

Poglavje 5

Presoja genetske raznolikosti na osnovi porekla ¹

Špela Malovrh, Milena Kovač

5.1 Uvod

V zadnjem času postajajo analize strukture porekla v populacijah vse bolj uporabno in uporabljeno 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.

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. Predstavili bomo rezultate pri prašičih krškopoljske pasme.

5.2 Material in metode

Podatke o poreklu smo dobili iz podatkovne zbirke PiggyBank, ki jo vodijo na Enoti za prašičerejo Oddelka za zootehniko Biotehniške fakultete, ki je Druga priznana organizacija v prašičereji. Obsegali so oznako živali, spol, oznako očeta in matere, datum rojstva, izvor, lastnika ter datum izločitve.

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 stopnjo 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 izgubljanje alel iz sklada genov populacije.

¹Prispevek je sofinanciran v okviru Javne službe nalog genske banke v živinoreji

Za izračun koeficientov inbridinga in koeficientov sorodstva, povprečnega sorodstva, ekvivalenta popolnih generacij, efektivnega števila osnovalcev in efektivnega števila prednikov smo se poslužili programskega paketa PEDIG (Boichard, 2002).

5.3 Rezultati in diskusija

5.3.1 Demografski opis referenčne populacije

Podatki o poreklu so obsegali 1579 živali (tabela 1) v celotnem obdobju. V poreklu krškopoljcev je 4.05 % živali, ki nimajo poznanih staršev. Živali brez obeh poznanih staršev se v takih analizah obravnavajo kot osnovalci populacije.

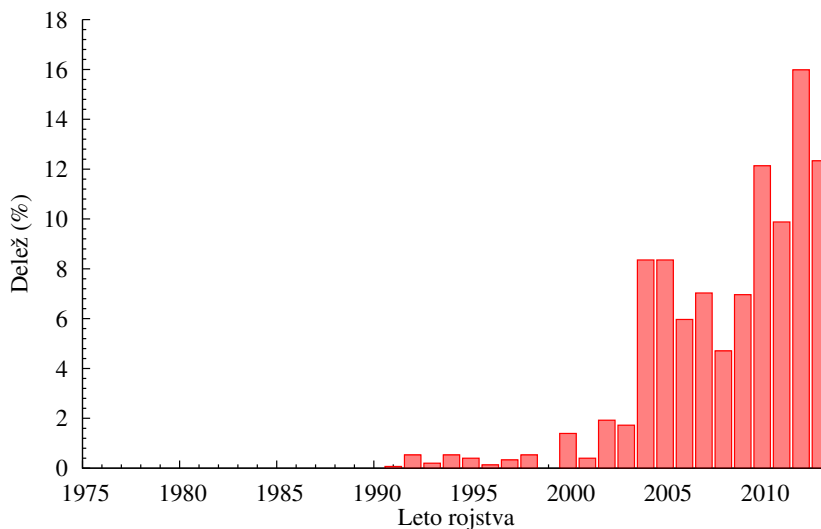
Za referenčno populacijo smo izbrali živali, rojene v letih v letih 2010 do 2013. V tem obdobju je bilo zabeleženih 759 krškopoljskih prašičev (tabela 1). Zaradi različne velikosti populacij je različno tudi število staršev, katerih potomci so v referenčni populaciji. Pri obravnavani pasmi je bilo v zadnjih štirih letih 71 očetov in 221 mater, kar pomeni, da je razmerje med njimi 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

	Vsi podatki o poreklu	Referenčna populacija (2010-2013)
Število	1579	759
Merjasci	337	161
Svinje	1242	598
Očetje		71
Matere		221
Razmerje**		3.11
Osnovanci	64	0
Delež* (%)	4.05	0.00

* – delež osnovalcev, ** – razmerje med svinjami in merjasci, ki se pojavijo kot starši

Na sliki 1 je predstavljeno število vpisanih v seznam živali po letih. Število živali vpisanih v posameznem letu je prikazano kot delež od skupnega števila živali z znanim datumom rojstva. Pri krškopoljskem prašiču se je število v zadnjih letih povečalo, vendar so med leti precejšnja nihanja.



Slika 1: Prirastek populacije po letih rojstva

5.3.2 Generacijski interval

Pri izračunu generacijskega intervala smo zajeli le potomce, ki so imeli tudi lastne potomce, pri čemer smo upoštevali celotno populacijo. Merjasci imajo sinove v povprečju, ko so stari 2.15 let (tabela 2). Ob rojstvu hčera so merjasci stari 1.98 let. Svinje so pri rojstvu sinov stare 2.76 let, pri hčerah pa 2.55 let. Krškopoljski merjasci se od merjascev ostalih pasem ne ločijo veliko, so pa krškopoljske svinje v povprečju skoraj leto dni starejše ob rojstvu svojih potomcev, ki so bili vključeni v reprodukcijo, kot svinje tradicionalnih pasem (Malovrh in Kovač, 2013).

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

Pot	Št. staršev	Št. potomcev	GI (leto)
Oče - sin	40	11	2.15
Oče - hči	58	284	1.98
Mati - sin	68	87	2.76
Mati - hči	160	320	2.55

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

5.3.3 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 (55.4 %) je imela le enega potomca, je pa takih parov v primerjavi z ostalimi speciesi (ovce, koze, govedo) manj Malovrh (2013). Večje število potomcev po enem paru je v primerjavi z ostalimi speciesi nekoliko pogostejše, maksimum pri krškopoljskem prašiču znaša 8. Pari so imeli v povprečju 1.78 potomcev.

Merjascev, kot družin s potomci, je bilo 91 (tabela 3), v povprečju so imeli 5.07 potomcev. Standardni odklon za velikost družin po merjascih presega povprečje, kar kaže na precejšnjo neizenačenost v zastopanosti merjascev. Merjasci, ki so najbolj zastopani preko potomstva, pa so imeli 37 potomcev, ki so imeli tudi lastne potomce in tako poskrbeli za prenos genov z očeta na njegove vnuke.

Svinje imajo pričakovano manj potomcev (2.15), če jih primerjamo z merjasci (tabela 3). Svinj z enim samim potomcem je 43.5 %. Standardni odklon velikosti družine pri svinjah je 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 10 potomcev, ki so poskrbeli za prenos njihovih genov v naslednjo generacijo.

Tabela 3: Velikost družin po pasmah¹

Družina	Število	Povprečje	SD	Maks.	Dd1 ²	Dp1 ³
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

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

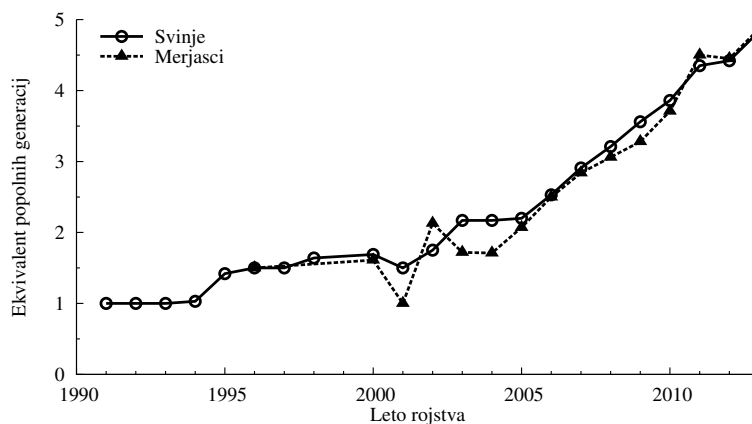
5.3.4 Popolnost porekla

Živali rojene v letih 2010 do 2013 imajo v svojem poreklu 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. V primerjavi z lokalnimi pasmami (Malovrh in Kovač, 2013) je poreklo pri pasmi krškopoljski prašič najmanj popolno, ekvivalent pri merjascih je 4.36 in 4.38 pri svinjah.

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

Parameter	Merjasci	Svinje
Število	163	598
Maksimalno število generacij v poreklu	10	10
Ekvivalent popolnih generacij prednikov	4.36	4.38
Povprečno število znanih prednikov	65.7	65.2

Ekvivalent popolnih generacij prednikov se z leti praviloma povečuje (slika 2), kar je opazno v celotnem obdobju tako pri svinjah kot merjascih. Konstantno povečevanje ekvivalenta popolnih generacij pomeni, da se postopoma izboljšuje popolnost porekla živalim, ki so rojene v zadnjih letih.



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

5.3.5 Koeficient inbridginga in kolateralno sorodstvo

V zajeti populaciji je bilo 721 inbridiranih živali (tabela 5). Povprečni inbridging pri inbridiranih živalih znaša 4.52 %. Pri krškopoljski pasmi bi pričakovali še večji inbridging, a slabša popolnost porekla pri tej pasmi povzroča, da je koeficient inbridginga podcenjen, vendar se s časom povečuje tako popolnost porekla kot tudi povprečni koeficient inbridginga. Najbolj inbridirane živali imajo podoben koeficient inbridginga, ki znaša nekaj nad 25 %.

Tabela 5: Število in delež inbridiranih živali v populaciji

Razred za inbriding	Število	(%)
$0.00 < x < 0.05$	570	79.1
$0.05 \leq x < 0.10$	108	15.0
$0.10 \leq x < 0.15$	21	2.9
$0.15 \leq x < 0.20$	2	0.28
$0.25 \leq x < 0.30$	20	2.8
Skupaj	721	45.7
Povprečje (%)	4.52	
Maksimum (%)	27.69	

Koeficient inbridinga sicer pove, kako je posamezna žival inbridirana, ne pove pa sorodstva z drugimi 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 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, na sliki 3 pa so porazdelitve za koeficient sorodstva.

Tabela 6: Koeficient sorodstva (%) v referenčni populaciji

Par	Št. parov	Povprečje	SD	Maks.
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

SD - standardni odklon

5.3.6 Povprečno sorodstvo

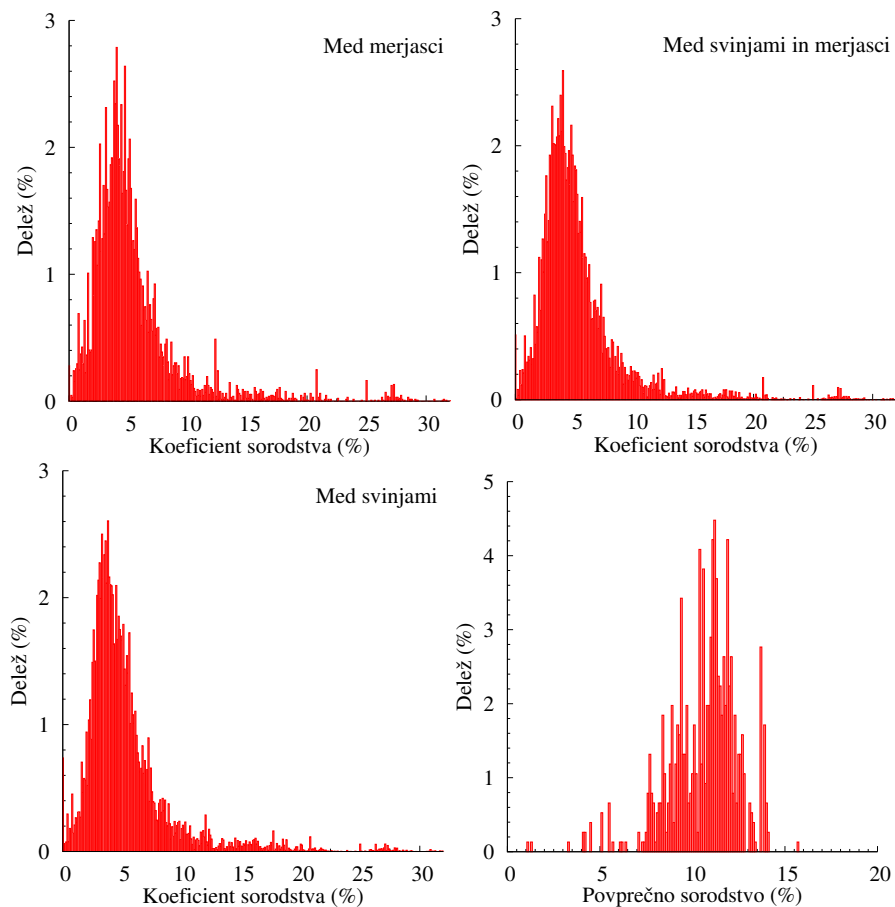
Povprečno sorodstvo (Dunner in sod., 1998) je zelo dober parameter za opis stanja v populaciji, saj meri, koliko je posamezna žival v povprečju sorodna z vsemi ostalimi v (živeči) populaciji. Na osnovi povprečnega sorodstva lahko izbiramo živali, ki so v populaciji genetsko manj zastopane in s tem preprečujemo prehitro povečevanje koeficienta inbridinga 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 3 (desno spodaj) pa prikazuje porazdelitev za povprečno sorodstvo v referenčni populaciji.

Tabela 7: Povprečno sorodstvo (%) v referenčni populaciji

Pasma	Št.	Povprečje	SD	Min.	Maks.	Mediana	KA
Krškopoljski prašič	769	10.64	1.86	1.14	15.66	10.99	-1.01

SD - standardni odklon; ** - koeficient asimetričnosti

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 1.14 in 15.66 % z mediano pri 10.99 %



Slika 3: Porazdelitev za koefficient sorodstva v referenčni populaciji med merjasci (levo zgoraj), svinjami (levo spodaj) ter med merjasci in svinjami (desno zgoraj) in za povprečno sorodstvo v referenčni populaciji (desno spodaj)

5.3.7 Prispevek prednikov in efektivno število prednikov

V populaciji je 40 merjascev in 41 svinj, ki jih lahko smatramo za osnovalce (tabela 8). Efektivno število prednikov je manjše od efektivnega števila osnovalcev, kar so na splošno dokazali Boichard in sod. (1997). Efektivno število prednikov je 14.4 pri merjascih in 14.6 pri svinjah in se je v primerjavi s predhodnimi analizami rahlo povečalo. Razlike med efektivnim številom osnovalcev in efektivnim številom prednikov kažejo na neenakomerno zastopnost 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.

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

Parameter	Za merjasce	Za svinje
Število živali	161	598
Število osnovalcev	40	41
Efektivno število osnovalcev (f_e)	18.7	18.5
Efektivno število prednikov (f_a)	14.4	14.6
N_{50}	6	5
$C_{max}(\%)$	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

5.4 Zaključki

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.

Krškopoljska pasma ima zaradi nepoznanega porekla iz preteklosti inbriding kot tudi koeficient sorodstva verjetno precej podcenjen.

Efektivno število prednikov med merjasci in svinjami se razlikuje. Merjasci so neenakomerno zastopani, kar prispeva k manjšemu efektivnemu številu prednikov in posledično k izgubljanju genov iz sklada genov populacije.