

Uudet monimuotoisuustutkimukset: koirarotujen jalostuspohjat yllättävän kapeita

Katariina Mäki 2008

Kahdessa tänä vuonna valmistuneessa tutkimuksessa selvitettiin kahdentoista koirarodun jalostuspohjan laajuutta ja perinnöllistä monimuotoisuutta. Tulokset ovat masentavia: vain yksi tutkittu rotu ylsi teholliselta kooltaan yli sadan. Roduissa oli jopa 300 000-500 000 rekisteröityä koiraa, mutta silti kriittisen pieni jalostuspohja.

Tutkittavina Englannin Kennelklubin aineistot sekä kahdesta rodusta koko maailman rekisteröinnit

Toukokuussa julkaistussa Calbolin ym. populaatiogeneettisessä tutkimuksessa oli mukana kymmenen koirarotua. Tutkimuksessa analysoitiin Englannin Kennelklubin aineistoja. Suomessa taas tutkittiin novascotiannoutajan (tolleri) ja lancashire heelerin geneettistä monimuotoisuutta aineistoista, jotka sisälsivät suurimman osan kaikista maailman rekisteröinneistä (Mäki 2008). Lancashire heeler on virallisena rotuna suhteellisen nuori: Englannin Kennelklubi aloitti sen rekisteröinnit vasta vuonna 1981. Heeleriaineistossa olikin runsaasti mukana myös rekisteröimättömiä koiria rotujen alkuvaiheiden ajalta. Myös tolleriaineistossa oli mukana tällaisia koiria.

Teholliset populaatiokoot yllättävän pieniä

Rodun jalostuspohja on turvattu, kun tehollinen populaatiokoko on vähintään 100-200. Kriittisessä tilassa ollaan, jos rodun tehollinen koko on alle 50. Silloin geenien erilaisia versioita häviää nopeammin kuin mitä luonto pystyy tilannetta kompensoimaan.

Calbolin tutkimuksessa suurin tehollinen koko, 114, oli labradorinnoutajalla (Taulukko 1) ja pienin, 17, greyhoundilla. Greyhondeja olikin aineistossa vain 1 060, kun esimerkiksi boksereita, joiden tehollinen koko oli 45, oli aineistossa 195 358. Tollereiden maailmanlaajuisen aineiston tehollinen koko oli myös selvästi alle 50, ja heelerit ylsivät teholliselta kooltaan 30-50:een. Teholliset koot laskettiin kummassakin tutkimuksessa sukusiitosasteen kasvunopeuden avulla, keskiarvona koko aineiston kattamalta ajalta.

Myös Ranskassa on laskettu sikäläisille roduille tehollisia kokoja (Leroy ym. 2006).

Ranskanbulldoggilla oli rekisteröintejä yhteensä 8 812 ja tehollinen koko 147; kaikilla muilla roduilla tehollinen koko jäi selvästi alle sadan. Esimerkiksi beauceronilla oli rekisteröintejä yhteensä 30 942, mutta tehollinen koko vain 53. Pyreneittenpaimenkoiran tehollinen koko oli 33 (rekisteröintejä 8 687), pyreneittenkoiran 82 (rekisteröintejä 5 565), bordeauxindoggin 88 (rekisteröintejä 3 355) ja bretonin 70 (rekisteröintejä 51 973).

Heeleri-tolleri –tutkimuksessa teholliset koot laskettiin myös sukupolvittain. Tollereiden sukusiitosaste nousi tutkimuksen mukaan nopeasti 1950- ja 1960-luvuilta 1980-luvun loppuun asti (Kuva 1). Tuo aika olikin yhtä pitkää geneettistä pullonkaulaa, tehollisen koon ollessa välillä jopa vain viisi.

Myös heelereillä sukusiitosaste nousi nopeasti neljän sukupolven aikana vuosina 1981-2000. Tehollinen koko oli tuolloin alimmillaan 12. Heterotsygotian häviämisenopeus sukupolvessa on

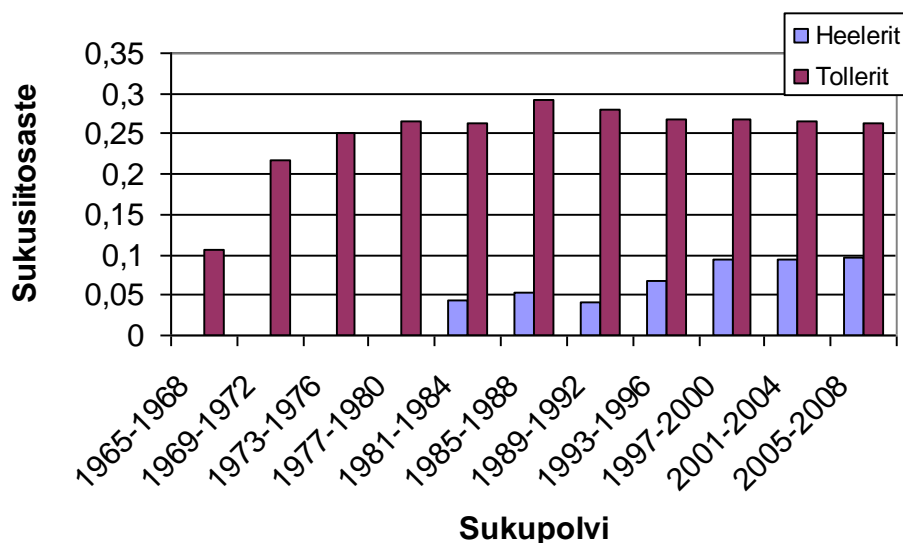
sama kuin sukusiitosasteen kasvunopeus, joka tollereilla vaihteli sukupolvittain nollan ja 11 prosentin välillä ja heelereillä 0,1 ja neljän prosentin välillä.

Vuoden 1988 jälkeen tollereiden keskimääräinen sukusiitosaste tasaantui, mikä osittain johtuu koirista, joiden sukupuut aineistossa olivat vajavaisia. Heelereilläkin sukusiitosaste kasvoi vuoden 2000 jälkeen hitaammin kuin rodun rekisteröimisen alkuvuosina, mikä tarkoittaa, että myös tehollinen koko on nyt suurempi. Johtuen sukusiitosasteen laskusuunnasta, vuoden 1988 jälkeen syntyneille tollereille ei saatu laskettua sukupolvittaista tehollista kokoa.

Taulukko 1. Tutkittujen aineistojen koiramäärät sekä eri rotujen teholliset koot ja jalostuskoirien osuudet. Calbolin tutkimuksen rodut kursivoituina.

Rotu	Koirien lukumäärä	Tehollinen koko	Jalostukseen käyt. urosten osuus, %	Jalostukseen käyt. narttujen osuus, %
<i>Akita inu</i>	21 155	45	13	20
<i>Bokseri</i>	195 358	45	9	25
<i>Englanninbulldoggi</i>	46 420	48	11	36
<i>Chow chow</i>	18 386	50	11	27
<i>Pk. collie</i>	83 864	33	11	30
<i>Kultainennoutaja</i>	317 527	67	5	18
<i>Greyhound*</i>	1 060	17	21	28
<i>Saksanpaimenkoira</i>	474 078	76	9	20
<i>Labradorinnoutaja</i>	703 566	114	8	20
<i>Englanninspringer-spanieli</i>	276 179	72	13	24
Novascotiannoutaja	28 663	33	9	17
Lancashire heeler	4 779	30-50	19	30

*mukana vain Englannin Kennelklubin rekisteröimä koirakanta, joka on hyvin pieni verrattuna maailmanlaajuiseen ratakoirakantaan



Kuva 1. Sukusiitosasteet sukupolvittain heelereistä, joilla on vähintään kolme ja tollereista, joilla on vähintään viisi kokonaista vanhempaissukupolvea aineistossa. Sukusiitosasteiden skaala on kuvassa nollassa yhteen. 2000-luvulla syntyneiden tollereiden taustalla on aineistossa keskimäärin 12-14 ja heelereiden taustalla 5-7 kokonaista sukupolvea.

Kantakoirien lukumäärä vaihtelee roduittain paljon

Kantakoira on yksilö, jolla on aineistossa jälkeläisiä, mutta jonka vanhemmat eivät ole tiedossa. Calbolin tutkimuksessa kantakoirien lukumäärä vaihteli roduittain välillä 81 (greyhound) ja 15 843 (saksanpaimenkoira, Taulukko 2).

Tollereilla oli aineistossa 22 kantakoira, joista 18:lla oli kaukaisempia kuin seitsemännen polven jälkeläisiä, ja neljän linjat olivat sammuneet kuudennen polven jälkeen. Nykykoiriin, eli vuosina 1999-2008 syntyneeseen 17 703 tolleriin, on vaikutusta 19 kantakoiralla.

Heelereillä taas oli aineistossa 155 kantakoira, joista 68:lla oli kaukaisempia kuin seitsemännen polven jälkeläisiä. Nykykoiriin (3 161 heeleriä) on vaikutusta 72 kantakoiralla.

Leroy'n tutkimuksessa kantakoirien lukumäärä vaihteli barbetin 13:n ja bretonin 1 158:n välillä.

Kantakoirilla on kantaan epätasainen vaikutus, niiden itsensä ja niiden jälkeläisten epätasaisesta jalostuskäytöstä johtuen. Tollereille ja heelereille laskettu *tehollinen kantakoirien lukumäärä* kertoo, kuinka monta tasaisesti vaikuttavaa kantakoira tarvitaan saamaan aikaan kannassa oleva perinnöllinen vaihtelu. Tämä luku on 1999-2008 syntyneelle tollerikannalle 9,8 ja heelerikannalle 15,2. Nämä ovat alhaisia verrattuna Leroy'n tutkimukseen, jossa tehollinen kantakoirien lukumäärä oli vain kahdella rodulla yhdeksästä alle 40.

Arvokkaalla jalostuskoiralla alhainen MK

Keskimääräistä vähemmän muihin rodun koiriin sukua oleva yksilö on monimuotoisuuden kannalta arvokas jalostuskoira, koska sillä on geeneistä versioita, joita muilla ei ole. Sukulaisuutta mitataan yleensä niin sanottuna mean kinship -arvona (MK), joka on puolet perinteisesti käsittämästämme sukulaisuussuhteesta eli yhteisten geenien osuudesta.

Tutkittujen rotujen keskimääräinen MK vaihteli välillä 0,01-0,26 (Taulukko 2). Matalin rodun sisäinen sukulaisuus oli Calbolin tutkimuksen kultaisella- ja labradorinnoutajalla sekä saksanpaimenkoiralla. Korkein rodun sisäinen sukulaisuus oli maailmanlaajuisessa tollerikannassa, jossa jokainen nykykoira on keskimäärin 52 prosenttia sukua muuhun nykykantaan, eli MK on keskimäärin 0,26 (26 %). Sukulaisuus oli korkea myös greyhound- ja heelerikannoissa. Tollerit ovat siis enemmän kuin sisaruksia ja greyhoundit ja heelerit enemmän kuin serkuksia keskenään. Greyhondeilla tulos koski kuitenkin vain Englannin Kennelklubin rekisteröimää koirakantaa, joka on hyvin pieni verrattuna maailmanlaajuiseen kantaan.

Jos Calbolin tutkimuksessa käytetyt aineistot olisivat sisältäneet roduista muitakin kuin brittiläisiä koiria, olisivat lasketut sukulaisuudet olleet korkeampia ainakin niiden rotujen kohdalla, jotka eivät ole brittiläistä alkuperää.

Jalostuspohjan kokoon vaikuttaa monta tekijää

Jalostuspohjan kokoon ja perinnölliseen monimuotoisuuteen vaikuttavat muun muassa rodun koirien lukumäärä ja sen vaihtelut, jalostukseen käytettyjen koirien osuus kaikista koirista, jalostuskoirien jälkeläismäärät eri polvissa, jälkeläismäärien tasaisuus jalostuskoirien välillä, isien lukumäärä suhteessa emien lukumäärään, sukutaulujen monipuolisuus eli niistä löytyvien eri esivanhempien lukumäärä, sekä onko rodussa tehty rotuun ottoja tai risteytyksiä.

Taulukko 2. Kantakoirien lukumäärät sekä rodunsisäiset mean kinship -arvot.

Rotu (Mäki 2008)	Kanta- koiria, koko aineisto	1999-2008 syntyneet		
		Kantakoiria	Tehollinen kantakoirien lukumäärä	Mean kinship (MK)
Lancashire heeler	155	72	15,2	0,08
Novascotiannoutaja	22	19	9,8	0,26
Rotu (Calboli ym. 2008)		Kantakoiria, koko aineisto		Mean kinship (MK)
Akita inu		223		0,02
Bokseri		4 032		0,02
Englanninbulldoggi		882		0,04
Chow chow		1 012		0,03
Pk. collie		5 285		0,02
Kultainennoutaja		6 932		0,01
Greyhound		81		0,07
Saksanpaimenkoira		15 843		0,01
Labradorinnoutaja		15 064		0,01
Englanninspringerspanieli		9 718		0,02

Vain pieni osuus koirista jatkanut sukua

Mitä pienempi osuus rodun koirista jatkaa sukua, sitä yksipuolisempi jalostuspohja rodulle muodostuu. Uroksista jalostukseen oli käytetty rodusta riippuen 5-21 prosenttia ja nartuista 17-36 prosenttia (Taulukko 1). Tollereilla jalostukseen oli vielä 1990-luvun alussa syntyneistä uroksista käytetty noin 15 prosenttia ja nartuista noin 25 prosenttia, mutta 1990-luvun lopulla ja 2000-luvun alussa syntyneistä uroksista jalostuksen ulkopuolelle jäi jopa 92 prosenttia ja nartuista noin 80 prosenttia (Kuva 2).

Heelereillä oli rodun virallistamisen aikoihin käytetty jalostukseen kaikkia tai lähes kaikkia virallisesti rekisteröityjä koiria, joita ei alkuvuosina kovin montaa edes ollut. Vuonna 2001 syntyneistä uroksista käytettiin jalostukseen noin 17 prosenttia ja nartuista 30 prosenttia. Heelerikannan tollerikantaa paljon pienempi koko pakottaa tietysti osuuden suuremmaksi kuin tollereilla.

Jälkeläismäärissä suuria eroja koirien välillä

Ensimmäisen polven jälkeläisten lukumäärä oli jalostukseen käytetyillä tollereilla keskimäärin 15, toisen polven jälkeläismäärä 53 ja kolmannen polven 159 (Taulukko 3). Heelereillä vastaavat luvut olivat 8, 23 ja 59.

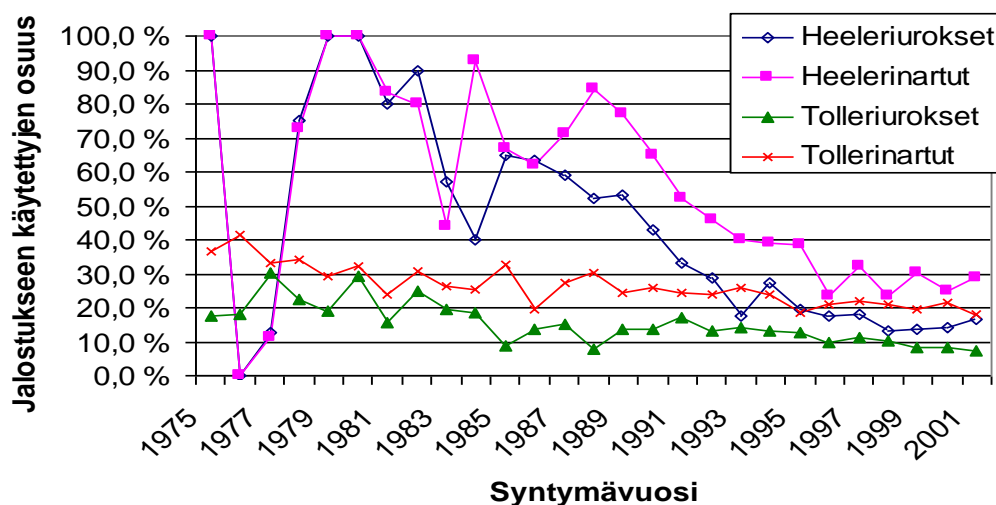
Calbolin tutkimuksessa matadoriuroksiksi luokiteltiin koirat, joilla oli yli sata jälkeläistä. Tällaisia oli eniten kultaisellanoutajalla, eli 10 prosenttia jalostukseen käytetyistä uroksista.

Kultaisellanoutajalla oli myös pienin osuus kaikista uroksista käytetty jalostukseen (5 %). Akita inulla taas vain yksi prosentti jalostusuroksista oli matadoreja, ja 13 prosenttia kaikista uroksista oli käytetty jalostukseen. Mitä tasaisemmin jälkeläismäärä eri polvissa jakautuu jalostuskoirien kesken, sitä monipuolisempi on rodun geenivarasto.

Myös tollereista ja heelereistä löytyy uroksia, joilla on selkeästi enemmän jälkeläisiä kuin muilla uroksilla. Tollerivanhemmista 77 prosentilla ja heelerivanhemmista 93 prosentilla oli korkeintaan 20 ensimmäisen polven jälkeläistä, mutta tollereissa on myös kolme jalostusurosta, joilla on yli 200 jälkeläistä. Heelereillä suurimmat jälkeläismäärät olivat 82 ja 120, mutta kannan kokokin on vain noin kuudesosa tollerikannan koosta.

Taulukko 3. Jalostusheelerien ja -tollerien lukumäärä ja osuus kaikista aineiston koirista sekä keskimääräinen jälkeläismäärä kussakin sukupolvessa kymmenen ensimmäisen sukupolven ajalta. Tollereilla pisin sukupuu ulottui 29 ja heelereillä 15 polven taakse.

Sukupolvi, jossa jälkeläisiä	Jalostuskoirien lkm tollerit/heelerit	Jalostuskoirien osuus kaikista koirista, % tollerit/heelerit	Jälkeläisiä keskimäärin, tollerit/heelerit
1	3 721 / 1 184	12,98 / 24,78	15 / 8
2	2 122 / 743	7,40 / 15,55	53 / 23
3	1 386 / 548	4,84 / 11,47	159 / 59
4	977 / 432	3,41 / 9,04	425 / 130
5	711 / 348	2,48 / 7,28	1 025 / 249
6	546 / 283	1,90 / 5,92	2 100 / 415
7	420 / 231	1,47 / 4,83	3 699 / 597
8	325 / 187	1,13 / 3,91	5 604 / 748
9	255 / 149	0,89 / 3,12	7 712 / 816
10	215 / 120	0,75 / 2,51	9 459 / 762



Kuva 2. Jalostukseen käytettyjen koirien osuus eri vuosina syntyneistä heelereistä ja tollereista. Laskettu vähintään 7-vuotiaille koirille.

Jalostuskoirien vaikutus kantaan

Tollereilla kaksi esivanhempaa riittää selittämään yli puolet 1999-2008 syntyneiden geneeistä (Taulukko 4) ja viisitoista esivanhempaa selittää geneeistä lähes 97 prosenttia. Muiden kuin taulukossa näkyvien esivanhempien geeniosuudet ovat käytännössä nolliä.

Heelereillä viisi esivanhempaa riittää selittämään puolet 1999-2008 syntyneiden geneeistä ja 15 esivanhempaa selittää geneeistä 75,7 prosenttia (Taulukko 5).

Jokainen 1999-2008 syntynyt toller on keskimäärin 28 prosenttia sukua Majour of Schubendorffille ja 27 prosenttia Goldie of Schubendorffille, eli nämä koirat ovat jokaiselle tollerille enemmän kuin isovanhempia tai puolisisaruksia. Jokainen 1999-2008 syntynyt heeleri taas on keskimäärin 21 prosenttia sukua Pip of Doddslinelle.

Mielenkiintoinen yksityiskohta Taulukoissa 4 ja 5 on, että suuria geeniosuuksia voi olla jopa koiralla, jolla on vain yksi ensimmäisen polven jälkeläinen, ja että nartuilla on aivan yhtä suuria geeniosuuksia kuin uroksilla. Niiden poikia ja tyttären- sekä pojanpoikia, sekä edelleen taas näiden poikia on käytetty paljon jalostuksessa.

Taulukko 4. Esivanhemmat, joilla on käytännön vaikutusta 1999-2008 syntyneisiin tollereihin. Osuus geneeistä on laskettu ottamalla huomioon koiran mahdollisen sukulaisen jo selittämä osuus kannan geneeistä. Kullakin koiralla näkyy siis vain se geeniosuus, jota taulukossa ylempänä oleva sukulainen ei jo selitä.

Esivanhempi	Suku-puoli	S.vuosi	Osuus geneeistä, %	Kumuloitunut osuus, %	1. polven jälkeläisiä
Majour of Schubendorf	uros	1957	27,87	27,87	9
Goldie of Schubendorf	narttu	1961	27,41	55,29	23
Green Meadows Tawnee Wakon	narttu	1961	12,17	67,46	8
Bidewell's Flip	uros	ei tiedossa	10,15	77,61	8
Bidewell's Lady	narttu	ei tiedossa	8,60	86,20	6
Robie Surf Of Glencoe	uros	1966	7,88	94,08	27
Green Meadows Molly Of Acadia	narttu	1962	1,37	95,45	1
Collier's Magnum Load Dory	narttu	1986	0,56	96,02	33
Cabottrails Belle Of The Isle	narttu	1985	0,46	96,47	16
Hyflyer's Foxy Roxanne	narttu	1993	0,26	96,73	14
Cabottrails Delightfully Yours	narttu	1985	0,07	96,80	13
Cabottrail's Kit Of Tollhaven	narttu	1985	0,05	96,85	16
Colliers' Baron O'The Bruce	uros	1986	0,03	96,88	15
Javahill's Fly Boy	uros	2005	0,03	96,90	13
Sagewood's Legend Of Mi'kmaq	uros	2002	0,01	96,91	6

Taulukko 5. Esivanhemmat, joilla on suurin vaikutus 1999-2008 syntyneisiin heelereihin. Osuus geeneistä on laskettu kuten Taulukossa 4.

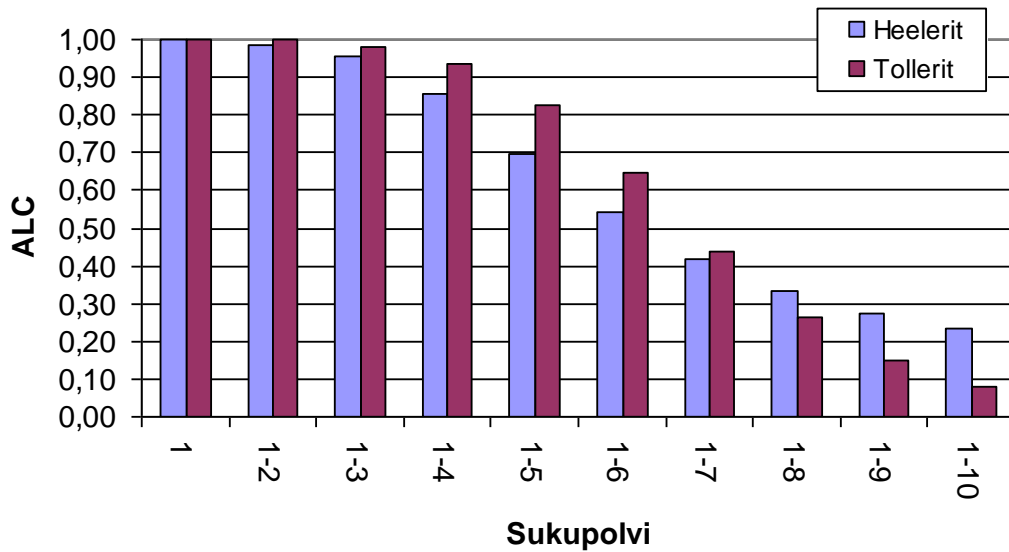
Koira	Sukupuoli	S.vuosi	Osuus geeneistä, %	Kumuloitunut osuus	1. polven jälkeläisiä
Pip of Doddsline	uros	1983	20,6	20,6	16
Bowanne Bolshy Bert	uros	1988	10,7	31,3	58
Doddsline Ben	uros	1985	9,4	40,7	41
Basil of Mossbeacon	uros	1982	5,8	46,4	6
Susie of Doddsline	narttu	1990	5,5	51,9	7
Teddy Boy of Tushielaw	uros	1982	4,4	56,3	11
Feniscowles Earl Bumble Bee	uros	1985	3,4	59,6	8
Tapatina Little Gem	narttu	1982	2,7	62,3	6
Tushielaw Bessie from Haelarbobs	narttu	1983	2,6	64,9	7
Acremead Buzz	narttu	1988	2,2	67,2	4
Foxglove Benjamin	uros	1985	1,9	69,0	26
Black Diamond of Finney	uros	1985	1,9	70,9	22
Pepi Of Winder	narttu	1980	1,7	72,6	4
Kenive Rose	narttu	1985	1,6	74,1	7
Finneyhall Miss Ermie	narttu	1987	1,5	75,7	21

Sukutaulujen monipuolisuus jalostusvalinnan kriteeriksi?

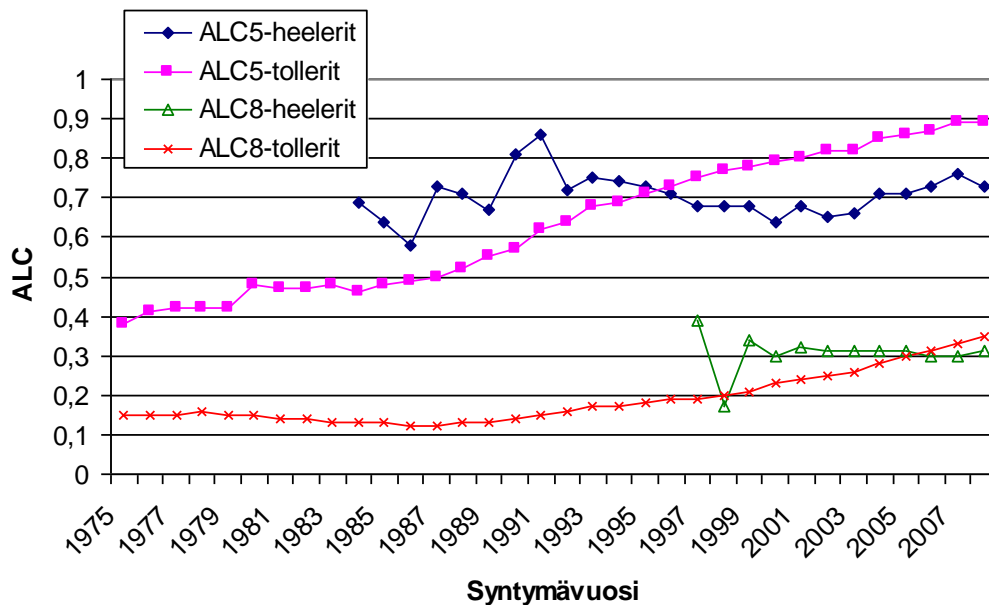
Kun sama esivanhempi esiintyy koiran sukutaulussa useammin kuin kerran, tapahtuu ns. *sukukatoa*. Koiran sukutaulu on sitä monipuolisempi, mitä useampia eri yksilöitä siinä on. Ancestor loss coefficient (ALC, sukukatokerroin) on suhdeluku siitä, kuinka suuri osuus sukutaulun tiedossa olevista esivanhemmista on eri koiria. ALC lasketaan halutulle sukupolvimäärälle, ja se voi saada arvoja välillä 0-1. Jos koiran kaikki tiedossa olevat esivanhemmat ovat eri yksilöitä, ALC on 1. Jos tiedossa on vaikka 100 esivanhempaa, mutta vain 50 niistä on eri koiria, ALC on 0,50.

Vuosina 1999-2008 syntyneiden tollerien viiden polven sukutauluissa esiintyvistä esivanhemmista keskimäärin 82 prosenttia on eri koiria, heelereillä vastaava luku on 70 prosenttia (Kuva 3). Kahdeksan polven sukutauluissa eri koirien osuus on tollereilla keskimäärin 26 prosenttia ja heelereillä 33 prosenttia.

Eri vuosina syntyneiden heelereiden keskimääräinen sukukatokerroin pysyy melko tasaisena (Kuva 4). Tollereiden keskimääräinen sukukatokerroin taas nousee tasaisesti 1980-luvun lopulta lähtien, eli koirien sukutaulut näyttävät monipuolistuvan. Toisaalta sukukatokerroin ei huomioi, että sukutaulussa esiintyvät koirat voivat olla keskenään lähisukulaisia. Siksi koiran sukusiitosaste antaa sukukatokerrointa luotettavamman kuvan, kun arvioidaan riskiä sairastua perinnöllisiin ongelmiin.



Kuva 3. Sukukatokerrointen (ALC) keskiarvot 1999-2008 syntyneillä koirilla eri sukupolvimäärien mukaan laskettuna.



Kuva 4. Sukukatokertoimien kehittyminen syntymävuosittain. ALC5 = sukukatokerroin viiden polven mukaan laskettuna, ALC8 = sukukatokerroin kahdeksan sukupolven mukaan laskettuna.

Jalostusmateriaalia käytettävä monipuolisemmin

Koirarotujen jalostusohjat ovat näiden kahden tutkimuksen mukaan hyvin pieniä. Niillä on perinnöllisen monimuotoisuuden kannalta hätätila: heterotsygotiaa ja geenien erilaisia versioita on hävinnyt ja häviää nopeammin kuin mitä luonto ehtii tilannetta kompensoida.

Tehtyjen analyysien perusteella jalostuskoirien, varsinkin urosten, osuutta kannasta olisi varaa nostaa. Silloin useamman koiran geenit jatkuisivat rodussa. Rotujen perimää voidaan säilyttää

mahdollisimman tehokkaasti ottamalla käyttöön mahdolliset vähemmän edustetut sukulinjat ja huolehtimalla, että yksikään sukulinja tai yksittäinen koira ei enää lisäänty selvästi muita enempää.

Koirille voidaan laskea niiden sukulaisuus muuhun kantaan nähden sekä rekisteriaineistoista (MK eli mean kinship) että tiettyjä geeniversioita selvittävällä geenitestillä. Tulosten perusteella pystytään valitsemaan jalostukseen koiria, joilla on rodun harvinaisimpia geeniversioita. Esimerkiksi tollereilla tällaisia koiria on kuitenkin harvassa: vain 22 koiran MK on pienempi kuin 0,20. Tämä tarkoittaa 40 prosentin sukulaisuutta muuhun kantaan. Esimerkiksi täyssisarusten välinen sukulaisuus on 50 prosenttia ja puolisisarusten 25 prosenttia. Näilläkin koirilla muita pienempi MK voi johtua vain puutteellisesta sukutaulusta aineistossa.

MK-arvon tai geenitestin lisäksi jalostuskoirien geenien monipuolisuutta voidaan punnita esimerkiksi sukukatkerrointen avulla. Jos terveitä ja helposti lisääntyviä koiria ei löydy tarpeeksi, on aika harkita risteytyksiä uuden geneettisen materiaalin saamiseksi rotuihin.

Lähteet

Calboli, Sampson, Fretwell & Balding 2008. Population structure and inbreeding from pedigree analysis of purebred dogs. *Genetics* 179: 593-601.

Leroy, Rognon, Varlet, Joffrin & Verrier 2006. Genetic variability in French dog breeds assessed by pedigree data. *J. Anim. Breed. Genet.* 123: 1-9.

Mäki 2008. Pedigree-based genetic diversity of worldwide Nova Scotia Duck Tolling Retriever and Lancashire Heeler dog populations. *Käsikirjoitus*.