter 68 % živali z inbridingom pod 2.5 %, ostale inbridirane živali imajo več inbridinga.

Koeficient inbridinga kaže na to, koliko je posamezna žival inbridirana, ne pove pa medsebojne sorodnosti živali v populaciji in tudi ne napoveduje povprečnega koeficienta inbridinga v naslednji generaciji. Povprečje koeficientov sorodstva oz. "starševstva" med potencialnimi starši (*les coefficient de parente*), kot ga je definiral Malécot (1948), je enak koeficientu inbridinga potomca tega para in predstavlja napoved za inbriding v naslednji generaciji. Običajno pod pojmom koeficient sorodstva (*relationship coefficient*) razumemo aditivni genetski koeficient sorodstva (Wright, 1922), ki okvirno predstavlja dvakratnik koeficienta inbridinga potencialnega potomca, njegova največja vrednost pa je lahko enaka 2.

Pri govedu smo glede na majhen delež bikov, ki se pojavijo kot očetje, koeficiente sorodstva izračunali med kravami v referenčni populaciji ter biki, ki so na voljo za osemenjevanje v letu 2017. Koeficient sorodstva med biki rjave pasme znaša 0.038, med biki lisaste pasme 0.031 ter med cikastimi biki 0.068 (tabela 6). Tudi pri parih bik - krava je povprečje za



Slika 4: Povečevanje inbridginga s časom po pasmah (RJ – rjavo govedo, LI – lisasto govedo, CK – cikasto govedo)

Tabela 6: Koeficient sorodstva v referenčni populaciji po pasmah in parih

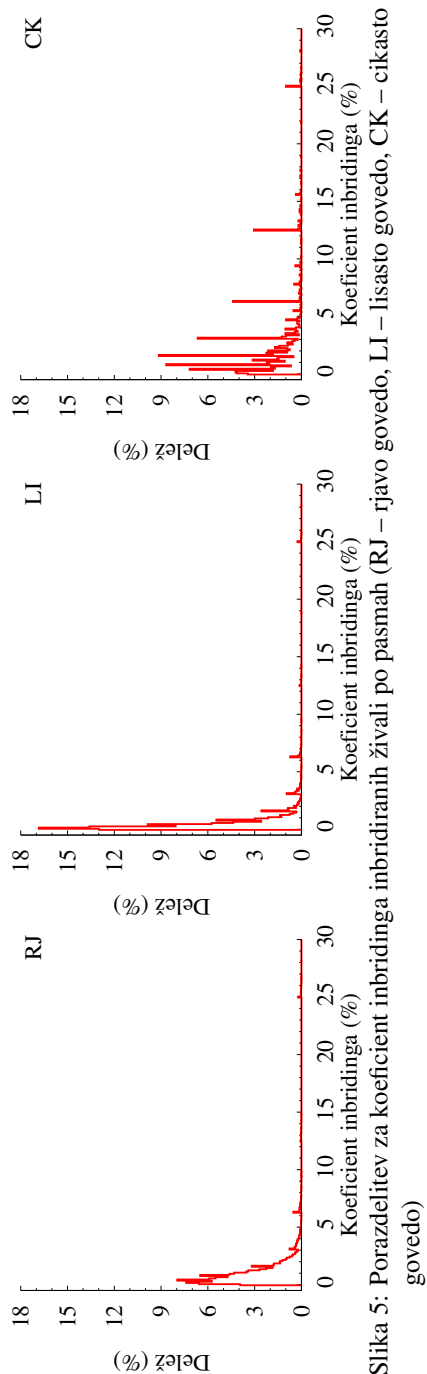
Pasma	Par	Št. parov	Povprečje	Std. odklon	Maks.
Rjavo govedo	Biki ¹ med sabo	946	0.038	0.048	0.375
	Biki s kravami	768856	0.035	0.046	0.765
	Krave med sabo	152661601	0.038	0.047	0.648
Lisasto govedo	Biki med sabo	171	0.031	0.040	0.262
	Biki s kravami	1989927	0.016	0.024	0.586
	Krave med sabo	5484448278	0.023	0.045	0.831
Cikasto govedo	Biki med sabo	105	0.068	0.089	0.543
	Biki s kravami	27075	0.061	0.084	0.750
	Krave med sabo	1628110	0.042	0.0544	0.812

¹ upoštevani le biki, ki so na voljo za osemenjevanje v letu 2017

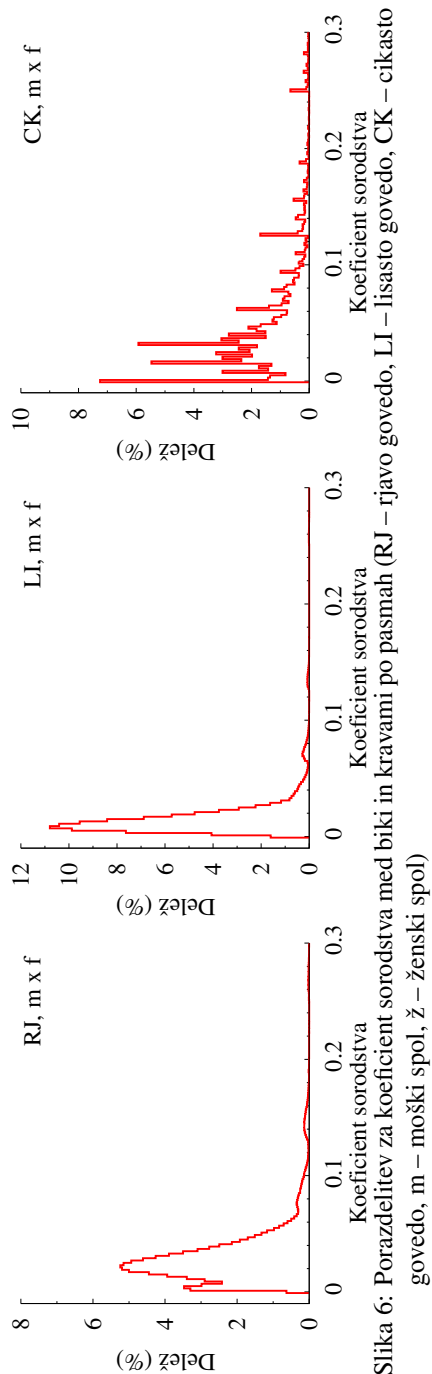
koeficient sorodstva večje pri cikastem govedu (0.061) kot pri rjavem (0.035) in lisastem govedu (0.016). Povprečna vrednost med kravami je pri rjavi pasmo enaka kot med biki, med lisastimi kravami povprečje za koeficient sorodstva znaša 0.023 in med cikastimi kravami 0.042. Na sliki 6 je prikazana porazdelitev za koeficiente sorodstva za pare bik - krava. Pri rjavi pasmi je do vrednosti 0.010 pri koeficientu sorodstva 38 % potencialnih parov, pri lisasti pasmi 80 % parov, medtem ko pri cikasti pasmi le 29 % parov. Pri obeh tradicionalnih pasmah se je ta delež v primerjavi s predhodno analizo zmanjšal. Koeficient sorodstva do 0.025 ima 86 % parov pri rjavi pasmi, 96 % pri lisasti ter 64 % pri cikasti pasmi, kar pomeni, da je pri cikasti pasmi blizu 30 % potencialnih parov bolj sorodnih med sabo.

4.3.5 Prispevek prednikov in efektivno število prednikov

Referenčna populaciji rjavega goveda ima že pod 5500 živali, ki jih lahko smatramo za osnovalce, medtem ko je takih pri lisastem govedu 42400 ter okoli 340 oz. 470 osnovalcev pri cikasti pasmi (tabela 7). Razlike med spoloma znotraj pasem so majhne. Efektivno število osnovalcev je tako za bike kot krave pri rjavi pasmi okrog 140, pri lisasti pasmi okoli 315 ter pri cikasti pasmi le 53. Efektivno število prednikov predstavlja pri rjavi pasmi manjše od polovice efektivnega števila osnovalcev pri obeh spolih, pri lisasti pasmi le še dobro tretjino v primerjavi z efektivnim številom osnovalcev, medtem ko pri cikasti pasmi znaša dobri dve tretjini. V primerjavi s predhodnimi analizami se efektivno število pri rjavi in lisasti pasmi zmanjšuje, kar kaže, da se sklad genov pri obeh siromaši. Efektivno število prednikov je pričakovano manjše od efektivnega števila osnovalcev (Boichard in sod., 1997). Razkorak med efektivnim številom osnovalcev in efektivnim številom prednikov kaže na neenakomerno zastopanost prednikov. Ekvivalent osnovalskih genomov oz. efektivno število osnovalskih genomov poleg ozkih grl upošteva tudi naključni tok genov (MacCluer in sod., 1986), zato je njegova vrednost pričakovano še manjša od efektivnega števila prednikov. Efektivno število osnovalskih genomov je 28.7 pri bikih oz. 28.4 pri kravah rjave pasme, 57.2 pri obeh spolih lisaste pasme ter 20.5 pri bikih oz. 22.2 pri kravah cikaste pasme (tabela 7).



Slika 5: Porazdelitev za koeficient inbridinga inbridiranih živali po pasmah (RJ – rjavo govedo, LI – lisasto govedo, CK – cikasto govedo)



Slika 6: Porazdelitev za koeficient sorodstva med bikami in kravami po pasmah (RJ – rjavo govedo, LI – lisasto govedo, CK – cikasto govedo, m – moški spol, ž – ženski spol)

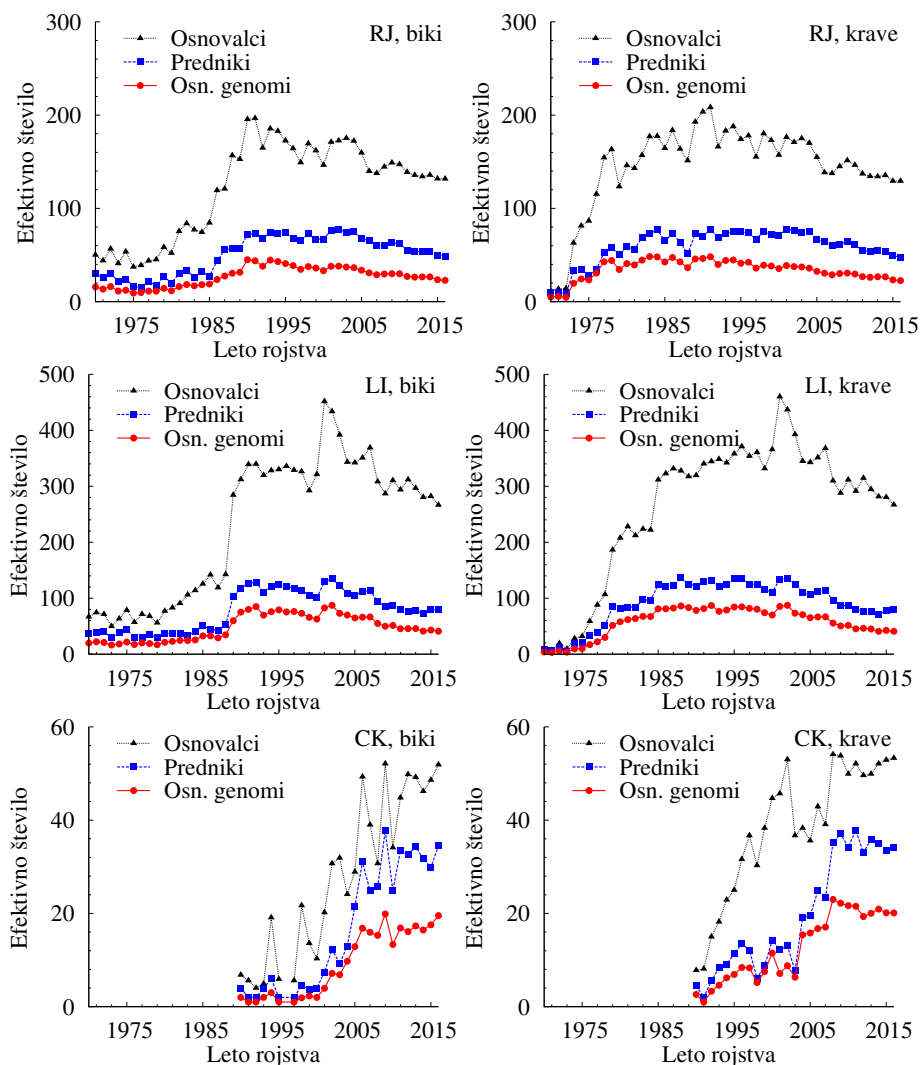
Tabela 7: Zastopanost osnovalcev in prednikov pri bikih in kravah referenčne populacije

Parameter	Rjavo govedo	Lisasto govedo	Cikasto govedo
	Pri bikih		
Število živali z znanimi starši	16098	101034	768
Število osnovalcev	5454	35415	339
Efektivno število osnovalcev (f_e)	137.7	315.4	51.9
Efektivno število prednikov (f_a)	58.3	107.2	35.4
Efekt. št. osnovalskih genomov (N_g)	28.7	57.2	20.5
N_{50} ¹	23	44	12
C_{max} ² (%)	6.06	4.37	6.91
	Pri kravah		
Število živali z znanimi starši	17068	98036	1719
Število osnovalcev	5370	34097	473
Efektivno število osnovalcev (f_e)	136.3	316.2	53.2
Efektivno število prednikov (f_a)	57.4	107.2	36.5
Efekt. št. osnovalskih genomov (N_g)	28.4	57.2	22.2
N_{50}	23	44	12
C_{max} (%)	6.09	4.37	6.57

¹ število prednikov, ki skupno prispevajo 50 % variabilnosti v sklad genov populacije, ² največji posamični robni prispevek

Pri obeh tradicionalnih pasmah se od leta 1990 naprej postopoma zmanjšujejo efektivna števila osnovalcev, prednikov in osnovalskih genomov (slika 7). Pri lisasti pasmi je razkorak med efektivnim številom osnovalcev na eni strani ter efektivnim številom prednikov in osnovalskih genomov na drugi strani precej večji kot pri rjavi pasmi, kar kaže na bolj neuravnotežene prispevke pri lisasti pasmi. Razkoraka med efektivnim številom prednikov in efektivnim številom osnovalskih genomov sta pri omenjenih pasmah podobna, efektivno število osnovalskih genomov predstavlja polovico efektivnega števila prednikov. pri rjavi pasmi je efektivno število prednikov v zadnjih 15 letih okrog 63 in efektivno število osnovalskih genomov 31, pri lisasti pa 99 in 58. Pri cikasti pasmi se efektivno število osnovalcev še kar povečuje (slika 7), medtem ko se je povečevanje efektivnega števila prednikov in osnovalskih genomov po letu 2010 ustavilo. Pri cikasti pasmi je efektivno število prednikov veliko bližje efektivnemu številu osnovalcev kot pri tradicionalnih pasmah, medtem ko je razkorak med efektivnim številom prednikov in efektivnim številom osnovalskih genomov podoben (slika 7). V zadnjih 5 letih se efektivno število prednikov pri cikasti pasmi giblje okrog 34, efektivno število osnovalskih genomov pa okrog 21.

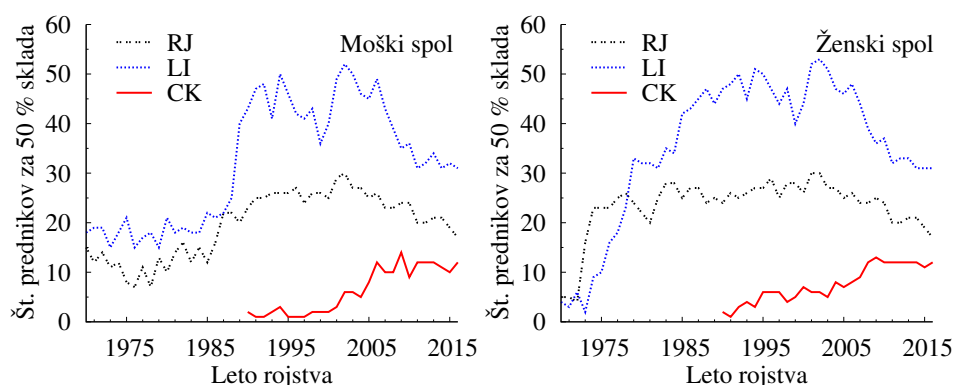
Število prednikov, ki v sklad genov populacije skupno prispevajo 50 % genov oziroma genetske variabilnosti, je pri rjavi pasmi 23 pri obeh spolih, pri lisasti pasmi 44 ter pri cikasti pasmi 12 (tabela 7). Tudi ta vrednost se je pri tradicionalnih pasmah v primerjavi s predhodnimi analizami zmanjšala. Med temi 23 najplivnejšimi predniki pri rjavi pasmi so tri



Slika 7: Efektivno število osnovalcev, prednikov in osnovalskih genomov po letih rojstva po pasmah in spolih (RJ – rjavo govedo, LI – lisasto govedo, CK – cikasto govedo)

krave, medtem ko je pri lisasti pasmi med 44 najvplivnejšimi predniki pet krav. Pri bikih cikaste pasma sta med vsega 12 najvplivnejšimi predniki 2 kravi, pri kravah pa so med 12 najvplivnejšimi predniki 3 krave.

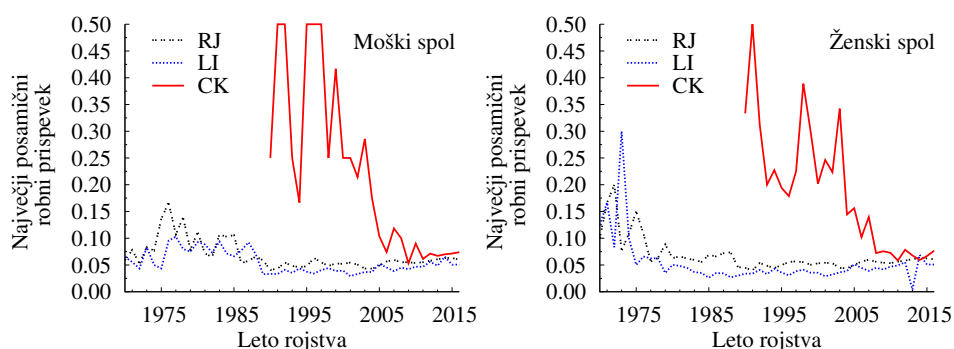
Na sliki 8 je prikazano, kako se z letom rojstva živali spreminja število prednikov, ki v sklad genov populacije skupno prispevajo 50 %. Pri bikih rjavega in lisastega goveda je pred letom 1990 tovrstnih prednikov med 10 in 20 (slika 8, levo), v kasnejših letih se pri rjavih bikih



Slika 8: Spreminjanje števila prednikov, ki v sklad genov prispevajo 50 %, z leti po spolu in pasmah (RJ – rjavo govedo, LI – lisasto govedo, CK – cikasto govedo)

število prednikov, ki v sklad genov prispevajo 50 %, povzpne na 30, medtem ko pri lisastih bikih tudi do 50. Pri bikih obeh pasem se po letu 2000 to število zmanjšuje. Pri cikastih bikih vse do leta 2000 le eden ali dva prednika pomenita 50 % variabilnosti sklada genov, kasneje pa se njihovo število povzpne na nekaj nad 10. Podoben trend vidimo tudi cikastih kravah (slika 8, desno), medtem ko je pri kravah lisaste in rjave pasme trend drugačen kot pri bikih. Pri rjavih kravah je število prednikov, ki prispevajo 50 % v sklad genov, večino let med 25 in 30, po letu 2000 pa je trend zmanjševanja podoben kot pri bikih. Pri lisastih kravah se je v letih 1975 do 1995 število prednikov, ki prispevajo 50 % v sklad genov, ves čas povečevalo, po letu 2000 pa je trend zmanjševanja tudi tu podoben kot pri bikih.

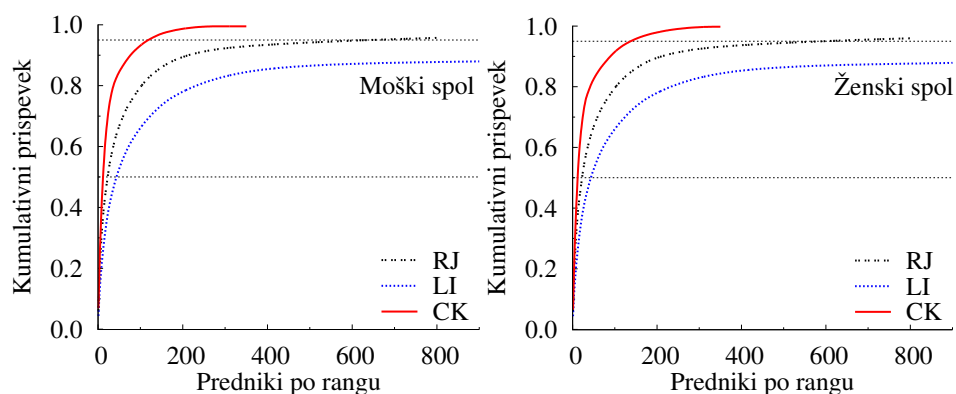
Največji posamični prispevki v referenčni populaciji so si med spoloma znotraj pasem podobni in znašajo 6.1 % pri rjavi pasmi, 4.4 % pri lisasti pasmi in 6.9 oz. 6.6 % pri cikasti pasmi (tabela 7). Vrednosti za največji posamični prispevek enega prednika pri obeh spolih vseh treh pasem so se v primerjavi s predhodno analizo povečale, kar tudi kaže na siromaše-



Slika 9: Spreminjanje največjega posamičnega robnega prispevka z leti po spolu in pasmah (RJ – rjavo govedo, LI – lisasto govedo, CK – cikasto govedo)

nje sklada genov. Zmanjševanje največjega posamičnega prispevka v zadnjih letih vidimo na sliki 9. Največji posamični robni prispevki pri obeh spolih pri rjavi in lisasti pasmi so se po letu 1975 precej hitro zmanjševali, vendar v tem obdobju populaciji nista šteli veliko živali. Zaskrbljujoč pa je vztrajen trend povečevanja največjega posamičnega robnega prispevka po letu 2000. Pri cikastem govedu je zaradi relativno majhnega števila let označevanja in beleženja porekel ter maloštevilne populacije vse do leta 2000 največji posamični robni prispevek med 25 in 50 %, kasneje, ko se je populacija povečevala, pa se posamični prispevki najvplivnejših prednikov zmanjšujejo.

Pričakovani robni prispevek nekega prednika, ki je ali ni osnovelec, je pričakovani genetski prispevek, ki je neodvisen od prispevkov ostalih prednikov (Boichard in sod., 1997). Kumulativni prispevek vseh prednikov, ki prispevajo v sklad genov, je enak 1. Kumulativni seštevek robnih prispevkov prednikov referenčne populacije je predstavljen na sliki 10, kjer so predniki razvrščeni glede na velikost robnega prispevka od najpomembnejšega proti vse manj pomembnim oz. vplivnim. Pri vseh teh obravnavanih pasmah se kumulativni prispevek prednikov med spoloma znotraj pasme ne razlikuje. Pri cikasti pasmi je naraščanje kumulativnega seštevka prispevkov hitrejše kot pri drugih dveh pasmah.



Slika 10: Ocenjeni kumulativni seštevek prispevkov prednikov po spolu in pasmah (RJ – rjavo govedo, LI – lisasto govedo, CK – cikasto govedo)

Že prej smo omenili, da pri rjavi pasmi 23 prednikov prispeva polovico sklada genov populacije (tabela 7). Za 60 % sklada genov populacije je udeleženih 36 prednikov in za 90 % malo nad 210 prednikov (slika 10). Pri lisasti pasmi polovico sklada genov prispeva 44 prednikov, prispevki prvih 1000 prednikov pa pri lisasti pasmi predstavljajo 88 % sklada genov populacije. Posamični prispevki so pod 0.01 % od okoli 500. prednika naprej pri obeh tradicionalnih pasmah, naraščanje kumulativnega seštevka prispevkov je precej enakomerno, so pa ti predniki v veliki večini tudi osnovalci populacije. Pri cikasti pasmi za polovico pojasnjene genetske pestrosti v skladu genov prispeva malo nad 10 prednikov, za 80 % 40 prednikov, za celotno pa nekaj čez 350 prednikov pri obeh spolih (slika 10). Posamični prispevki prvih nekaj prednikov so pri cikasti pasmi precej večji kot pri drugih dveh pasmah.

Tabela 8: Pričakovani prispevek najbolj vplivnih prednikov za živali referenčne populacije po pasmah in spolih

Št.	Žival	Izvor	Spol	Ime	Leto rojstva	Pričakovani prispevek	
						Skupni	Robni Kumul.
Rjava pasma, pri bikih							
1	USA 148551	US	1	ELEGANT	1966	0.0606	0.0606
2	USA 181329	US	1	ACRES JUBILATION EMORY	1984	0.0569	0.1175
3	USA 163153	US	1	S IMPROVER	1972	0.0521	0.1553
4	DEU 0808024689	DE	1	HUSSLI	1994	0.0361	0.1914
5	DEU 0910075535	DE	1	VINOS	1987	0.0344	0.2258
Rjava pasma, pri kraah							
1	USA 148551	US	1	ELEGANT	1966	0.0609	0.0609
2	USA 181329	US	1	ACRES JUBILATION EMORY	1984	0.0581	0.1190
3	USA 163153	US	1	S IMPROVER	1972	0.0522	0.1566
4	DEU 0808024689	DE	1	HUSSLI	1994	0.0372	0.1938
5	DEU 0910075535	DE	1	VINOS	1987	0.0345	0.2283
Lisasta pasma, pri bikih							
1	DEU 0809706945	DE	1	HORROR	1979	0.0437	0.0437
2	DEU 0979317838	DE	1	HAXL	1966	0.0332	0.0769
3	DEU 0928504510	DE	1	RENNER	1981	0.0304	0.1072
4	DEU 0927550527	DE	1	ZEUS	1981	0.0214	0.1287
5	DEU 0911825633	DE	1	RALBO	1988	0.0203	0.1490
Lisasta pasma, pri kravah							
1	DEU 0809706945	DE	1	HORROR	1979	0.0437	0.0437
2	DEU 0979317838	DE	1	HAXL	1966	0.0330	0.0767
3	DEU 0928504510	DE	1	RENNER	1981	0.0303	0.1069
4	DEU 0927550527	DE	1	ZEUS	1981	0.0212	0.1282
5	DEU 0911825633	DE	1	RALBO	1988	0.0202	0.1484

Tabela 9: Pričakovani prispevek najbolj vplivnih prednikov za živali referenčne populacije po spolih pri cikastem govedu

Št.	Žival	Lzvor	Špol	Ime	Leto rojstva	Pričakovani prispevek	
						Skupni	Robni Kumul.
Pri bikih							
1	SVN 22175339	SI	1	SLAP	2001	0.0691	0.0691
2	SVN 1995618	SI	1	TOB	1999	0.0597	0.1287
3	SVN 22965295	SI	1	NAGELJ	2005	0.0570	0.1857
4	SVN 13267704	SI	1	MARIN	2007	0.0525	0.2382
5	SVN 73209995	SI	1	SURK	2006	0.0537	0.2785
6	SVN 62303695	SI	1	COL	2001	0.0394	0.3179
7	SVN 2095379	SI	2	RDEŠKA	2000	0.0390	0.3568
8	SVN E03-16686	SI	1	BORO	2000	0.0339	0.3907
9	SVN 12838037	SI	1	ŠVAJC	2003	0.0329	0.4236
10	SVN 1772727	SI	2	JAGODA	1997	0.0300	0.4536
Pri kravah							
1	SVN 22175339	SI	1	SLAP	2001	0.0657	0.0657
2	SVN 1995618	SI	1	TOB	1999	0.0601	0.1259
3	SVN 22965295	SI	1	NAGELJ	2005	0.0575	0.1834
4	SVN 62303695	SI	1	COL	2001	0.0479	0.2313
5	SVN 13267704	SI	1	MARIN	2007	0.0433	0.2746
6	SVN 2095379	SI	2	RDEŠKA	2000	0.0393	0.3139
7	SVN 1614325	SI	2	CIKA	1994	0.0359	0.3498
8	SVN 12838037	SI	1	ŠVAJC	2003	0.0338	0.3836
9	SVN E03-16686	SI	1	BORO	2000	0.0324	0.4160
10	SVN 1921933	SI	2	PISANA	1997	0.0294	0.4454

V skupnem je, tako za bike kot krave vseh pasem, rojene v letih 2012-2016, dokaj veliko število prednikov. Po prvih pet oz. deset je v vrstnem redu po pomembnosti navedenih v tabelah 8 in 9. Za vsakega prednika so navedeni njegov skupni in robni prispevek ter na koncu še kumulativni. Pričakovani robni prispevek nekega prednika, je pričakovani genetski prispevek, ki pa je neodvisen od prispevkov ostalih prednikov (Boichard in sod., 1997).

Za razliko od skupnega prispevka, kjer so všteti tudi prispevki ostalih prednikov - njegovih sorodnikov, je, z izjemo pri najpomembnejšem predniku, manjši. Kumulativni prispevek je seštevek robnih prispevkov tega prednika in pa prednikov, ki so v seznamu pred njim. Kumulativni prispevek vseh prednikov, ki so prispevali v sklad genov, je enak 1.

Najvplivnejših pet prednikov so pričakovano biki tako pri rjavi kot lisasti pasmi pasmi (tabela 8), pri čemer med spoloma znotraj pasme ni razlik. Pri rjavi pasmi so na prvih treh mestih ameriški biki Elegant, Acres Jubilation Emory in S Improver s po 6 oz. dobrimi 5 % robnega prispevka. Sledita dva nemška bika, Hussli in Vinos, vsak z dobrimi 3 % robnega prispevka. Kumulativni prispevek prvih pet najpomembnejših prednikov v sklad genov je pri rjavi pasmi preko 22 %. V predhodni analizi je bil kumulativni prispevek prvih pet prednikov 15 %, kar kaže na siromašenje sklada genov populacije rjave pasme.

Pri lisasti pasmi je med petimi najvplivnejšimi predniki pet nemških bikov. Tako so na prvih treh mestih Horror, Haxl in Renner s po 4.4, 3.3 in 3.0 % robnega prispevka pri bikih. Tudi pri kravah lisaste pasme so robni prispevki teh treh prednikov podobni. Za razliko od rjave pasme pa prvih pet najvplivnejših prednikov pri lisasti pasmi kumulativno v sklad genov prispeva 15 %, v predhodni analizi je bil kumulativni prispevek prvih petih prednikov 12 % v sklad genov.

Za avtohtono pasmo cikasto govedo pri obeh spolih prikazujemo po 10 najvplivnejših prednikov (tabela 9). Pri bikih sta med njimi dve kravi, pri kravah pa tri krave. Pri bikih so trije najvplivnejši predniki Slap, Tob in Nagelj s 6.9 %, 6.0 % in 5.7 % robnega prispevka. Pri kravah so prvi trije najvplivnejši predniki isti, le da ima Slap malenkost manjši robni prispevek (6.6 %). Prvih pet najvplivnejših prednikov v sklad genov prispeva blizu 28 % genetske pestrosti, prvih deset pa že okoli 45 %.

4.4 Zaključki

Populaciji obravnavanih tradicionalnih pasem goveda imata dokaj popolno poreklo, na kar kaže mera ekvivalent popolnih generacij prednikov, katerega vrednost je blizu 6 pri rjavi pasmi in krepko nad 6 pri lisasti pasmi, medtem ko se pri avtohtoni pasmi cikasto govedo zaradi dolgoletnega zanemarjanja pasme s strani stroke v preteklosti šele približuje 4.

Ocenjeni povprečni koeficient inbriding je nizek, a je pri rjavi pasmi inbridiranih preko 60 % živali in pri lisasti pasmi polovica. Pri cikasti pasmi je inbridiranih le dobrih 40 % živali, kar pa je glede na velikost populacije in popolnost porekla podcenjeno. Pri vseh pasmah se inbriding s časom pričakovano povečuje, pri čemer se povečuje hitreje pri rjavem govedu

kot pri lisastem. Pri cikastem govedu nepopolnost porekla vpliva tudi na oceno stopnje inbridinga. Koefficient sorodstva med biki, ki so na voljo za osemenjevanje, in kravami v referenčni populaciji se je v primerjavi s preteklimi analizami povečal.

Efektivno število prednikov je dokaj veliko pri obeh tradicionalnih pasmah, pa tudi robni prispevki najbolj zastopanih prednikov so precej enakomerno porazdeljeni, kar pomeni, da imata populaciji zaenkrat še zadosti genetske variabilnosti. Pri cikastem govedu je efektivno število prednikov bistveno manjše, manjša pa je tudi populacija. V primerjavi s predhodnimi analizami pa ne gre spregledati, da se efektivno število prednikov pri rjavi in lisasti pasmi vsako leto nekoliko zmanjša, kar pomeni, da se genetska pestrost zmanjšuje.

Plemenjaki pri vseh vrstah domačih živali običajno prispevajo več genov v populacijo, saj jih je manj in imajo bistveno več potomcev v primerjavi s plemenicami. Pri govedu je zaradi velike razširjenosti osemenjevanja in dostopnosti semena najboljših bikov v mednarodnem prostoru to še toliko večji problem. Dodaten problem predstavlja neenakomerna zastopanost, kar se kaže tudi kot velika variabilnost pri velikosti družin po očetih.

4.5 Viri

- Boichard D. 2002. PEDIG: a fortran package for pedigree analysis suited for large populations. V: Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, 2002-08-19/23. Castanet-Tolosan, INRA, 32: 525–528.
- Boichard D., Maignel L., Verrier E. 1997. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genet. Sel. Evol.*, 29: 5–23.
- Dunner S., Checa M.L., Gutiérrez J.P., Martín J.P., Cañón J. 1998. Genetic analysis and management in small populations: the Asturcon pony as an example. *Genet. Sel. Evol.*, 30: 397–405.
- Lacy R.C. 1989. Analysis of founder representation in pedigrees: Founder equivalents and founder genome equivalents. *Zoo Biol.*, 8: 111–123.
- MacCluer J.W., VandeBerg J.L., Read B., Ryder O.A. 1986. Pedigree analysis by computer simulation. *Zoo Biol.*, 5: 147–160.
- Maignel L., Boichard D., Verrier E. 1996. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. V: Proceedings of the Interbull Meeting, Veldhoven. International Bull Evaluation Service, 15: 49–54.
- Malécot G. 1948. *Les mathématiques de l'hérédité*. Pariz, Masson et Cie: 65 str.
- SAS Inst. Inc. 2012. *The SAS System for Linux, Release 9.4*. Cary, NC.
- ULRS 2004. Seznam avtohtonih in tradicionalnih pasem domačih živali. *Ur.l. RS št. 77-3404/2004*. s. 9309.
- Wright S. 1922. Coefficients of inbreeding and relationship. *Am. Nat.*, 56: 330–338.

Poglavje 5

Tri slovenske lokalne pasme konj

Špela Malovrh^{1,2}, *Tina Flisar*¹, *Janko Slavič*³, *Klemen Potočnik*¹, *Matjaž Mesarič*⁴,
*Janez Rus*⁵, *Milena Kovač*¹

5.1 Uvod

Analiza strukture porekla v populacijah je osnovno orodje, ki omogoča vpogled v genetsko ozadje in razvoj populacije. Na eni strani nudi oceno stanja genetske raznolikosti v populaciji, oceno zastopanosti osnovalcev in prednikov, kot tudi oceno prispevka vnesenih genov iz tujih populacij, po drugi strani pa lahko rezultate izkoristimo za postopno spremembo stanja v ogroženih populacijah, saj lahko uravnotežimo prispevke prednikov v sklad genov populacije, poskušamo izenačiti velikost družin, v sezoni pripuščanja uporabiti primerno število čim manj sorodnih plemenjakov. Med slovenskimi lokalnimi pasmami konj bomo obravnavali ljutomerskega kasača, lipicanskega konja ter posavskega konja. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano je vse tri pasme uvrstila na Seznam avtohtonih in tradicionalnih pasem domačih živali (ULRS, 2004b). Za nadaljnji razvoj lokalnih pasem so pomembna določila, ki jih je Republika Slovenija zapisala v Pravilnik o ohranjanju biotske raznovrstnosti v živinoreji (ULRS, 2004a).

Pasma ljutomerski kasač je slovenska tradicionalna pasma, katere nastanek sega v leta okrog 1880 na območje Ljutomera. V njenem razvoju zasledimo kar nekaj podobnosti z nastankom pasme lipicanec, ki se je sicer izoblikovala bistveno prej - po letu 1580. Sprva je bil ljutomerski kasač uporabljen kot delovni konj, ko pa so se potrebe po delu konj zmanjšale, so pasmo preusmerili v rejo športnega konja za potrebe kasaškega športa. Na začetku so bili ljutomerski kasači vpisani v rodovniške knjige skupne države Avstro-Ogrske, zato je težko določiti začetek domačega rejskega dela. Aktivnost slovenskih rejcev in usmeritev v vzrejo ljutomerskega kasača dokazuje ustanovitev Dirkalnega društva v Ljutomeru leta 1875. V tistem času so se konji poleg dela na polju uporabljali tudi za šport. V Jugoslaviji se je pasma ljutomerski kasač razširila tudi v drugih slovenskih in jugoslovanskih pokrajinah. Konje ljutomerskega kasača so uporabljali za delo vse do šestdesetih let prejšnjega stoletja, kasneje pa se je pasma specializirala izključno za šport in ljubiteljstvo. Ob spremembi namembnosti pasme so se spremenili rejski cilji. Da bi čimbolj sledili trendom v kasaškem športu, so vključevali tudi konje iz tujih kasaških populacij. Podobno kot mnoge druge pasme konj v Sloveniji in tudi v svetu, je bila podvržena veliki migraciji drugih pasem kasaških konj, rejsko in selekcijsko delo je bilo omejeno na izvajanje le nekaterih osnovnih rejskih opravil in

¹Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Groblje 3, 1230 Domžale

²E-pošta: spela.malovrh@bf.uni-lj.si

³Kasaška zveza Slovenije, Ulica I. Slovenskega tabora 13a, 9240 Ljutomer

⁴Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta, Inštitut za rejo in zdravstveno varstvo kopitarjev, Gerbičeva 60, 1000 Ljubljana

⁵Kobilarna Lipica, Lipica 5, 6210 Sežana

prepuščeno iznajdljivosti rejcev. V Sloveniji se je pričelo opuščati pridevnik "ljutomerski" ali ga nadomeščati z oznako "slovenski" ali "jugoslovanski", da bi v populacijo zajeli vse kasače na območju Slovenije oziroma Jugoslavije ne glede na izvor. Pasma še vedno enakopravno z drugimi kasači obravnavajo v hrvaški literaturi, kjer tudi priznavajo njen izvor.

Lipicanec - kot najbolj znana slovenska avtohtona pasma konj - je nastala ob koncu 16. stoletja v Lipici. Osnovo tej naši pasmi so dali domači kraški, španski in napolitanski konji, nekoliko kasneje pa tudi arabski konji. Tako je ta pasma nastala kot posrečena kombinacija omenjenih izvornih pasem. Nadvojvoda Karel, takratni regent Štajerske, Koroške, Kranjske, Istre in Trsta, je ustanovil kobilarno v Lipici leta 1580. V tej kobilarni je želel vzrejati elegantne in kvalitetne konje za jahanje in vprego za potrebe svoje rezidence v Gradcu. Prve španske konje so pripeljali v Lipico v letu 1580, v naslednjih nekaj letih so v Italiji kupovali napolitanske žrebce, ki so bili španskim precej podobni. Španski žrebci so v Lipico prihajali tudi kasneje, kupljeni pa so bili tudi nemški in danski žrebci. Na začetku 19. stoletja so v Lipico pripeljali več arabskih konj, ki so v lipicanskem konju pustili svoj vpliv. V Lipici so izoblikovali šest linij, ki se imenujejo po svojih začetnikih - žrebcih: Pluto, Naepolitano, Conversano, Maestoso, Favory in Siglavy. Po ženski strani se je v Lipici izoblikovalo 18 rodov kobil, od katerih jih je 15 še prisotnih. V času svojega obstoja je lipiška kobilarna večkrat doživela pretrese, konje so morali večkrat preseliti v druge kobilarne, najhuje pa je bilo v času druge svetovne vojne, ko so Nemci konje preselili na Čehoslovaško. Po koncu vojne je kobilarna v Lipici dobila nazaj vsega 11 konj, ostale so Američani dali Italiji in pa avstrijski kobilarni Piber. Po tridesetih letih načrtnega dela so v Lipici uspeli obnoviti čredo in s tem pridobiti nazaj predstavnike linij žrebcev in rodov kobil. Populacija lipicancev v lipiški kobilarni ni velika, tako obstaja potreba po ohranjanje genetske raznolikosti, kot primarni cilj pri vodenju malih populacij.

Osnova za pasmo posavski konj je bila populacija konj tipu lažjega hladnokrvnega konja, ki so jo redili v porečju Save, v hrvaški Posavini že v 19. stoletju ter na območju Posavja v Sloveniji (predvsem območje Krškega polja in Brežic) v zadnjih treh desetletjih (Rus, 2010). Pasma je plod bolj ali manj načrtnih križanj med lokalnimi kobilami in žrebci različnih pasem (arabski, lipicanski, nonius ter hladnokrvnimi konji) v posameznih obdobjih 19. in prve polovice 20. stoletja z namenom izboljšanja lastnosti. Pečat pasmi posavski konj so pustile predvsem pasme hladnokrvnih konj v tipu belgijskega hladnokrvnega konja. Ohranjanje reje in načrtno delo pri selekciji pasme v Sloveniji sega v leto 1993, ko se je pričela voditi rodovniška knjiga. Do leta 2000 je bilo v rodovniško knjigo vpisanih okoli 150 kobil in 18 žrebcev, v zadnjih letih pa je registriranih okoli 400 žrebet, kar daje možnost izbora. Za posavskega konja je značilen manjši okvir, čvrsta konstitucija, dobro izkoriščanje krme in dobra plodnost, kot tudi dobrohoten značaj, živahnost, vztrajnost in delavoljnost.

Namen te študije je presoja genetske pestrosti pri prej navedenih treh slovenskih lokalnih pasmah konj, pri čemer bomo uporabili različne mere genetske raznolikosti v populaciji na osnovi porekla.

5.2 Material in metode

Podatke o poreklu za pasmo ljutomerski kasač smo dobili od Kasaške zveze Slovenije, za pasmo lipicanski konj iz Kobilarne Lipica ter za posavske konje iz Centralnega registra kopitarjev v okviru Veterinarske fakultete, ki hrani in vzdržuje podatke o slovenskih pasmah konj. Za analizo smo uporabili zapise, ki so obsegali oznako živali, pasmo, spol, oznako očeta in matere, datum rojstva, rejca ter izvor. V podatkih smo tako zajeli 5723 konjev pasme ljutomerski kasač in njihovih prednikov, 3754 lipicancev ter 5199 posavcev. Kot referenčno populacijo, ki okvirno zajame živečo populacijo, smo izbrali živali, ki so bile rojene v zadnjem desetletju v podatkih, se pravi od leta 2007 do 2016.

Opis populacije na osnovi porekla obsega dva sklopa parametrov, prvi je demografski, drugi pa genetski. V okviru demografskega opisa bomo predstavili število moških in ženskih živali v populaciji, kako se to število spreminja s časom, generacijski interval ter povprečno velikost družin. Genetski opis populacije zajema popolnost porekla, koeficient inbridinga oziroma stopnja sorodstva ter zastopanost prednikov, ki so ali pa niso osnivalci populacije: ekvivalent popolnih generacij prednikov (Maignel in sod., 1996), indeks popolnosti porekla (PCI, MacCluer in sod., 1983), ekvivalent osnivalcev (Lacy, 1989) oz. efektivno število osnivalcev, efektivno število prednikov (Boichard in sod., 1997) ter ekvivalent osnivalskih genomov oz. efektivno število osnivalskih genomov (MacCluer in sod., 1986), ki zazna tako ozka grla kot tudi upošteva naključni tok genov zaradi končne velikosti populacij. Zelo dober parameter sorodstva v populaciji je povprečna sorodnost (Dunner in sod., 1998), ki meri, koliko je posamezna žival v povprečju sorodna z vsemi ostalimi v (živeči) populaciji. Na osnovi povprečne sorodnosti lahko izbiramo živali, ki so v populaciji genetsko manj zastopane in s tem preprečujemo izgubljanje alel iz sklada genov populacije.

Za izračun koeficientov inbridinga in sorodstva, ekvivalentov popolnih generacij, prispevkov vplivnih prednikov ter efektivnega števila osnivalcev, prednikov in osnivalskih genomov smo uporabili programski paket PEDIG (Boichard, 2002), ostale parametre pa smo izračunali s pomočjo statističnega paketa SAS (SAS Inst. Inc., 2012).

5.3 Rezultati in diskusija

5.3.1 Demografski opis referenčne populacije

Podatki o poreklu so obsegali 5723 živali pasme ljutomerski kasač in njihovih prednikov, 3754 lipicancev ter 5199 živali pasme posavski konj (tabela 1). Vse tri pasme imajo v poreklu precejšen delež živali, ki nimajo poznanih staršev, med 8.1 % pri posavskem konju in 23.2 % pri lipicanskem konju. Živali brez poznanih staršev se v tovrstnih analizah obravnavajo kot osnivalci populacije. Pri ljutomerskem kasaču je bilo zajetih 2497 moških in 3226 ženskih živali, medtem ko je bilo ostalih dveh pasmah za tretjino večje število ženskih živali (2166 pri lipicancih in 3231 pri posavcih) kot moških živali (1588 pri lipicancih in 1958 pri posavcih). Delež nestaršev je najmanjši pri lipicancih (52.2 %) in največji pri posavcih (69.8 %), kar je razumljivo, saj je namen te pasme drugačen.

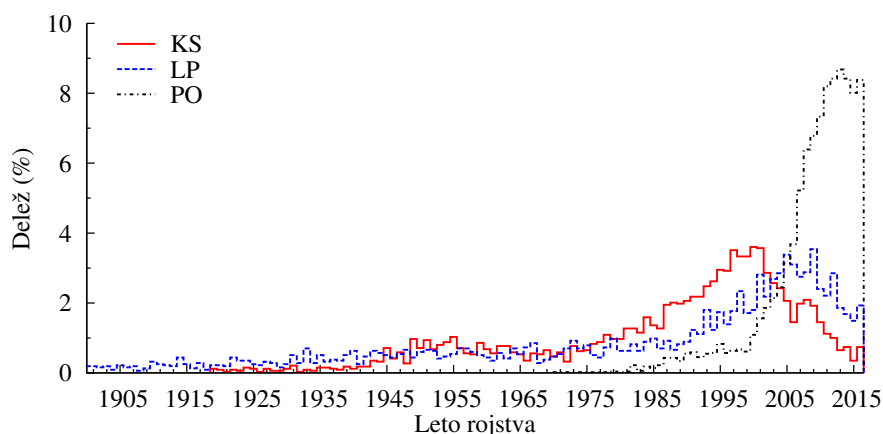
Tabela 1: Demografski opis v celotnem poreklu in v referenčni populaciji po pasmah

	Ljutomerski kasač	Lipicanski konj	Posavski konj
Celotni podatki o poreklu			
Število	5723	3754	5199
Žrebci	2497	1588	1958
Kobile	3226	2166	3241
Delež nestaršev (%)	57.0	52.2	69.4
Osnovalci	701	872	423
Delež osnovalcev (%)	12.3	23.2	8.1
Referenčna populacija (2007-2016)			
Število	411	723	3836
Žrebci	206	381	1697
Kobile	205	342	2139
Očetje	89	59	143
Matere	201	272	1038
Razmerje ¹	2.6	4.6	7.3
Osnovalci	0	4	5
Delež osnovalcev (%)	0	0.6	0.1

¹ razmerje med kobilami in žrebci, ki se pojavijo kot starši

Referenčna populacija - živali, rojene med letoma 2007 in 2016 - je obsegala med 411 živali pri ljutomerskih kasačih in 3836 živali pri posavcih (tabela 1). Zaradi različne trenutne velikosti populacij je različno tudi število staršev, katerih potomci so v referenčni populaciji. Pri ljutomerskem kasaču je bilo zajetih 89 očetov in 201 mater. Pri lipicancih je manj očetov (59) in več mater (272) kot pri ljutomerskih kasačih. Pri posavcih je bilo 143 očetov in 1038 mater, kar je precej več kot pri drugih dveh pasmah. Razmerje med kobilami in žrebci, ki se pojavljajo kot starši, je bilo pri najožje pri ljutomerskem kasaču (2.6) in najširše pri posavskem konju, kjer je na enega žrebca 7.3 kobile. V referenčni populaciji se pojavljajo živali brez znanih staršev pri lipicancih, kar je presenetljivo, in pri posavcih, pri katerih je - zaradi bistveno krajšega načrtnega dela s pasmo - to pričakovano. Pojavljanje osnovalcev v referenčni populaciji kaže odprtost populacije in vključevanje živali iz tujih populacij.

Slika 1 kaže, kako se je z leti spreminjalo število vpisanih konj v register po pasmah. Ker je število živali različno, zaradi lažje primerljivosti prikazujemo število vpisanih v posameznem letu kot delež vpisov od skupnega števila živali z znanim datumom rojstva znotraj pasme. Pri ljutomerskem kasaču so upoštevane le živali, ki si bile vpisane v slovenski ali pred tem v jugoslovanski register. Vse do leta 1980 so deleži po letih pri ljutomerskih kasačih in lipicancih precej podobni, delež se pri ljutomerskih kasačih povečuje nekje do leta 2000, kasneje pa vztrajno pada. Pri lipicancih je bilo povečevanje po letu 1980 postopnejše, vrh vpisov je bil dosežen okoli leta 2005, žal pa se tudi pri njih kasneje zmanjšuje. Pri posavcih so popisali obstoječe živali in pričeli s strokovnim delom šele v letu 1993. Tako pred letom 1985 praktično ni živali, med letoma 2000 in 2010 pa skokovito narašča delež vpisanih.



Slika 1: Prirastek populacij po letih rojstva (KS – ljutomerski kasač, LP – lipicanski konj, PO – posavski konj)

5.3.2 Generacijski interval in velikost družin

Pri izračunu generacijskega intervala smo zajeli le živali, ki so imeli tudi lastne potomce, pri čemer smo zajeli celotno populacijo. Generacijski interval kot povprečno starost starša ob rojstvu potomcev prikazujemo za štiri poti prenosa genov: oče - sin, oče - hči, mati - sin ter mati - hči. Pasma ljutomerski kasač in lipicanec odstopata precej od posavske pasme (tabela 2). Žrebci pasme ljutomerski kasač imajo tako sinove kot hčere v povprečju pri starosti malo nad 13 let, nekoliko mlajši so lipicanski žrebci, ki imajo sinove pri starosti 13.0 let, hčere pa pri 12.5 let, medtem ko so posavski žrebci potomce še mlajši ob rojstvu potomcev, starosti so 6.6. oz. 6.7 let. Kobile posavske pasme so nekoliko starejše kot žrebci (7.0 oz. 6.9 let) in so blizu 3.5 let mlajše kot kobile drugih dveh pasem.

Tabela 2: Generacijski interval (GI) glede na spol staršev in potomcev po pasmah¹

Pot prenosa genov	Starši	Potomci	GI (leto)	Starši	Potomci	GI (leto)
	Ljutomerski kasač			Lipicanski konj		
Oče - sin	328	666	13.2	247	370	13.0
Oče - hči	431	1583	13.3	335	872	12.5
Mati - sin	489	522	10.4	314	375	10.9
Mati - hči	946	1387	10.4	613	862	10.4
	Posavski konj					
Oče - sin	80	164	6.7			
Oče - hči	127	955	6.6			
Mati - sin	139	159	7.0			
Mati - hči	525	900	6.9			

¹ upoštevani le potomci, ki so imeli lastne potomce

Velikost družine, predvsem pa izenačenost velikosti, pomembno vpliva tako na zastopanost genov posameznih prednikov v populaciji kot tudi na efektivno velikost populacije in s tem na njeno možnost preživetja na daljši rok, če gre za ogroženo populacijo. Velikost družin predstavljamo s številom potomcev za pare žrebec - kobila ter po žrebcih in kobilah ločeno (tabela 3). Enako kot pri generacijskem intervalu, smo tudi tu upoštevali le potomce z lastnimi potomci, saj zgolj ti prispevajo k prenosu genov iz generacije v generacijo.

Velika večina parov je imela le enega potomca (tabela 3). Takih parov je bilo med 83.2 % pri posavskem in 94.1 % pri lipicanskem konju. Večje število potomcev po enem paru je zelo redko. Pari so imeli v povprečju podobno število potomcev, pri ljutomerskih kasačih in lipicancih (1.07 oz. 1.06 potomcev), več (1.20 potomcev) jih imajo pari posavske pasme. Variabilnost velikosti družin je pri parih majhna, standardni odklon znaša od 0.26 potomcev pri lipicanskem do 0.48 pri posavskem konju.

Žrebcev, kot družin s potomci, je bilo najmanj pri pasmi posavski konj (177) in največ pri ljutomerskem kasaču (840, tabela 3). V povprečju so imeli lipicanski žrebci 2.68 potomcev, žrebci pasme ljutomerski kasač pa nekaj več (3.05 potomcev) in največ (6.49 potomcev) posavski žrebci. Standardni odklon za velikost družin po žrebcih pri vseh pasmah presega povprečje, kar kaže na precejšnjo neizenačenost družin po žrebcih. Zgolj enega potomca je imelo 62.1 % kasaških, 51.9 % lipicanskih ter 41.2 % posavskih žrebcev. Žrebec z največ potomcev je pri ljutomerskem kasaču imel 69 potomcev, pri posavski pasmi 41 potomcev ter bistveno manj pri lipicanskem konju, le 24 potomcev. Upoštevani potomci so imeli svoje potomce ter tako poskrbeli za prenos genov s svojega očeta na njegove vnuke.

Pri kobilah je, v primerjavi z žrebci, pričakovano precej manj potomcev na družino, 1.32 pri kobilah ljutomerskega kasača, 1.48 pri lipicanskih kobilah in 1.75 potomcev pri posavskih kobilah (tabela 3). Kobil z enim samim potomcem je bilo med 57.7 % pri posavcih in 80.6 % pri ljutomerskih kasačih. Standardni odklon velikosti družine po kobilah je najmanjši pri

Tabela 3: Velikost družin po pasmah¹

Pasma	Družina	Število	Povpr.	SD ²	Maks.	Dd1 ³	Dp1 ⁴
Ljutomerski kasač	Žrebec-kobila	2320	1.07	0.32	5	93.8	87.3
	Žrebec	840	3.05	5.63	69	62.1	20.4
	Kobila	1898	1.32	0.79	8	80.6	61.2
Lipicanski konj	Žrebec-kobila	1253	1.06	0.26	4	94.1	88.5
	Žrebec	503	2.68	3.42	24	51.9	19.4
	Kobila	895	1.50	0.98	8	70.3	47.0
Posavski konj	Žrebec-kobila	942	1.20	0.48	4	83.2	69.4
	Žrebec	177	6.49	8.34	41	41.2	6.4
	Kobila	657	1.75	1.09	7	57.7	32.4

¹ upoštevani le potomci, ki so imeli lastne potomce, ² standardni odklon, ³ delež družin z enim potomcem (%), ⁴ delež potomcev iz družin z enim potomcem (%)

kasaških kobilah (0.79 potomcev) in največji pri posavskih kobilah (1.09 potomcev), saj so kobile v primerjavi z žrebci enakomerneje zastopane. Kobile so imele največ 7 oz. 8 potomcev, ki so poskrbeli za prenos njihovih genov v naslednjo generacijo.

V primerjavi z ostalimi vrstami rejnih živali so očetje pri analiziranih pasmah konj nekoliko enakomerneje zastopani. Če je varianca v velikosti družine po očetih velika, zmanjšuje efektivno velikost populacije, saj v sklad genov populacije prispevajo zgolj nekatere živali. Pri večini obravnavanih pasem, ne glede na vrsto, zaradi velikosti populacije na prenos genov iz generacije v generacijo močno vpliva naključni tok genov, ki praviloma vodi v izgubljanje genov, dodatno pa k temu prispeva tudi neenakomerna zastopanost staršev. Tudi pri konjih je potrebno paziti na enakomernejši doprinos v sklad genov.

5.3.3 Popolnost porekla

Živali referenčne populacije imajo v svojem poreklu do največ 24 (ljutomerski kasač), 16 (lipicanski konj) oz. 9 (posavski konj) znanih generacij prednikov (tabela 4). Popolnost porekla ocenjuje ekvivalent popolnih generacij prednikov, ki predstavlja povprečno število generacij prednikov, če bi bili v teh generacijah znani vsi predniki. Pri tem so upoštevane le živali, ki imajo znane prednike v prvi generaciji, se pravi, da imajo znana oba starša. Pri žrebcih v referenčni populaciji je ekvivalent popolnih generacij znašal 8.83 pri ljutomerskem kasaču, 7.80 pri lipicanskem konju ter 3.52 pri posavskem konju. Tako imajo žrebci posavske pasme v povprečju znanih 34.9 prednikov, medtem ko imajo lipicanski žrebci znanih blizu 1000 prednikov in kasaški žrebci kar 6647 prednikov.

Dokaj podoben kot pri žrebcih je ekvivalent popolnih generacij tudi pri kobilah, med 3.47 pri posavski pasmi in 8.80 pri pasmi ljutomerski kasač (tabela 4). V povprečju imajo kobile referenčne populacije 34.1 znanih prednikov pri posavski pasmi, 970 pri lipicanski pasmi ter 6662 pri pasmi ljutomerski kasač. Obe toplokrvni pasmi imata precej popolno poreklo, saj se poreklo beleži že mnogo let, pri lipicanskem konju se tudi pri popolnosti porekla

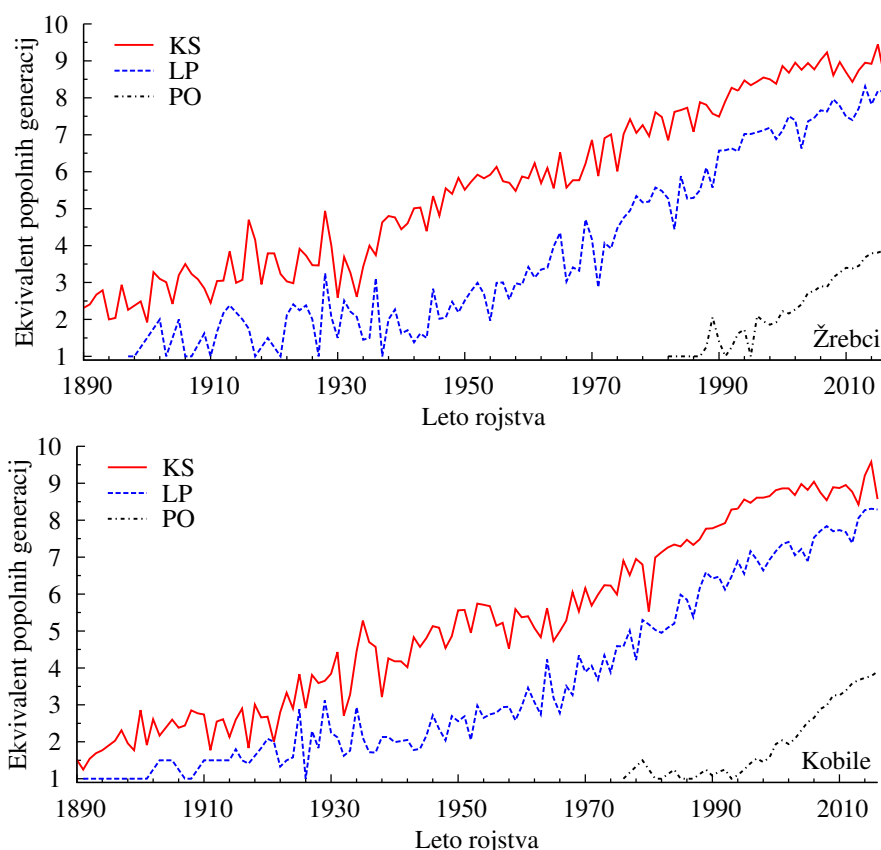
Tabela 4: Ekvivalent popolnih generacij prednikov, povprečno število znanih prednikov ter indeks popolnosti porekla v referenčni populaciji po pasmah in spolu

Pasma Parameter	Ljutomerski kasač		Lipicanski konj		Posavski konj	
	Žrebci	Kobile	Žrebci	Kobile	Žrebci	Kobile
Število ¹	206	205	377	339	1691	2129
Maks. št.generacij v poreklu	24	24	16	15	9	9
Ekvivalent pop. generacij	8.83	8.80	7.80	7.83	3.52	3.47
Povpr. št. znanih prednikov	6647	6662	992.9	970.4	34.9	34.1
PCI(3) ²	0.92	0.90	0.93	0.95	0.57	0.56
PCI(4)	0.91	0.89	0.93	0.95	0.47	0.46
PCI(5)	0.89	0.88	0.92	0.94	0.39	0.38

¹ število živali z znanimi starši, ² indeks popolnosti porekla za 3, 4 oz. 5 generacij

poznajo pretresi, ki jih je kobilarna Lipica večkrat doživela, pri ljutomerskem kasaču pa so ohranjene informacije o njihovih prednikih iz drugih populacij kasačev. Povsem drugače je pri posavskem konju, ki ima za seboj še ne 25 let načrtnega rejskega dela.

Indeks popolnosti porekla, ki so ga predlagali MacCluer in sod. (1983), je drugačna mera popolnosti porekla, s katero le-to ocenimo za določeno število generacij. Tako imajo žrebcipasem ljutomerski kasač in lipicanski konj indeks popolnosti porekla za 3 do 5 generacij nad 0.90 (tabela 4). Medtem ko imajo kobile lipicanskega konja indeks popolnosti porekla še višji (0.95), imajo kobile pasme ljutomerski kasač vrednost indeksa za spoznanje nižjega kot žrebcipasme (0.89). Močno pri indeksu popolnosti porekla odstopajo tako kobile kot žrebcipasme posavski konj, pri katerih je vrednost za 3 generacije le 0.56 oz. 0.57, za globino porekla 5 generacij pa le 0.39 oz. 0.38.



Slika 2: Ekvivalent popolnih generacij prednikov po pasmah, spolih in letih (KS – ljutomerski kasač, LP – lipicanski konj, PO – posavski konj)

Pri vseh pasmah se ekvivalent popolnih generacij prednikov s časom povečuje (slika 2). Za pasmo ljutomerski kasač ekvivalent popolnih generacij prikazujemo od leta 1890, vendar so pred letom 1910 praktično le živali iz drugih rodovniških knjig. Velik razkorak med ljutomerskim kasačem in lipicanskim konjem je pred letom 1970, kasneje pa se razlika med pasmama pri kobilah ohranja, medtem ko se pri žrebcih zmanjšuje. Precejšnje zmanjšanje ekvivalenta popolnih generacij pri lipicanskih konjih je vidno pri živalih, rojenih v letih 2003 do 2005, medtem ko se tako pri kobilah kot žrebcih pasme ljutomerski kasač v zadnjih nekaj letih ekvivalent postopoma nekoliko zmanjšuje. Posavski konj kot pasma, pri kateri se rodovniška knjiga vodi relativno kratek čas, ima temu primerno manjši ekvivalent popolnih generacij prednikov, a se od pričetka vodenja rodovniške knjige tudi pri tej pasmi ekvivalent popolnih generacij konstantno povečuje.

5.3.4 Inbriding, sorodstvo in povprečna sorodnost

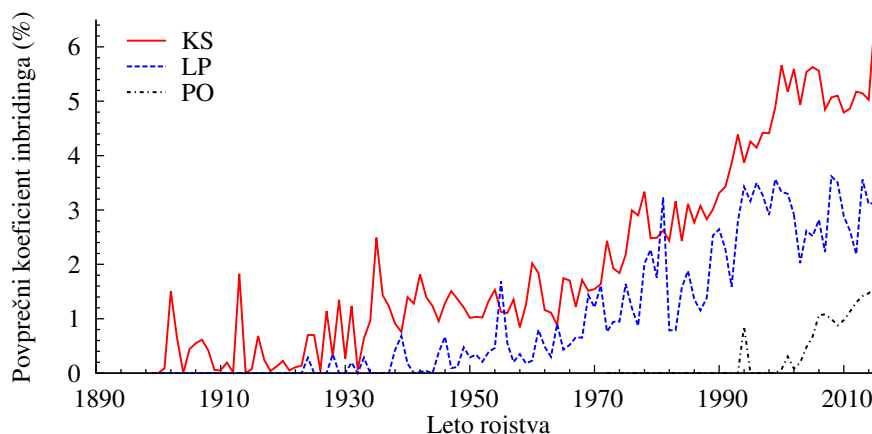
V zajetih populacijah je bilo 4008 inbridiranih živali pasme ljutomerski kasač, 2105 živali pasme lipicanski konj ter 2186 živali pasme posavski konj (tabela 5). Tako je bilo pri ljutomerskih kasačih kar 70.7 % živali inbridiranih, medtem ko je bilo inbridiranih 56.1 % živali v populaciji pri lipicanski pasmi in le 42.0 % pri posavskem konju. Povprečni koeficient inbridinga pri inbridiranih živalih znaša med 3.63 % pri ljutomerskem kasaču in 2.51 % pri posavskem konju, največji inbriding pa je bil 29.51 % pri ljutomerskem kasaču. Med inbridiranimi je delež živali s koeficientom inbridinga do 5 % najvišji pri pasmi posavski konj (87.8 %) in najnižji pri pasmi ljutomerski kasač (75.1 %), medtem ko je delež živali s koeficientom inbridinga med 5 in 10 % najvišji pri pasmi ljutomerski kasač (23.5 %). Ker imata pasmi ljutomerski kasač in lipicanski konj precej popolno poreklo, sta verjetno tako povprečni inbriding kot tudi delež inbridiranih živali dokaj realno ocenjena, medtem ko sta pri pasmi posavski konj verjetno oba parametra podcenjena.

Tabela 5: Koeficient inbridinga po pasmah

Pasma Razred za koef. inbr. (%)	Ljutomerski kasač		Lipicanski konj		Posavski konj	
	Število	(%)	Število	(%)	Število	(%)
$0 < x \leq 5$	3008	75.1	1761	83.7	1919	87.8
$5 < x \leq 10$	943	23.5	308	146	202	9.2
$10 < x \leq 15$	47	1.2	28	1.3	45	2.1
$15 < x \leq 20$	4	0.10	3	0.14	1	0.05
$20 < x \leq 25$	3	0.07				
$25 < x \leq 30$	2	0.05	5	0.24	19	0.9
Skupaj	4008 ¹	70.7 ²	2105	56.1	2186	42.0
Povprečje (%) ³	3.63		2.93		2.51	
Maksimum (%)	29.51		27.24		27.16	

¹ število inbridiranih živali, ² delež inbridiranih živali v populaciji, ³ povprečni koeficient inbridinga pri inbridiranih živalih

Pri vseh treh pasmah se povprečni koeficient inbridginga v populaciji s časom povečuje (slika 3). V populaciji lipicanskih konj povprečni koeficient inbridginga iz leta v leto nekoliko bolj niha, a se v splošnem povečuje počasneje kot pri ljutomerskih kasačih. Pri odprtih populacijah lahko vnos tujih genov povzroči, da se povprečni inbridging kdaj tudi zniža. Najhitrejšje povečevanje povprečnega koeficienta inbridginga v zadnjih letih je opazno pri pasmi posavski konj.

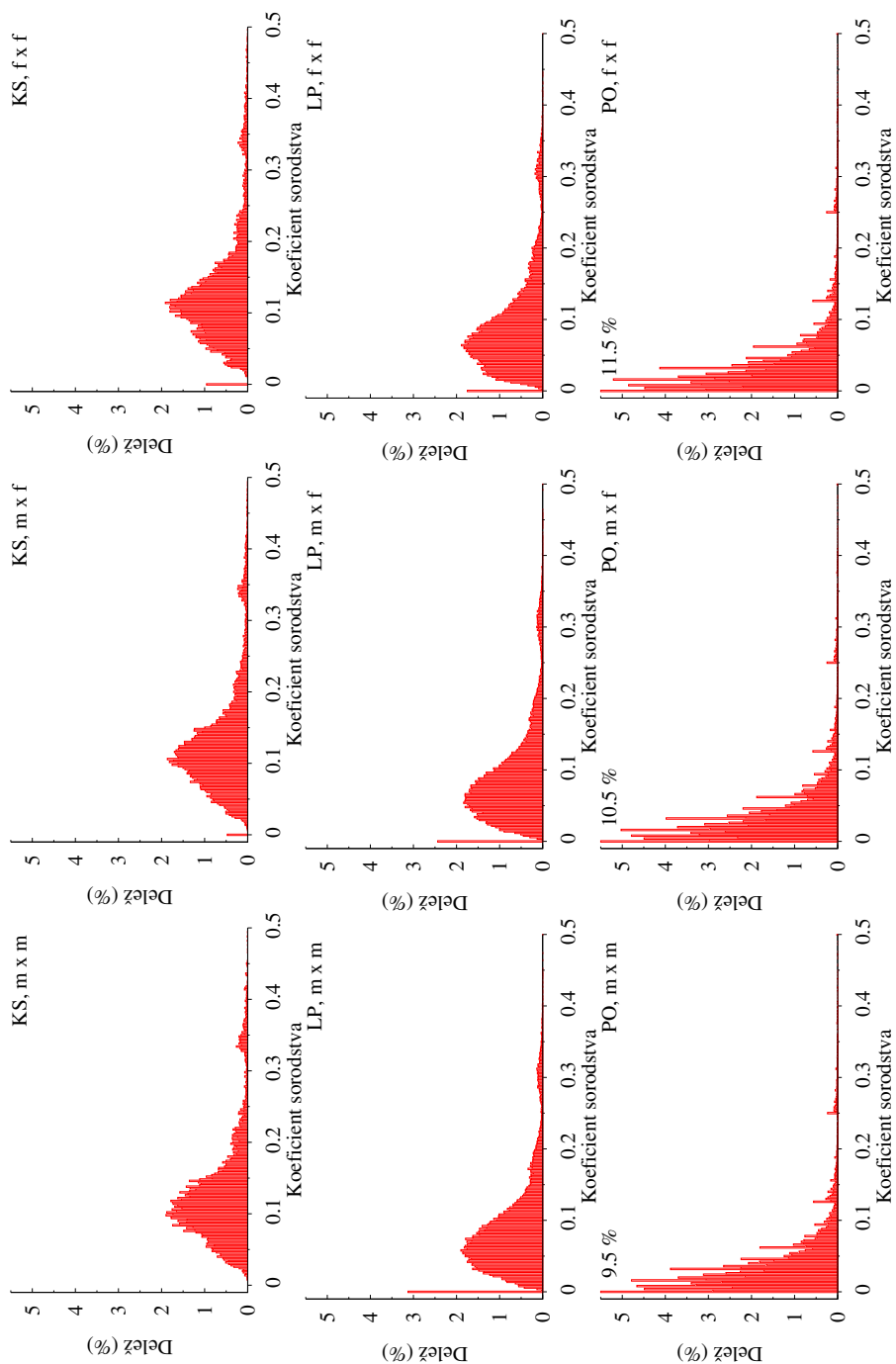


Slika 3: Spreminjanje inbridginga z leti po pasmah (KS – ljutomerski kasač, LP – lipicanski konj, PO – posavski konj)

Koeficient inbridginga za posamezno žival pove, kako je le-ta inbridirana, ne pove pa njenega sorodstva z ostalimi živalmi. Koeficient sorodstva med potencialnimi starši je enak dvakratniku koeficienta inbridginga potomca tega para. Tako povprečje koeficientov sorodstva predstavlja napoved za inbridging v naslednji generaciji. Minimalno povečanje inbridginga v naslednji generaciji je tudi osnova, kako izbrati pare staršev v malih populacijah. Koeficienti sorodstva med živalmi, ki so rojene v letih 2007 do 2016 v vseh treh populacijah, so podani v tabeli 6. Rezultati so, enako kot koeficient inbridginga, pod vplivom popolnosti porekla.

Tabela 6: Koeficient sorodstva v referenčni populaciji po pasmah

Pasma	Par	Št. parov	Povpr.	SD	Maks.
Ljutomerski kasač	Žrebcji med sabo	21115	0.127	0.073	0.634
	Žrebcji s kobilami	42230	0.127	0.075	0.682
	Kobile med sabo	20910	0.127	0.076	0.672
Lipicanski konj	Žrebcji med sabo	72390	0.086	0.067	0.630
	Žrebcji s kobilami	130302	0.088	0.068	0.589
	Kobile med sabo	58311	0.090	0.068	0.601
Posavski konj	Žrebcji med sabo	1439056	0.037	0.046	0.754
	Žrebcji s kobilami	3629883	0.037	0.046	0.791
	Kobile med sabo	2286591	0.036	0.046	0.783



Slika 4: Porazdelitev za kolateralno sorodstvo v referenčni populaciji po pasmah (KS – ljutomerski kasač, LP – lipicanski konj, PO – posavski konj, m – žrebci, f - kobile)

Po rezultatih so živali lipicanske pasme med sabo manj sorodne kot živali pasme ljutomerski kasač, še bolj nesorodne pa naj bi bile živali pasme posavski konj (tabela 6). Znotraj pasem ni bistvenih razlik, če primerjamo, koliko so med sabo sorodni žrebci, koliko so sorodni s kobilami oz. koliko so med sabo sorodne kobile. V referenčni populaciji je med pari živali pasme ljutomerski kasač koeficient sorodstva v povprečju 0.127, kar je primerljivo, kot bi si bile vse živali v sorodu kot bratrance in sestrične. Bistveno manj pa naj bi bile medsebojno sorodne živali pasme posavski konj, pri katerih koeficient sorodstva med pari znaša v povprečju le 0.037.

Glede na porazdelitve za koeficient sorodstva (slika 4) je pri lipicanskem konju med pari žrebec - žrebec nesorodnih 3.2 % parov, 2.4 % med pari žrebec - kobila ter 1.7 % med pari kobila - kobila. Porazdelitve za pare žrebec - žrebec, žrebec - kobila ter kobila - kobila pri pasmi ljutomerski kasač so si precej podobne, nesorodnih parov pa je pod 1 %. Pri pasmi posavski konj se slabša popolnost porekla odraža tudi pri koeficientih sorodstva med pari. Tako je nesorodnih 9.5 % parov žrebec - žrebec, 10.5 % parov žrebec - kobila ter 11.5 % parov kobila - kobila, pa tudi sicer je delež le malo sorodnih parov zelo velik.

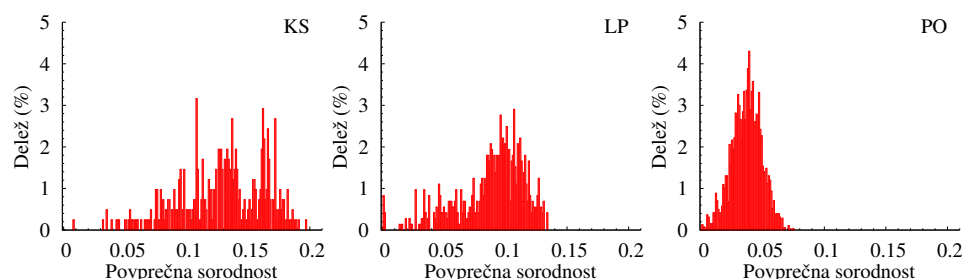
Tabela 7: Povprečno sorodstvo v referenčni populaciji po pasmah

Pasma	Št.	Povpr.	SD ¹	Min.	Maks.	Me ²	KA ³
Ljutomerski kasač	411	0.129	0.0349	0.0076	0.1969	0.133	-0.54
Lipicanski konj	857	0.089	0.0268	0.0014	0.1343	0.095	-0.95
Posavski konj	3836	0.037	0.0120	0.0004	0.0750	0.038	-0.16

¹ standardni odklon, ² mediana, ³ koeficient asimetričnosti

Dunner in sod. (1998) so definirali parameter povprečno sorodstvo, ki omogoča izbiro živali, ki so v povprečju z ostalimi živalmi manj sorodne. Opisna statistika za povprečno sorodstvo za živali iz referenčnih populacij treh pasem, je podana v tabeli 7. Ljutomerski kasači so med sabo v povprečju bolj sorodni kot lipicanski in posavski konji, saj njihovo povprečno sorodstvo znaša 0.129, medtem ko je ta vrednost pri lipicancih 0.089 in pri posavskih konjih le 0.037. Pri zajetih živalih jih je pri tako pri lipicanskem konju kot pri posavskem konju določen delež takih, ki so s populacijo manj sorodne in med temi se lahko najdejo potencialni žrebci, ki bi bili lahko glede na nesorodnost uporabljeni in ne bi bistveno prispevali k povečanju inbridinga v populaciji.

Možnosti izbire žrebcev pasme ljutomerski kasač glede na povprečno sorodstvo so bolj omejene, verjetno še bolj, če je izbira odvisna še od rezultatov na tekmah. Razpon vrednosti za povprečno sorodstvo v referenčni populaciji (tabela 7) se giblje med 0.0076 in 0.197 z mediano pri 0.133 pri ljutomerskem kasaču. Lipicanski konj, ki ima nekoliko manj popolno poreklo, ima mediano je pri 0.095, razpon vrednosti pa je med 0.0014 in 0.134. Bistveno bolj nepopolno poreklo je pri pasmi posavski konj, kjer je mediana za povprečno sorodstvo 0.038, z razponom od 0.0004 in 0.075. Porazdelitev povprečnega sorodstva je levo asimetrična pri populacijah ljutomerskega kasača in lipicanskega konja, delež bolj sorodnih živali v populaciji pa je največji pri ljutomerskem kasaču (slika 5).



Slika 5: Porazdelitev za povprečno sorodstvo po pasmah v referenčni populaciji (KS – ljutomerski kasač, LP – lipicanski konj, PO – posavski konj)

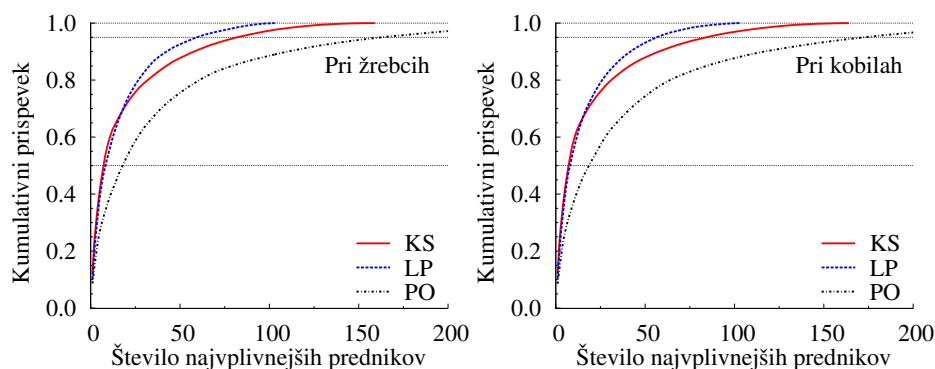
5.3.5 Prispevek prednikov in efektivno število prednikov

V populacijah je pri žrebcih 603 (ljutomerski kasač) in 340 (lipicanski konj) ter 345 (posavski konj) živali, ki jih lahko smatramo za osnovalce, medtem ko je pri kobilah osnovalcev 625 pri ljutomerskem kasaču, 334 pri lipicanskem in 373 pri posavskem konju (tabela 8). Razlike med spoloma znotraj pasem praktično ni. Tudi efektivno število osnovalcev je pri kobilah obeh pasem podobno kot pri žrebcih, kjer znaša med 106.2 pri ljutomerskem kasaču in 72.5 pri posavskem konju, pri kobilah pa med 101.3 pri ljutomerskem kasaču in 74.6 pri lipicanskem konju. Efektivno število prednikov je pri vseh treh pasmah pričakovano manjše od efektivnega števila osnovalcev. Razlike med efektivnim številom osnovalcev in efektivnim številom prednikov kažejo na neenakomerno zastopanost genov prednikov, na kar smo opo-

Tabela 8: Zastopanost osnovalcev in prednikov pri žrebcih in kobilah v referenčni populaciji

Parameter	Ljutomerski kasač		Lipicanski konj		Posavski konj	
	Ž ¹	K ²	Ž	K	Ž	K
Število živali z znanimi starši	206	205	377	339	1691	2129
Število osnovalcev (f)	603	625	340	334	345	373
Efektivno število osnovalcev (f_e)	106.2	101.3	76.8	74.6	72.5	75.3
Efektivno število prednikov (f_a)	21.4	21.2	24.0	23.4	43.6	44.8
Ekvivalent osnoval. genomov (f_{ge})	8.1	8.1	11.4	11.0	27.0	27.8
f_e/f	0.18	0.16	0.23	0.22	0.21	0.20
f_a/f_e	0.20	0.21	0.31	0.31	0.60	0.59
f_{ge}/f_e	0.08	0.08	0.15	0.15	0.37	0.37
N_{50} ³	8	8	9	8	18	19
C_{max} ⁴ (%)	12.0	12.1	10.2	10.3	8.6	8.5

¹ pri žrebcih, ² pri kobilah, ³ število prednikov, ki pojasnijo 50 % sklada genov populacije ⁴ največji posamični robni prispevek prednika

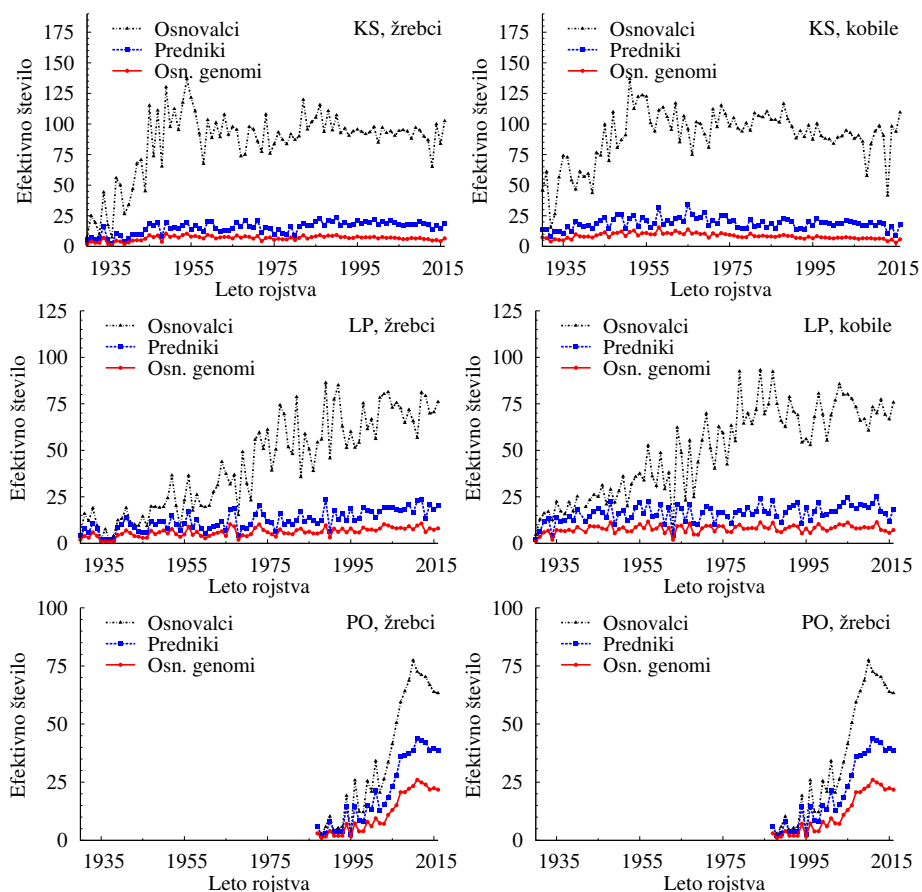


Slika 6: Ocenjeni kumulativni prispevek prednikov po spolu in pasmah (KS – ljutomerski kasač, LP – lipicanski konj, PO – posavski konj)

zorili že pri velikosti družin. Razkorak med učinkovitim številom osnovalcev in učinkovitim številom prednikov je največji pri ljutomerskem kasaču in najmanjši pri posavskem konju. Učinkovito število prednikov, ki so ali niso osnovalci, znaša 21.4 pri žrebcih in 21.2 pri kobilah pasme ljutomerski kasač, kar pomeni skoraj petkrat manjše učinkovito število prednikov v primerjavi z učinkovitim številom osnovalcev, pri lipicanskem konju je pri kobilah učinkovito število prednikov 23.4 in pri žrebcih 24.0, kar pomeni trikratno razliko. Glede na najmanj popolno poreklo pri pasmi posavski konj so učinkovito število prednikov 43.6 pri žrebcih in 44.8 pri kobilah ter razmerje do učinkovitega števila osnovalcev le 0.60 oz. 0.59 pričakovano največji. Ekvivalent osnovalskih genomov še boljše ponazarja ohranjenost genetske pestrosti v populaciji. Pri ljutomerskem kasaču je njegova vrednost le 8.1, pri lipicanskih konjih 11.4 pri žrebcih in 11.0 pri kobilah ter pri posavskem konju 27.0 pri žrebcih in 27.8 pri kobilah.

Število prednikov, ki v sklad genov populacije skupno prispevajo 50 %, je kasaških žrebcih le 8, pri lipicanskih 9 ter pri posavskih 18 (tabela 8, slika 6). Pri kobilah je pri ljutomerskem kasaču enako število prednikov potrebnih za pojasnitev 50 % genov v skladu genov populacije kot pri žrebcih (8), pri lipicanskih kobilah 8 in pri posavskih 19 prednikov prispeva 50 % v sklad genov. Največji posamični prispevek imajo običajno samci in tudi pri konjih ni izjeme, najvplivnejši prednik pri ljutomerskem kasaču prispeva 12.0 % pri žrebcih in 12.1 % pri kobilah. Za spoznanje nižji je največji prispevek pri lipicanskem konju, 10.2 % pri žrebcih in 10.3 % pri kobilah, medtem ko je pri posavskem konju najnižji, 8.6 % pri žrebcih in 8.5 % pri kobilah. Za skupni prispevek 95 % v sklad genov populacije pri pasmi ljutomerski kasač prispeva malo nad 80 prednikov, pri pasmi lipicanski konj blizu 60 ter pri pasmi posavski konj blizu 170 prednikov (slika 6).

Na sliki 7 je prikazano, kako so se s časom spreminjala učinkovita števila osnovalcev in prednikov ter ekvivalent osnovalskih genomov pri vseh treh obravnavanih pasmah konj. Pri pasmi ljutomerski kasač se je učinkovito število osnovalcev povečevalo do leta 1955, po tem letu pa se prične zmanjševati. Pri lipicanskem konju se z večjimi ali manjšimi nihanjem povečuje učinkovito število osnovalcev vse do leta 1990, kar je posledica tega, da je uspela



Slika 7: Efektivno število osnovalcev, prednikov in osnovalskih genomov po letih rojstva po spolu in pasmah (KS – ljutomerski kasač, LP – lipicanski konj, PO – posavski konj)

Kobilarna Lipica v času 2. svetovne vojne “izgubljene” osnovalce pripeljati nazaj. Pri pasmi posavski konj se efektivno število osnovalcev povečuje praktično do leta 2010, ko so v register vpisovali živali z zelo malo generacij znanih prednikov, ki se pred tem v rodovnikih živali še niso pojavljali. Efektivno število prednikov in ekvivalent osnovalskih genomov pri pasmi ljutomerski kasač predstavljata petino oz. slabo desetino efektivnega števila osnovalcev, pri pasmi lipicanski konj tako efektivno število prednikov kot ekvivalent osnovalskih genomov s časom nekoliko povečujeta, saj sledita povečevanju efektivnega števila osnovalcev in predstavljata pa slabo tretjino oz. osmino efektivnega števila osnovalcev. Porast efektivnega števila prednikov in ekvivalenta osnovalskih genomov pri posavskem konju je odraz prej omenjenega vpisovanja živali v register, je pa po letu 2010 pri pasmi opazen trend zmanjševanja pri vseh treh prikazanih merah genetske pestrosti.

Tabela 9: Pričakovani prispevek najbolj vplivnih prednikov za živali referenčne populacije po spolih pri ljutomerskem kasaču in lipicanskem konju

Št.	Izvor	Spol	Ime	Leto rojstva	Pričakovani prispevek		
					Skupni	Robni	Kumul.
Ljutomerski kasač, žrebci							
1	US	1	Speedy Crown	1968	0.1200	0.1200	0.1200
2	US	1	Star's Pride	1947	0.1093	0.1093	0.2290
3	US	1	Peter the Great	1800	0.1056	0.0697	0.2990
4	DE	1	Gerd November	1993	0.0784	0.0612	0.3602
5	US	1	Guy Axworthy	1902	0.0841	0.0493	0.4095
Ljutomerski kasač, kobile							
1	US	1	Speedy Crown	1968	0.1213	0.1213	0.1213
2	US	1	Star's Pride	1947	0.1079	0.1079	0.2292
3	US	1	Peter the Great	1800	0.1062	0.0703	0.2996
4	DE	1	Gerd November	1993	0.1024	0.0622	0.3618
5	US	1	Guy Axworthy	1902	0.0787	0.0496	0.4114
Lpicanski konj, žrebci							
1		1	Conversano Gaetana IV	1947	0.1016	0.1016	0.1016
2		1	Maestoso Bonavoja 45	1967	0.0927	0.0927	0.1944
3		1	Neapolitano Batosta XXI	1956	0.0726	0.0726	0.2670
4		1	Favory Dubovina IV	1964	0.0603	0.0603	0.3273
5		1	Siglavy Gaeta II	1993	0.0417	0.0417	0.4271
Lpicanski konj, kobile							
1		1	Conversano Gaetana IV	1947	0.1035	0.1035	0.1035
2		1	Maestoso Bonavoja 45	1967	0.0898	0.0898	0.1933
3		1	Neapolitano Batosta XXI	1956	0.0783	0.0783	0.2716
4		1	Siglavy Gaeta II	1993	0.0612	0.0574	0.3290
5		1	Favory Dubovina IV	1964	0.0572	0.0572	0.3862
Posavski konj, žrebci							
1		1	Denis	1986	0.0862	0.0862	0.0862
2		1	Agadir - 1	1995	0.0514	0.0514	0.1376
3		2	Lasta	1984	0.0505	0.0505	0.1881
4		1	Jadran	1990	0.0461	0.0461	0.2342
5		1	Borko - 2	1996	0.0418	0.0313	0.2934
Posavski konj, kobile							
1		1	Denis	1986	0.0855	0.0855	0.0855
2		2	Lasta	1984	0.0499	0.0499	0.1354
3		1	Jadran	1990	0.0487	0.0487	0.1841
4		1	Agadir - 1	1995	0.0474	0.0474	0.2315
5		1	Borko - 2	1996	0.0396	0.0297	0.2612

Najvplivnejših pet prednikov je žrebcev pri pasmah Ljutomerski kasač in lipicanski konj (tabela 9), pri čemer med spoloma znotraj pasme glede najvplivnejših prednikov praktično ni razlik. Pri pasmi posavski konj se na tretjem oz. drugem mestu pojavlja kobila, ostali štirje najvplivnejši predniki pa so žrebci. Pri Ljutomerskem kasaču so na prvih treh mestih znani ameriški kasači, katerih robni prispevek znaša 12, 11 oz. 7 %. Kumulativni prispevek prvih pet najpomembnejših prednikov v sklad genov je pri Ljutomerskem kasaču kar 41 %. Pri lipicanskem konju prvih pet najpomembnejših prednikov v sklad genov prispeva pri žrebcih 42 % in pri kobilah nekoliko manj, vendar še vedno blizu 39 %. Prvi trije, Conversano Gaetana IV, Maestoso Bonavoja 45 in Neapolitano Batosta XXI prispevajo 10, 9 ter 8 % genov v sklad genov pasme. Pri pasmi posavski konj najvplivnejših pet prednikov pri žrebcih prispeva 29 % in pri kobilah 26 % v sklad genov populacije. Pri žrebcih so na prvih treh mestih Denis, Agadir - 1 in Lasta s po 9, 5 in 5 %, pri kobilah pa so prvi trije Denis, Lasta ter Jadran, prav tako s po 9, 5 in 5 % prispevka v sklad genov populacije.

5.4 Zaključki

Pasmi Ljutomerski kasač in lipicanski konj imata ekvivalent popolnih generacij blizu 8 (lipicanski konj) oz. 9 (Ljutomerski kasači), kar pomeni precej popolno poreklo in si nista zelo različni. Pri lipicanskem konju se je sicer v primerjavi z analizo v letu 2006 ekvivalent popolnih generacij zmanjšal. Pri pasmi posavski konj je popolnost porekla slabša, ekvivalent znaša le 3.5. Popolnost porekla se potem odraža praktično pri vseh merah genetske pestrosti.

Žrebci so pri vseh pasmah konj preveč neenakomerno zastopani. Neenakomerna zastopanost prispeva k manjšemu učinkovitemu številu prednikov in posledično k majhni učinkoviti velikosti populacije. Bolj bi bili potrebno spremljati velikost družin, omejiti število potomcev po žrebcih, družine - tako pari kot žrebci - morajo biti bolj uravnotežene in s čim manj variacije, tako da je prispevek v sklad genov naslednje generacije čim bolj enakomeren in izgubljanje genov čim manjše.

Ocenjeni inbriding, sorodstvo kot tudi povprečno sorodstvo so pri Ljutomerskem kasaču in lipicanskem konju glede na popolnost porekla verjetno precej realno ocenjeni, seveda ob predpostavki, da v poreklu ni napak. Povsem drugače je pri pasmi posavski konj, kjer so verjetno podcenjeni. Tako koeficient inbridinga in sorodstva ter povprečno sorodstvo imajo pri Ljutomerskem kasaču večje vrednosti kot pri lipicanskem konju in najmanjše pri posavskem konju. Efektivno število prednikov in ekvivalent osnovalskih genomov se med pasmi razlikuje. Pri obe pasmah s popolnejšim poreklom ocena za efektivno število prednikov kaže, da je pestrost v skladu genov populacije takšna, kot bi populaciji imeli le 21 oz. 24 enakomerno zastopanih prednikov, medtem ko je pri posavskem konju efektivno število prednikov 44 in je precenjeno.

5.5 Viri

- Boichard D. 2002. PEDIG: a fortran package for pedigree analysis suited for large populations. V: Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, 2002-08-19/23. Castanet-Tolosan, INRA, 32: 525–528.
- Boichard D., Maignel L., Verrier E. 1997. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genet. Sel. Evol.*, 29: 5–23.
- Dunner S., Checa M.L., Gutiérrez J.P., Martín J.P., Cañón J. 1998. Genetic analysis and management in small populations: the Asturcon pony as an example. *Genet. Sel. Evol.*, 30: 397–405.
- Lacy R.C. 1989. Analysis of founder representation in pedigrees: Founder equivalents and founder genome equivalents. *Zoo Biol.*, 8: 111–123.
- MacCluer J.W., Boyce A.J., Dyke B., Weitkamp L.R., Pfening D.W., Parsons C.J. 1983. Inbreeding and pedigree structure in Standardbred horses. 74: 394–399.
- MacCluer J.W., VandeBerg J.L., Read B., Ryder O.A. 1986. Pedigree analysis by computer simulation. *Zoo Biol.*, 5: 147–160.
- Maignel L., Boichard D., Verrier E. 1996. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. V: Proceedings of the Interbull Meeting, Veldhoven. International Bull Evaluation Service, 15: 49–54.
- Rus J. 2010. Rejski program za pasmo posavski konj. Ljubljana, Veterinarska fakulta: 39 str.
- SAS Inst. Inc. 2012. The SAS System for Linux, Release 9.4. Cary, NC.
- ULRS 2004a. Pravilnik o ohranjanju biotske raznovrstnosti v živinoreji. Ur.l. RS št. 90-4111/2004. s. 11001–11009.
- ULRS 2004b. Seznam avtohtonih in tradicionalnih pasem domačih živali. Ur.l. RS št. 77-3404/2004. s. 9309.

Poglavje 6

Kraški ovčar

Špela Malovrh ^{1,2}, Tina Flisar ¹, Jurij Krsnik ¹, Mojca Simčič ¹

6.1 Uvod

V zaprtih malih populacijah, kjer je raba plemenjakov neenakomerna in ki so močno podvržene naključnemu toku genov, je analize strukture porekla v populacijah uporabno orodje, ki omogoča vpogled v razvoj in stanje genetskega ozadja populacije. Na eni strani omogoča oceno stanja genetske raznolikosti v populaciji, oceno zastopanosti osnovalcev in prednikov, kot tudi oceno prispevka vnesenih genov iz tujih populacij, po drugi strani pa lahko rezultate izkoristimo za postopno izboljšanje stanja v ogroženih populacijah, saj lahko uravnotežimo prispevke prednikov v sklad genov populacije, poskušamo izenačiti velikost družin, pri parjenju uporabiti primerno število čim manj sorodnih plemenjakov.

Kraševce oz. kraški ovčar je najstarejša slovenska avtohtona pasma psov. Mednarodno priznanje je doživel že leta 1939, tedaj kot ilirski pes, pod imenom kraški ovčar pa šele leta 1968. Kraševce so že stoletja uporabljali kot pastirske pse na območju slovenskega Krasa v okolici Pivke, o čemer piše že Valvazor v Slavi vojvodine Kranjske. Njemu sorodne pasme so drugi pastirski psi, kot kavkaški in romunski pastirski psi ter šarplaninec. Kraševce je srednje velik, mišičast, z gosto in bujno železnosivo dlako, ki je dolga okoli 10 cm. Ima prijazen in zaradi mandljevitih temno rjavih oči rahlo otožen pogled. Glava je plemenita, uhlja sta spuščena ob glavi, rep je košat, spušččen ter sega vsaj do skočnega sklepa. Po značaju je kraševce umirjen, dobrodušen, pogumen, samostojen in nekoliko samosvoj, kar je na splošno značilnost pastirskih psov.

Po drugi svetovni vojni so slovenski kinologi naštel le 44 kraševcev, hitrejši razvoj je doživel po letu 1968, ko je bilo okoli 100 mladičev, v osemdesetih letih prejšnjega stoletja pa že 400. Populacijo sedaj ocenjujejo na več kot 800 živali. Društvu ljubiteljev in vzrediteljev kraških ovčarjev Slovenije, ki skrbi za pasmo v strokovnem smislu, se je zavedlo, da je populacija kraševca majhna in kot taka podvržena posledicam zmanjševanja genske pestrosti.

Namen te študije je presoja strukture populacije pri slovenski avtohtoni pasmi psov - kraševcu, pri čemer bomo uporabili različne parametre, ki omogočajo spremljanje genetske raznolikosti v populaciji na podlagi porekla.

6.2 Material in metode

Podatke o poreklu pri kraševcu je posredovala Katedra ZORŽ na Oddelku za zootehniko Biotehniške fakultete, ki vodi podatkovno zbirko in vzdržuje spletno stran z informacijskim sistemom za omenjeno pasmo. Za analizo smo uporabili zapise, ki so obsegali oznako živali,

¹Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Groblje 3, 1230 Domžale

²E-pošta: spela.malovrh@bf.uni-lj.si

pasmo, spol, oznako očeta in matere ter datum rojstva. Zajetih je bilo 3489 žival, od katerih 63 ni imelo znanih obeh staršev. Za analizo smo kot referenčno populacijo izbrali živali, rojene v letih 2012 do 2016.

Za opis populacije na osnovi porekla se običajno uporablja dva sklopa parametrov, kjer je prvi sklop demografska analiza, s pomočjo katere opišemo strukturo in spreminjanje opazovane populacije. V okviru demografskega opisa bomo predstavili število moških in ženskih živali v populaciji, kako se to število spreminja s časom, generacijski interval ter velikost in variabilnost družin. Drugi sklop je genetska analiza, ki zajame razvoj in dinamiko sklada genov populacije. Genetski opis populacije obsega popolnost porekla, koeficient inbridinga in sorodstva ter zastopanost prednikov, ki so ali pa niso osnovalci populacije: ekvivalent popolnih generacij prednikov (Maignel in sod., 1996), ekvivalent osnovalcev (Lacy, 1989) oz. efektivno število osnovalcev in efektivno število prednikov (Boichard in sod., 1997) ter ekvivalent osnovalskih genomov oz. efektivno število osnovalskih genomov (MacCluer in sod., 1986). Povprečna sorodnost (Dunner in sod., 1998) je parameter, ki pove, koliko je posamezna žival v povprečju sorodna z vsemi ostalimi v (živeči) populaciji. Na osnovi čim manjših vrednosti za povprečno sorodnosti lahko v ogroženih populacijah izbiramo živali, ki so genetsko manj zastopane in s tem doprinesemo k preprečevanju izgubljanja alel iz sklada genov populacije.

Za izračun parametrov, ki genetsko opisujejo populacije, smo uporabili programski paket PEDIG (Boichard, 2002), ostale parametre pa smo izračunali s pomočjo statističnega paketa SAS (SAS Inst. Inc., 2012).

6.3 Rezultati in diskusija

6.3.1 Demografski opis referenčne populacije

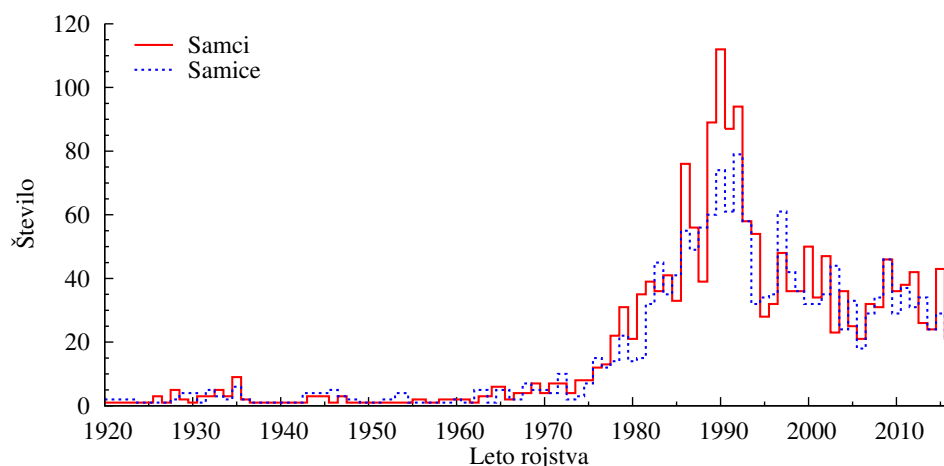
Podatki o poreklu so v celoti obsegali 3489 živali (tabela 1), pri čemer najstarejši znani datum rojstva sega v leto 1920, za žival brez znanih staršev in v leto 1924 za žival z znanimi starši. V poreklu je določen delež živali, ki nimajo poznanih staršev in takih je v celotnih podatkih le 63, kar predstavlja 1.8 %. Živali brez znanih staršev se v tovrstnih analizah na osnovi porekla obravnavajo kot osnovalci populacije. Skupno je zajetih 1844 samcev in 1645 samic. V populaciji kraškega ovčarja je nestaršev, se pravi živali brez potomcev, 42.8 %, mater je 381 in očetov 274, razmerje med njimi pa je 1.39.

Za referenčno populacijo smo izbrali živali, rojene v letih 2012 do 2016. Le-teh je bilo 296, 156 samcev in 140 samic (tabela 1). Živali referenčne populacije so potomci 41 mater in 37 očetov, pri čemer je razmerje med njimi 1.11, kar je ožje kot v celotni populaciji. V referenčni populaciji se ne pojavljajo živali brez znanih staršev, je pa med njimi šele nekaj živali, ki so že imele potomce, saj je nestaršev kar 95.2 %. Število vpisov v zajeti seznam živali po letih rojstva pri obeh spolih narašča vse do leta 1990 (slika 1), po tem letu pa se prične zmanjševati in z manjšimi nihanji ostaja pri okoli 35 živali po spolu.

Tabela 1: Demografski opis v celotnem poreklu in v referenčni populaciji

	Celotni podatki o poreklu	Referenčna populacija (2012-2016)
Število	3489	296
Samci	1844	156
Samice	1645	140
Očetje	274	37
Matere	381	41
Razmerje ¹	1.39	1.11
Delež nestaršev (%)	81.2	95.2
Osnovalci	63	0
Delež osnivalcev (%)	1.8	0.0

¹ razmerje med samci in samicami, ki se pojavijo kot starši



Slika 1: Prirastek populacije po spolu in letih rojstva

6.3.2 Generacijski interval in velikost družin

Pri izračunu generacijskega intervala smo v prikaz zajeli tako vse potomce kot tudi le potomce, ki so imeli tudi lastne potomce in tako poskrbeli za prenos genov med generacijami. V obeh primerih smo upoštevali celotno populacijo, saj potomci v referenčni populaciji večinoma še ne morejo imeti lastnih potomcev. Pri prikazu smo se poslužili običajnih štirih selekcijskih poti oz. poti prenosa genov: oče - sin, oče - hči, mati - sin ter mati - hči (tabela 2) Skoraj polovica očetov in mater ne doživi prenosa svojih genov preko potomcev v naslednjo generacijo, število staršev, če upoštevamo vse potomce, je dvakrat večje, kot če upoštevamo le potomce, ki so kasneje imeli potomce. Očetje imajo potomce v povprečju pol leta kasneje

Tabela 2: Generacijski interval (GI) glede na spol staršev in potomcev

Pot prenosa genov	Število		GI (leto)	Število		GI ¹ (leto)
	Starši	Potomci		Starši ¹	Potomci ¹	
Oče - sin	249	1794	4.65	123	251	4.44
Oče - hči	245	1596	4.67	156	349	4.53
Mati - sin	338	1788	4.01	157	250	3.91
Mati - hči	330	1589	3.94	182	349	3.94

¹ upoštevani le potomci, ki so imeli lastne potomce

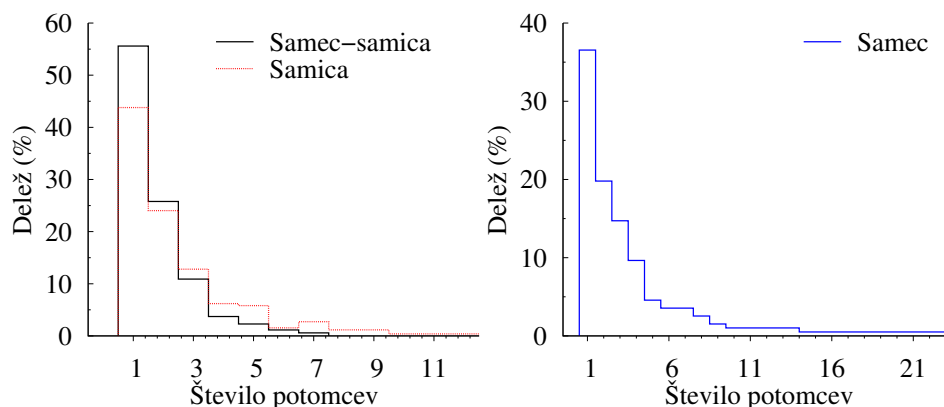
kot matere, ne glede na to ali upoštevamo vse potomce ali le potomce, ki so imeli potomce. Pri tem ni bistvenih razlik med potmi oče - sin in oče - hči, kot tudi ne med potmi mati - sin in mati - hči. Generacijski interval pri očetih znaša okoli 4.5 let, pri materah pa blizu 4 leta.

Tabela 3: Velikost in variabilnost velikosti družin¹

Družina	Število	Povprečje	SD ²	Maks.	DeID ³	DeIP ⁴
Samec - samica	349	1.77	1.14	7	55.6	31.4
Samec	197	3.14	3.09	23	36.5	11.6
Samica	258	2.41	1.93	12	47.5	19.7

¹ upoštevani le potomci, ki so imeli lastne potomce, ² standardni odklon, ³ delež družin z enim potomcem, ⁴ delež potomcev iz družin z enim potomcem

Velikost družine, predvsem pa izenačenost velikosti, pomembno vpliva na zastopanost in ohranitev genov posameznih prednikov v populaciji, na efektivno velikost populacije in s tem na možnost preživetja ogrožene populacije na daljši rok. Velikost družin predstavljamo



Slika 2: Porazdelitve za velikost družin za pare samec - samica, za samice ter za samce

s številom potomcev za pare samec - samica ter po samcih in samicah ločeno (tabela 3). Pri tem smo upoštevali le potomce, ki imajo kasneje sami potomce, saj le-ti dejansko poskrbijo za prenos genov iz generacije v generacijo. Večina parov (55,6 %) je imela le enega potomca (slika 2), dva potomca je imelo 26 % parov in 3 potomce 11 % parov. Večje število potomcev po enem paru je redko, maksimum pa znaša 7. Pari so imeli v povprečju 1.77 potomca. Variabilnost velikosti družin je pri parih relativno majhna, standardni odklon znaša 1.14, bi bilo pa boljše, če bi bila še manjša.

Samcev, kot družin s potomci, je bilo 197 (tabela 3) in so imeli v povprečju 3.14 potomcev. Standardni odklon za velikost družin po samcih je 3.09, kar kaže na njihovo neenakomerno zastopanost. Z le enim potomcem je 36.5 % samcev, z 2 potomcema 20 % in s 3 potomci 15 % samcev (slika 2). Največ potomcev na enega samca je bilo 23 (tabela 3). Samice imajo v primerjavi s samci pri rejnih živalih običajno precej manj potomcev. Samice pasme kraški ovčar so imele v povprečju 2.41 potomcev. Standardni odklon velikosti družine po samici je 1.93, kar je tudi veliko. Samic z enim samim potomcem je bilo 47.7 % (tabela 3), z dvema 24 % in s tremi 13 % (slika 2), največ pa je bilo po eni samici 12 potomcev.

6.3.3 Popolnost porekla

Živali, rojene v letih 2012–2016, imajo v svojem poreklu največ 31 znanih generacij prednikov (tabela 4). Popolnost porekla ocenjujemo z ekvivalentom popolnih generacij prednikov, ki predstavlja povprečno število generacij prednikov, če bi bili v teh generacijah znani vsi predniki. Pri samcih v referenčni populaciji je ekvivalent popolnih generacij znašal 14.71. Pri samicah je ekvivalent popolnih generacij podoben, 14.81. Zaradi velike popolnosti porekla imajo samci v povprečju znanih preko 720 tisoč prednikov, samice pa preko 760 tisoč. Dejansko pa se v poreklu za posamezno žival pojavljajo isti predniki po večkrat in je v poreklu lahko vključenih le 3489 živali (tabela 1).

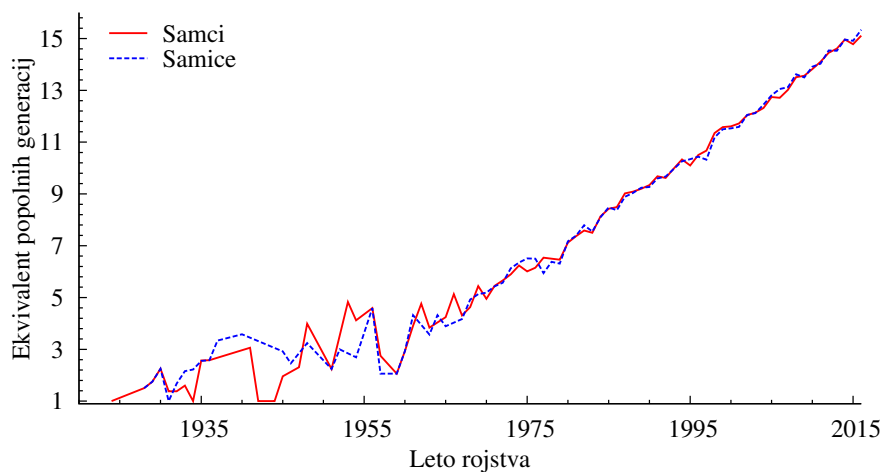
Ekvivalent popolnih generacij se z leti povečuje pri obeh spolih (slika 3). Samci in samice imajo pri popolnosti porekla pred letom 1960 nekaj razlik, kasneje pa se pri obojih ekvivalent popolnih generacij povečuje zelo linearno, z 0.22 generacij na leto. V referenčni populaciji

Tabela 4: Ekvivalent popolnih generacij prednikov in povprečno število znanih prednikov v referenčni populaciji po spolu

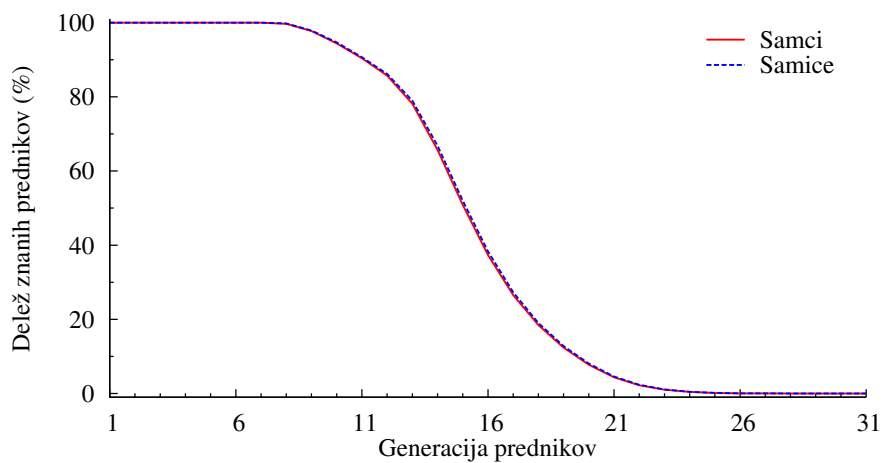
Parameter	Samci	Samice
Število ¹	156	140
Maksimalno število generacij v poreklu	31	31
Ekvivalent popolnih generacij prednikov	14.73	14.81
Povprečno število znanih prednikov	721427	762297

¹ število živali z obema znanima staršema

- pri živalih, ki so rojene v letih 2012–2016 - se delež znanih prednikov po generacijah pri samicah in samcih ne razlikujejo (slika 4). Od prve do sedme generacije imajo živali znane vse prednike, v deseti generaciji 95 %, v petnajsti 51 % in v 20. generaciji 8 % prednikov.



Slika 3: Ekvivalent popolnih generacij prednikov po letih rojstva po spolu



Slika 4: Popolnost porekla po generacijah prednikov v referenčni populaciji po spolu

6.3.4 Koeficient inbridinga in sorodstva ter povprečno sorodstvo

V zajeti populaciji je bilo 3316 inbridiranih živali, kar predstavlja 95.0 % od zajetih živali (tabela 5). Povprečni koeficient inbriding pri inbridiranih živalih je znašal 23.78 %, največji koeficient inbridinga pa je bil 39.55 %. S koeficientom inbridinga med 20 in 25 % je 34.4 % inbridiranih živali, s koeficientom inbridinga med 25 in 30 % pa kar 46.0 % inbridiranih živali oz. 43.7 % med vsemi živalmi. Povprečje v populaciji za koeficient inbridinga pred letom 1970 močno niha, saj je bilo tedaj relativno malo živali, kasneje pa se hitro povečuje (slika 5).

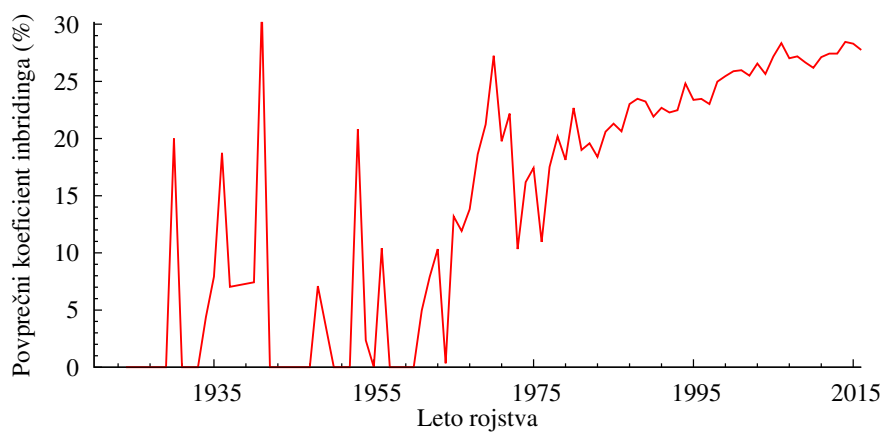
Tabela 5: Koeficient inbridinga pri pasmi kraški ovčar

Razred za inbriding	Število	Delež (%)
$0 < x \leq 5$	6	0.18
$5 < x \leq 10$	58	1.75
$10 < x \leq 15$	59	1.78
$15 < x \leq 20$	429	12.9
$20 < x \leq 25$	1141	34.4
$25 < x \leq 30$	1543	46.5
$30 < x \leq 35$	65	1.96
$35 < x \leq 40$	15	0.45
Skupaj	3316 ¹	95.0 ²
Povprečje ³ (%)	23.78	
Maksimum (%)	39.55	

¹število inbridiranih živali, ²delež inbridiranih živali v populaciji, ³povprečni koeficient inbridinga pri inbridiranih živalih

Koeficient inbridinga sicer pove, koliko je posamezna žival inbridirana, ne pove pa, koliko so si živali med sabo sorodne, pa tudi ne napoveduje povprečnega koeficienta inbridinga v naslednji generaciji. Koeficient sorodstva oz. starševstva (*les coefficient de parente*), kot ga je definiral Malécot (1948) - med potencialnima staršema je enak koeficientu inbridinga potomca tega para in predstavlja napoved za inbriding v naslednji generaciji. Običajno pod pojmom koeficient sorodstva (*relationship coefficient*) razumemo aditivni genetski koeficient sorodstva (Wright, 1922), ki pa okvirno predstavlja dvakratnik koeficienta inbridinga potencialnega potomca, njegova največja vrednost pa je lahko enaka 2.

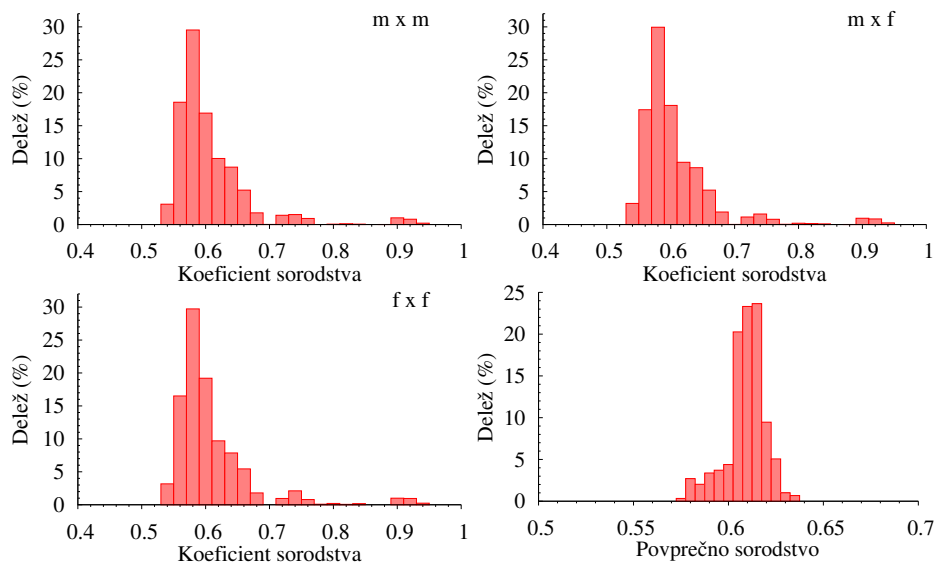
Povprečje za koeficient sorodstva med samci ter pri parih samec - samica znaša 0.607 (tabela 6), praktično enako vrednosti pa ima tudi povprečni koeficient sorodstva med samicami (0.608). Tudi standardni odkloni se med pari ne razlikujejo, kot tudi ne maksimalne vrednosti (0.941 oz. 0.942). Na sliki 6 je prikazana porazdelitev za koeficient sorodstva pri parih samec - samica, pri samcih med sabo ter pri samicah med sabo. Pri potencialnih parih med samci ima koeficient sorodstva 0.58 blizu 30 % parov, enako je tudi pri parih samec - samica kot tudi pri parih med samicami.



Slika 5: Povečevanje koeficienta inbridginga z leti

Tabela 6: Koeficient sorodstva za potencialne pare v referenčni populaciji

Potencialni pari	Število parov	Povprečje	Standardni odklon	Maksimum
Samci med sabo	12090	0.607	0.061	0.941
Samci s samicami	21840	0.607	0.062	0.942
Samice med sabo	9730	0.608	0.063	0.942



Slika 6: Porazdelitev za koeficient sorodstva med potencialnimi pari v referenčni populaciji (m – samci, f – samice) ter porazdelitev za povprečno sorodnost (desno spodaj)

Dunner in sod. (1998) so definirali parameter povprečno sorodstvo, ki omogoča izbiro živali, ki so v povprečju z ostalimi živalmi manj sorodne, saj pokaže na tiste, ki so v populaciji manj zastopane. Povprečno sorodstvo za posamezno žival je povprečje koeficientov v vrstici v aditivni matriki sorodstva, ki pripada tej živali, pri čemer so vključeni tudi diagonalni elementi, katerih vrednost je enaka ena plus koeficient inbridinga. Porazdelitev za povprečno sorodstvo kaže, da so si živali v referenčni populaciji tudi glede tega parametra precej homogene (slika 6, desno spodaj). Razpon med minimalno in maksimalno vrednostjo za povprečno sorodstvo znaša med 0.575 in 0.634, s povprečjem pri 0.610. Za čim manjše povečevanje inbridinga v populaciji bi bilo potrebno uporabljati živali, pri katerih je povprečna sorodnost bližje 0.575, če seveda to dopuščajo ostale lastnosti, ki so pomembne pri odbiri za pleme.

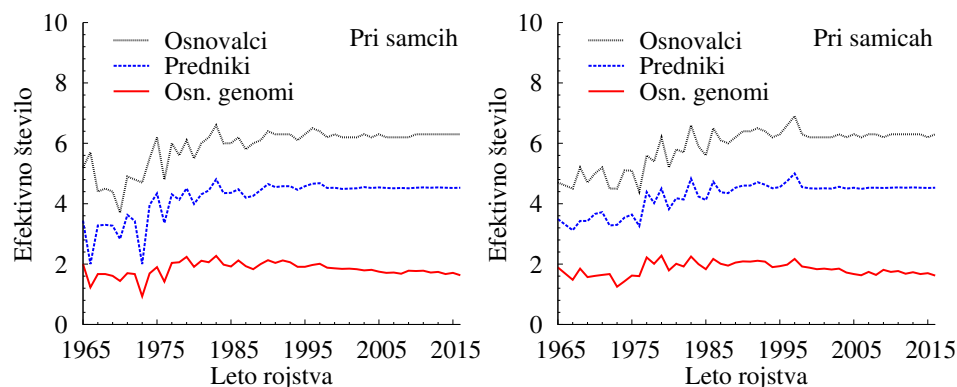
6.3.5 Prispevki prednikov in efektivno število prednikov

Za živali referenčne populacije je relevantnih le 21 živali, ki jih lahko smatramo za osnivalce (tabela 7), kljub temu, da imamo v populaciji sicer 63 osnivalcev (tabela 1). Razlike med spoloma ni. Efektivno število osnivalcev je 6.3 pri obeh spolih, kar pomeni le tretjino ohranjenega genetskega sklada od 21 osnivalcev. Efektivno število prednikov je pričakovano manjše od efektivnega števila osnivalcev Boichard in sod. (1997), a je pri kraševcu v primerjavi z efektivnim številom osnivalcev relativno ugodno, njegova vrednost je 4.53 pri obeh spolih, kar pomeni manj neenakomerno zastopanost genov prednikov v primerjavi z drugimi obravnavanimi speciesi. Ekvivalent osnivalskih genomov oz. efektivno število osnivalskih genomov poleg ozkih grl upošteva tudi naključni tok genov (MacCluer in sod., 1986), zato je njegova vrednost pričakovano še manjša od efektivnega števila prednikov. Efektivno število osnivalskih genomov je le 1.77 pri samcih in 1.76 pri samicah, kar pomeni, da sta v populaciji ohranjena slaba dva osnivalska genoma.

Tabela 7: Zastopanost osnivalcev, prednikov in osnivalskih genomov po spolu v referenčni populaciji

Parameter	Pri samcih	Pri samicah
Število živali z znanimi starši	156	140
Število osnivalcev	21	21
Efektivno število osnivalcev (f_e)	6.3	6.3
Efektivno število prednikov (f_a)	4.53	4.53
Efektivno število osnivalskih genomov (N_g)	1.77	1.76
N_{50} ¹	2	2
C_{max} ² (%)	35.56	35.55

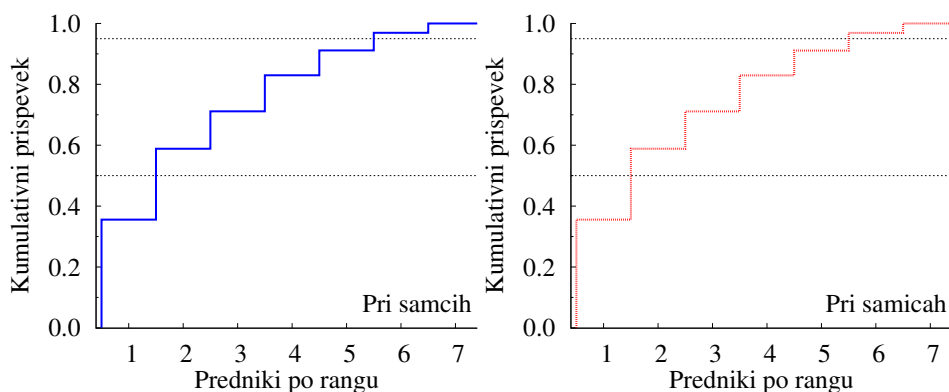
¹ število prednikov, ki skupno prispevajo 50 % variabilnosti v sklad genov populacije, ² največji robni prispevek enega prednika



Slika 7: Efektivno število osnovalcev, prednikov in osnovalskih genomov po letih rojstva po spolih

Pred letom 1980 je pri obeh spolih nekaj nihanj v efektivnih številih osnovalcev, prednikov in osnovalskih genomov (slika 7), po letu 1985 pa ostajata efektivni števili osnovalcev in prednikov dokaj enaki, zaradi naključnega toka genov (majhnost populacije) pa se zmanjšuje efektivno število osnovalskih genomov. Efektivno število osnovalcev se giblje okrog 6, efektivno število prednikov nekaj nad 4 in efektivno število osnovalskih genomov pod 2.

Število prednikov, ki v sklad genov populacije skupno prispevajo 50 %, je pri obeh spolih 2 (tabela 7), en samec in ena samica. Pričakovani robni prispevek nekega prednika, ki je ali ni osnovalec, je pričakovani genetski prispevek, ki pa je neodvisen od prispevkov ostalih prednikov (Boichard in sod., 1997). Kumulativni prispevek vseh prednikov, ki so prispevali v sklad genov, je enak 1. Na sliki 8 vidimo, da pri obeh spolih vsega 7 prednikov, razvrščenih glede na velikost svojega robnega prispevka od najpomembnejšega proti manj pomembnim,



Slika 8: Ocenjeni kumulativni prispevek prednikov po spolu

pojasni vso genetsko variabilnost sklada genov pri kraševcih. Pri vseh vrstah domačih živali so običajno samci tisti predniki, ki prispevajo več genov v populacijo, saj jih je manj in imajo bistveno več potomcev v primerjavi s samicami. V populaciji kraševcev sta med temi sedmimi predniki dve samici, katerih gene se sedaj ohranja že vrsto let (slika 7).

6.4 Zaključki

Populacija obravnavane avtohtone pasme psov kraški ovčar ima izjemno popolno poreklo, na kar kaže ekvivalent popolnih generacij prednikov, katerega vrednost je že blizu 15, za nekatere živali pa se da rodovnik slediti tudi 31 generacij nazaj.

Ocenjeni povprečni koeficient inbridging je visok, blizu 25 %, v celotnem poreklu je inbridiranih 95 % živali, kar je glede na majhnost in zaprtost populacije ter popolnost porekla pričakovano. Koeficient inbridginga se s časom pričakovano povečuje, vidi pa se, da se pri pasmi trudijo ohranjati minimalno povečevanje inbridginga.

Efektivno število osnovalcev 6, efektivno število prednikov 4.5 ter efektivno število osnovalskih genomov pod 2 so majhne vrednosti, ki pa se sedaj že vrsto let ohranjajo dokaj nespremenjene. Eden od ukrepov, kako izgubljati čim manj genetske pestrosti, bi bilo povečanje števila živali, ki se uporabljajo za razplod.

6.5 Viri

- Boichard D. 2002. PEDIG: a fortran package for pedigree analysis suited for large populations. V: Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, 2002-08-19/23. Castanet-Tolosan, INRA, 32: 525–528.
- Boichard D., Maignel L., Verrier E. 1997. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genet. Sel. Evol.*, 29: 5–23.
- Dunner S., Checa M.L., Gutiérrez J.P., Martín J.P., Cañón J. 1998. Genetic analysis and management in small populations: the Asturcon pony as an example. *Genet. Sel. Evol.*, 30: 397–405.
- Lacy R.C. 1989. Analysis of founder representation in pedigrees: Founder equivalents and founder genome equivalents. *Zoo Biol.*, 8: 111–123.
- MacCluer J.W., VandeBerg J.L., Read B., Ryder O.A. 1986. Pedigree analysis by computer simulation. *Zoo Biol.*, 5: 147–160.
- Maignel L., Boichard D., Verrier E. 1996. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. V: Proceedings of the Interbull Meeting, Veldhoven. International Bull Evaluation Service, 15: 49–54.
- Malécot G. 1948. *Les mathématiques de l'hérédité*. Pariz, Masson et Cie: 65 str.

SAS Inst. Inc. 2012. The SAS System for Linux, Release 9.4. Cary, NC.

Wright S. 1922. Coefficients of inbreeding and relationship. *Am. Nat.*, 56: 330–338.