

Poglavje 2

Parjenje v sorodstvu in inbriding

Špela Malovrh ^{1,2}

Izveček

Inbriding je strokovni termin, ki ozko gledano pomeni parjenje sorodnih osebkov, v bolj praktičnem pomenu pa o inbridingu govorimo kot o parjenju osebkov v populaciji, ki so bolj sorodni, kot je to v povprečju v populaciji. Njegova posledica je depresija zaradi inbridinga, za katero velja, da jo povzroča stanje, ko osebek na več genskih lokusih poseduje po dva identična gena. Posledice parjenja med sorodnimi osebkami so znane že dolgo, kar je tudi razlog prepovedi porok med ožjimi sorodniki praktično v vseh človeških kulturah. Pri živalih so posledice parjenja v sorodstvu hujše pri lastnostih plodnosti in vitalnosti kot pri morfoloških lastnostih. Parjenje v sorodstvu ni škodljivo le za posamične potomce, temveč tudi za populacijo, saj se siromaši njen genetski sklad, tudi ko se populacija povečuje, kar lahko dolgoročno povzroči tudi njeno izginotje. Z načrtno odbiro in načrtnimi parjenji lahko dosežemo, da bo povečevanje inbridinga v populaciji čim počasnejše. Osnova odločitvam pri tem pa je beleženje podatkov v rejah.

Ključne besede: koeficient inbridinga, koeficient sorodstva, depresija zaradi inbridinga

Abstract

Title of the paper: **Mating between relatives and inbreeding**. Inbreeding is a scientific term that narrowly implies the mating of related individuals, but in more practical sense, it covers matings of individuals in a population that are more related than on average. Its consequence is inbreeding depression, which is considered to be caused by a condition where the individual has two identical genes in several genetic loci. The consequences of mating between relatives have been known for a long time, which is also the reason for banning marriages among close relatives practically in all human cultures. In animals, the consequences of kin mating are worse in fertility and vitality traits than in morphological traits. Kin matings are not harmful for individual offspring only, but also for the population, because its genetic pool is shrinking despite population growth, which can in the long-term even cause the disappearance of population. By planned selection and planned matings, it could be achieved that the increase in inbreeding in the population is as slow as possible. The basis of decisions for this is data recording on farms.

Key words: inbreeding coefficient, kinship coefficient, inbreeding depression

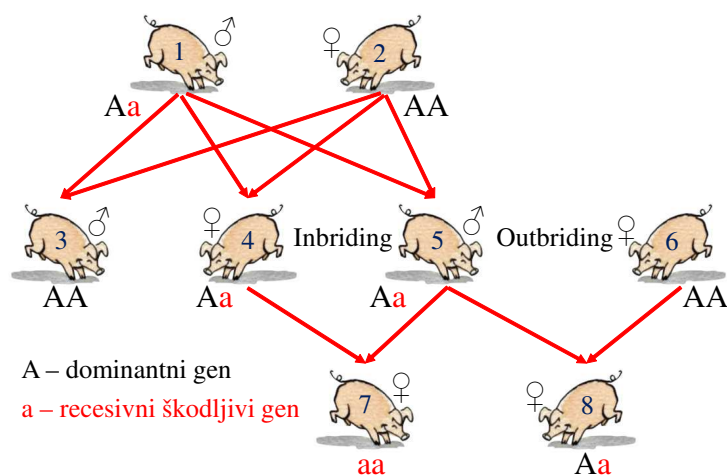
¹Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Groblje 3, 1230 Domžale

²E-pošta: spela.malovrh@bf.uni-lj.si

2.1 Uvod

Sama beseda inbriding ne pomeni nič drugega kot parjenje sorodnih osebkov, pa naj bo to pri rastlinah, živalih, ali ljudeh. V človeški populaciji so poroke in s tem parjenja ožjih sorodnikov zakonsko prepovedana. Pri nastanku pasem domačih živali in sort kulturnih rastlin pa se je človek poslužil končnega števila osebkov kot osnovalcev, želel je čim bolj enotne oblike telesa, barve in barvne vzorce, izražene določene lastnosti, kar je v populaciji pomenilo fiksacijo določenih genov, posledično pa so pripadniki pasme ali sorte precej sorodni. Zato pri inbridingu govorimo o parjenju osebkov v populaciji, ki so bolj sorodni, kot je to v povprečju v populaciji. Inbriding pa ima za posledico fiksacijo tako zaželenih kot nezaželenih genov in s tem lastnosti, kar pa zagovorniki t.i. linijskega parjenja (parjenje bližnjih sorodnikov) povsem zamolčijo. Inbriding v populaciji zmanjšuje genetsko varianco in posledično heritabiliteto za lastnosti, na dolgi rok pa ogroža obstoj populacije.

Parjenje v sorodu ima lahko hude posledice za potomstvo. Posledica parjenja v sorodu je depresija zaradi inbridinga (Falconer in Mackay, 1996), ki je posledica stanja, ko žival na določenem genskem lokusu poseduje dva identična gena, vsakega je podedovala od enega starša. Temu stanju pravimo homozigotnost, žival pa je homozigot za ta par genov na tem lokusu. Bolj kot sta starša sorodna, večja je verjetnost takih identičnih genov pri potomcih. Če ima par identičnih genov superioren učinek na določeno lastnost, potem bi bilo tako stanje na lokusu zaželeno, žal pa je veliko genov takih, pri katerih se v primeru homozigotnosti pokažejo neželene posledice, kadar pa je na lokusu prisoten le v eni kopiji, pa je njegov učinek v bistvu skrit. Tovrstnim genom pravimo recesivni geni. Z večanjem sorodnosti med dvema osebkom, bo večja tudi verjetnost, da se ti recesivni geni z neželenim oz. slabim učinkom pojavijo v paru, kar pomeni, da se bo njihov učinek pokazal.



Slika 1: Prikaz depresije zaradi inbridinga na nivoju enega lokusa

Poglejmo si na primeru enega lokusa z dvema genoma, kjer je gen z oznako "A" dominanten, gen z oznako "a" pa recesiven in npr. povzroča neplodnost (slika 1). Starša, merjasec (žival 1) ima genotip Aa in svinja AA (2), imata tri potomce: enega z genotipom AA (3) in dva z genotipom Aa (4, 5). Pri parjenju živali z genotipoma Aa in AA sicer pričakujemo polovico potomcev z genotipom AA in polovico z genotipom Aa. Če potem parimo potomca 4 in 5 - oba z genotipom Aa - med seboj, potem med njunimi potomci pričakujemo četrtno potomcev z genotipom AA, polovico z genotipom Aa ter četrtno z genotipom aa. Tu imamo iz tega parjenja dveh sorodnikov - brata in sestre - potomca (7) z genotipom aa, pri katerem se škodljivi učinek gena a izrazi, saj ga ima ta osebek v dveh kopijah in pri tej živali opazimo posledice depresije zaradi inbridinga - ta žival je neplodna. Če pa žival 5 parimo z nesorodno živaljo 6, pa potomcev z genotipom aa ne bo, pričakujemo lahko le prenašalce (Aa, primer je žival 8) in dominantne homozigote (AA).

Na primeru bele detelje vidimo, da je razlika med neinbridiranimi (levo) in inbridiranimi rastlinami (desno) več kot očitna (slika 2). Neinbridirane rastline so vitalne in sposobne reprodukcije in produkcije, vidimo ogromno cvetov, pa tudi rastlinske mase bo pri odkosu veliko za razliko od inbridiranih rastlin, pri katerih opazimo bistveno slabšo vitalnost. Slabša vitalnost je posledica depresije zaradi inbridinga, ki jo je povzročila velika homozigotnost v genomu teh rastlin. V kvantitativni genetiki govorimo o fitnessu (Falconer in Mackay, 1996), ki predstavlja relativno sposobnost organizma, da preživi do spolne zrelosti in poskrbi za prenos svojih genov na potomce.



Slika 2: Depresija zaradi inbridinga pri beli detelji: levo neinbridirane, desno inbridirane rastline (vir: <https://www.teagasc.ie/research/reports/crops/1198/1198fig06.jpg>)

2.2 Zavedanje posledic parjenja v sorodstvu v preteklosti v naših tiskih

Posledice parjenja med sorodnimi osebki so bile znane že v daljni preteklosti povsem izkušveno, o znanstveno podprtih dokazih za depresijo zaradi inbridinga v rastlinskem svetu pa je pisal že Darwin (1876). Darwinovi poskusi na rastlinah so kmalu spodbudili raziskave posledic inbridinga pri živalih (podganah, miših in budrah) v poskusih, kjer so mnogo ge-

neracij zaporedoma parili bližnje sorodnike (East in Jones, 1919). Tudi Sevall Wright, ki je med drugim avtor definicij tako za koeficient inbridinga kot koeficient sorodstva (Wright, 1922), je izvajal poskuse z inbridingom pri budrah (morskih prašičkih) in ugotavljal škodljive posledice.

Na neustreznost parjenja med sorodniki pa niso opozarjali le tuji strokovnjaki, temveč tudi slovenski. Šalehar (2008; 2009) je v svojih zbirkah zgodovinskih tiskov na temo živinoreje zbral kar nekaj prispevkov, ki govorijo o selekciji v živinoreji in o slovenskih avtohtonih pasmah, a hkrati opozarjajo na probleme pri parjenju sorodnih živali:

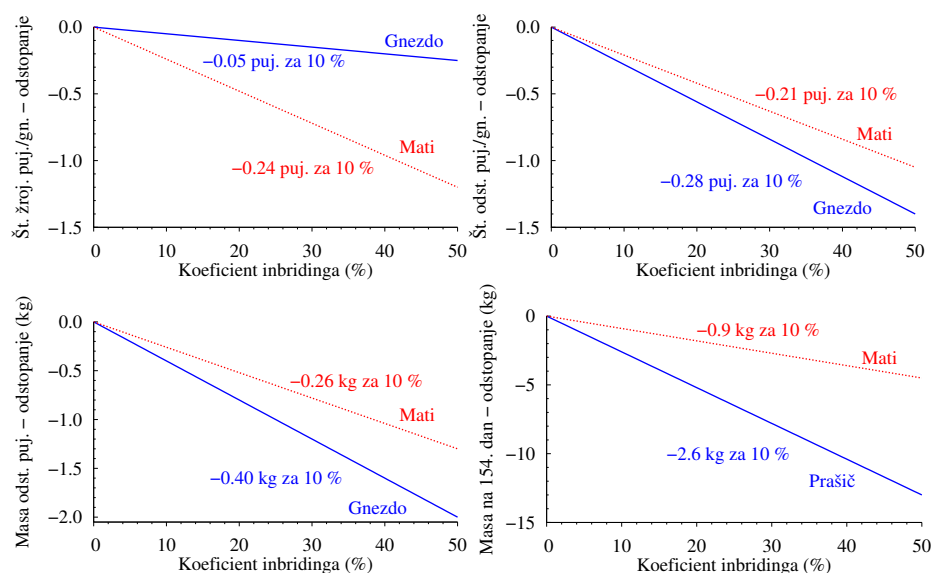
- Najboljši pripomoček za izboljšanje goveje živine (Dolenjske novice, 1885),
- Dular F. Umna živinoreja. II. O pasmah in umni reji domače živine (1895),
- Krvna sorodnost pri svinjah (Kmetovalec, 1924),
- Varujmo se plemenske živine v krvnem sorodstvu! (Kmetovalec, 1925),
- O plemenjenju v ožjem krvnem sorodstvu (Konjerejec, 1925),
- O plemenjenju v sorodstvu (Kmetovalec, 1927),
- Plemenitev v sorodstvu pri prešičih (Domoljub, 1927).

Tako v Dolenjskih novicah (1885) preberemo: “Nič pa živine tako ne slabša, kakor nepremišljeno plemenenje sorodnih živali, . . . , prihaja vedno bolna in zamrla goved, katero napake vam od leta do leta množé.” Dular (1895) dodaja: “Krvna razplodba škoduje izmed vseh domačih živalij najbolj in najhitreje prašičem. Svinje postanejo namreč že v tretjem, prav gotovo pa v četrtem kolenu pohabljene manj rodovitne ali celo neplodne.” V Kmetovalcu (1924) preberemo: “Kako naj se pa ubranimo krvnega sorodstva? Odgovor na to je preprosto: ne pripuščajmo svinje k merjascu, ki je z njo v bližnjem ali daljnem sorodstvu. Da se tej nevarnosti izognemo, ne smemo rabiti za domače svinje merjasca, ki se je doma povrgel in izredil.” V Kmetovalcu (1925) Marinček poleg kritike slabe odbire opozarja tudi na parjenje v sorodstvu: “Vzrokov za nepovoljno napredovanje (op. živinoreje) je mnogo. Večina njih temelji v premalo skrbni odbiri in pomanjkljivi vzreji plemenske živine, eden izmed glavnih je pa brez dvoma premala skrb za osveženje krvi, oziroma je plemenjenje v krvnem sorodstvu.”

2.3 Posledice inbridinga pri prašičih

Že zgoraj smo omenili, da ima inbriding več škodljivih posledic. Inbriding ne prizadene vseh lastnosti v enaki meri. Posledice so hujše pri lastnostih, ki so povezane s preživetjem in plodnostjo, in manj pri morfoloških lastnostih, kot so npr. odrasla velikost ali oblika telesa (Falconer in Mackay, 1996). Pri prašičih so poskuse s parjenjem v sorodstvu in spremljanjem posledic inbridinga delali že na začetku 20. stoletja. Hays (1919) je ugotovil, da se z

večanjem inbridinga povečujejo izgube v gnezdh, medtem ko je McPhee (1931) poleg manjših gnezdh in povečanih izgub opazil tudi močno povečan delež moških potomcev v gnezdh, pojav rjavkaste obarvanosti namesto črne, vrtince ter različne kongenitalne anomalije, kot so kile in razcepljeno nebo. O povečanih izgubah od rojstva do starosti 20 tednov sta pisala tudi Fahmy in Bernard (1971), ki sta pri povečanju inbridinga od 5 % na 25 % navedla povečanje deleža mrtvorojenih pujskov s 6 % na 14 % ter pri deležu izgub do odstavitve s 15 % na 21 %. Bereskin in sod. (1968) so na vsakih 10 % inbridinga več pri potomcih ocenili 0,05 manj živorojenih pujskov na gnezdo in na vsakih 10 % inbridinga več pri materi 0,24 manj živorojenih pujskov na gnezdo (slika 3, zgoraj levo). Pri odstavljenih pujskih je bila depresija zaradi inbridinga še bolj očitna, na vsakih 10 % inbridinga več pri potomcih kar 0,28 manj odstavljenih pujskov na gnezdo ter na vsakih 10 % inbridinga več pri materi 0,21 manj odstavljenih pujskov na gnezdo (slika 3, zgoraj desno).



Slika 3: Vpliv inbridinga pri potomcih in materi na velikost gnezda in povprečno maso prašičev (na osnovi rezultatov Bereskin in sod. (1968))

Toro in sod. (1988) so pri treh linijah iberijskega prašiča, ki so vse precej inbridirane, ugotovili med -0.14 in -0.33 živorojenih pujskov na gnezdo na vsakih 10 % inbridinga več pri materi ter med -0.26 in -0.35 živorojenih pujskov na gnezdo na vsakih 10 % inbridinga več pri potomcih. Tudi v novejših študijah (Farkas in sod., 2007; Köck in sod., 2009) so pri številu živorojenih in odstavljenih pujskov na gnezdo dobili primerljive rezultate za inbriding pri potomcih in pri materi: med -0.10 in -0.25 živorojenih pujskov na gnezdo na 10 % inbridinga pri potomcih in med -0.12 in -0.19 živorojenih pujskov na gnezdo na 10 % inbridinga pri materi ter med -0.19 in -0.29 odstavljenih pujskov na gnezdo na 10 % inbridinga pri potomcih in med -0.16 in -0.21 odstavljenih pujskov na gnezdo manj na 10 % inbridinga pri

materi, medtem ko inbriding pri očetu gnezda ni imel vpliva na velikost gnezda. Rothschild in Bidanel (1998) v pregledu navajata precej večji razpon za negativni učinek inbridinga na velikost gnezda.

Bereskin in sod. (1968) so tudi pri prirastih in telesni masi rastočih prašičev ugotovili negativni vpliv inbridinga. Pujski so bili ob odstavitvi za 0.40 kg lažji na vsakih 10 % individualnega inbridinga in za 0.26 kg lažji na vsakih 10 % inbridinga pri materi (slika 3, spodaj levo). Pri masi na 154. dan so bili pitanci za 2.6 kg lažji na vsakih 10 % individualnega inbridinga in za 0.9 kg lažji na vsakih 10 % inbridinga pri materi (slika 3, spodaj desno). Mikami in sod. (1977) so navedli, da so pitanci imeli za 45 g slabše dnevne priraste po odstavitvi, za 3.4 mm tanjšo hrbtno slanino ter za 1 cm² manjšo površino na prerezu najdaljše hrbtnne mišice na vsakih 10 % individualnega inbridinga. Tudi Christensen in sod. (1994) so v poskusu ugotovili slabše dnevne priraste pri pitancih. Fernández in sod. (2002) so za parametre rastne krivulje pri treh linijah iberijskega prašiča ovrednotili depresijo zaradi inbridinga ter dobili izraženo relativno na povprečje -3.18, -2.31 in -5.37 % za maso pri 120 dneh (parameter a v rastni krivulji) za vsakih 10 % inbridinga ter -3.16, -2.08 in -6.49 % za dnevni prirast (parameter b), pri čemer so poudarili, da ima manjši vpliv "stari" inbriding.

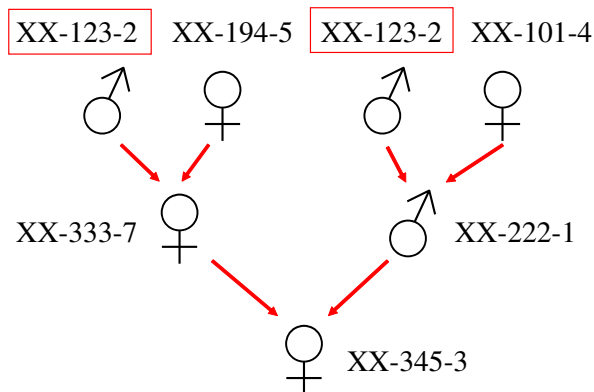
2.4 Parjenje dveh sorodnih živali

V primeru, da parimo dve sorodni živali, bodo posledično potomci inbridirani. Na sliki 4 imamo rodovnik živali z oznako XX-345-3, ki ima očeta XX-222-1 in mater XX-333-7. Za ti dve živali pa vidimo, da imata očeta XX-123-2, kar pomeni, da sta si XX-222-1 in XX-333-7 sorodna, in sicer sta polbrat in polsestra. Potomec parjenja med njima bo inbridiran. Zanima nas, kolikšno je sorodstvo med staršema in kolikšen je inbriding pri potomcu. Prikazani primer je dokaj enostaven, zato lahko tako koeficient sorodstva kot koeficient inbridinga izračunamo s pomočjo potnih koeficientov. Rodovnik bomo preoblikovali v toliko, da bo skupni prednik prikazan le enkrat in pa živalim bomo dali krajše oznake (A, B, C in X, slika 5). Pri izračunu koeficienta sorodstva med živalma A in B gremo po rodovniku od živali A preko skupnega prednika, ki je v tem primeru C, do živali B. Odseka oz. segmenta (n) na tej poti sta bila 2 in koeficient sorodstva ($R_{A,B}$) med A in B izračunamo kot:

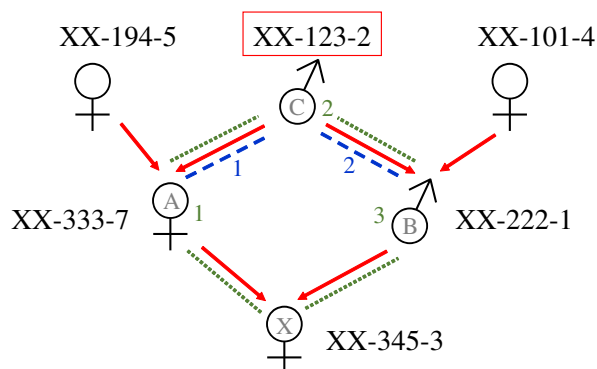
$$R_{A,B} = \left(\frac{1}{2}\right)^n = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 0.25$$

V oklepaju je ena polovica ($\frac{1}{2}$), toliko genov dobi žival po enem staršu in toliko znaša tudi koeficient sorodstva potomca z enim staršem. Za izračun koeficienta inbridinga (F_X) za žival X, ki je potomka staršev A in B, se prav tako sprehodimo po poti preko skupnega prednika (X - A - C - B - X) in preštejemo število prednikov na tej poti (m), ki je v tem primeru 3:

$$F_X = \left(\frac{1}{2}\right)^m = \left(\frac{1}{2}\right)^3 = 0.125$$



Slika 4: Parjenje dveh sorodnih živali



Slika 5: Parjenje dveh sorodnih živali: polbrat in polsestra

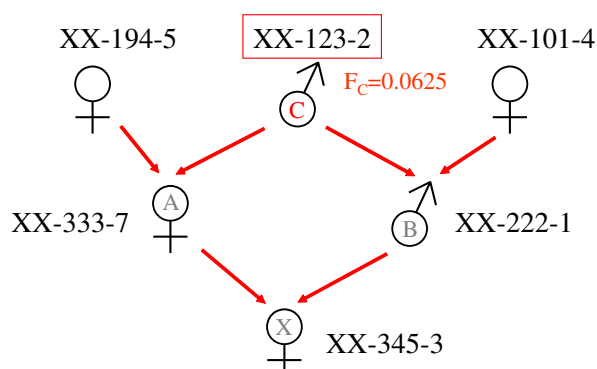
V primeru, da bi bil skupni prednik C inbridiran (slika 6) in bi njegov koeficient inbridinga znašal 0.0625, bi pri izračunu koeficienta inbridinga za žival X to upoštevali:

$$F_X = \left(\frac{1}{2}\right)^m (1 + F_C) = \left(\frac{1}{2}\right)^3 (1 + 0.0625) = 0.133$$

Ta ista formula bi veljala tudi prej - je splošnejša, le da bi za F_C vstavili 0, ker v prejšnjem primeru žival C ni bila inbridirana, rezultat bi bil isti. V primeru, da je skupnih prednikov več in je tudi poti preko skupnih prednikov več, moramo sešteti inbriding po vseh poteh, splošna formula za koeficient inbridinga pa je:

$$F_X = \sum_i^p \left(\frac{1}{2}\right)^{m_i} (1 + F_{A_i})$$

V zgornji formuli za koeficient inbridinga osebkov je p število poti v rodovniku, m_i število prednikov na i -ti poti ter F_{A_i} koeficient inbridinga skupnega prednika A na i -ti poti. V kompleksnih rodovnikih, ki obsegajo veliko osebkov in veliko generacij, koeficient inbridinga osebkov in sorodstvo med osebki izračunamo s pomočjo računalniških programov, saj bi bilo računanje na roke prezahtevno in prezamudno.



Slika 6: Parjenje polbrata in polsestre, katerih oče je inbridiran

2.5 Merjenje sorodstva in inbridinga

Sorodstvo med dvema osebkom merimo s koeficientom sorodstva, ki predstavlja delež po poreklu skupnih (identičnih) genov, ki jih imata dva sorodna osebka (Wright, 1922), oz. pomeni verjetnost, da imata dva osebka na določenem lokusu po poreklu identične gene. Mera koeficient inbridinga pa se nanaša na posamezni osebek in predstavlja verjetnost, da bosta pri tem osebku na nekem lokusu oba gena identična po poreklu (Wright, 1922), se pravi, da izvirata od enega prednika. Koeficienti sorodstva med sorodniki in koeficiente inbridinga potomcev iz tovrstnih parjenj, ki si jih velja zapomniti, so v tabeli 1. Pri tem velja izpostaviti, da to velja le v primeru, da so skupni predniki neinbridirani. V nasprotnem primeru bi imela oba koeficienta večjo vrednost.

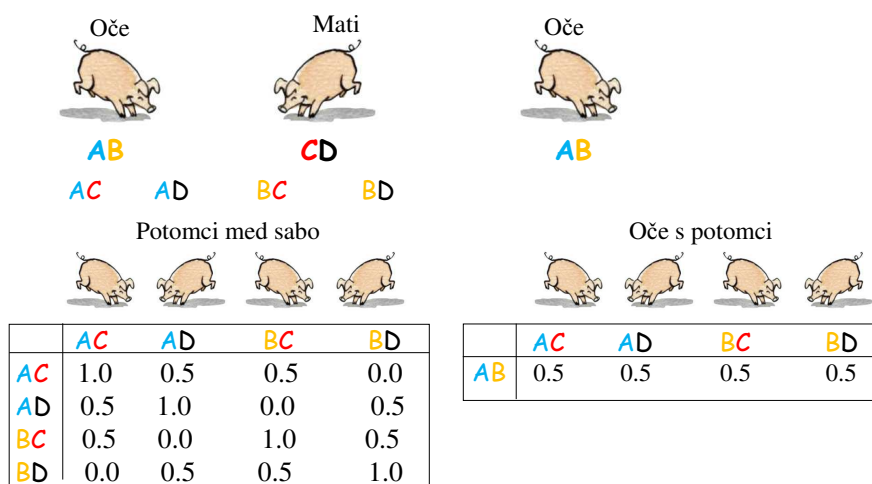
Na nivoju enega lokusa, se pravi le ene lokacije gena in s tem le enega gena, si bomo pogledali, kako sorodni so med seboj bratje in sestre in kako sorodni so otroci z enim od staršev. Večina višjih organizmov ima v jedru telesnih celic dve garnituri kromosomov in s tem dve različici istega gena oz. dva alela. Predpostavimo, da ima merjasec (oče) na določenem lokusu alela, ki ju označimo z A in B, ter da ima svinja na tem istem lokusu alela, ki ju označimo z C in D (slika 7). Pri potomcih iz parjenja med tem merjascem in svinjo lahko pričakujemo, da bodo imeli štiri kombinacije alelov (genotip): AC, AD, BC in BD. Kako sorodni so med sabo potomci merjasca in svinje (bratje in sestre) na sliki 7, pa vidimo v levi tabeli. Če imata oba potomca na lokusu kombinacijo, npr. AC, potem sta povsem sorodna, koeficient sorodstva pri njiju bo 1. Če ima en AC, drugi pa AD ali BC, potem bo njun koeficient sorodstva 0,5, ker imata en alel skupen, v tem primeru ali A ali C. Če pa ima en AC in

Tabela 1: Parjenje sorodnih osebkov

	Koeficient sorodstva	Koeficient inbridinga potomca
Brat - sestra		
Oče - hči	0.50	0.25
Sin - mati		
Polbrat - polsestra		
Stric - nečakinja	0.25	0.125
Nečak - teta		
Bratranec - sestrična		
Dedek - vnukinja	0.125	0.0625
Vnuk - babica		

drugi BD ali pa en AD in drugi BC, potem sta nesorodna (koeficient sorodstva 0), ker imata na lokusu povsem različne alele. Bratje in sestre imajo torej lahko različni koeficient sorodstva. Če jih opazujemo takole poenostavljeno le na enem lokusu, je koeficient sorodstva 1, 0.5 ali 0, kar v povprečju znese 0.5. To pomeni, da si v povprečju med seboj delijo 50 % genov.

Sorodstvo enega starša, npr. očeta, in potomcev prikazujemo na sliki 7 v desni tabeli. Oče ima genotip AB, njegovi potomci pa imajo lahko genotip AC, AD, BC ali BD. V vsakem primeru si z očetom delijo en alel, ali A, ali B, kar pomeni, da si z njim delijo polovico genov na tem lokusu in koeficient sorodstva je v vsakem primeru 0.5, če gledamo posamično ali v povprečju.

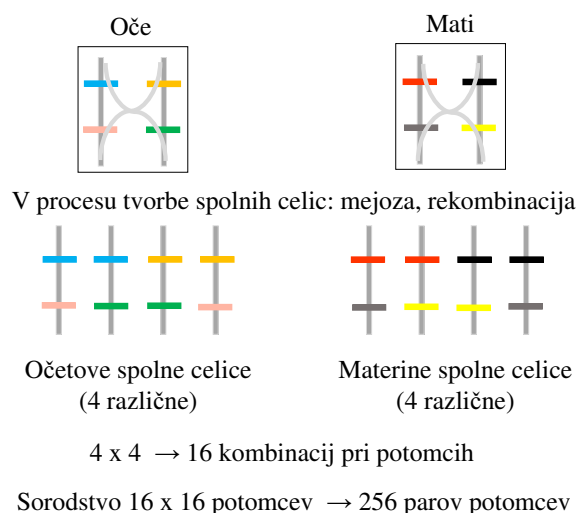


$$(1.0+0.5+0.5+0.0+\dots+0.5+1.0)/16=0.5$$

$$(0.5+0.5+0.5+0.5)/4=0.5$$

Slika 7: Sorodnost potomcev med sabo in sorodnost potomcev z enim staršem

Bratje in sestre so med seboj v povprečju sorodni 0.5, kar pomeni, da si v povprečju med seboj delijo 50 % genov (tabela 1, slika 7). Dejansko pa so si lahko sorodni tudi bolj ali manj (slika 7). Poglejmo si najprej na nivoju enega lokusa, kolikšni so deleži bolj ali manj sorodnih bratov in sestra (slika 9, zgoraj levo). V tem primeru bomo imeli 50 % bratov in sestra, ki bodo delili 50 % genov, bo pa tudi 25 % bratov in sestra, ki ne bodo sorodni in prav tako 25 % bratov in sestra, ki bodo na tem lokusu povsem sorodni - si bodo 100 % delili gene.



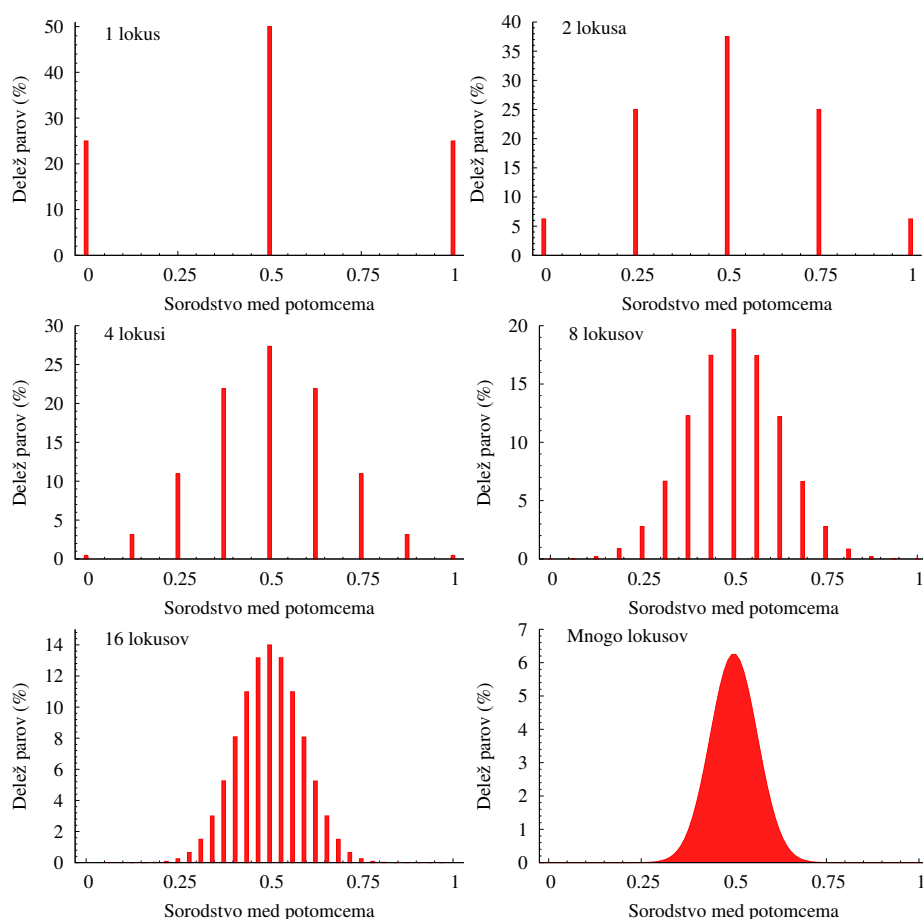
Slika 8: Rekombinacija v procesu tvorbe spolnih celic - primer dveh lokusov

V primeru upoštevanja dveh lokusov bodo v procesu tvorbe spolnih celic tako pri očetu kot materi zaradi možnega prekrivanja (rekombinacija) nastale po 4 različne spolne celice (gamete), kar bo imelo za posledico 16 možnih kombinacij in s tem 16 genotipov pri potomcih (slika 8). Če bi sedaj naredili tabelo s sorodstvom med temi 16×16 potomci, bi bila precej velika in bi vsebovala 256 parov oz. kombinacij. Enostavneje bo, da si pogledamo le porazdelitev koeficientov sorodstva (slika 9, zgoraj desno). Podobno, kot pri enem lokusu, bo največ parov bratov in sestra, ki si delijo polovico genov, le da jih sedaj ni več 50 %, temveč nekoliko manj (37.5 %), manj je tudi popolnoma sorodnih in popolnoma nesorodnih, po 6.25 %. Imamo pa sedaj tudi pare bratov in sestra, ki imajo koeficient sorodstva 0.25 ali 0.75 in takih parov je po 25 %. V povprečju imajo pari bratov in sestra še vedno koeficient sorodstva 0.5.

Ko širimo število opazovanih lokusov, npr. na 4, 8 ali 16 (slika 9, srednji del ter spodaj levo), se zmanjšuje delež parov, ki imajo koeficient sorodstva točno 0.5 (27,3 % pri 4 lokusih, 19,7 % pri 8 lokusih in 14,0 % pri 16 lokusih), še bolj se pa zmanjšuje delež parov, ki so med seboj popolnoma sorodni ali popolnoma nesorodni (0,4 % pri 4 lokusih, $1,6 \times 10^{-4}$ %

pri 8 lokusih), pojavlja pa se vse več drugih vrednosti za koeficient sorodstva, med 0.0 in 0.5 ter med 0.5 in 1.0. Pri blizu 100 upoštevanih lokusih (slika 9, spodaj desno) bo parov, ki bodo imeli koeficient sorodstva med 0.4 in 0.6 preko 99 %. Le slab odstotek parov bratov in sestra lahko pričakujemo, ki bodo sorodni manj kot 0.4 in bolj kot 0.6.

Ne glede na to, koliko lokusov upoštevamo pri izračunavanju koeficienta sorodstva med brati in sestrami, vedno je povprečje 0.5. To je tudi razlog, da je vrednost 0.5 pričakovani koeficient sorodstva med brati in sestrami, ko sorodstvo računamo na osnovi poznavanja porekla, saj molekularno genetske metode, le-te pa pa zajemajo genetske označevalce, običajno uporabljamo za preverjanje porekla.



Slika 9: Porazdelitev za koeficient sorodstva med potomcema glede na število upoštevanih lokusov

2.6 Posledice povečevanja inbridginga v populaciji

Živali in rastline so tekom evolucije razvile vrsto mehanizmov, ki preprečujejo parjenje sorodnih živali - od prepoznavanja sorodnih osebkov med seboj, različnega časa spolne zrelosti pri spolih, večkratnega parjenja z različnimi partnerji do odhoda potomcev enega ali drugega spola iz skupine ali kraja, kjer so se rodili, in njihove razkropitve (Pusey in Wolf, 1996). Prašič je vrsta, za katero je značilno, da merjaščki zapustijo "rodni" trop, ko spolno dozori ter se v času bukanja pridružujejo nesorodnim tropom (Spitz, 1986; Maselli in sod., 2014). V populacijah in skupinah živali, s katerimi upravlja človek, jim le-ta te naravne mehanizme onemogoča. Zato je dolžnost rejca, da poskrbi za preprečevanje parjenja med sorodnimi živalmi.

Stroga zakonska določitev meje za še sprejemljiv koeficient sorodstva pri parjenju ni mogoča, ker je odvisna od situacije pri posamezni populaciji. Nikakor naj ne bi izvajali parjenj bratranec-sestrična ali še bližjih sorodnikov, izjemoma parimo živali, ki imajo iste prastarše... V zadnjem času je bilo pri krškopoljski pasmi kar nekaj parjenj med očeti in hčerami ali dedki in vnukinjami. Potomci takih parjenj nikakor ne morejo biti kandidati za plemenske živali. Zakon o živinoreji (ULRS, 2002) v 31. členu govori o tem, da je potrebno preprečevati nenačrtna parjenja v sorodu, medtem ko drugi in tretji odstavek v 55. členu določata, da mora za kakršna koli parjenja v ožjem sorodstvu odobriti minister na osnovi dobro argumentirane vloge.

V zaprti populaciji je od števila živali, razmerja med spoloma - koliko ženskih živali parimo z enim plemenjakom, koliko potomcev po staršu odberemo ter seveda tudi, ali parimo bolj ali manj sorodne osebkke, odvisno, kako hitro se bo povečeval inbridging v populaciji. Hitrost povečevanja inbridginga oz. koliko v vsaki generaciji nastane inbridginga na novo, nam meri stopnja inbridginga (Falconer in Mackay, 1996). Prehitro povečevanje inbridginga ima lahko za populacijo hude posledice, poleg prej omenjenih posledic na plodnost in vitalnost posameznih osebkov, se v populaciji zmanjšuje njen genetski sklad in s tem genetska pestrost, kar na daljši rok pomeni slabšo vitalnost populacije in morebitno izumrtje.

2.7 Pomni!

Parjenje v sorodstvu povzroči več škodljivih kot pa koristnih posledic pri živalih. Bolj so posledicam depresije zaradi inbridginga podvržene lastnosti plodnosti in vitalnosti kot pa morfološke lastnosti. Na osnovi enega uspešnega tovrstnega parjenja, kjer ni vidnih težav, se rejec ne sme slepiti, da je parjenje v sorodu povsem v redu in neškodljivo.

Povečevanju inbridginga v populaciji se ne moremo izogniti, lahko pa poskrbimo, da bo povečevanje čim počasnejše. To lahko dosežemo z načrtno odbiro živali in načrtnimi parjenji, za kar je potrebno dosledno beleženje in sporočanje dogodkov v reji, kot so pripusti, prasiatve, označitve, odstavitve, izločitve in prodaje. Hkrati je poleg lastnosti plodnosti potrebno spremljanje tudi lastnosti rasti, da lahko presodimo, kakšen vpliv ima inbridging nanje v trenutni (živeči) populaciji in, ali so potrebni drugačni ukrepi.

Parjenje in dopuščanje parjenja živali v ožjem sorodstvu je neodgovorno ter v nasprotju z dobro živinorejsko prakso in zakonodajo. Sam izračun sorodstva, ki ga rejec prejme, še ne pomeni, da ne pari v sorodstvu, saj je izračun potrebno tudi upoštevati. Pri prašičih lahko izpustimo preverjanje sorodstva samo pri načrtnih nekontinuiranih križanjih, saj je izvedeno med živalmi različnih pasem.

2.8 Viri

- Anonymous 1885. Najboljši pripomoček za izvoljšanje goveje živine. Dolenjske novice, 5: 35.
<http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:DOC-EV4O9W3O>.
- Anonymous 1927. Plemenitev v sorodstvu pri prešičih. Domoljub 40, 4: 64–65.
<http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:DOC-52IE7Y99>.
- Bereskin B., Shelby C.E., Rowe K.E., Urban, Jr. W.E., Blunn C.T., Chapman A.B., Garwood V.A., Hazel L.N., Lasley J.F., Magee W.T., McCarty J.W., Whatley, Jr. J.A. 1968. Inbreeding and swine productivity traits. *J. Anim. Sci.*, 27: 339–350.
- Christensen K., Jensen P., Jorgensen J.N. 1994. A note on effect of inbreeding on production traits in pigs. *Anim. Sci.*, 58: 298–300.
- Darwin C.R. 1876. The effects of cross and self fertilisation in the vegetable kingdom. Murray, London: 482 str. <http://darwin-online.org.uk/>.
- Dular F. 1895. Umna živinoreja: II. O pasmah in umni reji domače živine. Družba sv. Mohorja v Celovcu, Celovec. 204 str.
- East E.M., Jones D.F. 1919. Inbreeding and outbreeding; their genetic and sociological significance. J. B. Lippincott Company: 285 str, Philadelphia.
<http://www.biodiversitylibrary.org/item/16436>.
- Fahmy M.H., Bernard C. 1971. Causes of mortality in Yorkshire pigs from birth to 20 weeks of age. *Can. J. Anim. Sci.*, 51: 351–359.
- Falconer D.S., Mackay T.F.C. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. 4th edition. Longman, Essex, U. K.: 480 str.
- Farkas J., Curik I., Csató L., Csörnyei Z., Baumung R., Nagy I. 2007. Bayesian inference of inbreeding effects on litter size and gestation length in Hungarian Landrace and Hungarian Large White pigs. *Livest. Sci.*, 112: 109–114.
- Fernández A., Rodríguez J., Toro M.A., Rodríguez M.C., Silió L. 2002. Inbreeding effects on the parameters of the growth function in three strains of Iberian pigs. *J. Anim. Sci.*, 80: 2267–2275.

- Hays F. 1919. Inbreeding animals. Delaware Agriculture Experiment Station Bulletin No. 123.
- Köck A., Fürst-Waltl B., Baumung R. 2009. Effects of inbreeding on number of piglets born total, born alive and weaned in Austrian Large White and Landrace pigs. Arch. Tierz., 52: 51–64.
- Marinček M. 1925. Varujmo se plemenske ivine v krvnem sorodstvu! Kmetovalec42,9: 68.
<http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:DOC-3NS5FYBA>.
- Maselli V., Rippa D., Russo G., Ligrone R., Soppelsa O., D'Aniello B., Raia P., Fulgione D. 2014. Wild boars' social structure in the Mediterranean habitat. Ital. J. Zool., 81: 610–617.
- McPhee H.C. 1931. Swine inbreeding at the United States Department of Agriculture – Progress Report. J. Anim. Sci., 1: 131–134.
- Mikami H., Fredeen H.T., Sather A.P. 1977. Mass selection in a pig population: 2. The effect of inbreeding within the selected population. Can. J. Anim. Sci., 57: 627–634.
- Pusey A., Wolf M. 1996. Inbreeding avoidance in animals. Trends Ecol. Evol., 11: 201–206.
- Rothschild M.F., Bidanel J.P. 1998. Biology and genetic of reproduction. V: The genetics of the pig. M. F. Rothschild and A. Ruvinsky (eds). CAB International, Oxon. 313–343.
- Spitz F. 1986. Current state of knowledge. Pig News Info., 7: 171–175.
- Šalehar A. 2008. Slovenske knjige in tiski s področja živinoreje : prispevki k bibliografiji.
<http://www.dlib.si/?urn=URN:NBN:SI:doc-BWK0PEGT>.
- Šalehar A. 2009. Zgodovinski viri o slovenskih avtohtonih in tradicionalnih pasmah - do leta 1945 : prispevki k bibliografiji.
<http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:DOC-ZTF15AIY>.
- Šerbec J. 1924. Krvna sorodnost pri svinjah. Kmetovalec41,11: 84.
<http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:DOC-UG10FZ7M>.
- Toro M.A., Silio L., Rodríguez J., Dobao M.T. 1988. Inbreeding and family index selection for prolificacy in pigs. Anim. Prod., 46: 79–85.
- ULRS 2002. Zakon o živinoreji (ZŽiv). Ur.l. RS št. 18-716/2002.
- Veble F. 1925. O plemenjenju v ožjem krvnem sorodstvu. Konjerejec1,4: 8.
- Wernig F. 1927. O plemenjenju v sorodstvu. Kmetovalec44,15: 116.
<http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:DOC-50061SEN>.
- Wright S. 1922. Coefficients of inbreeding and relationship. Am. Nat., 56: 330–338.