

Tuotantoeläinten jalostuksen työkaluja



Hämäläinen, Tuomo

2009 Hyvinkää

Laurea-ammattikorkeakoulu
Hyvinkää

Tuotantoeläinten jalostuksen työkaluja

Tuomo Hämäläinen
Maaseutuelinkeinot
Opinnäytetyö
13. 11. 2009

Tuomo Hämäläinen

Tuotantoeläinten jalostuksen työkaluja

Vuosi 2009

Sivumäärä 50

Jalostus on maatalouden kannalta merkittävä ala. Sen avulla yritetään kehittää eläimiä maatalouden kannalta tarkoituksenmukaisempaan muotoon. Jalostuksen erityisluonne on siinä että se aikaansaa pysyviä ja tuotannon kannalta positiivisia vaikutuksia eläinainekseen. Jalostus keskittyy tämän vuoksi eläinten geneettisen merkittävyyden arviointiin ja geneettisesti tarkoituksenmukaisimpien valitsemiseen seuraavan sukupolven vanhemmiksi.

Opinnäytetyössä kootaan keskeiset jalostukseen liittyvät käytänteet. Aineistossa on aluksi teoreettinen viitekehys jalostamisen teoriasta, jonka jälkeen esitellään jalostamisen pääpiirteet.

Koska eri lajien kohdalla on erilaiset käytänteet, esittelen periaatteet tuotantoeläinlajeittain. Sen tuloksia voidaan käyttää materiaalina, josta ihmiset voivat saada näkemyksen siitä mitä jalostaminen on ilmiönä.

Näkökulma on keskitetysti Suomen olosuhteisiin ja tuotantoeläimiin. Kansainvälisiin asioihin viitataan siinä määrin missä sen mukaan ottaminen on tärkeää Suomen olosuhteiden kannalta.

Asiasanat: jalostus
eläintuotanto

Tuomo Hämäläinen

Tools of animal breeding

YEAR 2009 Pages 50

Breeding is an important sector in agriculture. Breeding creates lasting and positive effects in populations. This is achieved mainly through evaluation and selection. Breeding focuses on identifying the genetically best individuals in order to choose them for the next generations parents.

The purpose of this study was to gather together the concepts and practices of animal breeding. My work starts with theoretical framework. After that I present features of practical breeding work. Because with different species have different practices, I present the principles of different situations.

Results can be applied as everyman's guide on subject. Its main purpose is to provide good overview on subject.

The perspective focuses on conditions and species which are used in Finland. Global view is only involved when it is relevant and essential for Finland.

keywords: breeding
livestock

Sisällysluettelo

1 Johdanto	5
2 Periytymisen peruskäsitteet	5
2.1 Somaattiset solut ja gameetit	5
2.2 Perintötekijöiden rakenne.....	5
2.3 Geenit	6
2.3.1 Muuntelu.....	6
2.3.2 Kvalitatiiviset ominaisuudet.....	6
2.3.3 Kvantitatiiviset ominaisuudet	6
2.3.4 Fenotyyppi ja genotyyppi	7
2.3.5 Periytyvyysaste eli heritabiliteetti	8
3 Jalostus	9
3.1 Jalostusarvo	9
3.2 Yksilöarvostelu	10
3.3 Jälkeläisarvostelu.....	11
3.4 Indeksi	12
4 Jalostusohjelman suunnittelu	13
4.1 Monen ominaisuuden valinta.....	16
4.2 Edistyminen.....	16
4.3 Jalostussuunnitelman toteutumisen seuraaminen.....	18
4.4 Jalostusohjelman riskit	20
5 Jalostusohjelmien esittelyä.....	22
5.1 Lypsykarja.....	22
5.1.1 Jalostettavat ominaisuudet ja indeksit.....	23
5.1.2 Sonninemien ja sonninsien valinta.....	26
5.2 Lihakarja	27
5.3 Sianjalostus	29
5.4 Hevosen jalostus	31
5.5 Turkiseläinten jalostus.....	32
5.6 Siipikarjan jalostus	36
5.7 Lampaiden jalostus.....	38
6 Johtopäätökset	39
Lähteet	42
Kuvat.....	45
Kuviot.....	45
Taulukot.....	46

1 Johdanto

Jalostustyö on tärkeä osa eläintuotantoa. Sen avulla eläinainesta voidaan muuttaa halutunlaiseksi. Tämä onnistuu, koska perintötekijät siirtyvät vanhemmilta jälkeläisille. Näin vanhempien perintötekijät määräävät sen, minkälaiset perintötekijät niiden jälkeläisillä on ja minkälaisia ominaisuuksia näiden jälkeläisilleen siirtävät. (Pösö, 2006) Jalostustyössä eläinten perinnölliseen ainekseen vaikutetaan ja tätä kautta saadaan aikaan muutoksia niiden ulkoasussa ja ominaisuuksissa. Bergin, Fimlandin, Meuwissenin, Mäki-Tanilan ja Woolliamsin mielestä tuotantoeläimillä on suuri merkitys. Tuotantoeläimistä saadaan mm. 30 % ihmisten kuluttamista kaloreista. Lisäksi tuotantoeläimistä saadaan kuituja, lannoitetta, nahkaa sekä joillain alueilla myös työvoimaa. (Berg, Fimland, Meuwissen, Mäki-Tanila, Woolliams, 2005, 11)

2 Periytymisen peruskäsitteet

2.1 Somaattiset solut ja gameetit

Nisäkkäiden elimistö koostuu kahdenlaisista soluista, somaattisista soluista jotka muodostavat suurimman osan niiden elimistön soluista ja lisääntymiseen liittyvistä sukusoluista, gameeteista. Somaattisissa soluissa on kaksinkertainen kromosomisto eli ne ovat diploidisessa muodossa. Tällöin solussa on kaksi kappaletta samaa kromosomia, jotka toinen on peräisin toiselta vanhemmalta ja toinen toiselta. Gameettejen kromosomisto taas on haploidisessa muodossa, eli niissä on vain yksi kappale kutakin kromosomia. Hedelmöityshetkellä kromosomistot muuttuvat kaksinkertaisiksi. (Juga, Maijala, Mäki-Tanila, 1999, 36) Matti Ojalan mukaan vastinkromosomit eriytyvät eri kromosomeihin Mendelin ensimmäisen säännön mukaisesti. Jos alleelit ovat eri kromosomeissa tai samassa kromosomissa etäällä toisistaan olevat, mendelin toisen säännön ehdot toteutuvat ja tällöin alleelit jakautuvat eri soluihin toisistaan riippumattomasti (Juga ym. 1999, 37)

2.2 Perintötekijöiden rakenne

Matti Ojalan mukaan Perintöaines eli perintötekijät koostuvat DNA:sta. Tämä koostuu sarjasta emäksiä. Näitä ovat adeniini, tymiini, guaniini ja sytosiini. Näiden välittämänä perinnöllinen viesti siirtyy vanhemmilta jälkeläisille. (Juga ym. 1999, 36)

Mats Björklundin mukaan geenit sijaitsevat kromosomeissa, joita eliöillä on useimmiten useampi kuin yksi pari. Jokaisesta kromosomista on kaksi kopiota, jolloin samassa geenipaikassa eli lokuksessa on samanlainen tai miltei samanlainen geeni. Näiden geeniparien muunnelmat eli alleelit voivat toimia keskenään eri tavoilla. (Björklund, 2009, 93)

2.3 Geenit

2.3.1 Muuntelu

Mäen mukaan perinnöllinen muuntelu tarkoittaa eläinten välistä monimuotoisuutta, erilaisten geenien versioiden paljoutta. Mitä enemmän lajilla on muuntelua, sitä paremmin se voi sopeutua ympäristöönsä. Sen määrään vaikuttavat sekä luonnonvalinta että jalostusvalinta. Valinnan vaikutuksesta kaikkien ominaisuuksien ei anneta yhtä paljon vaikuttaa seuraavan sukupolven ominaisuuksiin. Muuntelu pienenee valinnan vaikutuksesta ja mitä voimakkaampi valinta on, sitä nopeammin muuntelu vähenee. Mutaatiot tuovat populaatioon uutta muuntelua, ja ne voivat muuttaa ominaisuuden toisenlaiseksi. Myös migraatio eli eliöiden siirtäminen voi vaikuttaa populaation muunteluun. Migraatio ei vaikuta, jos siirtyvien eläimien tuonti ja vientipopulaatioiden alleelien suhteelliset osuudet ovat samat. (Mäki, 2009) Osa eläimen muuntelusta on ympäristöstä johtuvaa. Tästä enemmän luvussa 2.3.4 ja 2.3.5.

2.3.2 Kvalitatiiviset ominaisuudet

Matti Ojalan mukaan kvalitatiiviset ominaisuudet ovat ominaisuuksia, joihin ympäristö ei vaikuta, eli ne ovat geneettisesti määräytyneitä. Lisäksi nämä ominaisuudet muodostuvat yhdestä tai muutamasta geenistä. (Juga ym. 1999, 41-42)

Ominaisuudet voivat myös vahvistaa tai heikentää toisiaan. Lisäksi on mahdollista, että sillä onko ominaisuus tullut koiraalta vai naaraalta, vaikuttaa siihen miten ominaisuus ilmenee. Toinen pari voi myös vaikuttaa siten, että toisen alleelin toiminta muuttuu toisenlaiseksi, jolloin puhutaan ominaisuuden leimautumisesta. (Björklund, 2009, 93-94) Monet valittavat ominaisuudet ovat sellaisia että ne ovat samojen geenien säätelemiä ja ne ovat yhteydessä toisiinsa. Silloin voidaan toista valitsemalla saada edistettyä myös toista. Joskus taas toisen ominaisuuden valinta voi vaikuttaa toiseen heikentävästi. (Saastamoinen & Teräväinen, 2007, 89)

2.3.3 Kvantitatiiviset ominaisuudet

Ojalan mukaan kvantitatiivisille ominaisuuksille on tyypillistä, että ominaisuuteen vaikuttavat useat geenit, ja yksittäisen geenin tai geenijoukon vaikutus on yleensä pieni. Lisäksi on yleistä että ominaisuuteen vaikuttavaa geenien lukumäärää ja sijaintia ei tiedetä. (Juga ym. 1999, 57-58)

Kvantitatiiviset ominaisuudet eroavat kvalitatiivisesta ominaisuuksista. Mendelin säännöt toimivat myös niiden kohdalla, mutta niiden kohdalla ympäristö vaikuttaa niihin. (Juga ym. 1999, 57-58)

2.3.4 Fenotyyppi ja genotyyppi

Fenotyyppi eli ilmiasu tarkoittaa yksilöltä mitattua ominaisuutta. Ilmiasu voi olla vaikkapa mitattu maitotuotospäämäärän suuruus. Vaikka genotyyppi pysyisikin samana, ilmiasussa on vaihtelua erilaisissa ympäristöissä. Kvantitatiivisten ominaisuudet voidaan ymmärtää kaavalla $P=\mu+G+E$, jossa P on mitattu ilmiasu, μ on keskitaso, G on genotyyppi ja E on ympäristönvaikuttava tekijä. (Juga ym. 1999, 57-58) Björklundin mukaan ominaisuuksien perinnöllisyys tarkoittaa sitä että jälkeläiset muistuttavat vanhempiaan. Jälkeläiset eivät kuitenkaan ole pelkästään vanhempiensa geenien aikaansaannoksia, vaan ympäristöolotkin vaikuttavat eläinten rakenteeseen ja toimintaan. Ympäristö taas on monista elementeistä koostuva tila, jossa vaikuttavat esimerkiksi sääolosuhteet ja muut yksilöt. Yksilön fenotyyppi eli ilmiasu koostuu geenistöjen järjestymisen ja ympäristön vaikutuksesta. Tähän yhdistetään vielä geeniyhdistelmien vaikutukset. (Björklund, 2009, 89) Björklundin mukaan suuri osa ominaisuuksista määräytyy useiden eri lokusten ja tätä kautta useiden eri geenien yhteisvaikutuksesta. (Björklund, 2009, 90) Geenit voivat vaikuttaa myös muissa lokuksissa oleviin geeneihin ja niiden toimintaan. Tämän kaltaisten geenien vaikutus voidaan tietää vasta, kun selvitetään miten se toimii missäkin toimintaympäristössä. (Björklund, 2009, 94)

Ojalan mukaan geenit voivat vaikuttaa kokonaisuuteen additiivisesti, jolloin eri geenien vaikutukset summautuvat. Lisäksi on mahdollista että geneilla on erilaisia yhteisvaikutuksia, joita on kahdenlaisia: dominanssivaikutuksia sekä epistaattisia vaikutuksia. (Juga ym. 1999, 49) Hernesniemen mukaan tilanteissa jossa kahdella alleelilla on yhtä voimakas vaikutus, puhutaan intermediaarisesta periytymisestä. (Hernesniemi 2000, 115)

Kodominanssissa ominaisuus määräytyy vain yhdessä lokuksessa sijaitsevan geenin perusteella, ja tästä on olemassa kaksi alleelia, jotka yhteisvaikuttavat. Tällöin kumpikin ominaisuus ja niiden yhdistelmät vaikuttavat ominaisuuteen, eikä toinen peitä toisen vaikutusta. Tämän seurauksena jokaista fenotyyppiä vastaa yksi genotyyppi. (Juga ym. 1999, 41-42) Björklundin mukaan toinen alleelipari voi olla dominoiva, jolloin sen vaikutus tulee toista versiota enemmän esiin. Tällöin toinen ominaisuus, resessiivinen ominaisuus, voi tulla esiin vain, jos se esiintyy molemmissa vastinkromosomeissa. (Björklund, 2009, 93)

Jos erilaiset geeniyhdistelmien vaikutukset halutaan ottaa huomioon, Ojalan mukaan fenotyyppiä voidaan käsitellä yhtälöllä $P=\mu+GA+GD+GI+E$, jossa P on ilmiasu μ keskiarvo, GA on yksittäisten

geenivaikutusten summa, GD on samassa lokuksessa olevien geeniyhdistelmien vaikutusten summa eli dominanssivaikutus, GI on geenivaihtoehtojen yhteisvaikutus ja E ympäristön aikaansaamat vaikutukset (Juga ym. 1999, 59)

2.3.5 Periytyvyysaste eli heritabiliteetti

Osa eläinten välisestä eroista selittyy ympäristöllä ja osa geeneillä. Siksi esimerkiksi turkiseläinten nahan laatu johtuu sekä vanhemmilta peräisin olevista geeneistä että ympäristöstä, esimerkiksi ravinnosta. Perinnöllisyysaste on arvio siitä, miten paljon geneettinen muuntelu vaikuttaa ilmiön muutoksessa. Se esitetään usein prosentti- tai desimaalilukuna. Toistumiskerroin sen sijaan kertoo miten usein jokin ominaisuus toistuu kerrasta toiseen. (Hernesniemi, 2000, 115) Saastamoisen ja Teräväisen mukaan ominaisuuksilla joihin vaikuttaa vain muutama geeni on suurempi perinnöllisyysaste ja niillä ominaisuuksilla joilla vaikuttavia geenejä on paljon, se on pieni. (Saastamoinen, Teräväinen, 2007, 88)

Kotieläinjalostuksessa ollaan kiinnostuneita siitä, miten paljon eläinten tulosten välisestä vaikutuksesta on geenien ja mikä ympäristön aikaansaamaa Heritabiliteetti tarkoittaakin sitä, miten osuus eläimissä havaituista eroista johtuvat eläimien geeneistä. (Juga ym. 1999, 68) Genotyypin vaikutuksen suuruutta voidaan arvioida tarkastelemalla sitä, miten yksilöt ovat toisilleen sukua. Kun täyssisarilla on keskimäärin 50% samoja geenejä ja puolisisaruksilla yhteisiä geenejä on keskimäärin 25% voidaan verrata sitä, kuinka samanlaisia näiden ulkoasut ovat suhteessa siihen miten samanlaisia ne ovat geneettisesti. Periytyvyysaste eli heritabiliteetti saadaan laskettua kun geneettinen muuntelu jaetaan ilmiön muuntelulla. (Björklund, 2009, 91)

Ojalan mukaan heritabiliteetin suuruus on usein tyypillinen tietyille ominaisuuksille, mutta se voi myös olla erilainen eri populaatioissa ja eri ympäristöolosuhteissa. Koska heritabiliteetti on suhdeluku, sen arvo muuttuu helposti. Tämän vuoksi jos satunnaiset ympäristötekijät vaikuttavat tulokseen paljon, heritabiliteetti on pieni. Tämän seurauksena erilaisista tiloista saatu laaja aineisto voi kasvattaa ympäristötekijöiden osuutta tuloksessa. Mikäli yksittäisten tilojen eläinten tuloksia tällöin verrataan olosuhteista saatujen tulosten kautta, erot kuvaisivat tilojen välisiä geneettisiä eroja huonosti. Jos taas satunnaisten ympäristötekijöiden muutokset ominaisuuteen ovat pieniä, heritabiliteetti on tällöin korkea. Suurta ympäristövaihtelua voidaan vähentää esimerkiksi sillä että sonnit kerätään jo nuorina yhtenäisiin olosuhteisiin. (Juga ym. 1999, 69) Heritabiliteetin arvot vaihtelevat myös populaatiokoon sekä otoksen edustavuuden mukana. Uudet rotuyhdistelmät tuottavat yleensä korkeampia heritabiliteetteja, ja heritabiliteetti pienenee kun populaatiota valitaan useita sukupolvia. (Siipikarjalitto 2009a) Laaksosen mukaan ominaisuuden

periytymisasteen suuruus on tärkeä, koska se vaikuttaa jalostusmenetelmän valintaan ja ennustaa jalostuksen edistymisen tehokkuutta. (Laaksonen 1987, 114) Tästä tarkemmin luvussa 4.2.

Heritabiliteetin suuruuksista voisi antaa esimerkiksi vaikka kanan ominaisuuksia. Munapainon heritabiliteetti on 0.5, sukukypsyyksiän 0.3-0.5, kanapainon 0.5-0.6 ja munan veripilkkujen 0.01-0.09. (Siipikarjaliitto 2009a)

3 Jalostus

Tammisolän mukaan jalostus on tuotantoeliön perimän muuttamista ihmisen toivomaan suuntaan. Siinä missä luonnonvalinta suosii ympäristön mukaan, jalostuksessa haetaan ihmisten käyttöön parhaita yksilöitä. (Tammisola, 1999) Jalostustyö on jaettavissa puhdassiitokseen ja risteytykseen rotujen kesken. Puhdassiitoksen piirissä käytetään samaa rotua. Siinä voidaan yksilöt luokitella valintajalostukseen ja linjajalostukseen. (Laaksonen, 1987, 111)

Jalostamisessa on olemassa erilaisia suuntauksia. Laaksonen mukaan valintajalostus perustuu siihen, että on suuri joukko yksilöitä, joista parhaat valitaan seuraavan sukupolven vanhemmiksi. Jotta tässä onnistuttaisiin, tarvitaan eläimen jalostusarvo. Kynnysvalintaa käyttäessä on jokin raja, jonka jälkeen kaikki sitä paremmat yksilöt valitaan. Ominaisuuksia voidaan valita myös siten, että otetaan useita ominaisuuksia ja niille annetaan painokertoimia. Risteytysjalostus taas perustuu heteroosin aikaansaamaan elinvoiman kasvuun. Kun käytetään kahta tai useampaa rotua heteroosin määrä kasvaa ja ilmiötä voidaan voimistaa. Heteroosista johtuvat ilmiönsä parannukset näkyvät myös taloudellisesti kannattavissa ominaisuuksissa. Valitettavasti heteroosi ei periydy, koska se syntyy geenien yhdessäolosta joka katkeaa seuraavassa sukupolvessa, hybridi katoaa seuraavissa sukupolvissa. Tätä estetään valikoimalla vanhempien rotua. (Laaksonen, 1987, 117-119)

3.1 Jalostusarvo

Hernesniemen mukaan jalostusarvo kuvaa yksilön kykyä periä ominaisuuksiaan. Tämä tarkoittaa sen jälkeläisten odotettua tuotos ja tulostasoa verrattuna populaation keskitasoon. (Hernesniemi 1987, 116) Matti Ojalan mukaan eläinyksilön jalostusarvo on tärkeä jalostuksessa käytettävä käsite. Se on odotus siitä minkälaisia jälkeläisistä tulee. Siinä eri hyvät ja huonot ominaisuudet saavat painoarvon, joka riippuu esimerkiksi ominaisuuden perinnöllisyysasteesta ja ominaisuuden taloudellisesta tärkeydestä ja jalostustavoitteista. Kun nämä kaikki otetaan huomioon, saadaan jalostusarvolle tärkeyteen ja jalostettavuuteen perustuva suuruusarvio. Näin ollen jalostusarvo kertoo genomin keskimääräisen vaikutuksen suhteessa jalostuksellisiin tavoitteisiin. Arvioita voi-

daan lähestyä kolmella tavalla. Eläimen sukutaulu kertoo sen, minkälaisia jälkeläiset todennäköisesti ovat, sen oma tulos kertoo sen fenotyypin ja jälkeläisten tulokset kertovat genotyypistä. (Juga ym. 1999, 72)

Ojalan mukaan eläinten jalostusarvon määrittämisen ja ennustamisen kannalta olennaisen tärkeää on mittaaminen. Mittaamisen laatu riippuu mittausten luotettavuudesta, rekisteröinnistä ja laajuudesta. Luotettavuus syntyy sukulaisten tulosten saatavuudesta ja tehtyjen arviointien lukumäärästä. Lisäksi luotettavuuteen vaikuttavat erilaisten tuloksia muuntavien elementtien huomioinnit. Esimerkiksi sukupuolen vaikutus, ominaisuuden mittaushetki, ympäristötekijät sekä jalostettavan ominaisuuden heritabiliteetin suuruus vaikuttavat tuloksien luotettavuuteen. (Juga ym. 1999, 75)

Myös geneettinen vaihtelu tulisi ottaa huomioon kun eläinten geneettistä aineistoa hallitaan. Vaihtelu tarjoaa mahdollisuuden siihen että populaatio voi sopeutua erilaisiin olosuhteisiin. Se tarjoaa potentiaalisen edun myös uusiin bioteknisiin keksintöihin. Se tarjoaa lyhyelläkin tähtämällä hyötyjä, koska ne tarjoavat ominaisuuksia myös erilaistuneille markkinoille. Variaatiolla on heistä arvoa nykyhetkessä ja tulevaisuudessa sekä lyhyellä että pitkällä tähtämällä (Berg ym. 2005, 11-12)

3.2 Yksilöarvostelu

Yksilöarvostelussa valintaa tehdään pelkästään yksilön omien tulosten perusteella. Tällöin eläin voi olla esimerkiksi niin nuori että sillä ei ole jälkeläisiä. Lisäksi joitain asioita, esimerkiksi hevosten rakenteen arvostelu, voidaan tehdä vain yksilöarvostelun kautta. (Saastamoinen ym. 2007, 91)

Ojalan mukaan omiin tuloksiin perustuvassa arvioinnissa ominaisuuden heritabiliteetti kertoo kuinka todennäköistä on että ominaisuuden laatu johtuu perimästä. Jos heritabiliteetti on korkea, yksilön ominaisuuskin on todennäköisesti perimän aikaansaamaa ja tämän ominaisuuden arvioinnin yksilön tuloksista on melko luotettavaa. Yksilöarvostelun vahvuus on se, että tulokset saadaan nopeasti. Toisaalta sen käyttäminen ominaisuuksissa joiden heritabiliteetti on pieni, on ongelmallinen, koska niiden kohdalla arvosteluvarmuus on huono. (Juga ym. 1999, 75)

Kunkin eläinyksilön ilmiäisy (P) muodostuu kolmesta elementistä: Yleinen keskitaso (μ), joka on keskimääräinen perimä keskimääräisellä tilalla. Genotyyppi (G) jonka laatu riippuu additiivisista ominaisuuksista, jotka ovat yksittäisten geenien vaikutuksia ja geeniyhdistelmien vaikutuksista. Kolmas vaikuttava elementti on ympäristö (E) joka riippuu sekä systemaattisista ympäristöteki-

jöistä että satunanisista ympäristötekijöistä. Systemaattiset ympäristötekijät ovat kiinteitä tekijöitä, kuten yksilön sukupuoli ja vuodanaika, jotka vaikuttavat ilmiösuun. Satunnaiset ovat satunnaisia asioita jotka voivat parantaa tai huonontaa perimän ominaisuuksia. (Juga 1999, 73) Tätä pelkistettyä mallia voidaan täsmentää määrittelemällä keskitaso tarkemmin. Tällöin siinä otetaan huomioon systemaattisia tekijöitä joiden vaikutuksen alaisena arvioitava eläin on ollut. Näin esimerkiksi iän, vuodenaajan, kuluneen vuoden laadun ja sukupuolen aikaansaamat muutokset saadaan siirrettyä joko genotyypiksi tai ympäristön vaikuttamaksi. (Juga ym. 1999, 74)

Yksilön ominaisuuksien arvioinnin avulla voidaan ennustaa eläimen tulevan tuotoksen tasoa, mutta pääasiassa tulosten perusteella arvioidaan yksilön sukulaisten jalostusarvoa. (Juga ym. 1999, 75)

3.3 Jälkeläisarvostelu

Jälkeläisarvostelussa jalostusarvo arvostelun kohteena on eläimen sijasta tämän jälkeläiset. Jälkeläisarvostelussa arvioidaan miten paljon parempia tai huonompia yksilön jälkeläiset ovat keskiarvoon nähden. Jälkeläisarvostelu on hyvä menetelmä silloin, kun arvioidaan sukupuoleen sidottuja ominaisuuksia, tai jos ominaisuudet mitataan teurastuksessa. Tässä kohden ominaisuudet joiden heritabiliteetti on matala, vaativat suuren määrän jälkeläisiä, jotta tulokset olisivat luotettavia. Tämän vuoksi niitä tutkitaan pääasiassa uroksien jälkeläisiä arvioimalla. Jos jälkeläisten määrä saadaan riittävän suureksi, tulokset ovat luotettavia. (Juga ym. 1999, 75) Jälkeläisistä saatava tieto on korostetun tärkeää, jos ominaisuudet ovat sellaisia että ne näkyvät tai ne mitataan vasta myöhäisessä vaiheessa yksilön elämää, tai jos niitä ei voida saada elävistä yksilöistä. Näin sukulaisuustietojen avulla esimerkiksi nuorta yksilöä voidaan käyttää jo ennen kuin sen omasta arvosta on suoraa tulosta. (Berg ym. 2005, 64-65)

Jälkeläisarvostelu perustuu siihen, että jälkeläiset saavat geeninsä vanhemmiltaan, joten yksilön jalostuksellinen odotusarvo saadaan yhdistämällä tämän vanhempien odotusarvoja. Tällöin arvioina on yleensä se, että jälkeläisen jalostusarvo on sen vanhempien jalostusarvon keskiarvo. Kuitenkin jälkeläisten saamat geenit eivät ole identtisiä, joten niiden jalostusarvoihin syntyy vaihtelua. (Juga ym. 1999, 72)

Matti Ojalan mukaan usein etenkin kvantitatiivisiin ominaisuuksiin liittyvien ominaisuuksien kohdalla on yleistä, että ominaisuuteen vaikuttavat yksittäiset geenit ovat tuntemattomia, joten niiden arvoakaan ei voida suoraan arvioida. Tämän vuoksi jalostusarviointeja tehdäänkin arvioimalla sitä, miten jälkeläiset ovat suhteessa keskiarvoon. Jälkeläisen geneettinen paremmuus taas johdetaan puoliaksi tietyltä vanhemmalta peräisin olevista geneettisistä ominaisuuksista. Jalostusarvoa

voidaan arvioida myös muuta sukua hyväksi käyttäen samantapaisella periaatteella: Lähisukulaiset ovat geneettisesti samankaltaisempia kuin kauemmat sukulaiset. (Juga ym. 1999, 72)

3.4 Indeksi

Hernesniemen mukaan, jos eläinten ominaisuudet johtuisivat pelkästään geeneistä, riittäisi että valittaisiin parhaat yksilöt lisääntymään. Koska ympäristö vaikuttaa, pelkkä ilmiasuun perustuva jalostus tuottaisi pettymyksiä. Siksi tarvitaan indeksejä, jotka arvioivat perinnöllisyyden osuutta. (Hernesniemi, 2000, 119) Jugan ja Syväjärven mukaan jalostuksessa maksimoidaan tuotannon kokonaistaloudellista edistymistä. Indeksiä laskettaessa yksilön ominaisuuksien suuruutta painotetaan sen taloudellisella arvolla. Tätä varten on kehitetty valintaindeksejä, joilla ennustetaan jalostustavoitteisiin sopivaa kokonaisjalostusarvoa. Indeksien periaate on se, että ominaisuuksille annetaan painoarvo. Ja kun nämä lasketaan yhteen, saadaan tulos jota käytetään arvioinnissa. Näin ominaisuuden laatu ja määrä saavat tietynlaisen kokonaisarvon. (Juga, 1999, 117)

Ojalan mukaan indeksilaskentaan voidaan lähteä ilmiasun kautta, jolloin Indeksi saadaan kertomalla yksilön tulosten keskiarvon ja keskiarvoon vertailu erityisellä painokertoimella, jonka suuruus riippuu ominaisuuden periytyvyysasteesta, toistumiskertoimen tasosta sekä tulosten määrästä josta keskiarvo on arvioitu. (Juga ym. 1999, 76) Indeksejä arvioidaan laskemalla eri ominaisuuksien mitattuja tuloksia, joita verrataan ominaisuuksiin keskiarvoon ja laskemalla näitä yhteen. Indeksilaskennassa näihin liitetään lisäksi painoarvo, johon vaikuttaa sekä ominaisuuden heritabilitteetti eli kuinka voimakkaasti se on perinnöllinen, sekä ominaisuuden haluttavuus joka käytännössä tarkoittaa hyötyä ja keskeisyyttä kehittämisen kannalta. Lisäksi indekseissä huomioidaan arvosteluvarmuus eli kuinka luotettavia mittaukset ovat, geneettiset yhteydet eli minkä geenien kanssa ominaisuus liittyy, eli mihin se on kytköksissä. (Juga, 1999, 76-78)

Mäntysaaren mukaan tehtäessä arvioita syntymättömille jälkeläisille on tärkeää tietää kuinka varmasti ennuste pitää paikkaansa. Arviointimenetelmien tuloksia voidaan jakaa kolmeen luokkaan. Harhattomassa tuloksessa on paljon hajontaa, mutta niiden keskiarvo on oikea. Harhainen tulos taas voi olla hajonnaltaan pieni mutta sen tulokset keskittyvät väärin. Silloin niillä on virheellinen keskiarvo. Täydellinen tulos taas on hajonnaltaan pieni että keskiarvoltaan oikea. Yleensä tulosta tarkennetaan ottamalla enemmän tuloksia, mittaamalla tarkemmin, ottamalla käyttöön sukulaisten tiedot eli sukulaismatriisien käyttö sekä parantamalla mittaamisen luotettavuutta sekä korjaamalla systemaattisia virheitä. (Juga ym. 1999, 165) Ojalan mukaan eläinten jalostusarvioiden määrittämisen ja ennustamisen kannalta tärkeää on tulosten saatavuus, sukulaisten tulosten saatavuus ja näiden lukumäärä, ominaisuuksien mittaajankohdat, mitattavan ominaisuuden periytymisaste ja systemaattisten virheiden eliminointi, eli vakiointi. (Juga ym.

1999, 75)

BLUP -arvioinnissa otetaan huomioon kaikki arvosteluun vaikuttavat tekijät samanaikaisesti. Se lasketaan sukulaistietojen, eläimen oman tuloksen ja sen jälkeläisten perusteella. Yksinkertaisimmillaan se on vanhempien indeksien keskiarvo. Yksilön tulokset vaikuttavat myös sen sukulaisten arviointeihin, koska molempien tiedot tarkentuvat. Kokonaisjalostusarvo saadaan kun yhdistetään taloudellisesti tärkeimmät ominaisuudet. (Saastamoinen & Teräväinen, 2007, 91) Sukulaisten arvioinnissa saadaan huomioitua jälkeläisarvosteluissa muuten saatavia vääristymiä. Sen avulla ennustettu jalostusarvo ja saavutettu jalostusarvo saadaan mahdollisimman lähelle toisiaan. (Juga 1999, 183) BLUP -arvioinnista on tarkemmin liitteessä 1.

4 Jalostusohjelman suunnittelu

Juga ja Syväjärven mukaan eläinjalostuksen on tärkeää keskittyä siihen, mitä tavoitellaan ja millä keinoin tämä saavutetaan. Jalostustavoitteiden määrittelyssä tärkeää on kehittämisen kustannusten vertaaminen niiden aikaansaamiin tuottoihin. Jotta jalostaminen olisi hyödyllistä, ominaisuuden muutoksen on oltava perinnöllistä ja arvostelussa käytettyjen olosuhteiden on oltava verrattavissa siihen ympäristöön, jossa tuotanto tapahtuu. Tunnuslukujen tulee myös sopia niihin markkinointi- ja tuotanto -olosuhteisiin, joihin jalostettava eläinainees on. Arvioinnissa on otettava huomioon myös se, että jalostus vaatii aikaa, jolloin testauksessa on valikoitava sellaisia tuotanto -ominaisuuksia ja hoito -olosuhteita jotka ovat tulevaisuudessa todennäköisiä. (Juga ym. 1999, 98)

Jalostuksen tavoitteiden olisi heijastaa jollain tavalla markkinoita, ja valittavia ominaisuuksia mietittäessä tulisi miettiä myös niitä ominaisuuksia, jotka eivät tällä hetkellä ole käytössä. Niiden suunnittelussa pitäisi ottaa huomioon trendejä jotka käsittelevät kuluttajien tottumuksia, sosiaalista asemaa, poliittisia ja taloudellisia kehityslinjoja sekä infrastruktuurin kehitystä. Laajaa geneettisen aineiston käsittelyä tarvitaan koska valittaviin ominaisuuksiin liittyy myös muita ominaisuuksia, jotka yleistyvät niiden kanssa. (Berg ym. 2005, 25)

Juga ja Syväjärven mukaan eläinjalostuksen kannattavuutta voidaan lähestyä kahdella tavalla. Joko pienennetään tuotantokustannuksia tai parannetaan tuotantokykyä. Kokonaisuus riippuu myös tukipolitiikasta, verotuksesta, tuotantorajoituksista, sekä tuotteen kysynnästä ja tarjonnasta. Samoin elementtien, esimerkiksi tukipoliittisten normien, pysyvyyttä tulee arvioida. Tämän vuoksi esimerkiksi hintatukia ei kannata ottaa huomioon jalostuksessa, koska niiden vaikutukset ovat yleensä lyhytaikaisia. (Juga ym. 1999, 100) Jalostussuunnittelussa määritellään tämän vuok-

si jalostettavien ominaisuuksien taloudellista kannattavuutta ja katsottava niiden jalostusarvoja. Nämä kertomalla saadaan kokonaisjalostusarvo, jonka optimoiminen on jalostuksen päätavoitteita. (Juga ym, 1999, 101)

Hyvässä jalostussuunnittelussa on ensin mietittävä tuote, jota ollaan tekemässä. Tätä kautta mukaan otetaan myös tuotteen markkinat ja markkinoiden tarpeet. Tämän kautta saadaan määriteltyä tuotantosysteemi, jossa mukana on se, mitä se kuluttaa, mitä se tuottaa ja mitä jätteitä siihen liittyy. Tätä kautta voidaan arvoida myös todennäköisiä poliittisia ja taloudellisia muutoksen suuntia. Jalostustavoitteet valitaan siten että ne sopivat siihen mitä eläimillä ollaan tekemässä. Lisäksi tulee ottaa huomioon tuotantoon liittyviä tuloja ja menoja. Lisäksi katsotaan myös eläinten hyvinvointi sekä jalostussuunnitelman toteutumisen taloudellinen kannattavuus. Näihin liittyvät tarkkailu ja dokumentointi ovat ensiarvoisen tärkeitä. Dokumentoinnissa on tarkistettava onko siinä jalostussuunnitelman kannalta riittävät ja tärkeät komponentit sekä se, onko siinä mukana myös jalostussuunnitelman kannalta haitallisten muutosten tarkkailuun liittyviä elementtejä. Lisäksi keskitytään jalostussuunnitelman toteutumiseen eli tarkkaillaan geneettisiä ominaisuuksia ja niiden trendejä ja tehdään ennusteita siitä, miten ne tulevat muuttumaan ajan kanssa. Tässä tarkastellaan ja vertaillaan ennustettuja ja toteutunutta geneettistä edistymistä. Lisäksi on mietittävä miten nämä menettelyt ovat kuluttajien ja tuottajien hyväksymiä. Tämän jälkeen tarkistetaan onko suunnitelma käytännössä taloudellisesti ja teknisesti mahdollista toteuttaa, ja onko toteuttamiseen mahdollista saada siihen tarvittava määrä työvoimaa. Lisäksi tavoite on sovittava eläinten populaatioon, jotta se pystyy kestämään jalostuksen ilman vaikeuksia. (Berg ym. 2005, 29 - 30)

Jalostustavoitteisiin liittyy monia sellaisia ominaisuuksia, joilla on vaikutusta tuotokseen mutta jotka jätetään usein tavoitteiden ulkopuolelle. Tällaisia ovat esimerkiksi sairaudenkesto, lisääntyminen ja käyttäytyminen. Suunnitelmista poisjättämisen syynä on osittain se, että niihin liittyvä geneettinen variaatio ei näy kovin helposti ympäristön satunnaisten tapahtumien takaa. Tällöin tarvittaisiin suurempaa määrää mittaustuloksia ja tutkimista. Toisaalta monet näistä ominaisuudet ovat myös vaikeasti määriteltäviä ja niiden yhdistäminen perimään on vaikeaa. (Berg ym. 2005, 54 - 44)

Jalostussuunnitelmissa kannattavuuteen vaikuttaa myös jalostusohjelmien toteuttamisesta syntyvät kustannukset. Taloudellisen tehokkuuden tarkastelu tuottaa vaikeuksia, koska tällöin tuloksiin tulee mukaan myös tuotantokustannusten muuttuminen, joka ei ole geneettistä edistymistä. Eli olosuhteen muutos muuttaa eläimen jalostusarvoa vaikka eläimen genetiikka pysyisi samana. Siksi myös biologista tehokkuutta käytetään arviointivälineenä. Tällöin tarkastellaan rehulla tuotetta-

via tuoteyksiköiden määriä ; Tuotettujen yksiköiden määrä jaetaan ruokinnassa käytetyllä rehu-määrällä. Tämä arviointi ei riipu tuottajahintojen muutoksista. (Juga, 1999, 111) Taloudellista tehokkuutta voidaan arvioida myös voittofunktion kautta. Tässä kannattavuus saadaan ottamalla tuotto ja vähentämällä siitä kustannukset. Jonkin tietyn ominaisuuden arvo saadaan vertaamalla kannattavuuden muutosta, joka syntyy kun ominaisuus kasvaa yhdellä ja muut ominaisuudet py-syvät ennallaan. Ominaisuuden arvo taloudellista yksikköä kohden saadaan ottamalla osittaisderi-vaatta voittofunktiosta kyseisen ominaisuuden suhteen. Ominaisuuden rajavoitto saadaan vähen-tämällä tuotantokustannukset lisätuotannon arvosta. Vaikka voittofunktio ei ole suoraviivainen, nykyisiin arvoihin vertaaminen on käytännön tasolla riittävän tarkkaa. (Juga ym. 1999, 112)

Jalostustavoitteissa voidaan korostaa eri näkökulmia. Tehokkuutta voidaan tarkastella biologisten ominaisuuksien mittaamiseen, jolloin vaikeutena voi olla se, miten eri ominaisuuksien hyötyjä vertaillaan. Taloudellisia mittareita käytettäessä vertailu on yksinkertaisempaa, mutta esimerkik-si hintojen muutokset vaikuttavat sen toteutumiseen. Lisäksi maatilan valinnan tavoitteita voi-daan lähestyä joko voiton maksimoinnin, kustannusten minimoinnin tai investointien tuottojen kautta. Jalostusta voidaan miettiä taktisesti lyhyellä tähtämellä tai strategisesti pitkällä täh-tämellä. Lisäksi jalostusta voidaan miettiä tuottajan, kuluttajan, elintarviketeollisuuden tai ja-lostusta tekevän organisaation kannalta. (Juga ym. 1999, 102-103)

Jugan ja Syväjärven mukaan jos jalostusohjelma on niin monimutkainen, että sitä on vaikeaa ku-vata, sen voidaan saada ymmärrettäväksi simuloinnin avulla. Tällöin rakennetaan mahdollisimman hyvin todellisuutta kuvaava tilanne, jossa tuloksia lasketaan vaihtelemalla eri tunnuslukuja. De-terministisessä simuloinnissa populaatiota kuvataan ominaisuuden keskiarvon ja ominaisuuden varianssin kautta. Tällöin satunnaisotantaa ei tarvita. Jos kaikkia tarvittavia funktioita, kuten varianssia ja keskiarvoa ei tunneta, voidaan käyttää stokastista simulointia, jossa eläimet jaetaan erilaisiin oletuksiin jakaumasta ja ottamasta siitä satunnaisotanta. Satunnaisuuden vuoksi tulok-set voivat vaihdella eri kerroilla. Stokastinen simulointi vaatii paljon sekä toistoja että tallennus-tilaa. (Juga ym. 1999, 110)

Lisäksi tilan tuotantotapa vaikuttaa siihen minkälaisia asioita jalostussuunnitelmassa painotetaan. esimerkiksi luomutiloilla painotetaan ympäristöystävällisyyttä sekä kestäväää kehitystä, ja joka keskittyy eläinten lajinmukaisiin tarpeisiin ja käyttäytymiseen. Näillä tiloilla ominaisuudet keskit-tyvät rehun käyttöön, korkeaan elinikään, emo -ominaisuuksiin, terveyteen ja hedelmällisyyteen. Nautojen kohdalla samoja jalostustietoja voidaan käyttää monenlaisilla tiloilla, koska jälkeläisar-voinneissa tarkastellaan useita ominaisuuksia, jolloin myös luomun vaatimat ominaisuudet ovat testattavien joukossa. (Juga et, 1999, 105)

4.1 Monen ominaisuuden valinta

Jugan ja Syväjärven mukaan jalostustavoitteena on tuotannon taloudellinen edistyminen. Eläimen kokonaisjalostusarvo riippuu kaikista eläimen tuotantoon vaikuttavista ominaisuuksista. Eläimen jalostusarvo syntyykin kaikkien ominaisuuksien diskontatuista taloudellisista arvoista kerrottuna kaikkien ominaisuuksien jalostusarvoilla. Tavoitteisiin voi kuulua ominaisuuksia, joiden mittaaminen ei onnistu tai on liian vaikeaa tai kallista. Näitä jalostetaan epäsuorasti geneettisten korrelaatioiden kautta. Tämän ajattelun pohjalta jalostustavoitetta on alettu ennustamaan indeksillä. Indeksissä on mitattavia ominaisuuksia, joita painotetaan sellaisilla painokertoimilla, jotka tuottavat parhaan edistymisen jalostustavoitteiden suhteen. Valintaindeksissä käytetään mitattuja tuotostietoja ja havainnoista laskettuja jalostusarvon ennusteita. Ominaisuuksien painokertoimet saadaan ottamalla huomioon havaintojen väliset varianssit ja kovarianssit sekä jalostustavoitteisiin kuuluvien ominaisuuksien ja havaintojen väliset geneettiset varianssit ja kovarianssit. Nämä huomioiden perinnöllinen perinnöllinen muutos kohti haluttua tavoitetilaa on mahdollisimman tehokasta. (Juga ym. 1999, 117-118) Fenotyypeistä saatuja tuloksia ja jalostusarvojen ennusteita voidaan käyttää painokertoimien valinnassa. Jos käytössä on monen ominaisuuden BLUP -menetelmällä saadut ennusteet, indeksin painokertoimet ovat suoraan ominaisuuden taloudelliset arvot. Kokonaisjalostusarvo onkin tärkeä jalostusvalinnan työmenetelmä. (Juga ym. 1999, 118)

Usean ominaisuuden arvioiminen rinnakkain lisää informaatiota BLUP -analyysin käyttöön. Se antaa myös automaattisesti ennustetun jalostusarvon. Montaa ominaisuutta mittaavat mallit voivat myös sisältää sukulaistietojen kautta ennusteita yksilön ominaisuuksista, jotka saadaan varmistettua vasta teurastuksessa. Tätä kautta myös valinnan vaikutukset saadaan selville. Tietoa saadaan myös haitallisista ominaisuuksista joiden huomaaminen muuten voisi olla vaikeaa. (Berg ym. 2005, 62-63) Yhden ominaisuuden jalostaminen sisältää usein negatiivisia vaikutuksia, kun ominaisuudet vaikuttavat toisiinsa. Esimerkiksi sian painonkehitykseen keskittyminen samanaikaisesti huonontaa lihan laatua. (Berg ym. 2005, 31)

4.2 Edistyminen

Jalostus on parhaimmillaan johdonmukaista ja määrätietoista työtä, jossa jalostustavoitteeksi asetetut ominaisuudet paranevat eläinkannassa. Edistyminen liittyy arvostelun tiukkuuteen, arvosteluvarmuuteen ja tehokkaaseen jalostuseläinten käyttöön. (Hernesniemi, 2000, 122) Jalostaminen on aikaa vaativaa toimintaa, koska asioita voi muuttaa vain vähitellen. Toisaalta jalostaminen on kannattavaa, taloudellisestikin, koska se kasvaa korkoa korolle. Sen avulla saavutetut edut säilyvät. (Juga ym. 1999, 83)

Jalostuksessa edistymistä tapahtuu, kun ominaisuudessa saadaan geneettistä parannusta sukupolvesta toiseen mentäessä. Tulokset voivat parantua muistakin syistä mutta vain perinnöllisen edistymisen kautta saavutetut tulokset ovat pysyviä. Tulokset voivat parantua vaikkapa hevosten valmennuksen ja ratojen paranemisella, mutta tämä ei ole jalostuksellista edistymistä. (Saastamoinen & Teräväinen, 2007, 90)

Edistymistä arvioidessa tarkastellaan valinnan voimakkuutta, arvostelun varmuutta sekä ominaisuuden geneettistä vaihtelua. Perinnöllinen edistyminen sukupolvesta saadaan kertomalla nämä elementit keskenään. Useimmiten edistystä mitataan vuotta kohden, jolloin saatu luku jaetaan sukupolvien välisellä ajalla. Tämän avulla voidaan vertailla eri jalostusohjelmia, joissa sukupolven välinen aika on erilainen. Menetelmä sopii tasapainotilan saavuttaneissa jalostusohjelmissä, jotka ovat jo kestäneet jonkin aikaa. (Juga, 1999, 107)

Jos jalostusohjelma on vasta alussa, käytetään geenivirtamenetelmää, jossa jokainen valintapolku arvioidaan erikseen. Tällöin geneettinen edistyminen ja sukupolven välinen aika saadaan laskemalla yhteen perinnöllinen edistyminen jokaisessa valintapisteessä. Kun tämä jaetaan yhteenlasketulla sukupolvien välisellä ajalla, saadaan lopullinen edistyminen. Arvioinnin teossa geenien siirtymistä vanhemmilta jälkeläisille arvioidaan erikseen jokaisessa valintapolussa. Jos halutaan tietää paljonko edistymistä tapahtuu tietyllä aikavälillä on valittava tarkasteluun ajankohta. Tämän jälkeen eri valintapolut lasketaan yhteen. Vaikuttavia tekijöitä ovat eläinten valintaerot, ikä, valittavien eläinten osuudet kaikista ja sukupolvien välinen aika. Kun luku kerrotaan eläinten määrällä, joihin vaikutus ilmenee, saadaan selville jalostuksen kokonaisvaikutus taloudelle. Näin saatu taloudellisuusarvio voidaan myös diskontata, jotta saadaan tietää panostuksen nykyarvo. Geenivirtamenetelmä on joustava ja sitä voidaan käyttää monissa erilaisissa tilanteissa. (Juga, 1999, 108-109)

Björklundin mukaan muuntelu, perinnöllisyys ja valinta tiivistyvät jalostajan yhtälöön (breeders equation). Kaava on $R = h^2s$, jossa R on evoluutiivinen vaste, h^2 heritabiliteetti ja s on valintaero. Tämän avulla voidaan ennustaa tulevaa kehitystä, ja eläin- ja kasvijalostajat ovat käyttäneet sitä kauan. Yhtälö esittää että jos on muuntelua jota valitaan ja muuntelun takana on perinnöllisyystä, geneettistä edistymistä tapahtuu väistämättä. (Björklund, 2009, 131) Jalostajan yhtälö on kuitenkin vain erityistapaus laajemmasta Pricen yhtälöstä, jonka mukaan ominaisuuden keskiarvo muuttuu jos ominaisuuden ja kelpoisuuden välillä on yhteisvaihtelua. Sen mukaan ominaisuuden keskiarvon muutos on yhtä paljon kuin suhteellisen kelpoisuuden ja ominaisuuden välisen yhteisvaihtelun sekä vanhempien ja jälkeläisten välisen eron summa. Jos on yhteisvaihtelua suhteellisen kelpoisuuden ja ominaisuuden välillä, ja eroa vanhempien ja jälkeläisten välillä, syntyy edis-

tymistä. Pricen yhtälössä otetaan huomioon periytyvyyden vinouma. Tämä tarkoittaa sitä että vanhempien ja jälkeläisten välinen ero voi johtua ympäristöolosuhteista. Jalostajan yhtälössä tämä oletetaan olemattomaksi. Valinnan arvionnissa otetaan yleensä populaation keskiarvo ja muuntelu standardisoidaan siten että muutoksen suuruus suhteutetaan keskihajontaan. Tätä kautta arviointi ei ole pelkkä lukuarvo, vaan keskitytään siihen, miten monta prosenttia populaatiosta on saatua tulosta parempia tai huonompia. (Björklund, 2009, 139-140)

Geneettinen muutos populaatiossa johtaa siihen että hyvien ominaisuuksien määrä lisääntyy populaatiossa. Edistyminen vuotta kohden per valittu ominaisuus voidaan laskea seuraavalla kaavalla: $\Delta Gv = (rTI \cdot i \cdot \sigma_{GA}) / L$ jossa ΔGv = Valinnan kohteena olevan ominaisuuden odotettavissa oleva muutos vuodessa. rTI = valinnan kohteena olevan ominaisuuden arvosteluvarmuus. σ_{GA} = geneettinen hajonta, eli eläinten perinnöllinen hajonta jalostettavassa ominaisuudessa. i = valintaero, eli paremmusero jalostettavan ominaisuuden hajontaan suhteutettuna. L = sukupolven välinen aika. Eli vanhempien ja niiden jälkeläisten syntymävuosien keskimääräinen ero. (Juga, 1999, 83)

Jugan ja Syväjärven mukaan tähän tuottaa monimutkaisuutta se, että arvosteluvarmuus, valinnan ero ja sukupolvien välinen aika eivät ole täysin toisistaan riippumattomia. Kun elementin muutos vaikuttaa toiseen elementtiin, voi syntyä esteitä, jotka on myös osattava ottaa huomioon. Arvosteluvarmuus on sitä suurempi mitä tarkemmin ominaisuuden jalostusarvo voidaan ennustaa. Tämä taas riippuu muun muassa ominaisuuden heritabiliteetista sekä arvostelussa olevista eläinten määristä. Tätä kautta jälkeläisten saaminen parantaa arvosteluvarmuutta, mutta toisaalta se hidastaa sukupolvien välistä aikaa, kun jälkeläisten ilmaantumista täytyy odottaa kauemmin. Valintaero taas on sitä suurempi mitä voimakkaammin valitaan eli mitä pienempi osuus yksilöistä on osallisena seuraavassa sukupolvessa. Tämä ilmaistaan yleensä standardisoituna. Tällöin keskiarvon poikkeama ja hajonnan yksikkö on otettu huomioon lukua arvioitaessa. Eläinten lisääntymiskyky asettaa tässä kohden rajoja. Mitä tarkempaa valikointi on, sitä enemmän jälkeläisiä eläintä kohden tarvitaan. Tämä taas hidastaa sukupolvien välistä aikaa. (Juga ym. 1999, 84) Jalostusarvon hajonta taas on suurempi, kun ominaisuudessa on paljon erilaisia yksilöitä. Perinnöllinen vaihtelu on yleensä suhteellisen vakio. Tulos on riippuvainen heritabiliteetista (h^2) ja ominaisuuden fenotyypin varianssista (σ_P), tämä saadaan laskettua kaavalla $\sqrt{(h^2 \cdot 2\sigma_P)}$ (Juga ym. 1999, 86)

4.3 Jalostussuunnitelman toteutumisen seuraaminen

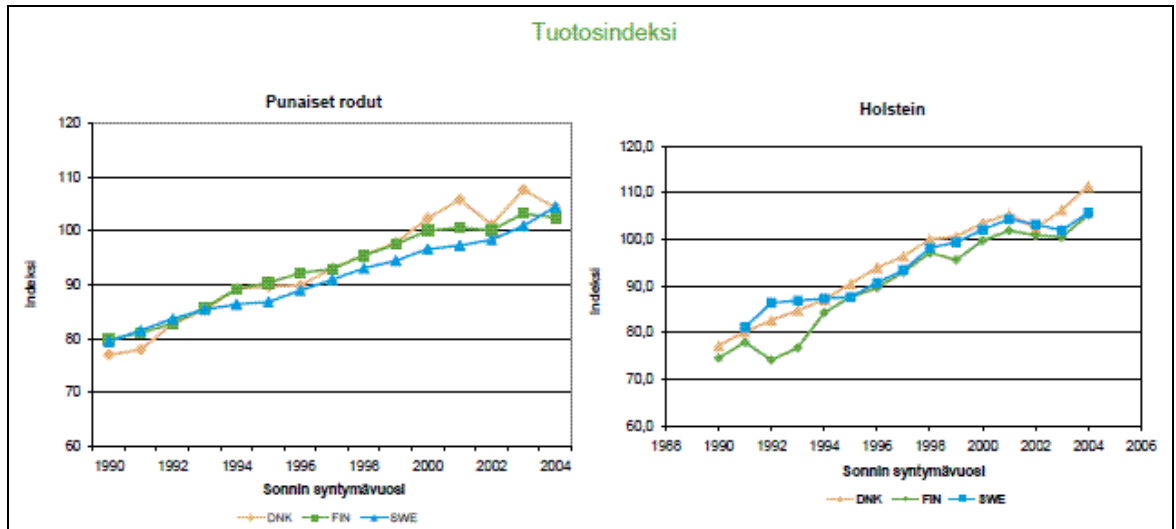
Jalostussuunnitelmassa keskeistä on ennustaminen ja tarkkailu. Suunnittelussa on käytettävä olemassa olevaa, jo saatua tietoa siihen että saadaan odotettuja tuloksia. Ennustamisessa käytetään tietoa geeneistä ja niihin liittyvistä ominaisuuksista. Myös epävarmuus tulisi arvioida. Kun suunnitelmaa toteutetaan on tärkeää tarkkailla sitä toteutuvatko ennustetut asiat vai eivät. (Berg

ym. 2005, 27-28) Pösön mukaan arvostelujen tarkkuudelle keskeistä onkin se, että sukulaisuustiedot on oikein tallennettuna tietokantaan. (Pösö, 2006) Koska jalostamisen ideana on seuloa esiin perimän osuus tuotoksista ja koska ilmiasuun vaikuttavat monet muutkin asiat, kuin perimä, on näiden vääristävä vaikutus saatava pois. Tämän vuoksi tarvitaan paljon mittauksia. (Pösö, 2006)

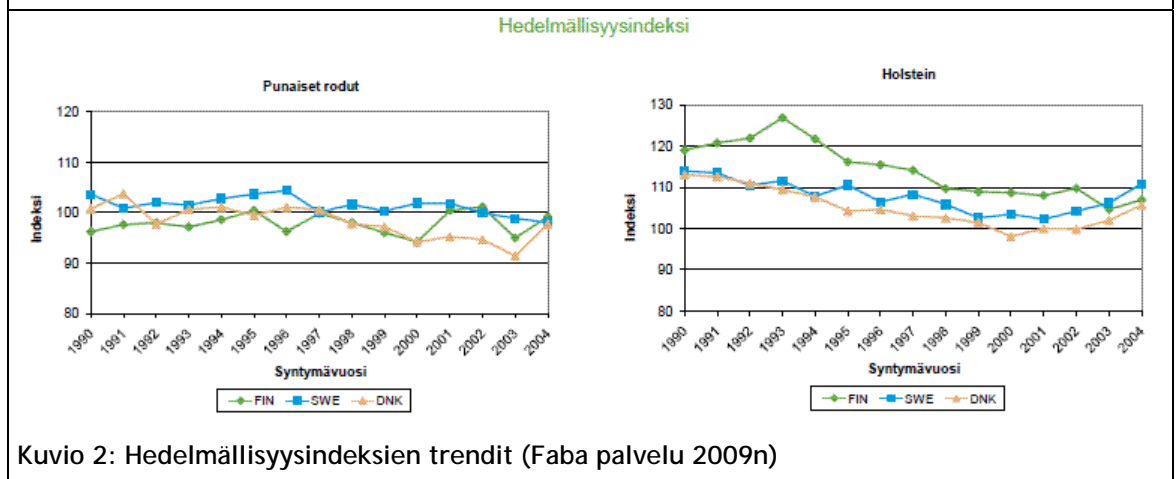
Jalostuksessa on käytännön tasolla mietittävä populaation rakennetta, geneettistä korrelaatiota ja ominaisuuden heritabiliteettia. Populaation koko ratkaisee esimerkiksi sen, miten suurta valintaa voidaan harjoittaa. Samoin on arvoitava perinnöllisen vaihtelun suuruus. Arvostelumenetelmä taas valitaan heritabiliteetin mukaan. Jos se on korkea, riittää yksilöiden arvostelu. Jos ominaisuuden heritabiliteetti on pieni, tarvitaan jälkeläisarvosteluja. Geneettisten yhteyksien huomiointamisella taas voidaan estää negatiivisia sivuvaikutuksia. Toisaalta siihen liittyvä monen ominaisuuden valinta hidastaa ominaisuuksien edistymistä. (Juga ym. 1999, 98-99)

Perinnöllistä edistymistä mitataan tarkkailemalla tiettyinä vuosina syntyneiden eläinten jalostusarvojen ennusteiden keskiarvosta. Samoin sukulaismatriiseja ja BLUP -laskentaa käytetään erottamaan mikä osa eläinten fenotyypistä johtuu ympäristöstä ja mikä perimästä. Näin hoitotapojen muutos, ympäristöolosuhteet ja eläinaineksessa tapahtuva geneettinen edistyminen voidaan erottaa toisistaan. Vaikutusten erottaminen onnistuu hyvin, jos jalostusohjelmassa on runsaasti eri -ikäisiä eläimiä. (Juga ym. 1999, 127)

Tarkkailun kautta saadaan esille erilaisia trendejä. Kun ominaisuuksien keskiarvot laitetaan vuosittain esille, voidaan tarkastella miten tilanne sen kohdalla on muuttunut. Koska esimerkiksi nautojen indekseissä standardisointi vaikuttaa siten että 3-5 vuotta aiemmin syntyneiden nautojen keskiarvo on aina 100, indeksi pysyy vakiona. Siksi pitää tarkastella sitä miten itse indeksit ovat muuttuneet ajan kanssa. (Faba jalostus, 2009!) Esimerkiksi alla olevista kuvaajista näkee miten tuotosominaisuudet ovat kehittyneet ja hedelmällisyysominaisuudet ovat samanaikaisesti pysyneet melko vakaina. (Kuvio 1 ja Kuvio 2)



Kuvio 1: Tuotosindeksien trendit (Faba palvelu 2009m)



Kuvio 2: Hedelmällisyysindeksien trendit (Faba palvelu 2009n)

4.4 Jalostusohjelman riskit

Jalostusmenetelmät lisäävät perinnöllistä edistymistä, mutta niiden mukana tulee myös riskejä. Kun esimerkiksi BLUP -laskennassa käytetään hyväksi kaikki tieto sukulaisista, ja tavoitellaan samanaikaisesti geneettistä edistymistä, kasvaa mahdollisuus sukusiitosasteen kasvamiseen (Juga ym. 1999, 128). Se, että toteutunut tulos eroaa odotetusta ja halutusta muutoksesta johtuu siitä että arvioita tehtäessä on tapahtunut jokin virhearvio, joko tiedon puutteen tai väärän arvioinnin vuoksi. Esimerkiksi heritabiliteetin suuruus tai geneettiset korrelaatiot ovat voineet olla tuloksia laskettaessa jollain tavalla väärin arvioituja. Ongelmia tuo myös geneettinen ajautuminen, mikä on riskinä etenkin pienikokoisissa populaatioissa. Toteutustapojen suunnittelussa tehdyt epäonnistuneet valinnat ja jalostuksen arvioinnissa tehdyt virheet vääristävät ennusteita ja silloin tu-

lokset eivät vastaa odotuksia. Myös markkinoiden muutokset sekä poliittiset rajoitteet voivat vaikeuttaa suunnittelun tekemistä. Joskus erot tehostavat tuotantoa, mutta ne voivat myös heikentää sitä. (Berg ym. 2005, 23) Erot johtuvat joko virheistä geneettisissä arvioinneissa, epävarmuuksista siinä kun ennustetaan yhteyttä esimerkiksi fenotyyppiin ja markkinoiden hintoihin tai ero johtuu geneettisestä ajautumisesta. (Berg ym. 2005, 24)

Riskejä asiaan tuo se, että jalostussuunnittelu ei ole eksaktia tiedettä. Kaikkia taloudellisia ja biologisia elementtejä ei oteta huomioon, vaan näiden kesken tehdään valintoja. Silloin jalostussuunnittelu voi haitata joitain toimijoita. Kaikkien lisäelementtien mukaan ottaminen hidastaa jalostusta ja vaarantaa tätä kautta koko jalostussuunnitelman edistymisen. Joitain muutoksia voi olla vaikeaa ennakoita. Tällaisia ovat nopeat markkinoiden muutokset, satunnaiset hinnanmuutokset, sekä valintoihin liittyvät yllättävät negatiiviset korrelaatiot. (Berg ym. 2005, 23-24)

Geneettinen ajautuminen liittyy esimerkiksi pullonkaulatilanteeseen, jolloin populaatio pienee. Sen vaikutuksesta eri ominaisuudet voivat yleistyä tai kadota sattumalta. Eli yleisesti ottaen geenikoostumus muuttuu satunnaisesti. (Mäki, 2009) Geneettinen ajautuminen voi lisätä yllättäviäkin haitallisia ominaisuuksia. Esimerkiksi BLAD on haitallinen perimästä johtuva vaiva, joka on yleistynyt geneettisen ajautumisen vuoksi. Yleistymisen vuoksi sen vaikutukset muuttuivat taloudellisesti merkittäväksi. Geneettinen ajautuminen voi vaikuttaa kaikkiin niihin ominaisuuksiin jotka eivät kuulu jalostustavoitteisiin. (Berg ym. 2005, 23-24) Yhdessä sukusiitoksen kanssa ajautuminen johtaa sukusiitosdepressioon, joka aikaansaa hedelmällisyyden ja terveyden laskua. (Mäki, 2009)

Myös muilla kuin geneettisillä muutoksilla voi olla yllättävä luonne ja valtava taloudellinen merkitys. Tästä hyvänä esimerkkinä on hullun lehmän tauti. Jos ominaisuus toteutuu vain tietyissä ympäristöolosuhteissa, voi käydä niin että ympäristön muuttaminen vaikuttaakin eläinkannan fenotyyppiin paljon. Toisaalta nämäkin ominaisuudet voidaan ottaa tarkastelun alle ja saada niistä tietoa, jonka jälkeen ne voidaan ottaa huomioon eläinten hoidossa ja kasvatuksessa. Se voi kuitenkin jossain olosuhteissa vaatia lisäinvestointeja. (Berg ym. 2005, 27)

Jalostuksen edistymisen kohdalla ongelmia voi tulla sukusiitosasteen nousemisen kautta. Mitä voimakkaammin eläimiä valitaan, sitä todennäköisemmäksi sukusiitos tulee. Sukusiitoksen määrän arvioinnista tarkemmin liitteessä 2. Samoin, jos pyritään ominaisuuden maksimointiin ja apuna käytetään kaikista sukulaisista saatavia tietoja, kasvaa riski siihen että valitaan sukulaisia lisääntymään keskenään. Lähisukulaisten valinta lisää sukusiitoksen astetta ja geneettisen edistymisen varianssia. (Juga ym. 1999, 128) Valinta vaikuttaa myös populaation varianssiin; Valittujen ge-

neettinen varianssi on pienempi. Bulmer esitti, että aluksi valinta pienentää varianssin nopeasti, mutta jos se lopetetaan, varianssi palaa suuremmaksi. (Juga ym. 1999, 131) Sukusiitos myös vähentää variaatiota, sen kautta hedelmällisyysominaisuudet heikkenevät. Monet haitalliset ominaisuudet ovat myös luonteeltaan resessiivisiä, ja sukusiitos lisää homotsygotiaa ja tätä kautta myös näiden ominaisuuksien ilmenemisen todennäköisyyttä. (Mäki, 2009) Yleensä sukusiitosta pyritään välttämään, mutta joskus sitä käytetään tarkoituksellisesti nopeuttamaan tiettyjen perintötekijöiden esiintymistä. (Saastamoinen et. 2007, 91)

Jalostussuunnitelmassa syntyy helposti epäonnistumisia mittaamisepävarmuuksien kautta. Tämä tarkoittaa sitä että joko mitattavassa ominaisuudessa ollaan epäonnistuttu, tai arviointi on sidottu väriin merkkeihin jolloin haluttujen ominaisuuksien korrelaatiot toisiin ominaisuuksiin on arvioitu väärin. On myös mahdollista että jalostustyössä on pyritty tekemään muutosta kohti tavoitetta, joka ei olekaan toteutunut ennustetulla tavalla esimerkiksi poliittisten muutosten vuoksi. Myös merkittävien ominaisuuksien mittaamatta jättäminen voi heikentää jalostuksessa onnistumista. Lisäksi kun geenit eivät välttämättä toimi samalla tavalla kaikissa olosuhteissa, voi käydä niin että jokin geeni jolla on haluttu vaikutus jossain ympäristössä, ei toimikaan odotetusti toisenlaisessa ympäristössä. Lukuja on voitu myös arvioida väärin. Vaikeuksia voi tulla ympäristövaikutusten muuttumisten kautta. Esimerkiksi yllättävät epidemiat voivat vaikuttaa voimakkaasti jalostussuunnitelman toteutuvuuteen, kun esimerkiksi jokin geneettisesti arvokas joukko joutuu sekä itse taudin että taudin leviämistä vastustavien toimenpiteiden kautta vähemmän käytetyksi. Samoin onnettomuudet, ja toimintahäiriöt voivat vaikeuttaa jalostuksen onnistumista. (Berg ym. 2005, 23-26)

5 Jalostusohjelmien esittelyä

5.1 Lypsykarja

Suomessa on kolme lypsykarjarotua, ayrshire, holstein-friisiläinen ja suomenkarja. Valinnassa käytetään ayrshireillä ja holstein-friisiläisillä yhteispohjoismaista NTM -arvioa. Suomenkarjan kohdalla käytetään perinteistä kokonaisjalostusarvoa. (Faba palvelu, 2009a) Lypsykarjan indeksit lasketaan kuusi kertaa vuodessa. Suurin osa mitattavista ominaisuuksista ovat NAV -indeksejä, joissa on takana pohjoismaista yhteistyötä. Siinä eri ominaisuuksien kautta lasketaan pohjoismainen NAV:in arvio, jonka kokonaisjalostusarvon nimi on NTM (Nordic Total Merit) Pyrkimyksenä on tuottaa hyvätuotoksia ja kestäviä eläimiä. (Faba palvelu, 2009j)

NAV -laskennassa mukana on suomalaisten sonnien ja lehmien tietojen lisäksi tanskalaisten ja ruotsalaisten sonnien ja lehmien tiedot. (Faba palvelu 2009b) Ayrshirellä ja Holsteinilla käytetään

yhteispohjoismaista NTM -arvioita (Taulukko 1) ja suomenkarjalla perinteistä kokonaisjalostusarviota (Taulukko 2)

5.1.1 Jalostettavat ominaisuudet ja indeksit

Suomessa sonneille arvioidaan yhteensä noin kuudenkymmenen ominaisuuden indeksit. Lehmillä tarkkailtavia ominaisuuksia on hieman vähemmän (Faba palvelu 2009b) Jalostustavoitteina on karjan tuotantokyky, terveys, hedelmällisyys ja kestävyys. Pohjana on kokonaisjalostusarvo, jossa tarkkaillaan monia ominaisuuksia ja joiden merkittävyyttä painotetaan painokertoimilla. (MMM, 2004, 18) Tuotosominaisuuksissa pyritään kasvattamaan etenkin kuiva -aineen eli valkuaisen ja rasvan tuotantoa. Rakenteissa arvostetaan jalkojen ja utareiden rakennetta. Terveysominaisuuksissa keskeisellä sijalla on utareterveys. (Faba palvelu 2009a) Jalostusta mietittäessä lehmien ja hiehojen käyttö sovitetaan yksittäisen tilan tarpeisiin sopivaksi. Samalla ohjataan keinosiemen-nyssonnien käyttöä jotta jalostusohjelman tavoitteet täyttyisivät. (Faba palvelu 2009a)

Ennusteet lasketaan BLUP -menetelmällä. Arvioinnissa käytettävät tiedot saadaan polveutumistietoja sekä tuotoksen ja terveyden tarkkailuun liittyvää aineistoa. Sonnien jälkeläisarvostelua varten tarkkaillaan myös sonnien ensikkotyttärien, sonninemäehdokkaiden, kantakirjattavien ja myyntiin tulevien yksilöiden rakennetta. (MMM, 2004, 18)

Koska eri maissa ja organisaatioissa on monenlaisia tapoja laskea jalostusarvon ennusteita ja käytetyt ominaisuudetkin on voitu määritellä eri tavoin, on Uppsalassa Interbull -keskus, jonka pyrkimyksenä on tehdä eri maiden sonnien arvosteluista mahdollisimman keskenään vertailukelpoisia. Siinä kansalliset arvoste-

lut tehdään aivan normaalisti, mutta niihin laitetaan lisäksi eri maiden väliset korrelaatiot. Näin maan vaikutus otetaan huomioon. Näin keinosiemenyssonneille saadaan kansainvälinen Interbull

Ominaisuus	Sonnit		Lehmät	
	Punaiset rodut	Holstein	Punaiset rodut	Holstein
Tuotosindeksi	1.00	1.00	0.91	0.90
Kasvuindeksi	0.00	0.08	0.00	0.08
Hedelmällisyys	0.28	0.41	0.28	0.41
Syntymäindeksi	0.15	0.20	0.15	0.20
Poikimaindeksi	0.13	0.22	0.13	0.22
Utareterveys	0.35	0.46	0.35	0.46
Muut hoidot	0.13	0.16	0.13	0.16
Runko	0.00	0.00	0.00	0.00
Jalkarakenne	0.10	0.20	0.10	0.20
Utarerakenne	0.35	0.24	0.40	0.31
Lypsettävyys	0.07	0.11	0.07	0.11
Luonne	0.03	0.04	0.03	0.04
Kestävyys	0.09	0.15	0.09	0.15

Taulukko 1: NTM -kokonaisjalostusarvon ominaisuudet ja niiden painoarvot.

Ominaisuus	Suomenkarja	
	Sonnit	Lehmät
Tuotos	1.0	1.1
Utareterveys	0.3	0.3
Utarerakenne	0.4	0.5
Hedelmällisyys	0.3	

Taulukko 2: Suomenkarjan kokonaisjalostusarvon ominaisuudet ja niiden painoarvot.

-arvostelu, ja jokainen maa saa arvioinnin oman maansa skaalaan muutettuna. Arvio tehdään kolme kertaa vuodessa. (Faba palvelu 2009k)

Tuotanto -ominaisuuksista lasketaan tuotosindeksi, joka koostuu viidestä alaominaisuudesta. Arvioitavana on valkuaistuotos, rasvatuotos, maitotuotos, valkuaisprosentti ja rasvaprosentti. Tavoitteena on paljon kuiva -ainetta sisältävä maito. Ominaisuudet painotetaan indeksiin siten että maitotuotosindeksin painoarvo on 4, rasvatuotosindeksin 1 ja maitotuotosindeksin -1. Yli sadan oleva tulos on keskiarvoa parempi ja alle sadan on keskimääräistä huonompi. (Faba palvelu 2009c) Suomessa lypsykarjojen arviointi perustuu mittalypsyjärjestelmään. Arvio tehdään testaamalla yhden päivän tuotos ja arvioimalla tämän tuotoksen pohjalta yksilön muun maidontuotannon määrä. Pääsijalla on jalostusarvon arviointi mutta sivutuotteena saadaan arvio siitä kuinka paljon karja tuottaa kuukaudessa. Arvioinnissa käytetään maidon määrää, sekä sen rasva ja proteiinipitoisuuksia. Tulokset standardisoidaan suhteessa koko maahan. Tätä kautta tila, joka pysyy koko ajan maan keskitasossa, saa arviointitulokseksi nollan. (Berg ym. 2005, 84) Pösön mukaan mittalypsyyn tuloksia on kalibroitava jotta muut kuin periytyvät ominaisuudet voidaan ottaa huomioon. Huomioon otetaan poikimaikä, jossa otetaan lehmän ikä syntymästä poikimiseen. Korjaus arvioidaan rotukohtaisesti. Syynä tämän huomioon ottamiseen on se, että yleensä vanhempana poikivilla naudoilla on parempi tuotostaso. Huomioon otetaan myös tiineysajan ja ummessaoloajan pituus sekä se, missä vaiheessa lypsävä lehmä on. Maidon erittymistä kuvaava lypsykäyrä ei ole tasainen, vaan maidon erityy muuttuu tietyn rytmin mukaan. Koska maidon erittymisessä on kausivaihteluita, mittalypsyjen tuloksia verrataan myös tuotoskuukauden keskiarvoihin. Karjan yleinen taso, joka voi johtua vaikka ruokinnallisista syistä, arvioidaan vertaamalla yksilön tuloksia muihin saman karjan eläimiin. Yleinen taso saadaan arvioimalla vuoden mittalypsyt, ja kuukausittainen taso arvioidaan vertaamalla saman mittalypsyypäivän kaikkia tuotoksia, jolloin vaikkapa uuden rehun vaikutukset saadaan näkyviin. Esiin saadaan myös karjan lypsykäyrien yleinen muoto. Koska roturisteymillä on heteroosivaikutusta, joka ei siirry seuraaville sukupolville, sen määrä arvioidaan sen mukaan mitä rotuja on risteytetty. (Pösö, 2006) Mittalypsyyn tuloksen arviointiin vaikuttaa myös siemennyksen onnistuminen sekä se monesko lypsykausi on menossa. Tätä kautta eri vuosien ja kuukausien tulokset ovat keskenään verrattavissa. Lypsykarjan tuotosseurannassa käytetään MAITOISA -ohjelmaa, jonka avulla voidaan tarkastella erilaisia käyriä. (Berg ym. 2005, 84) Kun mittalypsyyn tuloksiin vaikuttavat elementit otetaan kaikki huomioon samanaikaisesti, tekijöiden vaikutukset eivät riipu toisistaan (Pösö, 2006) Indeksien arvot saadaan kaikkien naudan mittalypsyjen antamien tulosten kautta. Ensikot otetaan mukaan heti kun niiltä saadaan ensimmäinen mittalypsytulostulos. (Faba palvelu 2009c)

Hedelmällisyysominaisuuksista koostetaan hedelmällisyysindeksi, joka kuvaa sonnin tyttären hedelmällisyyttä. Se koostetaan kolmesta eri ominaisuudesta. Siemennysten lukumäärästä, jossa tarkastellaan sitä montako siemennystä lehmälle tai hieholle on siemennyskaudella tehty. Tässä katsotaan myös aikaväli ensimmäisestä siemennyksestä viimeiseen siemennykseen sekä aika ensimmäisestä poikimisesta ensimmäiseen siemennykseen. Tyttären uusimattomuusprosenttia ei ole mukana arvioissa, mutta niiden avulla saadaan katsottua miten hyvin sonnin tyttäret ovat tiinehtyneet ensimmäisestä siemennyksestä. (Faba palvelu 2009d)

Poikimaominaisuuksissa tarkastellaan syntymäindeksiä sekä poikimaaindeksiä. Syntymäindeksissä tarkastellaan kahta asiaa, vasikkakuolleisuutta sekä poikimavaikeuksia. Vasikkakuolleisuus kuvaa kuvaa sonnin vasikoiden kuolleisuutta. Kun indeksi on yli sadan, kuolemia on keskimääräistä vähemmän. Poikimavaikeudet kuvaavat sonnin vasikoiden syntyessä olevia poikimavaikeuksia. Jos indeksi on yli sata, syntyvät vasikat keskimääräistä helpommin. Poikimaaindeksi koostuu kahdesta ominaisuudesta, vasikkakuolleisuutta ja poikimavaikeuksia. Tällöin tarkastelun kohteena on vasikoiden sijasta sonnin rooli emänisänä. (Faba palvelu 2009e)

Sonnien ja lehmien rakenneindeksit lasketaan kantakirjatuille lehmille ja sonneille, joilla on vähintään 15 arvosteltua tytärtä. Suomenkarjalla riittää 10 tytärtä. Arvosteltavia ominaisuuksia rakenteen kohdalla on 23 kappaletta, ja niistä kaikista lasketaan omat indeksit. Runkoa arvioidessa tarkastellaan rungon syvyyttä eli eläimen rungon tilavuutta viimeisen kylkiluun kohdalla, rinnanleveyttä eli rintakehän leveyttä etujalkojen välissä, lypsytyyppisyyttä eli kylkiluiden kulmaa ja niiden avoimuutta, lantion leveyttä eli istuinluiden uloimpien kohtien etäisyys toisistaan, lantion kulmaa eli lonkkakyhmyjen ja istuinluiden välistä kulmaa, takakorkeutta eli eläimen korkeutta parren pinnasta selkärankaan lonkkakyhmyjen kohdalla ja selkälinjaa eli eläimen selän suoruutta. Jaloissa tarkastellaan takajalkojen asentoa takaa, kintereiden laatua eli niiden täytyneisyyttä, vuhista eli vuhiskulmaa, sorkkakulmaa eli sorkan etuosan kulmaa karvarajan suuntaa apuna käyttäen. Utareissa tarkastellaan etukiinnitystä eli utareen etuosan kiinnittymistä vatsanahkaan, etuvedinten pituutta niiden juuresta kärkeen, etuvedinten paksuutta vetimen keskeltä, tasapainoa eli etu- ja takavedinten tasapainoisuutta utareen pohjassa, takakiinnityskorkeutta jossa verrataan utarekudoksen alkukohtaa peräluiden runkoon kiinnittymiskohtaan, utareen muotoa eli utareen pohjan korkeutta kintereeseen nähden, keskisidettä utareen pohjassa takaa katsottuna, takavedinten sijaintia takaapäin katsottuna ja etuvedinten sijaintia takaa päin katsottaessa. (Faba palvelu 2009f)

Käyttöominaisuuksista muodostetaan lypsettävyyssindeksi, vuotoindeksi ja luonneindeksi. Lypsettävyys tarkoittaa sitä miten helposti sonnin tyttäret antavat maitoa. Tavoitteena on normaalilypsyiset lehmät, joten tavoitteena on se että indeksi on sata. Suuri indeksiarvo tarkoittaa sitä että tyttärillä on vuototaipumusta. Vuotoindeksissä tarkastellaan sitä miten sonnin tyttäret vuotavat maitoa lypsyjen välillä. Jos indeksi on alle sata, tyttäret vuotavat keskimääräistä enemmän. Luonnearvostelussa katsotaan miten hyvin sonnin tyttäret keskimäärin käyttäytyvät. (Faba palvelu 2009g)

Terveysominaisuuksissa keskitytään utareterveyteen. Sonnien utareterveys saadaan sen sukulaisten utaretulehdusten hoitotiedoista ja tuotosseurannasta saatavasta solulukutiedoista. Arvostelussa on kolme ensimmäistä lypsykautta, joista ensimmäisen painoarvo on puolet ja toiset saavat jäljellä olevat kaksi toisen puolen. Myös utareiden rakennetietoja käytetään apuna indekseissä. Sekä utaretulehdusalttius että soluluku arvioidaan samanaikaisesti ja molemmille annetaan oma indeksi. Muissa hoitoindeksissä käytetään apuna eläinlääkäriin sonnin tyttärille tekemien hoitojen kautta. Tarkkailussa ovat aineenvaihduntasairaudet, lisääntymisongelmat lypsykauden alussa jotka viittaavat poikimiseen liittyvään terveyteen, jalkaongelmat sekä lisääntymisongelmat lypsykauden loppupuolella jotka viittaavat hormonaalisiin ongelmiin. Terveysjälkeläisarvosteluun otetaan vain sellaiset tilat, jotka kuuluvat sekä terveys- että tuotannon tarkkailun piiriin. Terveysindeksissä yli sadan tulos tarkoittaa normaalia terveempää ja vähemmän soluttavaa lehmää. (Faba palvelu 2009h)

Kestävyysominaisuuksissa tarkastellaan sonnin kykyä tuottaa pitkään tuotantoikään kykeneviä tyttäriä. Tuotantoikä arvioidaan tarkastelemalla aikaväliä ensimmäisestä poikimisesta poistoon. Arvioissa otetaan huomioon tuotantokyvyn, poikimisien määrän sekä lypsykauden vaiheen vaikutukset poistoihin. Arviointi tehdään kotimaisesta aineistosta. Suuri indeksiarvo tarkoittaa sitä että sonnin tyttäret pysyvät kauan tuotantokykyisinä. (Faba palvelu 2009i)

5.1.2 Sonninemien ja sonninisien valinta

Jälkeläisarvostelujen parhaat sonnit nimetään sonninisiksi. Sonninisistä ostetaan keinosiemennykseen ryhmä poikia jota testataan nuorsonnikäytössä. Sonninemiksi otetaan parhaimmat lehmät. 0,5% tarkkailluista lehmistä täyttää sonninemän vaatimukset. Arvioinnissa keskitytään erityisesti kokonaisjalostusarvoon ja rakenneindekseihin. Sonninemat siemennetään sonninisillä. (Faba palvelu, 2009a) Sonnivasikoiden valinnassa painotutaan niistä olevaan geneettiseen tietoon. Keinosiemennyskäyttöön hyväksytyt vasikat siirretään Muhokselle karanteenin kautta. Vasikat kasvatetaan Viskaalin yksilötestiasemalla 11 kuukauden ikäisiksi, jolloin niiden rakenne arvioidaan. Samalla arvioidaan uudestaan sen emän ja isän rakennearvostelut, rakennetiedot ja rakenneindek-

sit. Kolmasosa karsiutuu ja kaksi kolmasosaa otetaan nuorsonnikäyttöön. (Faba palvelu 2009a) Nuorsonnit otetaan siemennyskäyttöön mahdollisimman nopeasti ja laajalti ympäri maan. Nuorsonneilla siemennetään yleensä karjan keskitasoa olevia lehmiä ja hiehoja. Nuorsonnien siemennyksien määrä on noin 40% kaikista siemennyksistä. Nuorsonnien siemenannoksia varastoidaan, ja varastojen täytyttyä ne siirtyvät Hollolaan, odotusaikanavettaan. Kun jälkeläisarvostelut saadaan nuorsonnisiemennyksillä syntyneistä yksilöistä, saadaan sonneille laskettua jalostusarvot. Jälkeläisarvostelujen saamiseen menee noin viisi vuotta aikaa. Tämän jälkeen ikäluokan parhaat sonnit otetaan uudestaan siemenkäyttöön valiosonneina. (Faba palvelu 2009a)

5.2 Lihakarja

Suurin osa naudanlihantuotannosta tapahtuu maitotiloilta peräisin olevien vasikoiden kasvattamisesta. Kymmenes osa tulee emolehmätiloilla. Suomessa olevia lihanautarotuja ovat aberdeen angus, blonde d' Aquitaine, hereford, limousin, charolais, simmental, piemontese ja ylämaankarja. (MMM, 2004, sivu 18) Erityinen piirre on vähäinen puhdasrotuisten eläinten määrä sekä rotujen suuri määrä verrattuna eläinten lukumäärään. (MMM 2004, 19) Kantakirjoihin pääsyyn vaaditaan puhdasrotuisuutta ja polveutuminen varmistetaan DNA -testillä. Jalostustyö perustuu emolehmätarkkailuun ja rakennusarvosteluun. (MMM 2004, 18) Jalostustavoitteina painotetaan taloudellisuutta, tuotantokykyä ja hedelmällisyyttä. Arviot tehdään BLUP -laskentaa käyttäen. Jalostuksessa edetään pitkälti tuontisonnien kautta. Koska moni astutussonni on polveutunut keinosiemenyssonneista, arvosteluvarmuus on kohtuullisen hyvä. (MMM 2004, 19) Keinosiemenyssonnit eivät saa Suomessa kovin suuria jälkeläismääriä ja niitä yleisempiä ovat astujasonnit, joiden jälkeläismäärä on muutamia kymmeniä. Tämä pienentää arvosteluvarmuutta ja hidastaa jalostuksen edistymistä. (Faba palvelu 2009o)

Lihakarjan jalostusta tarkkaillaan Faban emolehmätarkkailun yhteydessä. (Faba palvelu 2009o) Jalostusarvoja tehdään yleisimmille roduille ; Herefordille, charolaisille, aberdeen angukselle, limousinelle ja simmentalille. (Faba palvelu 2009q)

Lihakarjan indeksit lasketaan viisi kertaa vuodessa neljälle ominaisuudelle. (Faba palvelu 2009q) Jalostus keskittyy matalaan syntymäpainoon, helppoon poikimiseen, hyviin kasvuominaisuuksiin, hyviin rakenneominaisuuksiin, hyviin emo -ominaisuuksiin sekä hyvään terveyteen. Arvostelussa tutkitaan syntymäpainoa, vierotuspainoa, painoa vuoden ikäisenä sekä emo -ominaisuuksia. (Faba palvelu 2009o) Syntymäpainon kautta arvioidaan syntymäpainoindeksi. Ominaisuus punnitaan vuorokauden sisällä vasikan syntymästä. Syntymäpainosta ilmoitetaan kaksi muotoa: suhteellinen indeksi ja kiloindeksi. Suhteellisen indeksin keskiarvo on 100. Jos indeksi on yli 100, eläin periyttää tavallista suurempaa syntymäpainoa. Kiloindeksi ilmoittaa saman asian kiloissa. Koska suuri

syntymäpaino liittyy poikimavaikeuksiin, pyritään valitsemaan sellaisia yksilöitä joiden indeksi olisi 100 tai sen alle. Vierotuspaino lasketaan 150-250 päivän ikäiseltä eläimeltä. Siitä saadaan kaksi indeksiä. Vierotuspainoindeksi kertoo kasvukyvyistä syntymästä vierotukseen. Tästäkin esitetään suhteellinen indeksi ja kiloindeksi. Suuri indeksi tarkoittaa suurta vierotuspainoa. Toinen vierotuspainosta laskettava indeksi on emoindeksi, joka kuvaa emo -ominaisuuksia. Se lasketaan vasta kun lehmällä on yksi vieroituspainopunnittu jälkeläinen. Tärkein osa emo -ominaisuuksien kuvaamisessa on maidontuotantokyvyn arviointi. Tällä on suuri vaikutus vasikan kasvuun. Emoindeksi kuvataan suhteellisenä lukuna, jossa tavoitellaan suurta tulosta. 100 on keskiarvo, ja yli tämän oleva emoindeksi tarkoittaa keskimääräistä parempia emo -ominaisuuksia. Vuodenpaino mitataan 325-405 päivän ikäiseltä eläimeltä. Tällä on suuri yhteys teuraspainoon. Se ilmoitetaan sekä suhteellisenä indeksinä että kiloindexinä. Näiden indeksien avulla lasketaan kokonaisjalostusarvo, josta on kaksi versiota. Sonnille kokonaisjalostusarvo lasketaan $-0,5 * \text{syntymäpainoindeksi} + 0,3 * \text{vierotuspainoindeksi} + 1 * \text{vuodenpainoindeksi}$. Lehmälle arvo lasketaan kaavalla $-0,3 * \text{syntymäpainoindeksi} + 0,3 * \text{emoindeksi} + 1 * \text{vuodenpainoindeksi}$. (Faba palvelu 2009q) Arviot perustuvat korjattuihin ja suhteellisiin painoihin. Korjattua painoa laskiessa otetaan huomioon se, että emän poikimakerta ja eläimen ikä punnitushetkellä vaikuttavat. Suhteellinen paino kertoo sen, kuinka paljon parempi eläin on verrattuna samassa karjassa samana vuonna syntyneisiin samaa sukupuolta oleviin yksilöihin. Eli onko yksilö kevyempi vai painavampi verrattuna keskiarvoon. Pelkästä kasvusta ei voida kuitenkaan nähdä johtuuko kasvu enemmän hyvästä ruokinnasta vai hoidosta vai perimästä, ja tämän vuoksi korjattua painoa ja suhteutettua painoa ei voida käyttää karjojen välisiin vertailuihin. (Juga et, 1999, 154)

Rakennearvostelu, joka sisältyy kantakirjaamiseen, hyödyttää eläinvalinnoissa. Siinä tarkkaillaan etujalkoja edestä, luuston laatua, rinnan leveyttä ja syvyyttä, etuselän ja takaselän leveyttä, lantion kulmaa, leveyttä ja pituutta, takakorkeutta, kinnertä, vuohista, reiden pituutta, leveyttä sivusta ja leveyttä takaa, sisäreiden paksuutta, takajalkojen asentoa takaa, utareen muotoa ja utareiden vikoja, harmonisuutta, jalka- ja runkovikoja, kuntoluokitusta ja luonnetta. (Faba palvelu, 2009p)

Syntymäpainoja pyritään jalostamaan hieman, vieroituspainojen kohdalla tavoitellaan nopeampaa edistymistä. Emo -ominaisuuksissa halutaan ylläpitää nykyinen taso. Ominaisuuksia painotetaan tilan tarpeiden mukaan. (Faba palvelu, 2009o)

5.3 Sianjalostus

Suomen sikataloudessa tuotetaan porsaita, lihasikoja tai molempia. Tuotannossa muutokset voivat olla nopeita. (MMM 2004, 19) Lihasian tuotannossa käytetään Suomessa, Norjassa ja Ruotsissa kaksi- ja kolmiroturisteytyksiä, joissa eri rotujen jalostus on eriytetty. (Berg ym. 2005, 17) Sianjalostuksessa strategiana on se, että jalostuslinjat ja teuraslinjat ovat erikseen. Teurasporsastuotannossa puhtaita rotuja risteytetään keskenään. (Faba 2008, 37)

Vuonna 2002 teurastamoyhteistyö aloitti sianjalostusyhteistyön, ja tätä kautta syntyi finnpig. Se tuo suomeen norjalaista ja ruotsalaista sika -ainesta. Yhteistyöllä tehostetaan kilpailukykyä ja jaetaan kustannuksia. Kun suomalainen jalostusorganisaatio, Faba Jalostus eivät päässeet yhteisymmärrykseen finnpigin kanssa, on molemmilla käytössä omat verkostonsa. (Käytännön Maamies 2008)

Sikoja jalostetaan sianlihantuotannon kannattavuuteen ja kilpailukykyyn keskittyen. Markkinatilanteet otetaan huomioon, ja jalostustavoitteet muuttuvat sen mukana. Ennen sikojen silavaa arvostettiin, ja sen paksuutta pyrittiin kehittämään myös jalostuksen keinoin, nykyisin silavan paksuutta pyritään pienentämään. Kun keskitytään parhaiden eläinten valintaan, valitaan parhaat emakot seuraavan sukupolven vanhemmiksi, ja huonommat lähetetään teuraaksi. Karjujen kohdalla keinosiemennys tehostaa niiden valintaa, ja keinosiemennyskarjuiksi valitaan parhaat yksilöt. (Faba, 2008, 36-37) Laskennassa käytetään apuna BLUP -menetelmää. (Faba, 2008, 39) Mittarina käytetään tuotanto -ominaisuuksia eli rehun käytön tehokkuutta sekä kasvunopeutta. Näiden lisäksi katsotaan teuraslaatuominaisuuksia eli ruhon lihaprosenttia ja ohutsilavaisuutta. Lihan laadussa arviointiin vaikuttaa lihan väriä, maku sekä pH. Hedelmällisyyden kohdalla sioissa tarkkaillaan pahnuekokoa, ensimmäistä poikimisikää sekä poikimisten välisen ajan pituutta. Lisäksi arviointiin vaikuttavat käyttöominaisuudet jossa tarkkaillaan jalkojen ominaisuuksia, sian rakennetta, nisien määrää ja laatua sekä terveyttä ja kestävyttä. (Faba 2008, 37)

Tilatestaus on Faban testi, joka keskittyy siitossikojen tilakohtaiseen valintaan. Testaus tehdään kun siat ovat 100 kilon painoisia. Testissä siat punnitaan ja niiden ikä otetaan huomioon. Näin saadaan kasvupisteet. Lisäksi silavan paksuus mitataan ultraäänen avulla, ja tämän paksuus suhteutetaan sian painoon. Näin saadaan silavapisteet. Näiden summasta saadaan T -indeksi. Jälkeläistuotantoon jäävän sian tulee saada vähintään sata pistettä. Lisäksi jälkeläistuotantoon käytävällä sialla on oltava vähintään 7+7 nisää. Hylkäykseen voi tosin päätyä myös jos eläimellä on sisänsiä. (Faba 2008, 38)

Fenotestauksella saadaan aikaan F -indeksi, jolla testataan keinosiemennyskarjuehdokkaita. (Juga et, 1999, 162) Keinosiemennyskarjut valitaan parhaista jälkeläisarvostelluista vanhemmista sekä indeksiltään parhaista nuorten karjujen ja emakoiden pahnueista. Puolet karjuista otetaan keskuskoeaseman fenotestin ja puolet tilatestin perusteella. Keinosiemennysasemat arvioivat karjujen spermantuotanto- ja tiineytyskyvyn. Nuorille karjuille lasketaan jälkeläisarvostelut kanta-koeasemilla. Polveutumisen varmistetaan DNA -analyysillä. (MMM, 2004, 20) Arvostelussa tarkastellaan kasvunopeutta, rehuhyötysuhdetta ja silavan paksuutta. (Juga ym. 1999, 162)

Karjun hedelmällisyyttä jalostetaan karsimalla pieniä pahnueita tuottavia ja huonosti hedelmöitäviä karjuja. Naarashedelmällisyyttä tarkastellaan porsastuotantoa. Tätä tarkoitusta varten on kehitetty H -indeksi, jossa mukana on pahnuekoko, porsimisväli, porsaskuolleisuus sekä pahnuekoko syntymässä. Myös porsimisikä otetaan huomioon. Karjut saavat indeksinsä sukulaistensa tuotosten perusteella. (Juga ym. 1999, 157-158)

Koeasematestauksessa pyritään tuottamaan aineistoa jolla myös eri sikaloiden väliset tulokset ovat vertailukelpoisia. Niissä jälkeläis- ja sisarryhmiä arvioidaan samoissa olosuhteissa. Testattavina ominaisuuksina ovat kasvu, lihakkuus ja lihan laatuominaisuudet sekä eläinten käyttöominaisuudet. Testaus tehdään keskuskoeasemalla Längelmäellä. (Faba, 2008, sivu 39) Kantakoetoiminnassa saadaan tietoja joita voidaan soveltaa jälkeläisten ja sisarusten arviointiin. Tällä saadaan K -indeksi. Kantakokeita tehdään ottamalla ryhmä, jossa on samasta pahnueesta otettuja porsaita. Ryhmässä on kolme sikaa, joissa on sekä leikkoja ja imisöjä, jolloin toista on kaksi ja toista yksi. Koeryhmään otetaan sikoja yleensä emakon ensimmäisestä pahnueesta, koska näin sille saadaan arvioita sen ollessa nuori. Näin sen myöhempiä pahnueita voidaan käyttää hyväksi vaikkapa myynnissä. K -indeksissä arvioidaan tuotanto -ominaisuuksia eli kasvunopeutta, rehuhyötysuhdetta. Mukaan laitetaan myös teuraslaatu, eli ruhon lihaprocentti ja kyljysselän lihaprocentti. Myös lihan laatuominaisuudet eli pH ja väri vaikuttavat. Lisäksi sikojen nisät ja jalat arvostellaan. (Juga ym. 1999, 160-161)

Finnpiggin ohjelmassa käytetään kolmen rodun risteytystä. Usean rodun valinnan etuna on jalostuksen nopeutuminen, kun linjoja voidaan jalostaa erikseen. Risteytyselinoiman, heteroosin, vaikutus saadaan hyvin tuotantoeläimiin. Ohjelma tekee toiminnasta myös järjestelmällistä. Kolmen rodun risteytyksessä maatiaisemakko ja yorkshire tuottaa risteymäemakoita, jotka risteytetään joko duroc- tai hampshire -rotuisen karjun kanssa. Näin saadaan varsinainen lihasika (Finnpig, 2009) Finnpiggin tavoitteet keskittyvät enemmän hedelmällisyyteen, koska se on ollut suomessa melko alhainen ja koska K -indeksiin keskittymiseen liittyyhedelmällisyyden laskua. Sen tavoitteena on myös emo- ja isälinjojen eriyttäminen. (Jokasorkka 2002)

5.4 Hevosen jalostus

Hevosten rekisteriä ja kantakirjaa ylläpitää Hippos ry, joka on hevoskasvatuksen ja raviurheilun keskusjärjestö. (MMM, 2004, 22) Jalostukseen hyväksytyt hevoset merkitään kantakirjaan, joka on rekisteri jonne talletetaan hevosesta tehtyjä arviointeja kuten tietoja hevosen luonteesta, rakenteesta ja kilpailumenestyksestä. (Saastamoinen ym. 2007, 94) Suomessa kantakirjattuna olevia hevosrotuja ovat suomenhevonen, lämminverinen ravihevonen, arabialainen, angoarabialainen, englantilainen täysverihevonen, suomalainen puoliverihevonen, connemaraponi, New Forest -poni, russpani, shetlanninponi, suomalainen ratsuponi, welshponi, islanninhevonen ja vuononhevonen. Rekisteriin laitetaan kaikki suomessa syntyneet sekä maahantuodut eläimet. Varsojen polveutumista tarkistetaan DNA -testauksella ja veriryhmättestauksella. (MMM 2004, 22)

Hevosjalostuksen tavoitteena on parantaa hevosten geneettistä tasoa sukupolvien myötä. Perustana on hevosten terveys ja muita jalostustavoitteita lähestytään vain keinoilla jotka eivät vaaranna tätä. Jalostuksella pyritään myös suorituskyvyn parantamiseen. (Hippos 2009) Hyvä terveys ja kestävyys ovat välttämättömiä myös hevosen kilpailu- ja työkyvylle. Huono terveys taas tuo mukanaan kuluja. Terveiden ja kestävyden periytyvyys on vaikeasti arvioitavissa koska hoito- ja ympäristötekijät vaikuttavat niihin runsaasti. Terveysominaisuuksissa on myös vaihtelua heritabiliteetin suuruudessa. Luustosairauksilla on todettu melko korkea periytyvyys, mutta yleisesti terveysominaisuuksien perinnöllisyydet ovat melko pieniä. (Saastamoinen ym. 2007, 96) Hedelmällisyyden periytyvyys on melko pientä, mutta sen taloudellinen merkitys hevostaloudelle on sen verran suuri että sitä kannattaa harjoittaa. (Saastamoinen ym. 2007, 96)

Hevosilla on useita taloudellisesti merkittäviä ominaisuuksia, jotka vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Yleensä tarkkailun alla on useita ominaisuuksia. On tärkeää että ominaisuudet on mitattu. (Saastamoinen ym. 2007, 93)

Tavoitteiden määrittelyssä otetaan huomioon myös jalostettavien ominaisuuksien heritabiliteetti. Alkuperäisrotujen jalostamiseen liittyy lisäksi alkuperämaan tavoitteet. Valtakunnalliset jalostustavoitteet antavat rajat, joiden sisällä kukin hevosten kasvattaja valitsee itse omat jalostustavoitteensa. (Hippos 2009)

MMM:n mukaan Jalostustavoitteina ovat rotukohtaisia. Useissa roduissa niiden tulee olla käyttötarkoitukseensa sopivia. Niiden ominaisuuksien ja polveutumisen on täytettävä rodun alkuperämaan kriteerit. Esimerkiksi suomenhevosella jalostetaan ravi-, työ-, ratsu- ja pienhevossuuntia. Hevosen ominaisuudet tarkistetaan kantakirjaustilanteessa. Siitokseen tarkoitettulle oriille kanta-

kirjaus vaaditaan ennen käyttämistä. Ravihevosilla on myös pakollinen luuston tarkkailu, jossa käytetään röntgenkuvausta. (MMM, 2004, sivu 22)

Kantakirjattavien yksilöiden on täytettävä minimivaatimukset kilpailunäytöksissä ja suoritustuloksissa. Ravihevosilla ravikilpailutuloksia käytetään arviointiperusteena tekemällä starttikohtaisista tuloksista BLUP -laskennalla jalostusarvoindeksi. Kun ravihevosoriilla on kilpailutuloksia vähintään 25 jälkeläiseltä, sille julkaistaan jälkeläisarvostelu. Ratsuhevosia testataan kouluratsastus-, este- ja askellajikokeilla. Pienhevosilla tarkkaillaan ajettavuutta ja ratsastettavuutta. Oriit ovat jalostuksessa enintään seitsemän vuotta kerralla, jonka jälkeen ne on arvioitava uudestaan. Oriilla voidaan astuttaa korkeintaan 150 tammaa vuodessa. (MMM 2004, 22-23)

Hevosen suorituskyky riippuu ravihevosilla nopeudesta ja kilpailuun sopivasta temperamentista ja luonteesta. Nopeus on luotettavasti mitattavissa ja lisäksi lähdöt, hylkäykset ja epäpuhtaat juoksut kertovat hevosen kestävydestä, terveydestä ja luonteesta. Ratsuhevosilla ominaisuuksiin liittyy vielä useampia piirteitä. Ratsastettavuus, oppimiskyky ja suorituskyky vaikuttavat menestykseen. Työhevosilla keskitytään hevosen ajettavuuteen ja vetokykyyn. (Saastamoinen ym. 2007, 94-95) Työhevosilla on myös veto- ja käyntikokeita. (MMM 2004, 22-23)

Hevosten jalostusta vaikeuttaa pitkä sukupolven välinen aika, joka hidastaa jalostuksen edistymistä. Tätä mutkistaa se, että moneen ominaisuuteen samanaikaisesti keskittyvä jalostus edistyy hitaammin. (Saastamoinen ym. 2007, 93)

Rakenneominaisuuksia mitatessa tarkastellaan subjektiivisesti hevosen ulkoista rakennetta, hampaita ja liikkumista. Jalkojen rakenne ja jalan asento ovat tärkeitä mittareita. Rakenneominaisuudet ovat hyvin periytyviä. (Saastamoinen ym. 2007, 95)

5.5 Turkiseläinten jalostus

Turkiseläinten jalostuksen tärkeimpinä välineinä on siitoseläinkirjanpito sekä jalostusohjelma Sampo. Turkiseläinten Kasvattajain Liitto RY ja Turkistuottajat OYJ muodostavat jalostusvaliokunnan, joka tekee ehdotukset jalostuksen painotuksista. Tilakohtaiset tavoitteet ovat turkistuottajan vapaasti valittavissa. (MMM, 2004, sivu 23) Suomen Turkiseläinten Kasvattajien Liitto on kehittänyt Helsingin yliopiston kotieläintieteen laitoksen kanssa Sampo -ohjelman, jolla lasketaan jalostusarvon ennusteita. Se on keskittynyt hedelmällisyyden sekä ulkomuodon arvosteluun. Se perustuu BLUP -menetelmään, eli siinä arvioidaan yksilön omat tulokset sekä sen jälkeläisten sekä muiden sukulaisten tulokset siinä suhteessa, mitä ne ovat arvioitavalle yksilölle sukua. Sammon indeksit lisäksi standardisoidaan normaalijakauman mukaisiksi siten että keskiarvo on 100 ja

standardipoikkeama on 10. Keskiarvoa parempien arvo on yli sata ja huonompien alle sata. (Hernesniemi, 2000, 119) Turkistuottajat OYJ tuottaa lajittelussa tietoa nahan laadusta, väristä, värin tasaisuudesta ja muista ominaisuuksista. Nahkalajittelun tulos tehdään sen jälkeen kun nahka on taanattu ja kuivattu. Se siis lasketaan lopullisesta myytävästä tuotteesta, joten se on arvostelutapana melko varma. Vaikeuksia tulee siitä että eri luokissa on rajoja, joiden välillä erot eivät noudata normaalijakaumaa. (Hernesniemi, 2000, 120)

Sampo -arvioinnit ovat verrattavissa keskenään vain tarhan sisällä ja jos tarha kuuluu ketturenkaaseen, sen sisällä. Samankin tarhan eläimet ovat vertailukelpoisia vain jos ne ovat olleet samassa indeksilaskennassa. Eri tarhojen kesken saatu sama tulos kertoo siis vain että ne edustavat yhtä hyvää tulosta suhteessa omaan tarhaansa. Esimerkiksi indeksi 120 kertoo että ne edustavat oman tarhansa parhaimmistoa. Näiden kahden välinen ero voi sen sijaan olla suurikin, eikä voida sanoa että ne olisivat geneettisesti yhtä hyviä yksilöitä. (Hernesniemi 2000, 120)

Sampo -laskelmien indeksit saadaan pentuekoosta, nahkalajittelusta sekä gradeerauksesta. Pentuekoko kuvaa naaraan hedelmällisyyttä ja se lasketaan kahden viikon ikäisenä lasketusta pentuekoosta. (Hernesniemi 2000, 120) Pentuekoko arvioidaan vaikka sen periytyvyysaste on melko heikko. Hedelmällisyyden arvioinnissa suositellaan keskittymistä hedelmällisiin sukulinjoihin suoraviivaisen pentumäärän sijasta. Myös syntymääjankohdan tarkkailu on tärkeää, koska myöhään kiimaan tulevat naaraat tiinehtyvät yleensä heikosti ja niillä on suurempi pentuhävikki. Kiima - ajankohdan periytyminen on myös melko korkea, joten jalostusta käyttämällä siihen voidaan vaikuttaa tehokkaasti. Myöhään tai aikaisin kiimaan tulevia ei kannata valita, koska turkistuottajan tavoitteena on saada eläimet kiimaan lyhyellä ajanjaksolla. (Hernesniemi 2000, 128-129) Sampo -laskennassa keskitytään naaraiden hedelmällisyyteen, joten se ei kerro mitään esimerkiksi urosten sperman laadusta. Tätä kautta pienen hedelmällisyyden periyttävä uros voi olla hedelmällisten naaraiden joukossa. Tätä kautta se voi olla monien isokokoisten pentueiden isä. Näiden vaikutukset näkyvät arvioinneissa vasta myöhemmin, esimerkiksi tyttärien pentuekoon tullessa esiin. Jos tämänkaltainen uros on hyvä, sen jälkeläisiä ei kannata jättää tilalle, mutta sitä voidaan käyttää tuotantouroksena, jonka jälkeläiset käytetään pelkästään nahantuotantoon. (Hernesniemi 2000, 131)

Gradeeraus on elävien eläinten ulkomuodon arviointia. Siinä katsotaan eläimen kokoa, turkin väriä ja massaa, peittävyyttä, värin tasaisuutta ja yleisvaikutelmaa. Gradeerauksessa ominaisuudet saavat arvon 1-5, jossa 1 on huono ja 5 erinomainen. Tämän arviointitavan etu on siinä että sen tietoja voidaan käyttää eläimen vielä eläessä, kun taas nahkalajittelun tulokset saadaan vasta seuraavan sukupolven käyttöön. Tiedot saadaan gradeerauksessa nopeasti käyttöön. (Hernesniemi

2000, 120) Gradeerauksessa turkin laatuominaisuuksiin painotetaan turkin massaa ja peittävyyttä. (Hernesniemi 2000, 124) Hyvä massa tarkoittaa sitä että turkin pohjavilla on tiheää, vahva, joustava ja silkkimäinen sekä ulottuu vatsaan ja kaulaan. Se antaa turkille ryhdikkyyttä ja se tukee peitinkarvaa. Peittävyys taas tarkoittaa pitkää, tiheää, tasapitkää, joustavaa ja tasaisesti peittävä peitinkarvaa, jonka tulee olla sopivan mittaista suhteessa pohjavillaan. Arvostelussa vaikeutta tuottaa se, että kaunis ja siisti eläin ei välttämättä ole näiltä ominaisuuksiltaan hyvä. Paksuturkkiset ja hyvää turkkia tuottavat eläimet eivät välttämättä anna tarhassa siistiä vaikutelmaa. Taitava gradeeraaja osaa ottaa tämän huomioon arviointia tehdessään. (Hernesniemi 2000, 125) Arvioijalla tulisi olla ennen arvioinnin aloittamista kuva eläinkannasta, ja arviointi olisi hyvä tehdä mahdollisimman usealle eläimelle, ja arvioinnissa olisi hyvä pitää vertailueläimiä. Työ olisi hyvä tehdä gradeerauslampun kanssa sekä tunnustustelemalla karvan silkkisyyttä ja syvyyttä. Siitosurosehdokkaat voidaan jopa laittaa riviin arviointia varten, jolloin ulkomuoto -ominaisuudet tulevat selviten esiin. (Hernesniemi 2000, 131-132)

Jalostuksessa on tunnettava eläinkannan hyvät ja huonot puolet. Siitoseläinkorttejen polveutumistiedot ainakin isovanhempiin asti helpottavat tämän arvioinnissa. Myös tarhaajan omat tiedot ovat tässä tärkeässä asemassa. Yksi tärkeimmistä menetelmistä on risteyttää huippuyksilöitä keskenään, ja tässä kohden voidaan tulosta parantaa ottamalla myös kokemukset yhteensopivista ja yhteensopimattomista suvuista huomioon valikoinnissa. (Hernesniemi 2000, 135)

Jos arvioinnissa valitaan uusia siitoseläimiä, kannattavinta on painottaa niihin ominaisuuksiin jotka aikaisempien laatutietojen perusteella ovat heikompia. Yhtä ominaisuutta ei saa painottaa liikaa, koska se johtaa helposti muiden ominaisuuksien heikkenemiseen. Syynä tähän ovat eri geenien väliset yhteydet ja niistä seuraavat korrelaatiot, jossa yhden valitseminen vaikuttaa tilastollisesti myös toisen ominaisuuden yleisyyteen. (Hernesniemi 2000, 125) Parituksessa yhteensopivuus tarkoittaa usein sitä että estetään huonojen ominaisuuksien kertautuminen. Tällöin täydennetään puuttuvaa ominaisuutta. Toinen tapa on parittaa samantyyppisiä yksilöitä keskenään. Tätä tehdään siksi että joskus erilaisten linjojen yhdistäminen, esimerkiksi pitkäkarvaisen maatiassiniketun ja norjalaismallisen ketun välinen siitos, johtaa huonoon karvanlaatuun. (Hernesniemi, 2000, 135-136) Tavallinen jalostusmenettely on linjajalostus, jossa sukulinja yhdistetään etäisellä liitoksella. Tästä esimerkkinä on serkusten käyttäminen. Tämä kuitenkin johtaa sukusiitosasteen nousemiseen, joten aina välillä on hyvä tehdä liitoksia aivan vierailta suvuilla, jolloin jälkeläiset eivät enää ole sukusiitetyjä. (Hernesniemi 2000, 136)

Ketunjalostuksessa on mietittävä myös muita ominaisuuksia. Nämä voivat olla sellaisia joita tarhaaja haluaa omalla tarhallaan yleistää. Myös erilaiset taudit, kuten silmä- ja ientulehdukset on

huomioitava. (Hernesniemi 2000, 124) Jalostamisen kannalta hyödyllistä on se, että monesti kettujen turkin virheet ovat luonteeltaan perinnöllisiä vaikka niillä onkin syy-yhteyksiä myös ruokintaan. Tämän vuoksi on hyödyllistä että ketuilla on useita lisämäärityksiä joilla karsitaan tiettyjä turkin virheitä. Näitä ovat esimerkiksi sinikettujen karvan laikullisuus, villaisuus tai hopeakarvaisuus ja hopeakettujen karkeakarvaisuus, kiharus ja jakausviat. Nämä virheet ovat merkittäviä sitä kautta että ne vaikuttavat suoraan myytävien turkkien hintaan, jolloin geneettinen yhteys ja taloudellinen merkittävyys osuvat yhteen. Tosin niiden vaikutukset vaihtelevat esiintymisen laajuuden ja markkinatilanteen mukaan. (Hernesniemi 2000, 126) Näiden kohdalla vaikeutena on kuitenkin se, että niihin liittyy joissain tapauksissa positiivisia ominaisuuksia. Silloin pelkkä virheen karsiminen voisi johtaa laadun heikkenemiseen muualla. Esimerkki tällaisesta ominaisuudesta on villaisuus, joka on virhe mutta joka on yhteydessä turkin massaan, joka taas on etu. (Hernesniemi 2000, 126)

Myös luonneominaisuuksiin on alettu kiinnittämään huomiota. Pelokkaat ja aggressiiviset yksilöt karsimalla parannetaan eläinten käsiteltävyyttä. Luottavaisilla ketuilla on myös keskimääräistä paremmat emo -ominaisuudet, joten tällä on positiivisia vaikutuksia hedelmällisyyteen, joka taas vaikuttaa lopulliseen tuotannon määrään. Kettujen suhtautumista voidaan testata ruokintatestin avulla. (Hernesniemi, 2000, 129) Hopea- ja sinikettuja testataan luonteen perusteella, ja niille on erityisiä luonnetestejä, joilla ihmisiin luottavat ketut on erotettavissa muista. (MMM 2004, 23)

Vaikeutena turkiseläinten jalostuksessa ovat markkinat, jotka muuttuvat nopeasti. Esimerkiksi hyvinmaksetut ja harvinaiset värityypit ovat vaikutukseltaan usein lyhytaikaisia, eikä niihin panostaminen siksi useinkaan anna vastinetta uhratulle rahalle ja vaivalle. Tämän vuoksi tällaisissa valinnoissa olisi oltava maltillinen. Tämä toisaalta korostaa sitä miten markkinavainulla ja osuvalla tilanteen ennakoimisella on erityisen suuri arvo. Yleensä esimerkiksi tuotannon lisäys johtaa samanaikaisesti myös laadun heikkenemiseen. Kuitenkin noususuhdanteen alla tehty tuotannon lisäys tuo tästä syntyvät kustannukset helposti takaisin. (Hernesniemi 2000, 134)

Vaikeuksia tuottaa myös se, että jalostuksessa naaraat paritetaan tai siemennetään kahdella eri uroksella, mutta vain jälkimmäinen merkitään isäksi. Kuitenkin joskus pentueessa on joko molempien isien tai pelkästään ensimmäisen jälkeläisiä. Tässä kohden keinosiemennys on auttanut asiaa, koska mahdolliset uusintasiemennyksetkin voidaan tehdä samalla uroksella. Perinteisestikin asiaan voidaan vaikuttaa valitsemalla molemmat isät niin että ne ovat läheistä sukua, kuten veljeksiä, keskenään. Myös eriväristen urosten käyttäminen on auttanut ratkaisemisessa, koska jälkeläisten väriys antaa tällöin melko varman merkin siitä kumpi on sen isä. (Hernesniemi, 2000, 138)

Jalostus etenee tehokkaimmin heterogeenisissä tarhoissa. Kuitenkin tehokas valinta johtaa helposti homogeenisiin kantoihin, jolloin voi olla syytä hankkia siitoseläimiä myös tarhan ulkopuolelta. Siitosuroksia valitessa valinnassa pitää olla tarkkana ja pitää kriteerit korkealla. (Hernesniemi, 2000, 137) Yhtenä syynä tähän on se, että tehokkaaseen tulokseen päästään sillä että parhaita uroksia käytetään mahdollisimman paljon. Tarkkuus uroksen kohdalla vaikuttaa laajasti, ja sitä kautta saadaan aikaan edistymistä. (Hernesniemi, 2000, 138) Jos eläinkanta on laadultaan ja hedelmällisyydeltään heikkoa, kannattaa jalostustyössä hankkia tarhaan urosten lisäksi myös naaraita. Siitosnaaraita voidaan hankkia jopa valmiiksi paritettuna. (Hernesniemi, 2000, 133) Jalostusta voidaan tehostaa myös ketturenkaan kautta. Näissä usea tarha käyttää samoja uroksia. Se mahdollistaa tehokkaamman siitosurosten käytön sekä säästää ylläpitokustannuksia. (Hernesniemi, 2000, 137)

5.6 Siipikarjan jalostus

Pohjoismaissa siipikarja on tuontitavaraa. Sen kehittäminen on keskitetty muutamille suurille yrityksille, jotka käyttävät pientä eläinainesta. (Berg ym. 2005, 16) Siipikarjantuotanto perustuu täysin ulkomailta tuotaviin hybrideihin (MMM 2004, 20)

Suomessa jalostustoimintaa on ollut, ensin puhtasrotuisten ja tämän jälkeen myös hybridejen parissa. Suomalainen jalostustoiminta kuitenkin loppui 1990 -luvun lopulla sen jälkeen kun isovanhempaispolvea koskeneet tuontirajoitukset poistettiin. (Siipikarjaliitto 2009a) Vertailukokeita tehtiin Suomessa vielä tämän jälkeenkin, mutta kotimaisena tätäkään toimintaa ei enää tehdä. (Siipikarjaliitto 2009a) Linjoja testataan useissa maissa RST -testausasemilla (Random Sampling Testing) joissa testeihin valikoidaan kanoja eri jalostajien linjoilta ja niitä vertaillaan mahdollisimman samankaltaisissa olosuhteissa. Näytteet otetaan laitokselle siitosmunina, jotka kasvatetaan mahdollisuuksien mukaan samassa tilassa, jossa eri hybridien rinnakkaiset linjat ovat koekalanalassa eri osastoissa. Asemilla työskentelevät hoitajat eivät tiedä mihin eri jalosteet on sijoitettu. Tulokset julkistetaan kokeiden jälkeen. (Siipikarjaliitto 2009a)

Siipikarjan jalostus perustuu valintajalostukseen, jossa huomioidaan tuotanto -ominaisuudet, terveys ja koko tuotantoketjun vaatimukset. (Lihantuotannon tutkimuskeskus 2009a) Kanojen terveys ja sopivuus tuotanto -oloihin ovat tärkeässä asemassa. Myös yksittäisiä tautien kestävyyttä parantavia genejä voidaan valita. Lihasiipikarjassa jalostetaan kasvunopeutta, rehuhyötysuhdetta, teurassaantoa ja etenkin rintapalojen osuutta sekä eläinten terveyttä. Munantuotannossa haetaan suurempaa määrää munia. Myös munittujen munien laatua, kuoren paksuutta ja oikeaa munan kokoa tavoitellaan. (Siipikarjaliitto 2009a) Ominaisuuksissa sukulaistietoja haetaan heikosti periy-

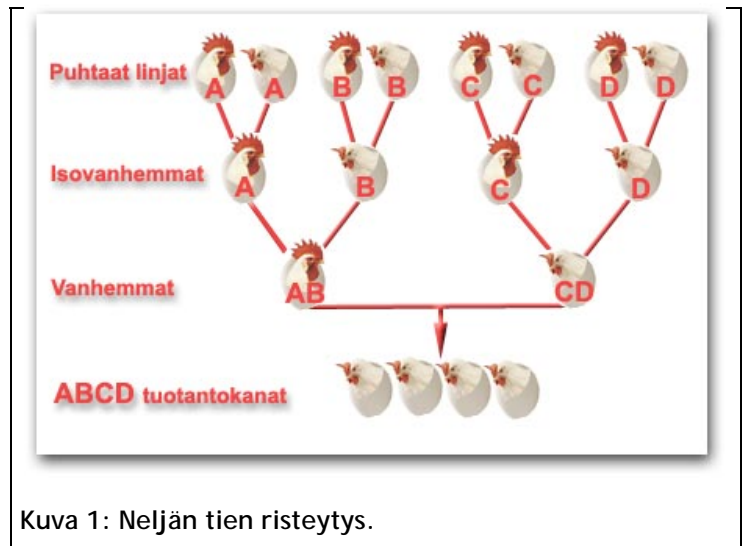
tyvissä ominaisuuksissa, kuten munien kappalemäärästä. Vahvasti perinnölliset ominaisuudet, kuten kasvu- ja rakenneominaisuudet arvioidaan ryhmiä vertaamalla. (Siipikarjaliitto 2009a) Jalostuksella on vaikutettu myös kanojen käyttäytymiseen. Esimerkiksi kanojen hautomisvietti on hävitetty. Myös kanojen kannibalismiin on havaittu voimakas geneettinen yhteys, jonka heritabilitteetti on suurimmillaan jopa 0,65. Nokkimisvaurioiden vuoksi kannibalismin poisjalostamista pidetään tärkeänä. (Siipikarjaliitto, 2009a)

Jalostuksen kannalta puhtailla roduilla ei ole enää kovin suurta merkitystä sellaisenaan. Puhtaat rodut ovat lähinnä geenipankkeina mahdollisesti hyvien geenien varastona ja harrastajien kiinnostuksen varassa, vaikka 1950 -luvulle asti kanat olivat käytännössä puhdasrotuisia.

Munantuotanto ja lihantuotantolinjat on kehitetty erikseen ja ne eroavat toisistaan paljon. (Siipikarjaliitto, 2009a)

Nykyinen tuotantoeläin on yleensä neljän linjan risteytys. Alkuperäiset linjat on saatu risteyttämällä aluksi keskenään toisilleen läheistä sukua olevia eläimiä useiden sukupolvien ajan ja sitten testaamalla näiden risteymien tehokkuutta. Nykyisessä neljän tien risteytyksessä: Kaksi linjaa tuottavat kukkoja ja kaksi linjaa kanoja. (Siipikarjaliitto, 2009a) Tätä tehdään muun muassa tuotantoeläinten heteroosin maksimoimiseksi. (Siipikarjaliitto, 2009b)

Emolinjojen valinnoissa korostetaan erityisesti lisääntymisominaisuuksien kautta ja isälinjat niiden tuotanto -ominaisuuksien kautta. Syntyvät tuotantoeläimet ovat melko tasalaatuisia. (Siipikarjaliitto, 2009a) Linjojen käytöstä tarkemmin Kuvassa 1.



Kuva 1: Neljän tien risteytys.

Kananjalostuksessa haasteellisia ovat monet geneettiset korrelaatiot. Lisääntymisominaisuudet, kuten munantuotanto heikentävät kasvunopeutta. Myös munien määrä ja munien koko ovat negatiivisessa yhteydessä toisiinsa, samoin kuin munien määrä ja kuoren paksuus. (Siipikarjaliitto, 2009a)

5.7 Lampaiden jalostus

Norjassa lampaan jalostustyössä käytetään apuna keinohedelmöitystä sekä BLUP -laskentaa, joten niihin liittyy kasvanut tarve tarkkailla sukusiitoksen ja geneettisen vaihtelun vähenemistä. Muissa pohjoismaissa käytetään paljon luonnollista pariumista, joten niissä sukusiitosaste on pieni. (Berg, 2005, 17) Suomessa lampaiden tiedon keruusta huolehtii Maaseutukeskusten liitto Suomen lammasyhdistyksen kanssa. (MMM 2004, 21) Jalostuslampoloita oli vuonna 2008 10 kappaletta. (Savolainen 2008, 6)

Lammasjalostuksessa keskitytään lihantuotantoon. Muutamilla tiloilla keskitytään myös villantuotannon kehittämiseen. Jalostuslampoloilla on normaalia kantakirjoissa olevaa tilaa tiukemmat ehdot. Rekisterissä ovat suomenlammas, texel, rygja, oxford down, dorset, dala, shropshire sekä ruotsalainen turkislammis. Suurin osa lammaskannasta on suomenlampaita ja risteytyksiä, joissa toinen rotu on suomenlammas. (MMM. 2004, 21) Suomenlammas on ehdoton valtarotu, liharodusta tärkein on texel. Rygjaa ja dorsetia on pieni määrä puhdasrotuisena. Risteytysten käyttö etenkin teuraseläinten kohdalla on yleistä. Risteytykset ovat toiseksi suurin ryhmä, yleisempiä ovat vain puhdasrotuiset suomenlampaat. (Savolainen, 2008, 6)

Tarkkailurekisteriin hyväksytään puhdasrotuiset että risteytyseläimet, joiden polveutuminen tunnetaan. Rekisterin kantakirjaosaan hyväksytään puhdasrotuisia yksilöitä, jotka ovat tuotannon-tarkkailussa ja jotka täyttävät rotukohtaiset kriteerit. Tarkkailtavina ominaisuuksina ovat rakenne, koko, sikiävyys, karitsapainot sekä villa. (MMM, 2004, 21) Kirjaamisen ehtona on myös riittävän hyvä indeksi. Suomen Lammasyhdistyksen jalostusvaliokunta koordinoi lampaiden jalostuksen suunnittelua, mukana on lampaanomistajia, tutkijoita ja neuvoja. (MMM, 2004, 21) Valiokunta kokoontuu kaksi kertaa vuodessa suunnittelemaan jalostustoimintaa. Suomenlammas ja liharodut huomioidaan erikseen. (Savolainen 2008, 3) Lampaanjalostuksen tarpeita ovat lihantuotanto, hedelmällisyys, villan tuotanto, turkiksen laatu, rakenne ja luonne. (Alasuutari, 2009) Jalostuksen perustana on tuotosseuranta. Seurannassa käytetään WinLammis -ohjelmaa. Sen avulla tietoja voivat rekisteröidä sekä lammastilat että neuvojat. Indeksit saadaan 4 kk painolle, lihakuudelle ja rasvalle. (Savolainen 2008, 4)

Jalostuseläimillä näkyvintä toimintaa ovat vuosittaiset pässihuutokaupat, joita pidetään Ilmajoella ja Kangasalla. (Savolainen 2008, 6) Jalostustutkimusta Suomessa ei ole jatkuvana ja suunnitelmallisena. Aikaisemmin sitä on tehty jonkin verran. Tuotosseurannassa ja jalostustyössä on hyödynnetty lyhyempiä hankkeita, kuten MTT:n kolmevuotista hanketta ”Lampaan lihantuotanto - ominaisuuksien mittaaminen ja jalostusohjelma”. Villasta on tehty vain hyvin vähän tutkimusta. Tässä tärkeänä hankkeena on ollut 1998-2000 vuosina tehty villa -arvosteluun liittyvä hanke ”Lampaan

villaominaisuuksien jalostusohjelman kehittäminen”. Tämän kautta WinLampaaseen saatiin mukaan myös tiedot villojen arvioinneista. (Savolainen 2008, 8)

Lampaan keinosiemennykseen liittyvää tutkimusta on ollut, niiden tulokset ovat kuitenkin olleet melko vaatimattomia. Tiinehtymisprosentit ovat olleet pieniä. Siksi toimintaa ei ole nähty kannattavaksi jatkaa. Lammasainesta on myös tuotu ja siemennetty laparoskooppimenetelmällä, joka on monimutkainen ja kallis toimenpide eikä siksi sovi tiloilla tapahtuvaan toimintaan. Vuodesta 2005 lähtien on kuitenkin kerätty kansallista lampaiden geenipankkia joka keskittyy kainuun harmaan sekä ahvenanmaanlampaiden sperman tallettamiseen. (Savolainen 2008, 10-11)

Lampaiden jalostussuunnitelmassa on katraskohtaista jalostussuunnittelua että yksilötasolla tapahtuvaa eläinvalintaa. Lammasainesta kehitetään karsimalla uuhia ja pässejä, valitsemalla karitsoja myyntiin ja omaan käyttöön, eläinaineksen oston ja myynnin kautta sekä ultraäänimittamalla karitsoita. Lampaiden jalostuksen perustana ovat tuotosseurantatiedot ja niistä saatavat indeksit, sekä lampaiden yksilökohtainen arvostelu. Tilan erikoisolosuhteet pyritään ottamaan huomioon. (Pro Agria, 2009) Eeva-Leena Tammermäen mukaan punnitukset ovat tärkeitä mittareita. Karitsan syntymäpainosta saadaan vertailutieto josta karitsan kasvu nähdään. Kuuden viikon paino kertoo uuhien ominaisuuksista koska karitsa on tähän asti emon maidon varassa. Neljän kuukauden paino kuvaa karitsan kasvukykyä, koska karitsa elää karkearehulla. Teuraspainosta taas saadaan tieto teuraspainosta josta saadaan teurashyötysuhde. (Tammermäki, 2007, 15) Honkasalon mukaan näitä tietoja käytetään myös ruokinnan onnistumisen tarkkailussa. (Honkasalo, 2007)

6 Johtopäätökset

Jalostus perustuu eläinaineksen geneettisen aineksen suuntaamiseen kohti jalostustavoitetta. Tässä onnistumiseksi on tärkeää toimia johdonmukaisesti sekä seurata eläinaineksen ominaisuuksia. Myös tietojen yhdistäminen sukulaisuustietojen kautta on keskeisessä asemassa, jotta muut kuin perinnöllinen vaikutus saadaan huomioitua. Tavoitteena on varma tulos. Onnistunut jalostussuunnittelu perustuu siihen että se etenee suunnitellusti. Tätä kautta luotettavuus korostuu.

Jalostaminen on kannattavaa, koska sen kautta eläinainesta saadaan kehitettyä. Siitä saadaan oikein jalostamalla terveempää, hedelmällisempää tai paremmin tuottavaa. Jalostamisen etu on siinä että siinä aikaansaadut muutokset ovat pysyviä.

Jalostamisessa keskeisessä asemassa on jalostustavoitteiden valinta, niihin liittyvien ominaisuuksien mittaaminen sekä yksilöiden valinta ja karsiminen saatujen tietojen perusteella.

Jalostamisessa tavoitellaan edistymistä, joten pelkän edistymisen lisäksi tavoitellaan myös edistymisen nopeutta. Tähän vaikuttaa ennen kaikkea valinnan voimakkuus ja ominaisuuden periytyvyys. Tätä kautta saadaan arvio edistymisestä sukupolven aikana. Koska jalostajan kannalta on usein kiinnostavampaa tietää edistyminen vuotta kohden, tämä jaetaan lisäksi sukupolven välisellä ajalla. Myös tehtyjen arvioiden luotettavuus on edistymisen kannalta tärkeää.

Haasteena on tunnistaa jalostettavat eläimet jotka ovat geneettisesti parempia. Kun eläimen ilmiäsuun vaikuttavat geneettiset ja ympäristölliset tekijät, ei yksilön ominaisuuksista saada kaikkea tietoa pelkästään ilmiäsuuta katsomalla. Jos ominaisuuden perinnöllisyysaste on suuri, siitä saadaan hyvä arvio pelkän ilmiäsuun kautta, mutta jos perinnöllisyysaste on pieni, tarvitaan lisätietoja. Niitä saadaan kun mittaustietoja kerätään sukulaisilta ja jälkeläisiltä. Tämä johtuu siitä että perinnölliset ominaisuudet siirtyvät, joten jälkeläiset ovat keskenään samankaltaisempia kuin satunnaisesti valitut yksilöt.

Pelkän ilmiäsuun kautta voidaan saada nopeasti tuloksia, mutta usein tietoja yhdistetään sukulaisen tietoihin ja tämän avulla eristää ympäristön vaikutuksia, jolloin saadaan itse geeneistä kertovia tuloksia. Tavoitteena on saada tuloksia joita voidaan verrata toisten eläinten kanssa, jotta voidaan selvittää minkä yksilöiden geenejä halutaan seuraavaan sukupolveen. Vertailukelpoisuudella on usein rajoja. Esimerkiksi Suomessa turkiseläimillä menettely on sellainen että tulokset ovat vertailtavissa vain saman ketturenkaan sisällä, kun taas pohjoismaisen yhteistyön kautta lypsyrotuisilla tanskan, suomen ja ruotsin sonnien tulokset ovat keskenään vertailtavissa.

Jalostamisessa jalostustavoitteiden valitseminen on tärkeää. Siihen valittavien ominaisuuksien on oltava eläimen käyttötarkoituksen kannalta tärkeitä. Tässä keskitytään yleensä taloudellisiin tekijöihin, kuten eläimistä saatavan lopullisen tuotteen määrään ja laatuun, hedelmällisyyteen ja terveyteen. Ominaisuuksia voidaan valita myös eettiseltä kannalta, jolloin keskitytään esimerkiksi eläinten terveyteen. Myös hoidettavuus eli luonne ovat useilla eläimillä tärkeitä katsottuja ominaisuuksia.

Ominaisuuksia voidaan jalostaa yhtä tai useaa. Yleensä ominaisuuksia valitaan useita, koska muutoin jalostamisessa jotkin tärkeät ominaisuudet voisivat taantua geneettisten yhteyksien vuoksi. Osaa ominaisuuksia tarkkaillaan sen vuoksi että niissä on jo saavutettu tavoitteet ja nyt halutaan vain ylläpitää sen nykyistä tasoa. Jalostustavoitteiden valinta vaikuttaa yksilöiden jalostukselliseen keskeisyyteen siten että eläimen ominaisuus saa tärkeysarvon. Keskeisten ominaisuuksien

suuruus on tärkeämpää kuin epäolennaisempien ominaisuuksien suuruudet. Näin saadaan rakennettua indeksi.

Jalostamisessa jalostustavoitteiden kannalta olennaisten ominaisuuksien mittaaminen ja seuranta on keskeisessä asemassa. Tarkkailussa syntyy mittaustuloksia joiden kautta eläimen omaa geneettistä laatua voidaan arvioida. Tämän tiedon pohjalta voidaan päättää valitaanko vai karsitaanko yksilö. Jos mittaustuloksia yhdistetään sukulaisuussuhteiden kautta saatujen tietojen kanssa, jolloin vanhempien tulokset vaikuttavat esimerkiksi niiden jälkeläisiin ja isovanhempiin. Sukutietoihin yhdistäminen kertoo tarkemmin yksilön geneettisistä ominaisuuksista, koska se poistaa ympäristön aikaansaamia vaikutuksia. Näin tuloksissa on vähemmän häiriöitä. Ominaisuuksien tarkkailun avulla voidaan myös seurata jalostamisen yleistä edistymistä. Edistymisen kautta voidaan seurata eteneekö jalostaminen halutulla tavalla. Tarkkailu voi myös paljastaa eroja suunniteltuun edistymiseen, jolloin aikaisempien tietojen puutteellisuutta voidaan sekä huomata että korjata.

Lähteet

Alasuutari Sakari, ”Lampaan jalostus” [www -dokumentti]

<<http://openetti.aokk.hamk.fi/info/opiskelijoidentyot/lammas/jalostus.htm>> (Luettu 13.11.2009)

Berg Peer, Fimland Erling, Meuwissen Theo, Mäki-Tanila Asko ja Woolliams John, 2005, “Sustainable Management of Animal Genetic Resources”, Norway

Björklund Mats, 2009, ”Evoluutiobiologia”, Helsinki

Faba, 2008, ”Sikaopas”, Liperi

Faba Palvelu, 2009a, ”Lypsyrotujen jalostusohjelma”, [www -dokumentti]

<<http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusohjelma>> (Luettu 11.11. 2009)

Faba Palvelu, 2009b, ”Lypsykarjan jalostusarvon ennusteet” [www -dokumentti]

<http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusarvon_ennusteet> (Luettu 11.11.2009)

Faba palvelu, 2009c, ”Tuotanto -ominaisuudet” [www -dokumentti]

<http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusarvon_ennusteet/tuotanto-ominaisuudet> (Luettu 11.11.2009)

Faba palvelu, 2009d, ”Hedelmällisyys” [www -dokumentti]

<http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusarvon_ennusteet/hedelmallisyys> (Luettu 11.11.2009)

Faba palvelu, 2009e, ”Poikimaominaisuudet” [www -dokumentti]

<http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusarvon_ennusteet/poikimaominaisuudet> (Luettu 11.11.2009)

Faba palvelu, 2009f, ”Rakenne” [www -dokumentti]

<http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusarvon_ennusteet/rakenne> (Luettu 11.11.2009)

Faba palvelu, 2009g, ”Käyttöominaisuudet” [www -dokumentti]

<http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusarvon_ennusteet/kayttoominaisuudet> (Luettu 11.11. 2009)

Faba palvelu, 2009h, "Terveysominaisuudet" [www -dokumentti]

<http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusarvon_ennusteet/terveysominaisuudet> (Luettu 11. 11. 2009)

Faba palvelu, 2009i, "Kestävyys" [www -dokumentti]

<http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusarvon_ennusteet/kestavyys> (Luettu 11.11. 2009)

Faba palvelu, 2009j, "NTM -kokonaisjalostusarvo" [www -dokumentti]

<http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusarvon_ennusteet/ntm-kokonaisjalostusarvo> (luettu 11.11. 2009)

Faba palvelu, 2009k, "Interbull -indeksit" [www -dokumentti]

<http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusarvon_ennusteet/interbull-indeksit> (Luettu 11.11.2009)

Faba palvelu, 2009l, "Perinnöllinen edistyminen" [www -dokumentti]

<http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/perinnollinen_edistyminen> (Luettu 11.11.2009)

Faba palvelu, 2009m, "Tuotosindeksi" [www -dokumentti]

<<http://www.faba.fi/files/1029/Tuotosindeksi.pdf>> (Luettu 11.11.2009)

Faba palvelu, 2009n, "Hedelmällisyysindeksi" [www -dokumentti]

<http://www.faba.fi/files/1028/Hedelm_llisyysindeksi.pdf> (Luettu 11.11.2009)

Faba palvelu, 2009o, "Lihakarjan jalostusohjelma" [www -dokumentti]

<<http://www.faba.fi/jalostus/lihakarja/jalostusohjelma>> (Luettu 12.11.2009)

Faba palvelu, 2009p, "Lihakarjan rakennearvostelu" [www -dokumentti]

<<http://www.faba.fi/jalostus/lihakarja/rakennearvostelu>>(Luettu 12.11.2009)

Faba palvelu, 2009q, "Lihakarjan jalostusarvot" [www -dokumentti]

<<http://www.faba.fi/jalostus/lihakarja/jalostusarvot>> (Luettu 12.11.2009)

Finnpig, ”Risteytysohjelma” [www -dokumentti]

<<http://www.finnpig.fi/4.html>> (Luettu 22.11.2009)

Hernesniemi Tapio, 2000, ”Ketunkasvatuksen taito”, Helsinki

Hippos, ”Hevosjalostus” [www -dokumentti]

<http://www.hippos.fi/hippos/jalostus_ja_kasvatus/jalostus/index.php> (Luettu 20.10. 2009)

Honkasalo Liisa, 2007, ”Lampaiden ruokinnan onnistumisen mittarit”, [www -dokumentti]

<

http://portal.hamk.fi/portal/page/portal/HAMKJulkisetDokumentit/Koulutus/Koulutusohjelmat/maaseutuelinkeinot/Portletit/Maaseutuelinkeinojen_kon_portletit/Honkasalo_Liisa.pdf> (Luettu 24. 11. 2009)

Jokasorkka, 2/2009, [www -dokumentti]

<<https://www.lso.fi/attachments/jokasorkka/2002/JS902.pdf>> (20.9.2002)

Juga Jarmo, Maijala Kalle, Mäki-Tanila Asko, Mäntysaari Esa, Ojala Matti ja Syväjärvi Jouko, 1999, ”Kotieläinjalostus”, Jyväskylä

Käytännön Maamies, ”Iso kisa sika -aineksesta” [www -dokumentti]

<<http://www.kaytannonmaamies.fi/arkisto/km-908/iso-kisa-sika-aineksesta>> (25.7.2008)

Laaksonen Mikko, 1987, ”Mehiläishoito”, Helsinki

Lihateollisuuden tutkimuskeskus : ”Suomalaisen lihasiipikarjan hyvän tuotantotavan kuvaus.”

[www -dokumentti]

<<http://www.siipi.net/ajankohtaista/tuotanto/index.html>> (Luettu 10.11.2009)

Maa- ja metsätalousministeriö, 2004, ”Suomen maaraportti kotieläinten geenivaroista FAO:lle”, MMM:n julkaisuja 4/2004, Helsinki

Mäki Katariina, ”Pienten populaatioiden jalostus” [www -dokumentti]

<<http://www.koiranjalostus.fi/katariina5.pdf>> (Luettu 9.11. 2009)

ProAgria, ”eläinaineksen valinta” [www -dokumentti]

<<http://www.proagria.fi/palvelut/liha/liha.asp?cat=lammasaines>> (Luettu 24.11.2009)

Pösö Jukka, Nauta 3/2006, ”Tuotosindeksit tarkastelussa”, [www -dokumentti]

<http://www.nordicebv.info/NR/rdonlyres/65B3C685-65E9-4F08-BE2E-7DF023CD45CC/0/pubFinn200606nautas10_12.pdf> (Luettu 26. 11. 2009)

Saastamoinen Markku ja Teräväinen Hanne (toim.), 2007, Tieto tuottamaan, ”Hevosien ruokinta ja hoito”, 6 painos, Porvoo

Siipikarjaliitto, 2009a, ”jalostus” [www -dokumentti]

<<http://www.siipi.net/siipikarjaliitto/jalostamalla.html>> (Luettu 10.11. 2009)

Siipikarjaliitto, 2009b, ”Kanojen risteytys” [www -dokumentti]

<http://www.siipi.net/siipikarjaliitto/risteytys_kaavio.html> (Luettu 10.11. 2009)

Savolainen Ulla, 2008, ”Katsaus Suomen lammastalouteen vuosina 1999-2008” [www -dokumentti]

<[http://www.proagria.fi/suomenlammasyhdistys/SLY%20historiikki%202008_2%20\(2\).pdf](http://www.proagria.fi/suomenlammasyhdistys/SLY%20historiikki%202008_2%20(2).pdf)> (Luettu 13.11. 2009)

Tammermäki Eeva-Leena, 2007, ”Keskisuomalainen lammas nyt ja tulevaisuudessa”, Jyväskylä [www -dokumentti]

<https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/13048/jamk_1188900496_2.pdf?sequence=1> (Luettu 24. 11. 2009)

Tammisola Jussi, Vihreä lanka, 1999, ”[Mutaatiot] - luonnon lahja elämälle”, [www -dokumentti]

<<http://www.mm.helsinki.fi/~tammisol/VL99.pdf>>, (Luettu 28.11.)

Kuvat

Kuva 1: Siipikarjaliitto, ”Kanojen risteytys” [www -dokumentti]

<http://www.siipi.net/siipikarjaliitto/risteytys_kaavio.html> (Luettu 10.11. 2009)

Kuviot

Kuvio 1: Faba palvelu, ”Tuotosindeksi” [www -dokumentti]

<<http://www.faba.fi/files/1029/Tuotosindeksi.pdf>> (Luettu 11.11.2009)

Kuvio 2: Faba palvelu, ”Hedelmällisyysindeksi” [www -dokumentti]

<http://www.faba.fi/files/1028/Hedelm_ellisyyssindeksi.pdf> (Luettu 11.11.2009)

Taulukot

Taulukko 1: Faba palvelu, ”NTM -kokonaisjalostusarvo” [www -dokumentti]

<http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusarvon_ennusteet/ntm-kokonaisjalostusarvo>

(luettu 11.11. 2009)

Taulukko 2: Faba palvelu, ”NTM -kokonaisjalostusarvo” [www -dokumentti]

<http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusarvon_ennusteet/ntm-kokonaisjalostusarvo>

(luettu 11.11. 2009)

BLUP -LASKENTA

LIITE 1

BLUP on suoran vertailun menetelmä, koska informaatio eläinten paremmuusjärjestyksestä verrataan ympäristötekijöiden kanssa vertaamalla karjojen sisällä vaikuttavia ympäristötasojen muutoksia. BLUP eroaa perinteisistä valintaindekseistä siten että indeksi perustuu kesiarvoista lasketuihin suhteellisiin tuotoksiin kun taas BLUP:issa ympäristövaikutukset arvioidaan ottamalla jalostusarvojen vaikutus huomioon. Henderson kehitti arvioon sekamalliyhtälöihin perustuvan ratkaisun, joka salli suuremman aineiston käytön. BLUP:issa lasketaan jalostusarvot valintaindeksikaavalla havainnoista siten että tuloksia korjataan ympäristötekijöillä. Tämän ymmärtämisessä on tärkeää, että jalostusarvojen kovarianssi saadaan eläinten välisen sukulaisuuden kautta. ($G = A \sigma^2_u$) Sukulaisuusmatriisin laskeminen olisi yleisesti vaikeaa, mutta laskemiseen tarvitaan vain sen käänteismatriisi, jonka laskeminen on helpompaa. Yleensä BLUP -laskennassa ikään kuin automaattisesti otetaan sukulaisuusmatriisit mukaan käsittelyyn. Kuitenkin pelkän perinteisen indeksin pohjalta arvostelua voidaan tehdä. Syynä on luultavasti se, että BLUP -arvostelun yksi yleisimmistä käytännön sovelluksista on yksilö eli eläinmalli, jossa tuotoksen tehneen eläimen oma jalostusarvo on mukana arvostelussa, ja tämän käyttö on mahdollista vain jos ottaa mukaan eläinten väliset sukulaisuudet. (Juga ym. 1999, 186)

Tilastollinen malli on kuitenkin erikoistapaus yleisemmästä mallista, jossa havainnot voivat olla eri ominaisuuksista samoilta tai eri eläimiltä. Monen ominaisuuden mallit mahdollistavat eri ominaisuuksille erilaisten heritabiliteetit ja varianssit antavia tuloksia. MT-BLUP -mallissa on otettu huomioon myös ominaisuuksien välisiä perinnöllisiä ja ympäristöllisiä yhteyksiä. Tämä parantaa arvosteluvarmuutta, koska geenien yhteisvaikutustakin tulee otettua huomioon. Usein arvostelumenetelmien kehittelyssä yritetään kaikkien ominaisuuksien käsittely MT -BLUP -mallilla, koska valinta yhdessä ominaisuudessa voi vaikuttaa muualle, ja se johtaa arvosteluvirheeseen toisaalla. Esimerkiksi jos hyvät emakot karsitaan emakkosikalasta ensimmäisen poikimisen jälkeen, kertyisi poikimavälistä havaintoja vain niille sioille, joilla on hyvä hedelmällisyys. Kun tämä yhteys otetaan huomioon, kuten MT-BLUPissa tehdään, voidaan ottaa huomioon yhteydet ja saada oikeat arvot. Toinen menetelmän antama etu on se, että kokonaisjalostusarvon määrittäminen on helppoa kun yhteydet on otettu huomioon jo niiden arvoa laskettaessa. Monen ominaisuuden arvostelut ovat kuitenkin laskennallisesti suuritöisiä. Jos lasketaan kahta ominaisuutta kerralla, laskentatehoa vaaditaan jo kolminkertainen määrä. Toinen ongelma on korrelaatioiden selvittämisen puutteet. Virhe tässä arvioinnissa vie luotettavuutta lopputuloksesta. (Juga ym. 1999, 189)

BLUP onkin tällä hetkellä normi jalostuksessa. Koska tietokoneiden kasvanut laskentateho sallii kompleksisempien järjestelmien käyttämisen, voidaan useampia asioita hallita samanaikaisesti. Tämä on johtanut kasvaneeseen tarkkuuteen jalostusarvojen arvioinnissa. (Berg ym. 2005, 62-63)

Kun eläinten jalostusarvoja lasketaan, arvioidaan eläimen arvokkuutta tuotannolle. Melko usein tarvetta on myös tilalta toiselle siirtämiseen. Kun toimitaan yhden tilan sisällä, paremmuusjärjestys on tietenkin selvä. Kuitenkin, kun tilan eläimet laitetaan absoluuttisiksi poikkeamiksi ja suhteelliseksi prosenttiosuudeksi, tilalta toiselle vertailu häiriintyy. Esimerkiksi epärehellinen tapa olisi ottaa tilalle tahallaan muutama oikein huono eläin. Niiden käyttäminen laskisi keskiarvoa, jolloin parhaimmat eläimet näyttäisivät paremmilta: Ne ovatkin nyt enemmän keskitasoa parempia, ja niiden suhteellinen paremmuus nousee. Toinen vanha menettely oli saada jälkeläisarvostelu näyttämään paremmalta siten, että lehmälle valittiin vain huippusonneja. Näin sen vasikat näyttivät keskivertoa paremmilta, jolloin lehmä näytti hieman paremmalta kuin mitä se on. (Juga ym, 1999, 183) Sukulaisuusmatriisin käyttö estää tämänkaltaista toimintaa. Jälkeläisten tasossa otetaan myös sonnin jälkeläisten keskiarvo huomioon, ja monet muut sukulaisuussuhteet painotettuna siinä suhteessa, miten ne ovat geneettisesti sukulaisia. Näin kaikki eläimen sukulaisuussuhteet saadaan esille. Henderson kehittikin BLP -menetelmän. Hänen mukaansa se oli paras (Best) lineaarinen (Linear) ennusteeksi (Prediction) koska se johdetaan maksimoimaan indeksin ja todellisten arvojen välinen korrelaatio. Samalla se minimoi ennustetun jalostusarvon ja saavutetun jalostusarvon välisen eron. BLP:ssä perushavaintona käytetään mittauksia, jotka ottavat huomioon monia systemaattisia häiriötekijöitä. Lineaarinen menetelmä tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että havaintoja kuvaava tilastollinen malli rakennetaan siten, että se muodostuu tekijöistä, jotka yhteenlaskien saadaan lopullinen tulos. (Juga, 1999, 183) Mäntysaaren mukaan Henderson suositteli käytännön arviointiin astetta mutkikkaampaa BLUP -menettelyä. (Liite 1) Tämän harhattomuus (Unbiased) merkintä tuli siitä, että havaintoja korjattiin niihin liittyvien ympäristötekijöiden suhteen. (Juga, 1999, 183) Harhattomuus BLUP:in kohdalla tarkoittaa sitä että indeksien keskiarvo on sama kuin jalostusarvojenkin. Käytännössä tämä tehdään hyödyntämällä erilaisia käsittelyjä ympäristötekijöiden suhteen. Tämä toteutuu vain jos systemaattiset tekijät voidaan selvittää. Jos tätä ei voida tehdä, ennuste ei ole harhaton koska yksittäisen eläimen jalostusarvo riippuu myös osittain siitä ympäristöstä jossa se elää. Jos ajatellaan että polveutumisenennusteet ovat keskimäärin samat kuin eläimen lopullinen tuotos, voidaan ennusteita ja toteutuneita tuloksia tarkastelemalla nähdä kuinka tarkasti ennusteet osuvat oikeaan. Tarkkailulla saadaan samalla parannettua arvosteluvarmuutta. Suurempi määrä informaatiota antaa paremman tuloksen ja periytymisasteen suuruus ja tietorakenteet saadaan muokattua totuutta vastaaviksi. Jälkeläisarvostelujen arvosteluvarmuus riippuu yleensä tehollisesta tytärmäärästä, eli alkuperäisestä tytär-

määrästä vähennetään ympäristövaikutusten määrittämiseen vaadittavien tytärien määrä. (Juga ym. 1999, 189)

SUKUSIITOSASTEEN ARVIOINTI

LIITE 2

Yksilön sukusiitosaste saadaan laskettua kaavalla $\Delta F = (F_{t+1} - F_t) / (1 - F_t)$, jossa ΔF kuvaa kahden sukupolven ($t+1$ & t) sukusiitosasteen muutosta, jonka suuruus saadaan vertaamalla täydellisen sukusiitoksen ($F=1$) ja keskimääräisen sukusiitosasteen (F_t) erotukseen. Pitkällä tähtäimellä katsottuna sukusiitosaste riippuu populaation tehollisesta koosta (effective population size, N_e), joka määräytyy siitä kuinka monta vanhempaa tarvitaan seuraavan sukupolven tuottamiseen. Jos koiraita ja naaraita on saman verran, ja on kyseessä satunnaisparitus, sukusiitoksen muutos on $\Delta F = 1/(2N)$. Sen sijaan populaatiossa, jossa vanhempien määrä on pienempi kuin koko populaatio, se onkin $\Delta F = 1/(2N_e)$. Ja jos koiraiden ja naaraiden määrä eroaa toisistaan paljon, joudutaan N_e arvioimaan eri lähestymistavalla, jolloin arvio on $N_e \sim (4N_m N_f) / (N_m + N_f)$, jossa N_m (male) ja N_f (female) ovat vanhempina käytettävien urosten ja naaraiden lukumäärät. Tällöin sukusiitosasteen muutosarvio lasketaan kaavalla $\Delta F \sim 1/(8N_m) + 1/(8N_f)$. (Juga ym. 1999, 129)

Jalostuksessa tehokas populaation koko N_e riippuu sukusiitosasteesta ja sen muutoksesta ΔF . Se on laskettavissa kaavalla $N_e = 1/(2\Delta F)$ (Berg ym. 2005, 24)