

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Janka PREBIL BEBER

**GENETSKA STRUKTURA POPULACIJE NA OSNOVI POREKLA
PRI LIPICANCU**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**GENETIC STRUCTURE OF POPULATION BASED ON PEDIGREE
INFORMATION OF THE LIPIZZAN HORSE**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija kmetijstvo – zootehnika. Na Katedri za znanosti o rejah živali Oddelka za zootehniko Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani so bile opravljene analize podatkov, ki so bili zbrani v Kobilarni Lipica.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za zootehniko je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Špelo Malovrh.

Recenzent: prof. dr. Milena KOVAČ

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Silvester ŽGUR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Član: doc. dr. Špela MALOVRH
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Član: prof. dr. Milena KOVAČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Datum zagovora:

Podpisana izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Janka PREBIL BEBER

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 636.1:575.8(043.2)=163.6
KG	konji/lipicanska pasma/lipicanec/genetska struktura
KK	AGRIS L20/5120
AV	PREBIL BEBER, Janka
SA	MALOVRH, Špela (mentorica)
KZ	SI-1230 Domžale, Groblje 3
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
LI	2016
IN	GENETSKA STRUKTURA POPULACIJE NA OSNOVI POREKLA PRI LIPICANCU
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	IX, 49 str., 9 tab., 13 sl., 30 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Konje lipicanske pasme Kobilarne Lipica smo na osnovi porekla demografsko in genetsko analizirali, z namenom opisa genetske raznolikosti populacije. Zajetih je bilo 1796 živali, rojenih med leti 1871 in 2003, med katerimi jih je bilo 295 brez znanih staršev. Referenčna populacija je obsegala 597 konj, rojenih med leti 1989 in 2003. Za analizo smo uporabili program PEDIG. Generacijski interval je bil pri žrebcih 13 let in pri kobilah blizu 10,5 let. Žrebci so imeli povprečno 2,43 potomcev, kobile pa 1,39. Ekvivalent popolnih generacij živali referenčne populacije je znašal 8,04. Pri 1026 inbridiranih živalih, kar je predstavljalo 57,1 % živali v poreklu, je bil koeficient inbridinga 3.58 %. Povprečni koeficient sorodstva je bil med 5 in 6 %. Za živali referenčne populacije je bilo efektivno število osnovalcev 59,3 pri žrebcih in 65,5 pri kobilah, medtem ko je bilo efektivno število prednikov 19,3 pri žrebcih in 21,8 pri kobilah. Prispevek najvplivnejšega prednika v sklad genov populacije je znašal 12,5 % pri žrebcih in 11,5 % pri kobilah, Vsega sedem prednikov pri žrebcih in osem pri kobilah je pojasnilo 50 % genetske pestrosti v skladu genov populacije.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 636.1:575.8(043.2)=163.6
CX horses/breeds/Lipizzan/genetic structure
CC AGRIS L20/5120
AU PREBIL BEBER, Janka
AA MALOVRH, Špela (supervisor)
PP SI-1230 Domžale, Groblje 3
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Animal Science
PY 2016
TI GENETIC STRUCTURE OF POPULATION BASED ON PEDIGREE
INFORMATION OF THE LIPIZZAN HORSE
DT Graduation Thesis (University studies)
NO IX, 49 p., 9 tab., 13 fig., 31 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Pedigree data of Lipizzan horse from Lipica Stud Farm was analyzed with aim to demographically and genetically describe the genetic diversity of population. The 1796 animals born in year 1871-2003 were included in pedigree. There were 295 founders among them. The reference population comprised 597 individuals, born in years 1989-2003. The PEDIG program was used for analyses. Generation interval was 13 years in stallions and 10.5 years in mares. Stallions had on average 2,43 offspring and mares 1.39. Equivalent of the complete generations was 8.04. Among animals, 1026 were inbred, and their inbreeding coefficient was 3.58% on average. The average coefficient of kinship was between 5 and 6%. The effective number of founders was 59.3 in stallions and 65.5 in mares, while the effective number of ancestors was 19.3 in stallions and 21.8 in mares. The most influential ancestor contributed 12.5% in stallions and 11.5% in mares to gene pool. Only seven ancestors in stallions and eight in mares explained 50% of genetic variability of population gene pool.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)	III
KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	IX
1 UVOD	1
2 PREGLED LITERATURE	2
2.1 ZGODOVINA LIPICANSKEGA KONJA	2
2.1.1 Ustanovitev kobilarne	3
2.1.2 Vpliv zgodovinskih dogodkov na lipicanskega konja	4
2.1.3 Nastanek pasme: linij, rodov	6
2.2 REJSKI PROGRAM ZA LIPICANSKEGA KONJA	8
2.3 GENETSKA PESTROST PASEM	9
2.3.1 Generacijski interval	12
2.3.2 Popolnost porekla	13
2.3.3 Vplivni predniki	14
2.3.4 Koeficient inbrida in sorodstva	14
2.3.5 Efektivno število osnovalcev in prednikov	16
2.3.6 Genetska raznolikost na osnovi molekularno genetskih metod	18
3 MATERIAL IN METODE	20
3.1 DEMOGRAFSKI OPIS POPULACIJE	20
3.1.1 Generacijski interval	20
3.1.2 Povprečna velikost in varianca velikosti družin	21
3.2 GENETSKI OPIS POPULACIJE	22
3.2.1 Popolnost porekla	22
3.2.2 Efektivna velikost populacije, koeficient inbrida in koeficient sorodstva	22
3.2.3 Efektivno število osnovalcev in prednikov	24
3.3 PROGRAM PEDIG	27
3.3.1 Inbrida	27

3.3.2	Verjetnost izvora genov	27
3.3.3	Koeficient sorodstva	28
3.3.4	Opis popolnosti porekla	29
4	REZULTATI IN RAZPRAVA	30
4.1	DEMOGRAFSKI OPIS POPULACIJE	30
4.1.1	Generacijski interval	30
4.1.2	Velikost družin	34
4.2	GENETSKI OPIS POPULACIJE	35
4.2.1	Popolnost porekla	35
4.2.2	Efektivna velikost populacije, koeficient inbridinga in koeficient sorodstva	37
4.2.3	Efektivno število osnovalcev in prednikov	41
5	SKLEPI	44
6	POVZETEK	46
7	VIRI	47
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Opis populacije	30
Preglednica 2: Generacijski interval glede na spol staršev in potomcev	31
Preglednica 3: Delež družin (%) z n potomci	35
Preglednica 4: Velikost družin z upoštevanjem le tistih potomcev, ki so kasneje imeli lastne potomce	35
Preglednica 5: Koeficient inbridinga pri lipicanskih konjih	38
Preglednica 6: Koeficient sorodstva pri lipicancih referenčne populacije	39
Preglednica 7: Zastopanost osnovalcev in prednikov pri žrebcih in kobilah referenčne populacije	41
Preglednica 8: Prispevek prednikov pri žrebcih referenčne populacije	43
Preglednica 9: Prispevek prednikov pri kobilah referenčne populacije	43

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Skica Kobilarne Lipica iz leta 1779 (Nuernberg, 1993: 17)	4
Slika 2: Starost očetov ob rojstvu sinov (VP – vseh, ki so imeli sinove, PSP – le tistih, katerih sinovi so imeli potomce)	32
Slika 3: Starost očetov ob rojstvu hčera (VP – vseh, ki so imeli hčere, PSP – le tistih, katerih hčere so imele potomce)	32
Slika 4: Starost mater ob rojstvu sinov (VP – vseh, ki so imele sinove, PSP – le tistih, katerih sinovi so imeli potomce)	33
Slika 5: Starost mater ob rojstvu hčera (VP – vseh, ki so imele hčere, PSP – le tistih, katerih hčere so imele potomce)	33
Slika 6: Delež znanih prednikov pri kobilah in žrebcih referenčne populacije	36
Slika 7: Ekvivalent popolnih generacij prednikov po letih rojstva pri kobilah in žrebcih	37
Slika 8: Efektivna velikost populacije (N_e) in stopnja inbridinga (ΔF)	37
Slika 9: Povprečni koeficient inbridinga pri potomcih po letih rojstva	38
Slika 10: Porazdelitev za koeficient sorodstva za pare žrebcev	40
Slika 11: Porazdelitev za koeficientov sorodstva za par žrebec-kobila	40
Slika 12: Porazdelitev za koeficient sorodstva za par kobil	41
Slika 13: Kumulativni prispevek prednikov pri kobilah in žrebcih	42

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ZRLS	Združenje rejcev lipicanca Slovenije
KL	Kobilarna Lipica
f_a	efektivno število prednikov
f_e	efektivno število osnovalcev
F	koeficient inbridinga
p_k	robni prispevek prednika
N_g	efektivno število genomov osnovalcev
N_e	efektivna velikost populacije
GI	generacijski interval
AR	povprečni koeficient sorodstva
ΔF	stopnja inbridinga

1 UVOD

Lipicanski konj je naša avtohtona pasma, ki se je razvila na Krasu. Njegova načrtna reja se je začela leta 1580. Kraške kobile so načrtno oplemenjevali s pasmami žrebcev iz tujih dežel: napolitanskimi, andaluzijskimi in arabskimi konji, velik vpliv na oblikovanje pasme je predstavljalo kraško okolje (Von Hurter, 1880).

Kobilarne Lipica je priznana rejska organizacija, ki vodi rodovno knjigo in je sedež vzreje in šolanja lipicancev v Sloveniji. Populacija lipicanskega konja ni velika, zato obstaja velika verjetnost, da skozi generacije pride zmanjšanja genetske variabilnosti, do izgubljanja genov, kar pa je ključnega pomena za preživetje populacije na dolgi rok.

Namen naloge je bil, da z demografsko in genetsko analizo populacije lipicanskega konja Kobilarne Lipica, na osnovi različnih parametrov, ki omogočajo spremljanje genetske raznolikosti populacije na podlagi porekla, izračunati dejansko stanje, ki nam lahko da smernice za nadaljnjo rejo. Osnova za tovrstno analizo je poreklo, kjer je zelo pomembna njegova popolnost in pravilnost, ob uporabi rezultatov pa je pomembna doslednost pri sistemu parjenja.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 ZGODOVINA LIPICANSKEGA KONJA

V Lipici je ob koncu 16. stoletja začela nastajati najbolj znana slovenska avtohtona pasma konj – lipicanski konj. Začetek te pasme se je pričel z nakupom španskih konj, saj so že ob ustanovitvi kobilarne leta 1580 iz te države pripeljali tako žrebce kot kobile, katerim so kmalu za prvim nakupom sledili dodatni nakupi iz Španije ter Polesine (območje Roviga) (Von Hurter, 1880).

Andaluzijski, napolitanski in arabski konji so res vplivali na lipicanskega konja, osnovo reje pa je vendarle predstavljal domači kraški konj. Nuernberg (1993) opisuje, kako so že v starem in srednjem veku na slovenskem Krasu vzrejali konje, ki so bili priljubljeni in znani po svoji hitrosti, moči, vzdržljivosti in dolgoživosti. V srednjem veku so jih uporabljali kot turnirske in bojne konje zaradi njihove moči, odpornosti in poguma. Uporabni so bili tudi za prevažanje tovara z obale v hribovito notranjost.

Španske konje so kupovali tudi kasneje (Das K. K. Hofgestüt zu Lippiza 1580-1880, 1880). Med njimi je imel največ potomcev španski žrebec Cordova, kupljen l. 1701. Po letu 1717 so poleg španskih in italijanskih kupili še nemške konje. Najbolj znan med njimi je bil žrebec Lipp, ki se je izkazal kot izredno cenjen žrebec, katerega potomci so bili iskani in cenjeni tudi stoletje kasneje. Poleg nemških so kupovali tudi danske konje, največ iz kraljeve danske kobilarne Frederiksborg.

V 19. stoletju so v Lipico pripeljali arabske konje. Leta 1816 je bil kupljen originalni arabski žrebec Siglavy (Das K. K. Hofgestüt zu Lippiza 1550-1880, 1880). Čeprav so kasneje temu žrebcu sledili še drugi arabski žrebci (Jurkovič, 1973), nihče od njih ni imel večjega števila potomcev.

2.1.1 Ustanovitev kobilarne

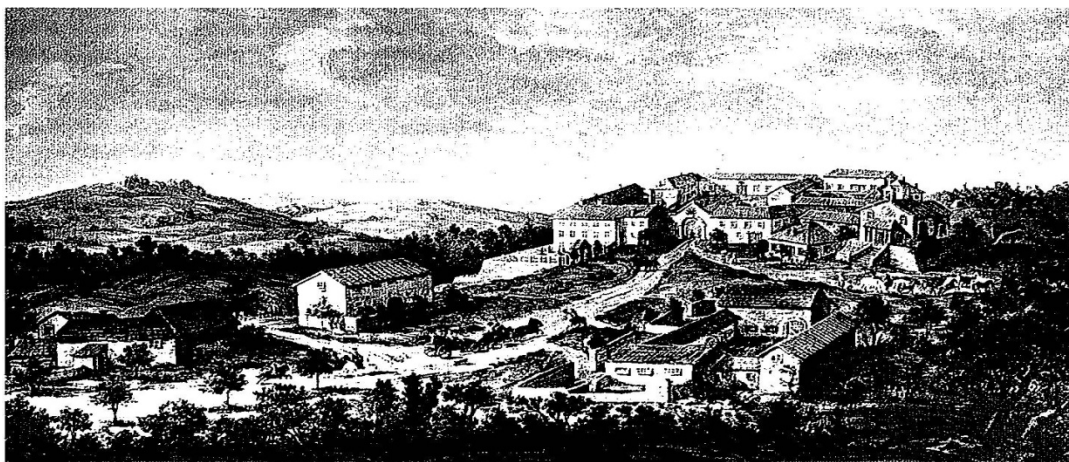
Kobilarna Lipica je bila ustanovljena leta 1580 in sodi med najstarejše kobilarne na svetu. Ustanovil jo je takratni avstrijski nadvojvoda Karel II., ki je bil tedaj regent Štajerske, Koroške, Kranjske, Istre in Trsta. Leta 1576 je obiskal Trst in med tem obiskom so potekali prvi dogovori o nakupu vasi Lipice od tržaškega nadškofa. Januarja 1579 je nadvojvoda izdal ukaz, s katerim so stekli postopki za prenos lastništva vasi Lipica. Nadvojvoda je 19. maja 1580 podpisal odlok, s katerim je dogovor prešel v veljavo (Das K. K. Hofgestüt zu Lippiza 1580-1880, 1880).

Za ustanovitev lastne kobilarne v Lipici je takratni nadvojvoda Karel II. imel povsem praktične razloge. Povod za ustanovitev kobilarne je bil ekonomske narave, saj so se razmere za uvoz konj iz Španije poslabšale. Nuernberg (1993) navaja, da je uvoz postal drag in nezanesljiv, saj se je veliko konj med potjo izgubilo.

Zakaj se je nadvojvoda Karel II odločil ravno za Lipico, ni čisto znano. Jurkovič (1973) ugotavlja, da je verjetno pri odločitvi pomagal sloves konj z območja Lipice, ki so se ponašali z močjo, hitrostjo in vzdržljivostjo. Tako so že Rimljani prav zaradi teh lastnosti na tem območju kupovali konje. Temu mnenju se pridružuje Nurnberg (1993), ki povezuje naravne lastnosti Krasa z želenimi lastnostmi konj. Ostra klima, kamnita pokrajina s skromno, a zdravo vegetacijo, je ustvarila eno izmed najtrdoživejših pasem konj. Sam namen kobilarne v Lipici je bila predvsem oskrba dvorskih hlevov v Gradcu s potrebnim številom elegantnih vozni in jahalnih konj (Jurkovič, 1973).

Kobilarna Lipica je za nemoteno delovanje poleg konj potrebovala tudi ustrezne stavbe, stanovanja in hleve ter primerne pašnike in travnike (Jurkovič, 1973). Zemljo iz številnih kraških dolin in vrtač so dovažali in urejali travnate površine. Poleg tega so po posestvu izvajali pogozdovanje in gradili cisterne, s katerimi so ljudem in konjem zagotovili pitno vodo, saj je bila voda na krasu prava dragocenost (Das K. K. Hofgestüt zu Lippiza 1580-1880, 1880). Večina teh del je bila opravljena v petih letih, saj naj bi prvi upravitelj kobilarne, Slovenec Franc Jurko, leta 1585 sporočil nadvojvodi Karlu II., da sta obstanek in nemoteno delo kobilarne zagotovljena (Jurkovič, 1973).

Zahteve po vzreji konj so se skozi leta povečevale, zato je bilo za zagotavljanje teh potreb potrebno povečati pašnike, travnike, uporabne površine, hleve. Med drugim so kupili posestvo na Prestranku, in v Postojni, kar je omogočilo povečanje lipiške črede. Nuernberg (1993) je objavil sliko Kobilarne Lipica iz leta 1779 (slika 1), kjer so razvidne dodatno zgrajene stavbe. Leta 1703 se je na novo zgradil hlev Velbanca v kobilarni Lipica, ki je bil namenjen žrebcem. Kasneje je sledila izgradnja kompleksa Borjač. Kompleks je kvadratno zasnovan z notranjim zaprtim dvoriščem, ki je služil kot izpust. Borjač je bil namenjen kobilam z žrebeti ter mladim žrebcem.



Slika 1: Skica Kobilarne Lipica iz leta 1779 (Nuernberg, 1993: 17)

2.1.2 Vpliv zgodovinskih dogodkov na lipicanskega konja

Kobilarna Lipica je v svoji poti od začetka do današnjih dni doživljala tako lepe in uspešne čase kot tudi težke čase. Brez večjih težav je preživela vse do konca 18. stoletja. V tem času je bilo zgrajenih precej stavb, o čemer pričajo vzdane plošče z letnicami. V tem času je bilo dokupljeno tudi posestvo Postojna (l. 1718) ter Prestranek (l. 1728). Tako je dobila kobilarna Lipica dovolj pašnih površin in so celotni naraščaj pasli na območju hribovitih pašnikov okoli Prestranka. V času Marije Terezije (1740-1780) je imela kobilarna Lipica 150 plemenskih kobil in po besedah Jurkovič (1973) je lipicanec v tem času slovel kot odličen jahalni konj. Leta 1793 so dobili ponudbo za nakup posestva Kalec (Steinberg), da bi tja premestili kobilarno. Tako bi konje vzrejali na rodovitnejših tleh, kobilarna pa bi bila

bliže Dunaju. Kot kaže so se zavedli prednosti kraških tal in klime za rejo lipicanca, zato so takrat to idejo opustili (Jurkovič, 1973).

Kobilarna Lipica se je bolj ali manj nemoteno razvijala do leta 1796, ko je Avstroogrška stopila v vojno z Napoleonom I. Konje so takrat prvič morali preseliti iz kobilarne Lipica. Tristo konj so preselili na Madžarsko v Szekesfehervar. Del črede, ki je ostal na Prestranku, so v Lipico vrnili že konec leta 1797, medtem ko so preostanek črede iz Madžarske vrnili septembra 1798. Francozi so med vojno opustošili kobilarno, zato je bila potrebna obnove. Leta 1805 so konje iz Lipice ponovno umaknili pred Napoleonom, in sicer v Djakovo, od koder so jih nato selili v Karad, kjer pa jih je kmalu doletel še požar v hlevu plemenskih kobil. V začetku maja 1807 so konje iz Karada vrnili v Lipico (Nuernberg, 1993).

Čez dve leti so konje kobilarne Lipica, že tretjič v času Napoleonovih vojn, selili na varno na Madžarsko, v Pécsko. Sprememba klime in tal je zelo slabo vplivala na čredo (Jurkovič, 1973). Čredo so vrnili nazaj v Lipico leta 1815. V tem letu je kobilarna Lipica ponovno pripadla avstroogrski monarhiji (Nuernberg, 1993).

Ob vstopu Italije v leta 1915 v prvo svetovno vojno so konje kobilarne Lipica ponovno umaknili. Del črede so preselili v kobilarno Laxenburg pri Dunaju, drugi del pa v dvorno kobilarno Kladruby na Češkem. Tako razseljeni so ostali do konca druge svetovne vojne. Ker je ozemlje Lipice pripadlo Italiji, so le-ti zahtevali konje nazaj. Kobilarna Lipica je dobila le 107 konj, kar je predstavljalo dobro polovico konj. Kobilarno, ki je postala vojaška, so obnovili. Avstrija je dobila 97 konj in jih premestila v kobilarno Piber, medtem ko je Češkoslovaška obdržala 37 mladih konj in z njimi ustanovila lipicansko kobilarno Topolčianky. S tem je prenehala obstajati cesarsko-kraljeva dvorna kobilarna v Lipici (Jurkovič, 1973).

V času druge svetovne vojne, ko so po kapitulaciji Italije območje zavzeli Nemci, so konje kobilarne Lipica zopet selili. Sledila je priključitev Primorske Jugoslaviji. V precej opustošena poslopja so jeseni 1947 vrnili le 11 lipicancev, kasneje pa še 13. Postopoma so nekaj konj kupili še iz drugih kobilarn in tako delno popravili škodo, ki jo je pustila druga

svetovna vojna ter ponovno pričeli z načrtnim rejским delom. Za rejский cilj so si izbrali rejo lipicanca v klasičnem stilu, z nekoliko bolj poudarjenimi lastnostmi jahalnega konja (Jurkovič, 1973).

Kobilarna Lipica se je v šestdesetih letih pričela turistično razvijati. Leta 1973 so postavili veliko pokrito jahalnico za treninge in predstave. Leta 1980 so zgradili nov hlev za turistične potrebe (Nuernberg, 1993).

Kobilarna Lipica se je leta 1996 preoblikovala v javni zavod, čigar celotno območje s kultivirano kraško krajino, čredo konj ter stavbno in umetnostno dediščino je bilo razglašeno za kulturni spomenik državnega pomena (Zakon o Kobilarni Lipica, 1996).

V letu 2003 so v veljavo stopili novi rejский cilji (Rus, 2002), ki določa lipicanca kot konja, ki je skladen, eleganten, plemenit, srednjega okvira, v klasičnem tipu, pravilnih in izdatnih hodov, ki je primeren za izvajanje klasičnih dresurnih elementov in tudi za vse oblike konjeniškega udejstvovanja pod sedlom in v vpregi.

2.1.3 Nastanek pasme: linij, rodov

Konje so v kobilarno Lipica naseljevali takoj od ustanovitve dalje. Od uvoženih konj so bili sprva uhlevljeni žrebci in kobile, kupljeni v Španiji. Ti so sloveli po elegantnih hodih, plemeniti drži ter lepi zunanosti. Do leta 1585 so pripeljali še več novih konj. Poleg španskih so pripeljali tudi napolitanske, ki so bili v Italiji izredno cenjeni in tudi precej podobni španskim konjem. Kasneje so poleg španskih in italijanskih konj nabavili še nemške in danske konje (Das K. K. Hofgestüt zu Lippiza 1580-1880, 1880).

Uvoženih je bilo precej konj, vendar se je ohranilo le nekaj linij (Jurkovič, 1973). To so linije Pluto (začetnik linije je originalni danski žrebec Pluto, rojen leta 1765 v kobilarni Frederiksborg), Conversano (začetnik linije je originalni napolitanski vrani žrebec Conversano, rojen leta 1767), Neapolitano (začetnik linije je izvorni napolitanski rjavi žrebec Neapolitano iz leta 1790), Favory (začetni linije je kladrubški žrebec Favory, rojen leta 1779) in Maestoso (začetnik linije je bil kladrubški sivi žrebec Maestoso senior, rojen

leta 1773). Ko je v letu 1837 ta linija v Lipici izumrla, so jo v istem letu obnovili z žrebcom Maestoso X, ki je bil rojen leta 1819 v kobilarni Mesöhegyes na Madžarskem. Leta 1816 so v Lipico pripeljali arabskega žrebca Siglavya, ki je kljub temu, da so kasneje uvozili še druge arabske žrebce, edini imel večje število potomcev in je tako postal ustanovitelj nove, arabske linije, ki je postala šesta linija lipicanca (Jurkovič, 1973).

Poleg žrebcev so se v reji lipicanca izoblikovali tudi rodovi kobil (Rus, 2011). Rod 1 Sardinia, rod 2 Spadiglia, rod 3 Argentina, rod 4 Africa, rod 5 Almerina, rod 6 Presciana/Bradamanta, rod 7 Englanderia, rod 8 Europa, rod 9 Stornella/Fistula, rod 10 Ivanka/Famosa, rod 11 Deflorata, rod 12 Capriola, rod 13 Rava, rod 14 Gidrana, rod 15 Djebrin, rod 16 Mercurio, rod 17 Treodorosta in rod Rebeca/Thais, ki se je oblikoval šele po drugi svetovni vojni. V Kobilarni Lipica so danes zastopani vsi klasični rodovi, razen Capriole in Rave.

Odprta rodovniška knjiga je bila značilna za lipicansko pasmo že od zgodnjega začetka. Skozi vsa zgodovinska obdobja so bila križanja z drugimi pasmami konj dovoljena z namenom rejskega cilja ali reprodukcije. V prvi polovici dvajsetega stoletja so bili vpeljeni trije arabski žrebci v kobilarni Hostinec, ena kladrubska kobila v Lipici in štirje žrebci arabskega porekla na področju Madžarske in nekdanje Jugoslavije. Leta 1985 so v rodovniško knjigo vpeljali plemenske kobile s hrvaškim in z madžarskim poreklom in liniji žrebcev Tulipan (Hrvaška) in Incitato (Madžarska). Edini pogoj za sprejem teh živali v rodovniško knjigo, je bil dokaz, da je vsaj 5 generacij nazaj bilo del lipicanske reje. Z ustanovitvijo mednarodne federacije Lipicancev (Lipizzan International Federation) so določili pogoje za vpis živali v rodovniško knjigo lipicancev in od takrat se smatra, da je populacija zaprta. Vseeno je bila še vedno možnost vključiti živali arabskega, andaluzijskega ali kladrubskega porekla v rodovniško knjigo, če je žival bila uporabljena v registriranih lipicanskih kobilarnah za razširitev sklada genov ali za izboljšanje tipičnih lipicanskih karakteristik (Dovč in sod., 2006).

2.2 REJSKI PROGRAM ZA LIPICANSKEGA KONJA

Rejski program je temeljni strokovni dokument (Zakon o živinoreji, 2002). V rejskem programu so navedena vsa pravila za vzrejo določene pasme. Izvorno rodovniško knjigo se po tem programu vodi v dveh glavnih delih. V prvem za Kobilarno Lipica, ki je priznana rejska organizacija, v drugem pa za Združenje rejcev lipicanca Slovenije. V rodovniško knjigo Kobilarne Lipica so lahko vpisani le konji, ki so njena last. Kobilarna sodeluje z Združenjem rejcev lipicanca Slovenije (ZRLS), saj spremlja vzrejo in rejo lipicanca, skrbi za zadostno število plemenskih žrebcev oz. njihovega semena ter na področju svetovanja. Sodeluje z vsemi rejskimi organizacijami, ki prav tako vodijo rodovniško knjigo za lipicanca. Program upošteva mednarodne sporazume o reji lipicanca, sklenjene v Mednarodnem lipicanskem združenju Lipizzan International Federation (LIF), s sedežem v Bruslju (Rus, 2011).

V rejskem programu je naveden rejski cilj, ki opisuje skladnega, elegantnega, plemenitega konja srednjega okvira, v klasičnem tipu, pravilnih in izdatnih hodov, ki je primeren za izvajanje klasičnih dresurnih elementov in tudi za vse oblike konjeniškega udejstvovanja pod sedlom in v vpregi (Rus, 2011). Posebne značilnosti so živahen temperament, dobrohoten karakter, ki ga odlikuje učljivost, delavoljnost in kooperativnost. Za pasmo je značilna dobra plodnost, pozna spolna zrelost, čvrsta konstitucija, dolgoživost in dobro izkoriščanje krme.

V rodovniško knjigo je lahko vpisan le konj znanega porekla, katerega starša sta vpisana v rodovniško knjigo, ki jo vodi priznana rejska organizacija za konje lipicanske pasme. Vse živali morajo biti identificirane, imeti morajo opravljene molekularne genetske preiskave, s katerimi se jim po metodi analize avtosomnih mikrosatelitskih markerjev določi genetski tip (Rus, 2011).

2.3 GENETSKA PESTROST PASEM

Konji so močno vplivali na razvoj človeške civilizacije, saj so imeli velik vpliv pri mobilnosti le-te. Te migracije so vplivale na razvoj pasem in linij. Za današnji čas uporabna definicija pasme vključuje sklad genov populacije ter določa, da je dotična populacija fenotipsko izenačena in enostavno ločljiva od drugih populacij iste vrste, potomci parjenj osebkov znotraj populacije pa ohranijo značilen izgled staršev (Sponenberg, 2007). Pri vrstah domačih živali poznamo dva tipa pasem, landrace ter standardizirane pasme. Pri konjih je prvi tip pasem redkejši, pri drugem tipu pa je imela selekcija s stran rejcev večji vpliv, kar je vodilo v genetsko izolacijo (Sponenberg in Christman, 1995, cit. po Sponenberg, 2007).

Genetsko variabilnost celotne populacije lipicanskih konj v Evropi so proučevali Zechner in sod. (2002) v okviru projekta Copernicus. Iz osmih evropskih kobilarn so analizirali poreklo 565 lipicanskih konj, ki pa je segalo tudi do 32 generacij nazaj, povprečno jih je bilo znanih 15,2. Na osnovi prednikov in osnovalcev so izračunali parametre genetske variabilnosti. Dejstvo je, da so bili rejski cilji različnih kobilarn različni in so se skozi čas tudi nekoliko spreminjali. V avstrijski kobilarni Piber je bil konj namenjen klasični dresuri Španske jahalne šole na Dunaju, medtem ko se je madžarska kobilarna Szilvasvarad specializirala za rejo vrhunskih vprežnih konj. Slovenske, hrvaške in slovaške kobilarne vzrejajo jahalnega konja, romunske zagotavljajo žrebce za oplemenjevanje lokalnih pasem, italijanska kobilarna Monterotondo pa je predstavljala genetsko rezervo. Različni rejski cilji se odražajo v morfologiji konj in vodijo v ločene podpopulacije znotraj pasme. Zechner in sod. (2002) so v študijo vključili kobilarne: Beclean in Fagaras (Romunia), Djakovo (Hrvaška), Lipica (Slovenija), Monterotondo (Italija), Piber (Avstrija), Szilvasvarad (Madžarska) in Topolčianky (Slovaška).

Valera in sod. (2005) so analizirali poreklo andaluzijskih konj. Andaluzijski konji veljajo za zelo staro pasmo in imajo v svojem okolju velik nacionalni pomen, genetsko pa so skozi zgodovino vplivali tudi na druge pasme konj širom Evrope, pa tudi Amerike. Kartuzijski konji so imeli velik vpliv pri tej pasmi. Rejci so dajali prednost pri uporabi kartuzijskih konj in tako omejevali razpoložljivo genetsko variabilnost pasme. Poreklo je v času študije

vsebovalo skupno 75.389 konj, od tega je bilo 6.318 opredeljenih kot kartuzijskih, 39.453 je bilo kobil. Okoli 52 % prisotnih genov je bilo španskega ali italijanskega izvora, 21 % arabskega, 8 % fredriksburškega, 4 % kladrubskega, 3 % angleškega in 2 % arabcev Shagya.

Arabski konji na Poljskem so populacija konj, ki je na Poljskem obstajala že stoletja. Hudo jih je prizadela najprej prva svetovna vojna, kjer je preživelo le 33 kobil od predvojnih 500, potem pa še druga svetovna vojna (Glazewska in Jezierski, 2004). Od tu so rešili 59 kobil in osem žrebcev, kar je predstavljalo osnovo za današnjo populacijo. Glazewska in Jezierski (2004) sta analizirala njihovo genetsko strukturo, ki je bazirala na poreklu populacije konj, rojenih v zaporednih petdesetih letih. Arabski konji na Poljskem so majhna in zaprta populacija, na katero ima velik vpliv selekcija. V analizi sta zajela 1032 plemenskih kobil in 154 žrebcev, rojenimi v letih od 1948 do 1997. Mnogo prednikov je bilo prisotnih le v posameznih rodovnikih, kar pomeni, da je dosti prednikov imelo le po enega potomca. Vzrok sta tukaj dve ozki grli: prva in druga svetovna vojna. Dodatno, v posameznih rodovnikih je bilo nekaj uvoženih osebkov. Delež posameznih osnovalcev se je gibal od 2 % do 38,4 %. Rezultati so pokazali zmanjševanje genetske raznolikosti. Sestava sklada genov se je definirala z zgodovino pasme in omejeno velikostjo populacije.

Francoske jahalne in dirkalne konje so analizirali Moureaux in sod. (1996). Po znatnem povečanju njihovega števila v Franciji se ti delijo na pet pasem različnega obsega in izvora ter z različnimi rejskimi cilji: angleške polnokrvne, francoske kasače, arabce, angloarabce in francoske jahalne konje. Angleški polnokrvni in arabci imajo zaprto rodovniško knjigo na mednarodni ravni, francoski kasači imajo zaprto rodovniško knjigo na nacionalni ravni. Za angloarabce in francoske jahalne konje je značilno vodenje odprte rodovniške knjige, za slednja se je kasneje delno zaprla. Moureaux in sod. (1996) so v raziskavi predstavili genetsko variabilnost teh pasem. Pri tem so analizirali genealoške podatke in izračunali demografske parametre. Uporabili so podatke iz nacionalnega registra konj. Analiza je zajemala podatke o konjih, rojenih med 1974 in 1992. Izkazalo se je, da se je pri pasmah francoski jahalni konj in francoski kasač število rojstev v osemnajstih letih podvojilo. Pri angloarabcih in arabcih se je število sicer povečevalo, a zmerno. Pri polnokrvnem je

število rojstev skočilo iz 3000 na 4500 letno, potem pa se je umirilo. Pri skakalnih in jahalnih konjih je bilo opaziti, da se njihova raba za razplod in šport izključuje.

Bretonski konj je hladnokrvna pasma konj zahodnega dela Francije. Rejci imajo majhno število kobil (povprečno 1,8) in tako ta dejavnost (meso kot glavni produkt) praviloma ni glavna dejavnost farme. Populacija je vodena z odprto rodovniško knjigo. Večino žrebcev ima v lasti Ministrstvo za kmetijstvo, ki izbira odobrene žrebce za razplod in jih distribuira po rejških okoliših. Populacija hladnokrvnih bretonskih konj vključuje 2.800 kobil in 500 žrebcev. Z žrebci drugih pasem je križanih 800 kobil. Podatke za analizo so zajeli iz nacionalnega registra. V času študije je poreklo vsebovalo 36.937 konj, rojenih med 1940 in 1995. Vu Tien Khang in sod. (1998) so analizirali popolnost porekla ter izračunali verjetnost genetskega izvora. Tudi ti so navedli, kako pomembno je ohraniti genetski sklad pri malih in ogroženih populacijah. V tej analizi je bilo izpostavljeno, da so bili določeni predniki uporabljeni v velikem obsegu. V bodoče bodo skušali povečati obrat žrebcev, da bi skrajšali dolžino generacijskega intervala.

Pri angleških polnokrvnih konjih se je v letih pred študijo okrepil mednarodni zračni transport glede konj oz. njihovega transporta širom Avstralije. Prevoz žrebcev se je odražal v relativno majhnem številu žrebcev, ki so zaplodili relativno veliko število potomcev letno v primerjavi s tradicionalnimi pripusti pri angleških polnokrvnih konjih. Sum na zmanjšanje genetske raznolikosti je bil povod za izvedbo analize, ki so jo opravili Vaez Torshizi in sod. (1998). Primarne podatke so dobili v avstralskem Jockey klubu in sicer informacijo z 256.733 konji, ki je vključevala 191.171 angleških polnokrvnih konj. Med slednjimi je bilo 292 konj z neznanim datumom rojstva. Ker je bila glavna analiza pregled spremembe koeficienta inbridinga skozi čas, so te izločili iz analize. Glede na to, da je bilo njihovo poreklo pred letom 1987 manj popolno, je bilo predvidevati, da so dobljene ocene inbridinga manjše, kot bi sicer morale biti. Dejstvo je tudi, da so rejci lahko izbirali tudi med pripusti žrebcev z njimi sorodnimi kobilami. Pretežno majhen vpliv tako imenovanih potujočih žrebcev na raven inbridinga angleških polnokrvnih konj je delno odraz velikega števila tako imenovanih nepotujočih žrebcev, ki so se še uporabljali v Avstraliji. Kaže, da sklad genov populacije zaradi njih še ni ogrožen. Če pa se bo potomce potujočih žrebcev

naprej bolj intenzivno parilo v linijah, bo povprečni nivo inbridinga njihovih potomcev narasel na alarmno stopnjo, odvisno sicer od obsega tovrstnih pripustov.

Kot vse majhne populacije ima tudi asturijski poni velike težave z ohranitvijo genetske variabilnosti. Pričakovati je visoko stopnjo inbridinga in s tem siromašenje sklada genov. Ponija redijo v Asturiji regiji severne Španije. Pasma so na to območje naselili Kelti v času kolonizacije Asturie v 8. stoletju (Checa in sod., 1998). Sicer so ga v zadnjih stoletjih uporabljali v vojaške in delovne namene, v zadnjem obdobju pa se ga, glede na nežnost in poseben korak, uporablja kot jahalnega konja. V začetku preteklega stoletja je populacija šla skozi ozko grlo, potem pa se je stabilizirala, čeprav je še vedno ogrožena (Dunner in sod., 1998).

Gutiérrez in sod. (2003) so na osnovi porekla preučili osem španskih avtohtonih pasem goveda. Vse živali populacije niso bile zajete, saj niso bile vse registrirane. Za lažjo analizo so jih dali v 3 skupine po podobnosti. Velikost populacije je pokazala veliko odstopanje med pasmami. Število čred je večinoma naraščalo, z izjemo nekaterih posameznih pasem, ki so izgubile nekaj čred, je pa pri njih število registriranih telet ostalo isto. V takem primeru so se torej črede povečale. Pri večini pasem je bila v zadnjem obdobju popolnost porekla boljša po maternalni strani, pri populacijah gledanih za nazaj pa je bila boljša po paternalni strani. Popolnost porekla je bila različna glede na pasmo.

2.3.1 Generacijski interval

Generacijski interval (GI) je pri celotni populaciji andaluzijskih konj znašal 10,11 let, pri kartuzijcih pa 12,43 let (Valera in sod., 2005). Tudi pri štirih poteh selekcije: oče-sin, oče-hči, mati-sin, mati-hči so imeli, katalonski konji daljši GI. Daljši GI so povsod kazali žrebci v primerjavi s kobilami. Generacijski intervali so bili v glavnem odvisni od rabe konj. Tudi pri francoskih jahalnih in dirkalnih pasmah konj Moureaux in sod. (1996) opisujejo daljši GI pri žrebcih kot pri kobilah.

Gutiérrez in sod. (2003) so pri španskem govedu izračunali generacijski interval za živali, ki so bile starši v času zadnjih štirih letih v podatkih in prav tako po istem kriteriju, za

dodatnih deset let nazaj. Ocene GI so se gibale med številom 3,7 do 6,08 let v referenčni populaciji. Pri poti oče-sin je bil GI vedno krajši, saj se je očete uporabljalo mlade in kmalu nadomestilo. Pri nekaterih od teh pasem je bilo čutiti vpliv osemenjevanja. Daljši GI so sovpadali z večjimi populacijami, verjetno zaradi hitrega nadomeščanja plemenskih živali v majhnih populacijah. GI so bili v zadnjem obdobju krajši kot tisti izpred 10 let. Med drugim je to lahko posledica izboljšave v vodenju reprodukcije, krajše uporabe za razplod in uporabe napovedi plemenske vrednosti pri odbiri in izločanju.

2.3.2 Popolnost porekla

Pri populaciji lipicanskih konj v Evropi je bilo poreklo za prvih pet generacij prednikov praktično popolno, še v 10. generaciji je bilo znanih 90 % prednikov. Šele po 17. generaciji prednikov je delež znanih prednikov padel pod 50 %. Popolnost porekla se med kobilarnami ni dosti razlikovala. Najpopolnejše poreklo so imeli v Monterotondu in Pibru (Zechner in sod, 2002).

Demografska analiza pri andaluzijskih konjih (Valera in sod., 2005) je pokazala, da je za zadnjih pet generacij popolnost porekla več kot 90 %. Pred 10. generacijo je bil delež znanih prednikov manj kot 10 %. Po letu 1913 niso beležili posameznikov z neznanim poreklom (Valera in sod., 2005).

Pri francoskih jahalnih in dirkalnih konjih, ki so jih analizirali Moureaux in sod. (1996), je bilo poreklo za zadnjih pet generacij zelo popolno. Od šeste generacije nazaj je bilo le še 80 % znanih prednikov. Najbolj pomanjkljivo poreklo so imeli francoski kasači in arabi (le še 12 % pred osmo generacijo nazaj). Angleški polnokrvni so imeli popolnejše poreklo od osme generacije dalje, in sicer 50 %. Druge pasme so bile nekje vmes.

Po avstralski rodovniški knjigi angleških polnokrvnih konj so bili rodovniki po 1987 kompletni (Vaez Torshizi in sod., 1998). Slabo stran analize so predstavljali predniki konj rojenih pred 1987, saj zanje ni bilo popolnih porekel.

2.3.3 Vplivni predniki

Pri andaluzijskih konjih je bil najpomembnejši osnovelec konj španskega izvora, Toscanello Hedera, sledil mu je Neapolitano, eden od osnivalcev klasičnih linij žrebcev, vsak s prispevkom več kot 6 % sklada genov. Naslednji štirje pomembni osnivalci so bili arabskega izvora. K 50 % obstoječega sklada genov lipicanske pasme je skupaj prispevalo 19 konj (Valera in sod., 2005).

2.3.4 Koeficient inbridinga in sorodstva

Zechner in sod. (2002) so analizirali poreklo 565 lipicanskih konj. Iz osmih evropskih kobilarn so izračunali povprečne koeficiente inbridinga, ki so med kobilarnami nihali od 8,6 % do 14,4 %. Povečanje inbridinga je bilo v zadnji generaciji relativno majhno. Živali dveh romunskih kobilarn so genetsko precej sorodne, prav tako so genetsko sorodne živali iz kobilarn Avstrije, Slovenije in Italije. Koeficient inbridinga, kjer so zajeli podatke desetih generacij, je znašal približno 11 %, kar je dokaj visok, in sicer v največji meri zaradi popolnega porekla. Koeficienti inbridinga konj iz kobilarne Monterotondo so bili višji kot pri ostalih kobilarnah, saj gre za majhno, in precej zaprto rejo, ki je skrbela le za ohranjanje linij in rodov. Ne glede na majhno velikost populacije, pa je bil inbriding najmanjši pri konjih v kobilarnah Djakovo in Topolčianky. Ti kobilarni sta se posluževali žrebcev za pripuste iz drugih kobilarn: Pibra, Szilvasvarada in Lipice. V Pibru se je glede na prejšnje raziskave inbriding nekoliko zmanjšal in znašal 11,48 %, kar je posledica nakupa kobil iz drugih kobilarn. Romunske kobilarne so imele poreklo manj popolno. Ugotovljeno je bilo nizko sorodstvo (5 %) romunskih konj s konji drugih kobilarn, romunski kobilarni med seboj pa sta imeli najvišjega. Malenkost bližnjega so ti konji imeli sicer s Pibrom in Szilvasvaradom. Piber je namreč uvažal kobile iz Romunije, pred časom tudi Szilvasvarad. Podobnost med Lipico in Pibrom je lahko pripisati posledici izmenjave.

Pri celotni populaciji andaluzijskega konja je bil povprečni koeficient inbridinga in povprečni koeficient sorodstva 8,48 % oz. 12,25 % (Valera in sod., 2005). Vrednosti za kartuzijske konje so bile višje (9,08 % in 13,01 %). Inbridiranih je bilo 93,4 % registriranih konj. Vrednosti za povprečni koeficienta inbridinga (F) in povprečni koeficient sorodstva

(AR) so za te le rahlo višje od izračunanih za celotno populacijo. Čeprav so imeli kartuzijci v primerjavi s celotno populacijo andaluzijcev manj popolno poreklo, sta bila pri njih F in AR bistveno večja. Pri kartuzijcih je F znašal 13,01 %, AR pa 14 %. Pri celotni populaciji andaluzijcev je F znašal 8,06 %, AR pa 12,09 %.

Pri francoskih dirkalnih in jahalnih pasmah konj so Moureaux in sod. (1996) izračunali koeficient inbridinga za štiri generacije prednikov konjih, rojenih v letih 1989 do vključno 1992, in opazili, da so bile najmanjše vrednosti pri francoskem jahalnem konju (pri 37.879 osebkih 0,7 %) in angleškem polnokrvnem (pri 15.895 osebkih 1,02 %). Znatno večje vrednosti so bile pri francoskih kasačih (pri 45.754 osebkih 1,86 %) in arabcih (pri 3.034 osebkih 3,08 %). Najbolj je variiral pri arabcih, kjer je koeficient inbridinga nad 6,25 %, in celo 12,5 % kazal na parjenje v ozkem sorodu. Tako velike vrednosti so bile pri drugih pasmah izjema.

V Avstraliji se je pojavil problem upadanja genetske raznolikosti angleških polnokrvnih konj zaradi pogoste uporabe posameznih žrebcev, ki je nastala zaradi novega načina prevažanja le-teh, in sicer z zračnim transportom. Vaez Torshizi in sod. (1998) so primerjali povprečen koeficient inbridinga pri potomcih žrebcev, ki so bili transportirani z letalom na različne lokacije in ostalih žrebcev. Izračunali so koeficient inbridinga za vse konje, rojene v Avstraliji. Ta se je gibal med 0 in 35,8 %. V začetnih letih beleženja porekla v Avstraliji, je bil precejšen koeficient inbridinga (4,1 %). Prvi zabeleženi angleški polnokrvni konji so imeli koeficient inbridinga približno 2,5 %, ki se ni povečal do leta 1850. Od leta 1850 do 1899 je bil porast koeficienta inbridinga na približno 6 %. V naslednjih petdesetih letih ni bilo povečanja inbridinga, v letih 1950 do 1994 pa je narasel na približno 9 %. Pri konjih, rojenih v Avstraliji, s popolnim poreklom je pri 102.634 konjih, rojenih po letu 1987, koeficient inbridinga le rahlo naraščal (Vaez Torshizi in sod., 1998). Prvi potomci potujočih žrebcev so bili rojeni od leta 1989 dalje. Iz majhnega začetnega števila je število teh žrebcev (z rojenim potomstvom v Avstraliji) naraslo na približno 40 v letu 1996. Med registriranimi 1.194 žrebeti v letih 1989 in 1994 je bilo 1,6 % potomcev potujočih žrebcev. Povprečni koeficient inbridinga se pri potomcih potujočih žrebcev z leti povečuje.

Dunner in sod. (1998) so pasmo asturcon ponija analizirali na osnovi rodovniške knjige, ustanovljene leta 1981. Za vso populacijo se je izkazal koeficient inbridinga kot majhen (2,7 %). Kjer so bile zajete le živali z lastnimi potomci za več kot eno znano generacijo nazaj, pa je vrednost koeficienta inbridinga narasla na 10 %, kar je v primerjavi z drugimi pasmami kritično visoko. Pri tej populaciji obstajajo podskupine. Osebki se pariyo znotraj njih, kar vodi v povišanje koeficienta inbridinga, kar pa bi lahko znižali s spremenjeno shemo parjenja.

Osem avtohtonih pasem španskega goveda so preučili Gutiérrez in sod. (2003). Povprečni koeficient inbridinga se je med pasmami razlikoval. Pasma sayaguesa je imela najpopolnejše poreklo. Pasmi Avilena-Negra Iberica in Morucha, sta imeli večji koeficient inbridinga (2,5 oz. 2,2 %). Njun AR je bil vseeno zelo majhen (0,1 oz. 0,3 %), kar kaže na tipično upravljanje reje, kjer so očetje ponavadi rojeni v isti čredi, menjave plemenjakov med čredami pa niso pogoste. V velikih populacijah z majhnim AR in velikim povprečnim koeficientom inbridinga, bi se le-ta značilno zmanjšal, če bi pričeli z izmenjavo plemenjakov med podpopulacijami. Koeficient inbridinga (1,6 %) pri pasmi Pirenaica je bil povezan z visoko stopnjo popolnosti porekla, kar je tudi vodilo primerljiv AR (1,58 %). Dve pasmi, ki sta imeli najpopolnejše poreklo, sta hkrati imeli najvišji delež inbridiranih žival ter majhen povprečni koeficient inbridinga. Nasprotno pa je pasma Bruna dels Pirineus, ki je imela najmanj popolno poreklo, imela največji povprečni koeficient inbridinga pri inbridiranih živalih.

2.3.5 Efektivno število osnovalcev in prednikov

Pri genetski variabilnosti celotne populacije lipicanskih konj v Evropi, ki so jo proučevali Zechner in sod. (2002), je efektivno število osnovalcev bilo največje v kobilarni Faragas in Beclean, sledi Szilvasvarad in Djakovo. Znatno manjše je bilo v kobilarni Topolčianky, Lipici, Monterotundu in Pibru. Kobilarne z večjim efektivnim številom osnovalcev so se posluževale žrebcev lokalnih pasem. Efektivno število prednikov je večje v Pibru in Szilvasvaradu, najmanjše pa v Djakovu. Velike vrednosti so v povezavi s ponavljajočo zgodovino reje z manj ozkih grl. Z le desetimi najvplivnejšimi predniki je pojasnjenih 58,6 % sklada genov aktualne populacije.

Analize andaluzijskega konja s strani Valere in sod. (2005) so pokazale, da je efektivno število osnovalcev 39,6. Število prednikov (osnovalcev ali ne), ki prispeva k celotni genetski variabilnosti pasme, je bilo 331. K 50 % genetske variabilnosti pasme je prispevalo le šest prednikov, k 70 % pa le 13 prednikov. Efektivno število prednikov je bilo 27. Najpomembnejši osnovalci so bili kartuzijski konji, njihov prispevek v sklad genov populacije je znašal 87,67 %.

Analiza francoskih dirkalnih in jahalnih pasem konj, rojenih v letu 1992 kaže, da so bili prispevki k skladu genov najbolj uravnoteženi ravno pri arabskih konjih, pri francoskih kasačih pa najmanj, saj je tu le 1 % osebkov, to je 25 živali, prispevalo k polovici sklada genov. Ostale francoske pasme so bile vmes. Efektivno število osnovalcev je bilo posebno majhno pri francoskih kasačih (70 od skupnega števila osnovalcev 2.513), zaradi zelo neizenačenih prispevkov prednikov, največje pa pri francoskih jahalnih konjih (333), glede na veliko skupno število osnovalcev (8.933), čeprav so imeli manj uravnoteženo porazdelitev prispevkov prednikov. Glede na takšne neizenačene prispevke je bilo efektivno število osnovalcev pri angloarabcih (129) manjše kot pri angleških polnokrvnih konjih (236), skupno število osnovalcev (3.669 oz. 3.548) pa so imeli podobno (Moureaux in sod., 1996).

Analiza porekla hladnokrvne pasme konj breton je predstavljala primerjavo med njimi, arabskim in angloarabskim konjem ter dvema pasmama goved (Vu Tien Khang in sod., 1998). Dejansko število in efektivno število osnovalcev se je nanašalo na živali z neznanimi starši. Pri treh pasmah konj je bilo podobno. Arabska pasma je imela sicer manjše število kobil, angloarabec pa je bil bretonu podoben. Pasma sta imeli podobno število kobil in efektivno število osnovalcev. Pasma goveda sta imeli večje efektivno število osnovalcev, število plemenskih krav je bilo večje. Enako je bilo opaziti pri efektivnem številu prednikov. Delež znanih prednikov na generacijo, je bil pri pasmi breton izračunan za osebkke, rojene v letu 1995, in je v četrti generaciji znašal 68 %. Prispevek prvega pomembnega prednika je znašal 9,8 %, k 50 % prispevka v sklad genov je prispevalo 42 prednikov. Pri analizi 1581 osebkov je efektivno število osnovalcev

znašalo 134, efektivno število prednikov pa 64. Število osnovalcev je pri tem bilo 2463 (Vu Tien Khang in sod., 1998).

Pri izračunu efektivnega števila prednikov španskega goveda (Gutiérrez in sod., 2003) so za referenčno populacijo izbrali zadnje triletno obdobje v podatkih. Rezultati so pokazali nekaj razlik med pasmami. Efektivno število osnovalcev in prednikov je rangiralo od 48 do 846 (pri številu osebkov 259 oz. 16.509) oz. od 25 do 163 (pri številu osebkov 235 oz. 16.509). Vrednosti so bile v večjih populacijah večje, še posebno tam, kjer je bilo število osnovalcev veliko. Pri večjih pasmah je bilo število osnovalcev veliko, popolnost porekla pa majhna. Razlike med efektivnim številom osnovalcev in efektivnim številom prednikov odražajo obstoj ozkih grl v poreklu številnih pasem.

Efektivno število osnovalcev asturcon ponija je 22, kar je nizko glede na to, da je analiza zajemala 451 osebkov. Raba nekaterih osebkov kot staršev je bila pretirana. Z uporabo dobrega načrta parjenja bi efektivno število osnovalcev lahko zvišali (Dunner in sod., 1998).

2.3.6 Genetska raznolikost na osnovi molekularno genetskih metod

Kavarjeva in sod. (2001) so proučevali genetsko variabilnost lipicanskih konj na podlagi mtDNK. Zaporedja mtDNK 212 lipincev iz osmih kobilarn so razkrila 37 haplotipov, od tega je bil le eden prisoten v vseh kobilarnah. Lipicanski haplotipi se med seboj razlikujejo z 1 do 24 nukleotidi ali od 0,14 % do 3,5 %. Razporejeni so v 4 skupine: C1, C2, C3 in C4 ter ti naprej v podskupine. Haplotipi lipincev so si v splošnem podobni ali celo identični z drugimi haplotipi domačih konj. Eni so bolj pogosti, drugi manj. Skupni so številnim pasmam konj in ponavadi nimajo edinstvenih polimorfnih mest. Haplotip Batosta je bil prisoten v vseh kobilarnah, a veliko haplotipov je bilo opaziti le v eni ali dveh kobilarnah. Porazdelitev frekvence haplotipov lipicanske pasme je bila neenaka, segala je od 26 % za najobičajnejše haplotipe (npr. Capriola prisotna v 13 linijah) do 0,2 % za V, C in Z podskupine haplotipov. Glede na podatke porekla so lipicanci iz osmih tradicionalnih kobilarn pripadali 56 maternalnim linijam. V 38 linijah je bil najden le en haplotip, ki ni kazal razlik med genetskimi podatki in podatki porekla. V 11 linijah sta bila identificirana

dva haplotipa in v sedmih linijah trije. Različni haplotipi najdeni znotraj iste maternalne linije kažejo na napake v poreklu. Veliko haplotipov je bilo najdenih le pri eni ali dveh plemenskih kobilah. Ti pa lahko izginejo zelo kmalu. Primerno bi torej bilo, da bi informacijo porekla spremljala informacija o mtDNA haplotipu (Kavar in sod., 2001).

3 MATERIAL IN METODE

Za analizo informacij iz porekla smo uporabili podatke iz informacijskega sistema za lipicance, kamor so bili vneseni podatki o poreklu iz njihove rodovniške knjige. Zapisi so obsegali oznako živali, spol, oznako očeta in matere, datum rojstva, izvor ter linijo in rod. S pomočjo jezika SQL v programu SAS (SAS Inst. Inc., 2002) smo pripravili in prekontrolirali podatke ter analizirali s pomočjo programa PEDIG (Boichard, 2002).

Opis populacije na osnovi analize rodovnika smo opravili na demografski in na genetski način. Z demografsko analizo smo opisali strukturo in dinamiko populacije, z genetsko pa analizo sklada genov. Poreklo je zajemalo 1796 živali, od tega jih je bilo 295 z obema neznanima staršema. Za referenčno populacijo smo smatrali živali, rojene v letih 1989 do vključno 2003.

3.1 DEMOGRAFSKI OPIS POPULACIJE

Demografski opis populacije zajema število moških in ženskih živali v populaciji ter spremembo števila s časom. Izračunali smo tudi generacijski interval ter povprečno velikost družin.

3.1.1 Generacijski interval

Generacijski interval je eden izmed parametrov demografskih analiz populacije. Pove nam povprečno starost staršev ob rojstvu potomcev, ki imajo tudi sami potomce (Gutierrez in sod., 2003). Izračunan je le za živali, ki so starši zadnjih štirih generacij, od analizirane. Da bi poznali evolucijo tega parametra, se izračuna po istem kriteriju še na vzorcu živali, rojenih 10 let pred obravnavanim skupkom štirih zaporednih let, prav tako zaporedna štiri leta. Gutierrez in sod. (2003) ugotavljajo, da je generacijski interval pri poti selekcije oče-potomec krajši, saj se očete uporablja mlajše in krajši čas. Posebej se pozna razlika mlajše generacije proti tej izpred desetih let, saj se večja uporaba osemenjevanja. Daljši generacijski interval, po ugotovitvah Gutierrez in sod. (2003), sovпада z večjimi populacijami, kjer ni tako velikih potreb po hitri menjavi plemenskih živali kot v manjši

populaciji. Za tovrstno analizo potrebujemo rojstne datume potomcev in staršev. Generacijski interval je torej povprečna starost staršev ob rojstvu njihovega potomca, ki bo tudi imel potomce. To lahko izračunamo za štiri poti selekcije pri govedu in konjih: oče-sin, oče-hči, mati-sin in mati-hči (Falconer in Mackay, 1996).

Število razpoložljivih potomcev za selekcijo je odvisno od več okoliščin, med drugim tudi od tega, kako dolgo je rejec pripravljen počakati, da naredi odbiro. S časom namreč vzredi več potomcev in tako poveča intenzivnost selekcije, a podaljšuje generacijski interval (Falconer in Mackay, 1996). Med tema dvema parametroma je potrebno najti najboljši možni kompromis, saj se povečevanje števila potomcev obrestuje le do določene točke, naprej pa ne. Pri tem je pomemben genetski napredek. Optimalnega števila potomcev se na splošno ne da določiti, pač pa se vsak primer obravnava posebej glede na specifične okoliščine. Pri izračunih generacijskega intervala razlikujemo med načinom z zaporednimi generacijami, kjer potomci bolj ali manj skupaj odrastejo in se po odbiru tudi pari v približno istem časovnem obdobju ter načinom s prekrivajočimi generacijami, kjer se generacije prekrivajo. Pri tem je zamenjava staršev (ob optimalni starosti, ki jo je potrebno določiti) z izbranimi potomci, ponavljajoč proces, odbrani potomci se naprej pari po tem, ko spolno dozori. Generacijske intervale po spolu staršev in potomcev pričakujemo različne, glede na to, da se večinoma uporablja različno število moških in ženskih živali.

3.1.2 Povprečna velikost in varianca velikosti družin

Velikost družin predstavljamo s številom potomcev za pare žrebec-kobila ter po žrebcih in kobilah ločeno. Upoštevali smo le potomce z lastnimi potomci, saj ti prispevajo k prenosu genov iz generacije v generacijo. Število potomcev na družino je različno. Gledamo število potomcev na plemensko žival. V idealizirani populaciji imajo vsi osebki v populaciji enako možnost prispevati gene v naslednjo generacijo. Dejansko imajo starši v populacijah redko enako možnost prispevati gene, saj se razlikujejo v umetni selekciji, vitalnosti, plodnosti, tudi preživetev potomcev je različna. Ta razlika med starši vodi v večjo raznolikost velikosti družin in posledica tega je, da večji delež naslednje generacije prihaja od manjšega števila staršev. Tako se zmanjša efektivna velikost populacije. Pri tem si lahko pomagamo z dobro strategijo parjenja (Falconer in Mackay, 1996).

3.2 GENETSKI OPIS POPULACIJE

Genetski opis populacije zajema popolnost porekla, koeficient inbridinga, stopnjo sorodstva ter zastopanost osnovalcev populacije, efektivno število osnovalcev in efektivno število prednikov (Boichard in sod, 1997).

3.2.1 Popolnost porekla

Popolnost porekla ocenjuje ekvivalent popolnih generacij prednikov in pove, koliko generacij prednikov je v povprečju znanih. Popolnost porekla opisuje sicer več parametrov. Najpreprostejši je delež živali v poreklu, ki imajo znana oba prednika. Izračuna se lahko kot vsota členov $(1/2)^n$ za vse znane prednike, kjer je n generacija prednika (Maignel in sod., 1996). Tako je npr. n enak 1 za starša in n enak 2 za starega starša. Ekvivalent popolnih generacij prednikov je torej definiran kot vsota deleža znanih prednikov preko izsledene generacije.

3.2.2 Efektivna velikost populacije, koeficient inbridinga in koeficient sorodstva

Efektivna velikost populacije (N_e) je definirana kot število osebkov, ki bi prispevali k enakemu porastu koeficienta inbridinga, če se pariyo v smislu idealizirane populacije. Je število osebkov v idealizirani populaciji, za katero je značilna enaka stopnja inbridinga kot v opazovani dvospolni populaciji (Wright, 1931). Lahko je precejšena, če je poreklo nepopolno. Izračuna se kot:

$$N_e = 1/(2\Delta F) \quad \dots (1)$$

kjer pomeni

N_e - efektivna velikost populacije

ΔF - stopnja inbridinga

Inbriding pomeni parjenje osebkov, ki so med seboj sorodni po poreklu (Wright, 1922). Glede na možno različno število prednikov lahko vemo, da je sorodstvo med osebki

populacije odvisno tudi od velikosti populacije. V populaciji organizmov dveh spolov ima vsak osebek dva starša, štiri stare starše, osem prastarih staršev in v t -generaciji prednikov 2^t prednikov. Vsak par osebkov je med seboj soroden preko enega ali več skupnih prednikov v bolj ali manj oddaljeni preteklosti. Pari, ki se naključno parijo v mali populaciji so bolj sorodni kot pari v veliki populaciji. Zato lastnosti majhnih populacij lahko obravnavamo kot posledice inbridginga (Falconer in Mackay, 1996).

Poglavitna posledica inbridginga je, da lahko osebkovi nosijo kopije enega ali več alelov, prisotnih pri predniku. Če se parita, lahko oba preneseta to kopijo na svojega potomca (Falconer in Mackay, 1996). Tako inbridirani osebkovi lahko nosijo dva gena na istem lokusu, ki sta kopiji enega in istega gena iz prejšnjih generacij. Za dva gena, ki sta izvirala iz replikacije enega samega gena iz prejšnje generacije pravimo, da sta identična po izvoru (Falconer in Mackay, 1996). Koeficient inbridginga (F) je definiran kot verjetnost, da ima osebek dva gena identična po izvoru (Wright, 1931).

Če gledamo dovolj daleč nazaj v preteklost, so vsi geni nekega lokusa v populaciji identični po poreklu. Zato koeficient inbridginga postane pomemben, ko definiramo nek čas v preteklosti, kjer predniki niso zasledovani in pri katerih so vsi prisotni geni populacije obravnavani kot neodvisni. Ta točka se imenuje osnovna populacija in njen koeficient inbridginga je po definiciji nič. Koeficient inbridginga poznejše generacije izraža vrednost disperzivnega procesa, ki se je pojavil po osnovni populaciji in primerja stopnjo sorodstva med zdajšnjimi osebkovi s tisto med osebkovi osnovne populacije. Primerjava sorodnosti je med osebkovi linije in naključno izbranih osebkov iz celotne populacije. Osnovna populacija je obravnavana kot populacija, iz katere izhajajo vse linije (Falconer in Mackay, 1996).

Boichard in sod. (1997) navajajo, da se stopnja inbridginga (ΔF) lahko uporabi za izpeljavo realizirane efektivne velikosti populacije. Ta metoda namreč odraža predvsem dolgoročne efekte selekcijskih odločitev in je zelo občutljiva na nepopolno poreklo. Način za opis genetske variabilnosti in njenega razvoja skozi generacije je tudi s pomočjo porekla. Wright (1931) pojasnjuje, da se stopnja inbridginga najpogosteje uporablja za določitev genetskega toka. Ta metoda temelji na odnosu med povečanjem inbridginga in zmanjšanjem heterozigotnosti danega lokusa v končno veliki populaciji, kjer je prosto naključno parjenje

in odsotna selekcija. V populacijah domačih živali pa ne veljajo vedno enaki pogoji. Sistem parjenja pri njih ni nikoli naključen in prisotna je selekcija.

Stopnja inbridinga je dobro ocenjena le, kadar je poreklo čim bolj popolno in je znanih veliko generacij. Celo pri dokaj majhnem deležu neznanega porekla (10 %) je koeficient inbridinga močno podcenjen, posledično so pristransko ocenjeni tudi parametri, izpeljani iz verjetnosti izvora genov (Boichard in sod., 1997).

Povprečni koeficient sorodstva (AR) se izračuna na osnovi matrike sorodstva za vsak osebek, kot povprečje koeficientov v vrstici, ki pripada temu osebkju (Dunner in sod., 1998; Gutierrez in sod. 2003). AR osebkja je definiran kot verjetnost, da naključno izbran alel iz celotne populacije v poreklu, pripada temu osebkju. Tako ga lahko razumemo kot zastopanost tega osebkja v celotnem poreklu, ne glede na poznavanje njegovega porekla. Numerično gledano dvakratno verjetnost, da sta dve naključni aleli (ena od osebkja v analizi, druga iz celotne populacije porekla, ki vključuje obravnavani osebek) identični po izvoru. Koeficient inbridinga pove, kako je posamezna žival inbridirana, ne pove pa sorodstva med živalmi. Koeficient sorodstva je dvakratnik koeficienta inbridinga (Wright, 1922).

3.2.3 Efektivno število osnovalcev in prednikov

Efektivno število osnovalcev (f_e) je definirano kot število enako prispevajajočih osnovalcev, za katere bi se pričakovalo, da bodo prispevali enako genetsko raznolikost kot v preučevani populaciji (Lacy, 1989). Izračuna se kot:

$$f_e = \frac{1}{\sum_{k=1}^f q_k^2} \quad \dots (2)$$

kjer pomeni

f_e – efektivno število osnovalcev

q_k – verjetnost genetskega izvora k-tega osnovalca

f – število vseh osnovalcev

Osnovalec je (Lacy, 1989) definiran kot osebek brez znanega sorodstva do kateregakoli osebkov v poreklu, z izjemo njegovih lastnih potomcev. Če je znan en starš, se neznani starš smatra za osnovalca. Lacy (1989) nadalje navaja, da analize o osnovalcih na splošno precenjujejo genetsko raznolikost iz istega razloga kot pri analizah inbridinga, ker za osebkov z neznanimi starši predvidevamo, da so med seboj nesorodni.

Za ohranitev genetske variabilnosti v zaprti populaciji, bi morali pri vsakem osnovalcu odbrati enako število potomcev. Veliko število potomcev zmanjšuje izgubo različnih genov zaradi naključnega toka. Enaka zastopanost osnovalcev pri potomcih zagotavlja, da se različice genov, ki so bile prisotne pri osnovalcih, ne izgubijo zaradi prisotnosti osnovalskih alel v veliko kopijah (Lacy, 1989). Generacija potomcev z neenako zastopanostjo osnovalcev bo imela manj genetske variabilnosti – tako manj heterozigotnosti kot manjše število alelov na lokusu – v primerjavi s populacijo z enakim številom osnovalcev, v kateri bi osnovalci prispevali enakomerno k bodočim generacijam. Tudi če vsi osnovalci prispevajo enako, se bo v majhni populaciji zaradi naključnega toka genov variabilnost zmanjšala (Lacy, 1989). Kadarkoli se geni osnovalca v naslednjo generacijo prenesejo preko enega ali relativno malo potomcev (genetsko ozko grlo), je majhna verjetnost, da se prenesejo vsi njegovi aleli. Če je edini potomec osnovalca prednik večjega števila potomcev, potem bi se lahko obdržala v populaciji največ ena od dveh alel na vsakem od lokusov tega osnovalca.

Efektivno število prednikov (f_a) je minimalno število prednikov (ne nujno osnovalcev), ki pojasnjujejo kompletno genetsko pestrost populacije (Boichard in sod., 1997). Parameter f_a ne upošteva popolnoma izgube genov z naključnim tokom preko prednikov do osebkov v referenčni populaciji, a dopolnjuje efektivno število osnovalcev, ki upošteva izgubo genetske variabilnosti, ki je posledica neuravnotežene uporabe osebkov za reprodukcijo, kar povzroča ozka grla. Da bi izračunali f_a , je potrebno upoštevati le robni prispevek prednika, kar je prednikov prispevek, ki ni zajet s prispevki prej izbranih prednikov.

$$f_a = \frac{1}{\sum_{j=1}^a q_j^2} \quad \dots (3)$$

kjer pomeni

q_j – robni prispevek prednika j

a – število vseh prednikov

Po Boichard in sod. (1997) je efektivno število prednikov eden od parametrov, ki temeljijo na verjetnosti izvora genov. Pričakovan robni prispevek nekega prednika, ki je edini osnovelec, je pričakovani genetski prispevek, ki je neodvisen od prispevkov ostalih prednikov, za razliko od njegovega skupnega prispevka, kjer so všteti tudi prispevki ostalih prednikov, njegovih sorodnikov. Kumulativni prispevek je seštevek robnih prispevkov tega prednika in prednikov pred njim. Kumulativni prispevek vseh prednikov, ki so prispevali v sklad genov, je ena.

Efektivno število prednikov je vedno manjše ali enako efektivnemu številu osnovalcev (Boichard in sod., 1997). Vplivni predniki so razvrščeni na osnovi njihovega pričakovanega prispevka. Kadar ti predniki niso osnovalci, so lahko med seboj sorodni. To pomeni, da se njihovi pričakovani prispevki (q_k) lahko prekrivajo in lahko presežejo seštevek 1. Posledično obravnavamo le robni prispevek (p_k) prednika, ki predstavlja prispevek, ki še ni pojasnjen s prispevki drugih prednikov.

Četudi je ta parameter, poleg efektivnega števila osnovalcev (f_e) povezan z efektivno velikostjo populacije, ga z njo ne gre primerjati (Boichard in sod., 1997). En razlog tiči v razliki trendov skozi čas. Pri velikosti populacije, ki se ne spreminja, je pričakovati, da efektivna velikost ostaja enaka skozi generacije. Nasprotno se pričakuje, da se efektivno število prednikov in efektivno število osnovalcev zmanjšujeta s časom. Za oba parametra velja, da imata podobno vrednost, ker bolj ali manj upoštevata isti osnovni fenomen, to je neuravnotežene prispevke staršev naslednji generaciji in izgubo genov pri prenosu staršev na potomce. Manjša je efektivna velikost populacije, manjša so izračunana razmerja f_e/f ali f_a/f za dano generacijo.

3.3 PROGRAM PEDIG

Program za analizo porekla je primeren za velike populacije. Sestavlja ga skupina neodvisnih programov, ki so napisani v fortranu. Izračuni temeljijo na verjetnosti izvora genov. Vsi programi berejo isto datoteko porekla, ki lahko vsebuje informacije (četudi vsak program ne uporabi vseh informacij): kodirano identifikacijo osebkov, od 1 do N; identifikacijska oznaka očeta ali matere; leto rojstva, spol; izvorna skupina; identifikacijska oznaka črede. Priporočeno je pripraviti enotno datoteko, ki vključuje teh sedem informacij v navedenem vrstnem redu, ker jo znajo prebrati vsi programi. Pomembno je, da se pri kodiranju starši pojavijo pred potomci, ni pa pomemben vrstni red osebkov v datoteki s poreklom.

3.3.1 Inbriding

Za izračun koeficientov inbridinga za vsak osebek v populaciji sta na voljo dva programa. Prvi, **meuw.f**, uporablja metodo, opisano v Meuwissen in Luo (1992). Ta metoda je zelo hitra, predvsem za porekla z manj kot 15 generacijami. Drugi program, **vanrad.f**, se opira na metodo Van Raden (1992), izpeljano iz tabelarične metode in je približno trikrat počasnejša od prejšnje, a omogoča izračun koeficienta inbridinga za določeno število generacij in tako loči inbriding iz ožjega sorodstva od daljnega. Lahko tudi upošteva inbridirane ali sorodne osnovalce, kar je lahko zelo uporabno, če je popolnost porekla raznolika. Oba programa izpišeta koeficiente inbridinga v izhodno datoteko le za inbridirane osebkove.

3.3.2 Verjetnost izvora genov

Program **prob_orig.f** izračuna verjetnost izvora genov za referenčno populacijo oz. za skupino osebkov, ki jo definira npr. glede na njihov spol in obdobje rojstva. Te verjetnosti služijo oceni efektivnega števila osnovalcev. Izhodna datoteka priskrbi od nič različne prispevke vsakega prednika (osnovalca ali ne). Prispevki osnovalcev skupaj znašajo ena, prispevki prednikov zaradi redundance tudi več kot ena. Ta program zazna tako prednike

kot osnovalce z največjim robnim prispevkom (Boichard in sod., 1997) in združuje te prispevke v efektivno število prednikov. Efektivno število prednikov je manjše kot efektivno število osnovalcev, ker upošteva ozka grla v populaciji. Je tudi manj občutljiv na manjkajoča porekla.

Druga različica **segreg.f** simulira ločevanje osnovalskih alelov v populaciji, ocenjuje frekvence osnovalskih genov s štetjem genov v referenčni populaciji in združuje te frekvence za oceno efektivnega števila preostalih genomov v referenčni populaciji..

Tretji program **etr.f** izračunava prispevke različnih izvorov genov v populaciji zaradi migracij kot tudi njihov razvoj skozi čas.

3.3.3 Koeficient sorodstva

Več programov zagotavlja izračun matrike sorodstva ali pa lahko preko njih izračunamo povprečno sorodstvo za osebkve v populaciji.

- **parante.f** izračuna kompletno matriko sorodstva za eno ali dve majhni skupini osebkov (nekaj tisoč) s tabelarično metodo.
- **par.f** je namenjen oceni koeficientov sorodstva v veliki populaciji in v ta namen izračuna koeficient sorodstva na ponavljajočih naključnih vzorcih samcev ali samic ali celotnih čred oz. parov.
- **par2.f** ocenjuje povprečno sorodstvo med celotno populacijo na eni strani in referenčno skupino na drugi strani. Referenčno skupino osebkov se navede v dodatni vhodni datoteki ali pa jo definiramo iz primarne vhodne datoteke porekla z izborom podskupine glede na spol in leto rojstva.
- **par3.f** nastavi matriko sorodstva ter izračuna koeficient inbridinga za vsak par osebkov, ki smo jih navedli v dodatni vhodni datoteki.

3.3.4 Opis popolnosti porekla

Program **ngen.f** izračunava povprečno število znanih prednikov, delež znanih prednikov na generacijo in število ekvivalenta izsledenih popolnih generacij, definirano kot vsoto deleža vseh generacij znanih prednikov. Parametre se izračuna le za osebk z vsaj enim znanim staršem. Delež znanih prednikov prvih osmih generacij za vsak osebek je shranjen v izhodni datoteki (Boichard, 2007).

S pomočjo programa **intgen.f** izračunamo intervale generacije po spolu in letu rojstva potomcev. Informacija o letu rojstva je vsebina datoteke potomcev.

Program **intgend.f** izračunava generacijske intervale v dnevih, po spolih in letih rojstva potomcev. Uporablja informacijo datuma rojstva v datoteki porekla, ki mora biti zapisan v pravem formatu. Namenjen je za vrste živali, kjer je generacijski interval krajši od enega leta (Boichard, 2007).

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 DEMOGRAFSKI OPIS POPULACIJE

V podatke smo zajeli rodovnike 1796 živali, od tega je bilo 716 žrebcev in 1080 kobil (preglednica 1). Kot starši se je pojavilo 409 očetov in 800 mater. Neznani datum rojstva je imelo 139 živali. Brez obeh znanih staršev je bilo 295 živali. Le-te predstavljajo osnovno populacijo in jih smatramo kot osnovalce. Najstarejša žival z znanim datumom rojstva je bila rojena leta 1871. V referenčni populaciji, ki je zajela živali med leti 1989 in 2003, je bilo skupaj 597 živali, od tega 333 kobil in 264 žrebcev, ki so bili potomci 53 očetov in 198 mater.

Preglednica 1: Opis populacije

Število	Št. živali	Št. žrebcev	Št. kobil	Št. očetov	Št. mater
Celotna populacija	1796	716	1080	409	800
Referenčna populacija	597	264	333	53	198

Presojati demografske trende v populaciji le na podlagi števila živali po letih rojstva je težko. Opaziti je večjo spremembo ob letu 1990, ko je letni prirast v rodovniški knjigi porastel iz približno pet žrebcev in osem kobil na po približno 20 živali obeh spolov.

4.1.1 Generacijski interval

Pri izračunu generacijskega intervala (GI) smo zajeli ali vse potomce, ali pa le potomce, ki so imeli tudi lastne potomce. Pri tem smo vključili štiri poti selekcije: oče – sin, oče – hči, mati – sin in mati – hči (preglednica 2), pri čemer smo zajeli celotno populacijo. Generacijski interval je pri žrebcih in kobilah različen. Kobile imajo potomce v povprečju 2,5 let prej. Očetje so imeli potomce, ko so bili v povprečju stari 13 let, matere pa 10,5 let. Malenkost daljši je generacijski interval pri kobilah, če upoštevamo le potomce, ki so tudi sami kasneje imeli potomce.

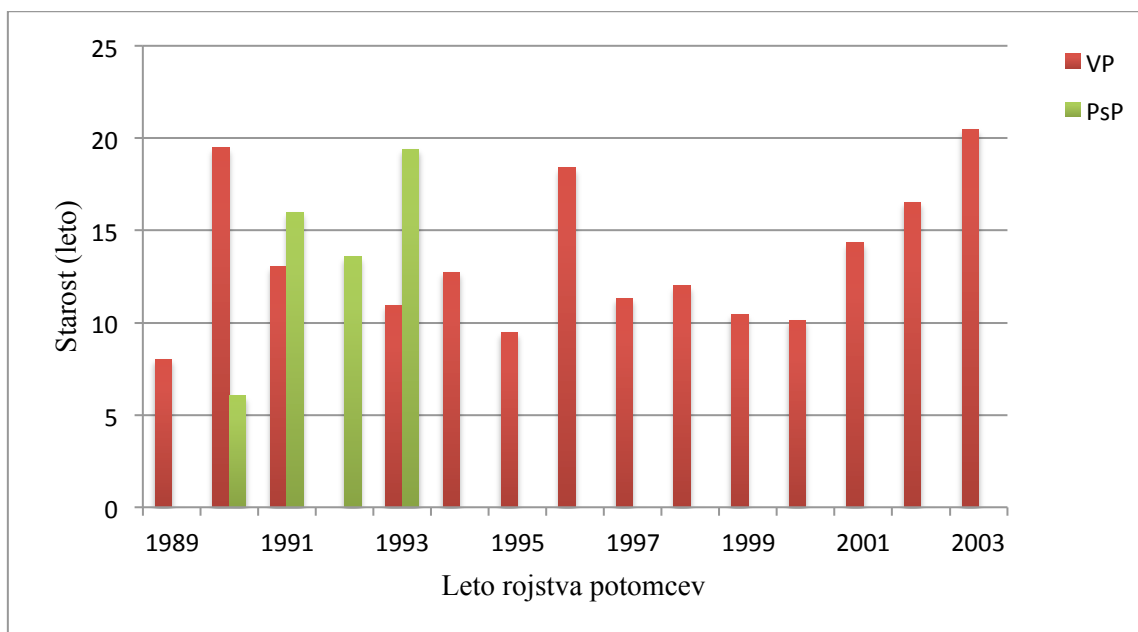
Žrebci in kobile imajo moške potomce v povprečju nekaj manj kot pol leta kasneje kot potomke. Število moških potomcev, odbranih za starše, je tako pričakovano manjše. GI za celotno populacijo andaluzijskih konj je znašal 10,11 let, pri kartuzijski liniji pa 12,43 let (Valera in sod., 2005). Tudi tu imajo žrebci daljši GI kot kobile.

Preglednica 2: Generacijski interval glede na spol staršev in potomcev

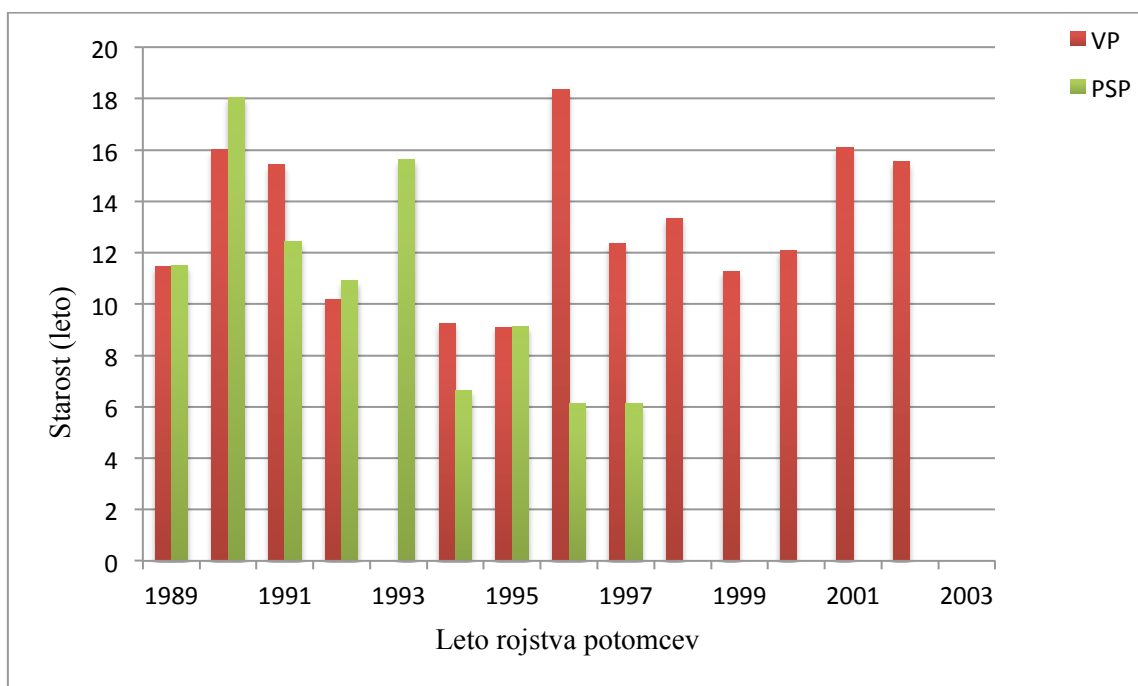
	Št. staršev	Št. potomcev	GI (leto)	Št. staršev*	Št. potomcev*	GI*(leto)
Oče - sin	228	582	13,35	184	277	13,01
Oče - hči	275	833	12,99	248	562	12,27
Mati - sin	385	570	10,62	236	266	10,72
Mati - hči	528	820	10,42	428	553	10,59

* - upoštevani potomci, ki so imeli lastne potomce

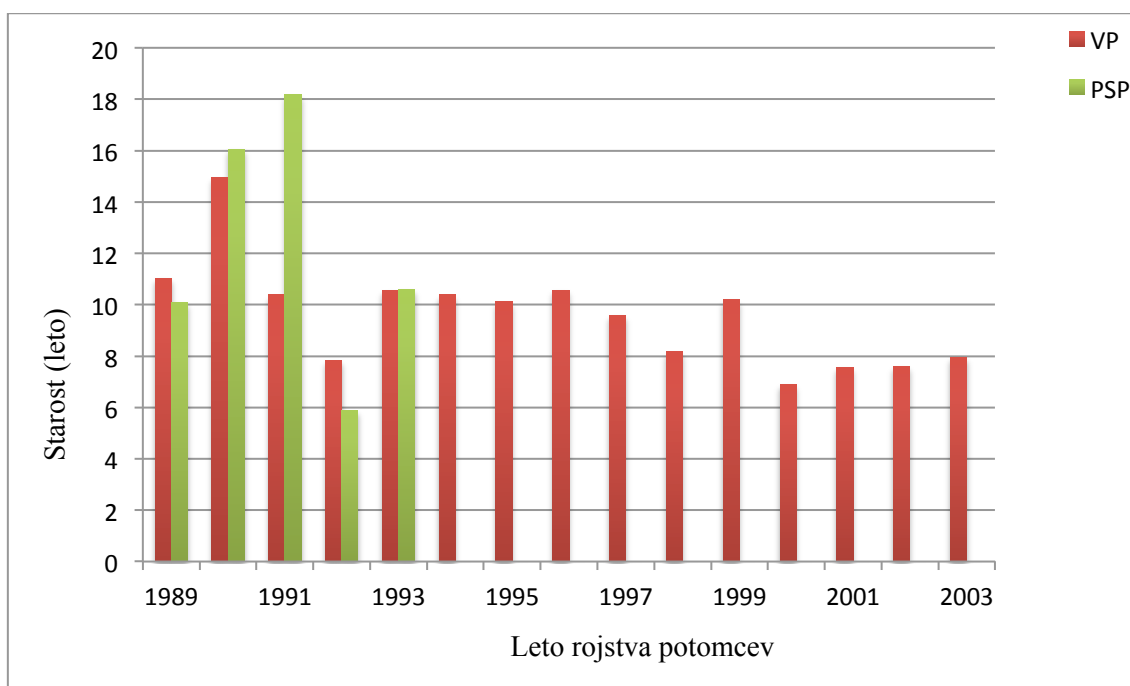
Glede na zadnje leto rojstva živali v podatkih in dolžino generacijskega intervala je razumljivo, da pri žrebcih v zadnjih 10 letih ne moremo imeti zabeleženih potomcev z lastnimi potomci (sliki 2 in 3). Če ne delamo razlik med potomci, potem je pri žrebcih generacijski interval med 8 let (leto rojstva potomcev 1989) in 20 let (leto 1990) pri moških potomcih ter med 9 let (leto 1995) in 18 let (leto 1996) pri potomkah. Ko upoštevamo le potomce s potomci – saj le-ti skrbijo za prenos genov iz ene generacije v drugo, je generacijski interval pri žrebcih za pot selekcije oče – sin med 6 let (leto 1990) in dobrih 19 let (leto 1993; slika 2). Očetje so imeli potomke, ki so imele kasneje lastne potomce, rojene še v letu 1997 (slika 3), za razliko od sinov z potomci v letu 1993 (slika 2). Generacijski interval je bil tako pri za pot selekcije oče – hči (s potomci) med 6 let (leti 1996 in 1997) in 18 let (leto 1990).



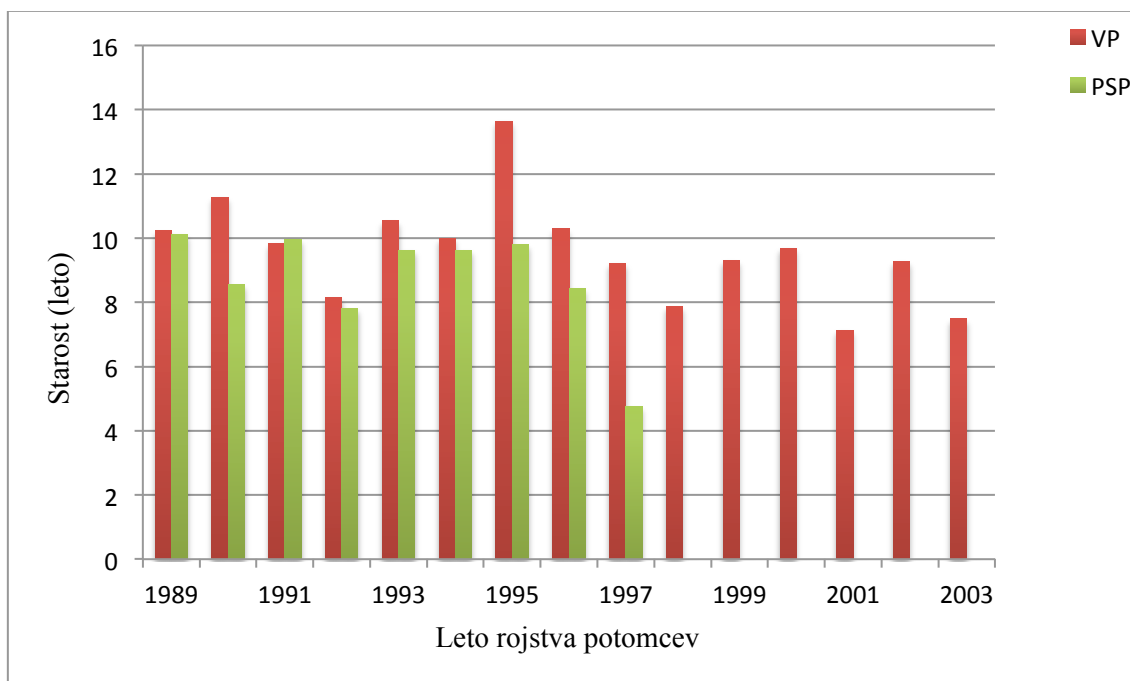
Slika 2: Starost očetov ob rojstvu sinov (VP – vseh, ki so imeli sinove, PSP – le tistih, katerih sinovi so imeli potomce)



Slika 3: Starost očetov ob rojstvu hčera (VP – vseh, ki so imeli hčere, PSP – le tistih, katerih hčere so imele potomce)



Slika 4: Starost mater ob rojstvu sinov (VP – vseh, ki so imele sinove, PSP – le tistih, katerih sinovi so imeli potomce)



Slika 5: Starost mater ob rojstvu hčera (VP – vseh, ki so imele hčere, PSP – le tistih, katerih hčere so imele potomce)

Generacijski interval pri kobilah je bil v povprečju za dobri 2 leti krajši kot pri žrebcih, ne glede ali gledamo moške potomce ali potomke (preglednica 2). Če upoštevamo vse potomce, potem so bile kobile ob rojstvu moških potomcev stare med 7 let (leto 2000) in 15 let (leto 1990, slika 4), medtem ko pri rojstvu hčera med 7 let (leto 2001) in slabih 14 let (leto 1995; slika 5). V primeru, da zajamemo le potomce, ki si kasneje sami imeli potomce, pa je generacijski interval pri poti selekcije mati – sin med slabih 6 let (leto 1992) in 18 let (leto 1991, slika 4) ter pri poti selekcije mati – hči med 5 let v letu 1997 in 10 let v letu 1989 (slika 5). Sinovi, za katere imamo v podatkih, da so imel lastne potomce, so bili rojeni nazadnje v letu 1993 (slika 4), metem ko so bile zadnje hčere rojene v letu 1997 (slika 5), kar je podobno kor pri žrebcih (sliki 2 in 3).

4.1.2 Velikost družin

Pri velikosti družin smo upoštevali le potomce, ki so kasneje imeli lastne potomce, saj le-ti prispevajo k prenosu genov v naslednjo generacijo. Velika večina parov je imela le enega potomca, večje število potomcev po enem paru je zelo redko. V povprečju so imeli pari po 1,04 potomcev (preglednica 4), pri čemer je varianca velikosti družin majhna (0,05, preglednica 4).

Žrebcev s potomci je bilo 378. V povprečju so imeli žrebci po 2,43 potomcev, pri tem je zelo velika varianca (6,79), kar je posledica neenakomerne porazdelitve (preglednica 4). Skoraj 53 % žrebcev je imelo le enega potomca, nad 3 potomce je imelo 16 % žrebcev (preglednica 3), kar trije žrebci pa so imeli po 16 takih potomcev, ki so kasneje imeli lastne potomce. Kobile so v povprečju imele 1,39 potomcev, varianca za velikost družine po kobili pa je znašala 0,61 (preglednica 4). Z le enim potomcem je skoraj 74 % kobil, slabih 18 % kobil pa je imelo 2 potomca (preglednica 3).

Iz rezultatov razberemo veliko varianco v velikosti družine po žrebcih, kar pomeni, da lahko pričakujemo majhno efektivno velikost populacije. V sklad genov populacije tako prispeva le nekaj živali, pri ostalih pa naključni tok genov vodi v izgubljanje alelov.

Preglednica 3: Delež družin (%) z n potomci

Število potomcev (n)	Žrebec-kobila	Žrebec	Kobila
1	96,0	52,6	73,7
2	3,8	22,0	17,7
3	0,1	9,0	6,4
Nad 3	0,1	16,4	2,2

Preglednica 4: Velikost družin z upoštevanjem le tistih potomcev, ki so kasneje imeli lastne potomce

Družina	Število družin	Povprečje	Varianca	Minimum	Maksimum
Žrebec - kobila	880	1,04	0,05	1	4
Žrebec	378	2,43	6,79	1	16
Kobila	661	1,39	0,61	1	6

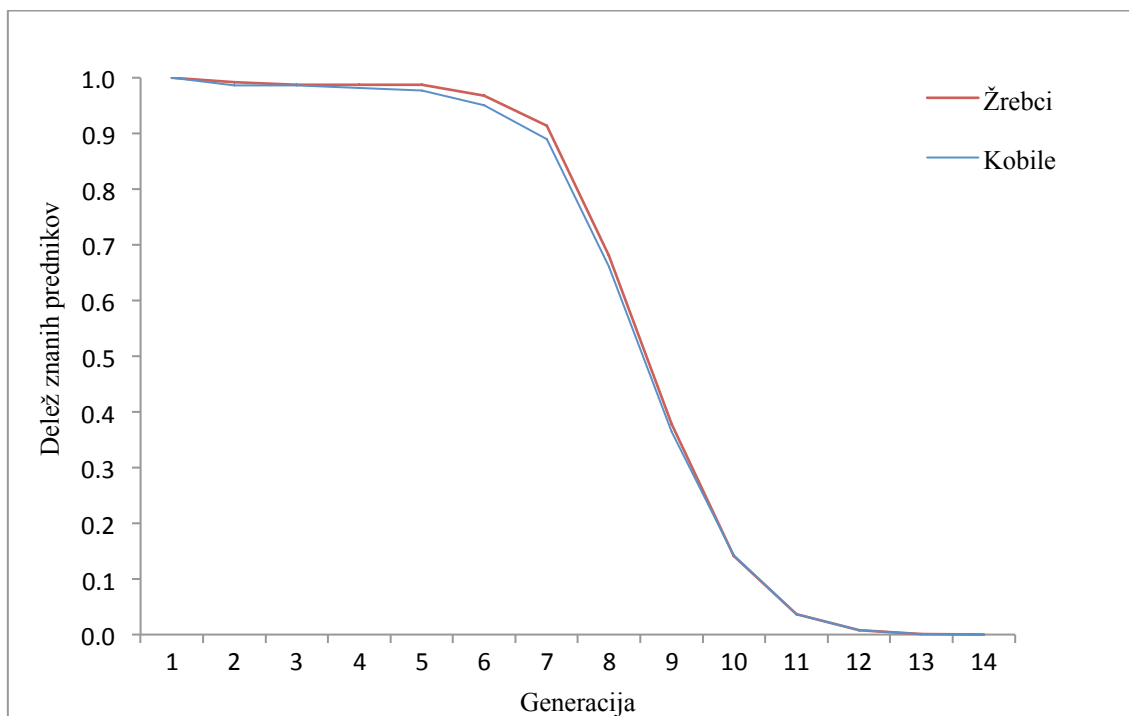
4.2 GENETSKI OPIS POPULACIJE

4.2.1 Popolnost porekla

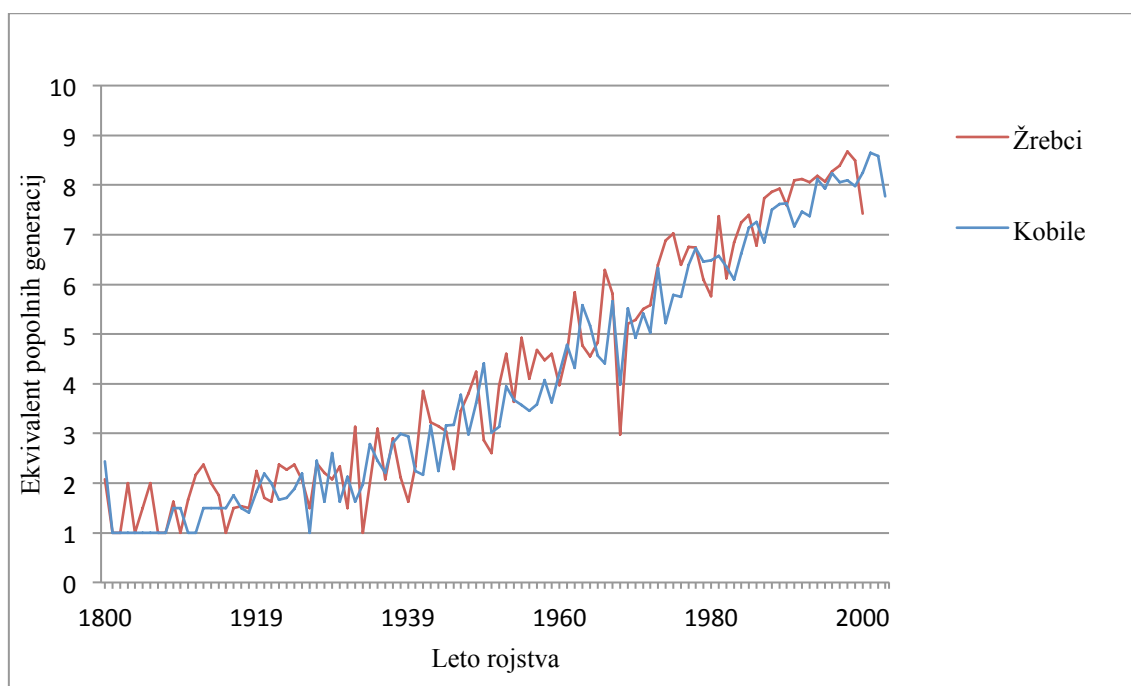
Dolgoletno vodenje rodovniške knjige pri lipicancih izkazuje njihovo poreklo za 16 generacij prednikov. Živali, rojene med letom 1989 do vključno 2003, imajo vse znanega očeta in mater. Večina jih ima znane prednike do 6 generacij nazaj, večji upad v popolnosti porekla je viden od devete generacije dalje (slika 6).

Ekvivalent popolnih generacij prednikov je v referenčni populaciji pri žrebcih znašal 8,08, pri kobilah 7,99, skupno torej 8,04. Pri lipicancih je torej v povprečju znanih več kot osem generacij prednikov (slika 7). Ekvivalent popolnih generacij prednikov se s časom povečuje.

Andaluzijski konji so imeli za 5 generacij znanega porekla, po 10. generaciji pa je delež znanih prednikov padel na 10 % (Valera in sod., 2005). Poreklo za prvih pet generacij je bilo praktično popolno tudi v analizi Zechner in sod. (2002), kjer je pri analizi osmih evropskih kobilarn lipicanskega konja še v 10. generaciji bilo znanih 90 % prednikov. Šele po 17. generaciji se je delež znanih prednikov zmanjšal pod 50 %.

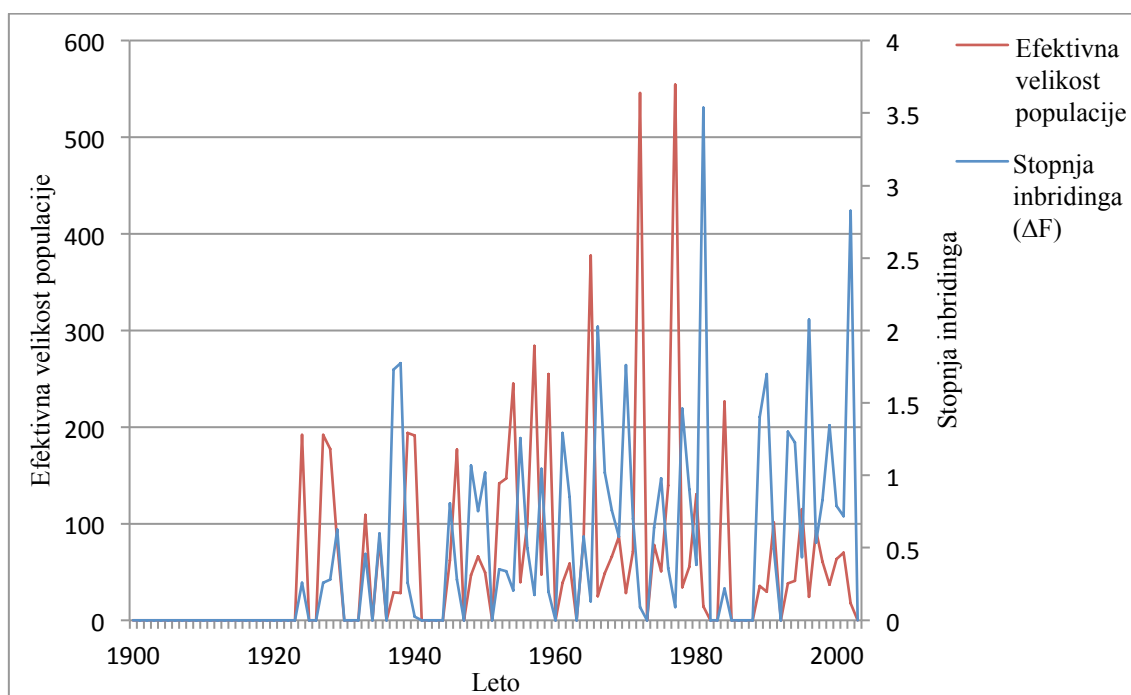


Slika 6: Delež znanih prednikov pri kobilah in žrebcih referenčne populacije



Slika 7: Ekvivalent popolnih generacij prednikov po letih rojstva pri kobilah in žrebcih

4.2.2 Efektivna velikost populacije, koeficient inbridinga in koeficient sorodstva



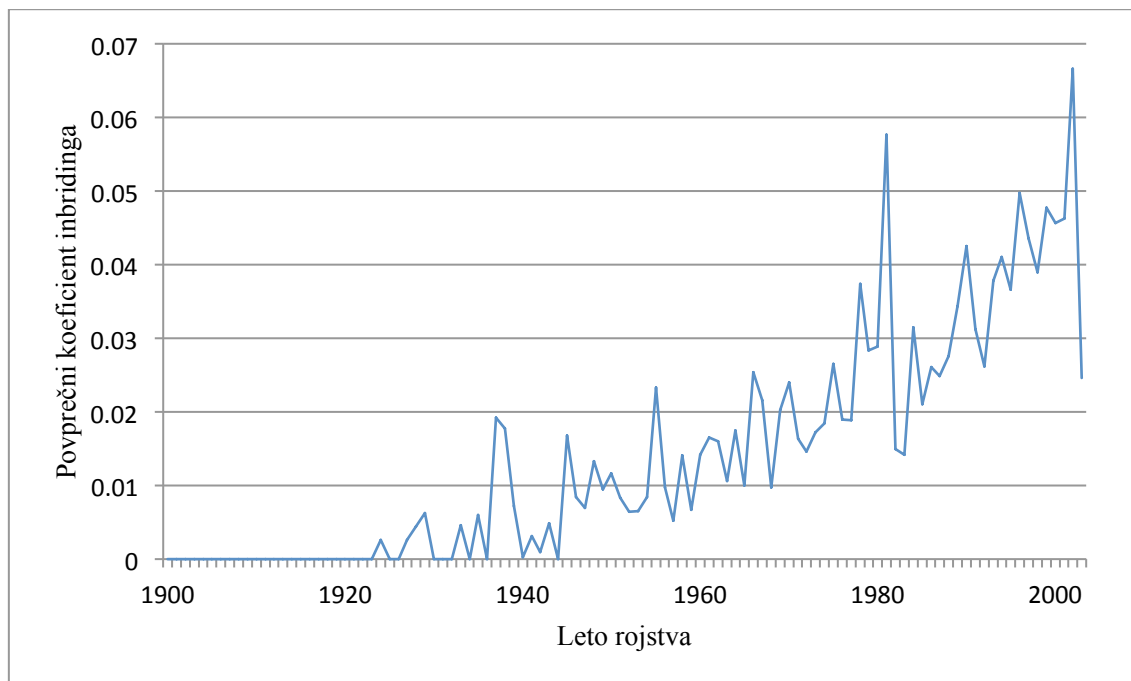
Slika 8: Efektivna velikost populacije (N_e) in stopnja inbridinga (ΔF)

Efektivna velikost populacije sovpada s stopnjo inbridinga in je ob nepopolnem poreklu podcenjena. V našem primeru pa ni tako. Okoli leta 1975 je visoka vrednost efektivne velikosti populacije, takoj za njo pa velika stopnja inbridinga.

Zajeta populacija je vključevala 1026 inbridiranih živali. Njihov povprečni inbriding je znašal 3,58 %, največji pa 26,87 %. Inbriding pod 5 % ima 44,8 %, med 5 in 10 % ga ima 10,4 % živali, večji inbriding pa le še posamezni (preglednica 5). Ker je poreklo precej popolno, ocenjujemo, da je izračunan inbriding realen.

Preglednica 5: Koeficient inbridinga pri lipicanskih konjih

Koeficient inbridinga (%)	Število živali	Delež (%)
$0 < x \leq 5$	805	44,8
$5 \leq x \leq 10$	186	10,4
$10 \leq x \leq 15$	25	1,4
$15 \leq x \leq 20$	6	0,3
$25 \leq x \leq 30$	4	0,2



Slika 9: Povprečni koeficient inbridinga pri potomcih po letih rojstva

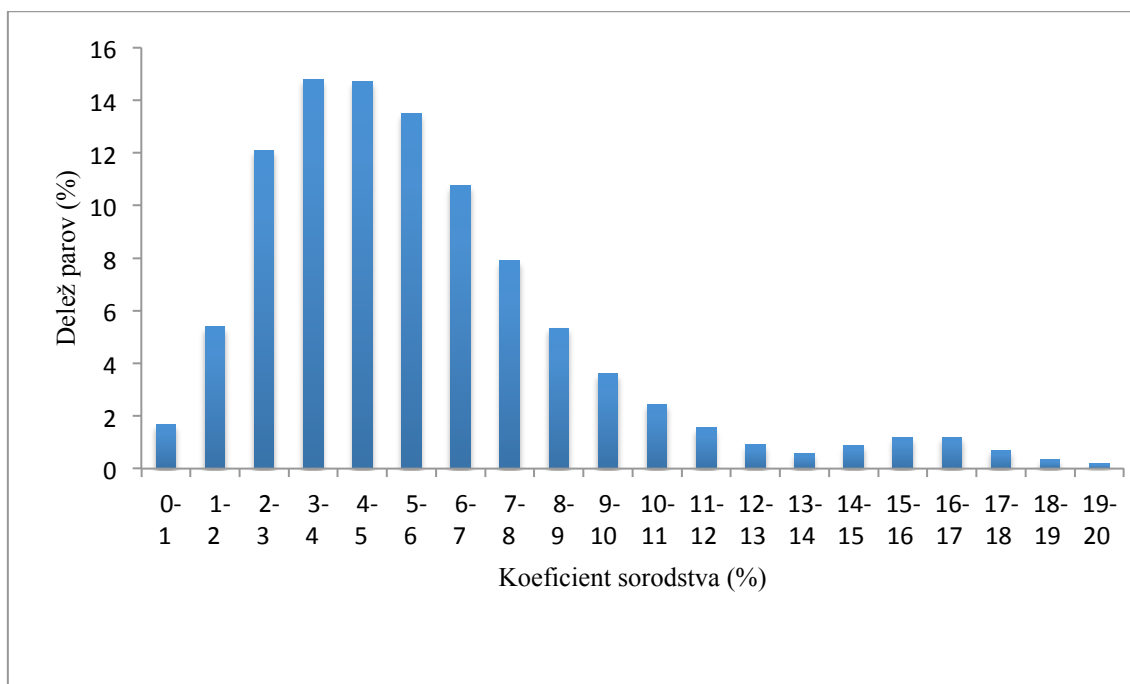
Povprečni inbriding potomcev z leti niha, vendar se povečuje na dolgi rok. Okoli leta 1980 je vidna sprememba (slika 9), ki jo je moč pripisati outbreedingu. Ker je poreklo popolno, je izračunana vrednost koeficienta inbridinga realna. Pri andaluzijskih konjih je koeficient inbridinga znašal 8,48 %, pri kartuzijskih pa 9,08 % (Valera in sod., 2005). Pri arabcih se je koeficient inbridinga gibal med 6,25 in 12,5 % (Moureaux in sod., 1996), pri avstralskih konjih pa med 0 in 35,81 % (Vaez Torshizi in sod., 1998). Pri asturcon poniju je bil koeficient inbridinga majhen (2,7 %), kjer so bile zajete le živali s potomcem in to za več kot eno znano generacijo nazaj, pa je vrednost inbridinga narasla na 10 % (Dunner in sod., 1998).

Povprečen koeficient sorodstva med pari žrebec – kobila znaša 5,5 % in je podoben koeficientu sorodstva med žrebci (5,8 %) oz. med kobilami (5,2 %). Standardni odklon je v vseh primerih okrog 3,6 %. Maksimalni koeficient sorodstva med pari žrebec – kobila znaša 37,7 % in je podoben maksimalnemu koeficientu sorodstva znotraj žrebcev in kobil (preglednica 6).

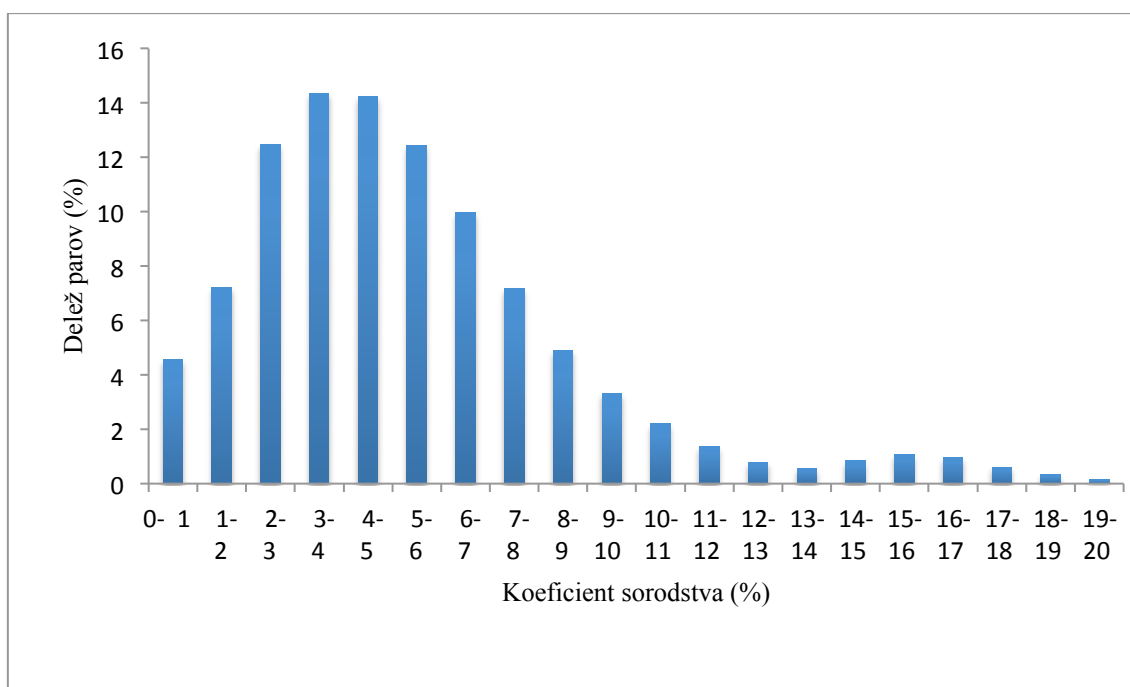
Preglednica 6: Koeficient sorodstva pri lipicancih referenčne populacije

	Število parov	Povprečje	SD	Minimum	Maksimum
Žrebci med sabo	34716	0,058	0,036	0	0,3606
Kobile med sabo	55278	0,052	0,037	0	0,3871
Kobile z žrebci	87912	0,055	0,037	0	0,3765

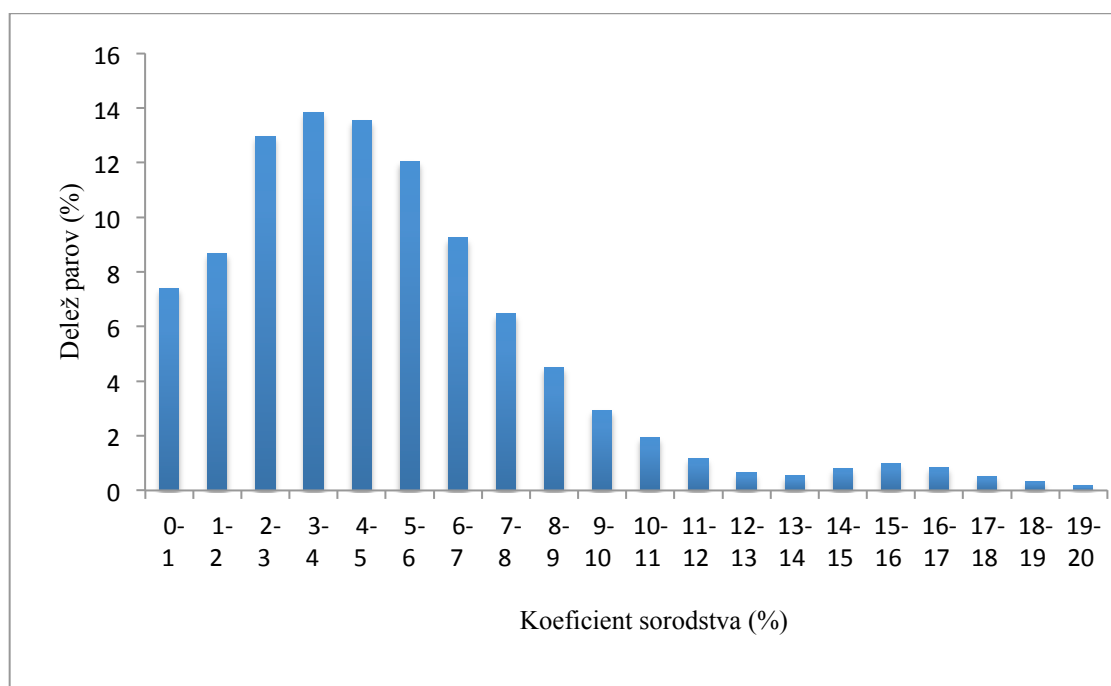
Glede na minimalne vrednosti koeficientov sorodstva lahko predvidimo prajenja, po katerih bodo potomci le malo inbridirani. Porazdelitve za koeficient sorodstva med različnimi pari žrebec - žrebec (slika 10), žrebec-kobila (slika 11) in žrebec-kobila (slika 12) so si pri vseh parih podobne. Tudi tu na rezultate vpliva popolnost porekla. Pri andaluzijskih konjih so bile povprečne vrednosti koeficienta sorodstva 12,25 %, vrednosti za kartuzijsko linijo pa 13,01 % (Valera in sod., 2005).



Slika 10: Porazdelitev za koeficient sorodstva za pare žrebcev



Slika 11: Porazdelitev za koeficientov sorodstva za par žrebec-kobila



Slika 12: Porazdelitev za koeficient sorodstva za par kobil

4.2.3 Efektivno število osnovalcev in prednikov

V populaciji lipincev je 240 žrebcev in 272 kobil smatranih kot osnovalci (preglednica 7). Efektivno število osnovalcev je pri obeh spolih podobno, 59,3 pri žrebcih in 65,5 pri kobilah. Efektivno število prednikov je, kot pričakovano, precej manjše, in sicer 19,3 pri žrebcih in 21,8 pri kobilah. V sklad genov populacije prispeva skupaj 50 % le sedem prednikov pri žrebcih in osem pri kobilah. Največji prispevek pri žrebcih je kar 12,5 %, pri kobilah pa 11,5 %.

Preglednica 7: Zastopanost osnovalcev in prednikov pri žrebcih in kobilah referenčne populacije

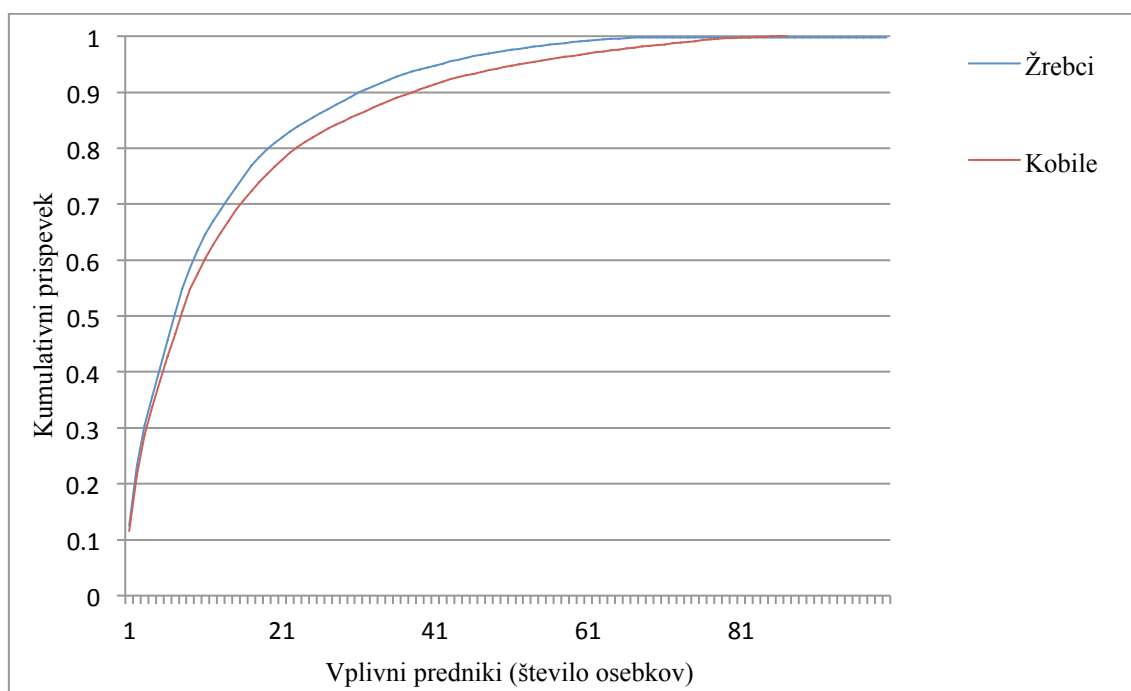
Parameter	Pri žrebcih	Pri kobilah
Število osebkov	262	329
Število osnovalcev	240	272
Efektivno število osnovalcev	59,3	65,5
Efektivno število prednikov	19,3	21,8
N_{50}	7	8
C_{max} (%)	12,5	11,5

N_{50} – število prednikov, ki največ prispevajo v kumulativni pričakovani prispevek 50 % genov populacije

C_{max} – pričakovani prispevek prednika, ki prispeva največ

Efektivno število prednikov je manjše od efektivnega števila osnovalcev (preglednica 7). V naši analizi je razlika precejšnja. Med konji, ki največ prispevajo v sklad genov populacije, ni osnovalcev. Razlog so ozka grla, kar je razvidno iz zgodovine reje lipicanskega konja, številnih selitev in posledično drastičnega zmanjšanja števila konj v Lipici. Sestava sklada genov se je osiromašila.

Pri andaluzijskem konju je bilo efektivno število osnovalcev 39,6 (Valera in sod., 2005). K 50 % sklada genov je prispevalo 6 živali, k 70 % pa 13 %. Efektivno število prednikov je bilo 27. Pri breton konju je 42 prednikov prispevalo 50 % robnega prispevka (Vu Tien Khang in sod., 1998), kar pomeni, da ima ta pasma večjo genetsko pestrost.



Slika 13: Kumulativni prispevek prednikov pri kobilah in žrebcih

Za žrebce, rojene v obdobju 1989-2003, je v sklad genov prispevalo 87 prednikov, za kobile pa 69 prednikov (slika 13). Prvih 10 najvplivnejših je navedenih v preglednicah 8 in 9. Najvplivnejši trije predniki pri lipicancu Kobilarne Lipica so žrepci Conversano Gaetana IV, Maestoso Bonavoja 45 in Neapolitano Batosta XXI. Ti prispevajo po 12,5, 10,7 in 7,2 % genov v sklad populacije pri žrebcih ter 11,5, 10 in 7 % pri kobilah. Prva kobila je

še le na petem mestu, in sicer Dubovina, ki je v sklad genov pri žrebcih in kobilah prispevala približno 5 %. Naslednja vplivnejša kobila, ki se nahaja na 9. mestu pa je Wera II, s prispevkom v sklad genov slabih 4 %. Na 11. mestu je pri žrebcih in kobilah žrebec Siglavy Monterosa, ki ga lahko posebej izpostavimo zaradi njegove predvojne letnice rojstva (1907). Ostali so v veliki večini le iz povojnega obdobja. Tudi ti rezultati kažejo na ozko grlo, saj so se po selitvi, med drugo svetovno vojno, le delno vračali na lokacijo Lipice.

Preglednica 8: Prispevek prednikov pri žrebcih referenčne populacije

Zap. št.	Spol	Konj	Leto rojstva	Pričakovani prispevek		
				Skupni	Robni	Kumulativni
1	1	Conversano Gaetana IV	1947	0,1251	0,1251	0,1251
2	1	Maestoso Bonavoja 45	1967	0,1074	0,1074	0,2325
3	1	Neapolitano Batosta XXI	1956	0,0717	0,0717	0,3043
4	1	Favory Dubovina IV	1964	0,0518	0,0518	0,3561
5	2	Dubovina	1939	0,0504	0,0504	0,4065
6	1	Neapolitano Allegra XXVI	1984	0,0730	0,0502	0,4567
7	1	Pluto Navarra 90	1972	0,0487	0,0487	0,5053
8	1	Siglavy Drina XXXV	1974	0,0434	0,0434	0,5487
9	2	Wera II	1950	0,0375	0,0375	0,5862
10	1	Favory Sistina	1945	0,0322	0,0322	0,6184

Preglednica 9: Prispevek prednikov pri kobilah referenčne populacije

Zap. št.	Spol	Konj	Leto rojstva	Pričakovani prispevek		
				Skupni	Robni	Kumulativni
1	1	Conversano Gaetana IV	1947	0,1151	0,1151	0,1151
2	1	Maestoso Bonavoja 45	1967	0,1001	0,1001	0,2152
3	1	Neapolitano Batosta XXI	1956	0,0715	0,0715	0,2867
4	1	Pluto Navarra 90	1972	0,0509	0,0509	0,3376
5	2	Dubovina	1939	0,0457	0,0457	0,3832
6	1	Siglavy Drina XXXV	1974	0,0448	0,0448	0,4281
7	1	Neapolitano Allegra XXVI	1984	0,0585	0,0402	0,4683
8	1	Favory Dubovina IV	1964	0,0399	0,0399	0,5082
9	2	Wera II	1950	0,0398	0,0398	0,5479
10	1	Favory Sistina	1945	0,0281	0,0281	0,5760

5 SKLEPI

Na podlagi porekla lipicanskega konja smo izračunali parametre, ki služijo skrbnemu načrtovanju parjenj v populaciji.

- Generacijski interval je pri žrebcih daljši kot pri kobilah za približno dve leti.
- V povprečju so imeli žrebci po 2,43 potomcev, kobile pa 1,39. Podatki kažejo na veliko varianco znotraj družin, kar pomeni majhno efektivno velikost populacije. Prispevki genov lipicanskih konj v sklad genov so neuravnoteženi, kar vodi v izgube le-teh.
- Živali, rojene med letom 1989 do vključno 2003, imajo znana oba starša. Večina jih ima znane vse prednike za 6 generacij nazaj, večji upad v popolnosti porekla je viden pred deveto generacijo prednikov.
- Ekvivalent popolnih generacij prednikov je v referenčni populaciji pri žrebcih znašal 8,08, pri kobilah 7,99, skupno torej 8,04. Pri lipicancih je tako v povprečju znanih več kot 8 generacij prednikov.
- Efektivna velikost populacije je ob nepopolnem poreklu podcenjena. V našem primeru ni tako.
- V zajeti populaciji, ki je vključevala 1026 inbridiranih živali, je povprečni inbriding znašal 3,58 %, največji je bil 26,87 %. Koeficient inbridinga pod 5 % ima 44,8 % živali, med 5 in 10 % ga ima 10,4 % živali, večji inbriding pa le še posamezni osebk. Ker je poreklo precej popolno, ocenjujemo, da so izračunani koeficienti inbridinga realni. Inbriding se s časom povečuje.
- Koeficient sorodstva pri žrebcih je znašal blizu 6 %, pri kobilah le nekoliko manj. Glede na minimalne vrednosti lahko predvidimo parjenja, po katerih bodo potomci le malo inbridirani.

- V populaciji lipicancev je 240 žrebcev in 272 kobil osnovalcev
- .Efektivno število osnovalcev je pri obeh spolih podobno, 59,3 pri žrebcih in 65,5 pri kobilah.
- Efektivno število prednikov je, kot pričakovano, precej manjše, 19,3 pri žrebcih in 21,8 pri kobilah.
- Efektivno število prednikov je manjše od efektivnega števila osnovalcev. V naši analizi je razlika precejšnja. Med konji, ki največ prispevajo v sklad genov populacije, ni osnovalcev, kar lahko pripišemo ozkemu grlu v drugi svetovni vojni.
- V sklad genov populacije prispeva skupaj 50 % le 7 prednikov pri žrebcih in pri kobilah pa 8. Največji prispevek pri žrebcih je kar 12,5 %, pri kobilah pa 11,5 %.
- Plemenjakov je, kot pričakovano manj, imajo več potomcev in tako prispevajo več genov v populacijo. Kobil je med pomembnimi predniki sicer več kot polovica, v sklad genov pa prispevajo manj, kar je pričakovano, saj imajo manj potomcev v primerjavi z žrebci.
- S skrbnim načrtnim parjenjem bi lahko zagotovili zadostno genetsko raznolikost znotraj populacije.

6 POVZETEK

Lipicanski konj je ena najstarejših pasem konj. Nastal je na slovenskem Krasu in spada med naše avtohtone pasme. Uvrščamo ga med male populacije, pri katerih je posebej pomembno ohranjanje genetske variabilnosti zaradi ohranitve pasme na dolgi rok. V tej nalogi smo demografsko in genetsko analizirali lipicanskega konja Kobilarne Lipica s pomočjo programa Pedig. Pri tem smo se poslužili parametrov, ki temeljijo na informaciji porekla. Zajeli smo 1796 živali. Med njimi je bilo 295 osnovalcev. V referenčni populaciji smo zajeli 597 živali, rojenih v letih 1989 do vključno 2003. Njihov generacijski interval je bil 13 let za žrebce in 10,5 let za kobile. Žrebci so imeli povprečno 2,43 potomce, kobile pa 1,39. Ekvivalent popolnih generacij je bil 8,04. Od 1026 inbridiranih živali je bil koeficient inbridinga 3,58 %. Povprečni koeficient sorodstva je bil med 5 in 6 %. Efektivno število osnovalcev je bilo 59,3 pri žrebcih in 65,5 pri kobilah, efektivno število prednikov pa 19,3 pri žrebcih in 21,8 pri kobilah. Prispevek najvplivnejšega prednika v sklad genov je znašal 12,5 % pri žrebcih in 11,5 % pri kobilah. 50 % v sklad genov je prispevalo sedem prednikov pri žrebcih in 8 prednikov pri kobilah. Rezultati analize nam kažejo, da bo potrebno nameniti več pozornosti ohranjanju genetske raznolikosti lipicanskega konja, pri čemer je eden od ciljev uravnoteženje prispevkov prednikov v sklad genov populacije.

7 VIRI

- Boichard D. 2002. PEDIG: a Fortran package for pedigree analysis suited for large populations. V: Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, 19. – 23. Avgust 2002, Castanet-Tolosan, INRA, 32, 525-528
- Boichard D., Maignel L., Verrier E. 1997. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genetic Selection Evolution*, 29: 5-23
- Checa M.L., Dunner S., Martin J.P., Vega J.L., Canón J. 1998. A note on the characterization of a small Celtic pony breed. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 115: 157-163
- Das K. K. Hofgestüt zu Lippiza 1580-1880. 1880. Wien. K. K. Oberstallmeisteramte: 167 str. <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-UEFUMKKN> (17. avg. 2015)
- Dovč P., Kavar T., Sölkner H., Achmann R. 2006. Development of the Lipizzan Horse Breed. *Reproduction in Domestic Animals*, 41: 280-285
- Dunner S., Checa M.L., Gutierrez J.P., Martin J.P., Canon J. 1998. Genetic analysis and management in small populations: the Asturcon pony as an example. *Genetic Selection Evolution*, 30: 397-405
- Falconer D.S., Mackay T.F.C. 1996. Introduction to quantitative genetics. 4th ed. Edinburg, Longman Group: 464 str.
- Glazewska I., Jezierski T. 2004. Pedigree analysis of Polish Arabian horses based on founder contributions. *Livestock Production Science*, 90: 293-298
- Gutierrez J.P., Altarriba J., Diaz C., Quintanilla R., Cannon J., Piedrafita J. 2003. Pedigree analysis of eight Spanish beef cattle breeds. *Genetic Selection Evolution*, 35: 1-21
- Jurkovič J. 1973. Lipica. Koper, Založba Lipa: 32 str.
- Kavar T., Brem G., Habe F., Sölkner J., Dovč P. 2001. History of Lipizzan horse maternal lines as revealed by mtDNA analysis. *Genetic Selection Evolution*, 34: 635-648
- 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. *Interbul Bulletin*, 14: 49-54
- Meuwissen T.H.E., Luo Z. 1992. Computing inbreeding coefficients in large populations. *Genetic Selection Evolution*, 24: 305-313

- Moureaux S., Varrier E., Ricard A., Mériaux J.C. 1996. Genetic variability within French race and riding horse breeds from genealogical data and blood marker polymorphisms. *Genetic Selection Evolution*, 28: 83-102
- Nuernberg H. 1993. Der Lipizzaner: mit einem Anhang über den Kladruher. Magdeburg, Westarp Wissenschaften: 250 str.
- Rus J. 2002. Rejski program za konje lipicanske pasme. Lipica. Kobilarna Lipica: 21 str.
- Rus J. 2011. Rejski program za pasmo lipicanski konj. Lipica. Kobilarna Lipica in Združenje rejcev lipicanca Slovenije: 56 str.
- SAS Inst. Inc. 2002. The SAS System for Windows, Release 9.1. Cary, NC, SAS Institute
- Sponenberg D.P. 2007. Genetic resources and their conservation. V: The genetics of the horse. A. T. Bowling and A. Ruvinsky (eds.). Oxon. CAB International, 87-410
- Vaez Torshizi R., Nicholas F.W., Tier B. 1998. Inbreeding in Australian thoroughbred horses and the implications of "shuttle" stallions. Armidale. 6th World Congress of Genetics Applied Livestock Production, 24: 440-443
- Valera M. Molina A., Gutiérrez J.P., Gomez J., Goyache F. 2005. Pedigree analysis in the Andalusian horse: population structure, genetic variability and influence of the Chartusian strain. *Livestock Production Science*, 95: 57-66
- VanRaden P.M. 1992. Accounting for inbreeding and crossbreeding in genetic evaluation of large populations. *Journal of Dairy Science*, 75: 3136-3144
- Von Hurter F.E. 1880. Geschichte Kaiser Ferdinands II und seiner Eltern bis zu dessen Krönung in Frankfurt. Erster Band. Wien, Hurtersche Buchhandlung: 167 str.
<http://www.e-rara.ch/zuz/content/titleinfo/6746961> (17. avg. 2015)
- Vu Tien Khang J., De Rochambeau H., Verrier E., Renand G., Bbertomeu C., Le Mercier J. 1998. Genetic description of a French horse breed: the "Breton". Comparison with horse and cow breeds. Armidale. 6th World Congress of Genetics Applied Livestock Production, 24: 444-447
- Wright S. 1922. Coefficients of inbreeding and relationship. *American Naturalist*, 56: 330-338
- Wright S. 1931. Evolution in Mendelian populations. *Genetics*, 16: 97-159
- Zakon o Kobilarni Lipica. 1996. Ur.l. RS št. 29-2353/96
- Zakon o živinoreji. 2002. Ur.l. RS št. 18-716/02

Zechner P., Sölkner J., Bodo I., Druml T., Baumung R., Achmann R., Marti E., Habe F., Brem G. 2002. Analysis of diversity and population structure in the Lipizzan horse breed based on pedigree information. *Livestock Production Science*, 77: 137-146

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorici doc. dr. Špeli Malovrh za potrpežljivost in pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Recenzentki prof. dr. Mileni Kovač in predsedniku komisije doc. dr. Silvestru Žgurju se zahvaljujem za pregled in koristne pripombe.

Zahvaljujem se tudi ostalim članom komisije, Katedri za znanosti o rejah živali ter komisiji za študij 1. In 2. stopnje Oddelka za zootehniko, ki so mi omogočili dokončanje študija.

Na koncu se zahvaljujem tudi svoji družini, ki mi je stala ob strani, ter razumevajočim sodelavcem.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Janka PREBIL BEBER

**GENETSKA STRUKTURA POPULACIJE NA
OSNOVI POREKLA PRI LIPICANCU**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2016