

Terveempien koirarotujen puolesta - sukusiitosdepressiota ja matadorijalostusta vastaan

Katariina Mäki ja Tarja Ekman

Kokonaisvaltaisen koiranjalostuksen tuki – HETI ry järjesti Hämeen Linnan upeissa puitteissa ”sukusiitosseminaarin”, jossa luennoi itävaltalainen tohtori Hellmuth Wachtel. Hän on työssään mm. eläintarhaeläinten parissa perehtynyt uhanalaisten lajien suojeluun, ja hänen alaansa ovat populaatiogenetiikka, lajien monimuotoisuuden, ts. elinvoimaisuuden säilyttäminen ja koiranjalostus. Tilaisuudessa luennoi myös MMM Katariina Mäki.

Moni sukusiitosseminariin osallistunut onnistui varmaankin osumaan täydellisesti useampaankin nauruhermoon lähipiirissään kertoessaan innostuneena olleensa ”sukusiitosseminaarissa”. Kyse ei kuitenkaan ole harmittomasta vitsistä, vaan suorastaan elämän ja kuoleman kysymyksestä koiranjalostuksessa. Useat genetiikan asiantuntijat, kuten myös Wachtel, ovat sitä mieltä, että koirarodut ovat vaarassa tuhoutua jopa kokonaan, mikäli niiden perinnöllisestä monimuotoisuudesta ei huolehdita.

Jatkuvat sukulaisyhdistelmät voivat vaarantaa rodun tulevaisuuden

Sukusiitoksella tarkoitetaan sitä, että toisilleen sukua olevat koirat saavat keskenään jälkeläisiä. Sukulaisuussuhde voi olla läheinen, esim. isä-tytär -yhdistelmä tai täyssisarukset, jolloin puhutaan sisäsiitoksesta tai insestijalostuksesta. Mainituissa yhdistelmissä sukusiitosaste on 25%, ja se saadaan jakamalla vanhempien sukulaisuusaste kahdella. Suositus on, että aina oltaisiin alle sukusiitosasteen 6,25%, mikä vastaa serkusten yhdistämistä. Usein koiranjalostuksessa käytetään ns. linjasiitosta, mikä tarkoittaa sukusiitosta tiettyyn esivanhempaan tai sukulaiseen.

Sukusiitosasteita laskettaessa on muistettava, että ne ovat vain harvoin vertailukelpoisia rotujen, kahden koiran tai jalostusyhdistelmän välillä. Jos jokaisella koiralla on aineistossa vanhempaissukupolvia kantakoiriin asti, ja jos voidaan olla varmoja, ettei sukutauluihin ole eksynyt tallennusvirheitä, ovat asteet vertailukelpoisia. Useimmiten aineistoa on kuitenkin vähemmän, ja tallennettujen sukutaulujen pituus vaihtelee koirien välillä. Siksi jalostusyhdistelmille on hankala määrittää tarkkoja sukusiitosasteen rajoituksia. Sukusiitosasteiden suuruus riippuu aina täysin käytettävissä olevien sukutaulujen pituudesta.

Sukusiitosasteella tarkoitetaan todennäköisyyttä sellaisten geeniparien osuudelle, joissa tietyltä esivanhemmalta peräisin oleva, sama geeniversio on tullut pennulle sekä emältä että isältä. Tällöin geenipari on siis identtistä alkuperää ja homotsygoottinen. Sukusiitoksen vaarat liittyvät siihen, että sukulaisia yhdistämällä muodostuu haitallisten, resessiivisten geenien suhteen homotsygootteja yksilöitä eli yksi geenipari sisältää kaksi viallista geeniä, jolloin vika tai sairaus tulee yksilössä esiin.

Samaan ominaisuuteen vaikuttavissa geeneissä tulisi populaatiotasolla säilyttää mahdollisimman paljon vaihtelua, siispä yksittäisten geenien eri muunnoksia ja vaihtoehtoja ei saisi hukata. Tätä kuitenkin tapahtuu sukusiitosta käytettäessä ja varsinkin sitä sukupolvien ajan jatkettaessa. Liian yksipuolisella jalostusvalinnalla voidaan paitsi

menettää joitakin näkyviä ominaisuuksia kokonaan, mutta myös vaikuttaa sellaisiin koiran ominaisuuksiin, jotka eivät näy päällepäin. Tällainen ominaisuus on esimerkiksi vastustuskyky erilaisia taudinaiheuttajia vastaan. Puhutaan MHC-geeneistä (major histocompatibility complex), jotka tuottavat elimistön puolustusjärjestelmän valkuaisaineita. Näiden avulla elimistö erottaa omat solut vieraista ja ne mm. vaikuttavat kehon tuoksuun. Taudinaiheuttajat ja loiset saavat populaatiossa aikaan MHC-geenialueeseen kohdistuvan valintapaineen, jolloin elinkykyisimmät geeniyhdistelmät selviävät. Tarpeeksi suuri jalostuseläinten määrä ja jalostuskumppanien mahdollisimman etäinen sukulaisuussuhde auttavat ylläpitämään MHC-geenien monimuotoisuutta ja siten tukemaan rodun elinvoimaisuutta. Esimerkiksi vanhempi-jälkeläinen tai täyssisarparitus aiheuttavat 25% vähenemisen jälkeläisten MHC-alueen monimuotoisuudessa. Sukusiitetyllä populaatiolla on siis vähemmän geenien vaihtelua turvanaan kuin sukusiittämättömällä.

Historiallisen ja uuden sukusiitoksen erilaiset vaikutukset

Koirarotuja perustettaessa on käytetty sukusiitosta, jotta rodun ominaisuudet on saatu vakiinnutettua. Tämä on ns. "historiallista sukusiitosta". Rotua perustettaessa käytetään vain muutamaa kantaeläintä, eli tilanne on sama kuin geneettisessä pullonkaulassa. Näiden kantaeläinten perinnölliset ominaisuudet ja sairaudet siirtyvät jälkipolville. Perinnöllisiä sairauksia voi olla vain muutama, mutta sairauksien esiintymistiheys on suuri. Esimerkiksi yksi kymmenestä tuhannesta syntyneestä ihmisestä on albino. Albinogeeni ei siis ole ihmispopulaatioissa kovin yleinen. Sen sijaan yksi kymmenestä syntyneestä bedlingtoninterrieristä sairastaa kuparitoksikoosia eli on genotyypiltään sairas, homotsygootti vika-alleelin suhteen. Tämä osuus on aivan toista luokkaa verrattuna ihmisen, suden tai sekarotuisten koirien sairausgeenien ja -genotyyppien yleisyyteen.

Sukusiitos on ollut välttämätöntä rotua luotaessa, mutta asiantuntijat pitävät sitä tuhoisana pitkällä aikavälillä käytettäessä. "Uutena sukusiitoksena" pidetään viimeisten viiden sukupolven aikaista sukusiitosta. Eläimen terveyden ja hyvinvoinnin suhteen tärkeimmät ovat viimeiset 10 sukupolvea. Erittäin painokkaasti tuli seminaarissa esille, että koiriemme rekisterikirjan sukutauluissa näkyvät kolme polvea eivät alkuunkaan riitä sukusiitosasteiden laskemiseen. Nimet rekisterikirjoissa voivat olla erilaiset, mutta pitemmälle taaksepäin mentäessä huomataankin, että koirat voivat olla hyvin läheistä sukua keskenään. Monissa roduissa ulkosiitoksen jatkuva käyttö ei ole enää edes mahdollista. Wachtelin luennolla näytettiin berninpaimenkoirien DNA-sormenjälkiä, joista ilmeni, että DNA-analyysien mukaan koirat olivat läheisesti sukua, vaikka eivät virallisesti sukua keskenään olleetkaan. Tällaisessa analyysissä poikkeavan sormenjäljen omaava koira on geneettisesti ajateltuna varsin hyödyllinen rodun jatkojalostuksessa.

Yksittäisten yhdistelmien sukusiitosasteilla vähemmän merkitystä rodun kannalta kuin koko rodun sukusiitosasteella

Suljetussa kannassa kannan keskimääräinen sukusiitosaste aina nousee, jos kantaan ei tuoda jalostuseläimiä ulkopuolelta. Tästä on hyvänä esimerkkinä suomenajokoira, jonka sukusiitosaste on noussut viimeisen kolmenkymmenen vuoden aikana tasaisesti, vajaasta kahdesta prosentista vajaaseen viiteen prosenttiin (Mäki ym. 2000). Ulkomaisten rotujen suomalaisiin kantoihin tuodaan sen sijaan jatkuvasti tuontikoiria, jotka joko näennäisesti tai oikeasti laskevat kannan keskimääräistä sukusiitosastetta. Tuontikoirista tallennetaan Suomen Kennelliiton tietokantoihin kolme sukupolvea, jolloin sukulaisuuden Suomen populaation kanssa täytyy löytyä näiden sukupolvien joukosta, jotta sukusiitosasteen

laskentaohjelmat tunnistaisivat tuontikoiran samansukupuiseksi Suomen kannan kanssa. Joskus tuontikoirat saattavat olla täysin erisukuisia kuin Suomen kanta, usein taas ei.

Vaikka suljetun kannan sukusiitosaste nousee, se ei välttämättä ole kovin paha asia. Tärkeintä on sukusiitosasteen kasvunopeus. Jos sukusiitosasteen kasvu on muutaman sukupolven aikana nopeaa, tarkoittaa tämä ahdasta jalostuspohjaa ja nopeaa alleelien hävikkiä. Sukusiitosaste ei saisi kasvaa nopeammin kuin prosenttien sukupolvea kohden. Useimmilla roduilla sukupolvien välinen aika on noin neljä vuotta (käyttöroduilla pitempi), joten kasvu saa olla korkeintaan 0.25 prosenttia per vuosi: esimerkiksi 3.0% -> 3.25%. Tätä nopeampi kasvu vastaa vaarallisen kapeaa jalostuspohjaa ja saa aikaan rodun nopean degeneroitumisen. Sukusiitosasteet eivät sinänsä ole merkityksellisiä, niiden haitallisuus riippuu siitä miten sukusiitos on muodostunut. Uusi sukusiitos eli lähisukulaisten paritus kasvattaa sukusiitosastetta nopeasti ja aiheuttaa haittoja enemmän kuin hitaasti kertyvä, suljetun populaation aiheuttama väistämätön sukulaisuuden kasvu. Tämän historiallisen sukusiitoksen uutta sukusiitosta pienemmät haitat perustuvat siihen, että mutaatiot ovat ajan kuluessa tuoneet sukulinjoihin uusia alleeleja, ja luonnonvalinta on ehtinyt karsia haitallisia alleeleja pois.

Sukusiitoksen ja tiukan jalostusvalinnan haitat

Mitä enemmän valintaa suoritetaan, sitä enemmän menetetään takaisinvalinnan mahdollisuuksia. Sukusiitoksella voidaan vähentää eri perinnöllisten sairauksien lukumäärää koirakannassa, mutta samalla sairaiden yksilöiden lukumäärä nousee. Joidenkin satunnaisten alleelien eli geenin versioiden määrä sukusiitetyssä kannassa nousee kuitenkin lopulta, ja on hyvin mahdollista, että nämä alleelit ovat vahingollisia ja elinvoimaa alentavia. Tämä johtaa perinnöllisten sairauksien lisääntymiseen ja ns. sukusiitosdepressioon. Voimakkaan sukusiitoksen haittoina yksittäisten koirien tasolla todetaan mm. koon vähittäinen pieneneminen, hedelmällisyyden aleneminen (pieniä pentueita) ja henkisten ominaisuuksien menetys. Kymmenen prosentin nousu sukusiitosasteessa vähentää ihmisen pituutta hieman yli sentillä ja älykkyydosamäärää yli neljällä. Lehmän maitotuotosta se vähentää kolmella prosentilla, lampaan villantuotantoa viidellä ja puolella prosentilla, ja sian painoa hieman yli neljällä kilolla (Falconer & MacKay 1996).

On kuitenkin olemassa sukusiitetyjä laboratoriohiiriä, jotka on saatu aikaan monen sukupolven täyssisar- ja vanhempi-jälkeläinen -parituksilla. Miten tämä on mahdollista? Alussa linjoja on ollut kymmeniä, jopa satoja. Näistä vain muutama linja on selvinnyt elossa - ne, joilla on vähiten haitallisia alleeleja genomissaan. Yhdistettynä tiukkaan valintaan sukusiitos puhdistaa linjoja haitallisista alleeleista. Selvinneet, sukusiitetyt hiirilinjat ovat kuitenkin hyvin haavoittuvaisia. Ne tulevat yleensä toimeen vain puolisteriileissä laboratorio-oloissa, koska niiden vastustuskyky tiettyjä taudinaiheuttajia vastaan on niin huono. Taudinaiheuttajan päästessä linjaan pyyhkiytyy koko linja pois. Sukusiitetyjen hiirilinjojen elinikä ja elinvoima eivät muutenkaan yllä ulkosiitetyjen hiirien tasolle.

Eliniästä puhuttaessa vedotaan aina siihen, että pienikokoiset koirarodut elävät säännöllisesti pidempään kuin kookkaat. Miettimisen aiheutta antanee kuitenkin, että susi on samaa kokoluokkaa suurten koirarotujemme kanssa ja elää usein 15-vuotiaaksi. Englannissa tehdyssä rotukoirien elinikävertailussa suurikokoiset koirat elivät keskimäärin lyhyempään kuin pienikokoiset (Michell 1999). Lyhin elinikä oli tutkimuksen mukaan tanskandoggilla (hieman yli kahdeksan vuotta). Noin kymmenen vuoden keskimääräiseen

ikään pääsivät esimerkiksi dobermann, rottweiler, saksanpaimenkoira, bokseri ja cavalierkingcharlesinspanieli. Pisimpään elivät pienet koirat, ja lisäksi sekarotuiset. Patronekin ym. (1997) tutkimuksessa verrattiin eri painoluokkiin jaettujen koirien kuolinikää. Mitä painavampia koirat olivat, sitä lyhyempi oli niiden keskimääräinen elinikä. 6-13 kiloa painavat koirat elivät noin 2.5 vuotta pidempään kuin yli 45 kiloa painavat koirat. Jokaisessa painoluokassa sekarotuiset elivät 1-2 vuotta puhdasrotuisia pidempään.

Ruotsissa tutkittiin 30 rodun koirien elinikää ja sairastavuutta vuoden 1996 vakuutusyhtiöaineistosta (Egenvall ym. 2000). Pienin kuolleisuus ja sairastavuus oli skandinaavisilla metsästyskoiraroduilla (pohjanpystykorva, suomenpystykorva, karjalankarhukoira, buhund) ja siperianhuskyllä. Sekarotuiset koirat sijoituivat eliniän pituuden mukaan kärkijoukkoon ja olivat sairastavuuden suhteen 11 parhaan rodun joukossa (alle 10% vakuutetuista koirista sairasti vuonna 1996). Sekarotuiset olivat tutkimuksessa hyvin edustettuina, niitä oli vuonna 1996 vakuutettuina yli 10.000. Suurin kuolleisuus oli irlanninsusikoiralla (noin 11% koirista kuoli vuonna 1996), tanskandoggilla (vajaa 10% kuoli), dobermannilla ja berninpaimenkoiralla (6% kummallakin) sekä bokserilla (hieman yli 5%). Suurin sairastavuus oli tanskandoggilla (27% vakuutetuista koirista sairasti vuonna 1996), bokserilla (26%) ja suursnautserilla (22%).

Tehollisesta populaatiokoosta huolehtiminen kuuluu sekä uroksen- että nartunomistajille

Koirapopulaation perinnölliseen monimuotoisuuteen vaikuttaa tietenkin se, mitä ja minkä sukuisia yksilöitä käytetään jalostukseen, mutta myös miten paljon kutakin jalostuskoiraa käytetään. Yksittäisen jalostuskoiran ja sen perimän osuus koirakannassa ei saisi nousta kohtuuttoman suureksi. Tämä ongelma liittyy yleensä suosittujen siitosurosten liikakäyttöön, ns. matadorijalostukseen. Wachtel näytti havainnollisen kaaviokuvan matadori-isän ja sen kahden runsaasti käytetyn pojan perimän laajasta levinneisyydestä eräässä koirapopulaatiossa. Populaation monimuotoisuuden kannalta olisi suotavinta, että mahdollisimman monia perusvaatimukset täyttäviä yksilöitä, sekä uroksia että narttuja, käytettäisiin jalostukseen tasaisesti eikä yhtä koiraa käytettäisi ”liikaa”. Puhutaan ns. tehollisesta populaatiokoosta, joka määrittää jalostuspohjan laajuuden ja sitä kautta sukusiitoskertomien kasvunopeuden ja alleelihävikin populaatiossa. Siitoskoirien sukupuolijakauma vaikuttaa tähän lukuun, jonka minimissään tulisi olla n. 200 jalostuskoiraa. Tehollisen koon ollessa alle 50 populaatio on erittäin haavoittuvaisessa tilassa. Tehollinen koko ei juurikaan kasva, jos yhtä ja samaa urosta käytetään kuinka monelle nartulle tahansa. Jalostuspohjaa voi laajentaa tehokkaasti vain käyttämällä sekä useita narttuja että uroksia (Taulukko 1).

Taulukko 1. Tehollisen populaatiokoon vaihtelua. Laskettu kaavalla $4 \cdot N_m \cdot N_f / (N_m + N_f)$, jossa N_m on jalostusurosten ja N_f jalostusnarttujen lukumäärä (kaava olettaa koirille tasaiset jälkeläismäärät).

Lukumäärät: Nartut →						
Urokset ↓	5	10	20	50	80	100
1	3,3	3,6	3,8	3,9	4	4
2	5,7	6,7	7,3	7,7	8	8
5	10,0	13,3	16	18,2	19	19
10	13,3	20,0	26,7	33,3	36	36
20	16	27	40	57	64	67
50	18	33	57	100	123	133
100	19	36	67	133	178	200

Tehollisen populaatiokoon saa laskettua myös sukusiitosasteen kasvunopeudesta: $1/(2 \cdot \text{kasvunopeus per sukupolvi})$. Suomenajokoiran tehollinen populaatio on tällä tavalla laskettuna ollut vuosina 1970-2002 vain 100 yksilöä, vaikka rekisteröintejä on vuosittain 3000-4000 (Mäki ym. 2000). Sukusiitosasteen kasvunopeuden perusteella laskettuna arviosta saadaan ns. toteutunut tehollinen koko; muut kaavat antavat aina yliarvioita, koska ne on kehitetty ns. ideaalipopulaatiota varten. Esimerkiksi suomenajokoiralle Taulukossa 1 käytetty kaava antaa teholliseksi kooksi n. 1000, joka on kymmenkertainen yliarvio todellisesta luvusta. Ihmisen hoidossa olevat populaatiot poikkeavat ideaalista monella tavalla. Berninpaimenkoiran tehollinen koko Saksassa vuonna 1992 oli pelkän jalostuseläinten lukumäärän mukaan 172, mutta kun jalostuseläinten väliset sukulaisuussuhteet otettiin huomioon, laski tehollinen populaatiokoko 91:een (Spengler 1994). Kun laskelmissa otettiin urostilanne huomioon, populaation kooksi saatiin 80. Kun vielä otettiin sisäsiitostilanne huomioon, oli tehollinen populaation koko enää vain 70.

Suomalaisista rotupopulaatioista erityisesti kultaisen- ja labradorinnoutajan jalostuspohja on kapea: kummallakin rodulla selvästi alle viittä prosenttia vuosina 90-91 syntyneistä uroksista käytettiin jalostuksessa. Saksanpaimenkoiralla vastaava luku oli n. 7%, pitkäkarvaisella colliella 8%, rottweilerilla 10% ja suomenajokoiralla n. 12% (Mäki ym. 2001). Jalostukseen käytetyissä nartuissa näkyi sama suuntaus: noutajilla käytettiin kaikkein pienintä osaa syntyneistä nartuista jalostukseen. Näistä luvuista voidaan päätellä, että vaikka rotujen varsinaiset populaatiokoot ovat suhteellisen isoja, eivät niiden jalostuspohjat ole kovinkaan laajoja. Toisaalta ulkomaisissa roduissa voidaan jalostuspohjaa laajentaa eri sukua olevien tuontikoirien avulla.

Kantaeläinten pieni lukumäärä ja matadorurokset johtavat suljetussa populaatiossa kannan keskinäisen sukulaisuuden lisääntymiseen ja sitä kautta sukulaisten parittamiseen. Kuten äsken totesimme, koirarotujen geneettinen populaatiokoko on tyypillisesti hyvin pieni. Siksi sattuman vaikutus on koirarotujen suurin vihollinen. Geneettisesti pienessä populaatiossa on sattuman kauppaa mitkä alleelit siirtyvät sukupolvelta toiselle ja mitkä häviävät populaatiosta kokonaan. Myös geenien fiksoitumista tapahtuu, eli tietyistä geenistä jää populaatioon vain yksi alleeli, ja vaihtelun mahdollisuudet ovat tuolloin kokonaan menetetty. Kaikki koirat ovat tuon alleelin suhteen homotsygootteja. Näitä tapahtumia kutsutaan geneettiseksi driftiksi eli satunnaisajautumiseksi. Pienessä populaatiossa (alle 1000 koiraa) geenivarastoa ei pystytä pienestä eläinmäärästä johtuen säilyttämään, vaikka käytössä olisi suurin mahdollinen ulkosiitos. Geenien versioita menetetään väkisinkin.

Heterotsygotian häviämisenopeus suljetussa populaatiossa riippuu tehollisesta populaatiokoosta. Tuhannen yksilön tehollisessa populaatiossa häviäminen sadan sukupolven aikana on hidasta, mutta 250 yksilön populaatiossa noin 20% heterotsygotiasta (heterotsygoottisten geeniparien osuus) häviää. 50 lisääntyvän yksilön populaatiossa heterotsygotiasta on jo 30 sukupolven jälkeen menetetty noin 30%. Heterotsygoottisten geeniparien osuus populaatiossa vähenee joka sukupolvessa sukusiitosasteen funktiona ($-2pqF$ alleeliparia kohden, jossa p ja q ovat alleelifrekvenssejä eli alleelien osuudet populaatiossa ja F sukusiitosaste). Heterotsygotiaa lisäävä jalostusvalinta, kuten työkokeet, auttaa säilyttämään monimuotoisuutta, mutta sattuma toimii silti.

Miten toimitaan kriisitilanteessa?

Eläintarhojen harjoittamassa työssä lajien säilyttämiseksi pyritään saamaan lajille niin monta kantaeläintä kuin mahdollista ja lisäämään nopeasti eläinten lukumäärää. Populaation tulisi olla vakaa ja mahdollisimman suuri. Perinteisessä koirankasvatuksessa on yleensä vain muutama kantaeläin, jalostuseläinten lukumäärä on pieni (varsinkin urosten, ja suosikkiuroksia käytetään paljon), populaatiokoko muuttuu koko ajan, ja muotioikut saavat aikaan geneettisiä pullonkauloja.

Mikäli koirarotu on tilanteessa, jossa sukusiitosaste on yli 6,25% ja halutaan päästä tähän raja-arvoon tai sen alle, tulee pidättäytyä kokonaan inestijalostuksesta ja välttää linjasiitosta, mikäli mahdollista. Samoja jalostusyhdistelmiä ei saa silloin toistaa, ja urosten käytön suhteen on oltava lukumäärärajoituksia. Pyritään kasvattamaan sukutauluista löytyvien esi-isien määrää mahdollisimman suureksi. Tätä mitataan "esi-isien häviämiskertoimella" (ancestor loss coefficient), joka on populaation sukutauluista löytyvien esi-isien lukumäärä jaettuna suurimmalla mahdollisella esi-isien määrällä. Sukutaulujen analysoinnissa voidaan käyttää apuna tietokoneohjelmia, esim. rodun sukusiitosasteen ja tehollisen populaatiokoon määrittämiseen. Tämäntyyppisiä tulevaisuuden työkaluja saattaa meille tarjota Kennelliiton Dognet-projekti jopa lähitulevaisuudessa. Myös DNA-testejä voidaan käyttää monimuotoisuuden analysointiin.

Hätätapauksessa voidaan turvautua risteytykseen sukulaisrotuun, sen jälkeiseen takaisinristeytykseen ja sitten normaaliin jalostusvalinnalla jatkamiseen. Näin on käynytkin esimerkiksi berninpaimenkoiralle v.1948, jolloin tapahtui kuuluisa newfoundlandinkoirauroksen ja berninpaimenkoiranartun risteytyminen. Myös esimerkiksi englantilaisia terrierirotuja on risteytetty keskenään. Suomessa on tehty pinseri-snautseri - risteytyksiä. Pinseri ja snautserihan ovat käytännössä katsoen turkkimuunnoksia samasta rodusta. Yhteisiä koirageenejä on paljon, mutta tiettyjä, rotua koodaavia geenejä vähän. Wachtel neuvoo kuitenkin jättämään roturisteytykset aivan viimeiseksi keinoksi rotujen säilyttämisessä. Toisaalta Katariina Mäen mukaan risteytykset ovat erittäin hyvä keino, jota tulisi käyttää nykyistä enemmän. Risteytys ja sen jälkeinen takaisinristeytys tuovat vain terveellisen annoksen uusia alleleja rotuun, eivätkä muuta rotua sinällään muunlaiseksi.

Koirarodut ovat luultavasti selvinneet alkuaikojen kapean jalostuspohjan ongelmista osittain siksi, että ne ovat saaneet lisää geneettistä vaihtelua risteytymällä toistuvasti susien kanssa. Tätä on tutkittu mitokondrio-DNA:n (mtDNA) avulla (Vila ym. 1997). Mitokondrio on solun energia-aineenvaihduntaan liittyvä, DNA:ta sisältävä soluelin ja siirtyy jälkeläiselle vain emältä, joten sen avulla voidaan jäljittää emälinjoja. Tutkimuksessa otettiin mtDNA:ta 67 rodun 140 koiralta sekä 162 sudelta, ja selvitettiin niiden alkuperää. Useimmat koirien sekvenssit olivat erilaisia kuin susien, mutta yksi haplotyyppi oli koirille sekä Itä-Venäjän ja Romanian susille yhteinen. Kyseinen haplotyyppi löydettiin mm. bassetilta, saksanpaimenkoiralta, belgianpaimenkoiralta (groenendael), afgaaninvinttikoiralta, maremmalta, kääpiöwillakoiralta, irlanninvesispanielilta ja tiibetinspanielilta. Myös joitakin susien haplotyypeille läheisiä haplotyyppisiä löytyi koirilta, mikä antaa viitteitä koirien ja susien välisistä viimeaikaisista risteytymistä.

Voiko käytännön koiranjalostus hyödyntää tietoa sukusiitoksen vaikutuksista?

Käytännön jalostustyössä on totuttu käyttämään ainakin jonkinasteista linjasiitosta tasaisemman tuloksen saamiseksi. Wachtel näytti kaaviokuvan muodossa, mitä tapahtuu, kun sisä- ja ulkosiitosta käytetään vuorotellen sukupolvien edetessä. Tulos on joka tapauksessa heterotsygotian väheneminen ja perinnöllisten, sukusiitokseen liittyvien

ongelmien lisääntyminen. Yhden polven ulkosiitos välillä ei riitä hälventämään sisäsiitoksen vaikutuksia.

Pienen jalostuspohjan tai sukusiitoksen vaikutukset alkavat populaation koosta riippuen yleensä näkyä selvästi vasta useiden kymmenien sukupolvien kuluttua. Monet koirarodut ovat tulossa siihen ikään, että ongelmia on odotettavissa. Wachtel pitääkin suljettuja rotukirjoja ongelmien lähteenä. Mitä pidempään rodun kirjat ovat olleet suljettuina ja rotu kennelliittojen hyväksymänä, sitä vähemmän siinä on perinnöllistä vaihtelua (Irion ym. 2003). Rotukirjojen sulkeminen tarkoittaa, että rotuun ei hyväksytä muita kuin puhtasrotuisista esivanhemmista polveutuneita eläimiä. Suljetussa rodussa sukusiitosaste nousee tasaisesti, ja ulkosiitoksen hyvät puolet (risteytyselinvoima, heterotsygotia) vähenevät. Irionin ym. (2003) tutkimuksessa sadan mikrosatelliittimerkkigeenin sisältämästä vaihtelusta oli mukana koiria 28 rodusta. Pienin heterotsygotia-aste oli bullterrierillä (39% todennäköisyys, että jälkeläisen alleelipari on heterotsygoottinen; keskiarvo kaikille sadalle tutkitulle merkkigeenille), kääpiöbullterrierillä (47%) ja bokserilla (47%). Kaikkien rotujen keskimääräinen heterotsygotia-aste oli 62%. Korkein heterotsygotia-aste oli jackrusseterrierillä, 76%. Populaation koolla ja heterotsygotia-asteella oli vain hyvin pieni korrelaatio, 3%. Toisaalta alleelien lukumäärä per geenipari oli noin 6% suurempi lukumääräisesti suurilla roduilla verrattuna pieniin rotuihin. Rodun rekisteröintien alkamispäivämäärällä oli merkittävä korrelaatio heterotsygotia-asteen ja alleelien lukumäärän kanssa: uusimmat rodut olivat heterotsygotia-asteeltaan 19% suurempia ja niillä oli noin 7% enemmän erilaisia alleeleja kuin aikaisemmin tunnistetuilla roduilla. Tutkijat totesivat lopuksi, että saadut heterotsygotia-asteet saattavat olla yliarvioita, johtuen käytettyjen mikrosatelliittilokusten suuresta mutaatioasteesta.

Kestävää kehitystä ei ole sekään, että jalostuspohjaa on monessa rodussa entisestään kavennettu jalostamalla rotuun erillään pidettäviä värimuunnoksia ja suorittamalla valintaa eriytetysti ulkomuodon ja käyttöominaisuuksien perusteella saman rodun sisällä. Luonnonpopulaatioiden yksilöt muistuttavat ulkomuodollisesti hyvin paljon toisiaan (valioainesta lähes kaikki!): sudet, ketut jne. Niillä on kuitenkin omat järjestelmänsä nimenomaan välttää sukusiitosta. Esimerkiksi susilaumojen johtajapariskunnat eivät yleensä ole keskenään läheistä sukua (esim. Smith ym. 1997), vaan enimmäkseen eri vanhempaislaumoista kotoisin olevia erisukuisia susia. Sukusiitetyillä jälkeläisillä olisi ongelmia lisääntymisessä sekä kilpailussa ravinnosta ja elintilasta, joten sukusiitosta vältetään useimmilla muillakin eläinlajeilla. Heterotsygotia on selviämisen edellytys. Yksilötasolla siitäkään ei aina ole apua erilaisten sairauksien vastustamisessa, mutta kun vaihtelu populaatiossa on riittävän suuri, löytyy joukosta sellaisia vastustuskykyisiä yksilöitä, joiden avulla kanta jatkaa edelleen olemassaoloaan.

"Mk" tarkoittaa yksilön keskimääräistä sukulaisuussuhdetta kaikkiin populaation elossa oleviin yksilöihin. Yksilöillä, joiden mk on alhainen, on vähän sukulaisia ja harvinaisempia geeniversioita, joten ne ovat arvokkaita populaation jalostuspohjan kannalta. Alhainen sisäsiitoskerroin on siis hyväksi pentueelle ja alhainen mk koko rodulle.

Wachtel pitääkin tärkeimpänä asiana tulevaisuudessa kasvattajien ja pennunostajien valistamista: alhainen sukusiitosaste on koiran elintärkeä laatuominaisuus, yksittäisen uroksen jalostuskäyttöä tulisi rajoittaa ja etusija jalostuksessa tulisi antaa koirille, joiden geenikoostumus on harvinainen. Sukutaulu- ja geneettisiä analyysejä tulisi tehdä jokaiselle rodulle.

Moderni koiranjalostus ei ole koskaan toteuttanut pelkkää ulkosiitosta emmekä aivan heti uskokaan, että käytännöstä haluttaisiin luopua. Meidän on kuitenkin toiminnassamme tiedostettava riskit ja katsottava sisä- ja linjasiitosta entistä kriittisemmin silmin.

Jalostustyötä tehdään rodun kestäväää tulevaisuutta silmällä pitäen, eikö niin? Tulevaisuudessa ulkosiitoksen tekeminen voisi olla mahdollista erilaisten analyysien perusteella. Odotamme innokkaasti analyysitietoa saataville, mutta haluamme kuitenkin uskoa, että pääsemme vikojen ja sairauksien suhteen eteenpäin myös ongelmat tiedostavalla asenteella, maalaisjärjellä ja avoimuudella.

Kirjallisuusviitteet

- Armstrong 2000.** Longevity in the Standard Poodle. <http://www.canine-genetics.com/lifespan.html>. Linkki tarkastettu 8.12.2003.
- Egenvall, Bonnet, Olson & Hedhammar 2000.** Gender, age, breed and geographic pattern of morbidity and mortality in insured dogs during 1995 and 1996. *Veterinary Record* 146: 519-525.
- Falconer & MacKay 1996.** Introduction to quantitative genetics. 4th edition. Longman, Harlow, Essex.
- Irion, Schaffer, Famula, Eggleston, Hughes & Pedersen 2003.** Analysis of genetic variation in 28 dog breed populations with 100 microsatellite markers. *Journal of Heredity* 94(1): 81-87.
- Michell 1999.** Longevity of British breeds of dog and its relationships with sex, size, cardiovascular variables and disease. *Veterinary Record* 145: 625-629.
- Mäki, Groen, Liinamo & Ojala 2001.** Population structure, inbreeding trend and their association with hip and elbow dysplasia in dogs. *Animal Science* 73: 217-228.
- Patronek, Waters & Glickman 1997.** Comparative longevity of pet dogs and humans: implications for gerontology research. *Journal of Gerontology* 52A: B171-B178.
- Smith, Meier, Geffen, Mech, Burch, Adams & Wayne 1997.** Is incest common in gray wolf packs? *Behavioural Ecology* 8(4): 384-391.
- Spengler 1994.** Population und genetischer Fortbestand des Rassehundes. *Hundewelt* 7/94.
- Vila, Savolainen, Maldonado, Amorim, Rice, Honeycutt, Crandall, Lundeberg & Wayne 1997.** Multiple and ancient origins of the Domestic Dog. *Report. Science* 276(5319): 1687-1689.