

# Ratsuhevosten rakenteen ja suorituskyvyn väliset perinnölliset yhteydet suomalaisessa ratsuhevospopulaatiossa

---

Emilia Lehto  
Maisterintutkielma  
Helsingin Yliopisto  
Maataloustieteiden laitos  
Kotieläinten jalostustiede  
marraskuu 2012

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Emilia Lehto			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Ratsuhevosten rakenteen ja suorituskyvyn väliset perinnölliset yhteydet suomalaisessa ratsuhevospopulaatiossa			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kotieläinten jalostustiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year marraskuu 2012	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 44
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Tutkielman tavoitteena oli selvittää ratsuhevosten rakenteen ja suorituskyvyn välisiä perinnöllisiä yhteyksiä suomalaisessa lämminverisessä ratsuhevospopulaatiossa. Tutkimusaineisto koostui lämminverisille ratsuhevosille tarkoitetun laatuarvostelun tuloksista vuosilta 1996-2010 sekä lämminveristen ratsuhevosten sukulaisuustiedoista. Laatuarvostelujen tulokset saatiin Ratsujalostusliitto ry:ltä ja sukulaisuusaineisto saatiin Suomen Hippos ry:n hevosrekisteristä. Esikäsittelyn jälkeen laatuarvostelu aineistossa oli mukana 640 hevosta ja sukulaisuusaineistossa 4 458 hevosta. Perinnölliset tunnusluvut laskettiin monenominaisuudenmallilla VCE6-ohjelmalla, joka laski aineistosta REML-estimaatteja (restricted maximum likelihood). Arvosteltavia ominaisuusryhmiä oli kuusi ja arvosteltavia ominaisuuksia oli 27. Arvosteltavien ominaisuuksien suuresta määrästä johtuen ominaisuudet analysoitiin pienemmissä erissä.</p> <p>Tutkittujen ominaisuuksien periytymisasteet olivat melko korkeita ja keskivirheet pieniä. Ominaisuusryhmien sisäiset geneettiset korrelaatiot olivat positiivisia ja voimakkaita. Tästä voidaan päätellä, että saman ryhmän ominaisuuksiin vaikuttavat suurimmaksi osaksi samat geenit/geeniryhmät tai sitten eri ominaisuuksien kohdalla on todellisuudessa arvosteltu samaa ominaisuutta. Rakenneominaisuuksien ja eri suorituskyvyn ominaisuuksien välisestä geneettisistä korrelaatioista voidaan päätellä, että rakennetta voidaan käyttää epäsuorasti apuna jalostettaessa koulukoe- ja askellajiominaisuuksia. Lisäksi voidaan olettaa, että rakenneominaisuuksien ja eri esteratsastusominaisuuksien välinen geneettinen yhteys on melko alhainen. Eri suorituskyvyn ominaisuuksien välisestä geneettisistä korrelaatioista voidaan päätellä, että askellajiominaisuuksien ja eri esteratsastusominaisuuksien väliset geneettiset yhteydet ovat alhaisia. Askellaji- ja koulukoeominaisuuksien väliset voimakkaat positiiviset geneettiset korrelaatiot viittaisivat siihen, että molemmissa osakokeissa on arvosteltu samoja ominaisuuksia.</p> <p>Tämän tutkimuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että kaikissa esteominaisuusryhmissä on todellisuudessa arvosteltu samoja ominaisuuksia, jolloin yksikin osakoe on riittävä tuottamaan tiedon hevosen laadusta, kapasiteetista ja jalostusarvosta. Lisäksi voidaan todeta, että ratsuhevosten rakenteen ja suorituskyvyn välillä suomalaisessa ratsuhevospopulaatiossa on perinnöllisiä yhteyksiä. Näitä havaittuja yhteyksiä voidaan tulevaisuudessa käyttää apuna jalostettaessa heikosti periytyviä ominaisuuksia, kuten liikkeiden mekaniikkaa käynnissä ja ratsastettavuutta. Lisäksi näitä tuloksia voidaan käyttää apuna laatuarvostelujen ja mahdollisesti muiden suorituskyvynkokeiden arvostelutapojen kehittämisessä.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Rakenne, suorituskyky, geneettinen korrelaatio, ratsuhevonen			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Työtä ohjasi: Ismo Strandén			

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty		Laitos — Institution — Department	
Faculty of Agriculture and Forestry		Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author			
Emilia Lehto			
Työn nimi — Arbetets titel — Title			
Genetic relationships between conformation and performance traits in Finnish Warmblood riding horse population			
Oppiaine — Läroämne — Subject			
Animal Science			
Työn laji — Arbetets art — Level		Aika — Datum — Month and year	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages
Master's thesis		November 2012	44
Tiivistelmä — Referat — Abstract			
<p>The aim of this study was to investigate the genetic relationships between conformation and performance traits in Finnish Warmblood riding horse population. The research material included the RHQT (riding horse quality test) results from the years 1996-2010 and the pedigree data for the horses. The RHQT results were received from the Finnish Breeders Association and the pedigree data was received from the Finnish trotting and breeding association's horse register. The RHQT results consisted of 640 horses and the pedigree data consisted of 4 458 horses. The REML estimates of (co)variance components were calculated by VCE6 using multi trait model. Altogether there were six trait groups, which consisted of 27 different traits. Because of the large number of traits, the analyses were done in smaller subsets with two trait groups at the same time.</p> <p>The heritability estimates for the studied traits were quite high and the standard errors were small. The genetic correlations within each trait group were strong and positive. Thus it could be concluded that same genes or groups of genes affect all the traits within the trait group. The other explanation for this could be that in reality the judges have evaluated the same traits as different traits. The genetic correlations between conformation traits and all gait traits and dressage traits indicate that conformation can be used indirectly in the breeding of gait and dressage traits. Furthermore, it could be concluded that the genetic relationships between conformation and show-jumping traits are quite low. The genetic correlations between gait traits and show-jumping traits were low. The genetic correlations between gait traits and dressage traits were positive and strong. These strong and positive correlations indicate that the judged traits are actually same or very similar.</p> <p>From the results of this study can be concluded that all three different tests for show-jumping traits are actually measuring the same traits. Because of this one test would be adequate to produce the information of horses quality, capacity and breeding value. Moreover it can be concluded that there are genetic relationships between conformation and performance in Finnish Warmblood riding horse population. These discovered relationships can be used when breeding traits that have low heritabilities, such as the mechanic of movement in the walk or rideability. Furthermore, these results can be used to improve the judging methods in RHQT and other performance tests.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords			
Conformation; Performance; Genetic correlation; Warmblood; Riding horse			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited			
Department of Agricultural Sciences and Viikki Science Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information			
Supervisor: Ismo Strandén			

# SISÄLLYS

<b>1 Johdanto.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Kirjallisuuskatsaus.....</b>	<b>6</b>
2.1 Ratsuhevosen rakenne.....	6
2.1.1 Rakenteen arvostelu.....	6
2.1.2 Koulu- ja esteratsastuksen asettamat vaatimukset rakenteelle.....	8
2.2 Suorituskyky ja sen mittaaminen.....	9
2.3 Rakenteen ja suorituskyvyn periytyminen.....	10
2.3.1 Rakenteen periytyminen sekä ominaisuuksien väliset yhteydet.....	10
2.3.2 Suorituskyvyn periytyminen sekä ominaisuuksien väliset yhteydet.....	11
2.4 Rakenteen ja suorituskyvyn väliset yhteydet.....	13
<b>3 Tutkimuksen tavoitteet.....</b>	<b>15</b>
<b>4 Aineisto ja menetelmät.....</b>	<b>16</b>
4.1 Aineiston hankinta.....	16
4.2 Aineiston kuvaus.....	16
4.2.1 Laatuarvostelu tulokset.....	16
4.2.2 Sukulaisuusaineisto.....	18
4.2.3 Aineiston rakenne.....	18
4.3 Menetelmät.....	20
4.3.1 Aineiston muokkaus.....	20
4.3.2 Fenotyyppiset ja genotyyppiset korrelaatiot sekä periytymisasteiden ennusteet.....	20
<b>5 Tulokset.....</b>	<b>21</b>
5.1 Laatuarvostelu aineiston tunnusluvut.....	21
5.2 Ominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet.....	24
5.3 Geneettiset ja fenotyyppiset yhteydet ominaisuusryhmissä.....	26
5.4 Rakenne- ja suorituskyvyn ominaisuuksien väliset geneettiset ja fenotyyppiset korrelaatiot sekä geneettisten korrelaatioiden keskivirheet.....	29
5.6 Suorituskyvyn ominaisuuksien väliset geneettiset ja fenotyyppiset korrelaatiot sekä geneettisten korrelaatioiden keskivirheet.....	31
<b>6 Tulosten tarkastelu.....</b>	<b>35</b>
<b>7 Johtopäätökset.....</b>	<b>40</b>
<b>Lähteet</b>	

## 1 JOHDANTO

Ratsuhevosjalostuksessa hevosen liikkeille ja rakenteelle laitetaan paljon painoarvoa. Valittaessa jalostushevosiä rakennetta pidetään merkkinä hevosen suorituskyvystä ja kestävydestä (Holmström ym.1990). Tämä johtuu siitä, että useissa tutkimuksissa rakenteen ja suorituskyvyn väliltä on löydetty geneettisiä korrelaatioita, jolloin rakennetta voidaan käyttää apuna suorituskyvynominaisuuksien jalostamisessa (Holmström ja Philipsson 1993, Koenen ym. 1995, Ducro ym. 2007a, Ducro ym. 2007b, Viklund ym. 2010). Pelkkien suorituskyvynominaisuuksien jalostaminen on hidasta ja vaikeaa, koska niiden periytymisasteet ovat melko alhaisia. Rakenneominaisuuksien periytymisasteet ovat kohtalaisia ja tästä johtuen perinnöllinen edistyminen on nopeampaa kuin jos jalostettaisiin pelkkiä suorituskyvynominaisuuksia.

Monien hevosjalostusjärjestöjen tavoitteena on jalostaa urheiluhevosiä, mutta ne eivät ole määritelleet eri jalostustavoitteita eri lajeille (esimerkiksi kouluratsastus, esteratsastus, kenttäratsastus) ja millä tasolla (seura, alue, kansallinen, kansainvälinen) hevosten tulisi kilpailla. Jalostettaessa hevosiä harrastekäyttöön perusolemukselle ja luonteelle asetetaan enemmän painoarvoa kuin urheiluhevosjalostuksessa (Koenen ym. 2004). Myös harrastehevosten jalostaminen on tärkeää, koska harrastehevosiä ei synny urheiluhevosjalostuksen sivutuotteena. Lisäksi hevosjalostuksessa monet ominaisuudet ovat vaikeasti mitattavia, koska niihin vaikuttavat niin monet eri tekijät. Jotta saataisiin jalostettua korkealaatuisia suoritushevosiä, tulisi käyttää laajamittaista jalostusohjelmaa (Bobbert ym. 2005).

Tämä tutkimus tehtiin, koska suomalaisesta lämminverisestä ratsuhevospopulaatiosta ei ole aiemmin tehty vastaavaa tutkimusta. Tutkimus oli myös ajankohtainen, koska suomalaiselle lämminveriselle ratsuhevoselle ollaan laatimassa uutta jalostusohjesääntöä.

## **2 KIRJALLISUUSKATSAUS**

### **2.1 Ratsuhevosen rakenne**

Hevosen rakenteella tarkoitetaan hevosen ulkomuotoa, luustoa sekä ruumiinosien suhdetta toisiinsa. Hevosen rakenne on muuttunut vuosien aikana ihmisen tekemän jalostusvalinnan seurauksena. Hevosten ruumiinrakenne saattaa vaihdella paljonkin sekä roduittain että saman rodun sisällä eri linjojen välillä (Saastamoinen ja Barrey 2000). Ratsuhevosten jalostusvalinta perustuu pääasiassa hevosten suorituskyvyntuloksiin, varsinkin oriilla, mutta rakenteella ja askellajeilla on silti suuri merkitys kantakirjaustilaisuuksissa (Saastamoinen ja Barrey 2000, Thorén Hellsten ym. 2006). Erinomainen rakenne, kouluratsastukseen riittävät liikkeet ja hyvä hyppykapasiteetti on vaikea yhdistää suotuisasti samaan populaatioon koulu- ja esteratsastusominaisuuksien välisen negatiivisen geneettisen korrelaation takia. Tästä syystä on tarkoituksenmukaisempaa valita ja jalostaa joko kykyä kouluratsastukseen tai hyvää hyppykykyä kuin yrittää jalostaa molempia samanaikaisesti (Saastamoinen ja Barrey 2000). Perinteinen rakennearvostelu suosii kouluratsuja (Saastamoinen ja Barrey 2000).

Rakenneominaisuuksilla tarkoitetaan rungon mittoja ja kulmauksia, jalka-asentoja, kavioiden laatua, liikkeitä (askelen pituus, elastisuus ja säännöllisyys) ja purentaa (Saastamoinen ja Barrey 2000). Ratsuhevosjalostuksessa painotetaan rakenteen ja liikkeiden merkitystä valittaessa jalostushevosia, koska niiden avulla voidaan arvioida hevosen myöhempää suorituskykyä (Holmström ym.1990). Hevosen rakenne käsittää paljon muutakin kuin kvantitatiiviset mittaukset. Subjektiiivinen rakennearvostelu pitää sisällään monia ominaisuuksia, joita ei voida mitata. Näitä ovat esimerkiksi tyyppi, harmonia sekä pään, kaulan ja rungon muodot (Holmström ja Philipsson 1993).

#### **2.1.1 Rakenteen arvostelu**

Rakeneearvostelua käytetään apuna valittaessa hevosia, jotta löydetään sellaiset yksilöt, joilla on parempi terveys ja pienempi riski ontumiseen (Saastamoinen ja Barrey 2000). Rakenteen arvostelu tapahtuu useimmiten subjektiivisesti vertaamalla hevosen rakennetta ideaalirakenteeseen (Holmström ym. 1990). Tulevaisuudessa hevosten rakennearvostelussa siirrytään todennäköisesti rakenteen lineaariseen arvosteluun, joka

on nyt jo käytössä muun muassa Hollannin puoliverihevosien kantakirjassa (KWPN) ja Belgianlaisen puoliverisen kantakirjassa (BWP) (Suomen Hippos ry. 2012).

Rakenneominaisuudet jaetaan pisteytettäviin eli subjektiivisiin ja mitattaviin ominaisuuksiin. Pisteytettäviin ominaisuuksiin kuuluvat mm. tyyppi, pää, kaula, ylälinja, jalka-asennot, kavioiden laatu ja liikkeet (askelen pituus, elastisuus ja säännöllisyys). Mitattaviin ominaisuuksiin kuuluvat säkäkorkeus, lautaskorkeus, rinnanympäryys, etusäären ympäryys ja rungon pituus (Saastamoinen ja Barrey 2000, Suomen Hippos ry 2009). Lisäksi arvostellaan hevosen kokonaisvaltainen tasapaino, harmonia ja rungon symmetrisyys (Saastamoinen ja Barrey 2000).

Holmströmin ja Philipssonin (1993) tekemässä tutkimuksessa todettiin takajalkojen rakenteen olevan ratsuhevosien tärkein ominaisuus, koska takaosan pitää ajaa hevosta eteenpäin eli toimia hevosen moottorina sekä kantaa hevosen painoa ja saada hevonen tekemään töitä tasapainossa. Ko. tutkimuksen mukaan reisi on tärkein mitattava rakenneominaisuus, koska pitkä ja eteenpäin viettävä reisi asettaa takajalat syvemmälle hevosen rungon alle. Tämä helpottaa takajalkojen työskentelyä ja parantaa hevosen tasapainoa. Takajalkojen rakenteen lisäksi erityistä huomiota tulisi kiinnittää myös hevosen etujalkojen rakenteeseen, koska etujalat kantavat 60-65 % hevosen painosta (Saastamoinen ja Barrey 2000).

Suomessa ratsuhevosien jalostusvalinnassa käytetään hyväksi sekä yksilö- että jälkeläisarvostelua. Yksilöarvostelussa hevosta arvioidaan sen omien tulosten perusteella ja jälkeläisarvostelussa sen jälkeläisten tulosten perusteella. Jälkeläisarvostelu on luotettavin valintamenetelmä, ja sitä tulisi käyttää varsinkin silloin, kun kyseessä on heikosti periytyvä ominaisuus. Suomessa hevosten yksilöarvostelu tapahtuu varsanäyttelyissä ja 4-vuotiaiden ja sitä vanhempien hevosten osalta kantakirjaustilaisuuksissa. Nuorilta hevosilta ja poneilta näyttelyissä arvostellaan niiden rakenne ja liikkeet. Kantakirjattavien tammojen yksilöarvostelu sisältää rakenteen ja liikkeiden arvostelun lisäksi ratsastus- ja/tai ajokokeen. Kantakirjattavien oriiden yksilöarvostelu sisältää rakenteen ja liikkeiden arvostelun lisäksi suorituskyvynkokeen ja terveystarkastuksen (Suomen Hippos ry 2009.)

### 2.1.2 Koulu- ja esteratsastuksen asettamat vaatimukset rakenteelle

Ratsastusurheilun pääajit Euroopassa ovat kenttäratsastus, kouluratsastus ja esteratsastus. Tässä tutkimuksessa keskitytään koulu- ja esteratsastukseen. Useimmat ratsastajat, erityisesti kouluratsastajat, etsivät hevosia, jotka näyttävät hyvältä (Holmström ym.1990). Liikkeiden säännöllisyys ja takaosan aktiivisuus ovat tärkeitä urheiluehosille niiden suorittaessa erilaisia tehtäviä. Muun muassa jalka-asennot sekä lapojen, vuohisten ja lautasen kaltevuus ja pituus vaikuttavat hevosen liikkeiden laatuun (Koenen ym. 1995, Saastamoinen ja Barrey 2000).

Kouluratsastuksessa hevosen täytyy suorittaa monimutkaisia tehtäviä, kuten tempon vaihteluita ja eri askellajien välisiä siirtymisiä, säilyttäen samalla tasapainonsa ja taipuisuutensa. Hevosen kyky koota askellajejaan eli kyky siirtää yhä suurempi osa etuosaa kuormittavasta painosta takajalkojen päälle ja löytää näin uudelleen tasapainotila vaikuttaisi olevan kouluratsastuksessa tekijä, jolla on vaikutusta hevosen kilpailumenestykseen. Vaikeimpien tehtävien tekeminen oikein on mahdotonta ilman askellajien hyvää peruskokoamista (Saastamoinen ja Barrey 2000).

Holmströmin ym. (1990) tekemässä tutkimuksessa hyvillä esteratsuilla oli leveämmät ryntäät ja lanne, suurempi rintakehän ympäryys, pidempi lanne ja pienempi kulma reisiluun ja horisontaalitason välissä. Lisäksi tutkijat huomasivat, että kaikki tutkimuksessa mukana olleet eliittieratsut olivat poikkeuksetta säkäkorkeudeltaan yli 160 cm. Samassa tutkimuksessa havaittiin, että eliittikoulu- ja eliittieratsujen ryhmässä esiintyi enemmän koukkupolvisuutta kuin sapelijalkaisuutta, kun taas tutkimuksessa mukana olleiden ratsastuskouluhevosten ja nelivuotiaiden kohdalla tilanne oli päinvastainen. Verratessaan eliittihevosiä ratsastuskouluhevosiin ja nelivuotiaisiin tutkijat havaitsivat, että eliittikouluratsuilla ja eliittieratsuilla oli pienempi lavan kaltevuuskulma suhteessa horisontaalitasoon ja suurempi kinnerkulma kuin ratsastuskouluhevosilla ja nelivuotiailla.

Verrattaessa eliittikouluratsuja ja eliittieratsuja keskenään Holmström ym. (1990) havaitsivat, että kouluratsuilla oli säkäkorkeuteen suhteutettuna huomattavasti lyhyempi kaula ja sääriluu sekä kapeammat etusääret ja putkiluut kuin esteratsuilla. Lisäksi kouluratsuilla havaittiin suuremmat kulmat vuohis- ja lonkkanivelissä kuin esteratsuilla.



Myös reisiluun ja horisontaalisen tason välinen kulma oli kouluratsuilla suurempi kuin esteratsuilla.

Verratessaan eliittikouluratsuja tutkimuksessa tutkittuihin ratsastuskouluhevosiin ja nelivuotiaisiin Holmström ym. (1990) havaitsivat, että eliittikouluratsuilla oli lyhyempi kaula ja lyhyemmät sääriluut, pidemmät etu- ja takavuohiset sekä merkittävästi suurempi kyynärnivelten kulma ja suurempi reiden ja horisontaalisen tason välinen kulma kuin tutkituilla nelivuotiailla ja ratsastuskouluhevosilla. Eliittiesteratsujen ja ratsastuskouluhevosten ja nelivuotiaiden hevosten välisessä vertailussa tutkijat havaitsivat, että esteratsuilla oli pidemmät etu- ja takavuohiset sekä pienemmät kulmat etuvuohisissa ja lonkkanivelessä ja pienempi lanteen kaltevuuskulma. Yhdelläkään tutkimuksessa tutkitulla koulu- tai esteratsulla ei esiintynyt kiverää kinnertä. Tämä voisi olla merkki siitä, että pienempi kinnerkulma altistaa hevosen erilaisille vammoille tai, että pienempi kinnerkulma vaikeuttaa hevosen kykyä saavuttaa kokoamisaste, joka vaaditaan hyvään suoritukseen vaativalla tasolla. Holmström ym. (1990) epäilivätkin näiden kahden syyn yhdistelmän olevan todennäköisin selitys ilmiölle. Lisäksi esteratsuilla todettiin olevan muihin hevosiin verrattuna pienemmät vuohisnivelten kulmat etujaloissa. Syy tähän voisi olla, että suurempi kulma vuohisnivelessä altistaa vammoille, koska tällöin vuohisnivel ja jänteet sekä muut tukikudokset, kuten hankoside, joutuvat hypätessä suuremmalle rasitukselle.

## **2.2 Suorituskyky ja sen mittaaminen**

Suorituskykyä voidaan mitata erilaisilla suorituskyvynkokeilla nuorille hevosille sekä oriille. Nuorille hevosille tarkoitetut suorituskyvynkokeet palvelevat useampaa eri tarkoitusta. Tärkein näistä on tuottaa tietoa nuorten hevosten sekä niiden vanhempien jalostusarvojen arviointia varten. Toinen tärkeä tehtävä on löytää ne hevoset, joilla on lahjoja ratsastusurheiluun. Oriiden suorituskyvynkokeen tulosten perusteella pyritään valitsemaan lupaavimmat oriit jalostukseen. Oriiden ja nuorten hevosten suorituskyvynkokeilla on suuri merkitys hevosten jalostusarvostelussa suurimmassa osassa maita, jotka tuottavat urheiluhevosiä, erityisesti silloin kun jalostustavoitteena on sekä koulu- että esteratsastusominaisuudet (Thorén Hellsten ym. 2006.)

Monissa tutkimuksissa on havaittu voimakas positiivinen geneettinen korrelaatio suorituskyvynkokeiden tulosten sekä myöhemmän kilpailumenestyksen välillä (Wallin

ym. 2003, Thorén Hellsten ym. 2006). Tästä johtuen monet jalostusjärjestöt käyttävät vanhemmalla iällä saatujen kilpailutulosten sijaan nuorille hevosille suunnattujen suorituskyvynkokeiden tuloksia apuna arvioitaessa niiden geneettistä kykyä suoriutua kilpaurheilussa (Thorén Hellsten ym. 2006, Ducro ym. 2007b). Sekä Suomessa että Ruotsissa on käytössä nuorten hevosten laatuarvostelu, joka on tarkoitettu 4-vuotiaille ratsuhevosille sekä 5-vuotiaille varsoneille ratsuhevostammoille (Gerber Olsson ym. 2000).

## **2.3 Rakenteen ja suorituskyvyn periytyminen**

### **2.3.1 Rakenteen periytyminen sekä ominaisuuksien väliset yhteydet**

Rakenneominaisuudet ovat yleensä melko voimakkaasti periytyviä (Van Bergen ja Van Arendonk 1993, Saastamoinen ja Barrey 2000). Tästä johtuen niiden huomioon ottaminen jalostushevosia valittaessa on erittäin tärkeää, jotta saavutetaan parempi terveys ja liikkeet. Saastamoisen ja Barreyn (2000) mukaan rakennearvosteluun tulisi sisällyttää vain sellaiset rakenneominaisuudet, joilla on havaittu olevan suuri vaikutus hevosen suorituskykyyn ja terveyteen.

Mitattavien ominaisuuksien periytymisasteiden arviot vaihtelivat Koenen ym. (1995) tekemässä tutkimuksessa lautasen pituuden saaman 0,15 ja kaulan pituuden saaman 0,21 välillä. Van Bergenin ja van Arendonkin (1993) shetlannin poneilla tekemässä tutkimuksessa mitattavien ominaisuuksien periytymisasteiden arviot vaihtelivat selän- ja ristiselänpituuden saaman 0,13 ja säkäkorkeuden saaman 0,89 välillä. Periytymisasteiden arvioita tarkasteltaessa on otettava huomioon, että periytymisasteen arvioon vaikuttavat jalostettava rotu ja populaatio, josta periytymisaste on laskettu.

Pisteytettävien rakenneominaisuuksien periytymisasteiden arviot vaihtelevat eri tutkimuksissa 0,12 ja 0,39 välillä (van Bergen ja van Arendonk 1993, Koenen ym. 1995). Jalka-asentojen periytymisasteiden arviot ovat yleisesti matalia, vaihdellen välillä 0,07 ja 0,31 (van Bergen ja van Arendonk 1993, Koenen ym. 1995, Ducro ym. 2009).

Koenen ym. (1995) tekemässä tutkimuksessa pisteytettävät ominaisuudet olivat keskenään geneettisesti suotuisasti kohtalaisesti korreloituneita. Ducron ym. (2009) tekemässä tutkimuksessa jalkojen rakenneominaisuudet olivat kohtalaisesti geneettisesti

korreloituneet keskenään. Tutkijat havaitsivat, että kavion kantojen korkeuden ja vuohiskulman sekä kavionmuodon välillä vallitsi voimakas negatiivinen geneettinen korrelaatio arvoilla -0,42 vuohiskulmalle ja -0,41 kavionmuodolle. Tutkijoiden mukaan tämä viittaisi siihen, että korkeat kavion kannat liittyvät kapeisiin kavioihin ja pystyihin vuohisiin. Lisäksi tutkijat huomasivat, että vuohiskulma oli geneettisesti korreloitunut kavionmuodon ( $r_g = 0,27$ ) sekä etujalkojen rakenteen kanssa ( $r_g = 0,21$ ), tarkoittaen sitä, että pystyt vuohiset liittyvät sapelijalkaisuuteen.

Koenen ym. (1995) tekemässä tutkimuksessa havaittiin, että kevyt kaulan ja pään liittymä korreloi geneettisesti positiivisesti pitkän kaulan ( $r_g=0,67$ ) ja viiston lavan ( $r_g=0,62$ ) kanssa. Lisäksi tutkijat huomasivat, että korkea säkäkorkeus oli geneettisesti positiivisesti korreloitunut pitkän ja viiston lavan ( $r_g=0,70$ ) kanssa. Hyvin lihaksikkaan takaosan havaittiin korreloivan geneettisesti positiivisesti voimakkaasti pitkän ( $r_g=0,52$ ) ja viiston ( $r_g=0,70$ ) lautasen kanssa. Samassa tutkimuksessa rungon ja takaosan ominaisuuksien välillä havaittiin sekä positiivisia että negatiivisia kohtalaisia geneettisiä korrelaatioita.

### 2.3.2 Suorituskyvyn periytyminen sekä ominaisuuksien väliset yhteydet

Askellajiominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet vaihtelevat 0,12 ja 0,41 välillä (van Bergen ja van Arendonk 1993, Koenen ym. 1995). Poikkeuksena on Gerber Olssonin ym. (2000) tekemä tutkimus, jossa askellajien periytymisasteiden ennusteet olivat korkeita vaihdellen raville ennustetun 0,37 ja käynnille ennustetun 0,46 välillä.

Holmströmin ja Philipssonin (1993) tekemässä tutkimuksessa voimakkain geneettinen korrelaatio löydettiin laukan ja hyppykyvyn väliltä ( $r_g=0,18$ ). Tutkijoiden mukaan laukan ja käynnin välillä vallitseva geneettinen korrelaatio ei ollut riittävän voimakas, jotta sen avulla voitaisiin luotettavasti ennustaa laukasta saatavia pisteitä. Sen sijaan ravipisteiden avulla pystytään ennustamaan laukasta saatavia pisteitä. Gerber Olssonin ym. (2000) tekemässä tutkimuksessa käynnin ja laukan välinen geneettinen korrelaatio oli 0,36. Koenen ym. (1995) tekemässä tutkimuksessa eri askellajien välillä ja askellajeja kuvailevien ominaisuuksien (askelpituus, elastisuus, takaosantyöntö) välillä havaittiin voimakkaita ja erittäin voimakkaita geneettisiä korrelaatioita. Erityisesti ravin ominaisuudet olivat geneettisesti positiivisesti voimakkaasti korreloituneet muiden liikeominaisuuksien kanssa ( $r_g=0,55-0,74$ ), lukuunottamatta käynnin säännöllisyyttä,

jonka kanssa geneettiset korrelaatiot olivat hyvin lähellä nollaa. Ducron ym. (2007a) tekemässä tutkimuksessa askellajien välillä havaittiin voimakkaita positiivisia geneettisiä korrelaatioita, jotka vaihtelivat 0,75 ja 0,94 välillä. Gerber Olssonin ym. (2000) tekemässä tutkimuksessa kaikkien askellajien välillä havaittiin positiivisia geneettisiä korrelaatioita, suurin näistä oli ravin ja laukan välinen geneettinen korrelaatio, joka oli 0,71.

Koenenin ym. (1995) tekemässä tutkimuksessa ravia ja käyntiä kuvaavien ominaisuuksien ja hyppykyvyn väliset geneettiset korrelaatiot vaihtelivat -0,01 ja 0,09 välillä. Laukkaa kuvaavien ominaisuuksien (mm. askelpituus, takaosantyöntö) ja hyppykyvyn väliltä löydettiin kohtalainen positiivinen geneettinen korrelaatio (0,28-0,43) (Ducro ym. 2007b). Gerber Olssonin ym. (2000) tekemässä tutkimuksessa askellajeista laukka oli eniten korreloitunut hyppyominaisuuksien kanssa. Ducron ym. (2007a) tekemässä tutkimuksessa havaittiin epäsuotuisia geneettisiä korrelaatioita hyppyominaisuuksien ja askellajien väliltä, jotka vaihtelivat välillä  $r_g=0,08-(-0,45)$ . Ducron ym. (2007b) tekemässä tutkimuksessa irtohyppyominaisuuksien (mm. ponnistus, etujalkojentekniikka, seläntekniikka, hyppypotentiaali, elastisuus, varovaisuus) ja esteratsastuskilpailutulosten välillä havaittiin voimakas positiivinen geneettinen korrelaatio, joka vaihteli 0,52 ja 0,88 välillä. Gerber Olssonin ym. (2000) tekemässä tutkimuksessa periytymisaste oli matalampi hyppäämiselle ratsastajan kanssa kuin irtohyppäämiselle. Irtohyppäämisen periytymisaste oli 0,47 ja periytymisaste ratsastajan kanssa hyppäämiselle oli 0,32. Tutkijat epäilivät, että syynä oli ratsastajan vaikutus hevoseen, jolloin hevosten väliset erot eivät tule esille niin helposti. Samassa tutkimuksessa irtohyppääminen ja ratsastajan kanssa hyppääminen korreloivat geneettisesti voimakkaasti keskenään ( $r_g=0,93$ ). Tämä viittaisi siihen, että molempia ominaisuuksia säätelee suurimmaksi osaksi samat geenit.

Viklundin ym. (2010) tekemässä tutkimuksessa havaittiin hyvin voimakas positiivinen geneettinen korrelaatio nuorten hevosten laatuarvostelun hyppyominaisuuksien ja esteratsastuskilpailutulosten välillä, korrelaatio vaihteli 0,80 ja 0,89 välillä. Samassa tutkimuksessa esteratsastuskilpailutulosten ja nuorten hevosten laatuarvostelussa arvosteltujen askellajien välinen geneettinen korrelaatio vaihteli laukan saaman 0,33-0,39 ja muiden askellajiominaisuuksien saaman -0,01 ja 0,23 välillä.

Ducron ym. (2007a) tekemässä tutkimuksessa, askellajiominaisuuksien ja kouluratsastuskilpailumenestyksen välillä havaittiin melko voimakkaita positiivisia geneettisiä korrelaatioita, joista suurin oli käynnin ja kouluratsastuskilpailumenestyksen välinen geneettinen korrelaatio, joka oli 0,72. Ravin ja kouluratsastuskilpailumenestyksen välinen geneettinen korrelaatio oli 0,58 ja laukan ja kouluratsastuskilpailumenestyksen välinen geneettinen korrelaatio oli 0,37. Samassa tutkimuksessa hyppyominaisuuksien (ponnistus, tekniikka, voima) ja kouluratsastuskilpailumenestyksen välillä havaittiin negatiivinen geneettinen korrelaatio, joka vaihteli -0,46 ja -0,48 välillä. Viklundin ym. (2010) tekemässä tutkimuksessa kouluratsastuskilpailutulokset ja nuorten hevosten laatuarvostelussa arvostellut askellajiominaisuudet olivat positiivisesti geneettisesti korreloituneet toisiinsa korrelaatioiden vaihdella 0,47 ja 0,77 välillä.

Gerber Olssonin ym. (2000) tekemässä tutkimuksessa kilpailuominaisuuksien periytymisasteet olivat 0,17 kouluratsastukselle ja 0,19 esteratsastukselle, kun taas Ducron ym. (2007a) tekemässä tutkimuksessa koulu- ja esteratsastuksen periytymisasteiden ennusteet olivat 0,14 ( $\pm 0,02$ ). Ducron ym. (2009) tekemässä tutkimuksessa koulu- ja esteratsastuksen periytymisasteiden ennusteet olivat 0,14.

## **2.4 Rakenteen ja suorituskyvyn väliset yhteydet**

Rakennearvostelua ja toiminnallisen rakenteen valitsemista käytetään epäsuorasti apuna suorituskyvyn valinnassa. Tämä johtuu siitä, että eri tutkimuksissa on havaittu, että sekä koulu- että esteratsastuksessa rakenteen ja kilpailumenestyksen välillä vallitsee kohtalainen positiivinen geneettinen korrelaatio (Wallin ym. 2003, Stock ja Distl 2006). Nuoren hevosen rakennetta voidaan pitää hevosen myöhemmän suorituskyvyn mittarina (Holmström ja Philipsson 1993, Koenen ym. 1995). Rakennearvostelun merkitys suorituskyvyn ja kestävyuden mittarina korostuu silloin kun arvosteluun sisältyy käynnin ja ravin esittäminen maasta käsin (Holmström ja Philipsson 1993). Suorituskyvyn epäsuora valinta rakenteen avulla on hyödyllistä, koska suorituskyvynominaisuuksien periytymisasteet ovat matalia. Suorituskyvynominaisuuksien epäsuoran valinnan tehokkuus riippuu rakennominaisuuksien periytymisasteiden ennusteista sekä rakennominaisuuksien ja suorituskyvynominaisuuksien välisistä geneettisistä korrelaatioista (Koenen ym. 1995). Geneettisen edistymisen saavuttamiseksi täytyy periytymisasteiden ennusteiden sekä

valintaintensiteetin olla melko korkeita (Thorén Hellsten ym. 2006). Puutteellinen tieto rakenteen vaikutuksesta suorituskykyyn ja kestävyYTEEN voi johtaa jalostukseen sopimattomien hevosten valintaan (Holmström ja Philipsson 1993).

Holmströmin ja Philipssonin (1993) tekemässä tutkimuksessa selvisi, että muun muassa korkea säkäkorkeus ja pitkä kaula sekä pienet kulmat olkanivelessä, lonkkanivelessä, reisiluun ja horisontaalitason välissä ja lonkan ja horisontaalitason välissä sekä suuri kulma kintereessä vaikuttavat positiivisesti rakenteesta saatuihin kokonaispisteisiin. Samassa tutkimuksessa askellajeista saatuihin kokonaispisteisiin vaikutti merkittävästi lonkkanivelen kulma sekä reiden ja horisontaalitason välinen kulma. Näiden lisäksi pieni kulma reiden ja horisontaalitason välillä sekä pieni kulma lonkkanivelessä olivat yhteydessä korkeampiin pisteisiin. Tutkijat huomasivat säkäkorkeudella sekä olka- ja reisiluun pituudella olevan tilastollisesti merkitsevä positiivinen geneettinen korrelaatio askellajeista saataviin kokonaispisteisiin, joka vaihteli välillä  $r_g=0,16-0,22$ . Hevoset, joilla oli pitkä reisi, saivat korkeat pisteet käynnistä ja ravista. Koenen ym. (1995) tekemässä tutkimuksessa havaittiin, että pitkä ja viisto lautanen korreloi geneettisesti suotuisasti askellajiominaisuuksien kanssa. Ducron ym. (2007a) tekemässä tutkimuksessa liikkeiden ja rakenteen välillä havaittiin voimakas positiivinen geneettinen korrelaatio, joka oli 0,82. Ducron ym. (2007b) tekemässä tutkimuksessa kaikilla askellajeilla kuvailevilla ominaisuuksilla huomattiin olevan suotuisa geneettinen korrelaatio subjektiivisten ominaisuuksien (liikkeet ja rakenne) kanssa.

Hevosilla, jotka saivat korkeat pisteet hyppäämisestä ratsastajan kanssa, havaittiin olevan pieni etusäärenympäryys, lyhyet vuohiset takajaloissa sekä suuret kulmat kintereissä ja polvissa (Holmström ja Philipsson 1993). Lisäksi hyvät hyppääjät saivat paremmat pisteet muun muassa tyypistä ja raviliikkeistä sekä paremmat kokonaispisteet. Koenen ym. (1995) tekemässä tutkimuksessa hyvin lihaksikas kaula, viisto lautanen ja hyvin lihaksikas takaosa korreloivat geneettisesti suotuisasti esteratsastuskilpailumenestyksen kanssa. Ducron ym. (2007a) tekemässä tutkimuksessa hyppäämisen ja liikkeiden välinen geneettinen korrelaatio oli 0,02 ja hyppäämisen ja rakenteen välinen geneettinen korrelaatio oli 0,13. Viklundin ym. (2010) tekemässä tutkimuksessa rakenneominaisuuksien ja esteratsastuskilpailutulosten väliset geneettiset korrelaatiot olivat keskinertaisia vaihdellen 0,19 ja 0,34 välillä.

Holmström ja Philipsson (1993) havaitsivat säkäkorkeuden ja koulu- ja esteratsastuksessa saavutetun kilpailumenestyksen välillä voimakkaan positiivisen geneettisen korrelaation. Ducron ym. (2009) tekemässä tutkimuksessa subjektiivinen ominaisuus kokonaisrakennearvosana oli geneettisesti positiivisesti korreloitunut säkäkorkeuden ( $r_g=0,35$ ), etujalkojen rakenteen ( $r_g=0,25$ ), kavion kantojen korkeuden ( $r_g=0,28$ ) ja jalkojen laadun ( $r_g=0,67$ ) kanssa ja negatiivisesti kaulan pituuden ( $r_g=-0,59$ ) sekä luun ympäröimän ( $r_g=-0,23$ ) kanssa. Tutkijoiden mukaan tämä viittaisi siihen, että ne hevoset, joilla on parempi rakenne kilpauraa ajatellen, ovat säkäkorkeudeltaan korkeita, niillä esiintyy vähemmän sapelijalkaisuutta, niillä on korkeat kavionkannat sekä kuivat ja kevyet jalat, mutta samanaikaisesti lyhyt kaula.

Koene ym. (1995) tekemässä tutkimuksessa pitkä kaula, pitkä ja viisto lapa, pitkä ja viisto lautanen sekä hyvin lihaksikas takaosa korreloivat geneettisesti suotuisasti kouluratsastus kilpailumenestyksen kanssa. Viisto lapa helpottaa takajalkojen eteen- ja ylöspäin suuntautuvaa liikettä jalkojen heilahdus vaiheen viimeisessä osassa. Ducron ym. (2009) tekemässä tutkimuksessa kouluratsastus kilpailumenestyksen ja säkäkorkeuden, kaulan pituuden ja kokonaisrakennearvosanan välillä havaittiin positiivinen geneettinen korrelaatio. Tutkijoiden mukaan tämä tarkoittaa sitä, että parhaiten kouluratsastuksessa menestyneet hevoset olivat säkäkorkeudeltaan korkeita, niillä oli pidemmät kaulat, kuivemmat jalat ja parempi rakenne. Viklundin ym. (2010) tekemässä tutkimuksessa rakenneominaisuuksien ja kouluratsastus kilpailutulosten välillä havaittiin voimakas positiivinen geneettinen korrelaatio, joka vaihteli 0,45 ja 0,71 välillä. Poikkeuksena oli jalkojen virheettömyyden ja kouluratsastus kilpailutulosten välinen geneettinen korrelaatio, joka oli muista rakenneominaisuuksista poiketen matala vaihdellen 0,15 ja 0,22 välillä.

### **3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET**

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää ratsuhevosten rakenteen ja suorituskyvyn välisiä perinnöllisiä yhteyksiä suomalaisessa lämminverisessä ratsuhevospopulaatiossa.

## **4 AINEISTO JA MENETELMÄT**

### **4.1 Aineiston hankinta**

Tutkimusaineisto koostui lämminverisille ratsuhevosille tarkoitetun laatuarvostelun tuloksista vuosilta 1996-2010 sekä lämminveristen ratsuhevosten sukulaisuustiedoista. Laatuarvostelujen tulokset saatiin Ratsujalostusliitto ry:ltä. Osa laatuarvostelujen tuloksista oli tallennettu Ratsujalostusliitto ry:n toimesta excel- tiedostoiksi ja osasta oli saatavilla vain alkuperäinen paperiversio. Sukulaisuusaineisto saatiin Suomen Hippos ry:n hevosrekisteristä.

### **4.2 Aineiston kuvaus**

#### **4.2.1 Laatuarvostelu tulokset**

Laatuarvostelu on Suomen Hippos ry:n ja Ratsujalostusliitto ry:n järjestämä arvostelutilaisuus, joka on tarkoitettu 4-vuotiaille lämminverisille ratsuhevosille ja 5-vuotiaille varsoneille ratsutammoille. Laatuarvostelu järjestettiin ensimmäisen kerran vuonna 1978 (Linko 2007). Laatuarvostelu on kaksipäiväinen tapahtuma ja se järjestetään kerran vuodessa syksyisin. Laatuarvostelussa hevosen rakenne ja terveydentila arvioidaan. Tämän lisäksi arvostellaan hevosen askellajit ja hyppykyky erillisissä kokeissa. Hevosen terveydentilan arvioi eläinlääkäri. Eläinlääkäri arvioi hevosen liikkeitä liinassa ympyrällä sekä suoralla juoksutettaessa. Lisäksi eläinlääkäri tutkii hevosen yleisen terveydentilan. Mikäli hevonen läpäisee eläinlääkärin tarkastuksen se saa luvan jatkaa rakennearvosteluun. Rakennearvostelussa pisteytetään hevosen 1) tyyppi, 2) pää, kaula ja runko, 3) jalat ja liikkeiden säännöllisyys, 4) liikkeiden mekaniikka käynnissä ja 5) liikkeiden mekaniikka ravissa asteikolla 0-10 kunkin arvostelukohdan kohdalla. Rakennearvostelussa tuomareita on yleensä kolme tai neljä. Näiden lisäksi nykyään hevonen osallistuu joko koulu- tai esteratsastuskokeeseen sen mukaisesti kumpaan kokeeseen hevosen omistaja tai kasvattaja on sen ilmoittanut. Laatuarvostelun arvosteluperiaatteet ja -tavat ovat muuttuneet vuosien varrella. Rakennearvostelu on ainoa arvostelukohhta, joka on säilynyt muuttumattomana läpi vuosien. Vuosina 1996 ja 1997 laatuarvostelu oli hyvin erilainen verrattuna myöhempien vuosien arvosteluun. Tällöin arvostelukohhtia oli huomattavasti vähemmän ja mukana olivat seuraavat arvostelukohdat, jotka on jätetty pois ja korvattu uusilla arvostelukohdilla vuodesta 1998 alkaen: yleinen terveydentila ja kaviot, luonne,



ortopedinen tutkimus, luonnepisteet irtohypytyksessä, luonnepisteet askellajikokeessa, luonnepisteet esteradalla. Vuodesta 1998 vuoteen 2001 arvostelutapa on ollut sama. Näinä vuosina kaikki hevoset on arvosteltu kaikissa osakokeissa, joita ovat olleet eläinlääkärintarkastus, rakennearvostelu, askellajikoe, estesuora ja esterata. Vuonna 2002 arvostelua muutettiin siten, että omistaja tai kasvattaja sai päättää arvostellaanko hevonen sekä koulu- että esteratsastuskokeeseen vai vain toisessa niistä. Lisäksi askellajikokeen yhteyteen lisättiin pienimuotoinen kouluratsastusohjelma, jossa arvosteltiin käynti, ravi, laukka ja ratsastettavuus. Mikäli hevonen arvosteltiin vain este- tai kouluratsastuskokeessa, se ei ollut mukana laatuhevoskilpailussa. Vuonna 2006 arvostelutapaa muutettiin uudelleen. Tällöin kouluratsastuskoetta muutettiin ja edellisten vuosien pienimuotoinen kouluratsastusohjelma korvattiin FEI:n (Fédération Equestre Internationale) 4-vuotiaille hevosille tarkoitetulla kouluratsastusohjelmalla, joka oli selvästi vaativampi kuin edellisvuosien pienimuotoinen kouluratsastusohjelma. Vuonna 2008 arvostelu muuttui taas. Tällöin arvosteluista jätettiin pois estesuora ja mukaan tuli uusi estekoeosuus, joka oli teknisesti vaativampi kuin aiempien vuosien esterata. Lisäksi laatuhevoskilpailuun ilmoitettujen hevosten ei tarvinnut osallistua uuteen, vaativampaan kouluratsastuskokeeseen, vaan riitti, että hevoset osallistuivat eläinlääkärintarkastukseen, rakennearvosteluun, askellajikokeeseen, estesuorakokeeseen ja uuteen estekokeeseen.

Laatuarvostelun askellajikokeessa hevosen oma ratsastaja esittää hevosen ratsain ja tuomarit, joita on kaksi tai kolme, arvostelevat hevosen käynnin, ravin, laukan ja ratsastettavuuden. Arvosteluasteikko on 0-10 kunkin arvostelukohdan kohdalla. Estesuoralla, esteradalla ja estekokeessa arvostelukohdat ovat rohkeus, varovaisuus, hyppytekniikka, ratsastettavuus sekä estekokeessa laukka. Arvosteluasteikko on 0-10 kunkin arvostelukohdan kohdalla ja tuomareita on yleensä kaksi. Koulukokeen arvostelukohdat ovat ravi, käynti, laukka, kuuliaisuus ja yleisvaikutelma. Arvosteluasteikko on 0-10 kunkin arvostelukohdan kohdalla ja arvostelevia tuomareita on yleensä kaksi tai kolme. Sekä askellajikokeessa että koulukokeessa tuomarit ovat samat. Tuomarit vaihtelevat vuosittain. Laatuarvostelu on kilpailumuotoinen eli parhaan estehevosen ja parhaan kouluhevosen palkinnon voittaa se hevonen, jolla on paras keskiarvo, kun kaikkien osakokeiden pisteet on laskettu yhteen. Pisteiden laskenta on muuttunut vuosien varrella samalla kun arvostelutapoja on muutettu.

#### 4.2.2 Sukulaisuusaineisto

Sukulaisuusaineisto saatiin Suomen Hippos ry:n hevosrekisteristä. Sukulaisuusaineistossa oli mukana kaikki hevosrekisterissä olevat lämminveriset ratsuhevoset. Kaiken kaikkiaan hevosia oli yhteensä 89 698. Laskelmia varten sukulaisuusaineistoa muokattiin siten, että mukaan otettiin vain ne hevoset, joilla oli arvostelutulos sekä niiden sukulaiset enintään viisi sukupolvea taaksepäin. Esikäsittelyn ja tarkistuksen jälkeen sukulaisuusaineistossa oli mukana kaiken kaikkiaan 4 458 hevosta.

#### 4.2.3 Aineiston rakenne

Laatuarvostelu aineistossa oli arvosteltuja hevosia 680, joista 382 oli tammoja, 150 oria ja 148 ruunaa (taulukko 3). Arvosteltuja ominaisuuksia oli kaiken kaikkiaan 27. Suurin osa arvostelluista hevosista oli syntynyt Suomessa. Suomessa syntyneiden lisäksi arvosteluissa oli mukana hevosia, jotka olivat syntyneet Saksassa, Ruotsissa, Tanskassa, Hollannissa, Puolassa, Eestissä, Liettuassa ja Ranskassa (taulukko 1).

Taulukko 1. Hevosten lukumäärä/syntymämaa.

Syntymämaa	Hevosten lukumäärä
Suomi	499
Ruotsi	31
Tanska	13
Saksa	103
Hollanti	25
Puola	4
Eesti	3
Liettua	1
Ranska	1
<b>Yhteensä</b>	<b>680</b>

Vanhimmat arvostellut hevoset olivat syntyneet vuonna 1991 ja nuorimmat vuonna 2006 (taulukko 2).

Taulukko 2. Hevosten lukumäärä/syntymävuosi.

Syntymävuosi	Hevosten lukumäärä
1991	2
1992	42
1993	40
1994	34
1995	28
1996	49
1997	36
1998	43
1999	36
2000	38
2001	52
2002	58
2003	69
2004	50
2005	59
2006	44
<b>Yhteensä</b>	<b>680</b>

Eri sukupuolten määrä arvosteluissa vaihteli jonkin verran eri arvosteluvuosina (taulukko 3). Tammatt olivat osallistuessaan joko 4- tai 5-vuotiaita ja oriit sekä ruunat aina 4-vuotiaita.

Taulukko 3. Sukupuolien jakauma/arvosteluvuosi.

AV	Tammatt	Oriit	Ruunat	Yhteensä
1996	20	5	14	39
1997	24	10	4	38
1998	24	5	7	36
1999	23	5	2	30
2000	28	11	9	48
2001	16	7	6	29
2002	34	8	6	48
2003	15	15	7	37
2004	20	9	6	35
2005	21	19	10	50
2006	33	12	13	58
2007	39	15	18	72
2008	25	9	16	50
2009	32	11	19	62
2010	28	9	11	48
<b>Yhteensä</b>	<b>382</b>	<b>150</b>	<b>148</b>	<b>680</b>

## 4.3 Menetelmät

### 4.3.1 Aineiston muokkaus

Laatuarvostelujen tulokset muokattiin Microsoft Office Excel-ohjelmalla sellaiseen muotoon, että ne voitiin syöttää WSYS-ohjelmaan (Vilva 1998). WSYS-ohjelman avulla tarkasteltiin kiinteiden tekijöiden tilastollisia merkitsevyyksiä LS-analyysin avulla. Analyysyjä varten laatuarvosteluaineistosta jätettiin pois ne ominaisuudet, jotka oli arvosteltu vain vuosina 1996-1997. Tämä tehtiin siksi, että näinä vuosina laatuarvostelu on ollut hyvin erilainen kuin myöhempinä vuosina, joten niitä toisista poikkeavina ei olisi voinut analysoida muiden vuosien kanssa samassa. Lisäksi arvosteltuja hevosia oli niin vähän, ettei näistä ominaisuuksista olisi saatu luotettavia tuloksia.

Sukulaisuusaineisto esikäsiteltiin Microsoft Office Excel-ohjelmalla. Exceliin kerättiin alkuperäisestä 89 698 hevosen aineistosta ne hevoset, joilla arvostelutulos sekä niiden sukulaiset enintään viisi sukupolvea taaksepäin. Tämän jälkeen sukulaisuusaineisto vietiin Relax2-ohjelmaan (Strandén ja Vuori 2006), jossa se vielä tarkistettiin mahdollisten virheiden varalta. Tämän jälkeen sukulaisuusaineisto vietiin WSYS-ohjelmaan, jossa suoritettiin uudelleen numerointi, jotta aineisto voitiin syöttää VCE6-ohjelmaan (Groeneveld, ym. 2008) analyysyjä varten.

### 4.3.2 Fenotyyppiset ja genotyyppiset korrelaatiot sekä periytymisasteet

Tulokset laskettiin monenominaisuuden mallilla VCE6-ohjelmalla, joka laski tutkittavien parametrien REML-estimaatit (restricted maximum likelihood). Analyysissä käytetyssä mallissa oli kiinteänä tekijänä ainoastaan syntymävuosi ja satunnaisena tekijänä eläimen additiivinen jalostusarvo. LS-analyysien perusteella syntymämaa oli toinen tilastollisesti merkitsevä tekijä, mutta jostain syystä VCE6:lla ei saatu laskettua mitään tuloksia silloin kun syntymämaa oli mukana mallissa. Syynä tähän oli luultavasti aineiston pieni koko. Tästä johtuen malli pidettiin hyvin yksinkertaisena. Arvosteltavien ominaisuuksien suuresta määrästä johtuen ominaisuudet analysoitiin pienemmissä erissä, koska ajo ei mennyt läpi kun kaikki ominaisuudet yritettiin analysoida samanaikaisesti. Monesta eri ajosta johtuen kaikille ominaisuusryhmille saatiin useampia periytymisasteen arvioita sekä ominaisuusryhmien sisäisiä geneettisiä korrelaatioita. Saadut arvot vaihtelivat hieman ja näistä päätettiin

laskea keskiarvot ja esittää nämä keskiarvot tuloksissa. Yhdelle ominaisuudelle malli oli:

$$y_{ijk} = vsynt_i + elain_j + e_{ijk}$$

$y_{ijk}$  = eläimen j havainto

$vsynt_i$  = syntymävuosi

$elain_j$  = eläimen j additiivinen geneettinen vaikutus

$e_{ijk}$  = jäännöstekijä

Mallissa satunnaistekijät oletettiin normaalisti jakautuneiksi ja niiden keskiarvoksi oletettiin nolla. Satunnaistekijöiden variansseiksi oletettiin  $elain = \mathbf{A}\sigma_{elain}^2$ , jossa  $\mathbf{A}$  on sukulaisuusmatriisi, ja  $e = \mathbf{I}\sigma_e^2$ , jossa  $\mathbf{I}$  on identiteettimatriisi. Satunnaistekijöiden välisten kovarianssien oletettiin olevan nollia. Varianssi-kovarianssimatriisiksi oletettiin:

$$\text{var} \begin{bmatrix} \mathbf{g} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{G}_0 \otimes \mathbf{A} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{R}_0 \otimes \mathbf{I} \end{bmatrix}$$

jossa  $\mathbf{g}$  on satunnaisten eläintekijöiden ja  $\mathbf{e}$  on jäännöstekijöiden vektori.  $\mathbf{G}_0$  on additiivinen geneettinen varianssi-kovarianssimatriisi ja  $\mathbf{R}_0$  on jäännöstekijään liittyvä varianssi-kovarianssimatriisi.

## 5 TULOKSET

### 5.1 Laatuarvostelu aineiston tunnusluvut

Laatuarvostelujen pisteiden jakaumat olivat hyvin samankaltaisia vuodesta toiseen. Pisteskaalan käyttö vaihteli jonkin verran eri ominaisuusryhmien välillä. Laajimmin skaala oli käytössä estesuoralla ja estekokeessa, jossa pisteitä oli annettu koko skaalan pituudelta 0-10. Pienintä vaihtelu oli rakennearvostelussa, jossa käytössä olevasta skaalasta 0-10 tuomarit antoivat pisteitä välillä 5-10 (taulukko 4). Taulukosta 4 käy myös ilmi, että eri osakokeisiin on osallistunut eri määrä hevosia. Tämä johtuu siitä, että arvostelu on muuttunut vuosien varrella, jolloin esimerkiksi estekokeen tulokset löytyvät vain 70 hevoselta. Lisäksi taulukosta 4 voidaan havaita, että vaikka arvosteltuja

hevosia oli kaiken kaikkiaan 680, niin tulokset on laskettu 640 hevosen laatuarvostelutuloksista. Tämä johtuu siitä, että vuonna 2003 järjestetystä laatuarvostelusta ei ollut saatavilla kuin vain keskiarvot kustakin ominaisuusryhmästä, jolloin tämä vuosi päätettiin jättää analyysien ulkopuolelle. Näiden vuonna 2003 arvosteltujen hevosten lisäksi analyysien ulkopuolelle jäi kolme muuta hevosta yksittäisiltä vuosilta, koska nämä hevoset eivät olleet mitään sukua muille arvostelluille hevosille. Lisäksi koulukokeen kohdalla voidaan havaita, että ensimmäinen arvostelukohta on arvosteltu 312 hevoselta ja toiseksi viimeinen arvostelukohta kuuliaisuus on arvosteltu 310 hevoselta. Tämä johtuu siitä, että kaksi ratsukkoa on keskeyttänyt kokeen. Taulukosta 4 voidaan myös huomata, että koulukokeen viimeinen arvostelukohta yleisvaikutelma on arvosteltu vain 185 hevoselta. Tämä johtuu siitä, että arvostelukohta yleisvaikutelma on lisätty arvostelukohtiin myöhemmin.

Taulukko 4. Aineiston tunnusluvut.

	N	min	max	ka	s.e.
<b>Rakennearvostelu</b>					
Tyyppi (R1)	640	6,0	9,0	7,7	0,65
Pää, kaula ja runko (R2)	640	6,0	9,0	7,4	0,59
Jalat ja liikkeiden säännöllisyys (R3)	640	5,0	8,0	6,9	0,51
Liikkeiden mekaniikka käynnissä (R4)	640	5,0	9,0	7,2	0,69
Liikkeiden mekaniikka ravissa (R5)	640	5,0	10,0	7,1	0,81
<b>Askellajikoe</b>					
Käynti (AL1)	564	3,5	9,1	6,8	1,00
Ravi (AL2)	564	4,0	9,2	6,5	0,90
Laukka (AL3)	564	4,0	9,8	6,8	1,00
Ratsastettavuus (AL4)	564	4,0	9,5	6,7	0,90
<b>Estesuora</b>					
Rohkeus (ES1)	371	0,0	9,0	6,5	2,00
Varovaisuus (ES2)	371	0,0	9,0	6,1	2,10
Hyppytekniikka (ES3)	371	0,0	9,2	5,9	2,00
Ratsastettavuus (ES4)	371	0,0	9,0	6,5	1,80
<b>Esterata</b>					
Rohkeus (ER1)	344	0,0	9,5	7,1	1,30
Varovaisuus (ER2)	344	0,0	9,5	6,5	1,40
Hyppytekniikka (ER3)	344	0,0	9,5	6,7	1,40
Ratsastettavuus (ER4)	345	0,0	10,0	6,8	1,30
<b>Estekoe</b>					
Rohkeus ja kyky (EK1)	70	5,8	9,0	7,7	0,65
Varovaisuus (EK2)	70	5,5	8,7	7,4	0,80
Hyppytekniikka (EK3)	70	5,8	9,0	7,4	0,76
Ratsastettavuus (EK4)	70	5,8	9,0	7,4	0,73
Laukka (EK5)	70	6,5	8,5	7,6	0,57
<b>Koulukoe</b>					
Ravi (KR1)	312	0,0	9,0	6,7	1,20
Käynti (KR2)	311	0,0	9,0	6,7	1,00
Laukka (KR3)	310	0,0	9,0	6,8	1,00
Kuuliaisuus (KR4)	310	0,0	8,8	6,6	1,00
Yleisvaikutelma (KR5)	185	0,0	8,7	6,8	0,94

N = havaintojen lukumäärä, min = minimi, max = maksimi, ka = keskiarvo, s.e. = keskivirhe

## 5.2 Ominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet

Ominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet ja niiden keskivirheet vaihtelivat jonkin verran riippuen siitä minkä ominaisuusryhmien kanssa niitä analysoitiin samanaikaisesti. Taulukossa 5 on esitetty ominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet ja niiden keskivirheet sekä ominaisuuksien periytymisasteiden ennusteiden keskiarvot ja periytymisasteiden ennusteiden keskivirheiden keskiarvot.

Rakenneominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet vaihtelivat jalkojen ja liikkeiden säännöllisyyden saaman  $h^2=0,06$  ja liikkeiden mekaniikka ravissa saaman  $h^2=0,77$  välillä. Askellajiominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet olivat korkeita, vaihdellen käynnin saaman  $h^2=0,39$  ja laukan saaman  $h^2=0,76$  välillä. Estesuoraominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet vaihtelivat ratsastettavuuden saaman  $h^2=0,45$  ja rohkeuden saaman  $h^2=0,55$  välillä. Esterataominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet vaihtelivat ratsastettavuuden saaman  $h^2=0,10$  ja hyppytekniikan saaman  $h^2=0,36$  välillä. Estekoeominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet vaihtelivat ratsastettavuuden saaman  $h^2=0,38$  ja hyppytekniikan saaman  $h^2=0,72$  välillä. Koulukoeominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet vaihtelivat ravin saaman  $h^2=0,44$  ja käynnin saaman  $h^2=0,81$  välillä. Kaikkien ominaisuuksien periytymisasteiden ennusteiden keskivirheet olivat pieniä ( $\pm 0,04$ - $\pm 0,10$ ), lukuunottamatta estekoeominaisuuksien periytymisasteiden ennusteiden keskivirheitä, jotka olivat korkeahkoja ( $\pm 0,11$ - $\pm 0,18$ ). Tämä johtunee havaintojen pienestä määrästä.



Taulukko 5. Rakenne- ja suorituskvyn ominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet ( $h^2$ ) ja niiden keskivirheet (s.e.) sekä periytymisasteiden ennusteiden ja keskivirheiden keskiarvot.

	$h^2$	s.e.	$h^2$ keskiarvo	s.e. keskiarvo
<b>Rakennearvostelu</b>				
Tyyppi (R1)	0,56-0,67	$\pm 0,06 - \pm 0,09$	0,63	$\pm 0,07$
Pää, kaula ja runko (R2)	0,32-0,39	$\pm 0,05 - \pm 0,08$	0,35	$\pm 0,07$
Jalat ja liikkeiden säännöllisyys (R3)	0,03-0,09	$\pm 0,03 - \pm 0,05$	0,06	$\pm 0,04$
Liikkeiden mekaniikka käynnissä (R4)	0,16-0,19	$\pm 0,03 - \pm 0,05$	0,17	$\pm 0,04$
Liikkeiden mekaniikka ravissa (R5)	0,72-0,81	$\pm 0,05 - \pm 0,09$	0,77	$\pm 0,06$
<b>Askellajikoe</b>				
Käynti (AL1)	0,38-0,39	$\pm 0,06 - \pm 0,12$	0,39	$\pm 0,08$
Ravi (AL2)	0,50-0,57	$\pm 0,05 - \pm 0,11$	0,55	$\pm 0,08$
Laukka (AL3)	0,71-0,78	$\pm 0,05 - \pm 0,14$	0,76	$\pm 0,08$
Ratsastettavuus (AL4)	0,55-0,58	$\pm 0,05 - \pm 0,09$	0,57	$\pm 0,07$
<b>Estesuora</b>				
Rohkeus (ES1)	0,53-0,56	$\pm 0,04 - \pm 0,17$	0,55	$\pm 0,09$
Varovaisuus (ES2)	0,48-0,55	$\pm 0,05 - \pm 0,18$	0,52	$\pm 0,10$
Hyppytekniikka (ES3)	0,45-0,52	$\pm 0,06 - \pm 0,25$	0,49	$\pm 0,12$
Ratsastettavuus (ES4)	0,42-0,49	$\pm 0,05 - \pm 0,17$	0,45	$\pm 0,10$
<b>Esterata</b>				
Rohkeus (ER1)	0,25-0,47	$\pm 0,04 - \pm 0,13$	0,33	$\pm 0,08$
Varovaisuus (ER2)	0,21-0,48	$\pm 0,05 - \pm 0,09$	0,33	$\pm 0,08$
Hyppytekniikka (ER3)	0,29-0,47	$\pm 0,05 - \pm 0,12$	0,36	$\pm 0,08$
Ratsastettavuus (ER4)	0,05-0,18	$\pm 0,03 - \pm 0,07$	0,10	$\pm 0,05$
<b>Estekoe</b>				
Rohkeus ja kyky (EK1)	0,43-0,82	$\pm 0,07 - \pm 0,21$	0,63	$\pm 0,12$
Varovaisuus (EK2)	0,42-0,74	$\pm 0,08 - \pm 0,40$	0,63	$\pm 0,18$
Hyppytekniikka (EK3)	0,57-0,82	$\pm 0,07 - \pm 0,28$	0,72	$\pm 0,14$
Ratsastettavuus (EK4)	0,11-0,59	$\pm 0,08 - \pm 0,13$	0,38	$\pm 0,11$
Laukka (EK5)	0,28-0,57	$\pm 0,08 - \pm 0,21$	0,44	$\pm 0,12$
<b>Koulukoe</b>				
Ravi (KR1)	0,33-0,58	$\pm 0,08 - \pm 0,10$	0,44	$\pm 0,09$
Käynti (KR2)	0,69-0,87	$\pm 0,05 - \pm 0,06$	0,81	$\pm 0,06$
Laukka (KR3)	0,62-0,74	$\pm 0,07 - \pm 0,09$	0,66	$\pm 0,08$
Kuuliaisuus (KR4)	0,50-0,63	$\pm 0,06 - \pm 0,09$	0,56	$\pm 0,08$
Yleisvaikutelma (KR5)	0,51-0,63	$\pm 0,06 - \pm 0,10$	0,56	$\pm 0,08$

### 5.3 Geneettiset ja fenotyypiset yhteydet ominaisuusryhmissä

Rakenneominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat positiivisia vaihdellen heikosta voimakkaaseen  $r_g=0,34$  ja  $r_g=0,92$  välillä (taulukko 6). Voimakkaimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin tyypin ja pään, kaulan ja rungon (0,92) sekä liikkeiden mekaniikka käynnissä ja pään, kaulan ja rungon välillä (0,81). Heikoimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin tyypin ja jalkojen ja liikkeiden säännöllisyyden (0,34) sekä jalkojen ja liikkeiden säännöllisyyden ja pään, kaulan ja rungon välillä (0,47). Jalat ja liikkeiden säännöllisyys oli heikoiten periytyvä ominaisuus ja ominaisuutena vähiten vaihteleva. Siksi korrelaatioiden keskivirheistä tuli suurimmat. Geneettisten korrelaatioiden keskivirheet vaihtelivat välillä  $\pm 0,05$ - $\pm 0,35$ .

Taulukko 6. Rakenneominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet (halkaisijalla) sekä rakenneominaisuuksien väliset geneettiset (yläkolmio) ja fenotyypiset korrelaatiot (aläkolmio). Periytymisasteiden ennusteiden ja geneettisten korrelaatioiden keskivirheet ovat suluissa.

	R1	R2	R3	R4	R5
R1	<b>0,63</b> ( $\pm 0,07$ )	0,92 ( $\pm 0,05$ )	0,34 ( $\pm 0,35$ )	0,66 ( $\pm 0,13$ )	0,77 ( $\pm 0,05$ )
R2	0,50	<b>0,35</b> ( $\pm 0,07$ )	0,47 ( $\pm 0,30$ )	0,81 ( $\pm 0,12$ )	0,64 ( $\pm 0,09$ )
R3	0,14	0,16	<b>0,06</b> ( $\pm 0,04$ )	0,61 ( $\pm 0,27$ )	0,54 ( $\pm 0,33$ )
R4	0,23	0,19	0,06	<b>0,17</b> ( $\pm 0,04$ )	0,68 ( $\pm 0,11$ )
R5	0,41	0,29	0,12	0,36	<b>0,77</b> ( $\pm 0,06$ )

R1 = tyyppi, R2 = pää, kaula, runko, R3 = jalat ja liikkeiden säännöllisyys,

R4 = liikkeiden mekaniikka käynnissä, R5 = liikkeiden mekaniikka ravissa

Askellajiominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat voimakkaita ja positiivisia vaihdellen välillä  $r_g=0,83$ - $0,97$  (taulukko 7). Voimakkaimmat geneettiset korrelaatiot arvioitiin ravin ja ratsastettavuuden (0,94) sekä laukan ja ratsastettavuuden (0,97) välillä. Askellajeista (käynti, ravi ja laukka) voimakkaimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin käynnin ja laukan välillä (0,89). Heikoin geneettinen korrelaatio havaittiin käynnin ja ratsastettavuuden välillä (0,83). Askellajiominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet olivat pieniä vaihdellen välillä  $\pm 0,02$ - $\pm 0,09$ .

Taulukko 7. Askellajiominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet (halkaisijalla) sekä askellajiominaisuuksien väliset geneettiset (yläkolmio) ja fenotyypiset korrelaatiot (alacolmio). Periytymisasteiden ennusteiden ja geneettisten korrelaatioiden keskivirheet ovat suluissa.

	AL1	AL2	AL3	AL4
AL1	<b>0,39 (±0,08)</b>	0,84 (±0,09)	0,89 (±0,07)	0,83 (±0,09)
AL2	0,53	<b>0,55 (±0,08)</b>	0,88 (±0,04)	0,94 (±0,03)
AL3	0,46	0,68	<b>0,76 (±0,08)</b>	0,97 (±0,02)
AL4	0,57	0,74	0,76	<b>0,57 (±0,07)</b>

AL1 = käynti, AL2 = ravi, AL3 = laukka, AL4 = ratsastettavuus

Estesuoraominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat voimakkaita ja positiivisia vaihdellen välillä  $r_g=0,91-0,98$  (taulukko 8). Voimakkaimmat geneettiset korrelaatiot löydettiin varovaisuuden ja hyppytekniikan (0,98), rohkeuden ja varovaisuuden (0,96) sekä varovaisuuden ja ratsastettavuuden (0,96) välillä. Heikoin geneettinen korrelaatio havaittiin hyppytekniikan ja ratsastettavuuden (0,91) välillä. Estesuoraominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet olivat pieniä vaihdellen välillä  $\pm 0,01-\pm 0,05$ .

Taulukko 8. Estesuoraominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet (halkaisijalla) sekä estesuoraominaisuuksien väliset geneettiset (yläkolmio) ja fenotyypiset korrelaatiot (alacolmio). Periytymisasteiden ennusteiden ja geneettisten korrelaatioiden keskivirheet ovat suluissa.

	ES1	ES2	ES3	ES4
ES1	<b>0,55 (±0,09)</b>	0,96 (±0,02)	0,94 (±0,03)	0,94 (±0,03)
ES2	0,89	<b>0,52 (±0,10)</b>	0,98 (±0,01)	0,96 (±0,02)
ES3	0,88	0,94	<b>0,49 (±0,12)</b>	0,91 (±0,05)
ES4	0,90	0,86	0,84	<b>0,45 (±0,10)</b>

ES1 = rohkeus, ES2 = varovaisuus, ES3 = hyppytekniikka,  
ES4 = ratsastettavuus

Esterataominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat voimakkaita ja positiivisia vaihdellen välillä  $r_g=0,94-0,99$  (taulukko 9). Voimakkaimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin rohkeuden ja ratsastettavuuden (0,99), rohkeuden ja varovaisuuden (0,95) sekä varovaisuuden ja hyppytekniikan (0,97) välillä. Heikoimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin rohkeuden ja hyppytekniikan (0,94) sekä hyppytekniikan ja

ratsastettavuuden (0,94) välillä. Esterataominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet vaihtelivat välillä  $\pm 0,03$ - $\pm 0,09$ .

Taulukko 9. Esterataominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet (halkaisijalla) sekä esterataominaisuuksien väliset geneettiset (yläkolmio) ja fenotyypiset korrelaatiot (alacolmio). Periytymisasteiden ennusteiden ja geneettisten korrelaatioiden keskivirheet ovat suluisissa.

	ER1	ER2	ER3	ER4
ER1	<b>0,33 (<math>\pm 0,08</math>)</b>	0,95 ( $\pm 0,04$ )	0,94 ( $\pm 0,05$ )	0,99 ( $\pm 0,04$ )
ER2	0,79	<b>0,33 (<math>\pm 0,08</math>)</b>	0,97 ( $\pm 0,03$ )	0,97 ( $\pm 0,07$ )
ER3	0,78	0,86	<b>0,36 (<math>\pm 0,08</math>)</b>	0,94 ( $\pm 0,09$ )
ER4	0,74	0,69	0,69	<b>0,10 (<math>\pm 0,05</math>)</b>

ER1 = rohkeus, ER2 = varovaisuus, ER3 = hyppytekniikka,  
ER4 = ratsastettavuus

Estekoeominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat voimakkaita ja positiivisia vaihdellen välillä  $r_g=0,63$ - $0,94$  (taulukko 10). Voimakkaimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin varovaisuuden ja rohkeuden ja kyvyn (0,94), hyppytekniikan ja varovaisuuden (0,92) sekä laukan ja hyppytekniikan (0,92) välillä. Heikoimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin hyppytekniikan ja ratsastettavuuden (0,63), ratsastettavuuden ja laukan (0,70) sekä ratsastettavuuden ja rohkeuden ja kyvyn (0,67) välillä. Estekoeominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet vaihtelivat välillä  $\pm 0,04$ - $\pm 0,13$ .

Taulukko 10. Estekoeominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet (halkaisijalla) sekä estekoeominaisuuksien väliset geneettiset (yläkolmio) ja fenotyypiset korrelaatiot (alacolmio). Periytymisasteiden ennusteiden ja geneettisten korrelaatioiden keskivirheet ovat suluisissa.

	EK1	EK2	EK3	EK4	EK5
EK1	<b>0,63 (<math>\pm 0,12</math>)</b>	0,94 ( $\pm 0,05$ )	0,89 ( $\pm 0,06$ )	0,67 ( $\pm 0,10$ )	0,82 ( $\pm 0,09$ )
EK2	0,82	<b>0,63 (<math>\pm 0,18</math>)</b>	0,92 ( $\pm 0,04$ )	0,83 ( $\pm 0,10$ )	0,88 ( $\pm 0,09$ )
EK3	0,85	0,89	<b>0,72 (<math>\pm 0,14</math>)</b>	0,63 ( $\pm 0,12$ )	0,92 ( $\pm 0,06$ )
EK4	0,71	0,67	0,66	<b>0,38 (<math>\pm 0,11</math>)</b>	0,70 ( $\pm 0,13$ )
EK5	0,71	0,56	0,67	0,65	<b>0,44 (<math>\pm 0,12</math>)</b>

EK1 = rohkeus ja kyky, EK2 = varovaisuus, EK3 = hyppytekniikka,  
EK4 = ratsastettavuus, EK5 = laukka

Koulukoeominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat voimakkaita ja positiivisia vaihdellen välillä  $r_g=0,82-0,96$  (taulukko 11). Voimakkaimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin yleisvaikutelman ja kuuliaisuuden (0,95), ravin ja yleisvaikutelman (0,96) sekä käynnin ja kuuliaisuuden (0,96) välillä. Heikoimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin ravin ja käynnin (0,82) sekä ravin ja kuuliaisuuden (0,85) välillä. Koulukoeominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet olivat pieniä vaihdellen välillä  $\pm 0,02-\pm 0,08$ .

Taulukko 11. Koulukoeominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet (halkaisijalla) sekä koulukoeominaisuuksien väliset geneettiset (yläkolmio) ja fenotyypiset korrelaatiot (aläkolmio). Periytymisasteiden ennusteiden ja geneettisten korrelaatioiden keskivirheet ovat suluisissa.

	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5
KR1	<b>0,44</b> ( $\pm 0,09$ )	0,82 ( $\pm 0,08$ )	0,90 ( $\pm 0,06$ )	0,85 ( $\pm 0,07$ )	0,96 ( $\pm 0,03$ )
KR2	0,69	<b>0,81</b> ( $\pm 0,06$ )	0,90 ( $\pm 0,04$ )	0,96 ( $\pm 0,03$ )	0,93 ( $\pm 0,04$ )
KR3	0,78	0,72	<b>0,66</b> ( $\pm 0,08$ )	0,87 ( $\pm 0,03$ )	0,93 ( $\pm 0,02$ )
KR4	0,75	0,75	0,85	<b>0,56</b> ( $\pm 0,08$ )	0,95 ( $\pm 0,03$ )
KR5	0,89	0,77	0,91	0,90	<b>0,56</b> ( $\pm 0,08$ )

KR1 = ravi, KR2 = käynti, KR3 = laukka, KR4 = kuuliaisuus, KR5 = yleisvaikutelma

#### 5.4 Rakenne- ja suorituskynominisuuksien väliset geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot sekä geneettisten korrelaatioiden keskivirheet

Rakenne- ja askellajiominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat pääosin positiivisia vaihdellen välillä  $r_g=-0,04-0,90$  (taulukko 12). Voimakkaimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin liikkeiden mekaniikka käynnissä ja käynnin (0,90), liikkeiden mekaniikka käynnissä ja laukan (0,87) sekä liikkeiden mekaniikka ravissa ja ravin (0,90) välillä. Heikoimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin jalkojen ja liikkeiden säännöllisyyden ja laukan (0,05) sekä jalkojen ja liikkeiden säännöllisyyden ja ratsastettavuuden (-0,04) välillä. Rakenne- ja askellajiominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet vaihtelivat välillä  $\pm 0,04-\pm 0,16$ . Keskivirheet olivat suurimmat jalkojen ja liikkeiden säännöllisyyden ja kaikkien askellajiominaisuuksien välisissä geneettisissä korrelaatioissa.

Rakenne- ja estesuoraominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot vaihtelivat heikosta voimakkaaseen  $r_g=0,02-(-0,77)$  (taulukko 12). Suurin osa rakenne- ja estesuoraominaisuuksien välisistä geneettisistä korrelaatioista olivat negatiivisia ja niillä oli suuret keskivirheet, eivätkä ne siten poikenneet tilastollisesti merkitsevästi nolasta. Rakenneominaisuuksista jalat ja liikkeiden säännöllisyys korreloi geneettisesti negatiivisesti voimakkaasti kaikkien estesuoraominaisuuksien kanssa,  $r_g=-0,59-(-0,77)$ . Liikkeiden mekaniikka ravissa oli kohtalaisesti negatiivisesti korreloitunut kaikkien estesuoraominaisuuksien kanssa,  $r_g=-0,33-(-0,44)$ . Rakenne- ja estesuoraominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet vaihtelivat välillä  $\pm 0,10-\pm 0,28$ .

Rakenne- ja esterataominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot vaihtelivat välillä  $r_g=-0,86-0,65$  (taulukko 12). Rakenneominaisuuksista jalat ja liikkeiden säännöllisyys korreloi geneettisesti negatiivisesti melko voimakkaasti kaikkien esterataominaisuuksien kanssa, mutta muut rakenneominaisuudet olivat positiivisesti korreloituneita esterataominaisuuksiin. Voimakkaimmat positiiviset geneettiset korrelaatiot havaittiin tyyppin ja rohkeuden (0,65) sekä tyyppin ja ratsastettavuuden (0,63) välillä. Rakenne- ja esterataominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet vaihtelivat välillä  $\pm 0,10-\pm 0,41$ .

Rakenne- ja estekoeominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot vaihtelivat välillä  $r_g=-0,09-0,54$  (taulukko 12). Voimakkaimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin laukan ja liikkeiden mekaniikka ravissa (0,54) sekä ratsastettavuuden ja liikkeiden mekaniikka ravissa (0,47) välillä. Heikoin geneettinen korrelaatio havaittiin ratsastettavuuden ja tyyppin (-0,05) välillä. Rakenne- ja estekoeominaisuuksien väliset geneettisten korrelaatioiden keskivirheet vaihtelivat välillä  $\pm 0,07-\pm 0,28$ .

Rakenne- ja koulukoeominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat pääsääntöisesti positiivisia vaihdellen välillä  $r_g=-0,12-0,87$  (taulukko 12). Voimakkaimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin liikkeiden mekaniikka käynnissä ja yleisvaikutelman (0,78) sekä liikkeiden mekaniikka käynnissä ja ravin (0,87) välillä. Rakenneominaisuuksista jalat ja liikkeiden säännöllisyys korreloi geneettisesti heikoiten kaikkien koulukoeominaisuuksien kanssa. Rakenne- ja koulukoeominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet vaihtelivat välillä  $\pm 0,09-\pm 0,27$ .

Taulukko 12. Rakenne- ja suorituskvynominisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot (keskivirheet suluisissa).

	R1	R2	R3	R4	R5
<b>Askellajikoe</b>					
Käynti (AL1)	0,47 (±0,07)	0,65 (±0,09)	0,49 (±0,15)	0,90 (±0,04)	0,67 (±0,08)
Ravi (AL2)	0,66 (±0,06)	0,59 (±0,09)	0,22 (±0,16)	0,83 (±0,09)	0,90 (±0,05)
Laukka (AL3)	0,51 (±0,06)	0,60 (±0,08)	0,05 (±0,15)	0,87 (±0,09)	0,63 (±0,07)
Ratsastettavuus (AL4)	0,56 (±0,07)	0,55 (±0,10)	-0,04 (±0,16)	0,82 (±0,12)	0,72 (±0,07)
<b>Estesuora</b>					
Rohkeus (ES1)	-0,03 (±0,11)	-0,03 (±0,10)	-0,69 (±0,28)	-0,02 (±0,18)	-0,44 (±0,12)
Varovaisuus (ES2)	0,02 (±0,10)	-0,05 (±0,09)	-0,73 (±0,25)	-0,11 (±0,18)	-0,42 (±0,12)
Hyppytekniikka (ES3)	0,09 (±0,10)	-0,04 (±0,10)	-0,77 (±0,27)	-0,17 (±0,18)	-0,35 (±0,10)
Ratsastettavuus (ES4)	0,04 (±0,11)	-0,01 (±0,10)	-0,59 (±0,24)	0,03 (±0,19)	-0,33 (±0,12)
<b>Esterata</b>					
Rohkeus (ER1)	0,65 (±0,13)	0,55 (±0,13)	-0,53 (±0,18)	0,34 (±0,18)	0,37 (±0,15)
Varovaisuus (ER2)	0,34 (±0,09)	0,10 (±0,12)	-0,86 (±0,10)	-0,17 (±0,19)	0,13 (±0,16)
Hyppytekniikka (ER3)	0,34 (±0,11)	0,22 (±0,10)	-0,75 (±0,14)	0,07 (±0,20)	0,14 (±0,17)
Ratsastettavuus (ER4)	0,63 (±0,18)	0,46 (±0,23)	-0,61 (±0,26)	0,20 (±0,41)	0,37 (±0,34)
<b>Estekoe</b>					
Rohkeus ja kyky (EK1)	0,18 (±0,11)	0,17 (±0,12)	0,33 (±0,12)	0,28 (±0,10)	0,43 (±0,07)
Varovaisuus (EK2)	0,11 (±0,1)	0,13 (±0,09)	0,35 (±0,12)	0,28 (±0,12)	0,34 (±0,10)
Hyppytekniikka (EK3)	0,19 (±0,12)	0,24 (±0,09)	0,22 (±0,11)	0,24 (±0,12)	0,20 (±0,08)
Ratsastettavuus (EK4)	-0,05 (±0,11)	-0,09 (±0,13)	0,45 (±0,28)	0,24 (±0,11)	0,47 (±0,10)
Laukka (EK5)	0,40 (±0,16)	0,31 (±0,17)	0,24 (±0,21)	0,26 (±0,10)	0,54 (±0,08)
<b>Koulukoe</b>					
Ravi (KR1)	0,54 (±0,09)	0,72 (±0,12)	0,41 (±0,21)	0,87 (±0,10)	0,62 (±0,10)
Käynti (KR2)	0,28 (±0,12)	0,43 (±0,15)	-0,08 (±0,20)	0,49 (±0,18)	0,40 (±0,18)
Laukka (KR3)	0,31 (±0,13)	0,54 (±0,13)	0,26 (±0,27)	0,65 (±0,14)	0,44 (±0,17)
Kuuliaisuus (KR4)	0,49 (±0,20)	0,66 (±0,22)	-0,12 (±0,23)	0,66 (±0,16)	0,41 (±0,24)
Yleisvaikutelma (KR5)	0,54 (±0,09)	0,67 (±0,10)	0,22 (±0,26)	0,78 (±0,10)	0,60 (±0,13)

R1 = tyyppi, R2 = pää, kaula ja runko, R3 = jalat ja liikkeiden säännöllisyys,

R4 = liikkeiden mekaniikka käynnissä, R5 = liikkeiden mekaniikka ravissa

Rakenne- ja suorituskvynominisuuksien väliset fenotyypiset korrelaatiot olivat matalia.

## 5.6 Suorituskvynominisuuksien väliset geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot sekä geneettisten korrelaatioiden keskivirheet

Askellaji- ja estesuoraominisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat negatiivisia vaihdellen  $r_g = -0,07$ -(-0,51) välillä (taulukko 13). Voimakkaimmat negatiiviset geneettiset korrelaatiot havaittiin ravin ja rohkeuden (-0,50), ravin ja varovaisuuden (-0,51) sekä ravin ja hyppytekniikan (-0,51) välillä. Heikoimmat geneettiset negatiiviset

korrelaatiot havaittiin käynnin ja estesuora ratsastettavuuden (-0,07) sekä laukan ja estesuora ratsastettavuuden (-0,07) välillä. Askellaji- ja estesuoraominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet olivat melko korkeita vaihdellen välillä  $\pm 0,13$ - $\pm 0,19$ .

Askellaji- ja esterataominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat matalia vaihdellen välillä  $r_g = -0,21$ - $0,30$  (taulukko 13). Voimakkaimmat positiiviset geneettiset korrelaatiot havaittiin laukan ja rohkeuden (0,30) sekä laukan ja hyppytekniikan (0,23) välillä. Askellajiominaisuuksista ravi korreloi geneettisesti negatiivisesti kaikkien esterataominaisuuksien kanssa. Heikoin geneettinen korrelaatio havaittiin käynnin ja rohkeuden (0,02) välillä. Askellaji- ja esterataominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet vaihtelivat välillä  $\pm 0,08$ - $\pm 0,15$ . Korkeimmat keskivirheet havaittiin esterata ratsastettavuuden ja kaikkien askellajiominaisuuksien väliltä.

Askellaji- ja estekoeominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat hyvin matalia ja pääosin negatiivisia vaihdellen  $r_g = -0,29$ - $0,33$  välillä (taulukko 13). Voimakkain geneettinen positiivinen korrelaatio havaittiin laukan ja rohkeuden ja kyvyn (0,33) välillä. Heikoimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin käynnin ja estekoe laukan (0,05), käynnin ja rohkeuden ja kyvyn (0,05) sekä ratsastettavuuden ja estekoelaukan (-0,01) välillä. Askellaji- ja estekoeominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet olivat hyvin korkeita vaihdellen välillä  $\pm 0,28$ - $\pm 0,78$ . Tästä johtuen arvioidut geneettiset korrelaatiot olivat käytännössä nollia.

Askellaji- ja koulukoeominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat voimakkaita ja positiivisia vaihdellen välillä  $r_g = 0,64$ - $0,97$  (taulukko 13). Voimakkaimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin koulukoeominaisuus ravin ja askellajiominaisuus käynnin (0,97), askellajiominaisuus ravin ja koulukoeominaisuus yleisvaikutelman (0,93), askellajiominaisuus laukan ja koulukoeominaisuus laukan (0,94) sekä koulukoeominaisuus laukan ja askellajiominaisuus ratsastettavuuden (0,92) väliltä. Heikoin geneettinen korrelaatio havaittiin koulukoeominaisuus käynnin ja askellajiominaisuus käynnin (0,64) välillä. Askellaji- ja koulukoeominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet olivat pieniä vaihdellen välillä  $\pm 0,03$ - $\pm 0,11$ .



Taulukko 13. Askellaji- ja suorituskvynominisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot (keskivirheet suluisissa).

	AL1	AL2	AL3	AL4
<b>Estesuora</b>				
Rohkeus (ES1)	-0,17 ( $\pm 0,13$ )	-0,50 ( $\pm 0,15$ )	-0,10 ( $\pm 0,17$ )	-0,18 ( $\pm 0,16$ )
Varovaisuus (ES2)	-0,23 ( $\pm 0,15$ )	-0,51 ( $\pm 0,16$ )	-0,16 ( $\pm 0,14$ )	-0,22 ( $\pm 0,14$ )
Hyppytekniikka (ES3)	-0,21 ( $\pm 0,17$ )	-0,51 ( $\pm 0,17$ )	-0,15 ( $\pm 0,12$ )	-0,25 ( $\pm 0,15$ )
Ratsastettavuus (ES4)	-0,07 ( $\pm 0,15$ )	-0,38 ( $\pm 0,16$ )	-0,07 ( $\pm 0,19$ )	-0,11 ( $\pm 0,16$ )
<b>Esterata</b>				
Rohkeus (ER1)	0,02 ( $\pm 0,08$ )	-0,07 ( $\pm 0,09$ )	0,30 ( $\pm 0,08$ )	0,21 ( $\pm 0,09$ )
Varovaisuus (ER2)	-0,07 ( $\pm 0,08$ )	-0,18 ( $\pm 0,08$ )	0,19 ( $\pm 0,09$ )	0,09 ( $\pm 0,09$ )
Hyppytekniikka (ER3)	0,06 ( $\pm 0,08$ )	-0,16 ( $\pm 0,08$ )	0,23 ( $\pm 0,09$ )	0,09 ( $\pm 0,09$ )
Ratsastettavuus (ER4)	-0,12 ( $\pm 0,14$ )	-0,21 ( $\pm 0,14$ )	0,15 ( $\pm 0,15$ )	0,06 ( $\pm 0,15$ )
<b>Estekoe</b>				
Rohkeus ja kyky (EK1)	0,05 ( $\pm 0,35$ )	0,12 ( $\pm 0,54$ )	0,33 ( $\pm 0,35$ )	0,25 ( $\pm 0,46$ )
Varovaisuus (EK2)	-0,23 ( $\pm 0,57$ )	-0,29 ( $\pm 0,59$ )	-0,03 ( $\pm 0,47$ )	-0,12 ( $\pm 0,54$ )
Hyppytekniikka (EK3)	-0,01 ( $\pm 0,28$ )	-0,14 ( $\pm 0,38$ )	0,25 ( $\pm 0,30$ )	0,08 ( $\pm 0,39$ )
Ratsastettavuus (EK4)	-0,07 ( $\pm 0,78$ )	-0,23 ( $\pm 0,57$ )	-0,09 ( $\pm 0,45$ )	-0,13 ( $\pm 0,46$ )
Laukka (EK5)	0,05 ( $\pm 0,60$ )	-0,20 ( $\pm 0,59$ )	0,18 ( $\pm 0,45$ )	-0,01 ( $\pm 0,51$ )
<b>Koulukoe</b>				
Ravi (KR1)	0,97 ( $\pm 0,03$ )	0,90 ( $\pm 0,07$ )	0,87 ( $\pm 0,07$ )	0,86 ( $\pm 0,08$ )
Käynti (KR2)	0,64 ( $\pm 0,10$ )	0,79 ( $\pm 0,07$ )	0,71 ( $\pm 0,06$ )	0,76 ( $\pm 0,06$ )
Laukka (KR3)	0,79 ( $\pm 0,08$ )	0,80 ( $\pm 0,07$ )	0,94 ( $\pm 0,03$ )	0,92 ( $\pm 0,04$ )
Kuuliaisuus (KR4)	0,72 ( $\pm 0,11$ )	0,80 ( $\pm 0,09$ )	0,72 ( $\pm 0,06$ )	0,77 ( $\pm 0,06$ )
Yleisvaikutelma (KR5)	0,89 ( $\pm 0,06$ )	0,93 ( $\pm 0,05$ )	0,88 ( $\pm 0,04$ )	0,91 ( $\pm 0,04$ )

AL1 = käynti, AL2 = ravi, AL3 = laukka, AL4 = ratsastettavuus

Estesuora- ja esterataominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat positiivisia ja voimakkaita vaihdellen välillä  $r_g=0,82-0,99$  (taulukko 14). Voimakkaimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin estesuora hyppytekniikan ja esterata varovaisuuden (0,99) sekä estesuora hyppytekniikan ja esterata ratsastettavuuden (0,99) välillä. Heikoimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin estesuora ratsastettavuuden ja esterata hyppytekniikan (0,82) sekä estesuora ratsastettavuuden ja esterata rohkeuden (0,85) välillä. Estesuora- ja esterataominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet olivat pieniä vaihdellen välillä  $\pm 0,01-\pm 0,08$ .

Estesuora- ja estekoeominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat positiivisia vaihdellen heikosta voimakkaaseen välillä  $r_g=0,02-0,71$  (taulukko 14). Estekoeominaisuuksista ratsastettavuus korreloi geneettisesti positiivisesti ja voimakkaasti kaikkien estesuoraominaisuuksien kanssa. Voimakkain geneettinen

korrelaatio havaittiin estesuora rohkeuden ja estekoe ratsastettavuuden (0,71) välillä. Heikoin geneettinen korrelaatio havaittiin estesuora varovaisuuden ja estekoe rohkeuden ja kyvyn (0,02) välillä. Estesuora- ja estekoeominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet olivat korkeita vaihdellen välillä  $\pm 0,11$ - $\pm 0,30$ .

Estesuora- ja koulukoeominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat negatiivisia ja heikkoja vaihdellen välillä  $r_g = -0,01$ - $(-0,26)$  (taulukko 14). Voimakkain negatiivinen geneettinen korrelaatio havaittiin rohkeuden ja ravin (-0,26) välillä. Heikoimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin hyppytekniikan ja ravin (-0,01) sekä hyppytekniikan ja laukan (-0,02) välillä. Estesuora- ja koulukoeominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet olivat kohtalaisia vaihdellen välillä  $\pm 0,13$ - $\pm 0,18$ . Tästä johtuen suurin osa estimoiduista geneettisistä korrelaatioista oli käytännössä nolla.

Taulukko 14. Estesuora- ja suorituskyvynominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot (keskivirheet suluissa).

	ES1	ES2	ES3	ES4
<b>Esterata</b>				
Rohkeus (ER1)	0,95 ( $\pm 0,02$ )	0,95 ( $\pm 0,02$ )	0,97 ( $\pm 0,02$ )	0,85 ( $\pm 0,06$ )
Varovaisuus (ER2)	0,94 ( $\pm 0,02$ )	0,96 ( $\pm 0,02$ )	0,99 ( $\pm 0,01$ )	0,86 ( $\pm 0,07$ )
Hyppytekniikka (ER3)	0,94 ( $\pm 0,03$ )	0,93 ( $\pm 0,04$ )	0,97 ( $\pm 0,02$ )	0,82 ( $\pm 0,08$ )
Ratsastettavuus (ER4)	0,94 ( $\pm 0,04$ )	0,98 ( $\pm 0,03$ )	0,99 ( $\pm 0,03$ )	0,88 ( $\pm 0,07$ )
<b>Estekoe</b>				
Rohkeus ja kyky (EK1)	-0,05 ( $\pm 0,25$ )	0,02 ( $\pm 0,26$ )	0,08 ( $\pm 0,30$ )	-0,04 ( $\pm 0,23$ )
Varovaisuus (EK2)	0,41 ( $\pm 0,17$ )	0,46 ( $\pm 0,18$ )	0,50 ( $\pm 0,21$ )	0,40 ( $\pm 0,15$ )
Hyppytekniikka (EK3)	0,25 ( $\pm 0,14$ )	0,32 ( $\pm 0,15$ )	0,43 ( $\pm 0,19$ )	0,18 ( $\pm 0,16$ )
Ratsastettavuus (EK4)	0,71 ( $\pm 0,16$ )	0,68 ( $\pm 0,16$ )	0,63 ( $\pm 0,19$ )	0,70 ( $\pm 0,11$ )
Laukka (EK5)	0,49 ( $\pm 0,16$ )	0,44 ( $\pm 0,17$ )	0,52 ( $\pm 0,19$ )	0,32 ( $\pm 0,17$ )
<b>Koulukoe</b>				
Ravi (KR1)	-0,26 ( $\pm 0,16$ )	-0,09 ( $\pm 0,14$ )	-0,01 ( $\pm 0,17$ )	-0,15 ( $\pm 0,15$ )
Käynti (KR2)	-0,23 ( $\pm 0,16$ )	-0,17 ( $\pm 0,15$ )	-0,18 ( $\pm 0,18$ )	-0,07 ( $\pm 0,15$ )
Laukka (KR3)	-0,15 ( $\pm 0,15$ )	-0,05 ( $\pm 0,14$ )	-0,02 ( $\pm 0,17$ )	-0,10 ( $\pm 0,14$ )
Kuuliaisuus (KR4)	-0,17 ( $\pm 0,15$ )	-0,07 ( $\pm 0,14$ )	-0,09 ( $\pm 0,17$ )	0,04 ( $\pm 0,13$ )
Yleisvaikutelma (KR5)	-0,24 ( $\pm 0,16$ )	-0,13 ( $\pm 0,14$ )	-0,09 ( $\pm 0,18$ )	-0,11 ( $\pm 0,15$ )

ES1 = rohkeus, ES2 = varovaisuus, ES3 = hyppytekniikka, ES4 = ratsastettavuus

Esterata- ja estekoeominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat positiivisia vaihdellen välillä  $r_g = 0,29$ - $0,99$  (taulukko 15). Voimakkaimmat geneettiset korrelaatiot havaittiin esterata varovaisuuden ja estekoe laukan (0,99), esterata hyppytekniikan ja estekoe laukan (0,99), esterata hyppytekniikan ja estekoe hyppytekniikan (0,97) sekä

esterata varovaisuuden ja estekoe hyppytekniikan (0,96) välillä. Estekoeominaisuuksista laukka oli geneettisesti voimakkaasti korreloitunut kaikkien esterataominaisuuksien kanssa. Estekoeominaisuuksista ratsastettavuus oli geneettisesti heikosti korreloitunut kaikkien esterataominaisuuksien kanssa. Esterata- ja estekoeominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet vaihtelivat välillä  $\pm 0,02 \pm 0,39$ .

Taulukko 15. Esterata- ja estekoeominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot (keskivirheet suluissa).

	ER1	ER2	ER3	ER4
<b>Estekoe</b>				
Rohkeus ja kyky (EK1)	0,80 ( $\pm 0,11$ )	0,85 ( $\pm 0,11$ )	0,81 ( $\pm 0,12$ )	0,84 ( $\pm 0,19$ )
Varovaisuus (EK2)	0,73 ( $\pm 0,15$ )	0,83 ( $\pm 0,16$ )	0,82 ( $\pm 0,15$ )	0,77 ( $\pm 0,23$ )
Hyppytekniikka (EK3)	0,87 ( $\pm 0,07$ )	0,96 ( $\pm 0,07$ )	0,97 ( $\pm 0,04$ )	0,89 ( $\pm 0,15$ )
Ratsastettavuus (EK4)	0,29 ( $\pm 0,24$ )	0,50 ( $\pm 0,32$ )	0,57 ( $\pm 0,26$ )	0,34 ( $\pm 0,39$ )
Laukka (EK5)	0,93 ( $\pm 0,06$ )	0,99 ( $\pm 0,05$ )	0,99 ( $\pm 0,02$ )	0,93 ( $\pm 0,10$ )

ER1 = rohkeus, ER2 = varovaisuus, ER3 = hyppytekniikka, ER4 = ratsastettavuus

Suorituskyvyn ominaisuuksien väliset fenotyypiset korrelaatiot olivat pääosin hyvin matalia. Poikkeuksena olivat askellaji- ja koulukoeominaisuuksien, estesuora- ja esterataominaisuuksien sekä esterata- ja estekoeominaisuuksien väliset fenotyypiset korrelaatiot, jotka olivat kohtalaisia.

## 6 TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimuksessa saadut tulokset olivat kaiken kaikkiaan hyvin samankaltaisia aiemmin tehtyjen tutkimusten tulosten kanssa. Aineiston pienestä koosta huolimatta suurinta osaa saaduista tuloksista voidaan pitää luotettavina, koska tulosten keskivirheet olivat pieniä.

Rakenneominaisuuksista jalat ja liikkeiden säännöllisyys näyttäisi olevan heikoiten periytyvä ominaisuus ja tämän ominaisuuden periytymisasteen arvio oli käytännössä nolla. Tähän vaikuttaa varmasti se, että ominaisuus on hyvin vaikea arvostella ja siihen vaikuttaa moni ympäristötekijä, kuten arvostelupaikan valaistus ja se miten hevonen seisoo. Aiemmassa kirjallisuudessa tulokset ovat olleet samankaltaisia eri jalkaominaisuuksien periytymisasteiden vaihdellessa välillä 0,07-0,23 (van Bergen ja van Arendonk 1993, Koenen ym. 1995, Ducro ym. 2009). Voimakkaimmin periytyviä rakenneominaisuuksia tässä tutkimuksessa olivat pää, kaula ja runko, tyyppi sekä

liikkeiden mekaniikka ravissa. Tyyppi sekä pää, kaula ja runko korreloivat geneettisesti voimakkaasti keskenään. Tämä voisi olla merkki siitä, että molemmissa ominaisuuksissa arvostellaan samaa ominaisuutta. Lisäksi havaittiin, että liikkeiden mekaniikka ravissa korreloi geneettisesti voimakkaasti muiden rakenneominaisuuksien kanssa.

Tässä tutkimuksessa kaikkien askellajiominaisuuksien periytymisasteiden arviot olivat korkeita, joista korkein oli laukalle arvioitu ( $h^2=0,76$ ). Tämän tutkimuksen tulosten perusteella askellajien jalostaminen on mahdollista. Kaikki askellajiominaisuudet olivat geneettisesti voimakkaasti korreloituneet keskenään. Tämän perusteella voidaan olettaa, että eri askellajiominaisuuksia säätelevät samat geenit tai geenialueet. Ducron ym. (2007b) tekemässä tutkimuksessa askellajeja kuvailevien ominaisuuksien (askeleen pituus, säännöllisyys, elastisuus) periytymisasteiden arviot vaihtelivat välillä 0,15-0,32. Ducron ym. (2007a) tekemässä tutkimuksessa askellajiominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet vaihtelivat laukalle arvioidun  $h^2=0,25$  ja raville arvioidun  $h^2=0,50$  välillä, (s.e.= $\pm 0,06$ - $\pm 0,11$ ). Gerber Olssonin ym. (2000) tekemässä tutkimuksessa askellajiominaisuuksien periytymisasteiden arviot vaihtelivat ravin saaman  $h^2=0,37$  ja käynnin saaman  $h^2=0,46$  välillä, keskivirheiden vaihdellessa välillä  $\pm 0,11$ - $\pm 0,13$ .

Rakenne- ja askellajiominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat melko voimakkaita, erityisesti liikkeiden mekaniikka käynnissä ja liikkeiden mekaniikka ravissa olivat positiivisesti voimakkaasti korreloituneet kaikkien askellajiominaisuuksien kanssa. Tämä viittaisi siihen, että rakennetta jalostettaessa voidaan jalostaa myös epäsuorasti askellajiominaisuuksia. Lisäksi voidaan olettaa, että hyvärakenteisella hevosella on melko todennäköisesti hyvät liikkeet. Ducron ym. (2007b) tekemässä tutkimuksessa rakenne- ja askellajiominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot vaihtelivat välillä -0,04-0,78. Heikoin geneettinen korrelaatio oli käynnin säännöllisyyden ja rakenteen välinen korrelaatio  $r_g=-0,04$ , kaikki muut geneettiset korrelaatiot vaihtelivat välillä 0,63-0,78.

Tässä tutkimuksessa estesuoraominaisuuksien periytymisasteiden arviot olivat korkeita (yli 0,45) ja niiden keskivirheet olivat pieniä, joten voidaan olettaa, että nämä ominaisuudet ovat melko hyvin periytyviä. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella rohkeus ja varovaisuus ovat parhaiten periytyviä estesuoraominaisuuksia. Rakenne- ja

estesuoraominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat negatiivisia ja melko voimakkaita. Toisaalta geneettisten korrelaatioiden keskivirheet olivat melko korkeita (s.e.= $\pm 0,09$ - $\pm 0,28$ ). Tämä johtunee havaintojen vähydestä. Aiemmassa kirjallisuudessa rakenteen ja esteratsastusominaisuuksien välillä on havaittu samankaltaisia geneettisiä korrelaatiota (Koenen ym. 1995, Ducro ym. 2007b, Ducro ym. 2009). Negatiiviset geneettiset korrelaatiot viittaisivat siihen, että rakennearvostelussa ihannerakenteen omaava hevonen ei välttämättä ole paras mahdollinen estehevonen.

Esterataominaisuuksista ratsastettavuuden periytymisasteen ennuste oli matala, kun taas muiden ominaisuuksien periytymisasteiden ennusteet olivat kohtalaisia. Ducron ym. (2007b) tekemässä tutkimuksessa varovaisuudelle estimoitu periytymisasteen ennuste ( $h^2=0,32$ ) ja sen keskivirhe (alle  $\pm 0,10$ ) oli lähes sama kuin tässä tutkimuksessa estimoitu periytymisasteen ennuste ( $h^2=0,33$ ). Rakenneominaisuuksista jalat ja liikkeiden säännöllisyys oli negatiivisesti voimakkaasti korreloitunut kaikkien esterataominaisuuksien kanssa. Voisiko tämä olla merkki siitä, että rakennearvostelussa paras mahdollinen jalkarakenne ei ole kestävä jalkarakenne esteratsastusta ajatellen? Rakenneominaisuuksista tyyppi oli geneettisesti positiivisesti voimakkaimmin korreloitunut esterataominaisuuksien kanssa. Ducron ym. (2009) tekemässä tutkimuksessa tulokset olivat samankaltaisia kuin tämän tutkimuksen tulokset.

Estekoeominaisuuksista korkeimmat periytymisasteen arviot estimoitiin rohkeudelle ja kyvyille, varovaisuudelle sekä hyppytekniikalle, joten voidaan olettaa, että näihin ominaisuuksiin vaikuttaa hyvin paljon hevosen perimä eikä niinkään olosuhteet ja ympäristötekijät. Rakenne- ja estekoeominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat keskinkertaisia ja suurimmaksi osaksi positiivisia, joskin suurin osa keskivirheistä oli melko korkeita.

Eri esteratsastusominaisuuksia mittaavien osakokeiden ominaisuudet olivat geneettisesti positiivisesti voimakkaasti korreloituneet keskenään. Selitys tälle voisi olla, että eri esteratsastusosakokeet mittaavat todellisuudessa samoja ominaisuuksia.

Rakenneominaisuuksien ja eri esteratsastusominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat heikkoja, mutta keskivirheet korkeita. Estimaattien keskivirheet olivat korkeita, koska havaintoja oli vähän. Rakenneominaisuuksien ja eri esteratsastusominaisuuksien välinen geneettinen yhteys on siis mahdollisesti melko

alhainen, mutta tämän varmistamiseksi varianssikomponenttien arvioinnissa tarvitaan enemmän havaintoja erityisesti esteratsastusominaisuuksista. Olisi parempi, että estekokeita olisi vähemmän ja kaikki hevoset osallistuisivat niihin eikä niin, että kokeita on monia ja hevosia osallistuu eri kokeisiin eri määriä. Aiemmassa kirjallisuudessa rakenteen ja esteratsastusominaisuuksien välillä on havaittu samankaltaisia geneettisiä korrelaatioita (Koenen ym. 1995, Ducro ym. 2007b, Ducro ym. 2009)

Koulukoeominaisuuksista korkeimmat periytymisasteen ennusteet arvioitiin käynnille ja laukalle, joten voidaan olettaa, että näihin ominaisuuksiin vaikuttaa olosuhteita ja ympäristötekijöitä enemmän hevosen perimä. Koulukoeominaisuuksista ravin periytymisasteen ennuste oli alhaisin, mikä johtunee yksilöiden välisestä vähäisestä geneettisestä erosta. Koulukoeominaisuudet olivat keskenään geneettisesti positiivisesti voimakkaasti korreloituneita, joten voidaan olettaa, että eri ominaisuuksia säätelee suurimmaksi osaksi samat geenit tai geeniryhmät. Tämän ansiosta jalostuksessa riittää, että painotetaan vain yhtä tai kahta ominaisuutta ja samalla muutkin ominaisuudet parantuvat.

Rakenne- ja koulukoeominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat kohtalaisia ja positiivisia, poikkeuksena oli jalat ja liikkeiden säännöllisyys, joka korreloi geneettisesti negatiivisesti käynnin ja kuuliaisuuden kanssa. Toisaalta koulukoeominaisuuksien ja jalkojen ja liikkeiden säännöllisyyden välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet olivat hyvin suuria, joten tulokset eivät näiltä osin olleet erityisen luotettavia. Rakenneominaisuuksista liikkeiden mekaniikka käynnissä oli geneettisesti voimakkaammin korreloitunut ravin ja laukan kanssa kuin käynnin kanssa. Tämä voisi johtua siitä, että hevoset voivat olla jännittyneitä kouluradalla, jolloin käynnin laatu kärsii. Rakenneominaisuuksista liikkeiden mekaniikka käynnissä ja pää, kaula ja runko korreloivat voimakkaimmin kaikkien koulurataominaisuuksien kanssa. Tämä lienee merkki siitä, että hyvällä kouluhevosella on hyvä käynti ja rakennearvostelussa ihanteellinen pää, kaula ja runko. Lisäksi voidaan päätellä, että perinteinen rakennearvostelu suosii kouluhevosia aivan niin kuin Saastamoinen ja Barrey (2000) totesivat. Ducron ym. (2007b) tekemässä tutkimuksessa kouluratsastuskilpailu menestyksen ja rakenteen välinen geneettinen korrelaatio oli 0,67.

Askellaji- ja estesuoraominaisuuksien välisessä analyysissä havaittiin, että näiden ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat negatiivisia ja kohtalaisia.

Poikkeuksena oli ravi, joka korreloi geneettisesti negatiivisesti melko voimakkaasti kaikkien estesuoraominaisuuksien kanssa. Askellaji- ja esterataominaisuuksien välisessä analyysissä geneettiset korrelaatiot olivat alhaisia ja osin negatiivisia. Lisäksi keskivirheet olivat suuret ja tästä johtuen voidaan todeta, että tässä tutkimuksessa näiden ominaisuuksien välillä ei ole havaittavissa geneettisiä yhteyksiä. Askellaji- ja estekoeominaisuuksien välisessä analyysissä tilanne oli sama kuin askellaji- ja esterataominaisuuksien välisessä analyysissä. Mielenkiintoinen havainto oli se, että estekokeessa arvosteltu laukka ja askellajikokeessa arvosteltu laukka eivät olleet geneettisesti lainkaan korreloituneet keskenään. Tosin korrelaation keskivirhe oli erittäin suuri ( $\pm 0,51$ ). Jos kuitenkin korrelaatio on nolla, niin siitä voidaan päätellä, että arvosteltu ominaisuus laukka ei ole sama molemmissa tapauksissa. Todennäköisin syy on, että askellajikokeessa arvostellaan huomattavasti pyöreämpää ja kootumpaa koululaukkaa kun taas estekokeessa estehevokset laukkaavat matalammassa muodossa pidempänä. Koenen ym. (1995) tekemässä tutkimuksessa tutkijat havaitsivat samansuuntaiset tulokset askellajiominaisuuksien ja esteratsastuskilpailu menestyksen välillä. Ducro ym. (2007a) havaitsivat negatiivisen geneettisen yhteyden askellajiominaisuuksien ja hyppykyvyn välillä. Tämän tutkimuksen tulokseen vaikuttaa todennäköisesti myös se, että askellajikokeen ja estekokeen tuomarit eivät ole samat.

Askellaji- ja koulukoeominaisuuksien välisessä analyysissä geneettiset korrelaatiot olivat positiivisia ja voimakkaita sekä keskivirheet hyvin pieniä. Tästä voidaan päätellä, että askellajikokeessa ja kouluradalla arvostellaan suurimmaksi osaksi samoja ominaisuuksia. Myös Ducron ym. (2007a) ja Ducron ym. (2007b) tekemissä tutkimuksissa tutkijat havaitsivat positiivisia voimakkaita geneettisiä korrelaatioita kouluratsastus- ja askellajiominaisuuksien välillä, keskivirheiden ollessa pieniä.

Estesuora- ja koulukoeominaisuuksien välisessä analyysissä havaittiin, että näiden ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat alhaisia ja negatiivisia. Koska keskivirheet olivat suuria, tämän tutkimuksen mukaan näiden korrelaatioiden ei voida sanoa poikkeavan nolasta. Estesuoraominaisuuksista rohkeus korreloi geneettisesti negatiivisesti kohtalaisesti ravin, käynnin ja yleisvaikutelman kanssa. Ducron ym. (2007a) tekemässä tutkimuksessa este- ja kouluratsastusominaisuuksien välillä vallitsi negatiivinen geneettinen korrelaatio, joka oli voimakkaampi kuin tässä tutkimuksessa havaittu korrelaatio. Ducron ym. (2007b) tekemässä tutkimuksessa tulokset olivat samanlaiset.

Estesuora- ja esterataominaisuuksien välisessä analyysissä havaittiin voimakkaita positiivisia geneettisiä korrelaatioita kaikkien ominaisuuksien välillä keskivirheiden ollessa hyvin alhaisia. Tämä viittaisi siihen, että molemmissa on arvosteltu samoja ominaisuuksia eli tulevaisuudessa toinen näistä osakokeista voitaneen jättää kokonaan pois arvostelusta, koska molemmat tuottavat saman informaation.

Estesuora- ja estekoeominaisuuksien välisessä analyysissä ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat kohtalaisia ja niiden keskivirheet olivat suuria. Tämä johtunee havaintojen vähyydestä. Esterata- ja estekoeominaisuuksien välisessä analyysissä huomattiin, että estekoeominaisuuksista ratsastettavuuden ja kaikkien esterataominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat alhaisia ja keskivirheet suuria. Tämä oli poikkeus, koska kaikki muut ominaisuudet korreloivat geneettisesti positiivisesti voimakkaasti keskenään. Tulokseen vaikuttaa todennäköisesti estekoeominaisuuksien havaintojen vähyyttä.

Gerber Olssonin ym. (2000) tekemässä tutkimuksessa havaittiin, että irtohyppäämisen periytymisasteen arvio oli suurempi kuin ratsastajan kanssa hyppäämisen periytymisasteen arvio. Tutkijat olivat sitä mieltä, että syynä tähän oli ratsastajan vaikutus hevoseen. Ducron ym. (2007b) tekemässä tutkimuksessa huomattiin, että irtohypytyksen ja myöhempien kilpailutulosten välinen geneettinen korrelaatio oli hyvin suuri, jolloin lahjakkaat estehevokset on mahdollista valita jo nuorella iällä irtohypytyksen perusteella.

## **7 JOHTOPÄÄTÖKSET**

Näiden tulosten pohjalta voidaan todeta, että kaikissa esteominaisuusryhmissä on todellisuudessa arvosteltu samoja ominaisuuksia, jolloin yksikin osakoe on riittävä tuottamaan tiedon hevosen laadusta, kapasiteetista ja jalostusarvosta. Aiempien tutkimusten sekä tämän tutkimuksen tulosten perusteella voisi olla hyödyllistä muuttaa laatuarvostelun arvostelutapaa niin, että hevosen lahjakkuutta esteratsastusta ajatellen mitattaisiin irtohypytykskokeen ja estekokeen avulla. Irtohypytykskokeessa saataisiin paremmin esille hevosten väliset todelliset erot, koska tällöin ratsastaja ei pysty vaikuttamaan hevosen suoritukseen. Myös askellaji- ja koulukoeominaisuuksien väliset voimakkaat positiiviset geneettiset korrelaatiot viittaisivat siihen, että molemmissa osakokeissa on arvosteltu samoja ominaisuuksia, jolloin toinen näistä osakokeista



riittäisi tuottamaan tiedon hevosen laadusta ja jalostusarvosta kouluratsastuskilpailu-uraa ajatellen. Tulevaisuudessa voitaisiin miettiä näiden kahden osakokeen yhdistämistä yhdeksi kokeeksi. Lisäksi herää kysymys, että onko laatuarvostelun tarkoitus toimia apuna hevosen jalostusarvon arvioinnissa vai arvostella pelkästään hevosen käyttöarvoa? Tällä hetkellä vaikuttaisi siltä, että arvostellaan pelkkää käyttöarvoa samanlaisten osakokeiden takia.

Tämän tutkimuksen tulosten nojalla voidaan todeta, että ratsuhevosten rakenteen ja suorituskyvyn välillä suomalaisessa lämminverisessä ratsuhevospopulaatiossa on perinnöllisiä yhteyksiä. Näitä havaittuja yhteyksiä voidaan tulevaisuudessa käyttää apuna jalostettaessa heikosti periytyviä ominaisuuksia, kuten liikkeiden mekaniikkaa käynnissä ja ratsastettavuutta. Lisäksi näitä tuloksia voidaan käyttää apuna laatuarvostelujen ja mahdollisesti myös muiden suorituskyvynkokeiden arvostelutapojen kehittämisessä.

## LÄHTEET

Bobbert, M. F., Santamaría, S., van Weeren, P. R., Back, W. & Barneveld, A. 2005.

Can jumping capacity of adult show jumping horses be predicted on the basis of submaximal free jumps at foal age? A longitudinal study. *The Veterinary Journal* 170: 212-221.

Ducro, B.J., Koenen, E.P.C, van Tartwijk, J.M.F.M. & van Arendonk J.A.M. 2007a.

Genetic relations of First Stallion Inspection traits with dressage and show-jumping performance in competition of Dutch Warmblood horses. *Livestock Science* 107: 81-85.

Ducro, B.J., Koenen, E.P.C., van Tartwijk, J.M.F.M. & Bovenhuis, H. 2007b.

Genetic relations of movement and free-jumping traits with dressage and show-jumping performance in competition of Dutch Warmblood horses. *Livestock Science* 107: 227-234.

Ducro, B.J., Bovenhuis, H & Bakc, W. 2009. Heritability of foot conformation and its relationship to sports performance in a Dutch Warmblood horse population. *Equine Veterinary Journal* 41: 139-143

Gerber Olsson, E., Árnason, T., Näsholm, A. & Philipsson, J. 2000. Genetic parameters for traits at performance test of stallions and correlations with traits at progeny tests in Swedish warmblood horses. *Livestock Production Science* 65: 81-89.

Groeneveld, E., Kovac, M. & Mielenz, N. 2008. VCE User's guide and manual, Version 6.0. Institute of farm animal genetics, Friedrich Loeffler Institute, Mariensee, Germany.

Holmström, M., Magnusson, L.E. & Philipsson, J. 1990. Variation in conformation of Swedish Warmblood horses and conformational characteristics of élite sport horses. *Equine veterinary journal* 22: 186-193.

Holmström, M. & Philipsson, J. 1993. Relationships between conformation, performance and health in 4-year-old Swedish Warmblood Riding Horses. *Livestock Production Science* 33: 293-312.

Koenen, E.P.C., van Veldhuizen, A.E. & Brascamp, E.W. 1995. Genetic parameters of linear scored conformation traits and their relation to dressage and show-jumping performance in the Dutch Warmblood Riding Horse population. *Livestock Production Science* 43: 85-94.

Koenen, E.P.C., Aldridge, L.I. & Philipsson, J. 2004. An overview of breeding objectives for warmblood sport horses. *Livestock Production Science* 88: 77-84.

Linko, K. 2007. Ratsuhevosten Laatuarvostelu.

Saastamoinen, M. & Barrey, E. 2000. *Genetics of the Horse* 439-472. CAB International.

Strandén, I. & Vuori, K. 2006. RelaX2: pedigree analysis programme. Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, s. 27-30.

Stock, K.F. & Distl, O. 2006. Genetic correlations between conformation traits and radiographic findings in the limbs of German Warmblood riding horses. *Genetics Selection Evolution* 38: 657-671.

Suomen Hippos ry. 2009. Jalostusohjesääntö.

[http://www.hippos.fi/hippos/jalostus\\_ja\\_kasvatus/jalostusohjesaannot/jalostusohjesaannot.pdf](http://www.hippos.fi/hippos/jalostus_ja_kasvatus/jalostusohjesaannot/jalostusohjesaannot.pdf) Viitattu 18.11.2011

Suomen Hippos ry. 2012. Jalostuspäivät.

[http://www.hippos.fi/files/3098/Lineaarinen\\_profilointi\\_JALOSTUSPAIVAT.pdf](http://www.hippos.fi/files/3098/Lineaarinen_profilointi_JALOSTUSPAIVAT.pdf) Viitattu 26.6.2012

Thorén Hellsten, E., Viklund, Å., Koenen, E.P.C., Ricard, A., Bruns, E. & Philipsson, J. 2006. Review of genetic parameters estimated at stallion and young horse performance tests and their correlations with later results in dressage and show-jumping competition. *Livestock Science* 103: 1-12.

van Bergen, H.M.J.M & van Arendonk, J.A.M. 1993. Genetic parameters for linear type traits in Shetland Ponies. *Livestock Production Science* 36: 273-284.

Viklund, Å., Braam, Å., Näsholm, A., Strandberg, E. & Philipsson, J. 2010. Genetic variation in competition traits at different ages and time periods and correlations with traits at field tests of 4-year-old Swedish Warmblood horses. *Animal* 4:5: 682-691.

Vilva, V. 1998. Kotieläintieteen laitos, Helsingin Yliopisto, Helsinki.

Wallin, L., Strandberg, E. & Philipsson, J. 2003. Genetic correlations between field test results of Swedish Warmblood Riding Horses as 4-year-olds and lifetime performance results in dressage and show jumping. *Livestock Production Science* 82: 61-71.