

Genetska pestrost na osnovi porekla pri slovenskih lokalnih pasmah

Uredila
Špela Malovrh

Domžale, 2014

Genetska pestrost na osnovi porekla pri slovenskih lokalnih pasmah

Uredila:

doc. dr. 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,
Enota za prašičerejo

Prelom in priprava za tisk:

Špela Malovrh

Oblikovanje:

Špela Malovrh

Tisk:

XXXX

1. izdaja

Naklada XXX izvodov

Domžale, 2014

Kazalo

1 Presoja genetske raznolikosti na osnovi porekla pri slovenskih lokalnih pasmah 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	7
1.3.3 Velikost družin	8
1.3.4 Popolnost porekla	9
1.3.5 Koeficient inbridinga in kolateralno sorodstvo	11
1.3.6 Povprečno sorodstvo	11
1.3.7 Prispevek prednikov in efektivno število prednikov	14
1.4 Zaključki	17
2 Presoja genetske raznolikosti na osnovi porekla pri slovenskih lokalnih pasmah koz	19
2.1 Uvod	19
2.2 Material in metode	20
2.3 Rezultati in diskusija	20
2.4 Zaključki	32
3 Presoja genetske raznolikosti na osnovi porekla pri slovenskih lokalnih pasmah ovc	35
3.1 Uvod	35
3.2 Material in metode	36
3.3 Rezultati in diskusija	37
3.3.1 Demografski opis referenčne populacije	37
3.3.2 Generacijski interval	39
3.3.3 Velikost družin	42

3.3.4	Popolnost porekla	43
3.3.5	Inbriding in kolateralno sorodstvo	46
3.3.6	Povprečno sorodstvo	54
3.3.7	Prispevek prednikov in efektivno število prednikov	55
3.4	Zaključki	61
4	Presoja genetske raznolikosti na osnovi porekla pri dveh lokalnih slovenskih pasmah goveda	63
4.1	Uvod	63
4.2	Material in metode	64
4.3	Rezultati in diskusija	64
4.4	Zaključki	75
5	Presoja genetske raznolikosti na osnovi porekla pri dveh slovenskih lokalnih pasmah konj	77
5.1	Uvod	77
5.2	Material in metode	78
5.3	Rezultati in diskusija	79
5.4	Zaključki	90

Poglavje 1

Presoja genetske raznolikosti na osnovi porekla pri slovenskih lokalnih pasmah prašičev

Špela Malovrh^{1,2}, Milena Kovač¹

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 vnešenih 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 slovensko landrace - linija 11 in slovenski veliki beli prašič ter terminalno slovensko landrace - linijo 55. Za krškopoljskega prašiča vodimo rodovniško knjigo od leta 1992, medtem ko za tradicionalne pasme že več kot 40 let.

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 prirejo pujskov za prodajo. Reje so bile majhne in niso imele zadostnih površin, da bi lahko spitale prašiče. Kupljene pujske so kupci spitali za samooskrbo, zaželena je bila predvsem mast. Podobno težko je tudi dandanes dobiti 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.

Pasma slovenska 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 slovenska landrace - linije 11 pomembno vlogo. Podobnost se ne kaže samo v videzu, ampak tudi v podobnih proizvodnih sposobnostih. Z uvozom plemenskih prašičev pasme landrace iz Švedske v letu 1958 se pričela sodobna intenzivna reja prašičev v Sloveniji. Občasno smo uvozili genetski material iz

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

²E-pošta: spela.malovrh@bf.uni-lj.si

Švedske, Norveške in Kanade, katerih populacije so tudi tesno povezane. Pasma smo poimenovali slovenska landrace - linija 11 v letu 2004. Plodnost pasme slovenska landrace - linije 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.

Prašiči pasme slovenska velika bela (22) so bele barve in 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 slovensko landrace - linijo 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 slovenska 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 očetovska pasma. V letu 2006 smo jo poimenovali slovenska velika bela in je uvrščena na listo tradicionalnih pasem prašičev.

Slovenska landrace - linija 55 je bele barve in ima precej močno glavo z visečimi ušesi. Trup je dolg in širok s poudarjenimi plečkami in šunkami. Pasma izvira iz Nemčije, kjer se je imenovala nemška oplemenjena pasma. Nje nastala s križanjem avtohtonih pasem prašičev z jorkširo in prašiči bele žlahtne pasme. Po letu 1953 so pasmo oplemenjevali s pasmo holandski landrace in jo praktično pretopili z njo. V zadnjem času je v Nemčiji selekcionirana kot maternalna pasma. Pri nas pasmo slovenska landrace - linija 55 še vedno vzrejamo kot terminalno pasmo v tropasemskem (12 x 55) in štiripasemskem križanju (12 x 54). Pasma slovenska landrace - linija 55 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. Poimenovali smo jo v letu 2004 je uvrščena med tradicionalne pasem prašičev.

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

1.2 Material in metode

Podatke o poreklu pasem prašičev smo dobili iz podatkovne zbirke centralne selekcijske službe v prašičereji. Obsegali so oznako živali, spol, oznako očeta in matere, datum rojstva, izvor, lastnika ter datum izločitve. V analizo smo vključili štiri pasme: slovensko landrace - linijo 11, slovenski veliko belo, slovenski landrace - linijo 55 ter krškopoljsko pasmo. Populacije so različno velike. Poreklo je zajemalo od 1579 živali pri krškopoljcih do 188682 živali slovenske landrace linije 11, od tega jih je bilo od 64 do 15171 brez obeh znanih staršev (tabela 1). Za analizo smo kot referenčno populacijo, ki naj bi okvirno predstavljala živečo populacijo, izbrali živali, rojene v letih 2010 do 2013.

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). 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 (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).

1.3 Rezultati in diskusija

1.3.1 Demografski opis referenčne populacije

Podatki o poreklu so obsegali od 1579 živali pri krškopoljcih do 188682 živali slovenske landrace - linije 11 kot najštevilčnejše pasme (tabela 1) v celotnem obdobju. Pasma se med seboj razlikuje 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 slovenski landrace - linija 55 (2.57 %) in največ pri 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 2010 do 2013. V zadnjih letih je bilo malo nad 200 živali zabeleženih pri slovenski landrace - linija 55, 759 žival pri krškopoljskem prašiču ter okoli 4700 pri slovenski landrace - linija 11 (tabela 1). Zaradi različne velikosti populacij je različno tudi število staršev, katerih potomci so v referenčni populaciji. Pri slovenski landrace - linija 11 je bilo 92 očetov in 1461 mater, pri pasmi slovenski veliki beli prašič je očetov več (121), medtem ko je mater manj (406). Krškopoljski prašič sploh ni več najmanj številčna populacija v obdelavi, v zadnjih štirih letih je bilo 71 očetov in 221 mater. Najslabša je situacija pri pasmi slovenska landrace - linija 55 z le 5 očetmi in 32 materami. Pasma imajo precej različno razmerje med svinjami in merjasci, ki se pojavljajo kot starši. Pri pasmi slovenska landrace - liniji 11 je najširše (15.88), pri krškopoljskem prašiču pa najožje (3.11). V referenčni populaciji se že nekaj let ne pojavljajo več živali z neznanimi starši.

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

	Slovenska lan- drace - linija 11	Slovenski veliki beli	Slovenska lan- drace - linija 55	Krškopoljski prašič
Celotni podatki o poreklu				
Število	188682	43010	35545	1579
Merjasci	49915	17817	18743	337
Svinje	138767	25193	16802	1242
Osovalci	15171	2680	915	64
Delež* (%)	8.04	6.23	2.57	4.05
Referenčna populacija (2010-2013)				
Število	4729	1059	218	759
Merjasci	99	100	101	161
Svinje	4630	959	117	598
Očetje	92	121	5	71
Matere	1461	406	32	221
Razmerje**	15.88	3.87	6.40	3.11
Osovalci	0	0	0	0
Delež* (%)	0.00	0.00	0.00	0.00

* – delež osnovalcev, ** – razmerje med svinjami in merjasci, ki se pojavijo kot 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 slovenska landrace - linija 11 in slovenska landrace - linija 55 se velikost populacije povečuje do leta 1995, kasneje pa zmanjšuje. Posebno veliko zmanjšanje je doživela pasma slovenska landrace - linija 55, ki so jo v letu 2003 povsem opustili na farmah. 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.

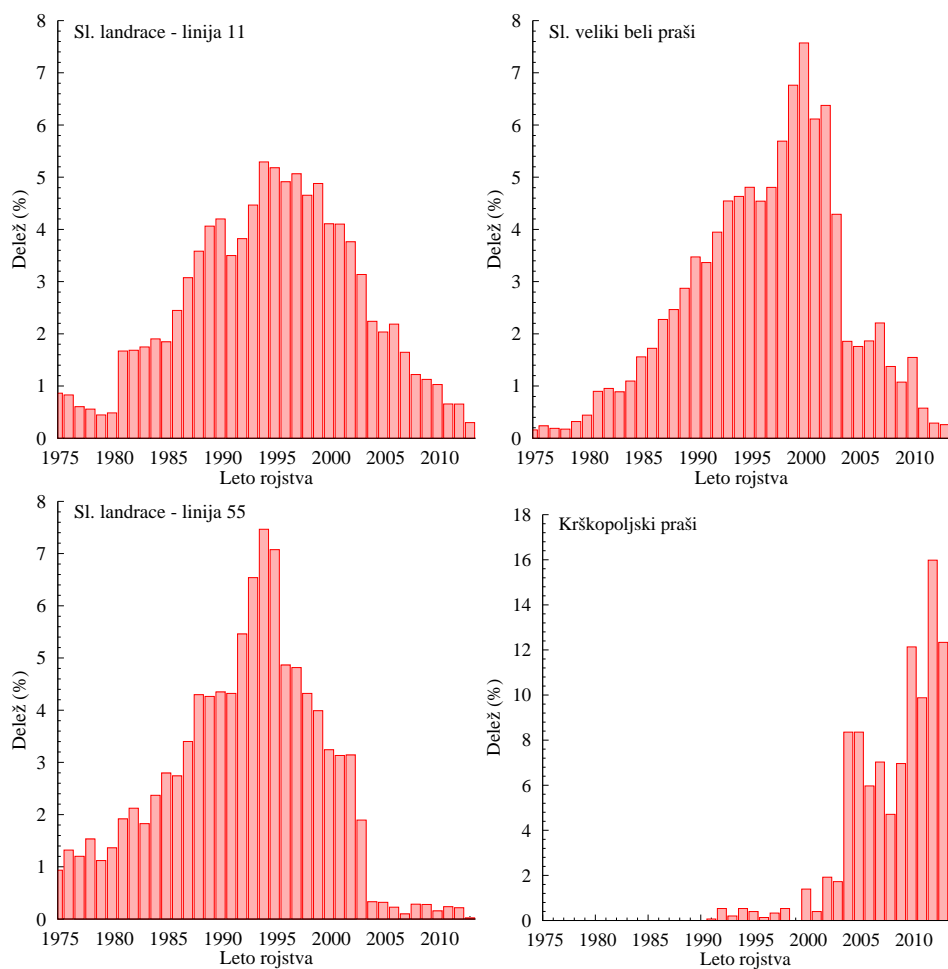
Tabela 2: Generacijski interval glede na spol staršev in potomcev*

Pot	Št. staršev	Št. potomcev	GI (leto)	Št. staršev	Št. potomcev	GI (leto)
	Slovenska landrace - linija 11			Slovenski veliki beli		
Oče - sin	521	1033	1.74	356	613	2.01
Oče - hči	1112	30982	1.76	706	5286	1.91
Mati - sin	838	930	1.64	569	682	1.81
Mati - hči	19034	33383	1.94	3469	6663	1.94
	Slovenska landrace - linija 55			Krškopoljski prašič		
Oče - sin	276	511	2.01	40	11	2.15
Oče - hči	549	5276	1.86	58	284	1.98
Mati - sin	474	561	1.82	68	87	2.76
Mati - hči	3114	5868	1.88	160	320	2.55

GI - generacijski interval, * - upoštevani le potomci, ki so imeli lastne potomce

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 slovenska landrace - linija 11, slovenski veliki beli ter slovenska landrace - linija 55 se med sabo ne razlikujejo veliko v generacijskem intervalu (tabela 2). Merjasci imajo sinove v povprečju, ko so stari med 1.74 let (slovenska landrace - linija 11) in 2.15 let (krškopoljski prašič). Ob rojstvu hčera so merjasci stari med 1.76 let (slovenska landrace - linija 11) in 1.98 let (krškopoljski prašič). Svinje so pri rojstvu sinov stare od 1.64 let (slovenska landrace - linija 11) do 2.76 let (krškopoljski prašič), pri hčerah pa med 1.88 let (slovenska 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 slovenska landrace - linija 11, so pa krškopoljske svinje v povprečju skoraj leto dni starejše ob rojstvu svojih potomcev kot svinje tradicionalnih pasem.



Slika 1: Prirastek populacij po letih rojstva (SL-11 - slovenska landrace - linija 11, 22 - slovenski veliko beli prašič, SL-55 - slovenska landrace - linija 55, 88 - krškopoljski prašič)

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 merjasec-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 pri vseh pasmah je imela le enega potomca, je pa takih parov v primerjavi z ostalimi speciesi (ovce, koze, govedo) manj. Parov z le enim potomcem je bilo med 55.4 % pri krškopoljskem prašiču in 77.1 % pri slovenski landrace - linija 11.

Večje število potomcev po enem paru je v primerjavi z ostalimi speciesi nekoliko pogostejše, maksimum pa znaša 8 pri slovenski landrace - linija 55 in krškopoljskem prašiču ter 10 pri slovenski veliki beli pasmi in slovenski landrace - linija 11. Pari so imeli v povprečju med 1.30 (slovenski landrace - linija 11) in 1.78 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 slovenski landrace - linija 11 do 1.17 pri krškopoljski pasmi.

Merjascev, kot družin s potomci, je bilo med 91 pri krškopoljskem prašiču in 2165 pri slovenski landrace - linija 11 (tabela 3), v skupnem pa 5028. V povprečju so imeli med 4.72 (slovenski veliki beli prašič) in 17.53 čistopasemskih potomcev (slovenska 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 26.0 % merjascev pri slovenski landrace - liniji 55 do 47.2 % merjascev pri slovenski veliki beli pasmi. Merjasci, ki so najbolj zastopani preko potomstva, pa so imeli med 37 (krškopoljski prašič) in 258 potomcev (slovenska 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 1.72 pri slovenski landrace - liniji 11 in 2.15 pri krškopoljski pasmi. Svinj z enim samim potomcem je od 43.5 % pri krškopoljski pasmi do 60.7 % pri pasmi slovenski veliki beli prašič. 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 speciesi nekoliko manj enakomerno 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 nekaj 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 2010-2013 imajo v svojem poreklu pri pasmah slovenski landrace - linija 11 in slovenski veliki beli znanih največ 28 oz. 26 generacij prednikov, pri slovenski landrace - linija 55 je največ 18 generacij, medtem ko je pri krškopoljske prašiču znanih največ 10 generacij (tabela 4). Popolnost porekla ocenjuje ekvivalent 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 slovenske landrace - linije 55, kjer ima ekvivalent vrednost 8.92 oz. 8.71, najmanj popolno poreklo pa ima pasma krškopoljski prašiči, 4.36 pri merjascih in 4.38 pri svinjah.

Tabela 3: Velikost družin po pasmah¹

Pasma	Družina	Št.	Povpr.	SD	Maks.	Dd1 ²	Dp1 ³
Slovenska landrace - linija 11	Merjasec-svinja	29006	1.30	0.65	10	77.1	59.1
	Merjasec	2165	17.53	30.19	258	32.1	1.8
	Svinja	22411	1.72	1.18	19	59.8	34.7
Slovenski veliki beli	Merjasec-svinja	7006	1.30	0.66	9	77.7	59.8
	Merjasec	1942	4.72	7.86	106	47.2	10.0
	Svinja	5164	1.78	1.35	20	60.7	34.2
Slovenska landrace - linija 55	Merjasec-svinja	5168	1.31	0.65	8	76.8	59.0
	Merjasec	830	8.27	10.04	86	26.0	3.1
	Svinja	3542	1.93	1.45	14	53.6	27.8
Krškopoljski prašič	Merjasec-svinja	258	1.78	1.17	8	55.4	31.1
	Merjasec	91	5.07	5.46	37	27.5	5.4
	Svinja	214	2.15	1.50	10	43.5	20.2

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

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

Parameter	Merjasci		Svinje	
	Slov. landrace - linija 11	Slov. veliki beli	Slov. landrace - linija 55	Krškopoljski prašič
Število	99	4630	101	598
Maks. št. gener. v poreklu	26	28	18	10
Ekvivalent popol. gener. predn.	4.75	5.55	8.92	8.71
Povpr. št. znanih prednikov	4297.9	8462.4	3870.6	3443.8

Pri slovenski landrace - liniji 11 imajo merjasci manjšo vrednost za ekvivalent popolnih generacij (4.75) kot svinje (5.55), kar je posledica nakupov merjascev iz drugih (sorodnih) populacij. Pri pasmi slovenski veliki beli prašič pa se je pred nekaj leti uvažalo tudi svinje, kar se odraža v ekvivalent popolnih generacij, ki je pri svinjah 3.44, pri merjascih pa je večji, 5.31. Pri krškopoljski pasmi se ekvivalent popolnih generacij v primerjavi s predhodnimi analizami povečuje, medtem ko pri ostalih pasmah ostaja praktično enak.

Ekvivalent popolnih generacij prednikov se z leti praviloma povečuje (slika 2), kar je opazno v celotnem obdobju pri slovenski landrace - linija 55 in krškopoljskem prašiču, tako pri svinjah kot merjascih. Pri pasmah slovenska landrace - linija 11 in slovenski veliki beli pra-

šič 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.

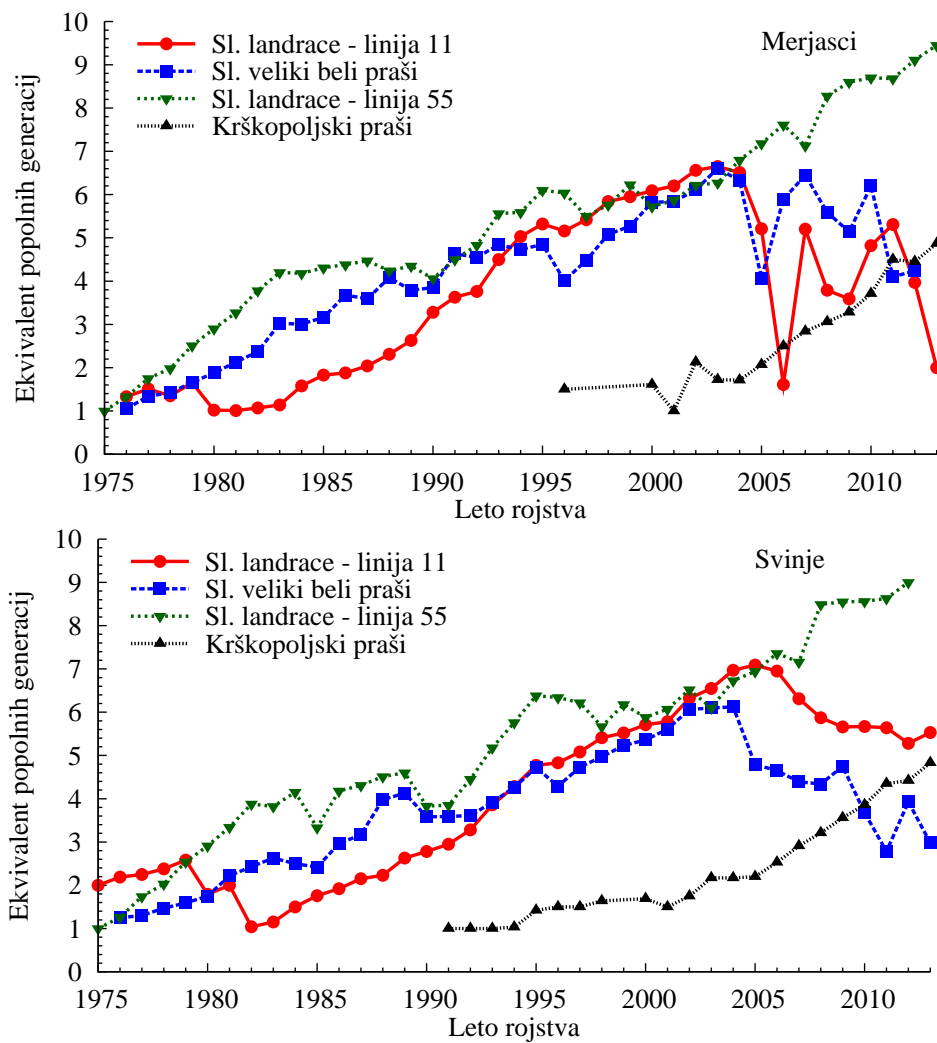
1.3.5 Koeficient inbridginga in kolateralno sorodstvo

V zajeti populaciji je bilo med 721 inbridiranih živali pri krškopoljski pasmi in 78875 inbridiranih živali pri slovenski landrace - linija 11 (tabela 5). Povprečni inbridging pri inbridiranih živalih znaša med 1.14 % (slovenska landrace - linija 11) in 4.52 % (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 nekaj nad 25 %. Obe slovenski landrace in pasma slovenski velika beli prašič, ki imajo v poreklu znanih 20 in več generacij prednikov, imajo med 39.2 in 62.5 % živali inbridiranih. Omenjene tri pasme imajo med inbridiranimi živalmi nad 90 % takih, ki imajo koeficient inbridginga manjši od 0.05. Te tri pasme imajo koeficient inbridginga kot tudi delež inbridiranih živali zanesljivo ocenjen, za razliko od krškopoljske pasme, kjer pa sta oba parametra po vsej verjetnosti podcenjena glede na nepopolnost porekla. Pri krškopoljski pasmi se s časom povečuje tako popolnost porekla kot tudi povprečni koeficient inbridginga.

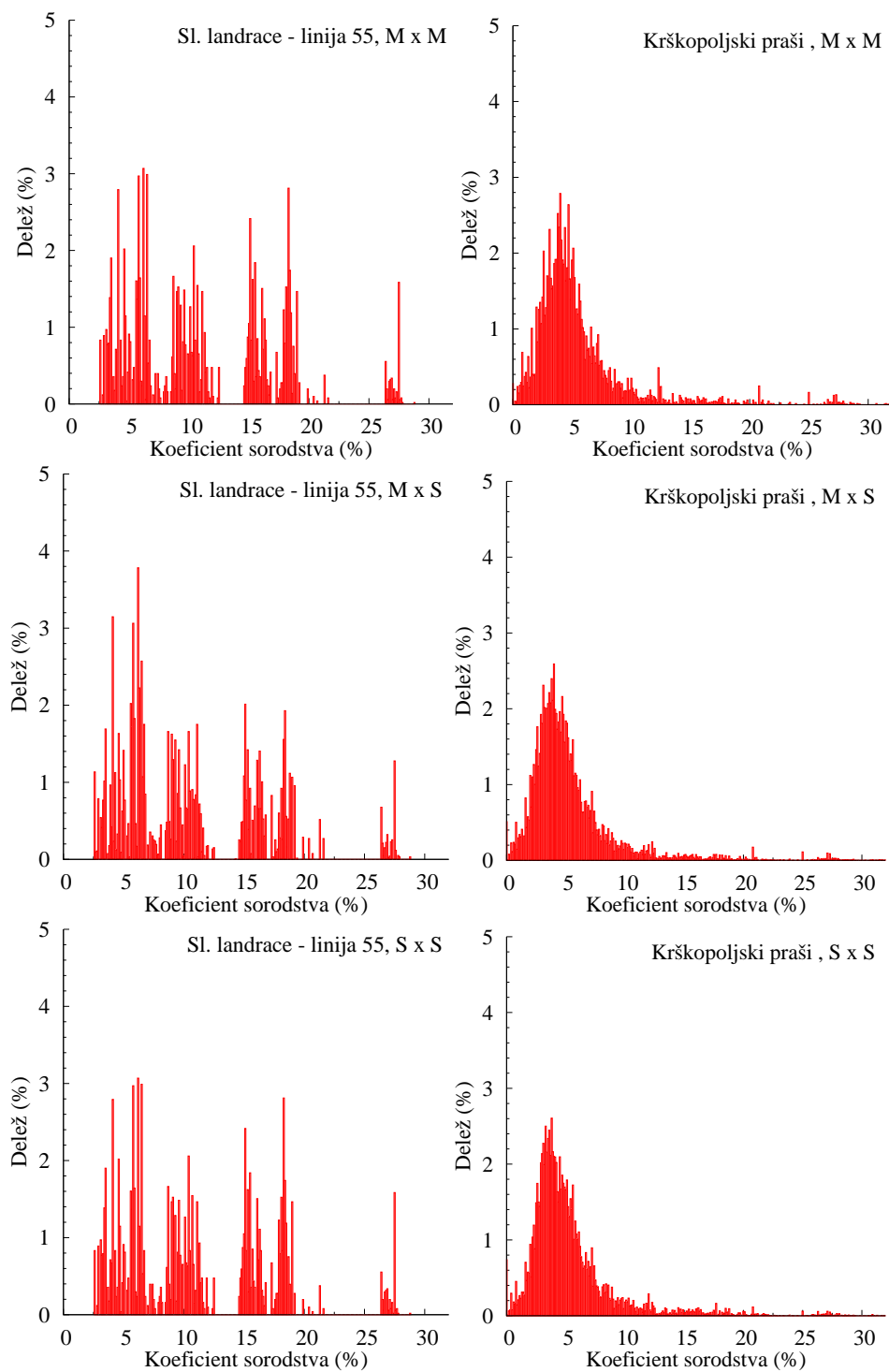
Koeficient inbridginga sicer pove, kako je posamezna žival inbridirana, ne pove pa sorodstva z drugimi živalmi. Koeficient sorodstva med potencialnimi starši je enak koeficientu inbridginga potomca tega para in povprečje koeficientov sorodstva predstavlja napoved za inbridging v naslednji generaciji. Minimalno povečanje inbridginga v naslednji generaciji je tudi osnova, kako izbrati pare staršev v malih populacijah, kakršna je krškopoljska pasma. Koeficienti sorodstva med živalmi, ki so rojene v letih 2010 do 2013, so podani v tabeli 6. Rezultati so enako kot koeficient inbridginga pod vplivom nepopolnosti porekla in so ravno pri krškopoljski pasmi najmanj zanesljivo ocenjeni. Zaskrbljujoče so povprečne vrednosti (tabela 6) in pa porazdelitve za koeficient sorodstva (slika 3) pri slovenski landrace - linija 55, pa tudi pri krškopoljskih prašičih opažamo povečanje 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 inbridginga in posledično tudi izgubljanje alel iz sklada genov populacije. Povprečno sorodstvo med živalmi, ki so rojene v letih 2010 do 2013, je podano v tabeli 7, slika 4 pa prikazuje porazdelitev za povprečno sorodstvo v referenčni populaciji po pasmah.



Slika 2: Ekvivalent znanih generacij prednikov po spolu, pasmah in letih rojstva



Slika 3: Porazdelitev za koefficient sorodstva v referenčni populaciji pri slovenski landrace - linija 55 in krškopoljskem prašiču

Tabela 5: Inbriding po pasmah

Razred za inbriding	Slovenska landrace - linija 11		Slovenski veliki beli	
	Število	(%)	Število	(%)
0.00 < x < 0.05	78196	99.1	16239	96.4
0.05 ≤ x < 0.10	312	0.40	497	2.9
0.10 ≤ x < 0.15	222	0.28	69	0.41
0.15 ≤ x < 0.20	14	0.02	5	0.030
0.25 ≤ x < 0.30	131	0.17	42	0.27
0.35 ≤ x < 0.40			1	0.006
Skupaj	78875*	41.8**	16853	39.2
Povprečje (%)	1.14		2.49	
Maksimum (%)	27.42		37.50	
	Slovenska landrace - linija 55		Krškopoljski prašič	
0.00 ≤ x < 0.05	20599	92.8	570	79.1
0.05 ≤ x < 0.10	1546	7.0	108	15.0
0.10 ≤ x < 0.15	46	0.21	21	2.9
0.15 ≤ x < 0.20	2	0.009	2	0.28
0.25 ≤ x < 0.30	4	0.018	20	2.8
Skupaj	22197	62.4	721	45.7
Povprečje (%)	2.49		4.52	
Maksimum (%)	25.56		27.69	

* – število inbridiranih živali; ** – delež inbridiranih živali v populaciji

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 0.01 in 3.48 % z mediano pri 3.38 % pri slovenski landrace - linija 11. Pri pasmi slovenski veliki beli prašič je stanje precej boljše. V bistveno slabši situaciji sta pasmi slovenska landrace - linija 55 in krškopoljski prašič. Pri slovenski landrace - linija 55 je povprečje kar 21.95 %, z razponom od 13.23 do 25.58 %, medtem ko je pri krškopoljskem prašiču povprečje pri 10.28 % (razpon med 1.14 in 15.66 %).

1.3.7 Prispevek prednikov in efektivno število prednikov

V populacijah je med 40 pri merjascih pasme krškopoljski prašič in 1226 živali pri svinjah slovenske landrace- linije 11, ki jih lahko smatramo za osnovalce (tabela 8). Razlike med pasmami so precejšnje, saj so tudi populacije precej različno velike, pa tudi njihova zgodovina se precej razlikuje. Efektivno število osnovalcev se za svinje in merjase pri pasmah krškopoljski prašič, slovenska landrace - linija 11 in slovenska landrace - linija 55 se praktično ne razlikuje, medtem ko imajo svinje pasme slovenski veliki beli prašič nekoliko večje efektivno število osnovalcev kot merjasci. Efektivno število prednikov je pri vseh pasmah

Tabela 6: Koeficient sorodstva (%) v referenčni populaciji po pasmah

Par	Št. parov	Povpr.	SD	Maks.
Slovenska landrace - linija 11				
Merjasci med sabo	4851	1.8	4.7	31.3
Merjasci s svinjami	458370	1.1	3.1	37.6
Svinje med sabo	10716135	1.8	3.5	37.6
Slovenski veliki beli prašič				
Merjasci med sabo	4950	2.0	4.7	29.1
Merjasci s svinjami	95900	0.5	2.2	29.1
Svinje med sabo	459361	0.7	2.6	37.5
Slovenska landrace - linija 55				
Merjasci med sabo	5050	11.1	6.1	28.8
Merjasci s svinjami	11817	10.6	6.0	28.8
Svinje med sabo	6786	10.9	6.2	28.8
Krškopoljski prašič				
Merjasci med sabo	12880	5.3	3.9	39.1
Merjasci s svinjami	96278	5.3	3.7	39.6
Svinje med sabo	178503	5.3	3.6	39.4

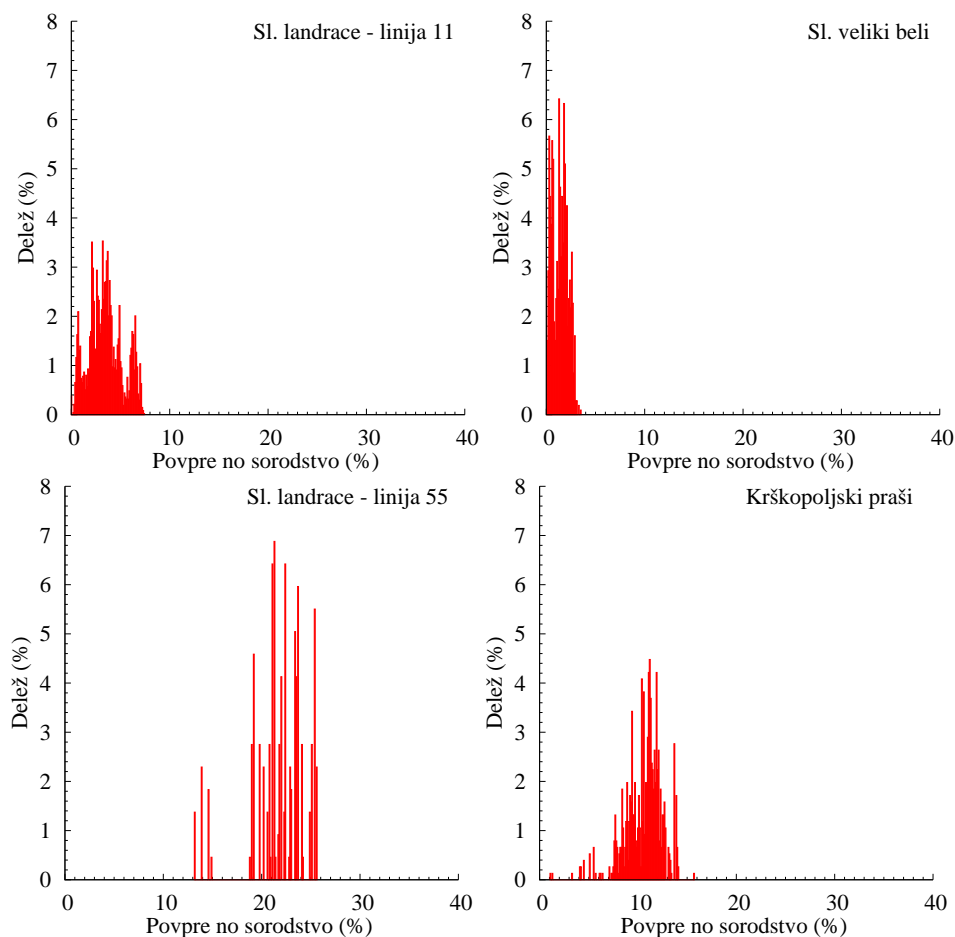
Tabela 7: Povprečno sorodstvo (%) v referenčni populaciji po pasmah

Pasma	Št.	Povpr.	SD	Min.	Maks.	Me*	KA**
Slovenska landrace - linija 11	4729	3.48	1.71	0.02	7.40	3.38	0.26
Slovenski veliki beli	1059	1.14	0.78	0.01	3.47	1.41	0.12
Slovenska landrace - linija 55	218	21.95	2.62	13.23	25.58	22.36	-1.48
Krškopoljski prašič	769	10.64	1.86	1.14	15.66	10.99	-1.01

* – mediana; ** – koeficient asimetričnosti

pričakovano manjše od efektivnega števila osnovalcev, kar so na splošno dokazali Boichard in sod. (1997). Efektivno število prednikov je pri slovenski landrace - liniji 11 je le še četrtnina od efektivnega števila osnovalcev, pri svinjah slovenski veliki beli prašič polovica, medtem ko je pri merjascih te pasme le petina.

Efektivno število prednikov pri krškopoljski pasmi je 14.4 pri merjascih in 14.6 pri svinjah in se je v primerjavi s predhodnimi analizami rahlo povečalo. Pri slovenski landrace - linija 55 ima sedanja populacija v primerjavi z analizami izpred nekaj leta manjše efektivno število prednikov, vsega 6.4 pri merjascih in 6.7 pri svinjah. Razlike med efektivnim številom osnovalcev in efektivnim številom prednikov kažejo na neenakomerno zastopanost genov prednikov, na kar smo opozorili že pri velikosti družin. Pri krškopoljskem prašiču se je efektivno število tako osnovalcev kot prednikov malenkost popravilo v primerjavi s predhodnimi analizami.



Slika 4: Porazdelitev za povprečno sorodstvo v referenčni populaciji po pasmah

Število prednikov, ki v sklad genov populacije skupno prispevajo 50 % (tabela 8), je pri merjascih med 3 (slovenska landrace - linija 55) in 14 (slovenski veliki beli prašič) ter pri svinjah med 3 (slovenska landrace - linija 55) in 33 (slovenski veliki beli prašič). Največji posamični prispevek imajo pri vseh pasmah pričakovano merjasci in znaša med 5.1 % pri svinjah pasme slovenski veliki beli prašič in kar 23.9 % pri svinjah slovenske landrace - linija 55. Pri populacijah svinj so največji posamezni prispevki pri pasmah slovenska landrace - linija 11, slovenski veliki beli prašič, krškopoljski prašič manjši kot pri merjascih, pri slovenska landrace - linija 55 pa je obratno - največji posamezni prispevek je nekoliko manjši pri merjascih kot pri svinjah.

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

Parameter	Za merjasce		Za svinje	
	Slov. landrace - linija 11	Slovenski veliki beli	Slov. landrace - linija 55	Krškopoljski prašič
Število*	99	4630	100	959
Število osnovalcev	756	1226	492	1008
Efekt. št. osnovalcev (f_e)	118.4	111.6	174.6	146.8
Efekt. št. prednikov (f_a)	34.1	36.2	37.2	85.0
N_{50}	13	14	14	33
$C_{max}(\%)$	9.6	9.1	8.3	5.1
Število	101	117	161	598
Število osnovalcev	199	199	40	41
Efekt. št. osnovalcev (f_e)	51.4	44.6	18.7	18.5
Efekt. št. prednikov (f_a)	6.4	6.7	14.4	14.6
N_{50}	3	3	6	5
$C_{max}(\%)$	23.7	23.9	13.2	12.8

* - število živali v referenčni populaciji z znanimi starši, N_{50} - število prednikov, ki največ prispevajo v kumulativni pričakovani prispevek 50 % sklad genov populacije; C_{max} - pričakovani prispevek prednika, ki prispeva največ

1.4 Zaključki

Populacije tradicionalnih slovenskih pasem prašičev imajo poreklo poznano precej generacij, saj imamo zanje podatke v podatkovni zbirki za več kot 30 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 stanje z leti izboljšuje.

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

Efektivno število prednikov se razlikuje tako med pasmami kot med merjasci in svinjami znotraj pasme. Slovenka 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 v vseh pasmah neenakomerno zastopani, kar prispeva k manjšemu efektivnemu številu prednikov in posledično k izgubljanju genov iz sklada genov populacije. Posebej izrazito je to pri slovenski landrace - linija 55. Če jo želimo ohraniti bo nujno potrebno zmanjševati sorodstvo v populaciji.

Literatura

- 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, Vol. 32, str. 525–528. Castanet-Tolosan, INRA.
- 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 Biology*, 8: 111–123.
- Maignel L., Boichard D., Verrier E. 1996. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. V: Proceedings of the Interbull Meeting, Vol. 15, str. 49–54, Veldhoven, The Netherlands. International Bull Evaluation Service.

Poglavje 2

Presoja genetske raznolikosti na osnovi porekla pri slovenskih lokalnih pasmah koz

Špela Malovrh ^{1,2}, Jurij Krsnik ¹, Gregor Gorjanc ¹, Dragomir Kompan ¹, Milena Kovač ¹

2.1 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 osnivalcev in prednikov, kot tudi oceno prispevka vnešenih 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 plemenilni sezoni 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 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 srnaste pasme, ki izvira iz Nemčije ali 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 avtohtona pasma koz v Sloveniji. Izvira iz Zgornjega Posočja. Pasma je dobila ime po vasi Drežnica. Ta pasma je izrazito pašna žival 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

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

²E-pošta: spela.malovrh@bf.uni-lj.si

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.

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 ZORŽ, Enota 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 manjša populacija je pri drežniški pasmi. Poreklo je tako zajemalo 7081 živali srnaste pasme, 3165 sanske pasme in 1509 drežniških koz, od tega jih je bilo 1586, 855 oziroma 443 brez obeh znanih staršev. Za analizo smo kot referenčno populacijo, ki naj bi okvirno predstavljala živečo populacijo, izbrali živali rojene v letih 2009 do 2013.

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). 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 (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 se poslužili programskega paketa PEDIG (Boichard, 2002).

2.3 Rezultati in diskusija

Demografski opis referenčne populacije. Podatki o poreklu so obsegali od 1509 živali drežniške pasme in 7081 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 22.4 %, več jih je pri ostalih dveh pasmah,

27.0 % pri sanski in 29.3 % pri drežniški pasmi. V primerjavi s predhodno analizo se je delež osnovalcev pri srnasti in sanski pasmi povečal. Živali brez poznanih staršev se v tovrstnih analizah obravnavajo kot osnovalci populacije.

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	7081	3165	1509
Kozli	527	389	170
Koze	6554	2776	1339
Osovalci	1586	855	443
Delež* (%)	22.4	27.0	29.3
Referenčna populacija (2009-2013)			
Število	1167	721	450
Kozli	76	65	60
Koze	1091	656	390
Očetje	72	93	33
Matere	657	454	272
Razmerje**	9.13	4.99	8.24
Osovalci	50	3	33
Delež* (%)	4.3	0.4	7.3

* – delež osnovalcev, ** – razmerje med kozami in kozli, ki se pojavijo kot starši,

Za referenčno populacijo smo izbrali živali, rojene v petletnem obdobju med leti 2009 in 2013. Le-teh je bilo pri srnasti pasmi 1167, pri sanski pasmi 721 ter 450 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 očetov 72 in mater 657, pri sanski pa 93 očetov in 454 mater. Pri drežniški kozi je število staršev manjše kot pri ostalih dveh pasmah, očetov je bilo 33, mater pa 272. Razmerje med kozami in kozli, ki se pojavljajo kot starši, je bilo pri srnasti najširše (9.13), pri drežniški 8.24 ter najožje (4.99) pri sanski pasmi. V referenčni populaciji se pojavlja 4.3 oziroma 0.2 % živali brez znanih staršev pri srnasti in sanski pasmi ter bistveno več pri drežniški pasmi (7.6 %), a se stanje v primerjavi s predhodnimi analizami izboljšuje. Pojavljanje osnovalcev v referenčni populaciji kaže na to, da so populacije še odprte (vključevanje živali iz novih tropov v kontrolo v zadnjih letih, kot tudi migracija 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 250 živali, pri sanski 150 ter pri drežniški pasmi okrog 100 živali. Zadnje leto, tokrat leto 2013, še niso vse rojene živali v tem letu, vpisane v seznam živali. Kljub povečevanju v zadnjih letih so vse tri populacije maloštevilne.

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

Leto	Slovenska srnasta 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	228	79	33
1998	281	107	27
1999	285	74	42
2000	183	50	52
2001	192	78	74
2002	187	68	75
2003	272	37	95
2004	255	92	102
2005	398	100	82
2006	272	88	69
2007	244	144	123
2008	345	140	108
2009	273	189	107
2010	232	162	90
2011	302	121	97
2012	236	94	102
2013	124	155	54

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 razlikujejo v generacijskem intervalu, razlikujejo pa se tudi kozli in in koze znotraj pasem (tabela 2). 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 kombinacijah oče-sin in oče-hči, pri kombinaciji mati-sin pa generacijski interval znaša 4.37 let. Pri sanski pasmi je generacijski interval med 3.88 let za kombinacijo mati-hči in 5.56 let pri kombinaciji 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 glede na spol staršev in potomcev po pasmah*

	Starši	Potomci	GI (leto)	Starši	Potomci	GI (leto)
	Slovenska srnasta koza			Slovenska sanska koza		
Oče - sin	82	136	3.72	37	61	5.56
Oče - hči	165	1676	3.60	72	555	4.11
Mati - sin	138	145	4.37	55	63	5.01
Mati - hči	1116	1749	4.05	390	593	3.88
	Drežniška koza					
Oče - sin	23	34	2.57			
Oče - hči	50	210	2.39			
Mati - sin	47	49	4.72			
Mati - hči	259	349	4.65			

* - upoštevani le potomci, ki so imeli lastne potomce, GI - generacijski interval

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 83.1 % pri srnasti pasmi in 92.6 % pri drežniški pasmi. Večje število potomcev po enem paru je zelo redko. Pari so imeli v povprečju med 1.10 (drežniška pasma) in 1.21 potomcev (srnasta pasma). Variabilnost velikosti družin je pri parih majhna, standardni odklon znaša od 0.52 potomcev pri srnasti in 0.38 potomcev pri drežniški pasmi.

Kozlov, kot družin s potomci, je bilo največ pri srnasti pasmi (280) in najmanj (59) pri drežniški pasmi (tabela 4). V povprečju so imeli srnasti kozli 7.08, sanski 3.77 ter drežniški 4.64 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 27.1 % drežniških kozlov, medtem ko je takih 40.4 % srnastih in 55.2 % sanskih kozlov. Kozli, ki so najbolj zastopani preko potomstva, so imeli 76 (srnasti), 40 (sanski) ter 18 (drežniški) potomcev. Ti potomci so imeli lastne potomce in tako poskrbeli za prenos genov z očeta na vnuke.

Koze imajo v primerjavi s kozli pričakovano precej manj potomcev, med 1.43 (drežniške, sanske) in 1.54 (srnaste koze). Koz z enim samim potomcem je bilo med 66.9 % pri srnastih in 70.9 % pri drežniških. Standardni odklon velikosti družine po kozah je pri vseh pasmah pod 1, kar pomeni, da so koze veliko enakomerneje zastopane v primerjavi s kozli. Se pa seveda najdejo tudi rekorderke, ki so imele po 9 potomcev, ki so poskrbeli za prenos njihovih genov v naslednjo generacijo.

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 na njihov enakomerniji doprinos v sklad genov.

Tabela 4: Velikost družin po pasmah¹

Pasma	Družina	Št.	Povpr.	SD	Max.	Dd1 ²	Dp1 ³
Slovenska srnasta koza	Kozel-koza	1551	1.21	0.52	6	83.1	68.7
	Kozel	280	7.08	10.55	76	40.4	5.7
	Koza	1334	1.54	0.99	9	66.9	43.5
Slovenska sanska koza	Kozel-koza	773	1.16	0.43	4	86.8	74.8
	Kozel	250	3.77	5.79	40	55.2	14.6
	Koza	670	1.43	0.85	7	71.3	49.9
Drežniška koza	Kozel-koza	243	1.10	0.38	4	92.6	84.2
	Kozel	59	4.64	4.29	18	27.1	5.8
	Koza	296	1.43	0.82	6	70.9	49.6

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

Popolnost porekla. Živali rojene v letih 2009-2013 imajo v svojem poreklu največ 7 do 12 znanih generacij prednikov (tabela 5). Popolnost porekla ocenjuje ekvivalent 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 2.42 pri drežniških in 3.70 pri srnastih. Ti kozli imajo v povprečju med 15.0 (drežniški) in 43.0 znanih prednikov (sanski).

Pri kozah je ekvivalent popolnih generacij nekoliko večji kot pri kozlih in se giblje med 2.46 pri drežniških in 4.09 pri srnastih, so pa to tako pri kozlih kot kozah nizke vrednosti. Rezultati so lahko posledica vključevanja novih tropov v zadnjih letih, katerih živali so bile v glavnem brez znanih prednikov. Koze imajo tako v referenčni populaciji okrog 50 znanih prednikov pri srnasti in sanski pasmi ter le 14.3 znanih prednikov pri drežniški pasmi, kar je zelo malo.

Pri vseh pasmah je opazno, da se ekvivalent popolnih generacij prednikov z leti povečuje (slika 1). 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

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

Parameter	Kozli	Koze	Kozli	Koze
	Slov. srnasta koza		Slov. sanska koza	
Število*	75	1010	65	650
Maks. število generacij v poreklu	10	12	10	11
Ekvivalent popolnih generacij prednikov	3.70	4.09	3.29	3.80
Povprečno število znanih prednikov	43.0	51.0	28.8	44.3
	Drežniška koza			
Število	46	271		
Maks. število generacij v poreklu	7	8		
Ekvivalent popolnih generacij prednikov	2.42	2.46		
Povprečno število znanih prednikov	15.0	14.3		

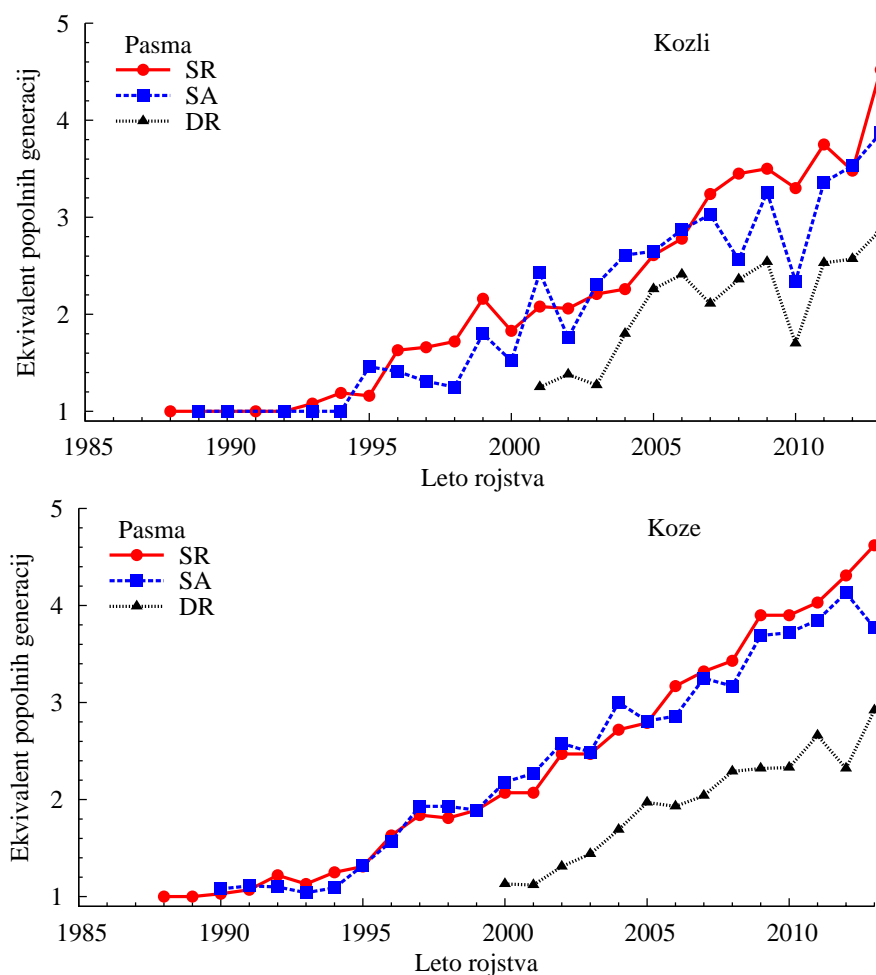
* število živali z znanima staršema

lahko tudi posledica njihovega manjšega števila. Drežniška pasma ima živali, ki imajo poznane starše šele od leta 2000 naprej, ko se je zanjo vzpostavila 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 generacij pod 1.5, kar se z vrednostjo okrog 2.5 v letu pred in po vidi kot občuten padec.

Inbriding in kolateralno sorodstvo. V zajeti populaciji je bilo 1249 inbridiranih živali srnaste pasme, 637 inbridiranih živali sanske pasme ter le 124 inbridiranih živali drežniške pasme (tabela 6). Tako je bilo pri srnasti pasmi 17.6 % živali inbridiranih, pri sanski 20.1 %, medtem ko je bilo pri drežniški pasmi vsega 8.2 %. Povprečni koeficient inbridinga pri teh živalih znaša med 7.73 % (sanska pasma) in 11.12 % (drežniška pasma), največji inbriding pa je bil 50.0 % pri sanski pasmi. Glede na precejšnjo nepopolnost porekla sta tako povprečni inbriding kot tudi delež inbridiranih živali po vsej verjetnosti precej podcenjena, sploh pri tako majhni populaciji, kot je drežniška koza.

Pri vseh pasmah se povprečni koeficient inbridinga v populaciji s časom povečuje (slika 2). Če populacije niso zaprte (vnos tujih genov, sprejem novih tropov v kontrolo in s tem novih živali), potem vidimo, da lahko povprečni inbriding v kakšnem letu tudi pade. Najhitreje naj bi se koeficient inbridinga povečeval 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 inbriding močno zmanjšal tako pri srnasti, še posebno pa pri sanski pasmi, kjer som zaznali tudi precejšnje povečanje deleža osnovalcev.

Koeficient inbridinga sicer pove, kako je posamezna žival inbridirana, ne pove pa sorodstva z ostalimi živalmi. 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



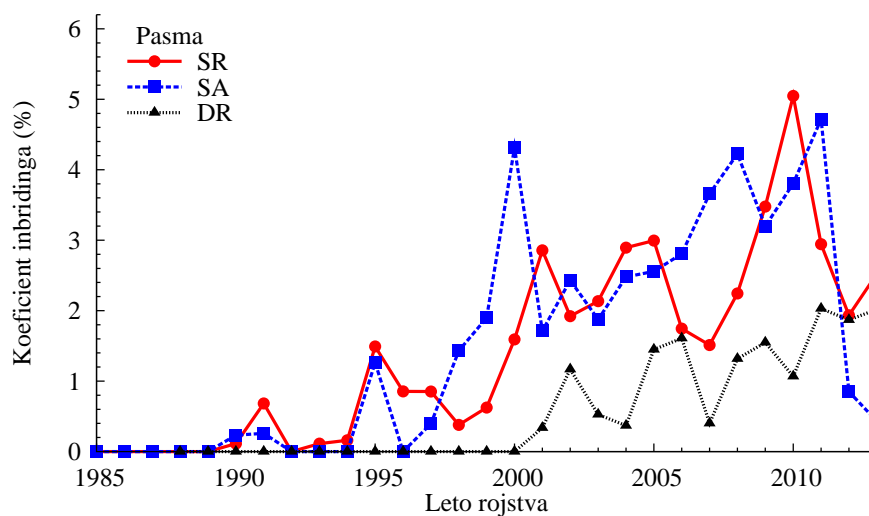
Slika 1: Ekvivalent popolnih generacij prednikov po pasmah, spolih in letih (SR – slovenska srnasta, SA – slovenska sanska, DR – drežniška koza)

osnova, kako izbrati pare staršev v malih populacijah. Koeficienti sorodstva med živalmi, ki so rojene v letih 2009 do 2013, so podani v tabeli 7. Rezultati so enako kot koeficient inbridinga 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 ali so med sabo sorodne koze. Glede na porazdelitve za kolateralno sorodstvo (sliki 3 in 4), je pri srnasti pasmi med pari kozel-kozel nesorodnih 39 % pri srnasti ter kar 71 % pri sanski in 76 % pri drežniški pasmi. Pri parih kozel-koza so vrednosti podobne, nesorodnih

Tabela 6: Koeficient inbridiranja po pasmah

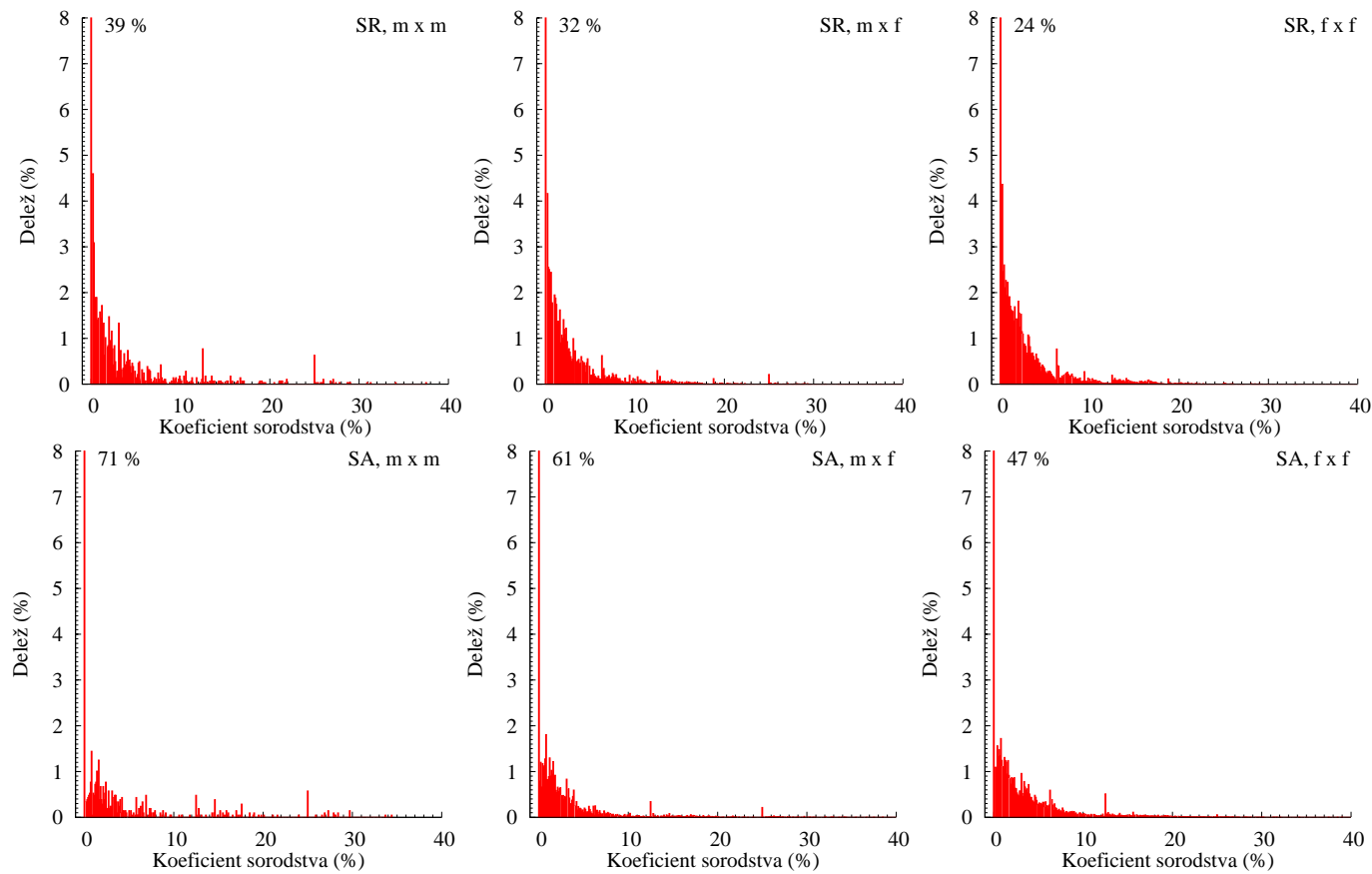
Pasma	Slov. srnasta koza		Slov. sanska koza		Drežniška koza	
	Število	(%)	Število	(%)	Število	(%)
$0.00 < x \leq 0.05$	685	54.8	341	53.5	34	27.4
$0.05 < x \leq 0.10$	161	12.9	123	19.3	32	25.8
$0.10 < x \leq 0.15$	124	9.9	57	8.9	28	22.5
$0.15 < x \leq 0.20$	25	2.0	36	5.6	24	19.4
$0.20 < x \leq 0.25$	9	0.7	7	1.1	1	0.8
$0.25 < x \leq 0.30$	230	18.4	66	10.4	24	19.4
$0.30 < x \leq 0.35$	7	0.6	6	0.9		
$0.35 < x \leq 0.40$	8	0.6			1	0.8
$0.50 < x \leq 0.55$			1	0.16		
Skupaj	1249 ¹	17.6 ²	637	20.1	124	8.2
Povprečje (%)	8.48		7.73		11.12	
Maksimum (%)	37.50		50.00		37.50	

¹število inbridiranih živali; ²delež inbridiranih živali v populaciji



Slika 2: Spreminjanje inbridiranja z leti po pasmah

je od 32 % pri sanski od 72 % parov pri drežniški pasmi. Porazdelitve za pare koza-koza so podobne kot pri parih kozel-koza.



Slika 3: Porazdelitev za kolateralno sorodstvo v referenčni populaciji pri srnasti (SR) in sanski pasmi (SA)

Tabela 7: Koeficient sorodstva (%) v referenčni populaciji po pasmah

Par	Št. parov	Povpr.	SD	Maks.
Slovenska srnasta koza				
Kozli med sabo	2850	2.2	4.4	37.5
Kozli s kozami	82916	2.0	3.6	43.3
Koze med sabo	594595	2.4	3.7	50.0
Slovenska sanska koza				
Kozli med sabo	2080	1.5	4.3	34.4
Kozli s kozami	42640	1.4	3.4	42.2
Koze med sabo	214840	2.2	3.9	44.7
Drežniška koza				
Kozli med sabo	1770	1.5	4.1	41.0
Kozli s kozami	23400	1.3	3.5	38.7
Koze med sabo	75855	1.1	3.1	37.5

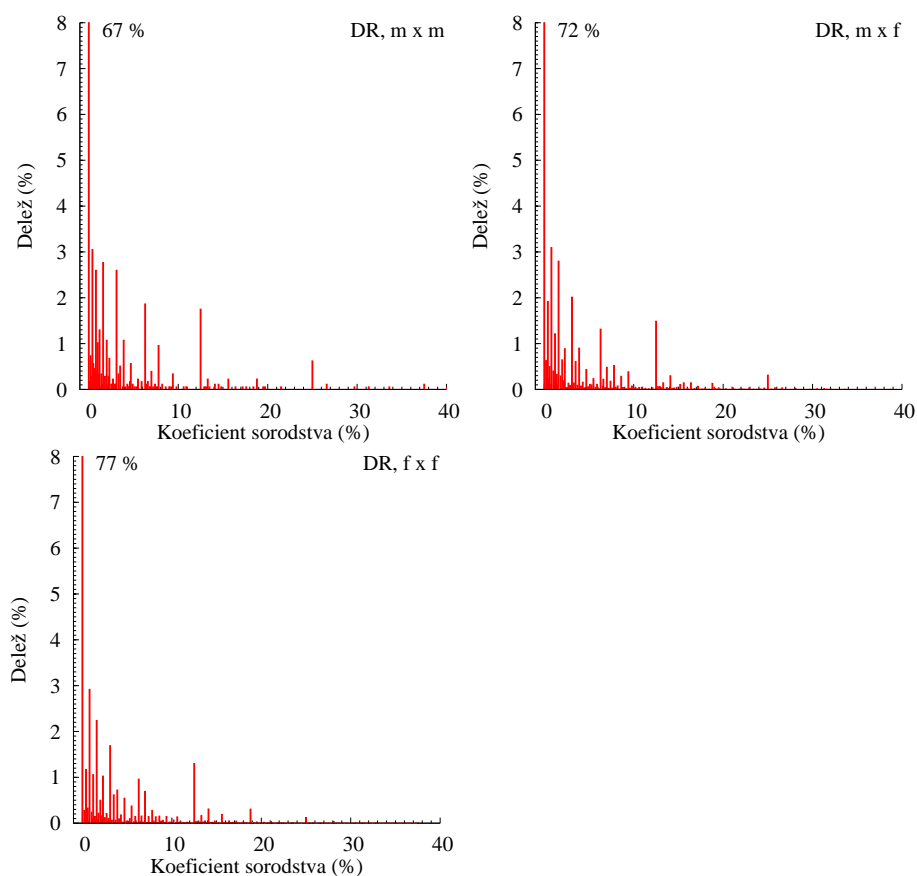
Povprečno sorodstvo. Dunner in sod. (1998) so definirali parameter povprečno sorodstvo, ki omogoča izbiro živali, ki so v povprečju z ostalimi živalmi manj sorodne. Opisna statistika za povprečno sorodstvo za živali, ki so rojene v letih 2009 do 2013, je podano v tabeli 8, slika 5 pa prikazuje porazdelitve za povprečno sorodstvo. Pri zajetih živalih 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 (tabela 8) se giblje med 0.09 % in 9.33 % s povprečjem in mediano pri 4.83 oz. 5.23 % pri srnasti pasmi. Sanska pasma je imela še pred kratkim med obravnavanimi pasmami koz največje povprečno sorodstvo, sedaj mediana in povprečje znašata 4.21 % in 4.70 %, razpon vrednosti pa je med 0.02 in 9.38 %. Pri drežniški je mediana za povprečno sorodstvo najmanjša (2.45 %), razpon vrednosti pa je tudi najnižji, med 0.02 in 7.25 %. Tudi ti rezultati so močno pod vplivom nepopolnosti porekla in so za velikost populacij, kakršne so obravnavane pasme, verjetno precej podcenjeni.

Prispevek prednikov in efektivno število prednikov. V populacijah je pri kozlih med 83 (drežniška pasma) in 201 živali (srnasta pasma), ki jih lahko smatramo za osnovalce, medtem ko je pri kozah osnovalcev med 213 pri drežniški in 428 pri srnasti pasmi (tabela 9). Razlike so tako med spoloma kot med pasmami precejšnje. Efektivno število osnovalcev se za kozle in

Tabela 8: Povprečno sorodstvo (%) v referenčni populaciji po pasmah

Pasma	Št.	Povpr.	SD	Min.	Maks.	Me*	KA**
Slovenska srnasta koza	1167	4.83	2.23	0.09	9.33	5.23	-0.58
Slovenska sanska koza	721	4.21	2.37	0.02	9.38	4.70	-0.24
Drežniška koza	450	2.45	1.93	0.02	7.25	1.96	0.61

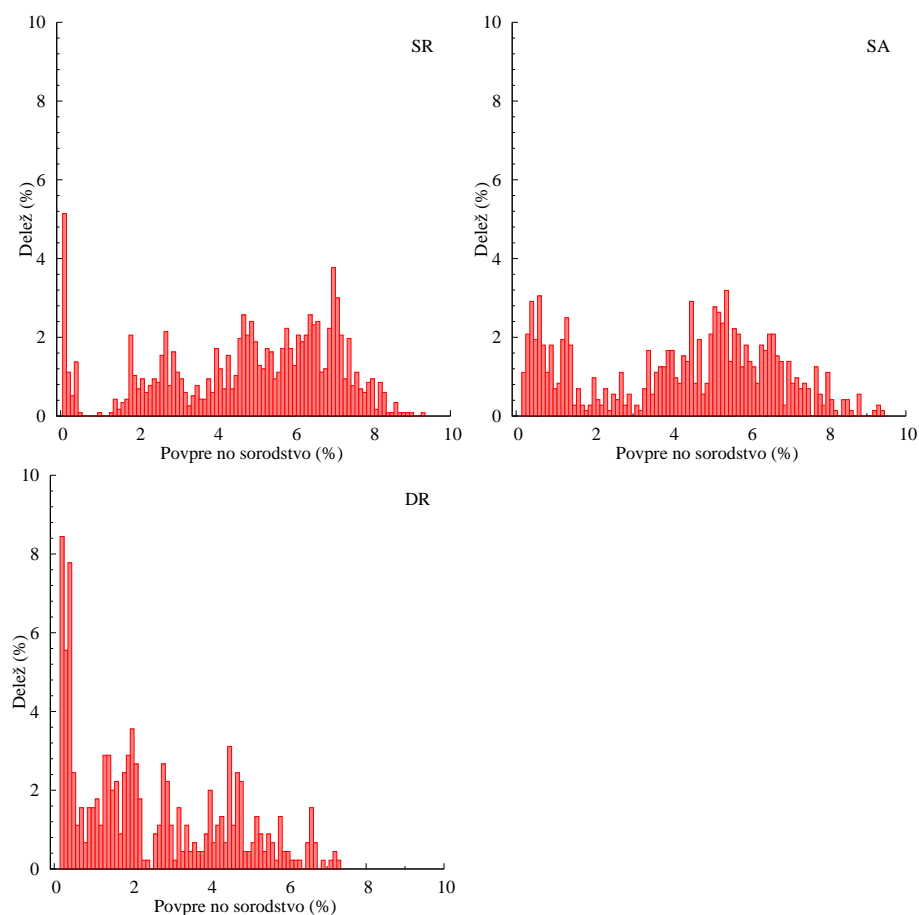
* – mediana; ** – koeficient asimetričnosti



Slika 4: Porazdelitve za kolateralno sorodstvo v referenčni populaciji pri drežniški kozi

koze znotraj pasem razlikuje, in znaša pri kozlih od 32.8 pri drežniški do 91.6 pri sanski, pri kozah pa med 34.8 pri drežniški in 71.1 pri sanskih. V obdobju dveh let se je pri drežniški efektivno število osnovalcev precej zmanjšalo, medtem ko se je pri sanski pasmi praktično podvojilo. Pri drežniški pasmi je efektivno število osnovalcev pri kozah eno in pol-krat večje kot pri kozlih, medtem ko je pri srnasti in sanski pasmi efektivno število osnovalcev pri kozah nekoliko manjše kot pri kozlih.

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 zastopnost genov prednikov, predvsem kozlov v populacijah, na kar smo opozorili že pri velikosti



Slika 5: Porazdelitev za povprečno sorodstvo po pasmah v referenčni populaciji (SR – slovenska srnasta, SA – slovenska sanska, DR – drežniška koza)

družin. Tako je efektivno število prednikov, ki so ali niso osnovalci, pri kozlih med 24.7 (drežniški) in 48.8 (sanski) ter pri kozah med 26.5 (srnaste) in 40.0 (sanske).

Število prednikov, ki v sklad genov populacije skupno prispevajo 50 %, je pri sanskih kozlih 20, pri drežniških 10 ter pri srnastih 12 (tabela 9). Pri kozah je pri srnasti in sanski pasmi potrebnih še nekoliko manj vplivnih prednikov za pojasnitev 50 % genov v skladu genov populacije, 14 pri sanski pasmi in 9 pri drežniški pasmi. Največji posamični prispevek imajo pri vseh pasmah kozli, od 6.5 % pri kozlih sanske pasme do 10.9 % pri kozlih drežniške pasme. V populacijah koz so največji posamični prispevki prednikov nekoliko večji kot pri kozlih, z izjemo pri drežniški pasmi.

Tabela 9: Zastopanost osnovalcev in prednikov 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	75	1010	65	650
Število osnovalcev	201	428	188	328
Efektivno število osnovalcev (f_e)	57.7	46.4	91.6	71.1
Efektivno število prednikov (f_a)	31.5	26.5	48.8	40.0
N_{50}	12	9	20	14
$C_{max}(\%)$	8.8	10.1	6.5	7.6
	Drežniška koza			
Število živali z znanimi starši	46	271		
Število osnovalcev	83	213		
Efektivno število osnovalcev (f_e)	32.8	51.0		
Efektivno število prednikov (f_a)	24.7	34.8		
N_{50}	10	14		
$C_{max}(\%)$	10.9	8.9		

N_{50} - število prednikov, ki največ prispevajo v kumulativni pričakovani prispevek 50 % sklad genov populacije; C_{max} - pričakovani prispevek prednika, ki prispeva največ

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 novi tropi oziroma so pasme v tem sistemu šele kratek čas. Precejšen prirastek živali brez poznanih staršev se je dogodil pri sanski pasmi, kar vpliva tako na koeficient inbridinga kot sorodstva, ki se je posledično zmanjšal.

Kozli pri vseh pasmah so preveč neenakomerno zastopani, kar prispeva k majhnemu efektivnemu številu prednikov in majhni efektivni velikosti populacije. Potrebno bi bilo spremljati 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.

Ocenjeni inbriding, kolateralno sorodstvo kot tudi povprečno sorodstvo so nizki, vendar so omenjeni parametri zaradi nepopolnega porekla verjetno precej podcenjeni, opazen pa je trend povečevanja z leti.

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

Literatura

- 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, Vol. 32, str. 525–528. Castanet-Tolosan, INRA.
- 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 Biology*, 8: 111–123.
- Maignel L., Boichard D., Verrier E. 1996. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. V: Proceedings of the Interbull Meeting, Vol. 15, str. 49–54, Veldhoven, The Netherlands. International Bull Evaluation Service.

Poglavje 3

Presoja genetske raznolikosti na osnovi porekla pri slovenskih lokalnih pasmah ovc

Špela Malovrh ^{1,2}, Dragomir Kompan ¹, Jurij Krsnik 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 vnešenih 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 plemenilni sezoni uporabiti primerno število čim manj sorodnih plemenjakov.

V Sloveniji redimo štiri avtohtone pasme ovc, od katerih belokranjska pramenka sodi med ogrožene, istrska pramenka je nekje na meji, medtem ko pasmi bovška ovca in jezersko-solčavska ovca nista ogroženi. Za zadnji dve pasmi 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. Istrijanko 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 1200 živali, plemenjaki so testirani na testni postaji. Po podatkih Seleksijske službe za drobnico je bila plodnost ovac te pasme v letu 2011 naslednja: 0.97 jagnjitev/ovco/leto, 1.26 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 vsega skupaj komaj okoli 200 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 Seleksijske službe za drobnico je bila plodnost ovac v letu 2011 naslednja: 1.03 jagnjitev/ovco/leto, 1.27 rojenih jagnjet v gnezdu ter 1.31 rojenih jagnjet na ovco na leto.

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

²E-pošta: spela.malovrh@bf.uni-lj.si

Pasma bovška ovca se je v stoletjih izoblikovala v Zgornje-soški dolini 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 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 Selekcijske službe za drobnico je bila plodnost bovških ovc v letu 2011 naslednja: 1.00 jagnjitev/ovco/leto, 1.26 rojenih jagnjet v gnezdu ter 1.23 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 prirejo jagnet za meso. Stalež pri jezersko-solčavski pasmi je ocenjen na 15000 živali. Del plemenjakov je testiran na testni postaji. V okviru programa za ohranjanje avtohtonih pasem je vključenih okoli 800 živali. Po podatkih Selekcijske službe za drobnico je bila njena plodnost v letu 2011 naslednja: 1.19 jagnjitev/ovco/leto, 1.15 rojenih jagnjet v gnezdu ter 1.37 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. Pasma je plodna, zgodaj spolno zrela in vitalna. 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 Selekcijske službe za drobnico je bila njena plodnost v letu 2011 naslednja: 1.27 jagnjitev/ovco/leto, 1.45 rojenih jagnjet v gnezdu in 1.84 rojenih jagnjet na ovco na leto.

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

3.2 Material in metode

Podatke o poreklu slovenskih lokalnih pasem ovc hrani in vzdržuje Selekcijska služba za drobnico v okviru Katedre ZORŽ, Enota 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 oplemenjeno jezersko-solčavsko ovco. Populacije so različno velike, predvsem obe pramenki sta majhni populaciji. Poreklo je tako zajemalo skupno 54321 živali, od tega jih je bilo 12428 brez obeh znanih staršev. Za analizo smo kot referenčno populacijo, ki naj bi okvirno predstavljala živečo populacijo, izbrali živali rojene v letih 2009 do 2013. Teh živali je bilo v skupnem 9496.

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), ekvivalent osnovalcev (Lacy, 1989) oz. efektivno število osnovalcev in efektivno število prednikov (Boichard in sod., 1997). 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 osnovalcev in efektivnega števila prednikov smo se poslužili programskega paketa PEDIG (Boichard, 2002).

3.3 Rezultati in diskusija

3.3.1 Demografski opis referenčne populacije

Podatki o poreklu so obsegali med 2007 živali pasme belokranjska pramenka do 23433 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 belokranjski pramenki je le-teh v poreklu 27.7 %, najmanj jih je pri bovških ovcah (17.8 %). Živali brez poznanih staršev se v takih analizah obravnavajo kot osnovalci populacije. Delež osnovalcev se v primerjavi s preteklimi analizami zmanjšuje pri vseh pasmah.

Za referenčno populacijo smo izbrali živali, rojene v letih 2009 do 2013. Le-teh je bilo pri istrski pramenki 501 in pri belokranjski pramenki 434 (tabela 1). Nad 2000 živali je v zadnjih petih letih zabeleženih pri bovški ovci ter blizu 3600 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 pramenka	Belokranjska pramenka	Bovška ovca	Jezersko-solčavska ovca	Oplemenjena jezersko-solčavska ovca
Celotni podatki o poreklu					
Število	2936	2007	8702	17243	23433
Ovni	321	275	1058	3422	3744
Ovce	2615	1732	7644	13821	19689
Osnovalci	637	556	1553	3575	6107
Delež* (%)	21.7	27.7	17.8	20.7	26.1
Referenčna populacija (2009-2013)					
Število	501	434	2172	3537	2852
Ovni	68	84	294	957	747
Ovce	433	350	1878	2580	2105
Očetje	31	44	155	213	201
Matere	320	290	1377	2213	1728
Razmerje**	10.32	6.59	8.88	10.39	8.60
Osnovalci	66	16	29	29	70
Delež* (%)	13.2	3.7	1.3	0.8	2.5

* – delež osnovalcev, ** – razmerje med ovci in ovni, ki se pojavijo kot starši

Zaradi različne velikosti populacij je različno tudi število staršev, katerih potomci so v referenčni populaciji. Pri pramenkah je število očetov bilo 31 oz. 44, medtem ko je bilo število mater 320 oz. 290. Pasmata imata različno razmerje med ovcami in ovni, ki se pojavljajo kot starši. Pri belokranjski pramenki je to razmerje med ožjimi (6.59), pri istrski pramenki pa širše 10.32. Pri bovški pasmi smo v referenčni populaciji zabeležili 155 očetov in 1377 mater, kar pomeni razmerje 8.88, pri jezersko-solčavski je bilo 2213 mater in 213 očetov ter razmerje med njimi 10.39 (najširše med obravnavanimi pasmami). Nekoliko manjša je v zadnjem času populacija oplemenjene jezersko-solčavske ovce, kjer je bilo 201 očetov in 1728 mater ter razmerje med njimi 8.60. V referenčni populaciji se še vedno pojavlja med 0.8 (jezersko-solčavska ovca) in 13.2 % živali brez znanih staršev (istrska pramenka), kar je posledica nakupov od drugod ali vključevanja novih tropov v kontrolo v zadnjih letih. Te 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 800 živali, pri bovških ovcah okrog 450 in pri istrski pramenki nekaj okoli 100 živali. Belokranjska pramenka je bila v sistem spremljanja populacije vključena zelo pozno, poleg tega je maloštevilna. Kljub temu v zadnjih letih v povprečju zabeležijo okrog 80 novih vpisov v seznam. Ves ta čas se povečuje tudi število v kontrolo vključenih tropov. Pri vseh pasmah zadnje leto v analizi močno 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. Pasmata se med sabo razlikujejo v generacijskem intervalu, razlikujejo pa se tudi ovni in ovce, se pravi očetje in matere, znotraj pasem (tabela 3). Ovni imajo v primerjavi z ovcami vsaj 1 do 2 leti prej potomce pri vseh pasmah, kar je posledica tega, da so ovni iz tropa izločeni, da ne bi plemenili na svojih potomkah. Pri bovški pasmi so ovni v povprečju najmlajši, izgleda, da pri tej pasmi rejci uporabljajo ovne najkrajši čas, podobno tudi pri belokranjski pramenki. Pri drugih pasmah je generacijski interval pri ovnih med 3.21 in 5.84 leti. Pri jezersko-solčavski pasmi, istrski pramenki in bovški ovci je generacijski interval pri ovcah nekaj nad 5 leta, najdaljši pa je pri belokranjski pramenki, okrog 7 let, nekoliko več pri parih mati-sin kot pri parih mati-hči. Ovce oplemenjene jezersko-solčavske pasme so med starejšimi ob rojstvu tako sinov kot hčera, ki se jih kasneje uporabi za pleme.

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	392	698	1343
2002	116	184	465	876	1315
2003	200	134	496	844	1352
2004	181	132	511	970	1247
2005	146	154	467	1132	1155
2006	111	156	381	1112	1009
2007	167	147	438	1026	883
2008	138	85	473	998	883
2009	122	121	460	1131	972
2010	109	83	477	855	675
2011	120	89	465	708	501
2012	85	89	395	640	531
2013	65	52	375	203	173

Tabela 3: Generacijski interval glede na spol staršev in potomcev*

Pot	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	37	74	3.21	48	81	2.75	306	485	3.89
Oče - hči	92	720	4.65	69	437	3.45	441	2501	2.87
Mati - sin	79	84	5.87	79	83	10.24	452	513	4.71
Mati - hči	562	813	5.11	331	448	8.56	1764	2609	4.97
	Jezerko-solčavska ovca			Opl. jezerko-solčavska ovca					
Oče - sin	205	505	3.60	183	483	4.00			
Oče - hči	433	3978	3.58	494	4765	5.84			
Mati - sin	458	524	4.82	440	487	6.54			
Mati - hči	2775	4171	5.71	3262	4969	8.29			

GI - generacijski interval, * - upoštevani le potomci, ki so imeli lastne potomce

Tabela 4: Velikost družin po pasmah¹

Pasma	Družina	Št.	Povpr.	SD	Max.	Dd1 ²	Dp1 ³
Istrska pramenka	Oven-ovca	727	1.09	0.31	3	91.3	83.8
	Oven	95	8.51	9.66	54	16.8	2.0
	Ovca	622	1.51	0.82	6	64.6	42.8
Belokranjska pramenka	Oven-ovca	452	1.14	0.43	5	87.6	76.9
	Oven	77	6.73	7.04	31	20.8	3.1
	Ovca	382	1.40	0.69	5	69.9	49.9
Bovška ovca	Oven-ovca	2812	1.06	0.25	4	94.0	88.7
	Oven	492	6.19	7.33	71	16.7	2.7
	Ovca	1990	1.59	0.93	8	62.3	39.2
Jezerško-solčav. ovca	Oven-ovca	3932	1.15	0.43	7	86.7	75.4
	Oven	470	9.80	10.31	52	16.0	1.6
	Ovca	3059	1.58	0.94	8	63.7	40.3
Opl. jezerško-solčavska pasma	Oven-ovca	4499	1.21	0.53	11	83.2	68.8
	Oven	637	8.91	11.56	114	23.4	2.6
	Ovca	3794	1.54	1.01	17	67.0	43.5

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

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 genetskega materiala v naslednjo generacijo. Velika večina parov pri vseh pasmah je imela le enega potomca. Takih parov je med 83.2 % pri oplemenjeni jezerško-solčavski ovci do 94.0 % pri bovški ovci. Večje število potomcev po enem paru je zelo redko, maksimum znaša od 3 pri bovški ovci in istrski pramenki do 11 pri oplemenjeni jezerško-solčavski pasmi. Delež potomcev, ki izvirajo iz družin z enim potomcem znaša med 68.8 % pri oplemenjeni jezerško-solčavski pasmi in 88.7 % pri bovški ovci. Pari so imeli v povprečju med 1.06 (bovška ovca) in 1.21 potomcev (oplemenjena jezerško-solčavska ovca). Variabilnost velikosti družin je pri parih majhna, standardni odklon znaša od 0.25 potomcev pri bovški ovci do 0.53 potomcev pri oplemenjeni jezerško-solčavski ovci.

Ovnov, kot družin s potomci, je bilo med 77 pri belokranjski pramenki in 637 oplemenjeni jezerško-solčavski pasmi (tabela 4). V povprečju so imeli med 6.19 (bovška ovca) in 9.80 potomcev (jezerško-solčavska ovca). Standardni odklon za velikost družin po ovnih pri vseh pasmah presega povprečje, giblje se od 6.96 pri istrski pramenki do 11.56 pri oplemenjeni

jezersko-solčavski ovci in kaže na veliko neizenačenost družin po ovnih in s tem na zelo različno zastopanost ovnov. Z le enim potomcem je od 16.0 % ovnov pri jezersko-solčavski ovci do 23.4 % ovnov pri oplemenjeni jezersko-solčavski ovci. Ovni, ki so najbolj zastopani preko potomstva, so imeli med 31 (belokranjska pramenka) in 114 potomcev (oplemenjena jezersko-solčavska ovca), ki so imeli lastne potomce in tako poskrbeli za prenos genov z očeta na njegove vnuke. Velika varianca v velikosti družine po ovnih zmanjšuje učinkovito 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 1.40 pri belokranjski pramenki in 1.59 pri bovški ovci (tabela 4). Ovc z enim samim potomcem je od 62.3 pri bovški ovci do 69.9 % pri belokranjski pramenki. Pri ovcah kot družinah znaša delež potomcev iz družin z enim potomcem med 39.2 % pri bovški ovci do 49.9 % 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 2009 do 2013 (referenčna populacija) imajo v svojem poreklu največ 7 oz. 8 znanih generacij prednikov pri obeh pramenkah, pri bovški ovci pa je največ znanih generacij, in sicer 18 (tabela 5). Pri jezersko-solčavski ovci in pri oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi je znanih največ 13 oz. 12 generacij prednikov. V referenčno populacijo je zajetih med 56 (istrska pramenka) do 952 ovnov (jezersko-solčavska ovca) ter med 232 (istrska pramenka) in 2527 ovc (jezersko-solčavska ovca), pri čemer so tu zajete le živali z obema znanima staršema.

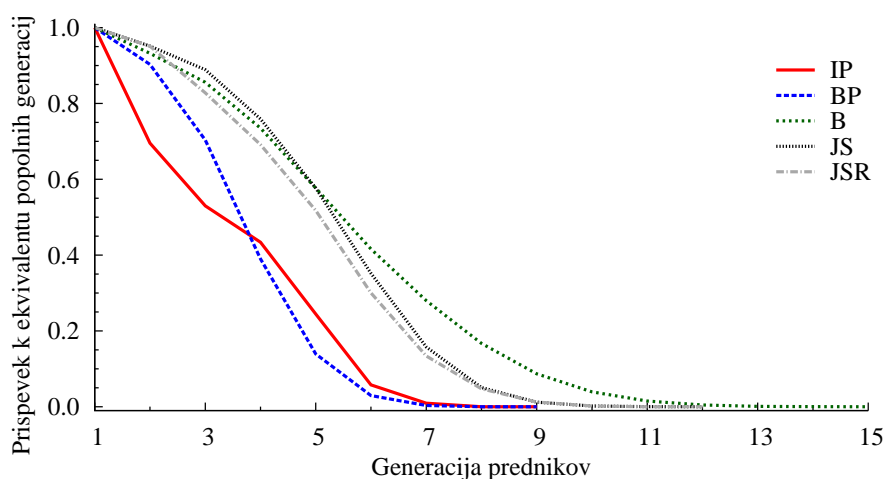
Popolnost porekla ocenjuje ekvivalent popolnih generacij prednikov, ki predstavlja povprečno število generacij prednikov, če bi bili v teh generacijah znani vsi predniki. Pri ovnih v referenčni populaciji je ekvivalent popolnih generacij znašal od 2.55 pri istrski pramenki do 5.09 pri bovški ovci (tabela 5). Ti ovni imajo v povprečju med 23.7 (istrska pramenka) in 304.0 znanih prednikov (bovška ovca).

Pri ovcah je ekvivalent popolnih generacij podoben kot pri ovnih pri belokranjski pramenki (3.17) in bovški ovci (5.11). Pri istrski pramenki imajo ovce ekvivalent popolnih generacij nekoliko večji od ovnov (3.04), medtem ko pri jezersko-solčavski in oplemenjeni jezersko-solčavski ovci manjši (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 24.1 pri belokranjski pramenki do 299.6 znanih prednikov v povprečju pri bovški ovci, kar je bistveno boljše kot pred leti.

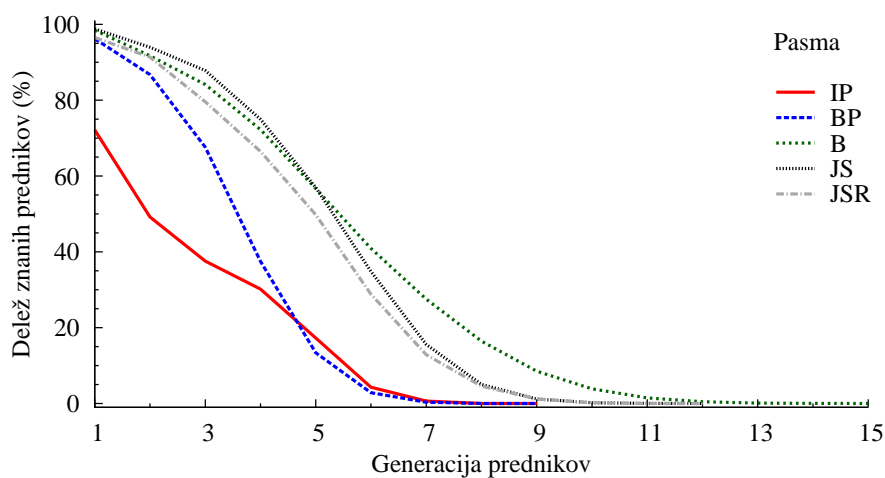
Tabela 5: Ekvivalent popolnih generacij prednikov in povprečno število znanih prednikov v referenčni populaciji* po spolu in pasmah

Parameter	Istrska pramenka	Belokranjska pramenka	Bovška ovca	Jezersko-solčavska ovca	Opl. jezersko-solčavska ovca
			Ovni		
Število**	56	81	287	952	731
Max. število generacij v poreklu	7	7	18	13	11
Ekvivalent popolnih generacij prednikov	2.55	3.18	5.09	5.01	4.73
Povprečno število znanih prednikov	23.7	24.8	304.0	124.5	113.6
			Ovce		
Število	232	336	1847	2527	1992
Max. število generacij v poreklu	8	8	18	13	12
Ekvivalent popolnih generacij prednikov	3.07	3.17	5.11	4.65	4.39
Povprečno število znanih prednikov	30.0	24.2	299.6	102.0	91.7

* referenčna populacijo predstavljajo živali, rojene v letih 2009-2013, ** le za živali z obema znanima staršema



Slika 1: Pristevak k ekvivalentu popolnih generacij po generacijah prednikov v referenčni populaciji po pasmah



Slika 2: Popolnost porekla po generacijah prednikov v referenčni populaciji po pasmah

Slika 1 prikazuje, kako 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, jezersko-solčavski in oplemenjeni jezersko-solčavski

pasmi okoli 0.85, je pri belokranjski pramenki 0.70 in pri istrski pramenki vsega 0.50. Kasneje je manjšanje prispevka z generacijami približno podobno pri bovški, jezersko-solčavski in oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi, v peti generaciji prednikov je prispevek med 0.52 in 0.58, medtem ko je pri pramenkah vrednost vsega 0.24 (istrska pramenka) oz. 0.14 (belokranjska pramenka). V višjih generacijah med pasmami navzgor najbolj odstopa bovška ovca, pri kateri je še v osmi generaciji prispevek k ekvivalentu popolnih generacij 0.17. Ploščina pod krivuljo za posamezno pasmo pa da vrednost ekvivalenta popolnih generacij prednikov v tabeli 5.

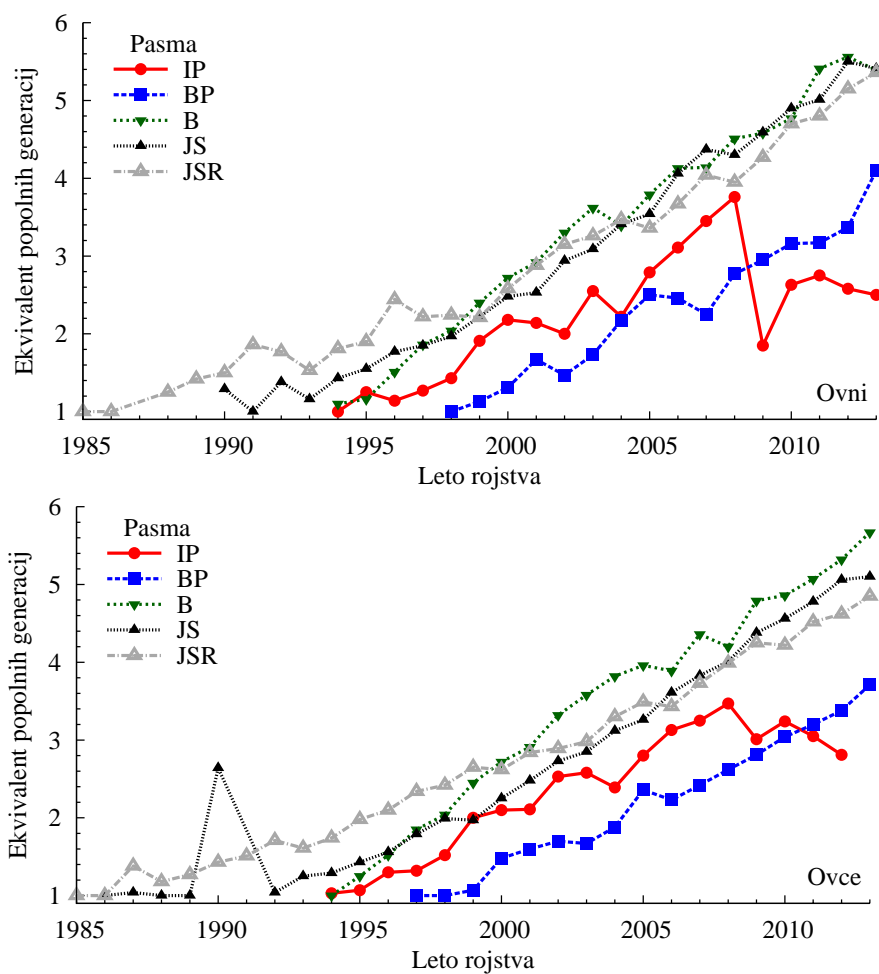
Razlike v popolnosti porekla med pasmami so opazne tudi pri prikazu popolnosti porekla po generacijah prednikov (slika 2). Za razliko od prikaza na sliki 1 so tu upoštevane vse živali referenčne populacije. V primerjavi s sliko 1 tu najbolj odstopa istrska pramenka, saj ima v referenčni populaciji največji delež živali z neznanimi starši (tabela 1). 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 rodovniško knjigo, posledično se je popolnost porekla v zadnjih dveh letih 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.

3.3.5 Inbriding in kolateralno sorodstvo

V zajeti populaciji je bilo med 505 pri belokranjski pramenki in 6188 inbridiranih živali pri jezersko-solčavski ovci (tabela 6). Povprečni inbriding pri inbridiranih živalih znaša med 16.13 % (belokranjska pramenka) in 2.96 % (jezersko-solčavska ovca), precej veliko je povprečje tudi pri istrski pramenki (7.78 %). Inbridiranih je med 17.9 % (istrska pramenka) in 43.2 % živali v poreklu (bovška ovca). Bovška ovca, ki ima najpopolnejše poreklo (tabela 5), ima tudi največji delež inbridiranih živali.

Koeficient inbridinga nad 0 in pod 5 % ima med inbridiranimi živalmi pri belokranjski pramenki le 15.4 % živali, pri jezersko-solčavski ovci in oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi pa 88.3 in 84.7 % živali. Pri belokranjski pramenki ima blizu 80 % inbridiranih živali koeficient inbridinga 10 % ali več. Takih je pri jezersko-solčavski in oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi manj kot 10 %. 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 %.



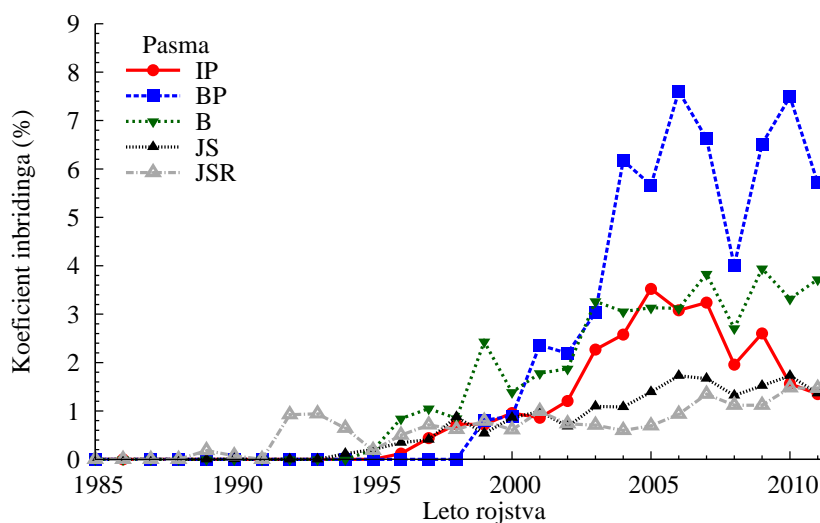
Slika 3: Ekvivalent popolnih generacij prednikov po pasmah, spolih in letih

Tabela 6: Koeficient nbridginga po pasmah

Pasma	Istrska pramenka		Belokranjska pramenka		Bovška ovca		Jezersko-solčavska ovca		Opl. jezersko-solčavska pasma	
	Število	(%)	Število	(%)	Število	(%)	Število	(%)	Število	(%)
0.00 < x < 0.05	289	54.9	78	15.4	2282	60.8	5466	88.3	4387	84.7
0.05 ≤ x < 0.10	73	13.9	62	12.3	790	21.0	290	4.7	373	7.2
0.10 ≤ x < 0.15	70	13.3	103	20.4	415	11.0	71	1.1	49	0.9
0.15 ≤ x < 0.20	23	4.4	89	17.6	107	2.8	25	0.4	20	0.4
0.20 ≤ x < 0.25	12	2.3	24	4.8	37	1.0	3	0.05		
0.25 ≤ x < 0.30	50	9.5	112	22.1	104	2.8	318	5.1	342	6.6
0.30 ≤ x < 0.35	6	1.1	24	4.8	15	0.4	10	0.2	4	0.08
0.35 ≤ x < 0.40			10	2.0	5	0.1	5	0.1	4	0.08
0.40 ≤ x < 0.45	3	0.6	2	0.4	1	0.03				
0.45 ≤ x < 0.50			1	0.2						
Skupaj	526 ¹	17.9 ²	505	25.2	3756	43.2	6188	35.9	5179	22.1
Povprečje (%)	7.78		16.13		5.57		2.96		3.41	
Maksimum (%)	42.09		46.09		41.38		38.82		37.5	

¹število inbridiranih živali; ²delež inbridiranih živali v poreklu

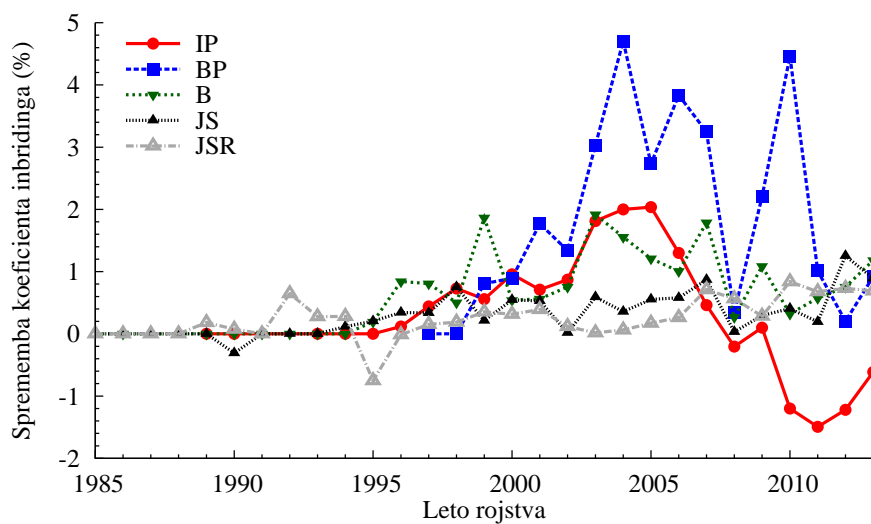
Pri vseh pasmah se povprečni koeficient inbridinga v populaciji s časom povečuje (slika 4). Nobena od populacij ni zaprta, zato v določenih letih v primerjavi s predhodnimi leti opazimo tudi znižanje inbridinga, kar je verjetno bolj posledica tega, da nove živali nimajo znanih prednikov in s tem sorodnikov v populaciji. Pri koeficientu inbridinga precej izstopa belokranjska pramenka, najmanj inbridirane pa so živali bovške in oplemenjene jezersko-solčavske pasme.



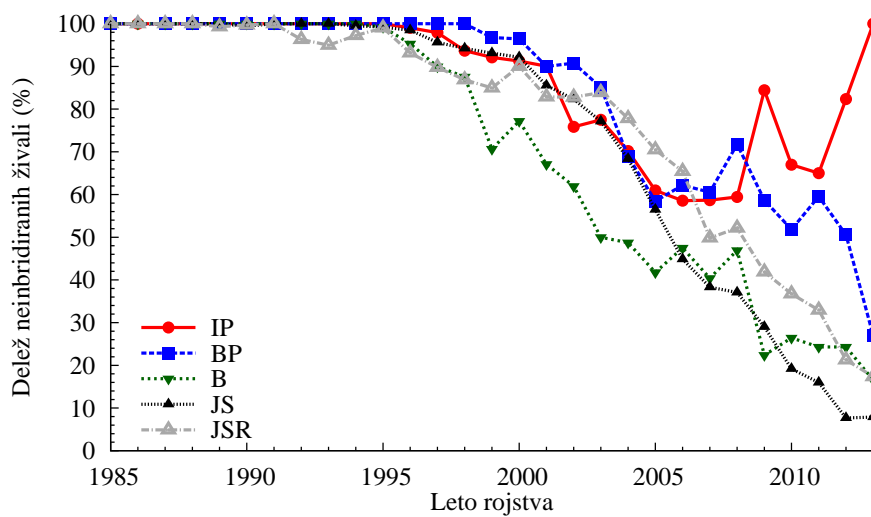
Slika 4: Spreminjanje inbridinga z leti po pasmah

Koeficient inbridinga sicer pove, kako je posamezna žival inbridirana, ne pove pa, kako je sorodna z drugimi živalmi v populaciji. Koeficient sorodstva med potencialnimi starši je enak koeficientu inbridinga potomca tega para in povprečje koeficientov sorodstva predstavlja napoved za inbridging v naslednji generaciji. Minimalno povečanje inbridinga v naslednji generaciji je tudi osnova, kako izbrati pare staršev v malih populacijah, kakršni sta istrska in belokranjska pramenka. Koeficienti sorodstva med živalmi, ki so rojene v letih 2009 do 2013, so podani v tabeli 7. Rezultati so, enako kot koeficient 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), sledi sorodstvo med ovni in ovcami. Največje vrednosti za kolateralno sorodstvo (3.54 %) so pri belokranjski pramenki, kar je glede na vrednosti za koeficient inbridinga (tabela 6) tudi pričakovano. Tudi pri istrski pramenki je vrednost le malo manjša (3.22 %). Maksimalne vrednosti za kolateralno sorodstvo se gibljejo med 37.50 % pri ovnih med sabo pasme istrska pramenka in 50.00 % pri ovcah med sabo pri belokranjski pramenki.



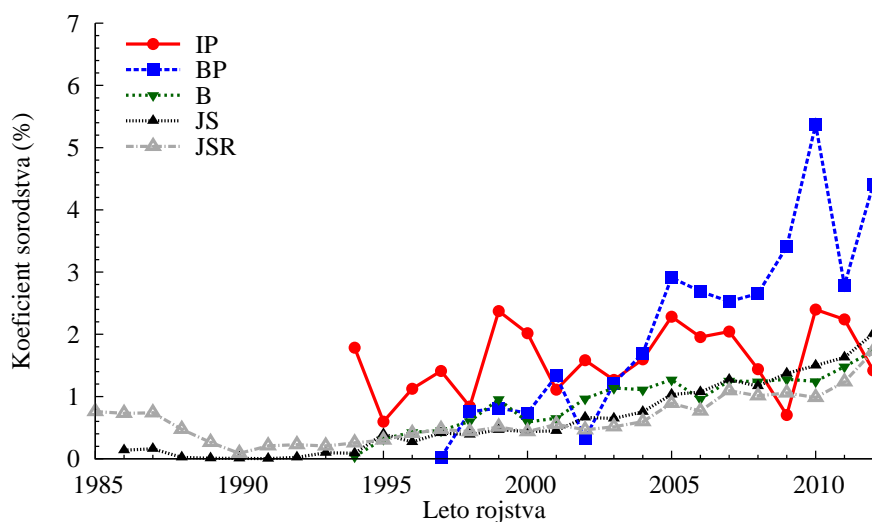
Slika 5: Sprememba koeficienta inbridinga po letih in pasmah



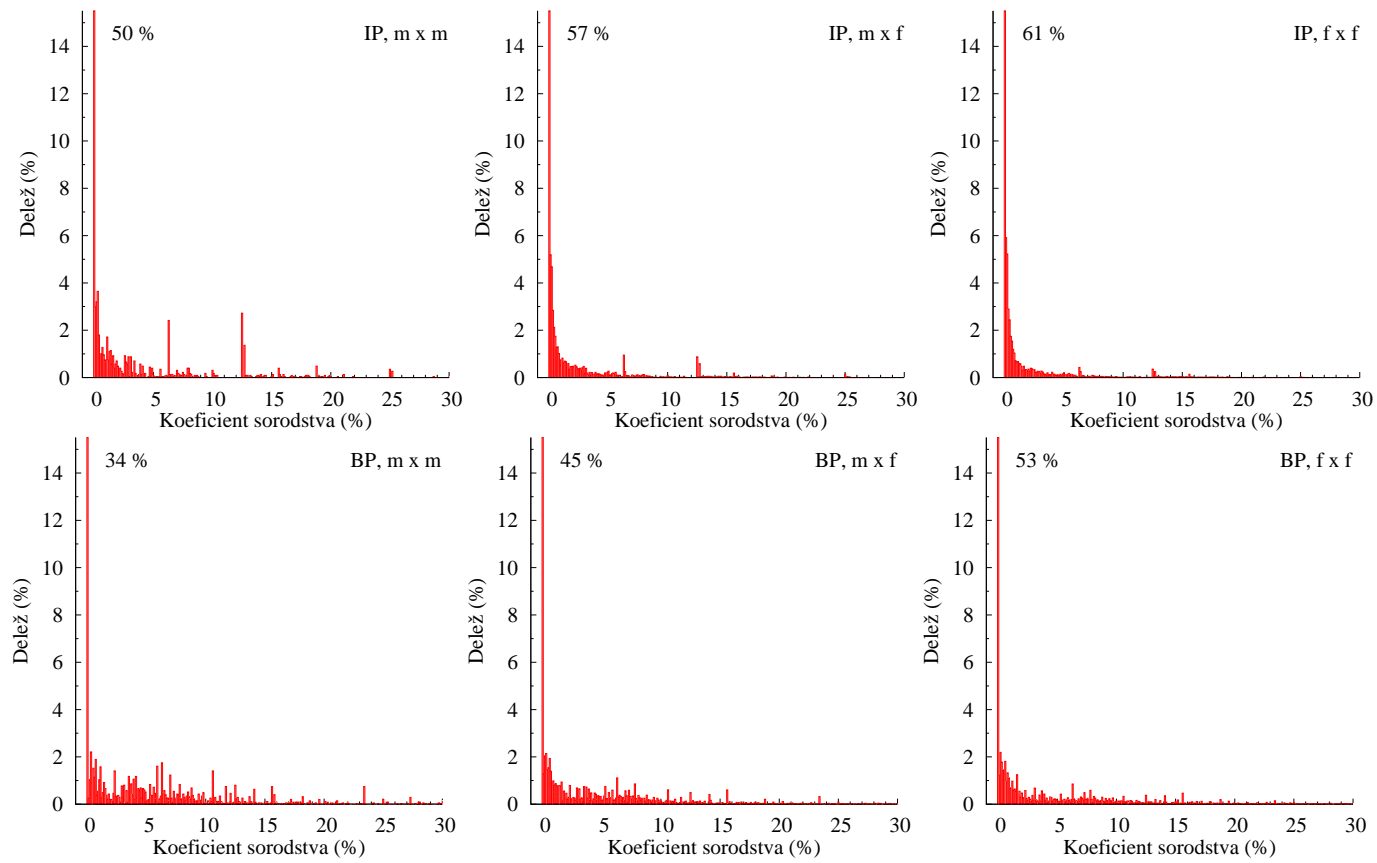
Slika 6: Delež neinbridiranih živali po letih in pasmah

Tabela 7: Koefficient sorodstva (%) v referenčni populaciji po pasmah

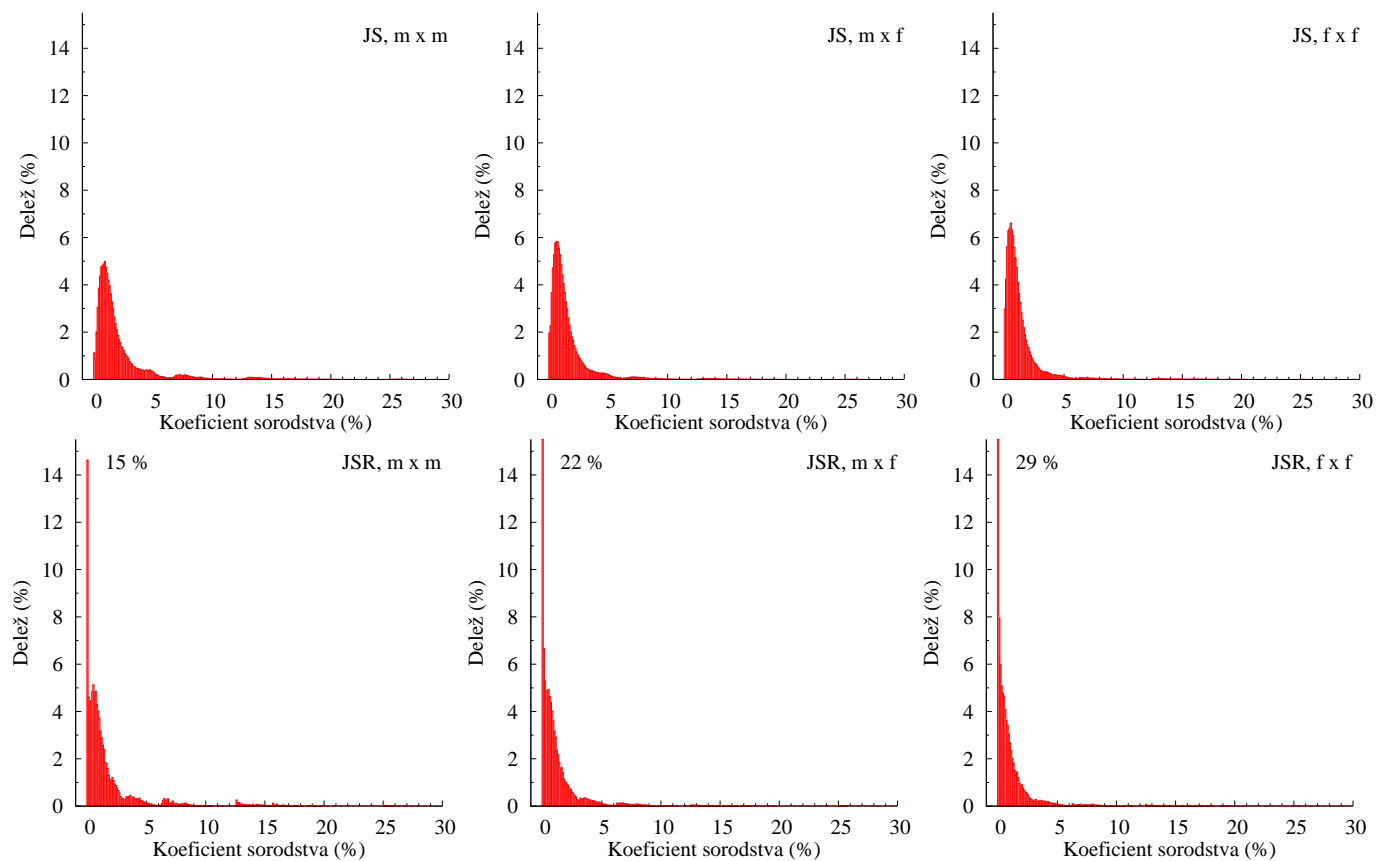
Par	Št. parov	Povpr.	SD	Maks.
Istrska pramenka				
Ovni med sabo	2278	2.31	4.65	31.25
Ovni z ovcami	29444	1.28	3.29	37.50
Ovce med sabo	93528	0.94	2.78	43.20
Belokranjska pramenka				
Ovni med sabo	3486	4.56	6.10	41.60
Ovni z ovcami	29400	3.14	5.25	42.19
Ovce med sabo	61075	2.74	5.31	50.59
Bovška ovca				
Ovni med sabo	43071	1.16	3.36	46.98
Ovni z ovcami	552132	1.05	2.67	53.41
Ovce med sabo	1762503	1.23	2.66	47.01
Jezersko-solčavska ovca				
Ovni med sabo	457446	2.14	2.73	38.71
Ovni z ovcami	2469060	1.58	2.04	39.37
Ovce med sabo	3326910	1.33	1.89	51.09
Opl. jezersko-solčavska ovca				
Ovni med sabo	278631	1.70	2.90	29.10
Ovni z ovcami	1572435	1.17	2.06	37.87
Ovce med sabo	2214460	0.98	2.01	50.00



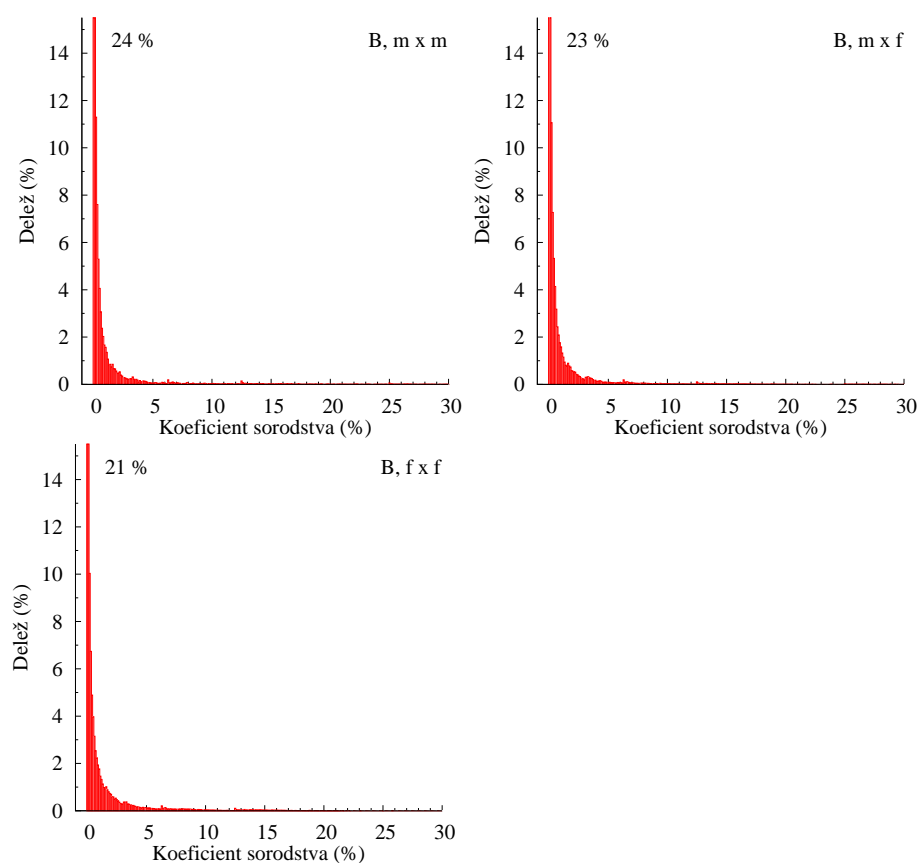
Slika 7: Koefficient sorodstva po letih in pasmah



Slika 8: Porazdelitev za kolateralno sorodstvo v referenčni populaciji pri istrski in belokranjski pramenki



Slika 9: Porazdelitev za kolateralno sorodstvo v referenčni populaciji pri jezersko-solčavski in oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi



Slika 10: Porazdelitev za kolateralno sorodstvo v referenčni populaciji pri bovški ovci

Glede na porazdelitve za kolateralno sorodstvo (slike 8, 9, 10), je pri pramenkah med pari oven-ovca 50 % nesrodnih, pri bovški pasmi in oplemenjeni jezersko-solčavski ovci 29 oz. 27 % ter pri jezersko-solčavski pasmi pod 4 %. Tudi iz porazdelitev pri belokranjski pramenki se vidi, da so si živali te pasme najbolj sorodne (slika 8).

3.3.6 Povprečno sorodstvo

Povprečno sorodstvo (Dunner in sod., 1998) je mera, ki pove, kako je posamezna žival sorodna z vsemi ostalimi v populaciji. Izbira parov potencialnih staršev lahko prispeva h manjšemu povečevanju inbridginga v naslednji generaciji. Povprečno sorodstvo med živalmi, ki so rojene v letih 2009 do 2013, je podano v tabeli 8, slika 11 pa prikazuje porazdelitev za povprečno sorodstvo po pasmah v referenčni populaciji.

Tabela 8: Povprečno sorodstvo (%) v referenčni populaciji po pasmah

Pasma	Št.	Povpr.	SD	Min.	Maks.	Me*	KA**
Istrska pramenka	501	2.29	1.88	0.20	6.67	2.12	0.50
Belokranjska pramenka	434	6.10	3.32	0.23	12.65	6.58	-0.11
Bovška ovca	2172	2.41	1.09	0.05	5.15	2.24	0.37
Jezersko-solčavska ovca	3537	3.01	1.01	0.03	6.11	2.96	0.03
Opl. jezersko-solč. ovca	2852	2.25	1.21	0.04	5.48	2.43	-0.18

* – mediana; ** – koeficient asimetričnosti

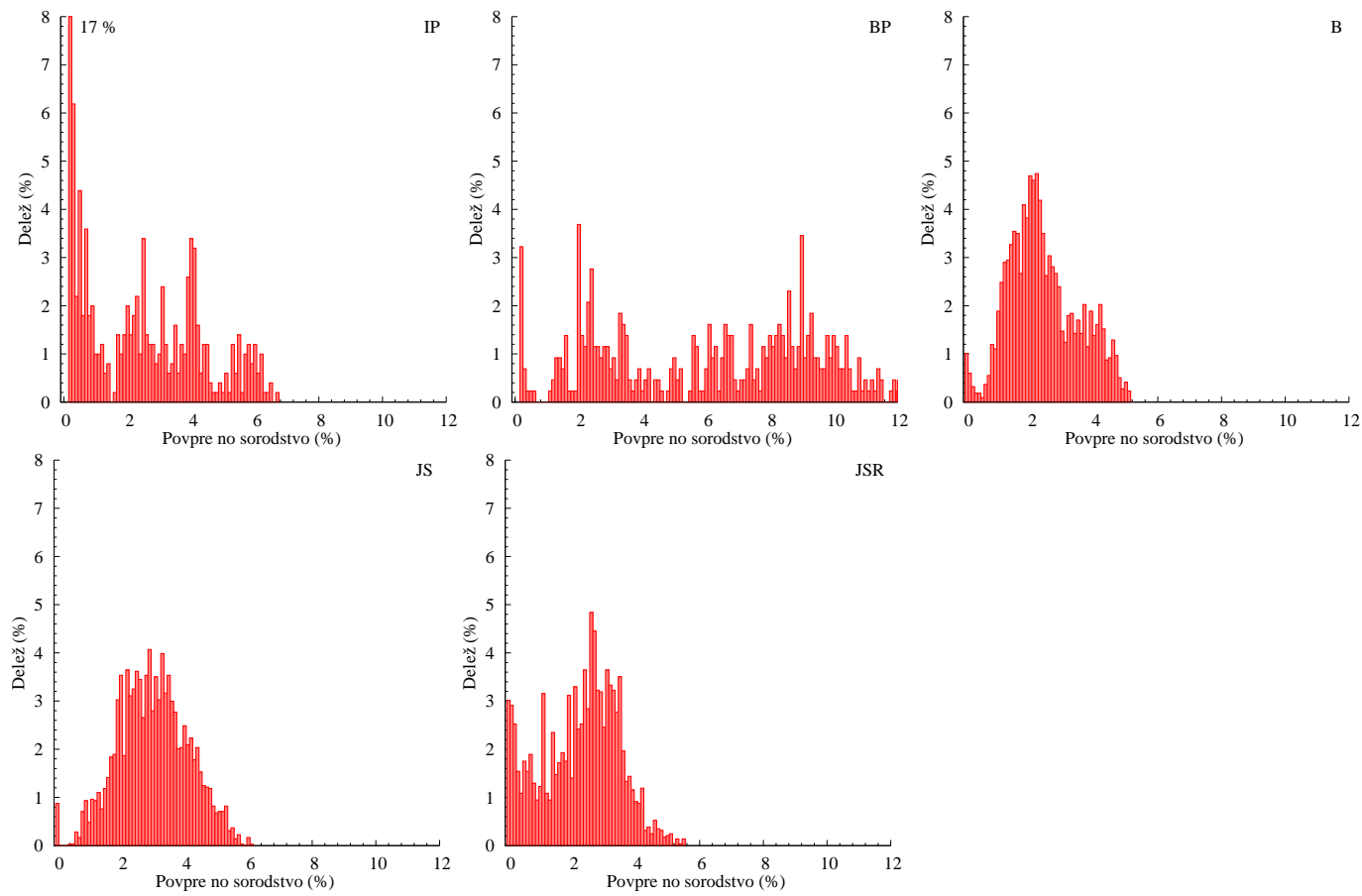
Pri živečih živalih jih je določen delež takih, ki so s populacijo manj sorodne in med temi se najdejo potencialni ovni, ki bi bili lahko glede na nesorodnost uporabljeni v tropih. Najmanjšo vrednost za povprečno sorodstvo (2.25 %) ima oplemenjena jezersko-solčavska ovca, največjo pa belokranjska pramenka (6.10 %). Razpon vrednosti za povprečno sorodstvo v referenčni populaciji (tabela 8) se pri oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi giblje med 0.04 in 5.48 % z mediano pri 2.43 %. Pri belokranjski pramenki je mediana za povprečno sorodstvo kar 6.58 %, razpon pa je med 0.23 in 12.65 %. Obe pramenki sta glede na porazdelitve za povprečno sorodstvo najbolj problematični (slika 11). Tudi ti rezultati so pod vplivom nepopolnosti porekla in so za velikost populacij, kakršne so obravnavane pasme, verjetno precej podcenjeni.

3.3.7 Prispevek prednikov in efektivno število prednikov

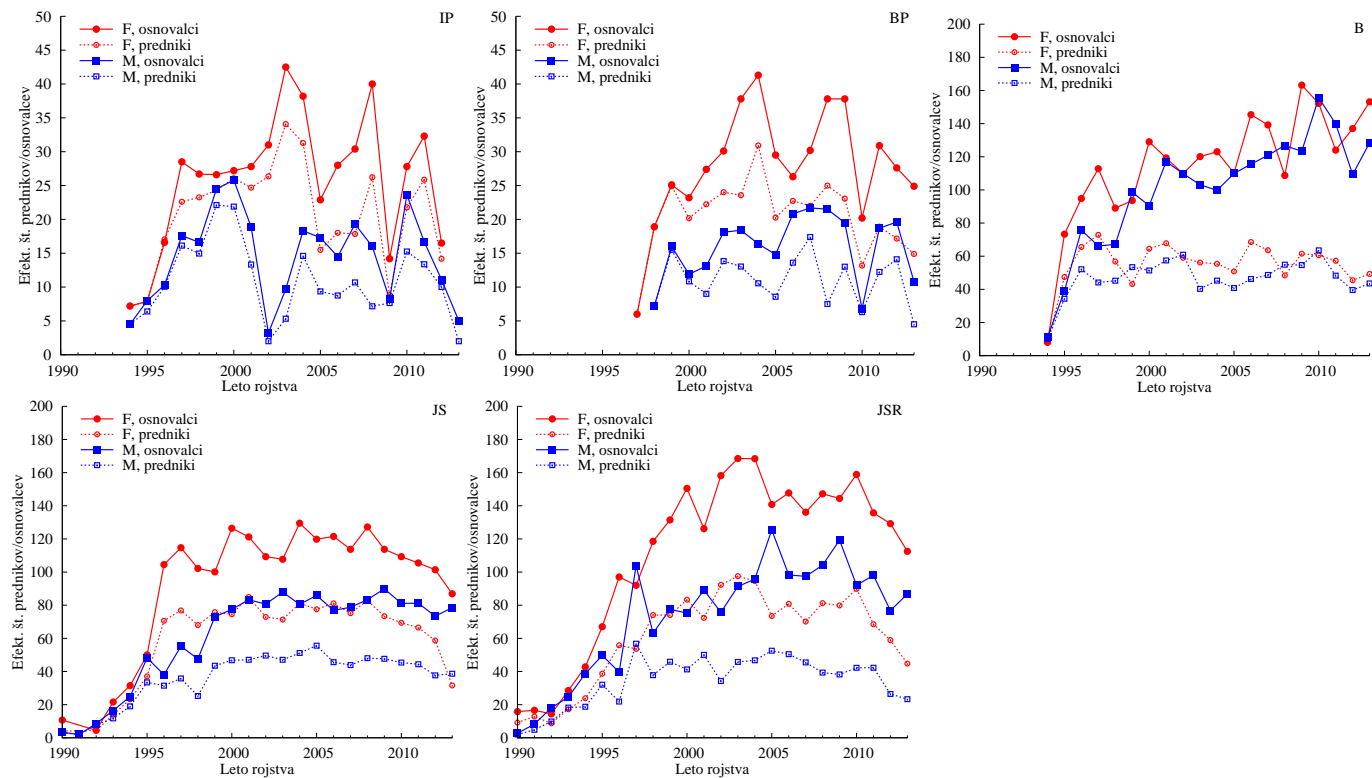
V referenčni populaciji po pasmah je bilo zajetih pri ovnih med 66 (istrska pramenka) in 1087 (jezersko-solčavska ovca) ter pri ovcah med 224 (istrska pramenka) in 2956 (jezersko-solčavska ovca), za katere se poznani starši (tabela 9). V populacijah je med 71 (istrska pramenka) in 548 živali pri ovnih (jezersko-solčavska ovca) in med 168 (istrska pramenka) in 1237 živali pri ovcah (jezersko-solčavska ovca), ki jih lahko smatramo za osnovalce. Razlike so pasmami precejšnje, kar glede na različno velikost populacij pričakovano. Ovce imajo pri vseh pasmah več osnovalcev kot ovni, z izjemo pri bovški pasmi.

Efektivno število osnovalcev se za ovne in ovce znotraj pasem večinoma precej razlikuje (tabela 9), od 18.4 pri ovnih belokranjske pramenke do 1808.9 pri ovnih bovške pasme ter od 32.7 pri ovcah istrske pramenke do 171.2 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 šest- oz. petkrat večje od efektivnega števila osnovalcev, pri ovcah pa je deset- oz. osemkrat večje.

Med pasmami ovce so tudi precejšnje razlike v trendu sprememb efektivnega števila osnovalcev in prednikov glede na leto rojstva živali (slika 12). Pri obeh pramenkah zaradi majhnega števila živali obe vrednosti precej nihata, pri jezersko-solčavski pasmi je od leta 1995 stanje dokaj stabilno, pri oplemenjeni jezersko-solčavski pasmi je zmanjševanje bolj opazno, medtem ko se pri bovški pasmi efektivno število osnovalcev povečuje, efektivno število prednikov pa se rahlo zmanjšuje.



Slika 11: Porazdelitev za povprečno sorodstvo po pasmah v referenčni populaciji

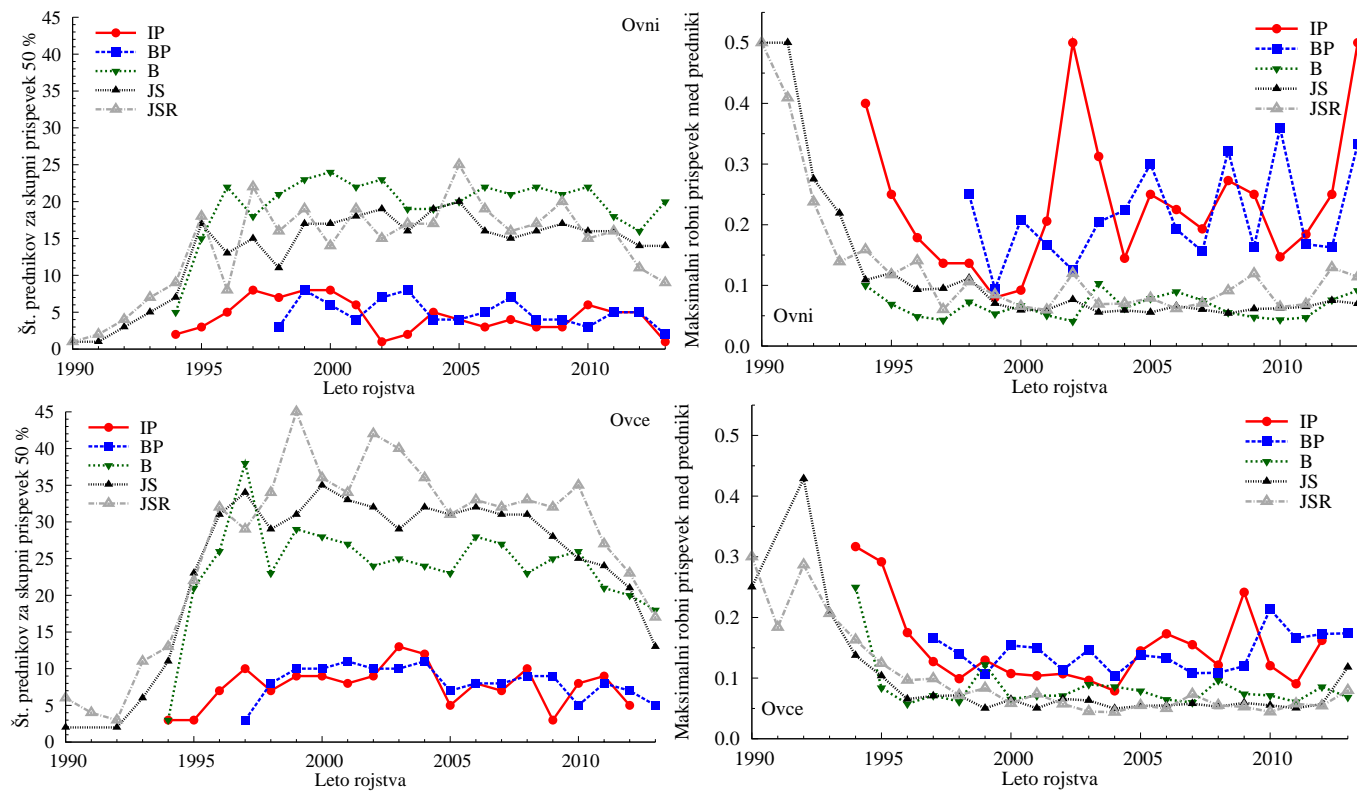


Slika 12: Efektivno število prednikov in osnovalcev po letih rojstva po pasmah

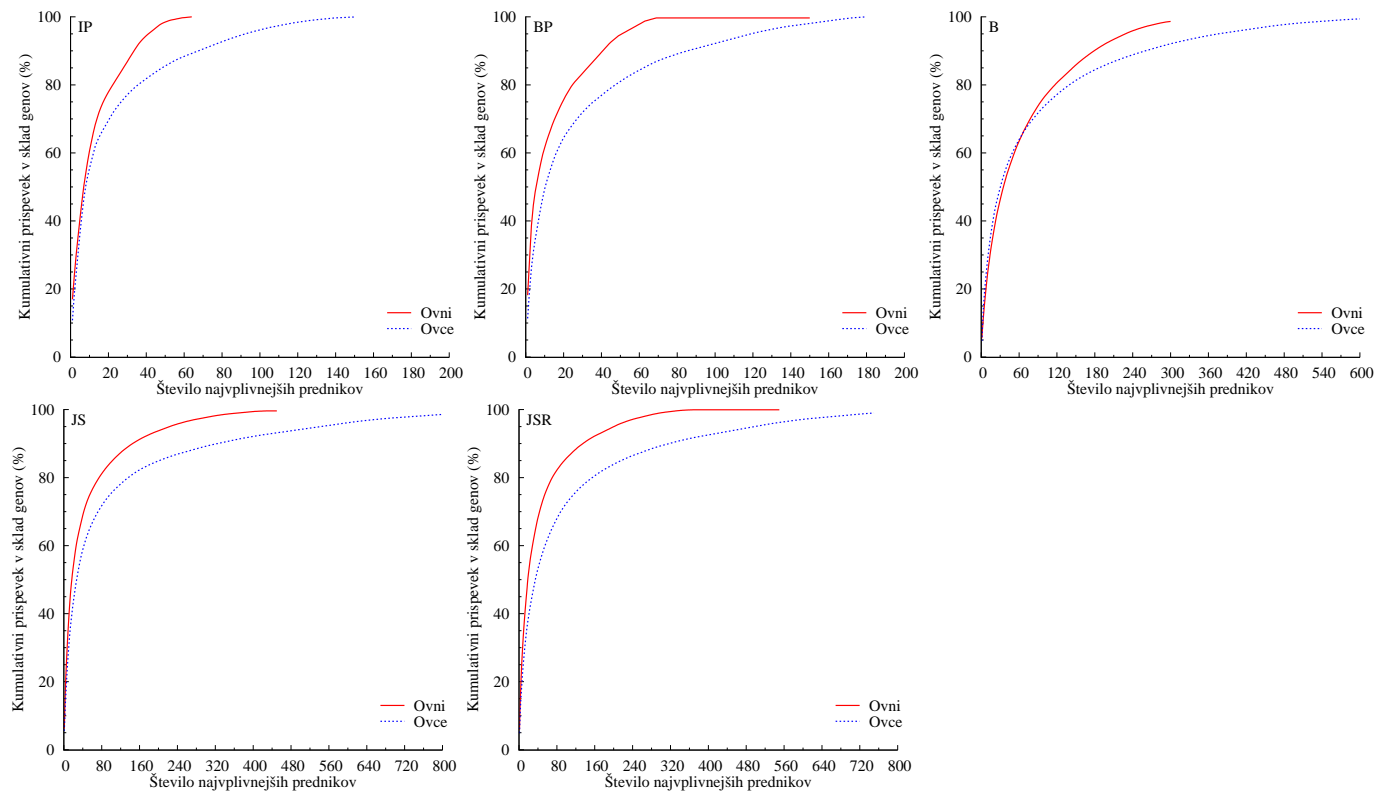
Tabela 9: Zastopanost osnovalcev in prednikov pri ovnih in ovcah referenčne populacije

Parameter	Pri ovnih	Pri ovcah	Pri ovnih	Pri ovcah	Pri ovnih	Pri ovcah
	Istrska pramenka		Belokranjska pramenka		Bovška ovca	
Število živali z znanimi starši	56	232	81	336	287	1847
Število osnovalcev	75	208	89	193	447	702
Efektivno število osnovalcev (f_e)	19.5	32.7	18.4	37.3	180.8	171.2
Efektivno število prednikov (f_a)	17.8	25.2	15.1	28.0	88.1	77.6
N_{50}	7	8	6	11	36	31
$C_{max}(\%)$	17.0	10.8	18.2	11.3	5.5	4.7
	Jezerško-solčavska ovca		Opl. jezerško-solč. ovca			
Število živali z znanimi starši	952	2527	731	1992		
Število osnovalcev	537	1099	518	1114		
Efektivno število osnovalcev (f_e)	85.3	112.3	111.2	154.3		
Efektivno število prednikov (f_a)	48.9	73.3	52.5	85.9		
N_{50}	17	28	19	35		
$C_{max}(\%)$	6.2	5.5	5.9	4.9		

N_{50} - število prednikov, ki največ prispevajo v kumulativni pričakovani prispevek 50 % sklad genov populacije; C_{max} - pričakovani prispevek prednika, ki prispeva največ



Slika 13: Spreminjanje števila prednikov, ki v sklad genov prispevajo 50 % (levo) ter največji posamični robni prispevek (desno) leti po spolu in pasmah



Slika 14: Kumulativni prispevek 'n' najpomembnejših prednikov v genski sklad referenčne populacije po pasmah

Efektivno število prednikov je pri vseh pasmah pričakovano manjše od efektivnega števila osnovalcev, kar so na splošno dokazali Boichard in sod. (1997). Pri ovnih je efektivno število prednikov najmanjše pri belokranjski pramenki (15.1), precej podobno je tudi pri istrski pramenki (17.8), medtem ko je pri ovnih bovške ovce to število 88.1, pri jezersko-solčavski pasmi 48.9 ter pri oplemenjeni jezersko-solčavski ovci 52.5. Pri ovcah je pri večini pasem efektivno število prednikov večje kot pri ovnih in znaša med 25.2 pri istrski pramenki in 85.9 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 rabo živali in posledično na neenakomerno zastopanost genov prednikov, predvsem ovnov pri vseh pasmah, na kar smo opozorili že pri velikosti družin.

Število prednikov, ki v sklad genov populacije skupno prispevajo 50 % (tabela 9), je pri ovnih med 6 (belokranjska pramenka) in 36 (bovška ovca) ter pri ovcah med 8 (istrska pramenka) in 35 (oplemenjena jezersko-solčavska ovca). Največji posamični prispevek imajo pri vseh pasmah ovni in znaša med 5.5 % pri ovnih bovške pasme in 18.2 % pri ovnih belokranjske pramenke. Pri populacijah ovc so največji posamezni prispevki podobni kot pri populacijah ovnov, od 4.7 % pri ovcah bovške pasme do 11.3 % pri ovcah belokranjske pramenke. Tudi pri ovcah so predniki z največjim posamičnim prispevkom ovni. Na slika 13 je prikazano, kako se z letom rojstva živali spreminjata število prednikov, ki v sklad genov populacije skupno prispevajo 50 % in največji robni prispevek. Pri vseh pasmah se kumulativni prispevek prednikov prej približa 100 % pri ovnih kot pri ovcah (slika 14). Tudi tu se lepo vidi, da so posamični prispevki prednikov pri obeh pramenkah precej večji kot pri ostalih treh pasmah.

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 popravlja. Koeficient inbridinga je pri obeh pramenkah velik, saj so inbridirane praktično vse živali, ki imajo vsaj malo znanega porekla. Zaradi nepopolnega porekla sta tako koeficient inbridinga kot tudi koeficient sorodstva verjetno precej podcenjena. Koeficient inbridinga 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 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 majhni efektivni velikosti populacije. 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.

Literatura

- 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, Vol. 32, str. 525–528. Castanet-Tolosan, INRA.
- 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 Biology*, 8: 111–123.
- MacCluer J.W., VandeBerg J.L., Read B., Ryder O.A. 1986. Pedigree analysis by computer simulation. *Zoo Biology*, 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, Vol. 15, str. 49–54, Veldhoven, The Netherlands. International Bull Evaluation Service.

Poglavje 4

Presoja genetske raznolikosti na osnovi porekla pri dveh lokalnih slovenskih pasmah goveda

Špela Malovrh ^{1,2}, Miran Štepec ¹, Marko Čepon ¹, Milena Kovač ¹

4.1 Uvod

V govedoreji je močno razširjena uporaba osemenjejanja, 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 vnešenih 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...

Pasma lisasto govedo v Slovenij izhaja iz populacije švicarskega simentalskega goveda, ki je nastalo v dolinah Simme in Saane (zahodna Švica). Razvoj industrije in tehnike ter pojav kupne moči proletariata v drugi polovici 19. stoletja so botrovali širjenju simentalske pasme iz Švice v številne takratne srednje in vzhodno evropske države. Simentalska pasma je bila namreč primerna za delo, predvsem pa za intenzivnejšo prirejo mleka in mesa. V času druge svetovne vojne in po njej je bil stalež lisaste pasme v Sloveniji okrog 1/3. Pomembno prelomnico je pomenilo leto 1952, ko se je uveljavilo osemenjejanje, istočasno pa je v Evropi vse bolj naraščalo povpraševanje po govejem mesu. Stalež lisaste pasme je začel naraščati, v sedemdesetih letih 20. stoletja je že presegel 50 %, danes pa znaša okrog 60 %.

Rjavo govedo je bilo že v srednjem veku poznano v Švici. V 19. stoletju pa 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 - terminus, ki je še danes prisoten med rejci). Kasneje, v prvi polovici 20. stoletja pa je bilo vse bolj pomembno tudi spoznanje, da so biki te pasme odlični tudi za pitanje. Z uvedbo osemenjejanja 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

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

²E-pošta: spela.malovrh@bf.uni-lj.si

na izboljševanje lastnosti mlečnosti, pitovnim in klavnim lastnostim pa se v selekcijskem programu daje manjšo težo. Tudi pri tej pasmi obstaja v Sloveniji več kot sto let trajajoče selekcijsko delo (od l. 1904).

Namen te študije je presoja strukture populacij dveh slovenskih tradicionalnih pasem goveda na podlagi porekla, pri čemer bomo uporabili različne parametre, ki omogočajo spremljanje genetske raznolikosti v populaciji.

4.2 Material in metode

Podatke o poreklu dveh tradicionalnih slovenskih pasem goveda je posredovala Katedra ŽORŽ, Enota za govedorejo, na Oddelku za zootehniko Biotehniške fakultete, ki opravlja genetsko vrednotenje za omenjeni pasmi. Za analizo smo uporabili zapise, ki so obsegali oznako živali, pasmo, spol, oznako očeta in matere, datum rojstva ter izvor. V analizo smo vključili rjavo in lisasto govedo. Populaciji sta različno veliki, bistveno več živali je pri lisasti pasmi. Poreklo je pri lisasti pasmi zajemalo 971768 živali, pri rjavi pa 286053 živali. Od tega jih je bilo 107545 oziroma 23253 brez obeh znanih staršev. Za analizo smo kot referenčno populacijo izbrali živali rojene v letih 2009 do 2013.

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 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). Za izračun parametrov, ki genetsko opisujejo populacije, smo se poslužili programskega paketa PEDIG (Boichard, 2002).

4.3 Rezultati in diskusija

Demografski opis referenčne populacije. Podatki o poreklu so obsegali pri rjavi pasmi 286053 živali in 971768 živali pri lisasti pasmi (tabela 1). Pri obeh pasmah je v poreklu določen delež živali, ki nimajo poznanih staršev: pri rjavi pasmi je takih v poreklu 8.1 % in pri lisasti pasmi 11.1 %. Živali brez znanih staršev se v takih analizah obravnavajo kot osnovalci populacije.

Za referenčno populacijo smo izbrali živali, rojene v letih 2009 do 2013. Le-teh je bilo pri rjavi pasmi 40498 in pri lisasti pasmi 198918 (tabela 1). Zaradi različne velikosti populacij je različno tudi število staršev, katerih potomci so v referenčni populaciji. Pri rjavi je bilo očetov 345 in mater 22745, pri lisasti pa 865 očetov in 102321 mater. Razmerje med kravami

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

	Rjavo govedo	Lisasto govedo
Celotni podatki o poreklu		
Število	286053	971768
Biki	98611	390498
Krave	187442	581270
Osnovalci	23253	107545
Delež* (%)	8.1	11.1
Referenčna populacija (2009-2013)		
Število	40498	198918
Biki	19666	100561
Krave	20832	98357
Očetje	345	865
Matere	22745	102321
Razmerje**	65.9	118.3
Osnovalci	13	252
Delež* (%)	0.03	0.13

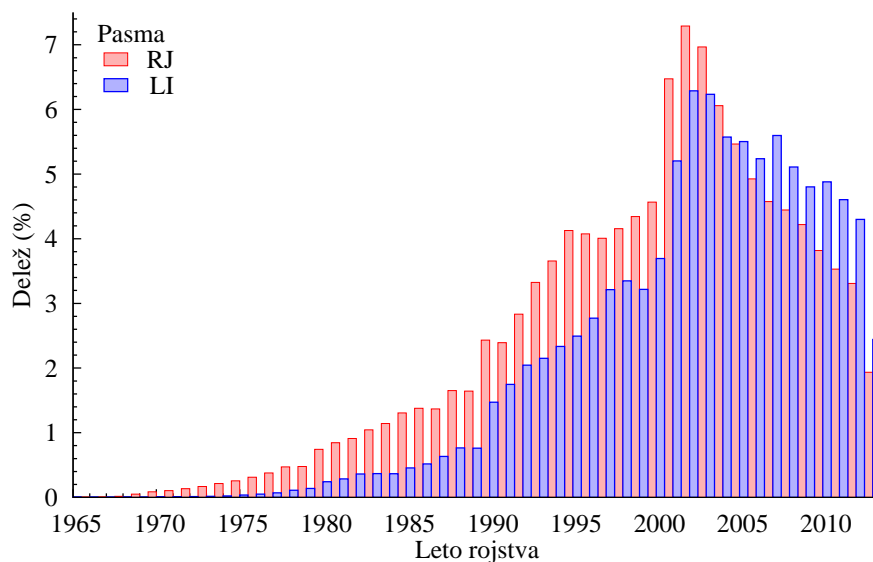
* – delež osnovalcev, ** – razmerje med kravami in biki, ki se pojavijo kot starši

in biki, ki se pojavljajo kot starši, je bilo pri lisasti širše (118.3) kot pri rjavi (65.9). V referenčni populaciji se pojavlja pod 0.2 % živali brez znanih staršev, kar je verjetno posledica migracije plemenjakov iz sorodnih pasem.

Število vpisov v seznam živali po letih rojstva pri obeh pasmah narašča vse do leta 2003 (slika 1), po tem letu pa se prične zmanjševati. Na začetku je ima rjava pasma delež približno dvakrat večji kot lisasta tja do leta 1995, prav tako pa je upadanje po letu 2003 izrazitejše pri rjavi pasmi kot pri lisasti.

Generacijski interval. Pri izračunu generacijskega intervala smo zajeli vse potomce ali pa le potomce, ki so imeli tudi lastne potomce. V obeh primerih smo upoštevali celotno populacijo. Pasm se med sabo nekoliko razlikujeta v generacijskem intervalu, razlikujejo pa se tudi biki in krave znotraj pasme (tabela 2). Biki obeh pasem so v primerjavi s kravami starejši, ko imajo sinove, ki imajo kasneje tudi potomce. V povprečju so ob rojstvu potomcev stari 8.90 let (rjavi) oziroma 8.34 let (lisasti). Krave imajo sinove, ki imajo kasneje potomce, pri starosti 6.65 let pri rjavi pasmi oziroma 6.07 let pri lisasti pasmi. Pri obeh pasmah je pri hčerah po očetu in po materi krajši generacijski interval kot pri sinovih. Pri rjavi pasmi znaša generacijski interval za kombinacijo oče-hči 6.12 let, mati-hči pa 5.50 let, medtem ko je pri lisastih generacijski interval za kombinacijo oče-hči 6.64 let in kombinacijo mati-hči 5.37 let.

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



Slika 1: Prirastek populacije po letih rojstva

Tabela 2: Generacijski interval glede na spol staršev in potomcev

	Starši	Potomci	GI (leto)	Starši	Potomci	GI (leto)
	Rjavo govedo			Lisasto govedo		
Oče - sin	1001	96603	6.20	2096	354092	6.89
Oče - hči	1235	158380	6.14	2432	421099	6.74
Mati - sin	57643	96227	5.09	197707	357127	5.14
Mati - hči	86314	150081	5.34	232691	418002	5.22
Oče - sin*	324	1145	8.90	633	2369	8.34
Oče - hči*	1077	86971	6.12	1892	199013	6.64
Mati - sin*	749	971	6.65	1589	1926	6.07
Mati - hči*	54042	80349	5.50	136092	194339	5.37

GI - generacijski interval, * - upoštevani le potomci, ki so imeli lastne potomce

družin predstavljamo s številom potomcev za pare bik-krava ter po bikih in kravah 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 obeh pasmah je imela le enega potomca. Takih parov je 98.5 % pri rjavi pasmi oz. 98.8 % pri lisasti pasmi. Večje število potomcev po enem paru je zelo redko, maksimum pa znaša 3 oz. 4. Pari pri obeh pasmah so imeli v povprečju enega potomca. Variabilnost velikosti družin je pri parih majhna, standardni odklon znaša 0.12 oz. 0.11 potomcev.

Bikov, kot družin s potomci, je bilo 1477 pri rjavi pasmi in 2694 pri lisasti pasmi (tabela 3). V povprečju so imeli rjavi biki 60.0 potomcev, medtem ko so imeli lisasti biki 79.4 potomcev. Standardni odklon za velikost družin po bikih pri obeh pasmah presega povprečje, 142.4 pri rjavih in 229.0 pri lisastih bikih. Z le enim potomcem je 33.1 (rjavi) oz. 39.3 % očetov (lisasti). Krave imajo v primerjavi z biki pričakovano precej manj potomcev. Tako so imele krave obeh pasem v povprečju 1.49 oz. 1.42 potomcev. Krav z enim samim potomcem je bilo malo pod 70 % pri obeh pasmah. Standardni odklon velikosti družine po kravah je pri obeh pasmah pod 1 (0.83 oz. 0.75), kar seveda pomeni, da so krave veliko enakomerneje zastopane v primerjavi z biki.

Tabela 3: Velikost družin po pasmah¹

Pasma	Družina	Št.	Povpr.	SD	Max.	Dd1 ²	Dp1 ³
Rjavo govedo	Bik-krava	78330	1.02	0.12	3	98.5	97.0
	Bik	1477	60.0	142.4	1381	33.1	0.6
	Krava	55751	1.49	0.83	9	66.6	44.6
Lisasto govedo	Bik-krava	192911	1.01	0.11	4	98.8	97.7
	Bik	2694	79.4	229.0	2806	39.3	0.5
	Krava	148709	1.42	0.75	10	69.3	48.6

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

Popolnost porekla. Živali rojene v letih 2009-2013 imajo v svojem poreklu največ 17 oziroma 18 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 bikih v referenčni populaciji je ekvivalent popolnih generacij znašal 6.08 pri rjavih oziroma 4.85 pri lisastih. Biki imajo v povprečju znanih 307.3 (rjavi) oziroma 170.5 prednikov (lisasti). Pri kravah znotraj pasem je ekvivalent popolnih generacij praktično enak kot pri bikih, podobno pa tudi povprečno število znanih prednikov.

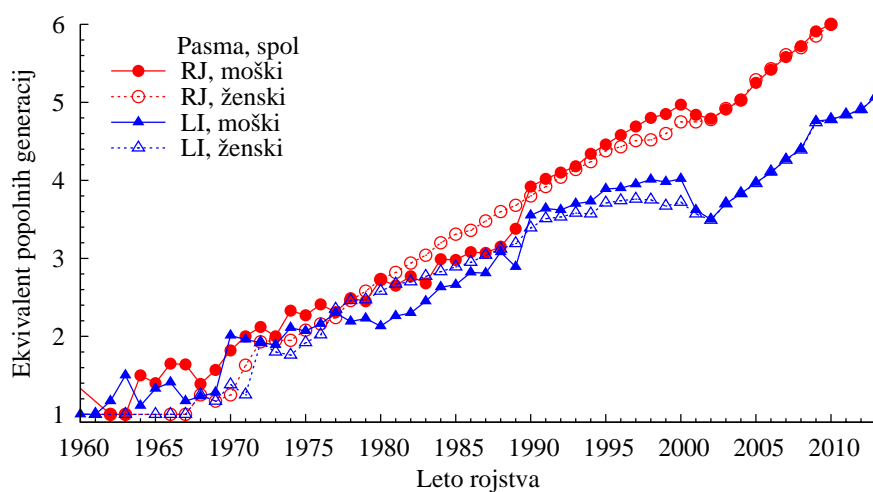
Tabela 4: Ekvivalent popolnih generacij prednikov in povprečno število znanih prednikov v referenčni populaciji po spolu in pasmah

Pasma	Slov. rjavo govedo		Slov. lisasto govedo	
	Biki	Krave	Biki	Krave
Število*	19415	20360	97367	94073
Maks. število generacij v poreklu	17	17	18	18
Ekviv. popolnih generacij prednikov	6.08	6.06	4.85	4.84
Povpr. število znanih prednikov	307.3	304.5	170.5	170.5

* število živali z obema znanima staršema

Slika 2 prikazuje, kako se z leti povečuje ekvivalent popolnih populacij po pasmah in spolih. Biki in krave obeh pasem imajo pred letom 1965 ekvivalent popolnih generacij enak 1. Po letu 1965 se tako pri bikih kot pri kravah povečuje in v letu 2007 pri rjavi pasmi preseže 5,

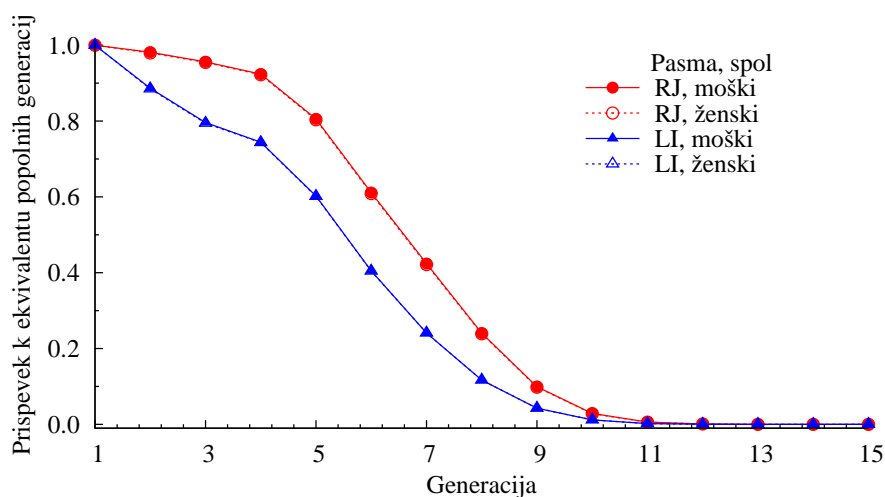
pri lisasti pasmi pa 4. Po letu 2003 sta ekvivalenta popolnih generacij pri bikih in kravah znotraj pasem postala praktično enaka, pred letom 2003 so imele krave pri rjavi pasmi večje vrednosti kot biki, pri lisasti pasmi pa so imeli nekoliko popolnejše poreklo biki. V referenčni populaciji (slika 3) se prispevki posameznih generacij prednikov pri bikih in kravah znotraj pasme ne razlikujejo. Prva generacija, se pravi starši živali, imajo v obeh pasmah prispevek enak 1, v kasnejših generacijah pa se prično pojavljati razlike med pasmama. V drugi generaciji je prispevek prednikov skoraj 0.98 pri rjavi in 0.88 pri lisasti pasmi. Razlika med pasmama v prispevku se povečuje do šeste generacije, kjer je pri rjavi pasmi prispevek 0.58, pri lisasti pa 0.38. Od devete generacije naprej so prispevki pri obeh pasmah podobni.



Slika 2: Ekvivalent popolnih generacij prednikov po letih rojstva

Povprečni koeficient inbridinga. V zajeti populaciji je bilo 176453 inbridiranih živali rjave pasme in 327585 inbridiranih živali lisaste pasme (tabela 5). Povprečni inbridging pri teh živalih znaša 1.23 % (rjava pasma) in 0.75 % (lisasta pasma). Največji inbridging je bil 37.60 % pri rjavi ter 31.26 % pri lisasti pasmi. Inbridiranih je 61.7 % (rjava pasma) oziroma 33.7 % živali (lisasta pasma) zajetih v poreklu. Povprečni inbridging, 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 % 97.2 % živali, podoben je delež tudi pri lisasti pasmi (97.6 %). Koeficient inbridinga 10 % ali več ima pri obeh pasmah pod 1 % inbridiranih živali.

Povprečje v populaciji za koeficient inbridinga se z leti povečuje pri obeh pasmah (slika 4). 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 lahko iz tujih populacij. Pri obeh pasmah so biki, ki so vključeni v seznam živali, praktično do



Slika 3: Prispevek generacij prednikov k ekvivalentu popolnih generacij v referenčni populaciji

leta 1995 le biki, ki so tudi očetje, kasneje pa je v podatke vključenih več moških telet. Razlike v povprečnem koeficientu inbridginga med kravami in materami je minimalna, saj je v primerjavi z biki bistveno večji delež živali, ki se pojavijo kot starš. Pri lisasti pasmi očetje, rojeni v letu 2010, pri inbridingu močno odstopajo.

Porazdelitvi za koeficient inbridginga se med pasmama razlikujeta (slika 5). Neinbridiranih živali je pri rjavi pasmi 38 % in pri lisasti pasmi 66 % (tabela 5), med inbridiranimi pa je pri obeh pasmah delež živali, ki imajo koeficient inbridginga pod 5 % nekaj čez 97 % (tabela 5). Rjava pasma ima do 1 % inbridginga 62 % inbridiranih živali, medtem ko ima lisasta pasma takih živali kar 85 %.

Koeficient sorodstva. Koeficient inbridginga sicer pove, kako je posamezna žival inbridirana, ne pove pa, koliko so si živali med sabo sorodne. Povprečje koeficientov sorodstva predstavlja napoved za inbridging v naslednji generaciji. Pri govedu smo glede na majhen delež bikov, ki se pojavijo kot očetje, koeficiente kolateralnega sorodstva (tabela 6) izračunali med referenčno populacijo krav ter biki, ki so na voljo za osemenjevanje v letu 2014. Kolateralno sorodstvo pri bikih rjave pasme znaša 1.9 %, pri bikih lisaste pasme pa 1.2 %. Tudi pri parih bik - krava je kolateralno sorodstvo večje pri rjavi pasmi (1.5 %) kot pri lisasti pasmi (0.6 %). Vrednosti za povprečje med kravami pri obeh pasmah je bolj podobno vrednostim za pare biki-krava. Na sliki 6 je prikazana porazdelitev za kolateralno sorodstvo med biki in kravami. Pri rjavi pasmi je do vrednosti 1 % za kolateralno sorodstvo 44 % parov, medtem ko je pri lisasti pasmi pa malo pod 86 % parov. Pri obeh pasmah se je ta delež povečal v primerjavi s predhodno analizo.

Tabela 5: Koeficient inbridinga po pasmah

Pasma Razred za inbridning	Rjavo govedo		Lisasto govedo	
	Število	(%)	Število	(%)
$0.00 < x \leq 0.05$	171540	97.2	319682	97.6
$0.05 < x \leq 0.10$	3306	1.9	5172	1.6
$0.10 < x \leq 0.15$	640	0.36	1001	0.31
$0.15 < x \leq 0.20$	27	0.015	22	0.007
$0.20 < x \leq 0.25$			1	0.0003
$0.25 < x \leq 0.30$	936	0.53	1705	0.52
$0.30 < x \leq 0.35$	3	0.002	2	0.001
$0.35 < x \leq 0.40$	1	0.001		
Skupaj	176453 ¹	61.7 ²	327585	33.7
Povprečje (%) ³	1.23		0.75	
Maksimum (%)	37.60		31.26	

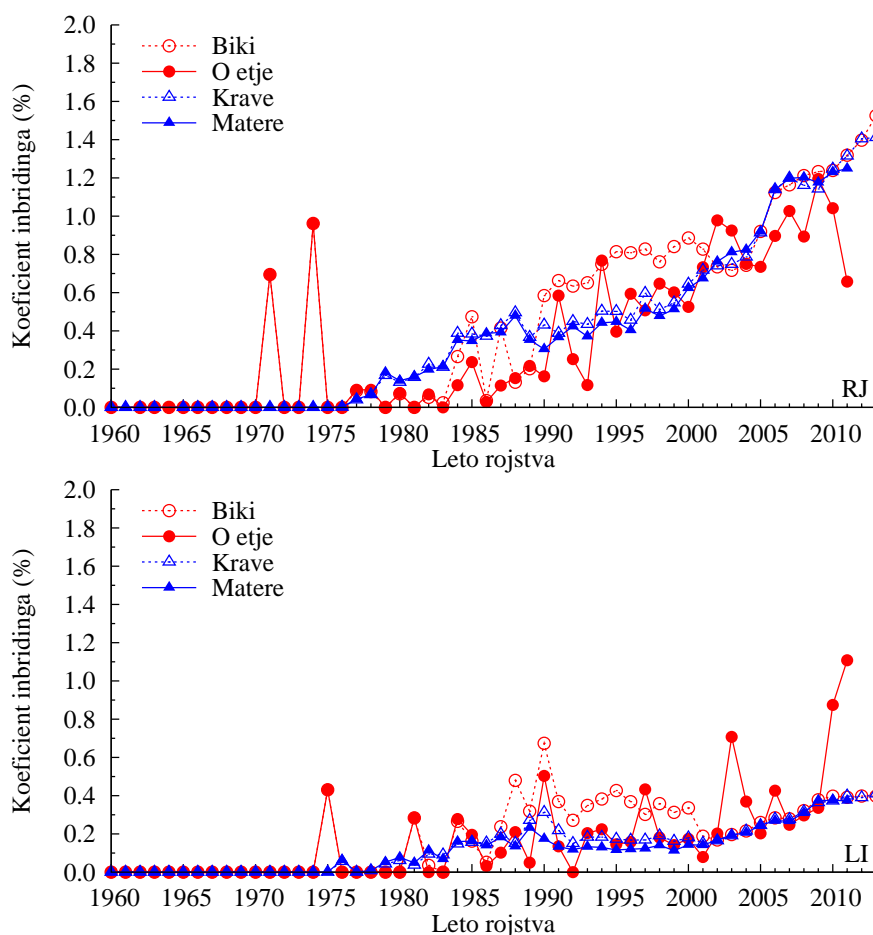
¹število inbridiranih živali, ²delež inbridiranih živali v populaciji, ³povprečni koeficient inbridinga pri inbridiranih živalih

Tabela 6: Koeficient sorodstva (%) v referenčni populaciji* po pasmah

Par	Št. parov	Povpr.	SD	Maks.
		Rjavo govedo		
Biki med sabo	105	1.9	2.7	19.6
Biki s kravami	395625	1.5	2.2	39.2
Krave med sabo	216954865	1.6	2.1	32.1
		Lisasto govedo		
Biki med sabo	528	1.2	1.9	17.6
Biki s kravami	3245781	0.6	1.5	31.3
Krave med sabo	4837000546	0.8	2.3	37.5

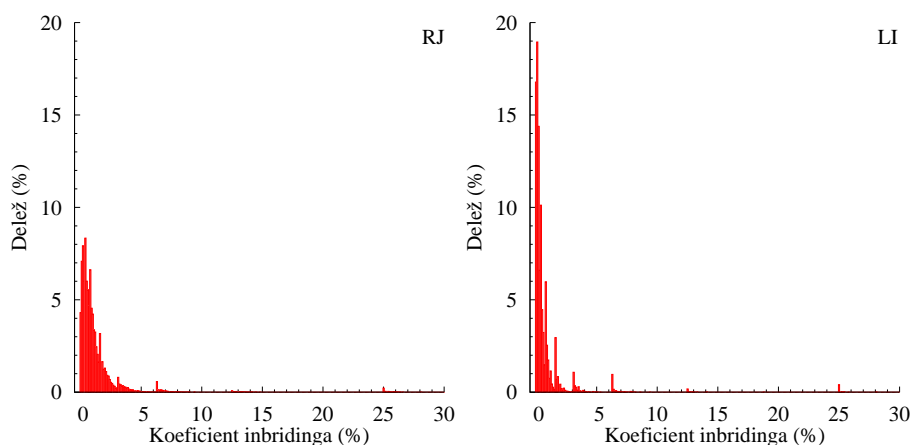
* biki, ki so na voljo za osemenjevanje v letu 2013

Prispevek prednikov in efektivno število prednikov. V populaciji rjavega goveda (referenčna populacija) je že pod 7000 živali, ki jih lahko smatramo za osnovalce, medtem ko je takih pri lisastem govedu okrog 43000 (tabela 7). Razlike med spoloma znotraj pasem so majhne. Efektivno število osnovalcev je tako za bike kot krave pri rjavi pasmi okrog 145, pri lisasti pasmi pa malo nad 360. Efektivno število prednikov je pri rjavi pasmi 62.5 tako pri bikih kot pri kravah, medtem ko je pri lisastih efektivno število prednikov blizu 142. V primerjavi s predhodnimi analizami se efektivno število pri obeh pasmah zmanjšuje, kar pomeni, da se sklad genov obeh populacij siromaši. Efektivno število prednikov je pričakovano manjše od efektivnega števila osnovalcev, kar so na splošno dokazali Boichard in sod. (1997). Razlike med efektivnim številom osnovalcev in efektivnim številom prednikov pa kažejo na neena- komerno zastopanost genov prednikov.

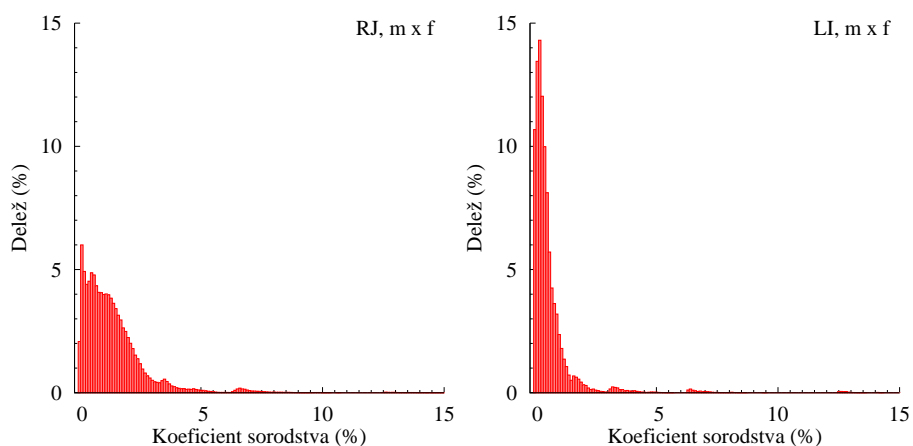


Slika 4: Povečevanje inbridginga s časom po pasmah

Število prednikov, ki v sklad genov populacije skupno prispevajo 50 % , je pri rjavi pasmi 25 pri bikih in kravah, pri lisasti pasmi pa je 57 oz. 56 (tabela 7). Tudi ta vrednost se je v primerjavi s predhodnimi analizami zmanjšala. Med 25 najvplivnejšimi predniki pri rjavi pasmi so štiri krave, medtem ko je pri listati pasmi med 57 oz. 56 najvplivnejšimi predniki pet krav. Največji posamični prispevek imajo pri obeh pasmah biki in znaša 5.45 oz. 5.78 % pri rjavi pasmi ter 3.29 oz. 3.28 % pri lisasti pasmi, kar pomeni, da med spoloma znotraj pasme ni razlik. Vrednosti za največji posamični prispevek enega prednika pri kravah in bikih so se v primerjavi s predhodno analizo nekoliko povečale pri rjavi in rahlo zmanjšale pri lisasti pasmi.



Slika 5: Porazdelitev za koefficient inbridinga inbridiranih živali po pasmah



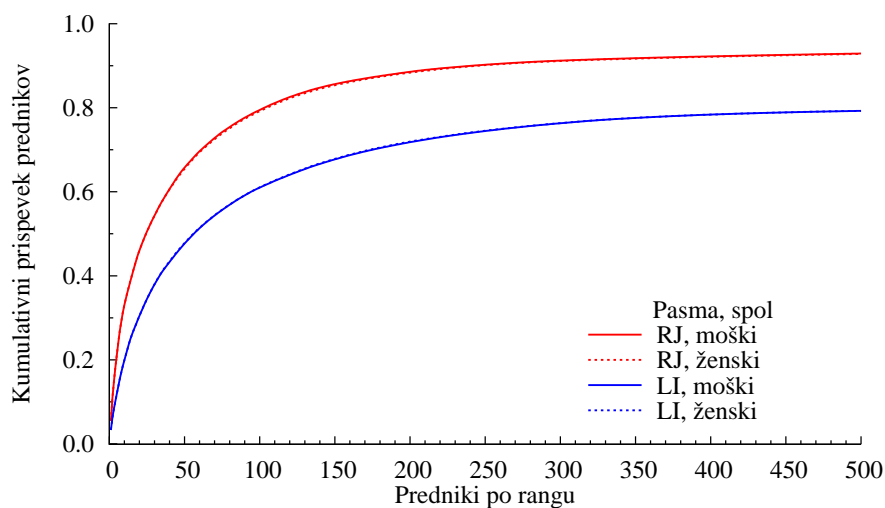
Slika 6: Porazdelitev za koefficient sorodstva med biki in kravami po pasmah

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. Kumulativni seštevek robnih prispevkov prednikov referenčne populacije je predstavljen na sliki 7, kjer so predniki razvrščeni glede na velikost svojega robnega prispevka od najpomembnejšega proti manj pomembnim. Pri obeh pasmah se kumulativni prispevek prednikov med spoloma ne razlikuje. Pri rjavi pasmi je naraščanje kumulativnega seštevka prispevkov hitrejše kot pri lisasti pasmi.

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

Parameter	Pri bikih	Pri kravah
	Rjavo govedo	
Število živali z znanimi starši	19415	20360
Število osnovalcev	6655	6599
Efektivno število osnovalcev (f_e)	145.0	144.7
Efektivno število prednikov (f_a)	62.5	62.5
N_{50}	25	25
$C_{max}(\%)$	5.45	5.48
	Lisasto govedo	
Število živali z znanimi starši	97367	94073
Število osnovalcev	43855	41265
Efektivno število osnovalcev (f_e)	362.5	361.7
Efektivno število prednikov (f_a)	142.0	141.8
N_{50}	57	56
$C_{max}(\%)$	3.29	3.28

N_{50} - število prednikov, ki največ prispevajo v kumulativni pričakovani prispevek 50 % sklad genov populacije; C_{max} - pričakovani prispevek prednika, ki prispeva največ



Slika 7: Ocenjeni kumulativni prispevek prednikov po spolu in pasmah

Tabela 8: Pričakovani prispevek najbolj vplivnih prednikov za živali referenčne populacije po spolih pri rjavi in lisasti pasmi

Št.	Žival	Izvor	Spol	Ime	Leto rojstva	Pričakovani prispevek			Oče	Mati
						Skupni	Robni	Kumul.		
Rjava pasma, biki										
1	421235	US	1	ELEGANT	1966	0.0545	0.0545	0.0545	424359	424404
2	421222	US	1	S IMPROVER	1972	0.0536	0.0536	0.1082	424342	426064
3	429723	US	1	ACRES JUBILATION EMORY	1984	0.0526	0.0395	0.1477	421310	429288
4	421843	DE	1	VINOS	1987	0.0354	0.0354	0.183	428727	429094
5	1299471	SI	1	SOKRAT	2002	0.0358	0.0308	0.2138	827706	217486
Rjava pasma, krave										
1	421235	US	1	ELEGANT	1966	0.0548	0.0548	0.0548	424359	424404
2	421222	US	1	S IMPROVER	1972	0.0535	0.0535	0.1083	424342	426064
3	429723	US	1	ACRES JUBILATION EMORY	1984	0.0533	0.04	0.1482	421310	429288
4	421843	DE	1	VINOS	1987	0.0356	0.0356	0.1838	428727	429094
5	1299471	SI	1	SOKRAT	2002	0.0359	0.0308	0.2147	827706	217486
Lisasta pasma, biki										
1	429868	DE	1	HORROR	1979	0.0329	0.0329	0.0329	426663	426683
2	421170	DE	1	HAXL	1966	0.0285	0.0285	0.0614	424031	427424
3	1209760	SI	1	HORNIST	2001	0.0257	0.0225	0.0838	758629	235172
4	421320	DE	1	HOLB	1976	0.0185	0.0185	0.1024	423935	426580
5	428311	DE	1	STREIF	1978	0.0242	0.0182	0.1205	426503	426521
Lisasta pasma, krave										
1	429868	DE	1	HORROR	1979	0.0328	0.0328	0.0328	426663	426683
2	421170	DE	1	HAXL	1966	0.0287	0.0287	0.0615	424031	427424
3	1209760	SI	1	HORNIST	2001	0.0252	0.0221	0.0836	758629	235172
4	421320	DE	1	HOLB	1976	0.0186	0.0186	0.1021	423935	426580
5	428311	DE	1	STREIF	1978	0.0246	0.0185	0.1206	426503	426521

Že prej smo omenili, da pri rjavi pasmi 25 prednikov prispeva polovico sklada genov (tabela 7). Za 60 % sklada genov populacije je udeleženih 93 prednikov, za 80 % 103 prednikov ter za 90 % 241 prednikov. Pri lisasti pasmi polovico sklada genov prispeva 57 prednikov, 95 prednikov prispeva 60 %. Prispevki prvih 700 prednikov pri lisasti pasmi predstavljajo malo pod 80 % sklada genov populacije. Posamični prispevki od okoli 500. prednika naprej pri obeh pasmah so pod 0.01 %, naraščanje kumulativnega seštevka prispevkov je precej enakomerno, prispevek teh prednikov v sklad genov je enakomeren, so pa ti predniki v veliki večini osnovalci populacije.

V skupnem je, tako za biko kot krave obeh pasem, rojene v letih 2009-2013, veliko število prednikov. Po prvih pet je v vrstnem redu po pomembnosti navedenih v tabeli 8. Za vsakega prednika so navedeni njegov skupni in robni prispevek ter na koncu še kumulativni. Pričakovani robni prispevek nekega prednika, ki je osnovelec ali pa ne, je pričakovani genetski prispevek, ki pa je neodvisen od prispevkov ostalih prednikov (Boichard in sod., 1997). Za razliko od skupnega prispevka, kjer so vštet tudi prispevki ostalih prednikov - njegovih sorodnikov, je, z izjemo pri najpomembnejšem predniku, manjši. Kumulativni prispevek je seštevke 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 je bikov tako pri rjavi kot lisasti pasmi pasmi (tabela 8), pri čemer med spoloma znotraj pasme ni razlik. Pri rjavi pasmi so na prvih treh mesti ameriški biki *Elegant*, *S Improver* in *Acres Jubilation Emory* s po 5 oz. slabimi 4 % robnega prispevka. Kumulativni prispevek prvih pet najpomembnejših prednikov v sklad genov je pri rjavi pasmi blizu 15 %. Na petem mestu je slovenski bik *Sokrat*. Pri lisasti pasmi so med petimi najpomembnejšimi predniki štirje nemški biki in en domači. Tako so na prvih treh mestih bili *Horror*, *Haxl* in *Hornist* s po 3.3, 2.9 in 2.6 % robnega prispevka pri bikih. Tudi pri kravah lisaste pasme so robni prispevki teh treh prednikov podobni. Za razliko od rjave pasme pa prvih pet najpomembnejših prednikov pri lisasti pasmi kumulativno v sklad genov prispeva 12 % genov. 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 pa relativno enostavne dostopnosti semena najboljših bikov v mednarodnem prostoru to še toliko večji problem. Dodaten problem predstavlja neenakomerna zastopanost očetov, kar se kaže kot velika variabilnost pri velikosti družin po očetih.

4.4 Zaključki

Populaciji obeh obravnavanih pasem goveda imata dokaj popolno poreklo, na kar kaže mera ekvivalent popolnih generacij prednikov, katerega vrednost je blizu 5 pri lisasti pasmi in blizu 6 pri rjavi pasmi..

Ocenjeni povprečni inbriding je nizek, a je pri rjavi pasmi inbridiranih čez polovico živali. Pri obeh pasmah se inbriding s časom pričakovano povečuje, pri čemer se povečuje hitreje

pri rjavem govedu kot pri lisastem govedu. Tudi kolateralno sorodstvo med biki, ki so na voljo za osemenje, in kravami se je v primerjavi s preteklimi analizami povečalo.

Efektivno število prednikov je dokaj veliko, pa tudi robni prispevki najbolj zastopanih prednikov so precej enakomerno porazdeljeni, kar pomeni, da imata populaciji zaenkrat še zadosti genetske variabilnosti. V primerjavi s predhodnimi analizami pa ne gre spregledati, da se efektivno število prednikov pri obeh populacijah vsako leto nekoliko zmanjša, kar pomeni, da se genetski sklad populacije siromaši.

Literatura

- 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, Vol. 32, str. 525–528. Castanet-Tolosan, INRA.
- 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.
- Lacy R.C. 1989. Analysis of founder representation in pedigrees: Founder equivalents and founder genome equivalents. *Zoo Biology*, 8: 111–123.
- Maignel L., Boichard D., Verrier E. 1996. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. V: Proceedings of the Interbull Meeting, Vol. 15, str. 49–54, Veldhoven, The Netherlands. International Bull Evaluation Service.

Poglavje 5

Presoja genetske raznolikosti na osnovi porekla pri dveh slovenskih lokalnih pasmah konj

Špela Malovrh ^{1,2}, Janko Slavič ³, Klemen Potočnik ¹, 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 vnešenih 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 plemenilni sezoni uporabiti primerno število čim manj sorodnih plemenjakov. Med slovenskimi lokalnimi pasmami konj bomo obravnavali ljutomerskega kasača in lipicanskega konja. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano je pasmi lipicanski konj in ljutomerski kasač uvrstila na Seznam avtohtonih in tradicionalnih pasem domačih živali (ULRS, 2004b). Za nadaljnji razvoj obeh 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 področju 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 rejkega 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 rejški 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, rejško in selekcijsko delo je bilo omejeno na izvajanje le nekaterih osnovnih rejških opravil in prepuščeno iznajdljivosti rejcev. V Sloveniji se je pričelo opuščati pridevnik "ljutomerski"

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

²E-pošta: spela@mrcina.bfro.uni-lj.si

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

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. Zaradi genetskega toka obstaja v malih populacijah velika nevarnost izgubljanja genetske variacije, ki pa je ključna za preživetje populacije na dolgi rok.

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

5.2 Material in metode

Podatke o poreklu za pasmo ljutomerski kasač smo dobili od Kasaške zveze Slovenije, za pasmo lipicanski konj pa 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 5664 konjev pasme ljutomerski kasač in njihovih prednikov ter 3585 lipicancev. Kot referenčno populacijo, ki okvirno pokriva živečo populacijo, smo izbrali živali, ki so bile rojene v zadnjem desetletju v podatkih, se pravi leta od 2004 do 2013.

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), ekvivalent osnovalcev (Lacy, 1989) oz. efektivno število osnovalcev in efektivno število prednikov (Boichard in sod., 1997). 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 (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 osnovalcev in efektivnega števila prednikov smo se poslužili programskega paketa PEDIG (Boichard, 2002).

5.3 Rezultati in diskusija

Demografski opis referenčne populacije. Podatki o poreklu so obsegali 5664 živali pasme ljutomerski kasač in 3585 živali lipicanski konj (tabela 1). Pri obeh pasmah je v poreklu precejšen delež živali, ki nimajo poznanih staršev: pri ljutomerskem kasaču je takih v poreklu 12.3 %, več pa jih je pri lipicanskem konju (24.2 %). Živali brez poznanih staršev se v tovrstnih analizah obravnavajo kot osnovalci populacije. Pri ljutomerskem kasaču je bilo zajetih 2478 moških in 3186 ženskih živali, medtem ko je bilo pri lipicancih za tretjino manjše število ženskih živali (2092), moških živali pa je bilo manj (1493).

Za referenčno populacijo smo izbrali živali, rojene v desetletnem obdobju med leti 2004 in 2013. Referenčna populacija je tako obsegala pri ljutomerskem kasaču 549 in pri lipicancu 857 živali (tabela 1). Zaradi nekoliko različne velikosti populacij je različno tudi število staršev, katerih potomci so v referenčni populaciji. Pri ljutomerskem kasaču je bilo zajetih 92 očetov in 254 mater, pri lipicancih je očetov manj, le 66, medtem ko je mater več (292). Razmerje med kobilami in žrebci, ki se pojavljajo kot starši, je bilo pri nekoliko širše (4.42) pri lipicanskem konju kot pri ljutomerskem kasaču, kjer pride 2.76 kobil na enega žrebca. V referenčni populaciji se pojavlja 0.9 % živali brez znanih staršev pri lipicancih, kar je pravzaprav presenetljivo, medtem ko pri ljutomerskem kasaču takih živali ni. Pojavljanje osnovalcev v referenčni populaciji kaže na to, da so populacije odprte, ker se v rodovniško knjigo vključuje živali iz tujih populacij.

Slika 1 kaže, kako se je pri obeh populacijah z leti spreminja število vpisanih v seznam živali. 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. Vse do leta 1970 so deleži v posameznih letih med pasmama precej podobni, od leta 1970 pa do nekje do leta 2000 je bil delež vpisanih po letih pri ljutomerskem kasaču opazno večji, kasneje pa je delež vpisanih v seznam živali pri tej pasmi močno pada, medtem

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

	Ljutomerski kasač	Lipicanski konj
Celotni podatki o poreklu		
Število	5664	3585
Žrebci	2478	1493
Kobile	3186	2092
Osnovalci	694	867
Delež* (%)	12.3	24.2
Referenčna populacija 2004 - 2013		
Število	549	857
Žrebci	265	440
Kobile	284	417
Očetje	92	66
Matere	254	292
Razmerje**	2.76	4.42
Osnovalci	0	8
Delež* (%)	0	0.9

* – delež osnovalcev, ** – razmerje med kobilami in žrebci, ki se pojavijo kot starši

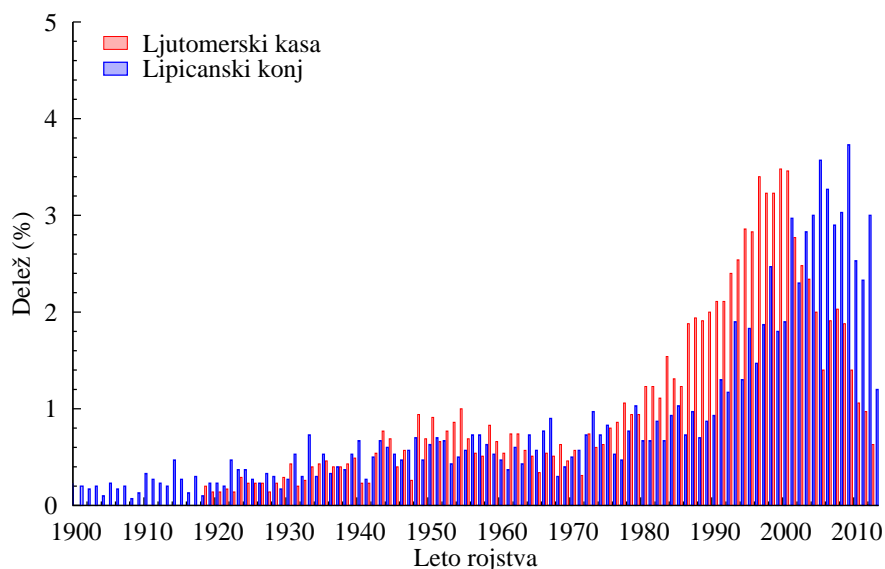
ko je bilo povečevanje pri lipicanskem konju po letu 1970 postopnejše in pa delež vpisanih se povečuje tudi po letu 2000.

Generacijski interval. Pri izračunu generacijskega intervala smo zajeli le živali, ki so imeli tudi lastne potomce, pri čemer smo zajeli celotno populacijo. Pasma se med sabo precej razlikujeta v generacijskem intervalu, razlikujejo pa se tudi žrebci in kobile znotraj pasem (tabela 2). Žrebci pasme ljutomerski kasač imajo potomce v povprečju pri starosti malo nad 13 let, medtem ko so bile kobile v povprečju stare nekaj pod 10.5 let. Pri lipicanski pasmi so žrebci ob rojstvu potomcev nekoliko starejši od kasaških žrebcev, v povprečju dobra dva mesece več kot 13 let, medtem ko so kobile ob rojstvu potomcev prav tako nekoliko starejše kot kasaške kobile.

Tabela 2: Generacijski interval glede na spol staršev in potomcev po pasmah*

	Starši	Potomci	GI (leto)	Starši	Potomci	GI (leto)
Ljutomerski kasač			Lipicanski konj			
Oče - sin	190	391	12.99	246	364	13.20
Oče - hči	267	1168	13.35	328	841	12.79
Mati - sin	227	244	10.23	309	368	10.96
Mati - hči	649	1026	10.45	599	832	10.66

* - upoštevani le potomci, ki so imeli lastne potomce, GI - generacijski interval



Slika 1: Prirastek populacije po letih rojstva

Velikost družin. 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 genetskega materiala iz generacije v generacijo. Velika večina parov pri obeh pasmah je imela le enega potomca. Takih parov je bilo 93.7 % pri ljutomerskem kasaču in še nekoliko več (94.1 %) pri lipicanskem konju. Večje število potomcev po enem paru je zelo redko. Pari so imeli v povprečju podobno število potomcev, 1.08 pri ljutomerskem kasaču oz. 1.06 potomcev pri lipicancih. Variabilnost velikosti družin je pri parih majhna, standardni odklon znaša 0.32 potomcev pri kasaču in 0.26 potomcev pri lipicancih.

Žrebcev, kot družin s potomci, je bilo manj pri pasmi lipicanski konj (490) kot pri ljutomerskem kasaču (817, tabela 3). V povprečju so imeli lipicanski žrebci 2.66 potomcev, žrebci pasme ljutomerski kasač pa nekaj več, 3.04 potomcev. Standardni odklon za velikost družin po žrebcih pri obeh pasmah presega povprečje, kar kaže na precejšnjo neizenačenost družin po žrebcih. Zgolj enega potomca je imelo 61.9 % kasaških žrebcev, medtem ko je takih 51.8 % lipicanskih žrebcev. Žrebec z največ potomcev je pri ljutomerskem kasaču imel 69 potomcev, pri lipicanskem konju pa bistveno manj, 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 in 1.48 pri lipicanskih kobilah. Kobil z enim samim potomcem je bilo 80.4 % pri ljutomerskih kasačih in 70.8 % pri lipicancih. Standardni odklon velikosti družine po kobilah je pri obeh pasmah podoben, vrednost je pod 1, saj so kobile v primerjavi z žrebci veliko enakomerneje zastopane. Kobile so imele največ 8 potomcev, ki so poskrbeli za prenos njihovih genov v naslednje generacije.

V primerjavi z ostalimi speciesi so očetje pri analiziranih dveh pasmah konj nekoliko bolj enakomerno zastopani. Če je varianca v velikosti družine po očetih velika, zmanjšuje efektivno velikost populacije, saj v sklad genov populacije prispevajo zgolj nekatere živali. Pri vseh ostalih živalih na prenos genov na potomce močno vpliva naključni tok genov, ki pa praviloma vodi v izgubljanje genov. Tudi pri konjih je potrebno paziti na enakomernjši doprinos v sklad genov.

Tabela 3: Velikost družin po pasmah¹

Pasma	Družina	Št.	Povpr.	SD	Max.	Dd1 ²	Dp1 ³
Ljutomerski kasač	Žrebec-kobila	2253	1.08	0.32	5	93.7	86.8
	Žrebec	817	3.04	5.59	69	61.9	20.4
	Kobila	1836	1.32	0.80	8	80.4	60.9
Lipicanski konj	Žrebec-kobila	1208	1.06	0.26	4	94.1	88.8
	Žrebec	490	2.66	3.32	24	51.8	19.5
	Kobila	872	1.48	0.96	8	70.8	47.8

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

Popolnost porekla. Živali referenčne populacije imajo v svojem poreklu do 23 (ljutomerski kasač) oz. 15 (lipicanski 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 8.89 pri ljutomerskem kasaču in 7.74 pri lipicanskem konju. Tako imajo žrebci v povprečju 6003.7 (ljutomerski kasač) oz. 864.4 znanih prednikov (lipicanec).

Dokaj podoben je ekvivalent popolnih generacij tudi pri kobilah, ki imajo 8.82 pri pasmi ljutomerski kasač oz. 7.62 pri lipicanskem konju (tabela 4). V povprečju imajo kobile referenčne populacije 842.8 znanih prednikov pri lipicanski pasmi in 5942.8 pri pasmi ljutomerski kasač. Obe pasmi imata precej popolno poreklo, saj se poreklo beleži že mnogo let, pri lipicanskem konju se tudi pri popolnosti porekla poznajo pretresi, ki jih je kobilarna Lipica večkrat doživela, pri ljutomerskem kasaču pa so ohranjene informacije o njihovih prednikih iz drugih populacij kasačev.

Pri obeh pasmah se ekvivalent popolnih generacij prednikov s časom povečuje (slika 2). Za pasmo ljutomerski kasač ekvivalent popolnih generacij prikazujemo od leta 1890, ven-

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

Parameter	Žrebci	Kobile	Žrebci	Kobile
	Ljutomerski kasač		Lipicanski konj	
Število*	265	284	431	413
Maks. število generacij v poreklu	23	23	15	15
Ekvivalent popolnih generacij prednikov	8.89	8.82	7.74	7.62
Povprečno število znanih prednikov	6003.7	5942.8	864.4	842.8

* število živali z znanima staršema

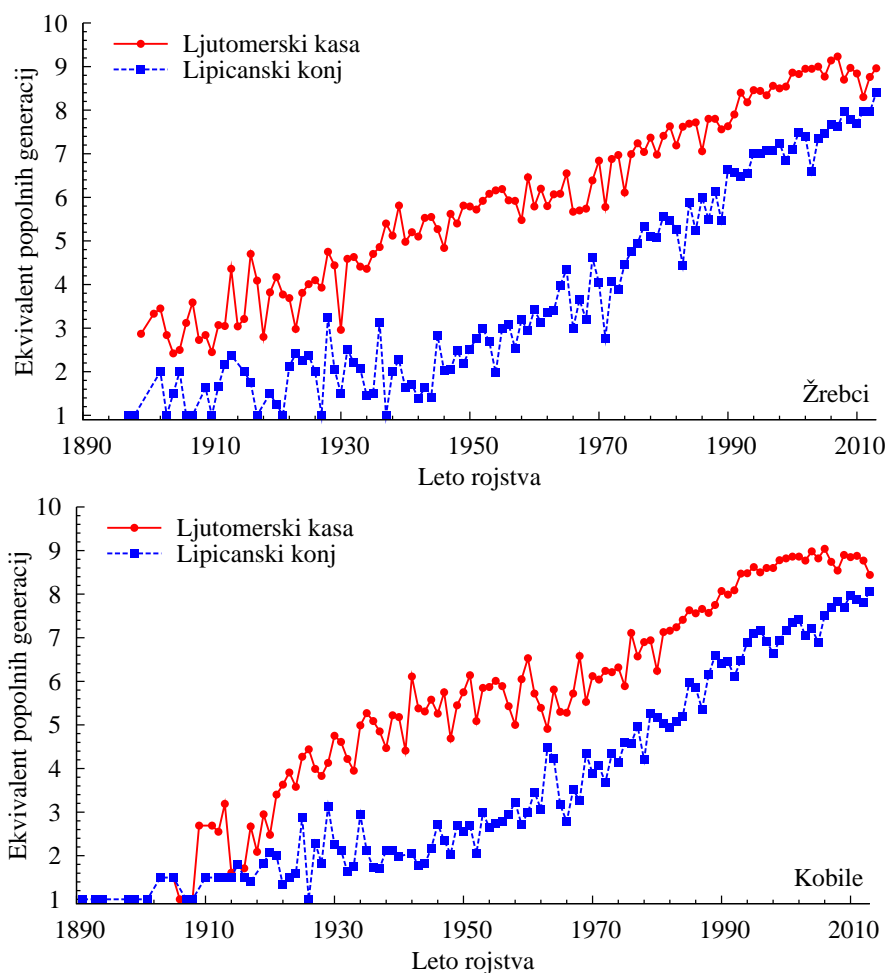
dar so pred letom 1910 praktično le živali iz drugih rodovniških knjig. Velik razkorak med pasmama je pred letom 1970, kasneje pa se razlika med pasmama pri kobilah ohranja, medtem ko se pri žrebcih zmanjšuje. Precejšnje zmanjšanje ekvivalenta popolnih generacij pri lipicanskih konjih je vidno pri živalih, 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.

Inbriding in kolateralno sorodstvo. V zajetih populacijah je bilo 4049 inbridiranih živali pasme ljutomerski kasač in 1977 živali pasme lipicanski konj (tabela 5). Tako je bilo pri ljutomerskih kasačih kar 71.5 % živali inbridiranih, medtem ko je bilo pri lipicanski pasmi inbridiranih 55.2 % živali v populaciji. Povprečni koeficient inbridinga pri inbridiranih živalih znaša 3.51 % pri ljutomerskem kasaču oz. 2.88 % pri lipicanskem konju, največji inbriding pa je bil 29.51 % pri ljutomerskem kasaču. Ker imata obe pasmi precej popolno poreklo, sta verjetno tako povprečni inbriding kot tudi delež inbridiranih živali dokaj realno ocenjena.

Tabela 5: Koeficient inbridinga po pasmah

Pasma	Ljutomerski kasač		Lipicanski konj	
	Število	(%)	Število	(%)
0.00 < x ≤ 0.05	3082	83.7	1657	83.8
0.05 < x ≤ 0.10	910	24.7	284	14.4
0.10 < x ≤ 0.15	47	1.3	28	1.4
0.15 < x ≤ 0.20	3	0.08	3	0.15
0.20 < x ≤ 0.25	3	0.08		
0.25 < x ≤ 0.30	4	0.11	5	0.25
Skupaj	4049 ¹	71.5 ²	1977	55.1
Povprečje (%)	3.51		2.88	
Maksimum (%)	29.51		27.24	

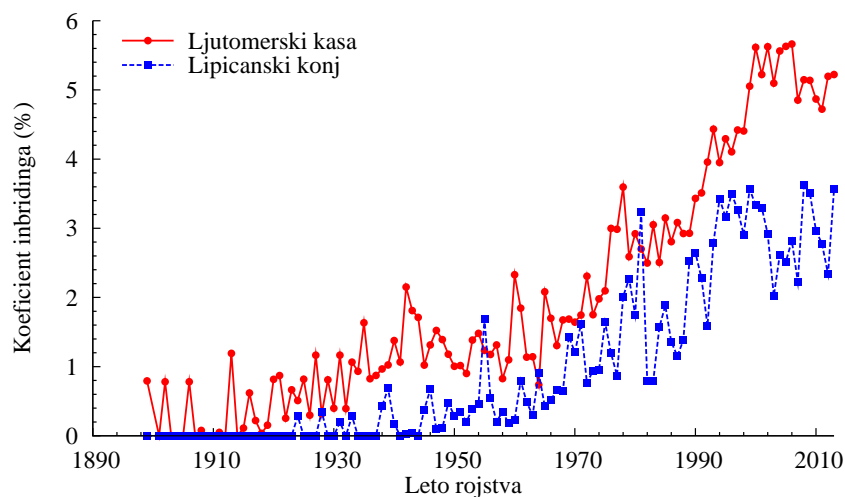
¹število inbridiranih živali; ²delež inbridiranih živali v populaciji



Slika 2: Ekvivalent popolnih generacij prednikov po pasmah, spolih in letih

Pri obeh pasmah se povprečni koeficient inbridinga v populaciji s časom povečuje (slika 3). V populaciji lipicanskih konj koeficient inbridinga 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 inbriding kdaj tudi zniža.

Koeficient inbridinga za posamezno žival pove, kako je le-ta inbridirana, ne pove pa njenega sorodstva z ostalimi živalmi. 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



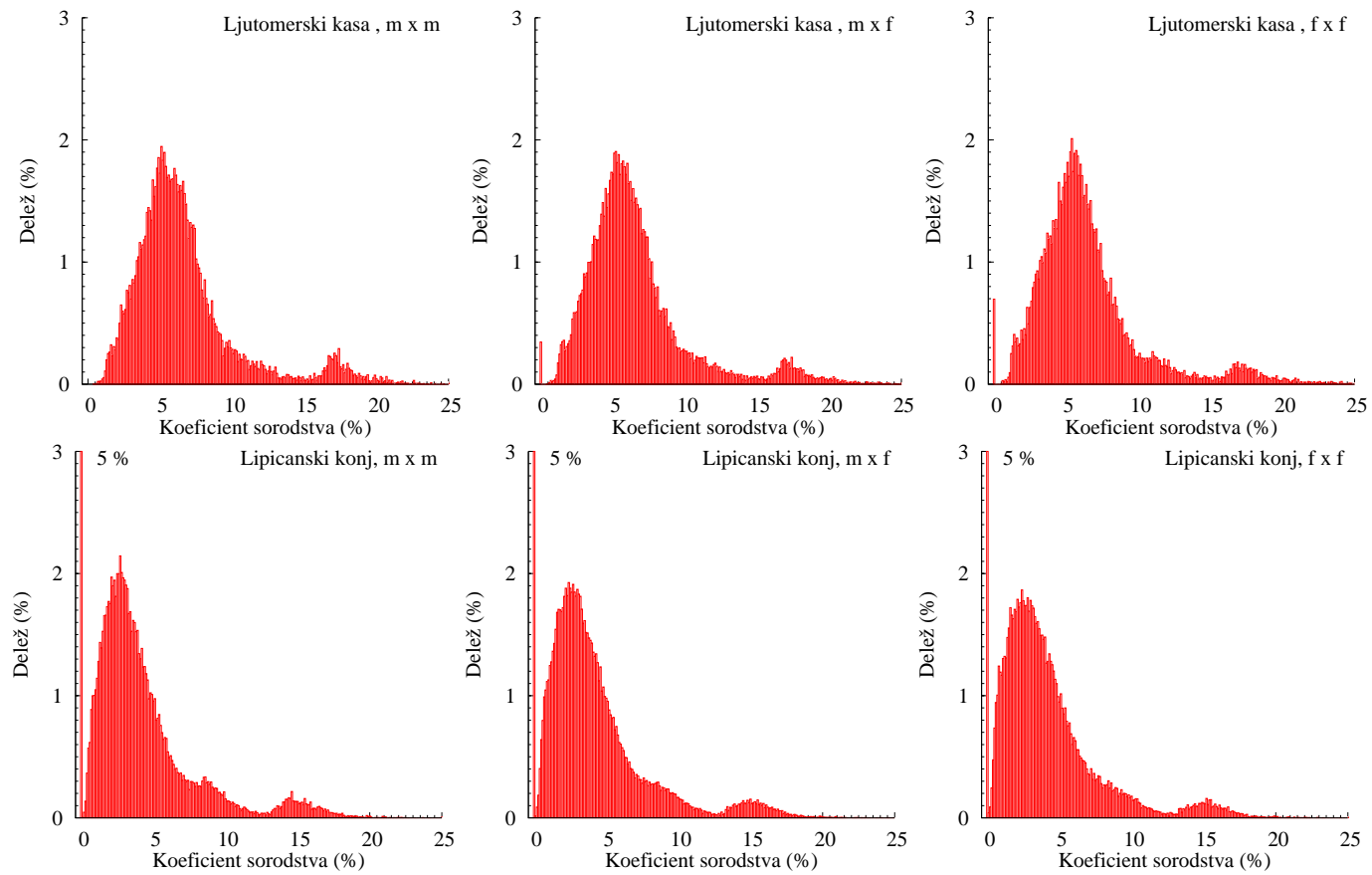
Slika 3: Spreminjanje inbridinga z leti po pasmah

je tudi osnova, kako izbrati pare staršev v malih populacijah. Koeficienti sorodstva med živalmi, ki so rojene v letih 2004 do 2013 pri obeh populacijah, so podani v tabeli 6. Rezultati so, enako kot koeficient inbridinga, pod vplivom popolnosti porekla.

Tabela 6: Koeficient sorodstva (%) v referenčni populaciji po pasmah

Par	Št. parov	Povpr.	SD	Maks.
Ljutomerski kasač				
Žrebcu med sabo	34980	6.7	3.7	32.1
Žrebcu s kobilami	75260	6.6	3.7	32.3
Kobile med sabo	40186	6.5	3.8	41.6
Lipicanski konj				
Žrebcu med sabo	96580	4.2	3.6	31.6
Žrebcu s kobilami	183480	4.2	3.6	30.9
Kobile med sabo	86736	4.1	3.5	30.0

Glede na rezultate so živali lipicanske pasme manj sorodne med sabo kot živali pasme ljutomerski kasač. Pri obeh pasmah ni bistvenih razlik, če primerjamo, koliko so žrebcu sorodni med sabo, koliko so sorodni s kobilami oz. koliko so med sabo sorodne kobile (tabela 6).



Slika 4: Porazdelitev za kolateralno sorodstvo v referenčni populaciji pri ljutomerskem kasaču in lipicanskem konju

Tabela 7: Povprečno sorodstvo (%) v referenčni populaciji po pasmah

Pasma	Št.	Povpr.	SD	Min.	Maks.	Me*	KA**
Ljutomerski kasač	549	13.35	3.36	0.55	19.68	13.66	-0.22
Lipicanski konj	857	8.51	2.82	0.12	14.57	8.94	-0.78

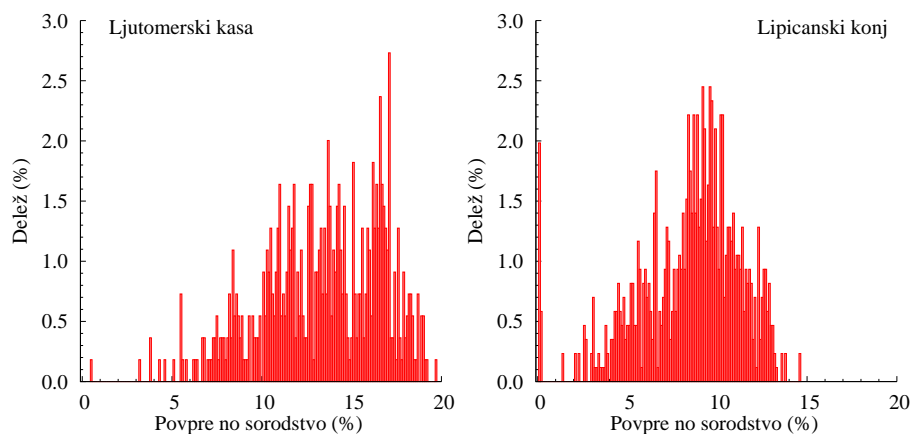
* – mediana; ** – koeficient asimetričnosti

Glede na porazdelitve za kolateralno sorodstvo (slika 4), je pri lipicanskem konju med pari žrebec-žrebec nesorodnih 5 % parov, enako pa tudi med pari žrebec-kobila ter med pari kobila-kobila. Porazdelitve za pare žrebec-žrebec, žrebec-kobila ter kobila-kobila pri pasmi ljutomerski kasač so si precej podobne, so zvončaste in z najpogostejšo vrednostjo nekaj čez 2 % pri kolateralnem sorodstvu 5.3 oz. 5.7 %.

Povprečno sorodstvo. 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 obeh referenčnih populacij, je podana v tabeli 7. Ljutomerski kasači so med sabo v povprečju bolj sorodni kot lipicanci, saj njihovo povprečno sorodstvo znaša malo nad 13 %, medtem ko je ta vrednost pri lipicancih blizu 7.5 %. Pri zajetih živalih jih je pri lipicanskem 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 inbridginga 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 0.55 % in 19.68 % z mediano pri 13.66 % pri ljutomerskem kasaču. Lipicanski konj, ki ima nekoliko manj popolno poreklo, ima mediano je pri 8.94 %, razpon vrednosti pa je med 0.12 in 14.57 %. Porazdelitev povprečnega sorodstva je levo asimetrična pri obeh populacijah, delež bolj sorodnih živali v populaciji je večji pri ljutomerskem kasaču (slika 5).

Prispevek prednikov in efektivno število prednikov. V populacijah je pri žrebcih 590 (ljutomerski kasač) in 343 (lipicanski konj) živali, ki jih lahko smatramo za osnovalce, medtem ko je pri kobilah osnovalcev 617 pri ljutomerskem kasaču in 351 pri lipicancih (tabela 8). Razlike med spoloma pri eni in pri drugi pasmi praktično ni. Tudi efektivno število osnovalcev je pri kobilah obeh pasem podobno kot pri žrebcih, kjer znaša 99.5 (ljutomerski kasač) in 77.8 (lipicanski konj), pri kobilah pa pri ljutomerskem kasaču 97.8 in pri lipicanskih kobilah 79.0. Efektivno število prednikov je pri obeh 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 opozorili že pri velikosti družin. Razkorak med efektivnim številom osnovalcev in efektivnim številom prednikov je manjši pri lipicanskem konju. Efektivno število prednikov, ki so ali niso osnovalci, znaša 20.1 pri žrebcih in 20.9 pri kobilah pasme ljutomerski kasač, kar pomeni skoraj petkrat manjše efektivno število prednikov v primerjavi y efektivnim številom osnovalcev, pri lipi-



Slika 5: Porazdelitev za povprečno sorodstvo po pasmah v referenčni populaciji

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

Parameter	Ljutomerski kasač		Lipicanski konj	
	Pri žrebcih	Pri kobilah	Pri žrebcih	Pri kobilah
Število živali z znanimi starši	265	284	431	413
Število osnovalcev	590	617	343	351
Efektivno število osnovalcev (f_e)	99.5	97.8	77.8	79.0
Efektivno število prednikov (f_a)	20.1	20.9	23.6	25.2
N_{50}	7	7	9	9
$C_{max}(\%)$	12.1	11.8	10.1	10.0

N_{50} - število prednikov, ki največ prispevajo v kumulativni pričakovani prispevek 50 % sklad genov populacije; C_{max} - pričakovani prispevek prednika, ki prispeva največ

canskem konju pa je pri kobilah efektivno število prednikov 25.2 in pri žrebcih 23.6, kar pomeni trikratno razliko.

Število prednikov, ki v sklad genov populacije skupno prispevajo 50 %, je kasaških žrebcih le 7, pri lipicanskih pa 9 (tabela 8). Pri kobilah je pri ljutomerskem kasaču enako število prednikov potrebnih za pojasnitev 50 % genov v skladu genov populacije kot pri žrebcih (7), pri lipicanskem konju pa tudi pri kobilah 9 prednikov prispeva 50 % v sklad genov. Največji posamični prispevek imajo običajno samci in tudi pri konjih ni izjeme, najvplivnejši prednik pri ljutomerskem kasaču prispeva 12.31 % pri žrebcih in 11.8 % pri kobilah. Za spoznanje nižji je največji prispevek pri lipicancih, 10.1 % pri žrebcih in 10.0 % pri kobilah.

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, žrepci							
1	US	1	Speedy Crown	1968	0.1213	0.1213	0.1213
2	US	1	Star's Pride	1947	0.1137	0.1137	0.2350
3	US	1	Peter the Great	1800	0.1110	0.0741	0.309
4	DE	1	Gerd November	1993	0.1019	0.0619	0.3709
5	US	1	Guy Axworthy	1902	0.0826	0.0528	0.4237
Ljutomerski kasač, kobile							
1	US	1	Speedy Crown	1968	0.1182	0.1182	0.1182
2	US	1	Star's Pride	1947	0.1088	0.1088	0.2271
3	US	1	Peter the Great	1800	0.1103	0.0747	0.3018
4	DE	1	Gerd November	1993	0.0942	0.0572	0.3590
5	US	1	Guy Axworthy	1902	0.0824	0.0538	0.4128
Lipicanski konj, žrepci							
1		1	CONVERSANO GAETANA IV	1947	0.1014	0.1014	0.1014
2		1	MAESTOSO BONA VOJA 45	1967	0.0917	0.0917	0.1931
3		1	NEAPOLITANO BATOSTA XXI	1956	0.0752	0.0752	0.2683
4		1	SIGLAVY GAETA II	1993	0.0754	0.0707	0.3390
5		1	FAVORY DUBOVINA IV	1964	0.0542	0.0542	0.3932
Lipicanski konj, kobile							
1		1	CONVERSANO GAETANA IV	1947	0.1004	0.1004	0.1004
2		1	MAESTOSO BONA VOJA 45	1967	0.0839	0.0839	0.1843
3		1	NEAPOLITANO BATOSTA XXI	1956	0.0758	0.0758	0.2601
4		1	SIGLAVY GAETA II	1993	0.0593	0.0556	0.3157
5		1	FAVORY DUBOVINA IV	1964	0.0513	0.0513	0.3670

Najvplivnejših pet prednikov je žrebcev pri obeh pasmah (tabela 9), pri čemer med spoloma znotraj pasme glede najvplivnejših prednikov sploh ni razlik. Pri ljutomerskem kasaču so na prvih treh mestih znani ameriški kasači, s po 12, 11 in 7 % robnega prispevka. Kumulativni prispevek prvih pet najpomembnejših prednikov v sklad genov je pri ljutomerskem kasaču kar 42 %. Pri lipicanskem konju prvih pet najpomembnejših prednikov v sklad genov prispeva nekoliko manj, vendar še vedno blizu 40 %. Prvi trije, Conversano Gaetana IV, Maestoso Bonavoja 45 in Neapolitano Batosta XXI prispevajo 10, 9 ter 8 % genov v sklad genov pasme.

5.4 Zaključki

Populaciji obravnavanih pasem konj nista zelo različni, obe pasmi imata ekvivalent popolnih generacij malo nad 7 (lipicanec) oz. blizu 9 (ljutomerski kasač), kar pomeni precej popolno poreklo. Pri lipicanskem konju se je v primerjavi z analizo v letu 2006 ekvivalent popolnih generacij zmanjšal za ena. Popolnost porekla se potem odraža praktično pri vseh merah genetske raznolikosti populacije.

Žrebci so pri obeh pasmah konj preveč neenakomerno zastopani. Neenakomerna zastopnost 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 variabilnosti, tako da je prispevek v sklad genov naslednje generacije čim bolj enakomeren in se izgublja čim manj genov.

Ocenjeni inbriding, kolateralno sorodstvo kot tudi povprečno sorodstvo so pri obeh pasmah glede na velik ekvivalent popolnih generacij verjetno precej realno ocenjeni, seveda ob predpostavki, da v poreklu ni napak. Tako koeficient inbridinga, kolateralno sorodstvo in povprečno sorodstvo imajo pri ljutomerskem kasaču večje vrednosti kot pri lipicanskem konju. Efektivno število prednikov se med pasmama nekoliko razlikuje. Pri ljutomerskem kasaču ocena za učinkovito število prednikov kaže, da je pestrost v skladu genov populacije takšna, kot bi populacija imela le 20 prednikov, medtem ko je pri lipicanskem konju učinkovito število prednikov nekoliko večje (24).

Literatura

- 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, Vol. 32, str. 525–528. Castanet-Tolosan, INRA.
- 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 Biology*, 8: 111–123.

Maignel L., Boichard D., Verrier E. 1996. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. V: *Proceedings of the Interbull Meeting*, Vol. 15, str. 49–54, Veldhoven, The Netherlands. International Bull Evaluation Service.

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.