

# Suksiitosaste ja sukupolvien välinen aika suomenhevospopulaatiossa

Toini Immonen

Helsingin Yliopisto  
Kotieläinten jalostustieteen laitos

---

Helsinki 1992

*Julkaisijat:*

Kotieläinten jalostustieteen laitos, Helsingin Yliopisto, Viikki  
Kotieläinjalostuslaitos, Maatalouden Tutkimuskeskus, Jokioinen

**Suksiitosaste ja sukupolvien välinen  
aika suomenhevospopulaatiossa**

**Toini Immonen**  
kotieläinten jalostustieteen  
*pro gradu*-työ 1991

**ISBN 951-45-6089-2**  
**ISSN 0356-1429**  
Helsinki 1992  
Yliopistopaino

# Sisällys

<b>1 Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2 Kirjallisuuskatsaus</b>	<b>2</b>
2.1 Suomenhevonen . . . . .	2
2.2 Sukusiitos . . . . .	4
2.2.1 Sukusiitosaste . . . . .	6
2.2.2 Sukulaisuuskerroin . . . . .	7
2.2.3 Muita menetelmiä sukulaisuuden toteamiseksi . . .	8
2.3 Populaation koon vaikutus sukusiitokseen . . . . .	8
2.3.1 Tehoisan populaation koko . . . . .	9
2.4 Sukusiitosasteen ennustamismenetelmiä . . . . .	11
2.4.1 Sukulaisuuskertoimen avulla . . . . .	11
2.4.2 Tehoisan populaation koon avulla . . . . .	11
2.4.3 Edellisen sukupolven sukusiitosasteen avulla . . . .	12
2.4.4 Pienin mahdollinen sukusiitosasteen nousu sukupolvessa	12
2.5 Sukusiitos hevospopulaatioissa . . . . .	12
2.5.1 Sukusiitosasteet hevospopulaatioissa . . . . .	13
2.5.2 Populaation koon vaikutus sukusiitosasteisiin . . .	17
2.6 Sukusiitostaantuma . . . . .	18
2.6.1 Haitalliset geenit . . . . .	19
2.6.2 Sukusiitostaantuma hevospopulaatioissa . . . . .	20
2.7 Sukusiitoksen ja sen haittojen ehkäiseminen . . . . .	22
2.8 Sukupolvien välinen aika . . . . .	22
<b>3 Aineisto ja menetelmät</b>	<b>24</b>
3.1 Aineisto . . . . .	24
3.1.1 Aineiston hankinta . . . . .	24
3.1.2 Aineiston rakenne . . . . .	24
3.2 Tilastolliset mallit ja menetelmät . . . . .	27
<b>4 Tulokset ja tulosten tarkastelu</b>	<b>29</b>
4.1 Sukusiitosasteet . . . . .	29
4.1.1 Otokset vuosina 1975 ja 1988 rekisteröidyistä . . .	29
4.1.2 Nykyinen suomenhevospopulaatio . . . . .	31
4.1.3 1980-luvun suosituimpien siitosoriiden ja niiden jäl- keläisten tarkastelu . . . . .	32
4.1.4 Sukusiitoksen ja kilpailutulosten välinen yhteys . .	35
4.2 Populaation koon ja rakenteen vaikutus sukusiitosasteisiin	37

4.2.1	Populaation koon ja rakenteen vaikutusten teoreettinen tarkastelu . . . . .	37
4.2.2	Populaation koon ja rakenteen tarkastelun tulosten soveltaminen käytäntöön . . . . .	40
4.3	Sukupolvien välinen aika . . . . .	41
4.3.1	Sukupolvien väliseen aikaan vaikuttavat tekijät . .	42
4.3.2	Sukupolvien välisen ajan lyhentäminen . . . . .	45
<b>5</b>	<b>Yhteenveto ja johtopäätökset</b>	<b>46</b>
	<b>Kirjallisuus</b>	<b>48</b>
	<b>Taulukot</b>	
1	Suomenhevosten, syntyneiden suomenhevosvarsojen, siitokseen käytettyjen suomenhevosoriiden ja -tammojen sekä ravikilpailuihin osallistuneiden suomenhevosten lukumäärät 1970- ja 1980-luvulla (SUOMEN HIPPOS R.Y. 1970-89, 1987b) . . . . .	3
2	1970-luvulla eri jalostussuunnille kantakirjaan hyväksytyjen oriiden ja tammojen lukumäärät ( SUOMEN HIPPOS R.Y. 1970-89) . . . . .	5
3	1980-luvulla eri jalostussuunnille kantakirjaan hyväksytyjen oriiden ja tammojen lukumäärät ( SUOMEN HIPPOS R.Y. 1970-89) . . . . .	5
4	Esimerkkejä sukulaisparitusten tuottamista sukusiitosasteista . . . . .	6
5	Hevospopulaatioiden sukusiitosasteet . . . . .	14
6	Hevospopulaatioiden sukusiitosasteet . . . . .	15
7	Hevospopulaatioiden sukusiitosasteet . . . . .	16
8	Hevospopulaatioiden sukupolvien väliset ajat . . . . .	23
9	Aineiston rakenne: yksilömäärät ja sukutietojen laajuus syntymävuosittain ryhmiteltynä sekä otoksittain . . . . .	25
10	Sukutaulun täydellisyys: otokset 1975 ja 1988, arvio 1 nykyisestä populaatiosta sekä 1980-luvun käytetyimmät siitosoriit . . . . .	26
11	Sukusiitosasteiden arvioita suomenhevospopulaatiosta . .	29
12	Otoksen 1988, 1975, nykyisen populaation arvion 1 sekä 1980-luvun suosituimpien siitosoriiden jakaantuminen prosentteina eri sukusiitosasteluokkiin . . . . .	32

13	1980-luvun suosituimmat siitosoriit . . . . .	34
14	Sukusiitoksen yhteys kilpailutuloksiin vuosina 1980–85 syntyneillä suomenhevosilla . . . . .	36
15	Tehoisan populaation koko eri tamma- ja orimäärillä. . . . .	38
16	Sukusiitosasteen muutos prosenttiyksikköä sukupolvessa eri tamma- ja orimäärillä. . . . .	38
17	Pienin mahdollinen sukusiitosasteen nousu prosenttiyksikköä sukupolvessa . . . . .	39
18	Isänpuoleinen sukupolvien välinen aika vuosina 1960–1989 syntyneillä suomenhevosilla . . . . .	43
19	Emänpuoleinen sukupolvien välinen aika vuosina 1960–1989 syntyneillä suomenhevosilla . . . . .	43

## Kuvat

1	Suomenhevosten lukumäärät 1900-luvulla (SUOMEN HIPPOS R.Y. 1987a) . . . . .	2
2	Vuonna 1988 syntyneiden (otos) suomenhevosten jakautuminen (%) eri sukusiitosasteluokkiin (F) . . . . .	30
3	Vuonna 1975 rekisteröityjen (otos) suomenhevosten jakautuminen (%) eri sukusiitosasteluokkiin (F) . . . . .	31
4	Emänpuoleinen ( <i>epspv</i> ) ja isänpuoleinen ( <i>ipspv</i> ) sukupolvien välinen aika vuosina 1960–1989 syntyneillä suomenhevosilla . . . . .	41
5	Emänpuoleisen sukupolvien välisen ajan frekvenssijakauma vuosina 1975–79 syntyneillä suomenhevosilla . . . . .	44
6	Emänpuoleisen sukupolvien välisen ajan frekvenssijakauma vuosina 1985–89 syntyneillä suomenhevosilla . . . . .	44

## Tiivistelmä

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää sukusiitosaste ja laskea sukupolvien välinen aika suomenhevospopulaatiossa. Tavoitteena oli myös tarkastella 1980-luvun käytetyimpien siitosoriiden sukutaustaa sekä vaikutusta populaation sukusiitosasteisiin. Myös mahdollisia sukusiitoksen vaikutuksia hevosten kilpailutuloksiin testattiin. Työssä tarkasteltiin lisäksi teoreettisten mallien avulla populaation koon ja rakenteen vaikutuksia sukusiitosasteen muutoksiin.

Aineiston perustana oli Suomen Hippos r.y:n suomenhevoisten rekisteri, jonka sukutietoja täydennettiin. Täydennettynä aineisto sisälsi noin 40 000 hevosta. Aineistosta erityisen tarkastelun kohteeksi rajattiin seuraavat ryhmät: 1980-luvulla eniten siitokseen käytetyt oriit, näiden varsat sekä varsojen emät, arvio nykyisestä populaatiosta ja otokset vuonna 1988 syntyneistä sekä 1975 rekisteröidyistä hevosista.

Aineiston täydellisyyttä kuvattiin erikseen emän- ja isänpuoleisen sukutaulun täydellisyyttä kuvaavalla luvulla. Sukusiitosasteiden arviot laskettiin kaikille hevosille, mutta tulokset esitettiin syntymävuosittain nipuissa sekä edellämäinnittuina erityisen tarkastelun kohteena olleina ryhminä. Tuloksia kuvattiin keskiarvoilla, hajonnalla sekä sillä, kuinka suuri prosenttiosuus hevosista kuului sukusiitosasteen mukaan luokiteltuihin ryhmiin. 1980-luvun paritusten toteutuneita sukusiitosasteita verrattiin satunnaispariutumisen tuloksena odotettaviin sukusiitosasteisiin - näin pystyttiin selvittämään onko sukusiitosata vältetty vai harjoitettu. Isän- ja emänpuoleinen sukupolvien välinen aika laskettiin erikseen. Lisäksi tarkasteltiin nuorien, alle kymmenvuotiaiden osuutta siitokseen käytetyistä hevosista. Aineisto analysoitiin Helsingin Yliopiston kotieläinten jalostustieteen laitoksella WSYS-ohjelmistoa käyttäen. Sukusiitosasteiden laskemisessa käytettiin Wrightin polkukerromenetelmää. Analyytit tehtiin pienimmän neliösumman varianssi-analyseilla.

Sukusiitosasteiden keskiarvot olivat: vuonna 1988 syntyneillä 2.90 prosenttia, vuonna 1975 rekisteröidyillä 2.33 prosenttia, nykyisellä populaatiolla 2.04 prosenttia, 1980-luvun käytetyimmillä siitosoreilla 2.55 ja niiden jälkeläisillä 2.25 prosenttia. Sukutaulun täydellisyys vaikutti tuloksiin siten, että mitä täydellisemmästä sukutaulusta sukusiitosaste voidaan laskea sitä luotettavampi, ja myös usein suurempi arvio on. Mitä nuoremmasta ikäluokasta on kyse sitä täydellisempi on sukutaulu - siksi eri ryhmien sukusiitosasteiden arviot eivät ole suoraan vertailtavissa keskenään. 1980-luvun parituksissa toteutunut sukusiitosaste oli 2.25, kun satunnaispariutumisen tuloksena se olisi ollut 2.95 prosenttiyksikköä. Sukusiitosta oli siten selvästi vältetty. Ikäluokkien keskimääräinen

emänpuoleinen sukupolvien välinen aika vaihteli 10 ja 11, ja isänpuoleinen 11 ja 13 vuoden välillä. Emänpuoleinen sukupolvien välinen aika oli pysynyt lähes samana 1960-luvulta asti, jolloin se oli noin 11 vuotta. Isänpuoleinen sukupolvien välinen aika oli kasvanut selvästi – vuosina 1985–89 syntyneillä se oli 12.8 vuotta.

Suomenhevosen sukusiitosaste ei ole viimeisen parinkymmenen vuoden aika noussut niin paljoa kuin on oletettu. Vaikka populaation koko on pienentynyt ratkaisevasti, on sukusiitosaste pysynyt alhaisena, koska sukusiitosta on vältetty. Sukusiitoksella ei ole ollut kielteisiä vaikutuksia kilpailutuloksiin, sillä sukusiitosasteella oli havaittavissa lievästi myönteinen vaikutus nopeuteen sekä voitto-osumman neljäsjuurimuunnokseen. Sukupolvien välistä aikaa voitaisiin lyhentää käyttämällä parhaita nuoria oriita nykyistä enemmän siitokseen, näin geeniaines mahdollisesti monipuolistuisi, ja geneettinen edistyminen voisi nopeutua. Siitosoriiden, ja ehkä myös tammojen lukumäärien vähentäminen nykyisestä ei välttämättä lisäisi sukusiitosta ratkaisevasti, koska sukusiitosata voidaan välttää siksi, että eläintan polveutuminen tunnetaan. Nykyisin sukusiitos ei siis ole uhka suomenhevosrodulle, eikä este sen jalostamiselle.



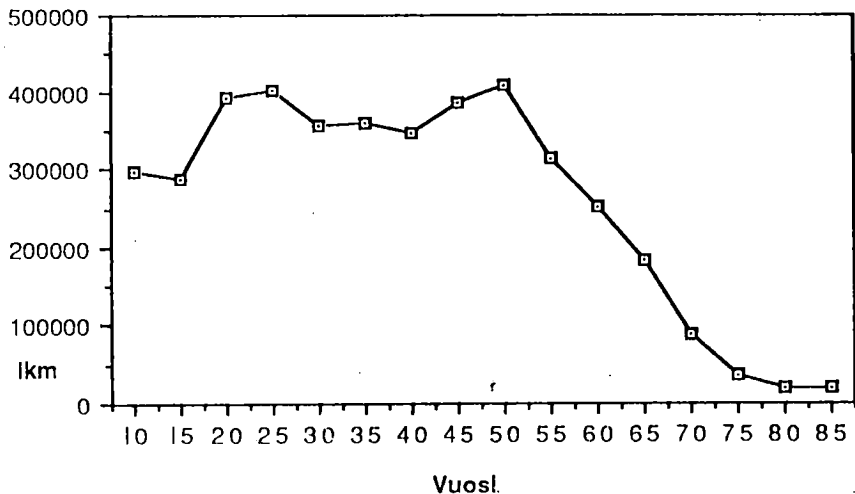
# 1 Johdanto

Hevonen on palvellut ihmistä yli neljän vuosituhannen ajan. Ihminen on tarvinnut hevosta lukemattomiin eri tehtäviin. Hevosen työympäristönä ovat olleet pellot, metsät, kaivokset ja kaupungit. Hevonen oli tärkeä kulkuvälineenä edistäen kulttuurin leviämistä. Hevosta on käytetty myös huvitteluun: metsästykseseen, ajeluun, kilpa-ajoihin ja ratsastukseen. Valittavasti hevosta on jouduttu hyödyntämään myös sodankäynnissä. Vielä puolitoista vuosisataa sitten hevonen edusti tehokkainta tapaa liikkuu maitse. Tällä vuosisadalla koneet ovat korvanneet hevosen useimmissa tehtävissä ja hevosten lukumäärä on vähentynyt ratkaisevasti

Euroopassa on yhtensä 149 eri hevosrotua (MAIJALA ym. 1984). Koko maailman hevosrotujen määrää ei tarkkaan tiedetä. Hevosrotujen moninaisuus perustuu hevosen historiaan. Eri hevosrotut ovat kehittyneet eri käyttötarkoitusten lisäksi usein myös maanosittain tai kehitetty erillisinä. Niillä on arvokkaita erikoispiirteitä, siksi niitä ei tulisi yhdistää, vaan säilyttää erillisinä. Hevosten hyötykäytön vähenemisen seurauksena monet hevospopulaatiot ovat nykyisin suhteellisen pieniä. Euroopassa on 51 uhanalaista hevosrotua (MAIJALA ym. 1984). Hevonen kuuluu hitaasti lisääntyviin kotieläimiin, ja lisäksi hevosen hedelmällisyys on melko alhainen. Näistä syistä on ollut tarpeellista, että hevospopulaatioiden sukusiitosasteita on tutkittu.

Suomenhevonen on Suomen alkuperäinen hevosrotu. Suomenhevonen on yleishevonen. Enimmillään suomenhevosia on ollut yli 400 000 yksilöä. Nykyisin suomenhevosia on noin 15 000 yksilöä. Kyseessä on suhteellisen pieni, suljettu populaatio. Jos rotu halutaan säilyttää aitona ja erillisenä, siihen ei voida tuoda yksilöitä muista populaatioista. Juuri tällaisessa populaatiossa on aiheellista olla selvillä sukusiitoksen määrästä. Suomenhevosen sukusiitosastetta ei ole koskaan ennen selvitetty. Yleisesti esitetty huoli suomenhevosen sukuvaihtoehtojen kapenemisesta on täysin ymmärrettävää.

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää sukusiitosaste ja laskea sukupolvien välinen aika suomenhevospopulaatiossa. Tavoitteena oli myös tarkastella 1980-luvun käytetyimpien siitosoriiden sukutaustaa sekä vaikutusta populaation sukusiitosasteeseen. Myös mahdollisia sukusiitoksen vaikutuksia kilpailutuloksiin testattiin. Tässä työssä tarkasteltiin lisäksi teoreettisten mallien avulla populaation koon ja rakenteen vaikutuksia sukusiitosasteen muutoksiin.



Kuva 1: Suomenhevosten lukumäärät 1900-luvulla (SUOMEN HIPPOS R.Y. 1987a)

## 2 Kirjallisuuskatsaus

### 2.1 Suomenhevonen

Suomenhevonen on suomalainen alkuperäisrotu, joka on vuosisatojen kuluessa kehittynyt Suomen oloihin sopivaksi, sitkeäksi ja monipuoliseksi hevosroduksi. Suomenhevosen jalostus on virallisesti alkanut vuonna 1907, jolloin kantakirjausjärjestelmä sai alkunsa. Suomenhevonen palveli suomalaisia enimmäkseen työhevosena, mutta myös kulkuvälineenä ja ratsuna. Ravikilpailuja suomenhevosilla ajettiin jo 1800-luvulla. Suomenhevosella on ollut ratkaiseva osuus Suomen maanpuolustuksessa. Enimmillään suomenhevosten lukumäärä on ollut 1950-luvun alussa, jolloin Suomessa oli yli 400 000 hevosta (Kuva 1).

Kun koneet 1960-luvulla syrjäyttivät hevosen useimmissa maa- ja metsätalouden työtehtävissä, hevosten määrä romahti. Monia, varsinkin työhevossuunnan, sukulinjoja menetettiin. Lämminveristen suosio ravurina vähensi osaltaan suomenhevosten määrää 1960- ja 1970-luvuilla. Läm-

Taulukko 1: Suomenhevosten, syntyneiden suomenhevosvarsojen, siitokseen käytettyjen suomenhevosoriiden ja -tammojen sekä ravikilpailuihin osallistuneiden suomenhevosten lukumäärät 1970- ja 1980-luvulla (SUOMEN HIPPOS R.Y. 1970-89, 1987b)

Vuosi	Suomenhevosia	Syntyn. varsoja	Siitosoriita	Astutettu tammoja	Kilpail. hevosia
1970	89 800	1 378			
1971	72 900	1 040		1 531	
1972	48 700	680		1 149	
1973	45 300	587		1 712	
1974	39 900	783	197	2 404	2 370
1975	36 500	1 146	208	2 778	2 550
1976	32 200	1 348	207	2 616	2 664
1977	26 700	1 123	197	2 424	2 745
1978	27 900	1 176	178	2 246	2 802
1979	21 600	1 084	171	2 256	3 133
1980	19 700	1 021	184	2 410	3 172
1981	19 000	1 164	182	2 474	2 998
1982	18 500	1 165	194	2 608	2 995
1983	18 440	1 398	205	2 761	3 101
1984	18 400	1 448	192	2 762	3 163
1985	18 400	1 445	217	2 664	3 109
1986	18 300	1 454	223	2 605	3 213
1987	14 500	1 478	198	2 493	3 343
1988	14 570	1 370	196	2 612	3 356
1989	15 120	1 550	203	2 810	3 362

minveristen ansiota on kuitenkin raviurheilun laajeneminen nykyisiin mittoihin. Ilman raviurheilua suomenhevonen olisi erittäin uhanalainen rotu. Vain harrastukselleen uskollisimmat suomenhevoskasvattajat luottivat suomenhevoseen. Vuosi 1973 oli synkin, silloin syntyi vain 587 suomenhevosvarsoa. Hevoskasvatuksen elvyttämiseksi tuli vuonna 1973 voimaan tukijärjestelmä, joka sisälsi nykyisen varсарahan ja kasvattajapalkinnon. Nämä tukitoimet olivat osaltaan kannustamassa suomenhevoskasvatukseen ja vuosittain syntyvät varsamäärät kääntyivät nousuun (Taulukko 1).

1980-luvulla on kiinnostus suomenhevosen kasvatukseen elpynyt ja nykyisin syntyy noin 1500 varsoa vuosittain (Taulukko 1). Nykyisin populaation koko on noin 15 000 hevosta. Suomenhevosia kantakirjataan

neljälle eri jalostussuunnalle: (J) juoksija-, (T) työ-, (R) ratsu- ja (P) pienhevonen. Taulukoissa 2 ja 3 on esitetty vuosittain kantakirjattujen riiden ja tammojen lukumäärät.

Suurin osa suomenhevosista on ravikäytössä. Vuonna 1989 kilpaili raviradoilla yhteensä 3362 suomenhevosta. Vuonna 1987 lähes 1200 maatilaa piti hevosia pelkästään työkäytön vuoksi (HEISKANEN ym. 1989). Vaikka päätoimisena työhevosena on enää harva suomenhevonen, useita suomenhevosia käytetään jalostus- ja kilpailutoiminnan lisäksi kevyeen työajoon. Metsänhoitotöissä, varsinkin taimikoiden ensiharvennuksissa, hevosta voitaisiin käyttää enemmän. Suurin osa ravurisukuisista suomenhevosista soveltuu myös työkäyttöön. Hevoskäyttöisiä työvälineitä ja tarvittavaa hevostaitoa sensijaan löytyy yhä vähemmän. Työhevostyyppinen suomenhevonen eroaa joiltakin osin rakenteeltaan ravurityyppisestä suomenhevosesta. Alkuperäisiä työhevostyyppisiä suomenhevosia on jäljellä vähän. Suomenhevosen soveltuvuutta ratsuksi arvostetaan jälleen. Ainakin noin 1000 suomenhevosta on nykyisin ratsastuskäytössä (LAINESUULLINEN tiedonanto 1990). Vuoden 1990 ratsatuksen MM-kisoihin osallistui suomenhevosratsukko matkaratsastukseen selviytyen kunniakkaasti. Kiinnostusta suomenhevoseseen on esiintynyt myös ulkomailla.

Suomenhevosten kasvattamiselle on aina ollut leimaa-antavana piirteenä harrastuspohjaisuus. Tätä aatetta edustaa tunnetuimmin suomenhevosten arvostetuin ravikilpailu kuninkuusravit. Kuninkuusraveja on järjestetty vuodesta 1924 lähtien, myös silloin kun hevosseudella oli lama-kausi. Periaate "ei rahasta vaan kunniasta" on pitänyt niin tätä perinnettä kuin suomenhevostakin hengissä. Nykyisin on myös monia taloudellisia syitä säilyttää rotu. Silti varmin taie rodun säilymiselle on asianharrastajien innostuneisuus.

## 2.2 Sukusiitos

Sukusiitoksella tarkoitetaan sellaisten yksilöiden pariutumista, jotka ovat sukulaisia toisilleen. Yleisemmin sukusiitokseksi tulkitaan se, että paritetaan kaksi eläintä, jotka ovat keskenään enemmän sukua kuin populaation yksilöt keskimäärin.

Ensisijainen seuraus yhteisen esivanhemman olemassaolosta on, että kaksi yksilöä saattaa kantaa saman geenin kopiota ja pariutuessaan keskenään välittää tämän kopion jälkeläiselleen. Seurauksena on, että jälkeläisellä voi esiintyä samassa lokuksessa kaksi täysin samanlaista, samaa alkuperää olevaa geeniä. Tällä tavoin muodostunutta homotsygotiaa kutsutaan identtiseksi homotsygotiaksi (*identical by decent*) tai autotsygo-

Taulukko 2: 1970-luvulla eri jalostussuunnille kantakirjaan hyväksytyjen oriiden ja tammojen lukumäärät ( SUOMEN HIPPOS R.Y. 1970-89)

Vuosi	Oriit				Tammat			
	J	T	TJ	R/P/RP	J	T	TJ	R/P/RP
1970	35	30	-	-	52	378	-	-
1971	29	13	5	-	40	136	6	6
1972	36	24	4	4	73	211	13	9
1973	36	19	7	1	69	143	10	3
1974	57	10	7	-	124	176	16	4
1975	49	5	6	1	109	182	9	3
1976	57	5	6	1	153	133	9	9
1977	45	8	-	1	144	109	4	3
1978	72	1	-	-	163	82	6	1
1979	61	4	-	2	201	80	-	6

J = juoksija

T = työ

JT = juoksija ja työ

R = ratsu

P = pienhevonen

RP = ratsu ja pienhevonen

Taulukko 3: 1980-luvulla eri jalostussuunnille kantakirjaan hyväksytyjen oriiden ja tammojen lukumäärät ( SUOMEN HIPPOS R.Y. 1970-89)

Vuosi	Oriit					Tammat				
	J	T	R	RP	P	J	T	R	RP	P
1980	49	11	2	-	-	203	85	3	-	-
1981	43	8	2	-	-	176	76	2	-	-
1982	64	9	-	1	-	202	95	1	1	-
1983	55	11	1	1	-	226	76	4	1	-
1984	62	12	1	1	-	226	86	5	-	2
1985	54	6	1	3	2	236	94	2	-	1
1986	62	9	1	1	1	216	81	7	-	1
1987	32	4	1	-	2	156	67	12	-	11
1988	36	6	3	-	3	170	43	12	-	14
1989	42	3	4	-	4	194	57	16	-	13

Taulukko 4: Esimerkkejä sukulaisparitusten tuottamista sukusiitosasteista

Vanhempien sukulaisuus	F
Vanhempi ja jälkeläinen	25.0%
Täyssisaret	25.0%
Puolisisaret	12.5%
Serkut	6.3%
Kolme yhteistä isoisovanhempaa	4.7%
Yksi yhteinen isovanhempi	3.1%
Yksi yhteinen isoisovanhempi	1.6%

tiaksi, erotukseksi tavallisesta homotsygotiasta eli allotsygotiasta (*independent by decent*) (FALCONER 1981).

Sukusiitos lisää samanperintäisyyttä ja vähentää eriperintäisyyttä ja geneettistä vaihtelua sukusiitetyn linjan sisällä. Yleisesti vasta yli kymmenen prosentin sukusiitosaste tulkitaan haitalliseksi sukusiitokseksi. Sukusiitos sinällään ei välttämättä vaikuta perimään huonontavasti tai parantavasti; vaikutus riippuu paljolti siitä, minkälaiset geenit sen seurauksena lisääntyvät. Sukusiitoksen haitallisuus – sukusiitostaantuma – on suurelta osin seurausta haitallisten resessiivisten geenien ilmenemisestä homotsygoottisessa muodossa yksilön genotyypissä.

### 2.2.1 Sukusiitosaste

Sukusiitosaste ( $F$ ) on todennäköisyys, että yksilön kaksi geeniä samassa lokuksessa ovat alkuperältään samoja, samalta esivanhemmalta (CROW 1986). Sukusiitosasteen laskemisessa käytetään WRIGHTin (1922) kaavaa:

$$F_x = \frac{1}{2} \sum_i \left[ \left( \frac{1}{2} \right)^{n_i} (1 + F_i) \right] \quad (1)$$

$F_x$  = yksilön  $x$  sukusiitosaste.

$n$  = sukupolvien lukumäärä yksilön isästä yhteisen esivanhemman  $i$  kautta yksilön emään.

$F_i$  = esivanhemman  $i$  sukusiitosaste

Jos kantavanhemmat eivät ole sukusiitetyjä on kaava yksinkertaisempi (CROW 1986):

$$F_x = \frac{1}{2} \sum_i \left(\frac{1}{2}\right)^{n_i} \quad (2)$$

Esimerkkejä sukulaisparitusten tuottamista sukusiitosasteista on esitetty taulukossa 4. Minkä suuruinen sukusiitosaste on korkea, riippuu rodun keskimääräisestä sukusiitosasteesta, ja siten yleispätevää ohjetta ei voida antaa. Yleensä alle neljän prosentin sukusiitosasteesta ei ole haittaa. Alle kymmenen prosentin sukusiitosasteita ei vielä pidetä voimakkaana sukusiitoksena. Yli kymmenen prosentin sukusiitos lisää jo riskejä ja saattaa aiheuttaa sukusiitostaantumaa.

### 2.2.2 Sukulaisuuskerroin

Sukulaisuuskerroin ( $R$ ) mittaa todennäköisyyttä, että kahden eri yksilön homologiset geenit ovat alkuperältään samoja (CROW 1986):

$$R_{xy} = \frac{\sum_i \left[ \left(\frac{1}{2}\right)^{n_i} (1 + F_i) \right]}{\sqrt{(1 + F_x)(1 + F_y)}} \quad (3)$$

$R_{xy}$  = sukulaisuuskerroin eläimien  $x$  ja  $y$  välillä

$n$  = sukupolvien lukumäärä eläimestä  $x$  eläimeen  $y$  yhteisen sukulaisen  $i$  kautta

$F_x$  = eläimen  $x$  sukusiitosaste

$F_y$  = eläimen  $y$  sukusiitosaste

$F_i$  = yhteisen esivanhemman  $i$  sukusiitosaste

Edelläesitetty kaava on ns. *collateral* sukulaisuuskerroin. Yksilöt, joiden välistä sukulaisuuskerrointa lasketaan eivät ole toisilleen vanhempia tai jälkeläisiä.

Niinkutsuttu *direct* eli suora sukulaisuuskerroin lasketaan yksilöille, jotka ovat toinen toisensa vanhempia tai jälkeläisiä. Esimerkiksi yksilö  $x$  on yksilön  $y$  emänisiä. Tällainen suora sukulaisuuskerroin lasketaan kaavalla:

$$R_{xy} = \sum_i \left[ \left(\frac{1}{2}\right)^{n_i} \sqrt{\frac{1 + F_y}{1 + F_x}} \right] \quad (4)$$

Sukulaisuuskerroin ilmoittaa prosentuaalisesti sen geeniosuuden, mikä kahdella yksilöllä todennäköisesti on samaa. Esimerkiksi yksilöt A ja B

voivat molemmat olla voimakkaasti sukusiitettyjä, siis niiden sukusiitosasteet ovat korkeita. Näiden yksilöiden välinen sukulaisuuskerroin voi silti olla nolla, jos niillä ei ole yhteisiä esivanhempia. Sukulaisuuskerroin ilmoittaa, kuinka paljon eläimen voidaan odottaa muistuttavan sukulaisuuskertoimien tunteminen on hyödyllistä hankittaessa uusia eläimiä sekä sukusiitosta vältettäessä tai harjoitettaessa.

Jälkeläisen  $a$  sukusiitosaste on puolet vanhempien  $x$  ja  $y$  välisestä sukulaisuuskertoimesta (LASLEY 1972):

$$F_a = \frac{1}{2} R_{xy} \quad (5)$$

Kun arvioidaan sukusiitoksen kehittymistä tulevaisuudessa, voidaan se tehdä laskemalla mahdollisten vanhemmaksielöiden sukulaisuuskertoimet. Seuraavan sukupolven ennustettu sukusiitosaste on puolet keskenään lisääntyvien urosten ja naaraiden välisestä sukulaisuuskertoimesta. Jos pariutuminen on satunnaista, ennuste toteutuu. Vertaamalla ennustettua ja toteutunutta sukusiitosastetta keskenään, voidaan päätellä, onko sukusiitosta vältetty vai harjoitettu.

### 2.2.3 Muita menetelmiä sukulaisuuden toteamiseksi

Populaation homotsygoottisuutta voidaan tutkia veriryhmätekiöiden sekä veriseerumin, sperman ja maidon proteiinien perusteella. Pienessä populaatiossa veriryhmägenit tai alleelit yksipuolistuvat ja geenifrekvenssit muuttuvat sukusiitoksen vaikutuksesta. Esimerkiksi Unkarin harmaan nautarodun B-veriryhmäjärjestelmässä havaittiin 29 veritekiöyhdistelmää eläimillä, jotka eivät olleet sukusiitettyjä. Sukusiitetyiltä eläimiltä löytyi 21 ja voimakkaasti sukusiitetyiltä 14 veritekiöyhdistelmää (FESUS 1984).

SEIBOLD ja WÖHRMANN (1980) tutkivat entsyymipolymorfismia täysiveriarabihevosilta ja württembergiläiseltä lämminverihevosilta. Tarkasteltavana oli veriseerumin proteiinit transferriini, esteraasi, fosfoheksosiisomeraasi ja katalaasi. Niiden alleelifrekvensseissä ei rotujen välillä ollut eroja. Albumiinin ja glugonaatti-6-fosfaatti-dehydrogenaasin alleelifrekvensseissä sitävastoin oli eroja rotujen välillä. Täysiveriarabihevosilla heterotsygoottisten lokusten määrä väheni sukusiitosasteen noustessa.

### 2.3 Populaation koon vaikutus sukusiitokseen

Populaation koko vaikuttaa yksilöiden sukulaisuuden määrään, koska se vaikuttaa suoraan mahdollisten esivanhempien määrään. Jokaisella yksilöllä on kaksi vanhempaa, neljä isovanhempaa, kahdeksan isoisovanhem-



paa ja niin edelleen. Näin ollen  $t$  sukupolvea taaksepäin mentäessä yksilöllä on  $2^t$  esivanhempaa. Jos edellytetään kaikkien yksilöiden kaikkien esivanhempien olevan eri yksilöitä, niin jo muutama sukupolvi taaksepäin mentäessä esivanhempien määrä ylittäisi mahdollisuuksien rajoissa olevan populaation koon. Lähes kaikki populaation yksilöt ovat siten sukulaisia keskenään, joko läheisen tai kaukaisen esivanhemman kautta. (FALCONER 1981).

Satunnaisesti pariutuvassa populaatiossa yksilöt ovat sitä enemmän sukulaisia keskenään, mitä pienempi on populaatio. Jos yksilöiden polveutuminen tunnetaan, voidaan paritukset suunnitella siten, että vältetään sukusiitosta. Tällöin populaation koko ei vaikuta sukusiitosasteen nousuun yhtä suoraviivaisesti.

### 2.3.1 Tehoisan populaation koko

Populaation koon lisäksi vaikuttaa sukusiitosasteen kehittymiseen myös populaation rakenne. Niiden yksilöiden määrää, jotka siirtävät geenejä seuraavaan sukupolveen, ilmaistaan termillä *tehoisan populaation koko* (*effective population size,  $N_e$* ) (FALCONER 1981).

Tehoisan populaation koko on pelkistetyimmässä tapauksessa sama kuin populaation koko ( $N$ ) eli

$$N_e = N \quad (6)$$

Tällöin edellytetään populaation täyttävän seuraavat ehdot:

- eri sukupolvet lisääntyvät erillisinä tuottaen seuraavan sukupolven.
- jokaisessa sukupolvessa on sama määrä yksilöitä.
- uroksia ja naaraita on yhtä paljon.
- jokaista uros ja naaras -paria kohden syntyy yksi uros- ja yksi naarajälkeläinen, jotka jatkavat sukua seuraavassa sukupolvessa.

Jos populaatio poikkeaa mallin olettamuksista, on todellisen ja tehoisan populaation koon välinen yhteys erilainen. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi seuraavat:

**Eri määrä uroksia ja naaraita.** Jos naaraita ja uroksia on eri määrä, on tehoisan populaation koko (FALCONER 1981):

$$N_e = \frac{4N_m N_f}{N_m + N_f} \quad (7)$$

$N_m$  = sukua jatkavat urokset

$N_f$  = sukua jatkavat naaraat

Kun sukupuolijakauma  $N_f/N_m$  on yksi, on tehoisan populaation koko suurimmillaan. Se sukupuoli, jota on vähemmän, vaikuttaa ratkaisevasti tehoisan populaation kokoon.

BERG (1986) toteaa villihevospopulaatiota käsittelevässä tutkimuksessaan, että sen tehoisan populaation koko on vain 43 prosenttia kokonaispopulaatiosta.

**Yksilöiden määrä sukupolvesta toiseen vaihtelee.** Jos yksilöiden lukumäärä sukupolvesta toiseen vaihtelee käytetään kaavaa (FALCONER 1981):

$$\frac{1}{N_e} = \frac{1}{t} \left[ \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} + \frac{1}{N_3} + \dots + \frac{1}{N_t} \right] \quad (8)$$

$t$  = sukupolvien lukumäärä

$N_i$  = sukua jatkavien yksilöiden lukumäärä sukupolvessa  $i$ ,  $i = 1 \dots t$

**Jälkeläisten lukumäärä vaihtelee.** Oletetaan, että sekä uroksia että naaraita on sama määrä, ja että populaation koko ei kasva eli keskimääräinen perheen koko  $\bar{k}$  on 2. Jos perhekoko vaihtelee satunnaisesti, on sen varianssi  $V_k$  suurin piirtein  $\bar{k}$ . Tehoisan populaation koko on (FALCONER 1981):

$$N_e = \frac{4N}{V_k + 2} \quad (9)$$

Jos uroksilla ja naarilla on eri määrä jälkeläisiä, on tehoisan populaation koko (FALCONER 1981):

$$N_e = \frac{8N}{V_{km} + V_{kf} + 4} \quad (10)$$

$V_{km}$  = uroksien jälkeläismäärän varianssi

$V_{kf}$  = naaraiden jälkeläismäärän varianssi

**Päällekkäiset sukupolvet.** Useimmissa luonnollisissa populaatioissa sukupolvet eivät ole erillisiä vaan päällekkäisiä. Populaation yksilöt ovat lisääntyessään eri-ikäisiä ja elämän eri vaiheessa, ja niiden elinikä ja hedelmällisyys vaihtelee. Eliniän ja hedelmällisyyden vaihtelu lisää jälkeläismäärän vaihtelua ( $V_k$ ). Jos kaikilla yksilöillä ei ole samanlaisia mahdollisuuksia jatkaa sukua esimerkiksi valinnan vaikutuksesta, on  $V_k$  aina suurempi kuin kaksi (FALCONER 1981).

Oletetaan, että sekä isän- että emänpuoleinen sukupolvien välinen aika ( $L$ ) on sama. Jos tiedetään tiettyä aikavälinä, esimerkiksi vuodessa, syntyneiden yksilöiden määrä  $N_T$ , sekä odotettu keskimääräinen elinikä  $E$  ja merkitään  $N_e = N_T/E$ , tehoisan populaation koko lasketaan kaavalla (HILL 1979):

$$N_e = \frac{4N_c L}{V_k + 2} \quad (11)$$

## 2.4 Sukusiitosasteen ennustamismenetelmiä

Sukusiitosasteen muuttumiseen vaikuttavat monet tekijät, kuten populaation koko ja rakenne, sekä rodun lisääntymiskapasiteetti. Jalostusmenetelmällä on kuitenkin ratkaiseva vaikutus sukusiitoksen määrään. Sukusiitosasteen muutoksen määrän arvioimiseksi seuraavissa sukupolvissa on useita tapoja.

### 2.4.1 Sukulaisuuskertoimen avulla

Kun tiedetään populaation urosten ja naaraiden välinen sukulaisuuskertoimen  $R_{xy}$ , voidaan satunnaisparituksesta syntyneen sukupolven keskimääräinen sukusiitosaste  $F$  arvioida kaavan 5 mukaisesti. Sukusiitosasteen ennuste on puolet lisääntyneiden urosten ja naaraiden välisestä keskimääräisestä sukulaisuuskertoimesta.

### 2.4.2 Tehoisan populaation koon avulla

Sukusiitosasteen muutoksen arvio sukupolvessa voidaan laskea mille tahansa populaatiolle, jonka tehoisan populaation koko tunnetaan. Populaation on täytettävä ehdot, joiden perusteella tehoisan populaation koko on laskettu. Tehoisan populaation koon laskentamenetelmät esitettiin kappaleessa 2.4 (Kaavat 6–11).  $\Delta F$  lasketaan kaavalla (FALCONER 1981:

$$\Delta F = \frac{1}{2N_e} \quad (12)$$

Jos uroksia ja naaraita on eri määrä, on

$$\Delta F = \frac{1}{8N_m} + \frac{1}{8N_f} \quad (13)$$

### 2.4.3 Edellisen sukupolven sukusiitosasteen avulla

Jos tiedetään populaation tietyn sukupolven sukusiitosaste ( $F_{t-1}$ ) ja tehoisan populaation koko, on seuraavan sukupolven  $F_t$  sukusiitosaste (FALCONER 1981)

$$F_t = \frac{1}{2N_e} + (1 - \frac{1}{2N_e})F_{t-1} \quad (14)$$

### 2.4.4 Pienin mahdollinen sukusiitosasteen nousu sukupolvessa

Jos perheeseen varianssi  $V_k = 0$ , on tehoisan populaation koko mahdollisimman suuri eli  $N_e = 2N - 1$ . Tämän edellytyksenä on sama naaraiden ja koiraiden määrä ja se, että jokaisesta perheestä otetaan täsmälleen sama määrä yksilöitä edustamaan perhettä seuraavaan sukupolveen. Jos sukupuolia on eri suuri määrä, minimointi onnistuu valitsemalla yksi urosjälkeläinen kultakin isältä ja yksi naarasjälkeläinen kultakin emältä. Silloin  $\Delta F$  saadaan seuraavasti (FALCONER 1981):

$$\Delta F = \frac{3}{32N_m} + \frac{1}{32N_f} \quad (15)$$

Oletuksena on lisäksi naaraiden enemmistöisyys.

## 2.5 Sukusiitos hevospopulaatioissa

Hevospopulaatiot ovat suhteellisen pieniä. Hevosen hedelmällisyys on melko alhainen. Hevosten sukuja tarkasteltaessa syntyy helposti mieluinen kuva, että samat oriit toistuvat lähes kaikissa sukutauluissa. Joillakin hyvien suoritustensa ansiosta suosion saavuttaneilla oriilla on suuria jälkeläismääriä vuodesta toiseen.

Populaatioiden sukurakenteita ja sukusiitosasteita on tutkittu eri hevosroduista (Taulukot 5, 6 ja 7). Yleisimmin tarkasteltavana on ollut viisi tai kuusi sukupolvea taaksepäin ulottuvat sukutiedot. Amerikkalaisessa MACCLUERIN ym. (1983) tutkimuksessa oli mukana jopa 10–12 sukupolvea. Sitä kaukaisempiin sukupolviin ulottuvalla tarkastelulla ei ole ratkaisevaa vaikutusta sukusiitosasteisiin. BOYCE (1983) varoittaa siitä, että jos sukusiitosasteita laskettaessa sukutiedot eivät ulotu tarpeeksi pitkälle,

saattavat lasketut tulokset olla todellisia huomattavasti pienempiä. Kaukaisista sukupolvista kertyvä sukusiitos voi olla runsaampaa kuin luullaan.

### 2.5.1 Sukusiitosasteet hevospopulaatioissa

Suurimmalla osalla hevospopulaatioista sukusiitosasteet ovat erittäin kohtuullisia – alle neljä prosenttiyksikköä. Erittäin korkeita sukusiitosasteita on vain harvoissa populaatioissa. Kun tarkastellaan sukusiitosasteiden muuttumista viime vuosikymmeninä, on useimmissa populaatioissa havaittavissa lievä sukusiitoksen lisääntyminen (Taulukot 5, 6 ja 7). Sukusiitoksen tarkkaileminen on siten aiheellista.

Hevosrotuja, joiden keskimääräinen sukusiitosaste on yli kymmenen prosenttia, ovat venäjän przewalski-villihevonen (DÜSEK ja HAVRÁNEK 1977), tanskalainen jutland (JOHANSEN 1984), englannin täysiverihevonen (MAHON ja CUNNINGHAM 1982), itävaltalainen lipizza (MAYRHOFER ym. 1979), norjalainen nordland (VANGEN 1983) ja amerikkalainen lämminveriravuri (COTHRAN ym. 1984) (Taulukot 5, 6 ja 7).

DÜSEK ja HAVRÁNEK (1977) ovat perehtyneet Neuvostoliitossa luonnonpuistossa säilytettävään przewalski-villihovoseen (*Equus przewalski*), jota kutsutaan myös mongolianhevoseksi. Przewalski-rodulla on kuusi alapopulaatiota, joiden keskimääräiset sukusiitosasteet ovat seuraavat: Rotterdam  $F = 46.13\%$ , Amsterdam  $F = 32.13\%$ , Catskill  $F = 26.76\%$ , Prag  $F = 25.38\%$ , München  $F = 24.55\%$  ja Askania Nova  $F = 10.72\%$ . MAHON ja CUNNINGHAM (1982) toteavat, että englannin täysiverihevosen sukusiitosaste on kahdessa vuosikymmenessä noussut yhdestä prosentista 12.5 prosenttiin. Sekä WOLLINGERin ym. (1979) että MAYRHOFERin ym. (1979) tutkimuksesta ilmenee, että lipizzan sukusiitosaste on ollut korkea jo vuosikymmenien ajan (Taulukot 5, 6 ja 7).

Sukusiitosaste on alle kymmenen, mutta yli neljä prosenttia amerikkalaisella peitsarilla (COTHRAN ym. 1984), norjalaisella kylmäveriravurilla (KLEMETSDAL ja JOHNSON 1987), islanninhevosella (SIGURDSSON 1990) ja saksalaisella haffinger-ponilla (FEHLINGS ym. 1982). Sukusiitosaste on alle neljä mutta yli kaksi prosenttia norjalaisilla fjord- ja døle-roduilla (VANGEN 1983), eteläsaksalaisella kylmäverisellä, eteläsaksalaisella lämminveriravurilla (FEHLINGS ym. 1982) ja pohjoisruotsalaisella kylmäveriravurilla, jonka sukusiitosaste on vuosikymmenessä noussut kaksi prosenttiyksikköä (BOHLIN ja RÖNNINGEN 1975). Alhainen, alle kahden prosentin sukusiitosaste on ruotsalaisella puoliverihevosella (BLOMQVIST 1971), pohjoisruotsalaisella kylmäverisellä (BOHLIN ja RÖNNINGEN 1974), japanilaisella täysiverihevosella (MURATA ja WATANABE 1972, 1975) ja saksa-

Taulukko 5: Hevospopulaatioiden sukusiitosasteet

Tutkimus ja rotu	aineisto/otos	n	sp	F%
BLOMQVIST (1971) Ruotsalainen puoliverihevonen	syntyneistä v.1959: 450	45	6	0.54
	v.1971: 237	79	6	1.41
BOHLIN ja RÖNNINGEN (1975) Pohjoisruotsalainen.kv.	syntyneistä v.1960	55	6	1.14
	v.1970	55	6	1.36
Pohjoisruotsalainen kv.ravuri	v.1960	33	5	0.38
	v.1970	34	5	2.39
COTHRAN ym. (1984) Amerikkalainen ravuri Amerikkalainen peitsari	siitos- tammoja	yht. 308	14 14	10.30 7.40
	DRAGANESCU ja KINDA (1983) Romanialainen nonius	syntyneistä v.1944-73	266	10.00
DUŠEK ja HAVRÁNEK (1977) Przewalski	syntyneet v.1951-61	69		22.45
	v.1961-77	223		25.62
FEHLINGS ym. (1982) Haflinger	syntyneistä v.1940	47	5	3.22
	v.1950	50	6	4.01
Eteläsaksalainen kv.	v.1960	51	7	5.48
	v.1970	50	8	5.32
	v.1944	50	5	0.30
	v.1954	50	6	1.00
	v.1964	50	7	1.65
	v.1974	50	8	2.25
Eteläsaksalainen lv.ravuri	v.1972	53	7	2.89

n = otoskoko

sp = tutkimusaineistossa mukana olleiden sukupolvien lukumäärä

F% = sukusiitosaste

Taulukko 6: Hevospopulaatioiden sukusiitosasteet

Tutkimus ja rotu	aineisto/otos	n	sp	F%
JOHANSEN (1984) Jutland	v.1980			14.70
KLEMETSDAL ja JOHNSON (1987) Norjalainen kv.ravuri	Astutukset v.1983-85	5457	6	5.72
MAHON ja CUNNINGHAM (1982) Englantilainen täysiverihevonen	Rekist. merk. tammatt 1960-l. otos	6550 60	5	1.00 12.50
MAYRHOFER ym. (1979) Itävaltalainen lipizza	Syntyneet v.1800-09 v.1900-09 v.1930-09 v.1960-69 v.1970-75	35 53 72 65 68		0.56 5.91 9.78 10.48 10.61
MURATA ja WATANABE (1972, 1975) Japanilainen täysiverihevonen	Otos rekister. v.1950 v.1957 v.1960 v.1963 v.1966 v.1969	100 100 100 100 100 100	5 5 5 5 5 5	0.57 0.77 1.00 0.97 0.83 0.88
PORTE ym. (1985) Chileläinen criollo	7 oriin jälkeläiset 1900-luvulla	704		2.59

n = otoskoko

sp = tutkimusaineistossa mukana olleiden sukupolvien lukumäärä

F% = sukusiitosaste

Taulukko 7: Hevospopulaatioiden sukusiitosasteet

Tutkimus ja rotu	aineisto/otos	n	sp	F%
SEIBOLD ja WÖHRMANN (1980)	Otos popul.			
Täysiveriarabi	v.1980	45	>3	7.46
Württembergiläinen kv.	v.1980	191	>3	0.91
SIGURDSSON (1990)	Siittola			
Islanninhevonen	1988	380	5	6.3
STRÖM (1982)	Otos synt.			
Ruotsalainen lv.ravuri	v.1962: 10375	110		4.06
	v.1972: 3647	128	5	2.26
VANGEN (1983)	Kaikki synt.			
Døle oriit	v.1971-76			3.20
Døle tammat	v.1971-76			3.10
Fjord oriit	v.1971-76			3.80
Fjord tammat	v.1971-76			3.30
Nordland oriit	1971-76			8.20
Nordland tammat	v.1971-76			10.70
WOLLINGER ym. (1979)	Kaikki synt.			
Lipizza	v.1924	28		8.87
	v.1936	22		11.10
	v.1951	25		10.39
	v.1975	24		11.91
WILKENS ym. (1989)	Kaikki			
Holstein	kanta-	7946	4	0.3
Trakhener	kirjatut	3495	4	0.41

n = otoskoko

sp = tutkimusaineistossa mukana olleiden sukupolvien lukumäärä

F% = sukusiitosaste



laisilla holsteiner- ja trakhener-roduilla (WILKENS ym. 1989) (Taulukot 5, 6 ja 7).

Voimakasta sukusiitosta on selvästi vältetty. Toteutuneet sukusiitosasteet ovat yleensä huomattavasti pienempiä, kuin laskettujen odotusarvojen perusteella on ennustettu. Esimerkiksi BOHLIN ja RÖNNINGEN (1975) toteavat pohjoisruotsalaisen kylmäveriravurin sukusiitosasteen olevan vain 2.39 %, vaikka satunnaispariutumisen tuloksena odotettu sukusiitosaste oli 9.3 %. SIGURDSSONIN (1990) tutkimuksesta ilmenee, että myös islanninhevosella ovat toteutuneet sukusiitosasteet pienempiä kuin populaation sukulaisuuskertoimien avulla lasketut ennusteet. Samankaltaisia tuloksia on saanut myös VANGEN (1983) norjalaisten hevosrotujen sukusiitoksen kehitystä tutkiessaan. BERG (1986) toteaa, ettei sukusiitos lisääny lasketun odotusarvon mukaisesti edes luonnonoloissa elävässä villihevospopulaatiossa. Näillä on käyttäytymistapoja, jotka estävät läheisen sukusiitoksen. DUNCAN ym. (1984) ovat havainneet saman asian camargue-hevosia tutkiessaan. Edellämainituista tutkimuksista poiketen ruotsalaisen lämminveriravurin sukusiitosaste muuttui vuodesta 1962 vuoteen 1972 lasketun odotusarvon mukaisesti (STRÖM 1982). Esimerkiksi lipizzalla sukusiitosaste on ollut korkea jo vuosikymmenien ajan, mutta ei ole silti ratkaisevasti noussut.

Erittäin suuria sukusiitosasteita esiintyy harvoin edes yksittäisillä hevosilla. BLOMQVISTIN (1971) tutkimuksessa ruotsalaisessa puoliverihevospopulaatiossa oli korkein sukusiitosaste 7.5 %. COTHRANIN ym. (1984) tutkimuksessa amerikkalaisella lämminveriravurilla sukusiitosasteet vaihtelivat 7.75–15.10 % ja amerikkalaisella peitsarilla 1.9–15.6 % välillä. Suurimmat yksittäiset sukusiitosasteet olivat MAHONIN ja CUNNINGHAMIN (1982) ja KLEMETSDALIN ja JOHNSONIN (1987) tutkimuksissa, 39 ja 30 %.

### 2.5.2 Populaation koon vaikutus sukusiitosasteisiin

Hevosrodut ovat kehittyneet, tai ne on kehitetty tiettyihin erikoistarkoituksiin, ja lisäksi usein maanosittain tai maittain erillisinä. Niinpä hevospopulaatiot ovat yleensä varsin pieniä. Eräs pienimpiä populaatioita on przewalski-villihevospopulaatio, jota on yhteensä kuudessa eri alapopulaatioissa vain 388 yksilöä (DŮSEK ja HAVRÁNEK 1977). Myös norjalaisilla roduilla nordland, fjord ja døle on pienet populaatiot – populaatioiden koot ovat 218, 4 000 ja 8 000 yksilöä (VANGEN 1983).

Suuri populaatio ei välttämättä estä sukusiitoksen lisääntymistä. Harjoitettu jalostustapa vaikuttaa sukusiitoksen määrään ratkaisevasti. Hevospopulaatioiksi suuria populaatioita, joiden sukusiitosaste on silti melko

korkea, ovat amerikkalainen lämminveriravuri ja -peitsari (COTHRAN ym. 1984) sekä englannin täysiverihevonen. Toisaalta pienessä populaatiossa pystytään sukusiitosaste pitämään kohtuullisena, esimerkkinä ruotsalainen kylmäverihevonen (BOHLIN ja RÖNNINGEN 1974).

Eläinten polveutumisen tunteminen mahdollistaa läheisen sukusiitoksen välttämisen. Jos pienessä populaatiossa halutaan sukusiitosasteen nousu estää, on valinnanvaraa niukasti. Sukusiitoksen välttämisestä saattaa muodostua tärkein valintaperuste, ja muista jalostustavoitteista joudutaan tinkimään. Suuressa populaatiossa pystytään sukusiitoksen määrää ohjaamaan haluttuun suuntaan tinkimättä jalostustavoitteista, koska vaihtoehtoisia parituskumppaneita on runsaasti (JONES ja BOGART 1971, LASLEY 1972).

## 2.6 Sukusiitostaantuma

Sukusiitostaantumalla tarkoitetaan kaikkia sukusiitoksen kielteisiä vaikutuksia. Sukusiitoksesta ei välttämättä aina seuraa sukusiitostaantumaa. Valinnalla pystytään joskus korvaamaan sukusiitostaantumien vaikutus (FALCONER 1981). Esimerkiksi GREEN (1968) on sukusiitetyssä hiiripopulaatiossa voimakkaalla valinnalla saavuttanut jopa nousua pentuekoossa.

Sukusiitos lisää homotsygotiaa ja vähentää heterotsygotiaa linjan sisällä. Ominaisuudet, joiden ilmenemisessä dominanssivaikutuksilla on tärkeä osuus, huononevat sukusiitoksen seurauksena. Useimmat elinvoimainaisuudet ovat tällaisia ominaisuuksia. Epistaattisesti periytyviin ominaisuuksiin sukusiitoksella saattaa myös olla kielteinen vaikutus. Teoreettisesti ajateltuna vaikutus voisi olla myönteinen, jos sukusiitoksella pystytäisiin vakiinnuttamaan myönteiset geeniyhdistelmät (LASLEY 1972).

Suurin osa mutaatioista on haitallisia. Dominoivat mutaatiot karsiutuvat, mutta resessiiviset eivät. Siksi suurin osa populaatiossa säilyneitä haitallisista geneeistä on resessiivisiä. Sukusiitos ei lisää haitallisten geenien määrää populaatiossa, vaan tuo nämä samanperintäisyyden lisääntyessä esille. Haitallisten resessiivisten geenien ilmeneminen aiheuttaa elinvoimainaisuuksien, kuten vastustuskyvyn ja hedelmällisyyden, heikkenemistä (FALCONER 1981).

YOUNG ym. (1969) ovat julkaisseet yhteenvedon Yhdysvalloissa naudalla tehdyistä sukusiitostutkimuksista. Sukusiitos oli viivästyttänyt sukukypsyyttä, heikentänyt tiinehtyvyyttä, lisännyt luomisia ja kuolleisuutta lähes lineaarisesti sukusiitoksen kasvun kanssa. Näin siis koeolosuhteissa, joissa sukusiitos oli voimakasta ja valintaa ei suoritettu. SÄYNÄJÄRVI (1986) toteaa tutkimansa kirjallisuuden perusteella, ettei nautakarjalla

normaalipopulaatioissa ole todettu sukusiitostaantumaa hedelmällisyys- ja elinvoimaominaisuuksissa. Sukusiitoksen määrä on tällaisissa populaatioissa varsin alhainen.

Sukusiitos aiheuttaa vähemmän taantumaa ominaisuuksissa, jotka johtuvat additiivisista geenivaikutuksista, kuin ominaisuuksissa, jotka johtuvat ei-additiivisista geenivaikutuksista. Sukusiitostaantumaa tuotanto-ominaisuuksissa on todettu esimerkiksi naudalla maidontuotannossa ja siällä lihantuotannossa (LASLEY 1972).

Sukusiitoksen seurauksena geeniaines samankaltaistuu, minkä seurauksena populaatiosta häviää geenejä. Näin voidaan menettää esimerkiksi pitkäaikaisen luonnonvalinnan seurauksena populaatioon vakiintuneita geenejä (LASLEY 1972).

### 2.6.1 Haitalliset geenit

Haitallisia geenejä on letaaleja eli kuolemaa aiheuttavia ja periytyviä heikkouksia aiheuttavia. Useimmat haitalliset geenit eivät yksinään aiheuta haittaa, vaan vaikuttavat yhdessä muiden geenien kanssa. Esimerkiksi geeni ilmenee vain tiettyjen geenien kanssa tai tietynlaisten ympäristötekijöiden vaikutuksesta. On olemassa myös sukupuoleen sitoutuneita haitallisia geenejä (JONES 1982, NICHOLAS 1987).

Hevosilla on ilmennyt seuraavanlaisia letaaligeenien aiheuttamia epänormaalisuuksia: *White foal syndrome*, jolloin varsa syntyy valkoisena, vaaleanpunasilmäisenä ja suolistoltaan sekä takaruumiin hermostoltaan alikehittyneenä. *White lethal*, jolloin heterotsygoottinen perimä aiheuttaa valkoisen värin ja homotsygoottinen perimä kuoleman varhaisessa sikiövaiheessa. *Isoerytholysis*, jolloin tamman seerumin vasta-aineet tuhoavat sikiön punasolut. *C.I.D.*, joka on vastustuskyvyn riittämättömyyttä johtuen sekä B- että T-lymfosyyttien vajauksesta. *Hydrocephalus* eli vesipää, jota on esiintynyt myös Suomessa. *B-lymphocyte deficiency*, jolloin B-lymfosyyttien epätäydellisyys aiheuttaa puutteellisen vastustuskyvyn (JONES 1982).

Hevosella esiintyviä periytyviä epänormaalisuuksia ja heikkouksia on esimerkiksi seuraavanlaisia: synnynnäinen kaihi (*cataracts*), aivojen alikehittyneisyydestä johtuva tasapainon puuttuminen (*cerebellar hypoplasia*), kitalakihalkio (*cleft palate*), harmailla hevosilla esiintyvä ihosyöpä (*melanoma*), selkärangan ataksia ja jänteiden rappeutuminen (*wobbles*), piilokiveksisyys (*cryptorchidism*) ja papukaijanleuka (*parrot mouth*). Lisäksi esiintyy eriasteisia kehityshäiriöitä sydämessä sekä silmissä. Nivusheikkoudet, kuten napatyrä sekä liian väljä nivuskanava, ovat myös periytyviä

heikkouksia. Rakenteellisia heikkouksia esiintyy myös jaloissa. Näiden, kuten muidenkin periytyvien heikkouksien ilmenemisen voimakkuuteen vaikuttavat myös ympäristötekijät. Esimerkiksi epäsäännölliset jalka-asennot aiheuttavat rasituksen seurauksena vammoja. Hevosien käyttötarkoitus vaikuttaa siten siihen, kuinka vahingollinen joku heikkous on. Tästä syystä eri roduilla on erityyppisiä periytyviä heikkouksia (JONES 1982, NICHOLAS 1987).

Haitallisten geenien tarkkaileminen ja välitön karsiminen populaatioista on välttämätöntä rodun säilyttämiseksi terveenä. Arabihevonen on huolestuttava esimerkki siitä, mitä seuraa, kun tämä asia laiminlyödään. Tässä rodussa on haitallisten geenien kantajia joissakin yleisissä sukulinjoissa. Arabihevosella esiintyy esimerkiksi aivojen vajaakehittyneisyyttä ja puutteellista tautien vastustuskykyä. Vaikeutena haitallisten geenien karsimisessa on, että ne ovat resessiivisiä ja harvinaisia. Kantajajaksilöiden tunnistaminen on vaikeaa, geeni on saattanut seurata ilmenemättä useiden sukupolvien ajan. Yleensä geenin ilmenemisen edellytyksenä on, että molemmilta vanhemmilta tulee kyseinen geeni jälkeläiselle (JONES 1982, NICHOLAS 1987).

## 2.6.2 Sukusiitostaantuma hevospopulaatioissa

Sukusiitostaantumaa hevosella on todettu varsin lieväenä tai ei ollenkaan. Useimmiten on tutkittu sukusiitoksen vaikutusta hedelmällisyyteen. Ulkomuotoon ja elinvoimaisuuteen kohdistuvia tutkimuksia ei juurikaan ole. Syynä sukusiitostaantumaa vähäisyyteen on osaksi alhaiset sukusiitosasteet ja osaksi hedelmällisyys- ja elinvoimaominaisuuksien vaikea mitattavuus. Ympäristötekijöiden suuri vaikutus vaikeuttaa asian tutkimista. Lisäksi valinta todennäköisesti on kompensoinut sukusiitostaantumaa vaikutukset.

WILKENS ym. (1989) tutkivat sukusiitoksen mahdollisia vaikutuksia holstein- ja trakhener-rotuisten ratsujen arvostelutuloksiin. Tarkasteltavana olivat hyppykyky, ulkomuoto ja jalostusarvo. Hyppykykyyn ei sukusiitoksella havaittu olevan vaikutusta. Trakhener-hevosilla todettiin sukusiitoksen vaikuttavan ulkomuoto-ominaisuuksiin, korrelaatio oli lievästi negatiivinen. Kun tarkastelu rajoitettiin vain sukusiitettuihin ( $F > 0$ ) hevosiiin, havaittiin sukusiitoksen kielteisten vaikutusten voimistuminen trakhener-rodulla. Holstein-hevosilla sitävastoin havaittiin sukusiitoksella olevan lievästi positiivinen vaikutus jalostusarvoon sekä ulkomuoto- että hyppyominaisuuksissa. DUŠEK (1980) ei havainnut sukusiitoksella olevan vaikutusta tšekkoslovakialaisen mustan klardruby-hevosien omi-

naisuuksiin. Tarkasteltavana olivat hedelmällisyys, paino, koko, rungon mittasuhteet, luonteenpiirteet ja nuorten hevosten ominaisuudet valmenttaessa. Tutkittujen hevosten sukusiitosasteet vaihtelivat 0.4–16.0 %:n välillä. TSUJIIH ja YOSHIDA (1985) saivat edellisestä poikkeavia tuloksia kiso-rotuisia hevosia tutkiessaan. Rodun sukusiitosaste on lähes kolminkertaistunut kahdessa vuosikymmenessä. Rungon mitat – pituus ja korkeus – olivat alentuneet. Molemmat tutkimukset oli suoritettu varsin pienellä aineistolla, joten tulosten luotettavuus on kyseenalaista.

MAHON ja CUNNINGHAM (1982), COTHRAN ym. (1984), sekä KLEMETS DAL ja JOHNSON (1987) havaitsivat lievää hedelmällisyyden heikkenemistä sukusiitoksen vaikutuksesta. Vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä, ja esimerkiksi tamman iällä oli huomattavasti enemmän vaikutusta hedelmällisyyteen kuin sukusiitoksella. KLEMETS DAHL ja JOHNSON (1987) totesivat tamman sukusiitosasteen nousun yhdellä prosenttiyksiköllä lisäävän aikaisten luomistapausten määrää lähes 1.27 %. Silti ikä vaikutti tähänkin ominaisuuteen enemmän kuin sukusiitosaste. Sukusiitosaste selitti vain 1.6 % ominaisuuden kokonaisvaihtelusta. On ilmeistä, että hedelmällisyyteen ja elinvoimaominaisuuksiin kohdistunut valinta on korvannut sukusiitoksen aiheuttaman taantumaa. Tästä syystä ei sukusiitostaantumaa voida havaita. COTHRAN ym. (1984) havaitsivat amerikkalaisella ravurilla jopa lievää hedelmällisyyden lisääntymistä sukusiitoksen seurauksena. Amerikkalaisella peitsarilla sukusiitos vaikutti hedelmällisyyden alenemiseen korkeintaan neljä prosenttia. SIGURDSSONIN (1990) tutkimuksessa ei sukusiitoksella ollut vaikutusta islanninhevosen hedelmällisyyteen. Sukusiitos ei ollut vaikuttanut kielteisesti myöskään geneettiseen edistymiseen.

WOLLINGER ym. (1979) mainitsee lipizzan hevosesta, että rodun sukusiitosaste on ollut korkea jo vuosikymmeniä ja sillä on havaittu ongelmia hedelmällisyydessä ja elinvoimaisuudessa. Przewalski-villihevosen voimakas sukusiitos on BOUMANIN (1977) mukaan aiheuttanut hedelmällisyyden heikkenemistä, luomisten lisääntymistä, syntyvyyden vähenemistä, varsakuolleisuuden yleistymistä, vastustuskyvyn huononemista ja kasvun heikkenemistä. Arabihevosella sukusiitos on RADOMSKA ym. (1984) tutkimuksen mukaan alentanut painoa ja rintakehän sekä etusäären ympärysmittaa ja lisännyt synnynnäisiä sairauksia. Arabihevosilla esiintyy vastustuskyvyn puuttumisen (C.I.D) aiheuttavaa letaaligeeniä jopa 2.5 %:lla syntyvistä varsoista (NICHOLAS 1987).

## 2.7 Sukusiitoksen ja sen haittojen ehkäiseminen

Jos halutaan minimoida sukusiitos, tapahtuu se siten, että jokaisesta perheestä valitaan sama määrä yksilöitä jatkamaan sukua. Tällöin perheeseen varianssi on mahdollisimman pieni ( $V_k = 0$ ) ja tehoisan populaation koko on suurin mahdollinen  $N_e = N$ . Käytännössä ei ole useinkaan syytä pyrkiä näin voimakkaaseen sukusiitoksen välttämiseen.

Sukusiitostaantumaa ei hevospopulaatioissa ole kovin selvästi todettu. Hedelmällisyyteen vaikutukset ovat olleet vain erittäin lievästi heikentäviä. Valinta näitä ominaisuuksia kohtaan on mitä ilmeisimmin kompensoinut sukusiitostaantumaa. Vakavuudeltaan eriasteisia letaaligeenejä on pyritty karsimaan, ja lähinnä vain tietyissä roduissa niistä on tuntuvaa haittaa. Hevosten perinnöllisiä heikkouksia esiintyy huolimatta siitä, että siitosoriit yleensä tarkastetaan. Jalostusyksilöiden ankaralla valinnalla pystytään vähentämään haitallisia geenejä.

Sukusiitoksen lisääntyminen estetään parhaiten välttämällä läheisten sukulaisyksilöiden paritusta. Tämä edellyttää eläinten polveutumisen tuntemista. Jos populaatio on tarpeeksi suuri, on sukusiitoksen välttäminen mahdollista tinkimättä jalostustavoitteista. Jos populaatioon on mahdollista tuoda yksilöitä muista populaatioista, ei sukusiitoksen alhaisena pitäminen tuota ongelmia. Populaatioissa, jotka ovat suljettuja kuten useat hevospopulaatiot, ei tätä mahdollisuutta ole. Tällaisissa populaatioissa on aina syytä tarkkailla sukusiitoksen määrää. Sukusiitoksen suoranaiseseen lisäämiseen on tuskin koskaan aihetta, ja jos on mahdollista, voimakasta sukusiitosta tulisi välttää. Jos sukusiitos on populaatiossa kohtuullisella tasolla, on turhaa pelätä sukusiitosasteen nousua ja jarruttaa jalostusta. Ankarat valinnat eivät välttämättä lisää sukusiitosta. Arvostelumenetelmien kehittyminen lisää tietoa jalostusyksilöistä. Huippuluokkaisen jalostusyksilön käyttäminen siitokseen ei tulisi liiaksi rajoittaa. Yksilö, joka esiintyy populaatiossa yleisesti ja myös sukusiitosta aiheuttaen ilman haittavaiikutuksia, on mitä todennäköisimmin vapaa haitallisista geeneistä. Sukuvaihtoehtojen kapeneminen ei kuitenkaan ole suotavaa. Sukutaustaltaan erilaista linjaa on pyrittävä säilyttämään, vaikka linja ei täysin vastaisikaan senhetkisiä jalostustavoitteita. Laajalti siitokseen käytettävät yksilöt tulee arvostella erityisen tarkasti. Jalostusyksilöiden geneettinen tausta tulisi myös tuntea mahdollisimman tarkoin, jotta haitallisten geenien yleistymisen pystyttäisiin estämään.

Taulukko 8: Hevospopulaatioiden sukupolvien väliset ajat

Tutkimus	Rotu	ipspv	epspv
COTHRAN ym. (1984)	Amer.lv.ravuri	11.4	10.0
	Amer.lv.peitsari	14.4	8.95
DRAGANESCU ja KINDA (1983)	Roman.nonius	11.1	
	Haflinger	8.3	8.6
FEHLINGS ym. (1982)	E.Saks.kv.	9.6	9.6
	E.Saks.lv.ravuri	11.3	14.4
HUGASON ym. (1984)	Islannin hevonen	8.65	11.4
LAHDENRANTA (1979)	Suomenhevonen	12.3	10.8
MURATA ja WATANABE (1975)	Japanil.täysv.	10.3	10.7
OJALA (1982)	Suomenhevonen	13.3	

ipspv = isänpuoleinen sukupolvien välinen aika

epspv = emänpuoleinen sukupolvien välinen aika

## 2.8 Sukupolvien välinen aika

Sukupolvien välisellä ajalla tarkoitetaan vanhempien ikää jälkeläisen syntyessä. Emänpuoleinen ja isänpuoleinen sukupolvien välinen aika voidaan laskea erikseen. Keskimääräinen sukupolvien välinen aika on eri pituinen eri eläinlajeilla. Esimerkiksi naudalla se on noin viisi, lampaalla noin kolme, siialla alle kahden, kanalla noin yksi ja hevosella noin yksitoista vuotta (Taulukko 8). Sukupolvien välinen aika vaikuttaa geneettiseen edistymiseen. Mitä pienemmäksi sukupolvien välinen aika saadaan, arvosteluvarmuuden liikaa alenematta, sitä nopeampaa voi edistyminen olla. Sukupolvien välistä aikaa voidaan lyhentää arvostelemalla ja käyttämällä eläimiä siitokseen mahdollisimman nuorina (LASLEY 1972).

## **3 Aineisto ja menetelmät**

### **3.1 Aineisto**

#### **3.1.1 Aineiston hankinta**

Aineiston perustana oli Suomen Hippos r.y:n suomenhevosten rekisteri. Siihen on tallennettu suomenhevosten kilpailurekisteriin merkittyjen hevosten tietoja vuodesta 1971 lähtien. Myöhemmin on aloitettu kaikkien rekisteröityjen hevosten tietojen tallentaminen rekisteröinnin yhteydessä tähän tiedostoon. Jokaiselta hevoselta on rekisterin sukutietoihin merkitty ainakin isä ja emä. Lisäksi rekisterissä ovat näiden suvut edelleen toiseen, kolmanteen tai neljänteen sukupolveen saakka. Koska sukutietoja on täydennetty hevosten rekisteröintien yhteydessä, ovat nuorempien hevosten sukutaulut täydellisempiä kuin vanhempien. Rekisterin sukutietojen laajuus ei olisi riittänyt tutkimuksen aineiston laajuudeksi, vaan se vaati täydennystä.

Ensimmäiseksi täydennettiin yleisimpien kantavanhempien sukutiedot mahdollisimman pitkälle. Tältä osin sukutiedot tulivat täydennetyiksi osittain jopa 1800-luvulle saakka. Seuraavaksi täydennettiin käytetyimpien siitosoriiden sukutaulut niin täydellisiksi kuin mahdollista. Vuosina 1975 ja 1988 rekisteröidyistä hevosista tehtiin otos, johon tuli joka kymmenes hevonen. Otoksiin kuuluvien hevosten sukutaulujen täydellisyys tarkastettiin aina kuudenteen sukupolveen saakka ja puuttuvat yksilöt täydennettiin. Isänpuoleiset sukutaulut olivat tässä vaiheessa yleensä lähes kunnossa, mutta emänpuoleiset sukutaulut olivat useilla hevosilla vajavaiset ja niiden täydentämiseen kului huomattavasti aikaa.

Aineistossa oli jokaisesta hevosesta sukutietojen lisäksi syntymävuosi, sukupuoli sekä mahdollisesti auto- ja tasoitusennätys, voittosumma ja starttien lukumäärä. Kilpailutiedot olivat huhtikuun 1990 kilpailurekisterin mukaiset. Lisäksi oli tieto siitä, oliko hevonen elossa vai poistettu. Tämä tieto ei ollut ajan tasalla, koska kaikkia poistettuja hevosia ei ole ilmoitettu Suomen Hippos r.y:n rekisteriin.

#### **3.1.2 Aineiston rakenne**

Täydennetty aineisto sisälsi noin 40 000 yksilöä. Mitä suurempi vaikutus yksilöllä on populaatiossa, sitä suuremmalla todennäköisyydellä sen sukutiedot ovat tulleet täydennetyiksi. Niiden yksilöiden puuttumisella aineistosta, jotka esiintyvät vain harvojen yksilöiden sukutaulussa, ei tämän tutkimuksen kannalta ole ratkaisevaa merkitystä. Pisimmillään sukuja voidaan seurata jopa yli kymmenen sukupolvea taaksepäin.



Taulukko 9: Aineiston rakenne: yksilömäärät ja sukutietojen laajuus syntymävuosittain ryhmiteltyinä sekä otoksittain

Syntymä- vuosi	Hevosten lkm	isp			esp		
		ka	min.	max.	ka	min.	max.
< 1960	4029	3.79	0.00	7.44	1.89	0.00	8.00
1960 - 64	2929	4.77	1.00	7.03	2.65	0.00	7.04
1965 - 69	2688	5.63	1.00	7.63	3.74	0.00	7.81
1970 - 74	3677	6.28	1.00	8.10	4.50	1.00	8.45
1975 - 79	5689	6.81	1.00	8.36	5.32	1.00	8.48
1980 - 84	5927	7.38	1.00	8.88	6.25	1.00	9.28
1985 - 89	6159	7.76	1.00	9.27	6.98	1.50	9.55
otos 1975 rekist.	89	6.81	5.56	7.86	6.50	4.14	8.45
lopun 1975 rekist.	1867	6.57	1.00	8.15	4.94	1.00	8.28
otos 1988 rekist.	123	7.93	6.36	9.13	7.68	4.58	9.15
lopun 1988 rekist.	1213	7.86	3.81	9.13	7.11	2.00	9.39
arvio 1 nyk.pop.	17451	7.33	1.00	9.27	6.21	1.00	9.55
arvio 2 nyk.pop.	21063	7.15	1.00	9.27	5.91	1.00	9.55
oriit	35	6.94	5.74	8.19	6.57	5.12	7.42
varsat	7980	7.70	6.43	8.80	6.51	1.00	9.39

isp= isänpuoleisen sukutaulun täydellisyys, täydellisten sukupolvien lkm  
 esp = emänpuoleisen sukutaulun täydellisyys, täydellisten sukupolvien lkm  
 ka = keskiarvo  
 min. = minimi  
 max. = maksimi

Aineistosta rajattiin erityisen tarkastelun kohteeksi taulukossa 9 esitettyjä joukkoja. Vuonna 1960 ja sen jälkeen syntyneet hevoset niputettiin syntymävuoden mukaan kuuteen eri ryhmään. Vuonna 1988 syntyneistä tehtiin otos, johon tuli 123 hevosta (otos 1988 rekist.). Vuonna 1975 rekisteröidyistä tehtiin aluksi otos, johon tuli joka kymmenes hevonen. Asia selkeyttämiseksi näistä otettiin kuitenkin mukaan vain ne hevoset, jotka olivat syntyneet vuosina 1974 ja 1975 (otos 1975 rekist.). Tarkastelua varten aineistosta rajattiin ne oriit, joita oli käytetty 1980-luvulla eniten siitokseen (oriit). Mukaan tähän joukkoon tulivat oriit, joille oli 1980-luvulla syntynyt suunnilleen yli 100 jälkeläistä (Taulukko 13). Näillä 35 oriilla on aineistossa mukana yhteensä 7980 jälkeläistä (varsat). Myös ne tammot, joista nämä varsat olivat syntyneet, rajattiin tutkimusta varten erilliseksi joukoksi.

Hevosia, jotka muodostavat nykyisen suomenhevospopulaation, ei aineiston perusteella tiedetty täysin luotettavasti. Arvio nykyisen suomenhevospopulaation koosta on 15000 hevosta. Tutkimusta varten oli tar-

Taulukko 10: Sukutaulun täydellisyys: otokset 1975 ja 1988, arvio 1 nykyisestä populaatiosta sekä 1980-luvun käytetyimmät siitosoriit

isp	Otos 75	Otos 88	Arvio 1 nyk.pop.	Oriit
sp ≤ 2	0 %	0 %	0.1 %	0 %
2 <sp ≤ 4	0 %	0 %	0.3 %	0 %
4 <sp ≤ 6	4.5 %	0 %	5.0 %	2.9 %
6 <sp	95.5 %	100 %	94.6 %	97.1 %
esp	Otos 75	Otos 88	Arvio 1 nyk.pop.	Oriit
sp ≤ 2	0 %	0 %	2.6 %	0 %
2 <sp ≤ 4	0 %	0 %	5.0 %	0 %
4 <sp ≤ 6	27.0 %	1.6 %	29.1 %	17.1 %
6 <sp	73.0 %	98.4 %	63.2 %	82.9 %

isp = isänpuoleisen sukutaulun täydellisyys

esp = emänpuoleisen sukutaulun täydellisyys

peellista rajata aineistosta joukko, joka lähinnä vastaisi nykyistä populaatiota. Arvio 1 nykyisestä populaatiosta muodostettiin siten, että se sisältää ne hevoset, jotka olivat syntyneet vuonna 1975 ja sen jälkeen, ja olivat aineiston tiedon mukaan elossa. Arvio 2 muodostettiin samoin kuin arvio 1, mutta se sisältää vuonna 1970 ja sen jälkeen syntyneet hevoset.

Taulukossa 9 on esitetty aineiston sisältämät yksilömäärät sekä aineiston sukutietojen laajuus tarkasteluryhmittäin. Isänpuoleisen (isp) ja emänpuoleisen (esp) sukutaulun täydellisyys on ilmoitettu erikseen. Sukupolvien lukumäärä tarkoittaa sitä, kuinka monta sukupolvea yksilön sukutaulu on aineistossa täydellisenä. Keskimäärin sukutiedot olivat isänpuoleisen sukutaulun osalta täydellisempiä kuin emänpuoleisen sukutaulun osalta. Vuosina 1980–84 syntyneillä ulottuivat isänpuoleiset sukutiedot keskimäärin 7.38 sukupolvea ja emänpuoleiset sukutiedot 6.25 sukupolvea taaksepäin. Vuosina 1985–89 syntyneillä vastaavat luvut olivat 7.76 ja 6.98. Vuoden 1988 otoksen isänpuoleiset sukutiedot olivat täydelliset keskimäärin 7.86 ja emänpuoleiset sukutiedot 7.86 sukupolvea taaksepäin.

Myös taulukossa 10 on esitetty tietoa sukutaulujen laajuudesta. Voidaan havaita, että vuonna 1988 syntyneistä tehty otos on sukutiedoiltaan selvästi täydellisin. Lähes kaikilla hevosilla ovat sukutiedot aineistossa vähintään kuudenteen sukupolveen asti täydellisiä. Keskimäärin sukutiedot ovat täydelliset lähes kahdeksan sukupolvea. Vuonna 1975 rekisteröi-

dyistä tehdyn otoksen kaikilla hevosilla ovat sukutaulut täydellisiä vähintään neljänteen sukupolveen asti. Suurimmalla osalla ne ovat täydelliset yli kuusi sukupolvea. Noin kolmannekselta ovat emänpuoleiset sukutiedot osittain puutteelliset mentäessä viisi tai kuusi sukupolvea taaksepäin. Tämä johtuu siitä, että näiltä osin sukutietoja ei löytynyt edes vanhoista kantakirjoista.

Nykyisen populaation arvion sukutaulujen täydellisyys kuvaa rekisterin yleistä tilannetta. Isänpuoleiset sukutaulut ovat yleisimmin täydennettyinä, mutta emänpuoleiset sukutiedot ovat osittain vaillinaiset. Tämän tyyppisestä aineistosta lasketut arviot ovat todellisia sukusiitosasteita pienempiä. Mitä täydellisemmistä sukutiedoista sukusiitosasteen arvio on mahdollista laskea, sitä luotettavampi tulos saadaan. Aina kun tarkastellaan jonkin ryhmän sukusiitosasteen arvioita, on tämä asia muistettava.

Kun verrataan tätä aineistoa aikaisempiin vastaaviin tutkimuksiin, jotka on tehty muista hevospopulaatioista, voidaan aineiston luotettavuutta pitää varsinkin otosten osalta erittäin hyvänä.

Vuoden 1988 otosta voidaan pitää kaikkein luotettavimpana. Vuoden 1975 otosta ei voida pitää täysin vertailukelpoisena vuoden 1988 otokseen, mutta kuitenkin käyttökelpoisena. Kaikki muut sukusiitosasteen arviot ovat jonkin verran todellisia arvoja pienempiä ja siten vain viitteellisiä. Koska nuoremmilla ikäluokilla on täydellisemmät sukutiedot kuin vanhemmilla, on sukusiitosasteen arvio yleensä sitä luotettavampi, mitä nuoremmasta ikäluokasta on kyse.

### 3.2 Tilastolliset mallit ja menetelmät

Kaikki tilastot ja analyysit laskettiin Helsingin Yliopiston kotieläinten jalostustieteen laitoksella kehitetyllä *WSYS*-ohjelmistolla (VILVA 1984). Sukusiitosasteet laskettiin *Wrightin* polkukerroinmenetelmällä. Mallin 1 analyyseissä käytettiin pienimmän neliösumman varianssianalyysiä.

Sukusiitoksen mahdollista vaikutusta kilpailutuloksiin selvitettiin seuraavaa sekamallia käyttäen (Malli 1):

$$\text{Malli 1 } y_{ijklm} = \mu + a_i + b_j + c_k + d_l + \epsilon_{ijklm}$$

$y_{ijklm}$	=	kilpailutulokset
$\mu$	=	keskiarvo
$a_i$	=	isä <sub>i</sub>
$b_j$	=	sukupuoli <sub>j, j=1...3</sub>
$c_k$	=	syntymävuosi <sub>k</sub>
$d_l$	=	sukusiitosaste <sub>l, l=1...6</sub>
$\epsilon_{ijklm}$	=	jäännös

Sukupuoli oli luokiteltu seuraavasti:

luokka 1	=	ori
2	=	tamma
3	=	ruuna

Sukusiitosaste oli luokiteltu seuraavasti:

luokka 1	=	0 % < F ≤ 1 %
2	=	1 % < F ≤ 2 %
3	=	2 % < F ≤ 3 %
4	=	3 % < F ≤ 4 %
5	=	4 % < F ≤ 5 %
6	=	5 % < F

Mallissa isä ja jäännöstekijä oletettiin satunnaistekijöiksi ja muut tekijät kiinteiksi tekijöiksi.

Populaation koon ja rakenteen vaikutuksia tehoisan populaation koon sekä sukusiitosasteen muutoksiin tarkasteltiin kappaleissa 2.3 ja 2.4 esitettyjen teoreettisten mallien avulla (Kaavat 6–15).

Taulukko 11: Sukusiitosasteiden arvioita suomenhevospopulaatiosta

Syntymävuosi	Hevosten lukumäärä	ka	s.d.	F ≤ 2%	F > 4%
1960-64	2 929	0.68	1.9	89.34	4.41
1965-69	2 688	1.17	1.9	79.17	7.11
1970-74	3 677	1.48	1.8	72.56	7.42
1975-79	5 689	1.74	1.6	66.05	6.84
1980-84	5 927	2.03	1.4	57.33	7.31
1985-89	6 159	2.33	1.5	46.12	9.00
otos 1975	89	2.33	1.9	48.31	14.61
loput 1975	1 867	1.61	1.7	69.79	7.39
otos 1988	123	2.90	1.6	27.64	16.26
loput 1988	1 213	2.41	2.7	42.70	8.90
arvio 1 nyk.pop.	17 451	2.05	1.5	56.12	7.78
arvio 2 nyk.pop.	21 063	1.95	1.6	58.95	7.73
oriit	35	2.54	1.6	45.17	14.29
varsat	7 980	2.25	1.3	48.11	8.83

ka = keskiarvo

s.d. = keskihajonta

F = sukusiitosaste

F ≤ 2 = prosenttimäärä hevosista, joiden sukusiitosaste on pienempi tai yhtäsuuri kuin kaksi prosenttia

F > 4 = prosenttimäärä hevosista, joiden sukusiitosaste on suurempi kuin neljä prosenttia

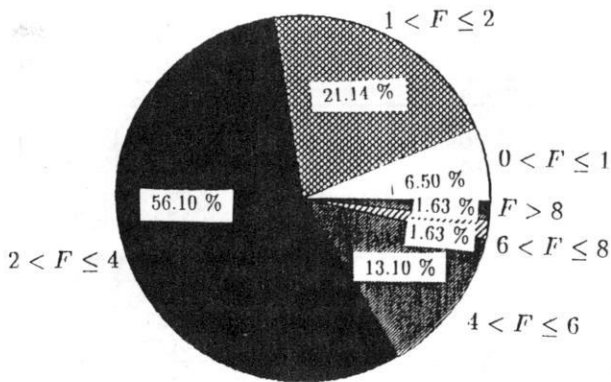
## 4 Tulokset ja tulosten tarkastelu

### 4.1 Sukusiitosasteet

#### 4.1.1 Otokset vuosina 1975 ja 1988 rekisteröidyistä

Vuonna 1988 syntyneistä tehdystä otoksesta laskettu sukusiitosaste on keskimäärin 2.90 % (Taulukko 11). Hevosia, joiden sukusiitosaste on nolla, ei otoksessa esiintynyt ollenkaan. Kaksi prosenttia tai alle oleva sukusiitosaste oli 27.64 prosentilla. Suurimmalla osalla – yli 56 prosentilla – oli sukusiitosaste kahden ja neljän prosentin välillä. Yli neljän prosentin sukusiitosaste – lievää sukusiitosta – oli 15 prosentilla hevosista. Selvää sukusiitosta – sukusiitosaste yli kymmenen prosenttia – oli vain noin 1.6 prosentilla otoksen hevosista. Tästä otoksesta laskettuja sukusiitosasteen arvioita voidaan pitää erittäin luotettavina. Niiden voidaan katsoa ilmentävän sukusiitoksen maksimitasoa nykyisessä populaatiossa (Kuva 2).

Vuonna 1975 rekisteröidyistä tehdystä otoksesta laskettu sukusiitosaste on keskimäärin 2.33 %. Hevosia, joiden sukusiitosaste on nolla ei myöskään tässä otoksessa esiintynyt. Sukusiitosaste oli alle kahden prose-

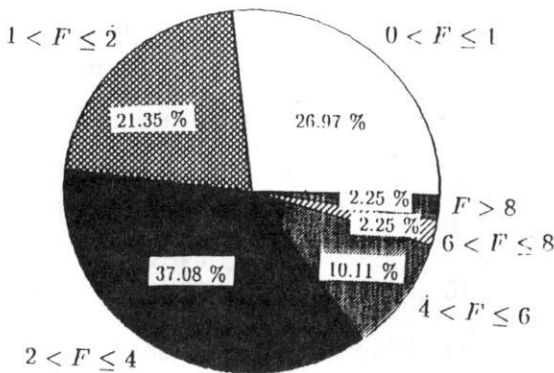


Kuva 2: Vuonna 1988 syntyneiden (otos) suomenhevosten jakautuminen (%) eri sukusiitosasteluokkiin (F)

tin 48.31 prosentilla otoksen hevosista. Yli 37 prosentilla oli sukusiitosaste kahden ja neljän prosentin välillä. Yli neljän prosentin sukusiitosaste oli noin 13.5 prosentilla ja yli kymmenen prosentin sukusiitosaste oli vain noin yhdellä prosentilla otoksen hevosista (Kuva 3).

Verrattaessa vuoden 1975 ja 1988 otoksista saatuja tuloksia keskenään voidaan todeta, että keskimääräinen sukusiitosaste on noussut korkeintaan 0.57 prosenttiyksikköä 13 vuoden eli noin yhden sukupolven aikana. Sukusiitosasteeltaan eri luokkiin kuuluvien hevosten osuudet ovat muuttuneet (Taulukko 12, Kuvat 2 ja 3). Kun otetaan huomioon aineiston rakenne, on muutos todellisuudessa tätä arviota pienempi. Vuoden 1975 otoksen ei kuitenkaan voida katsoa edustavan koko senhetkisen populaation jälkeläisiä, koska tällöin hevoskasvatus oli aallonpohjassa ja vain tiettyä pientä joukkoa tammoista käytettiin siitokseen. Kun tämä seikka ja populaation koon pieneminen huomioidaan, voidaan koko populaation sukusiitosasteen keskiarvon olettaa kuitenkin nousseen viimeisen parinkymmenen vuoden aikana.

Myös kyseisiin otoksiin kuuluvien hevosten väliset sukulaisuuskertoimet laskettiin. Jakamalla nämä sukulaisuuskertoimet kahdella saatiin sukusiitosasteet, jotka vastaavat näiden hevosten oletetun satunnaispariutumisen tuloksena syntyneiden jälkeläisten keskimääräisiä sukusiitosasteita. Jos vuonna 1988 syntyneet hevoset pariutuisivat keskenään satunnaisesti,



Kuva 3: Vuonna 1975 rekisteröityjen (otos) suomenhevosten jakautuminen (%) eri sukusiitosasteluokkiin (F)

olisi jälkeläisten sukusiitosaste keskimäärin 3.64%. Vuonna 1975 rekisteröityjen vastaava luku olisi 2.54%.

#### 4.1.2 Nykyinen suomenhevospopulaatio

Nykyisen suomenhevospopulaation arviona käytettiin arviota 1. Se sisälsi kaikki vuonna 1975 ja sen jälkeen syntyneet hevoset, jotka aineiston mukaan olivat elossa. Näin rajattuun populaatioon kuului yhteensä 17 425 hevosta. Tämän arvion mukaan nykyisen suomenhevospopulaation keskimääräinen sukusiitosaste on 2.05%. Neljä prosenttia tai yli oleva sukusiitosaste oli 7.78 prosentilla hevosista. Kun huomioidaan aineiston rakenne (taulukot 9 ja 10) voidaan päätellä, että tästä otoksesta (*arvio 1 nyk. pop.*) lasketut tulokset ovat todellisia arvoja hieman pienempiä ja niitä voidaan pitää vain viitteellisinä (Taulukot 11 ja 12).

Otoksesta 1988 laskettuja sukusiitosasteiden voidaan katsoa ilmentävän nykyisen populaation sukusiitoksen ylärajaa. Suomenhevosen sukusiitosaste ei ole viimeisen parinkymmenen vuoden aikana noussut niin paljoa kuin on oletettu. Populaation koon voimakas pientyminen on kuitenkin aiheuttanut sen, että tulevaisuudessa ei suomenhevosen sukutaustasta enää löydy niin laajaa vaihtelua kuin tähän asti. Siksi sukusiitosasteen kehitystä on syytä tulevaisuudessa tarkkailla. Suomenhevosen sukusiitos-

Taulukko 12: Otoksen 1988, 1975, nykyisen populaation arvion 1 sekä 1980-luvun suosituimpien siitosoriiden jakaantuminen prosentteina eri sukusiitosasteluokkiin

F%	Otos 75	Otos 88	Arvio 1 nyk.pop.	Oriit
$F = 0$	0.00	0.00	3.46	0.00
$0 < F \leq 1$	6.50	26.97	18.50	14.29
$1 < F \leq 2$	21.14	21.35	34.16	31.43
$2 < F \leq 4$	56.10	37.08	36.10	40.00
$4 < F \leq 6$	13.01	10.11	6.16	11.43
$6 < F \leq 8$	1.63	2.25	1.04	2.86
$8 < F$	1.63	2.25	0.58	0.00

aste ei toistaiseksi ole suuri verrattuna monien muiden hevospopulaatioiden sukusiitosasteisiin. Esimerkiksi pohjoisruotsalaisen kylmäveriravurin sukusiitosaste on jo vuonna 1970 ollut 2.39 % (BOHLIN ja RÖNNINGEN 1975). Norjalaisen kylmäveriravurin sukusiitosaste on 1980-luvun alkupuolella ollut 5.72 % (KLEMETS DAL ja JOHNSON 1987). Amerikkalaisen lämminveriravurin sukusiitosaste on 10.30 % (COTHRAN ym. 1984).

#### 4.1.3 1980-luvun suosituimpien siitosoriiden ja niiden jälkeläisten tarkastelu

Suomenhevosten katsotaan polveutuvan pääasiassa neljästä eri isälinjasta, jotka ovat Murto, Uljaanpoika, Eino ja Kirppu. Isälinjoja, ja yleensäkin oriita, on korostettu hevosten sukutauluissa. Tämä perustuu jaostuksen periaatteeseen, jonka mukaan niitä yksilöitä, joista on eniten ja luotettavinta tietoa, tulee painottaa eläinten arvostelussa. Aikaisemmin, kun tammoista oli puutteellisesti tietoa, isälinjojen korostaminen on ollut perusteltua. Nykyisin, kun myös tammoista on tietoa, on tilanne erilainen. Vain jälkeläisarvostelutiedot ovat oriilla huomattavasti luotettavampia kuin tammoilla. Yksilö saa yhtä paljon geenejä molemmilta vanhemmiltaan. Esimerkiksi emänemältä on yhtä suuri todennäköisyys periytyä sama määrä geenejä kuin isänisältäkin. Isälinjansa perusteella tietyn suvun edustajaksi nimetyn oriin sukutaulua lähemmin tarkasteltaessa huomataan, että suvusta löytyy yhteyksiä myös muihin sukulinjoihin. Jaottelu eri sukulinjojen edustajiin ei siten ole ollenkaan yksiselitteistä. Koska tässä tutkimuksessa tarkastellaan sukuja ja sukulaisuuksia, ei



ollut mitään perusteita jaotella oriita isälinjojen mukaan. Jos esitettyjen oriiden joukossa on yksilöitä, jotka edustavat selkeästi jotakin sukulinjaa, voidaan näiden lukujen tulkita edustavan myös tämän sukulinjan tunnuslukuja. Oriin isälinjan tunnuslukujen kanssa näillä luvuilla ei kuitenkaan ole yhteyttä.

**Oriiden ja niiden jälkeläisten sukusiitosasteet** Tarkasteltavana olivat 1980-luvulla eniten jälkeläisiä saaneet oriit, joista tarkastelussa oli mukana 35 oritta (Taulukko 13). Niiden sukusiitosaste oli keskimäärin 2.55 %. Korkein sukusiitosaste oli 7.35 ja alhaisin 0.57 %. Noin 30 prosentilla siitosoriista sukusiitosaste oli yhden ja kahden prosentin välillä. 40 prosentilla siitosoriista oli sukusiitosaste yli kaksi, mutta korkeintaan neljä prosenttia. Lievästi sukusiitettuja – sukusiitosaste yli neljä prosenttia – oli 14.29 prosenttia oriista, ja näistä lähes kaikilla sukusiitosaste oli alle 6 % (Taulukko 12).

Jälkeläisten sukusiitosaste oli keskimäärin 2.25 % (Taulukko 13). 48 prosentilla varsoista oli sukusiitosaste alle kaksi prosenttia. Vain vajaalla kymmenellä prosentilla oli sukusiitosaste yli neljä prosenttia.

**Sukulaisuus tammoihin** Jokaisen yksittäisen oriin ja koko tammajoukon väliset sukulaisuuskertoimet laskettiin. Kun nämä sukulaisuuskertoimet jaettiin kahdella, saatiin sukusiitosasteet, jotka vastaavat niitä sukusiitosasteita, joita olisi tullut oletetun satunnaispariutumisen tuloksena ( $F_s$ ). Kun toteutuneita sukusiitosasteita ( $F_\mu$ ) verrataan näihin sukusiitosasteisiin ( $F_s$ ), voidaan päätellä, onko kyseisen oriin astuma tammajoukko ollut keskimääräistä enemmän tai vähemmän sukua oriille kuin koko tammajoukko. Jos toteutunut sukusiitosaste  $F_\mu$  on pienempi kuin satunnaisparituksen mukaisesti odotettu sukusiitosaste  $F_s$ , on parituksissa tietoisesti vältetty sukusiitosta. Päinvastaisessa tilanteessa sukusiitosta ei ole vältetty.

Koko tammajoukon ja oriiden välinen sukulaisuuskerroin oli 5.9 %. Tämä tarkoittaa, että jos oriit olisivat pariutuneet satunnaisesti koko tammajoukon kanssa olisi jälkeläisten sukusiitosaste ollut keskimäärin 2.95 %. Jälkeläisten sukusiitosaste oli keskimäärin 2.25 %. Voidaan siis todeta, että oriiden astuma tammajoukko oli vähemmän sukua oriille kuin koko tammajoukko keskimäärin. Sukusiitosta on siis selvästi vältetty 1980-luvulla. Käytännössä on otettava huomioon myös alueelliset tekijät. Vaikka sukusiitosta olisi vältetty niiden tammojen joukossa, jotka on ollut mahdollista astuttaa kyseisellä oriilla, ovat nämä tammot saattaneet olla koko tammajoukkoa keskimääräistä enemmän tai vähemmän sukua kysei-

Taulukko 13: 1980-luvun suosituimmat siitosoriit

Ori	Tunnus	Synt.vuosi	F%	lkm.	$F_{\mu}$	$F_s$
Aro-Manu	329-73	72	1.02	94	2.15	2.78
Ero-Ponsi	141-71	66	1.78	238	2.15	3.43
Ero-Ralli	1230-75	74	3.46	170	2.73	3.56
Heluri	1649-78	77	2.33	127	2.51	3.02
Hilu	Jo 65	61	7.35	451	3.27	4.75
Hilun-Valtti	1298-75	74	4.35	193	2.66	3.62
Hiluri	557-71	69	2.66	477	2.59	3.42
Ihme-Puli	Jo 152	64	0.67	122	2.08	2.69
Ilo-Tähti	1141-77	76	3.21	110	2.65	2.51
Jaska	230-72	69	2.56	149	2.60	3.76
Jonnen-Jarru	1161-74	74	2.30	276	2.58	2.97
Kihin-Muisto	2383-77	77	2.81	223	2.63	3.53
Luonnos	Jo 99	64	3.03	572	2.22	3.00
Pelimies	2329-75	75	1.94	171	2.39	2.73
Poika-Luonnos	192-74	70	3.53	170	2.32	2.67
Postin-Kuva	678-73	70	5.64	90	3.14	3.57
Resori	437-71	70	0.97	210	1.41	2.88
Siruluonto	1823-77	77	4.75	107	2.63	3.53
Spiraali	422-74	73	1.43	93	2.00	2.62
Suikku	1810-78	78	2.42	332	2.61	2.35
Tosipinko	1613-75	68	1.31	107	1.77	2.07
Toto	754-74	72	0.57	157	1.36	1.57
Veivi	2007-76	76	3.00	114	2.57	3.21
Vejani	1461-75	67	2.62	127	2.32	2.88
Vekseli	324-74	71	1.02	360	1.72	2.19
Vetori	475-74	63	1.77	213	1.84	2.45
Viete	359-74	72	0.71	186	1.30	2.04
Vieteri	407-71	67	0.97	768	1.50	2.88
Vilari	340-73	67	1.75	178	2.12	2.79
Vilkki	1400-77	69	3.59	113	3.05	3.76
Viltter	1250-74	74	1.72	363	2.25	3.08
Vinkaus	1229-79	79	2.94	116	2.04	2.32
Vireeni	2357-75	75	1.99	112	2.46	3.26
Vokker	662-72	69	5.52	275	2.78	2.86
V.T.Ajatus	1430-75	74	1.43	379	1.93	2.66
Keskiarvo			2.55	7980	2.25	2.95

F% = oriin sukusiitosaste

lkm = aineistossa mukana olleiden oriin jälkeläisten lkm.

 $F_{\mu}$  = jälkeläisten sukusiitosasteen keskiarvo $F_s$  = satunnaispariutumisen tuloksena odotettu sukusiitosaste

selle oriille. Vastaavia tuloksia siitä, että toteutuvat sukusiitosasteet ovat pienempiä kuin etukäteen ennustetut koska sukusiitosta vältetään, ovat saaneet myös BOHLIN ja RÖNNINGEN (1975).

Hilun sukusiitosaste on 7.35 %. Satunnaispariutumisen tuloksena olisi varsojen sukusiitosaste ollut keskimäärin 4.75 %. Hilu oli keskimääräistä huomattavasti enemmän sukua tammajoukolle. Parituskumppaneita valittaessa on kuitenkin selvästi vältetty sukusiitosta, koska jälkeläisten sukusiitosaste on 3.27 %. Vokkerin sukusiitosaste on 5.52 %, mutta sukulaisuus tammajoukkoon huomattavasti pienempi kuin Hilulla. Satunnaispariutumisen tuloksena olisi jälkeläisten sukusiitosaste ollut 2.86 %. Koska syntyneiden jälkeläisten sukusiitosaste on 2.78 %, ei tämän oriin kohdalla ole keskimäärin kovin selvästi vältetty sukusiitosta. Toisesta ääri laidasta poimittu esimerkki on Ihme-Puli, jolla on erittäin alhainen sukusiitosaste. Silti sen jälkeläisten sukusiitosaste on 2.08 %. Satunnaispariutumisen tuloksena olisi jälkeläisten sukusiitosaste ollut 2.69 %. Vieterin sukusiitosaste puolestaan on 0.97 %, ja sen jälkeläisten keskimäärin 1.50 %. Satunnaispariutumisen tuloksena olisi jälkeläisten sukusiitosasteeksi tullut 2.88 %, joten sukusiitosta on selvästi tämän oriin kohdalla vältetty. Selvästi vähiten koko tammajoukolle oli sukua Toto, koska vaikka se olisi pariutunut satunnaisesti koko tammajoukon kanssa, olisi jälkeläisten sukusiitosaste ollut keskimäärin vain 1.57 %.

#### 4.1.4 Sukusiitoksen ja kilpailutulosten välinen yhteys

Sukusiitoksen ja kilpailutuloksien välistä mahdollista yhteyttä tutkittiin mallin 1 avulla. Sukupuolella ja syntymävuodella oli tilastollisesti erittäin merkitsevä yhteys kaikkiin tutkittuihin kilpailutuloksiin. Sukusiitoksen ja tasoitusennätyksen välinen yhteys oli tilastollisesti jonkin verran merkitsevä – keskimääräistä suurempi sukusiitosaste oli yhteydessä nopeuteen. Starttien lukumäärän ja sukusiitosasteen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. Voittosumman ja sukusiitosasteen välillä oli tilastollisesti jonkin verran merkitsevä yhteys – keskimääräistä suurempi sukusiitosaste oli yhteydessä suureen voittosummaan. Hevoset, joiden sukusiitosaste oli kolmesta viiteen prosenttiyksikköä, olivat keskimäärin hieman muita nopeampia ja saavuttivat myös suuremman voittosumman kuin muut (Taulukko 14).

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, ettei sukusiitos nykyisellä tasolla ole aiheuttanut sukusiitostaantumaa kilpailuominaisuuksissa suomenhevosella. Kilpailutulokset mittaavat sekä hevosen fyysisiä sekä psyykkisiä ominaisuuksia. Jos näillä hevosilla olisi ilmennyt sukusiitos-

Taulukko 14: Sukusiitoksen yhteys kilpailutuloksiin vuosina 1980–85 syntyneillä suomenhevosilla

F%	N	t.enn.	v.s.	startit
LS-ka		37.34	11.50	38.01
0 < F ≤ 1	466	1.16	-0.73	-1.33
1 < F ≤ 2	1096	0.30	-0.17	2.30
2 < F ≤ 3	800	0.04	0.26	0.10
3 < F ≤ 4	334	-0.72	0.44	1.06
4 < F ≤ 5	140	-0.63	0.47	-0.96
5 <	80	-0.12	-0.26	-1.17
F-testi		**	**	N.S.

Luvut ovat poikkeamia *LS*-yleiskeskivärtä

N = havaintojen lukumäärä

t.enn. = tasoituserä

v.s. = neljäsjuuri voittosummasta

startit = ajatut startit

Tilastollinen merkitsevyys:

\*\*\* =  $p < 0.001$

\*\* =  $p < 0.01$

N.S. = ei tilastollisia eroja

taantumaa, ne eivät olisi pystyneet kyseisiin suorituksiin radoilla. Tulosten perusteella hevosen kilpailutulosten ja sukusiitosasteen välillä saattaa olla jopa lievä myönteinen yhteys. Samansuuntaisia tuloksia sukusiitoksen myönteisestä yhteydestä hevosen suorituskykyyn löytyy kirjallisuudesta myös muiden rotujen osalta (WILKENS *ym.* 1989). Näiden – kuten suomenhevostenkin – sukusiitosasteet ovat niin alhaisia, että sukusiitostaantumaa ei ehkä tämän vuoksi esiinny. Selitykseksi voidaan esittää, että parhaimmin menestyneet hevoset ovat pidemmälle käyttötarkoitukseensa jalostettuja – samat kantavanhemmat toistuvat niiden sukutaulussa. Voidaan myös päätellä, että suoritettu valinta on kompensoinut mahdollisen sukusiitostaantumaa. Sellaista johtopäätöstä, että sukusiitos vaikuttaisi kilpailutuloksiin myönteisesti, ei tämän tutkimuksen perusteella voida kuitenkaan tehdä.

## 4.2 Populaation koon ja rakenteen vaikutus sukusiitosasteisiin

Populaation koko ja rakenne vaikuttavat siihen, kuinka paljon sukusiitos populaatiossa lisääntyy. Näiden lisäksi vaikuttavat myös valinnan ankaruus ja käytetyt jalostusmenetelmät: assortatiivinen tai disassortatiivinen paritus, sukusiitoksen tarkoituksellinen lisääminen tai välttäminen. Tässä esitettyjen tarkastelujen perusolettamuksena on, että paritumiset tapahtuvat täysin satunnaisesti. Siten oletetaan myös, että sukusiitos ei aiheuta etua eikä haittaa.

1970- ja 1980-luvuilla siitokseen käytettyjen oriiden ja tammaojen lukumäärät on esitetty taulukossa 1. Vuonna 1989 oli siitokseen käytettyjen oriiden lukumäärä 203. Suurimmalla osalla näistä on kuitenkin erittäin pieni merkitys. Oriita, joilla on yli viisi astutusta, on vuonna 1989 ollut hieman alle sata. Tällä perusteella on totuudenmukaisempaa katsoa tässä tarkastelussa siitosoriiden määräksi vain sata. Vuonna 1989 on astutettu yhteensä 2 613 tammaa. Näistä astutuksista syntyi vuonna 1990 noin 1 700 varsaa. Taulukoissa 15, 16 ja 17 esitetyistä tuloksista voidaan nykyistä tilannetta kuvaaviksi luvuiksi katsoa lähinnä arvoilla  $N_m = 100$  ja  $N_f = 1\,500$  lasketut luvut.

### 4.2.1 Populaation koon ja rakenteen vaikutusten teoreettinen tarkastelu

**Tammaojen ja oriiden lukumäärien vaikutus tehoisan populaation kokoon.** Tehoisan populaation koko teoreettisessa populaatiossa voidaan laskea eri suuruisilla tammaojen ja oriiden määrillä kaavan 7 mukaisesti (Taulukko 15). Lukumäärien muutokset siinä sukupuolella, jota on vähemmän, vaikuttavat herkemmin tehoisan populaation kokoon. Esimerkiksi tammamäärän nostaminen nykyisin vuosittain varsovasta 1 500 tammasta 3 000 tammaan vaikuttaisi tehoisan populaation kokoon erittäin vähän. Sensijaan, jos siitosoriiden määrä nousisi nykyisestä 100:sta 200:aan, tehoisan populaation koko lähes kaksinkertaistuisi. Vastaavasti, jos siitosoriiden määrä vähenisi muutamaan kymmeneen, tehoisan populaation koko pienenesi ratkaisevasti.

**Tammaojen ja oriiden lukumäärien vaikutus sukusiitosasteen muutokseen sukupolvessa.** Populaation koko ja rakenne vaikuttavat sukusiitosasteen muutokseen sukupolvessa. Näitä muutoksia teoreettisessa populaatiossa on esitetty taulukossa 16. Laskemiseen on käytetty kaavaa 13. Se sukupuoli, jonka lukumäärä on pienempi vaikuttaa ratkaisevasti sukusiitosasteen muutokseen sukupolvessa. Jos tämän teoreettisen

Taulukko 15: Tehoisan populaation koko eri tamma- ja orimäärillä.

$N_f$	500	1 000	1 500	2 000	3 000	5 000	10 000	20 000
$N_m$								
10	39.2	39.6	39.7	39.8	39.9	39.9	40.0	40.0
20	76.9	78.4	78.9	79.2	79.4	79.7	79.8	79.9
25	95.2	97.5	98.3	99.8	99.2	99.5	99.8	99.8
50	181	190	193	195	196	198	199	200
100	333	364	375	381	387	392	396	398
150	461	521	545	558	571	558	591	596
200	571	667	706	727	750	769	784	792
250	667	800	857	889	923	952	975	988
300	750	923	1 000	1 043	1 091	1 132	1 165	1 182
500	1 000	1 333	1 500	1 600	1 714	1 818	1 905	1 951

$N_m$  = oriiden lukumäärä

$N_f$  = tammojen lukumäärä

Taulukko 16: Sukusiitosasteen muutos prosenttiyksikköä sukupolvessa eri tamma- ja orimäärillä.

$N_f$	100	200	500	1 000	1 500	2 500	5 000	10 000	20 000
$N_m$									
10	1.37	1.31	1.28	1.26	1.26	1.26	1.25	1.25	1.25
20	0.75	0.69	0.65	0.64	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
25	0.63	0.56	0.53	0.51	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50
50	0.38	0.31	0.28	0.28	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25
100	0.25	0.19	0.15	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
150		0.15	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08
200		0.13	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06
250			0.08	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05
500			0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
1 000				0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
2 000						0.01	0.01	0.01	0.01

$N_m$  = oriiden lukumäärä

$N_f$  = tammojen lukumäärä

Taulukko 17: Pienin mahdollinen sukusiitosasteen nousu prosenttiyksikköä sukupolvessa

$N_f$	20	50	100	500	1 000	1 500	2 500	20 000
$N_m$								
10	1.09	1.00	0.97	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
20		0.53	0.50	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47
25		0.44	0.69	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
30		0.38	0.34	0.32	0.32	0.32	0.32	0.31
40		0.30	0.27	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
50			0.22	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
75			0.16	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
100				0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
200				0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
400				0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
1 000						0.01	0.01	0.01

$N_m$  = oriiden lukumäärä

$N_f$  = tammojen lukumäärä

mallin olettamukset pitäisivät paikkansa nykyisessä suomenhevospopulaatiossa, nousisi sukusiitosaste noin 0.13 prosenttiyksikköä sukupolvessa. Jos sukupolvien välinen aika olisi 10 vuotta, nousisi sukusiitosaste 50 vuodessa 0.65 prosenttiyksikköä. Tämän mallin mukaan suomenhevosen sukusiitosaste olisi 50 vuoden kuluttua noin 3.5%. Vaikka tammoja olisi huomattavasti enemmän, ei se pienentäisi sukusiitosasteen nousua. Jos siitosoriiden määrä vähenisi 50 yksilöön, olisi sukusiitosasteen nousu 0.26 prosenttiyksikköä sukupolvessa. Tällaisessa tilanteessa mallin mukainen sukusiitosasteen ennuste 50 vuoden kuluttua olisi yli 4%.

**Mahdollisimman vähäinen sukusiitos.** Jos pyritään mahdollisimman vähäiseen sukusiitosasteen nousuun sukupolvessa, jokaisesta perheestä valitaan jatkamaan sukua täsmälleen sama määrä yksilöitä. Tällöin perhekoon vaihtelu  $V_k = 0$  ja tehoisan populaation koko on suurimmillaan eli  $N_e = 2N - 1$ . Pienimmät mahdolliset sukusiitosasteiden nousut sukupolvessa on laskettu erisuuruusilla tammojen ja oriiden lukumäärillä kaavaa 15 käyttäen (Taulukko 17). Jos siitosoriita olisi vain kymmenen ja tammoja olisi 1 000–2 000, nousisi sukusiitosaste lähes 1% sukupolvessa. Tästä seuraisi, että viiden sukupolven – eli noin 50 vuoden – kuluttua

sukusiitosaste olisi lähes 8%. Näin kävisi, vaikka sukusiitoksen lisääntymistä pyrittäisiin välttämään. Jos siitoseläinten lukumäärät pysyisivät nykyisen suuruisina, sukusiitosaste nousisi vähintään 0.10% sukupolvessa. Sadassa vuodessa, sukupolvien välisen ajan ollessa 10 vuotta, tämä merkitsisi kaikkiaan noin 1.0%:n nousua sukusiitosasteeseen.

#### 4.2.2 Populaation koon ja rakenteen tarkastelun tulosten soveltaminen käytäntöön

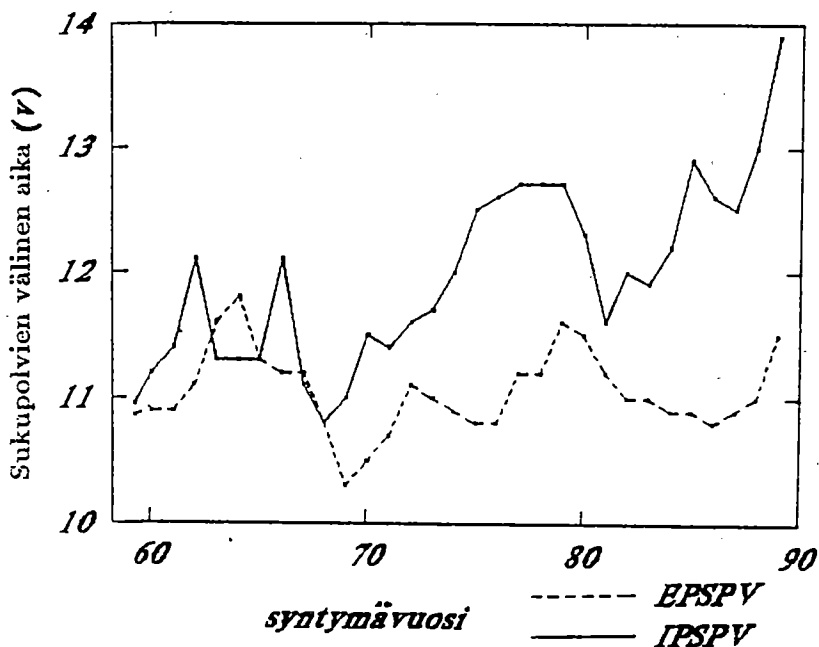
Tarkastelun tuloksia ei suoraan voida soveltaa käytäntöön. On muistettava kaikki ne oletukset ja rajoitukset, joita käytettyihin malleihin sisältyy. Nämä on esitetty tehoisan populaation kokoa käsittelevässä kapaleessa 2.4. Selvin ero käytännön tilanteen ja mallien välillä on paritusjärjestelmässä ja jälkeläisten lukumäärän vaihtelussa. Teoreettisesta tarkastelusta saaduista tuloksista voidaan kuitenkin tehdä johtopäätöksiä muutoksen suunnasta ja voimakkuudesta.

Jos populaation koko pieneni ja siitostammojen ja -oriiden määrät vähenisivät huomattavasti, olisi sukusiitosta aiheellista välttää nykyistä enemmän. Pahimmassa tapauksessa sukusiitoksen välttäminen jouduttaisiin asettamaan tärkeimmäksi valinnan perusteeksi. Tällöin varsinainen jalostustyö hidastuisi ratkaisevasti.

Populaation sukusiitosaste nousisi ratkaisevasti, jos siitosoriiden määrä vähenisi paljon alle 50 yksilön. Nykyisin siitosoriita on käytössä 150–200 yksilöä, mutta osalla on erittäin vähäinen merkitys. Nykyistä ankarampi valinta siitosoriiden suhteen olisi kuitenkin mahdollista. Se lisäisi sukusiitosta, mutta ei välttämättä ratkaisevasti. Koska eläinten polveutuminen tunnetaan, pystytään sukusiitosta välttämään. Mitä vähemmän siitosoriita olisi, sitä monipuolisempi tulisi niiden sukutaustan olla, jotta pitkällä tähtäimellä vältyttäisiin sukusiitokselta.

Vuosittain siitokseen käytettävien tammojen määrä on noin 2500. Näistä tammoista syntyy yli 1500 varsaa. Taulukoista 15, 16, 17 voidaan todeta tammojen lukumäärän vaikutukset tehoisan populaation kokoon, sukusiitoksen lisääntymiseen sukupolvessa ja pienimpään mahdolliseen sukusiitosasteen nousuun sukupolvessa. Kun tammojen lukumäärä nousee sadasta tuhanteen yksilöön, muuttuvat kyseiset luvut. Kun tammojen määrä on yli tuhat, eivät luvut muutu ratkaisevasti. Tämän perusteella nykyistä siitostammojen määrää on pidettävä tämän asian kannalta riittävänä. Voidaan jopa ajatella, että tammoja olisi mahdollista valita hieman nykyistä ankarammin sukusiitoksen silti ratkaisevasti lisääntymättä. Mitä pienempi tammajoukko valittaisiin, sitä hyödyllisempää olisi varmistaa,





Kuva 4: Emänpuoleinen (epspv) ja isänpuoleinen (ipspv) sukupolvien välinen aika vuosina 1960–1989 syntyneillä suomenhevosilla

että se olisi sukutaustaltaan mahdollisimman monipuolinen. Kuitenkin on muistettava, että sekä sukusiitoksen välttämistä että jalostusvalintaa ajatellen on mahdollisimman suuri populaatio yleensä edullinen, miltei välttämätön.

### 4.3 Sukupolvien välinen aika

Isänpuoleinen sukupolvien välinen aika on vuosina 1965–69 syntyneillä keskimäärin 11.4 vuotta ja vuosina 1985–89 syntyneillä 12.8 vuotta. Vuonna 1988 syntyneillä isänpuoleinen sukupolvien välinen aika oli keskimäärin 13 vuotta ja vuonna 1989 syntyneillä 13.8 vuotta, mikä on suurin arvo. Isänpuoleinen sukupolvien välinen aika on vaihdellut vuosittain pal-

jon (Kuva 4). Pienimmillään se on ollut 10.8 vuotta vuonna 1968 syntyneellä ikäluokalla. Nuorien, alle kymmenvuotiaiden oriiden osuus (ipsv  $\leq 10$  vuotta) käytetyistä siitosoriista on vaihdellut ja 1980-luvun lopulla jälleen pienentynyt selvästi (Taulukko 18).

Emänpuoleinen sukupolvien välinen aika on muuttunut vähemmän kuin isänpuoleinen sukupolvien välinen aika (Kuva 4). Vuosina 1965–69 syntyneillä sukupolvien välinen aika on keskimäärin 10.9 ja vuosina 1985–89 syntyneillä 11 vuotta. Suurin keskimääräinen arvo emänpuoleisella sukupolvien välisellä ajalla on ollut 11.8 vuotta vuonna 1964 syntyneellä ikäluokalla. Pienimmillään se on ollut 10.3 vuotta vuonna 1969 syntyneellä ikäluokalla. Nuorien, alle kymmenvuotiaiden tammojen osuus syntyneiden varsojen emistä on pysynyt lähes samana viimeisen 30 vuoden ajan (Taulukko 19).

1980-luvulla eniten jälkeläisiä saaneiden oriiden isänpuoleinen sukupolvien välinen aika oli keskimäärin 10.1 ja emänpuoleinen 10.6 vuotta. Näiden sukupolvien väliset ajat olivat siis keskimääräistä hieman lyhyempiä. Tämän orijoukon jälkeläisten isänpuoleinen sukupolvien välinen aika oli keskimäärin 12.6 ja emänpuoleinen 11 vuotta.

#### 4.3.1 Sukupolvien väliseen aikaan vaikuttavat tekijät

Suuret vaihtelut isänpuoleisessa sukupolvien välisessä ajassa aiheutuvat siitä, että yksittäisillä siitosoreilla on paljon jälkeläisiä vuodessa. Oriiden jälkeläismäärissä vuodesta toiseen on myös suuria vaihteluita. Isänpuoleinen sukupolvien välinen aika on pidentynyt myös siksi, että siitosoriin on esitettävä yhä parempia kilpailutuloksia, ennen kuin sitä käytetään runsaasti siitokseen.

Vielä 1970-luvulla oli tavanomaista kilpailuttaa tammoja jopa kymmenen vuotta, tosin niitä yleensä varsotettiin välillä. Nykyisin emätammoilta vaaditaan parempia kilpailutuloksia kuin ennen ja siksi tammoille yritetään saada mahdollisimman hyvät kilpailutulokset ennen siitoskäyttöä. Koska kilpailu raviradoilla on kiristynyt huomattavasti, jää tammojen kilpailu-ura nykyisin usein lyhyemmäksi kuin ennen. Näiden seikkojen takia ei emänpuoleinen sukupolvien välinen aika ole kasvanut. Jakauksen muoto on kuitenkin muuttunut (Kuvat 5 ja 6). 1975–79 syntyneiden emänpuoleisen sukupolvien välisen ajan jakauma on kaksihuippuinen, sillä 1970-luvun loppupuolella on tammoja varsotettu runsaasti jo alle kymmenvuotiaana, ennen kuin niillä on ollut kilpailutuloksia. Tammoilla on todennäköisimmin kilpailtu välillä ja varsotettu niitä edelleen kilpailuoikeuden päättymisen jälkeen. Voidaan myös päätellä, että suoritettu

Taulukko 18: Isänpuoleinen sukupolvien välinen aika vuosina 1960–1989 syntyneillä suomenhevosilla

Syntymävuosi	Jälkeläisten lkm	ka	s.d.	N %
1960–64	2 929	11.5	4.7	48.89
1965–69	2 688	11.2	4.4	53.82
1970–74	3 677	11.6	4.6	47.51
1975–79	5 689	12.6	4.9	37.07
1980–84	5 927	12.0	4.6	44.45
1985–89	6 159	12.8	4.6	34.57

ka = keskiarvo

s.d. = keskihajonta

N % = nuorien oriiden (ipspv  $\leq$  10 vuotta) osuus syntyneiden varsojen isistä

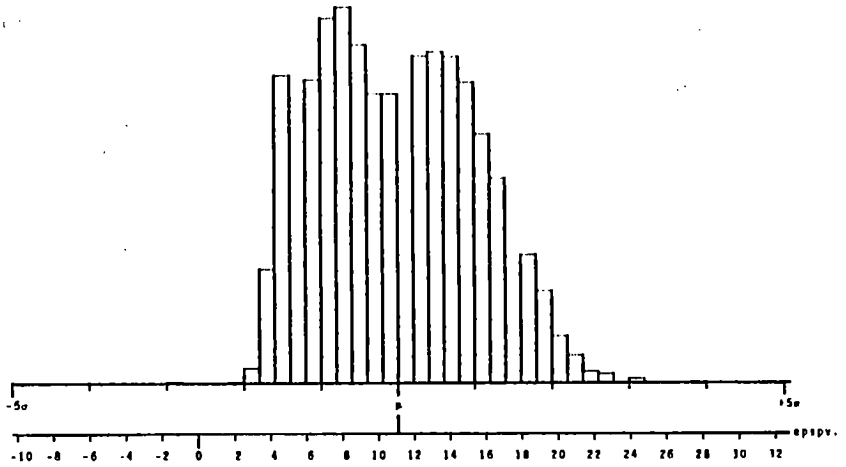
Taulukko 19: Emänpuoleinen sukupolvien välinen aika vuosina 1960–1989 syntyneillä suomenhevosilla

Syntymävuosi	Jälkeläisten lkm	ka	s.d.	N %
1960–64	2 929	11.4	4.4	44.89
1965–69	2 688	10.9	4.6	56.25
1970–74	3 677	10.8	4.1	52.19
1975–79	5 689	11.1	4.3	47.34
1980–84	5 927	11.1	4.5	48.64
1985–89	6 159	11.0	4.2	49.72

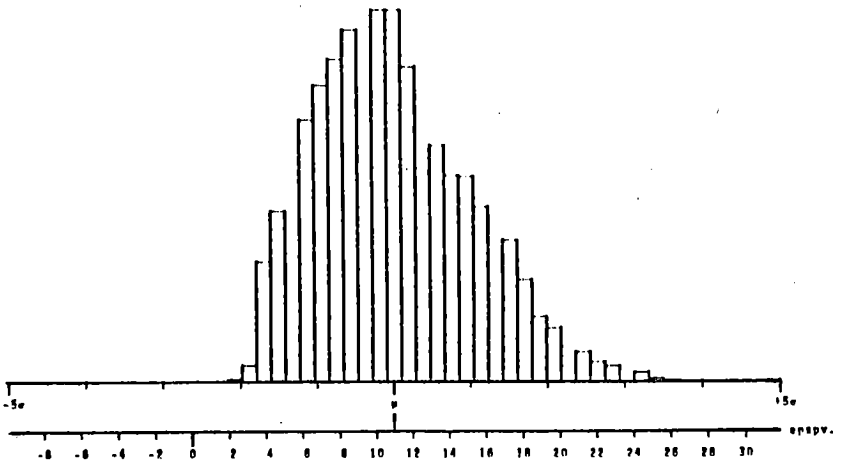
ka = keskiarvo

s.d. = keskihajonta

N % = nuorten tammojen (epsbv  $\leq$  10 vuotta) osuus syntyneiden varsojen emistä



Kuva 5: Emänpuoleisen sukupolvien välisen ajan frekvenssijakauma vuosina 1975–79 syntyneillä suomenhevosilla



Kuva 6: Emänpuoleisen sukupolvien välisen ajan frekvenssijakauma vuosina 1985–89 syntyneillä suomenhevosilla

karsinta on ollut melko vähäistä. 1980-luvun loppupuolella sensijaan on selvästi havaittavissa, että vain osa tammoista jatkaa siitosuraansa yli kymmenvuotiaana. Jakauma on yksihuippuinen ja siitä näkyy selvästi, että tammoja on varsotettu 4, 5 ja 6 vuotiaana vähemmän kuin 1970-luvun alkupuoliskolla. Syynä tähän on todennäköisesti se, että niille on pyritty saamaan ravikilpailutuloksia ennen siitoskäyttöä. Jalostusvalintaa ajatellen tämä on tietenkin myönteinen asia.

Yleensä mitä lahjakkaampi tamma on, sitä kauemmin sillä kilpaillaan. Tällainen tamma ei ehdi saada yhtä paljon varsoja kuin vähemmän kilpailutettu tamma. Tässä asiassa valinta toimii päinvastaiseen suuntaan kuin jalostuksen kannalta olisi suotavaa.

### 4.3.2 Sukupolvien välisen ajan lyhentäminen

Sukupolvien välistä aikaa oikeilla keinoilla lyhentämällä olisi mahdollista nopeuttaa jalostuksen edistymistä. Parhaiden nuorien oriiden käyttö siitokseen mahdollisimman aikaisin lyhentäisi sukupolvien välistä aikaa. Tätä kautta saavutettu siitosoriiden lukumäärän kasvu ja sukutaustan monipuolistuminen hidastaisi myös populaation sukusiitosasteen nousua. Nuorena siitokseen käytetyille oriille saataisiin jälkeläisarvostelutietoja nykyistä aikaisemmin, mikä lisäisi arvosteluvarmuutta. Niiden oriiden joukossa, joilla on jo luotettava jälkeläisarvostelu, tulisi suorittaa varsin ankara valinta. On muistettava, että nuorempi sukupolvi on keskimäärin geneettisesti edellä edellistä sukupolvea.

Tammoilla ei tulisi kilpailla liian vanhaksi. Tamman voisi joko varsottaa kerran tai pari nuorena ennen kilpailu-uran aloittamista tai sillä tulisi kilpailla nuorena ja siirtää se tämän jälkeen siitokseen, mikäli kilpailutulokset sitä edellyttäisivät. Alkionsiirron hyväksikäyttömahdollisuudet tulisi hyödyntää siten, että varmistettaisiin niiden parhaiden tammojen suvunjatkaaminen, jotka kilpailevat pitkään.

## 5 Yhteenvedo ja johtopäätökset

Vuonna 1988 syntyneiden suomenhevosten sukusiitosaste on keskimäärin 2.90 %. Suurimmalla osalla – noin 56 prosentilla – oli sukusiitosaste kahden ja neljän prosentin välillä. Lievää sukusiitosta – sukusiitosaste yli neljä prosenttia – oli noin 16 prosentilla. Selvää sukusiitosta – sukusiitosaste yli kymmenen prosenttia – oli vain kahdella otoksen hevosista.

Vuonna 1975 rekisteröityjen hevosten sukusiitosaste oli keskimäärin 2.33 %. Sukusiitosasteen nousu vuonna 1988 syntyneisiin verrattuna olisi siten 0.57 prosenttiyksikköä. Kun huomioidaan aineiston rakenne, voidaan kuitenkin päätellä, että sukusiitosasteen nousu on ollut todellisuudessa tätä vähäisempää.

1980-luvulla eniten jälkeläisiä saaneiden siitosoriiden sukusiitosaste oli keskimäärin 2.55 % ja niiden jälkeläisten sukusiitosaste 2.25 %. Satunnaispariutumisen tuloksena jälkeläisten sukusiitosaste olisi ollut keskimäärin 2.95 %. Toteutunut sukusiitosaste oli kuitenkin vain 2.25 %. Sukusiitosta on siis selvästi vältetty 1980-luvulla.

Sukusiitosasteen ja kilpailutulosten välinen yhteys oli lievästi myönteinen. Keskimääräistä suuremmalla sukusiitosasteella oli tilastollisesti jonkin verran merkittävä yhteys sekä nopeuteen että voittosummaan. Hevoset, joiden sukusiitosaste oli kolmesta viiteen prosenttiyksikköä olivat, hieman nopeampia sekä saavuttivat myös suuremman voittosumman kuin muut. Sukusiitoksen myönteisestä vaikutuksesta kilpailutuloksiin ei kuitenkaan tämän tutkimuksen perusteella voida puhua. Sen laajuisesta sukusiitoksesta, jota suomenhevospopulaatiossa nykyisin on, ei kuitenkaan ole todettavissa haittavaikutuksia. Voidaan todeta jopa myönteinen yhteys hevosen kilpailutulosten ja sukusiitosasteen välillä. Samansuuntaisia tuloksia on saatu myös useiden muiden hevospopulaatioiden sukusiitosta tutkittaessa. Näiden – kuten suomenhevosenkin – sukusiitosasteet ovat niin alhaisia, että sukusiitostaantumaa ei ehkä tämän vuoksi esiinny. Voidaan myös päätellä, että suoritettu valinta on kompensoinut mahdollisen sukusiitostaantumaa.

Populaation koon ja rakenteen vaikutuksia tehoisan populaation koon ja sukusiitosasteen muuttumiseen tarkasteltiin teoreettisten mallien avulla. Tuloksena oli, että jos populaation koko pienenisi huomattavasti, olisi sukusiitoksen välttämiseen pakko kiinnittää nykyistä enemmän huomiota. Jos populaation koko säilyy nykyisenä, olisi ankarampi siitosoriiden, mutta ilmeisesti myös tammojen valinta mahdollista. Se saattaisi lisätä sukusiitosta, mutta ei välttämättä ratkaisevasti. Koska eläinten polveutuminen tunnetaan, pystytään sukusiitosta välttämään. Mitä pie-

nempi osa populaatiosta valitaan sitä tarpeellisempaa olisi varmistaa, että se olisi sukutaustaltaan mahdollisimman monipuolinen.

Isänpuoleinen sukupolvien välinen aika on viimeisen parinkymmenen vuoden aikana vaihdellut paljon, mutta 1980-luvun lopulla selvästi kasvanut. Vuonna 1989 syntyneillä sukupolvien välinen aika oli keskimäärin 13.8 vuotta. Emänpuoleinen sukupolvien välinen aika on lyhyempi, ja siinä tapahtuneet muutokset ovat pienempiä. Vuonna 1989 syntyneillä sukupolvien välinen aika on keskimäärin 11.5 vuotta. Nuorien, alle kymmenvuotiaiden tammojen osuus siitostammoista on pysynyt lähes ennallaan (47 – 52 %) viimeisen kahdenkymmenen vuoden ajan. Nuorien, alle kymmenvuotiaiden oriiden osuus on pienentynyt selvästi, sillä vuosina 1985–89 syntyneiden hevosten isistä se oli vain noin 35 %. Vuosina 1970–74 syntyneillä se vastaavasti oli lähes 48 %.

Suomenhevosen sukusiitosaste ei ole viimeisen parinkymmenen vuoden aikana noussut niin paljoa kuin on oletettu. Suomenhevosen sukusiitosaste ei ole suuri verrattuna monien muiden hevospopulaatioiden sukusiitosasteisiin. Vaikka populaation koko on pienentynyt ratkaisevasti, on sukusiitosaste pysynyt alhaisena, koska sukusiitosta on vältetty. Populaation pienenemisen seurauksena on nykyisin lähes mahdotonta löytää sellaisia yksilöitä, jotka eivät edes kaukaisesti olisi hieman sukua toisilleen. Tästä syystä ei suomenhevosen sukutaustasta enää tulevaisuudessa löydy niin laajaa vaihtelua kuin tähän asti. Nykyisin sukusiitosaste ei ole haitallisen korkea, eikä tarvita erityisiä sukusiitosta vähentäviä jalostusohjelmia. Tällaisen pienen, suljetun populaation sukusiitoksen määrää on kuitenkin aina syytä tarkkailla, eikä sukusiitosta ole syytä harjoittaa.

Tehokas jalostus ei välttämättä ole ristiriidassa sukusiitoksen välttämisen ja monipuolisen geeniaineksen säilyttämisen kanssa. Jos parhaita nuoria oriita käytettäisiin nykyistä enemmän siitokseen, geeniaines mahdollisesti monipuolistuisi, sukupolvien välinen aika lyhenisi ja sen seurauksena geneettinen edistyminen voisi nopeutua. Nuorien oriiden käyttö mahdollistaisi jälkeläisarvostelutietojen saamisen nykyistä aikaisemmin. Jälkeläisarvostelluista oriista vain ehdottomasti hyvät jälkeläisnäytöt saaneille tulisi sallia suuria jälkeläismääriä. Geeniainekseltaan terveen ja huipputasoisien yksilön geenien yleistyminen ei ole haitallista. Nykyisin sukusiitos ei siis ole uhka suomenhevosrodulle eikä este sen jalostamiselle.

## Kirjallisuus

- BERG, W.J. 1986. Effective population size estimates and inbreeding in feral horses: a preliminary assessment. *J. Equine Vet. Sci.* 5: 240-245.
- BLOMQUIST, A. 1971. Inavels- och släktskapsförhållandena inom Svenskt halvblod under två olika tidsperioder 1959 resp. 1971. *Inst. för husdj.förädling, Lantbr.högsk.*
- BOHLIN, O. ja RÖNNINGEN, K. 1975. Inbreeding and relationship within the North-Swedish Horse. *Acta Agr. Scand.* 25: 121-125.
- BOUMAN, J. 1977. The future of Przewalski horses. *Equus przewalski in captivity. Int. Zoo. Yb.* 17: 62-68.
- BOYCE, A.J. 1983. Computation of inbreeding and kindship coefficients on extended pedigrees. *J. Hered.* 74: 400-404.
- COTHRAN, E.G., MACCLUER, J.W., WEITKAMP, L.R., PFENNIG, D.W. ja BOYCE, A.J. 1984. Inbreeding and reproductive performance in Standardbred horses. *J. Hered.* 75: 220-224.
- CROW, J.F. 1986. *Basic Concepts in Population, Quantitative and Evolutionary Genetics.* New York. Freeman and comp. 273 pp.
- DUNCAN, P., FEHL, C., GLEIZE, J.C., MALKAS, P. ja SCOTT, A.M. 1984. Reduction of inbreeding in a natural herd of horses. *Anim. Behav.* 32: 520-527.
- DRAGANESCU, C. ja KINDA, Z. 1983. Genetic history of Romanian Nonius horses. *Medicină Veterinară* 26: 97-103. (Ref. *Animal Breeding Abstr.* 53: 7349).
- DŮSEK, J. 1980. The effect of inbreeding on some physiological traits of black Kladruby horses. *Veterinární Medicina* 25: 349-358. (Ref. *Animal Breeding Abstr.* 52: 5100).
- DŮSEK, J. ja HAVRÁNEK, F. 1977. Inzuchtgrad in Zuchten des Przewalski-Pferdes. *Arch. Tierzucht, Berlin.* 20: 375-379.
- FALCONER, D. 1981. *Introduction to Quantitative Genetics.* New York. Longman Inc. 340 pp.
- FEHLINGS, R., GRUNDLER, C., WAUER, A. ja PIRCHNER, F. 1982. Inzucht- und Verwandtschaftsverhältnisse in bayerischen Pferderassen (Haflinger, Süddeutsches Kaltblut, Traber). *Z. Tierz. und Züchtungsbiol.* 100: 81-86.



- FESUS, L. 1984. The role of genetic polymorphism research in the conservation of rare breeds threatened by extinction. Manual for Train. Cours. Anim. Genet. Resourc. Conserv. Managem. Vol II: 78-86.
- GREEN, E.L. 1968. Handbook of genetically standardized JAX mice. The Jackson Laboratory, Bar Harbore, Maine. (Ref. Falconer, D. 1981.)
- HEISKANEN, M.L., LAINE, P., TALVELA, K. ja IHAMUOTILA, R. 1989. Hevostalouden rakenne ja merkitys elinkeinona Suomessa. Helsingin Yliopisto. Maatalousekonomian laitoksen julkaisuja 38.
- HILL, W.G. 1979. A note on effective population size with overlapping generations. *Genetics* 92: 317-322.
- HUGASON, K., ARNASON, T. ja JÓN MUNDSSON, J.W. 1984. A note on the fertility and some demographical parameters of Icelandic Toelter Horses. *Livest. Prod. Sci.* 12: 161-167
- JOHANSEN, E.Ø. 1984. Inbreeding and relationship within the national Danish draughthorse - the Jutland breed. 35th Annual Meeting of the EAAP, The Hague, Netherlands, Paper No. H3b. 4. 2 pp. (Ref. Animal Breeding Abstr. 53: 1888).
- JONES, W.E. 1982. *Genetics and Horse Breeding*. Philadelphia. Lea and Febiger. 659 pp.
- JONES, W.E. ja BOGART, R. 1971. *Genetics of the Horse*. Caballus Publishers. Colorado. 356 pp.
- KLEMETSDAL, G. ja JOHNSON, M. 1987. Effect of inbreeding on fertility in Norwegian trotter. 38th Annual Meeting of the EAAP, Lisbon, Portugal. 10 pp.
- LAHDENRANTA, M. 1979. Emien vaikutus oriiden juoksijätkeläis-arvosteluun suomenhevosella. Helsingin Yliopiston kotieläinten jalostustieteen laitos. Pro gradu-työ, 145s.
- LASLEY, J.F. 1972. *Genetics of Livestock Improvement*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. 422 pp.
- MACCLUER, J.W., BOYCE, A.J., DYKE, B., WEITKAMP, L.R., PFENNIG, D.W. ja PARSONS, C.D. 1983. Inbreeding and pedigree structure in Standardbred horses. *J. Hered.* 74: 394-399.
- MAHON, G.A.T. ja CUNNINGHAM, E.P. 1982. Inbreeding and the inheritance of fertility in the thoroughbred mare. *Livestock Prod. Sci.* 9: 743-754.

- MAIJALA, K., CHEREKAEV, A.V., DEVILLARD, J.M., REKLEWSKI, Z., ROGNONI, G., SIMON, D.L. ja STEANE, D.E. 1984. Conservation of animal genetic resources in Europe. Final report of an E.A.A.P. working party. *Livest. Prod. Sci.* 1: 3-22
- MAYRHOFER, G., SCHLEGER, W. ja WOLLINGER, F. 1979. Computing of the coefficient de parentage Malecot in the Austrian Lipizzan population. 30th Annual Meeting of the EAAP, Harrogate, England. Paper H6.6. 3 pp.
- MURATA, S. ja WATANABE, Y. 1972. Genetic Analysis of the Thoroughbred Population in Japan. 1. Genetic Contribution of Important Breeders and Breeding Horses and of Groups of Horses imported in Different Periods. The Research Bulletins of the Livestock Farm, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, No.6.
- MURATA, S. ja WATANABE, Y. 1975. Genetic Analysis of the Thoroughbred Population in Japan. IV Inbreeding and Relationship. The Research Bulletins of the Livestock Farm, Faculty of Agriculture, Hokkaido University. No.7.
- NICHOLAS, F.W. 1987. *Veterinary Genetics*. Clarendon Press. Oxford. 580 pp.
- OJALA, M. 1982. Some parameters estimated from a restricted set of race records in trotters. *Acta Agric. scand.* 32: 215-224.
- PORTE, F., MAGOFKE, S. ja DONOSO, V. 1985. Degree of inbreeding in Chilean criollo horses, and the relationship of the most important stallions with the breed. *Avances en Producci Animal* 10:101-107. (Ref. *Animal Breeding Abstr.* 56: 1239).
- RADOMSKA, M.J., BURZYŃSKA, B. ja FISZDON-STECKO, K. 1984. Effect of inbreeding on the performance of Polish Arabian horses. 35th Annual Meeting of the EAAP, The Hague, Netherlands. Paper No. G3. 10, 2pp. (Ref. *Animal Breeding Abstr.* 53: 1164).
- SEIBOLD, G. ja WÖHRMANN, K. 1980. Züchtung und Enzympolymorphismus beim Arabischen Vollblut und Württembergischen Warmblut. *Z. Tierz. und Züchtungsbiol.* 99: 46-54.
- SIGURDSSON, A. 1990. Inbreeding and estimation of genetic trend in an Icelandic horse stud. Nordic postgraduate course. Quantitative Genetics in Animal Breeding. 6th-17th August 1990, Helsinki.

- STRÖM, H. 1982. Changes in inbreeding and relationship within the Swedish standardbred trotter. *Z. Tierz. und Züchtungsbiol.* 99: 55-58.
- SUOMEN HIPPOS R.Y. 1970-1989. Suomen Hippos r.y:n Toimintakertomukset vuosilta 1970-1989. Helsinki.
- SUOMEN HIPPOS R.Y. 1987a. Suomenhevosen Kantakirja, oriit 1982-1986. XXVII nide. Helsinki.
- SUOMEN HIPPOS R.Y. 1987b. Suomenhevosen sukukirja. I nide. Helsinki.
- SÄYNÄJÄRVI, M. 1986. Sukusiitoskertoimet suomalaisessa ayrshirepopulaatiossa ja sukusiitoksen vaikutukset eri ominaisuuksiin. Helsingin Yliopiston kotieläinten jalostustieteen laitos. Pro gradu-työ, 59 s.
- TSUJH, H. ja YOSHIDA, M. 1985. The body measurements and the inbreeding coefficient of Kiso horses. *Proc. of the 3rd AAAP Animal Science Congress. Vol.1.* (Ref. Animal Breeding Abstr. 53: 6168).
- VANGEN, O 1983. The use of relationship matrices to avoid inbreeding in small horse populations. *Z. Tierz. und Züchtungsbiol.* 100: 48-54.
- VILVA, V. 1984. Statistical program system WSYS. Helsingin Yliopisto, kotieläinten jalostustieteen laitos.
- WILKENS, J., PREISINGER, J., ja KALM, E. 1989. Effects of inbreeding on performance traits of riding horses based on competition results of the races "Holsteiner" and "Trakehner" warmblood. *Proc. the 4th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. Edingburgh, Great Britain.* XVI: 225-228.
- WOLLINGER, F., MAYERHOFER, G., ja SCHLEGER, W. 1979. Verwandtschaftsstudien beim Lipizzaner. *Die Bodenkultur* 3: 317-321.
- YOUNG, C.W., TYLER, W.J., FREEMAN, A.E., VOELKER, H.H., MCGILLIARD, L.D., ja LUDWICK, T.M. 1969. Inbreeding investigations with dairy cattle in the north central region of the United States. *Tech. Bull., Minn. Agric. Exp. Sta.* 266: 1-14.

## KOTIELÄINJALOSTUKSEN TIEDOTE-SARJASSA ILMESTYNYT:

1. UUSITALO, H. , 1975. Valintaindeksien rakentaminen kanojen jalostusarvostelua varten. *Lisensiaattityö*, 119 s.
2. RUOHOMÄKI, H. , 1975. Nuoren lihanaudan teurasominaisuuksien arvioimisesta. *Lisensiaattityö*, 197 s.
3. MAIJALA, K. , 1975. Kotieläinjalostus ja sen tutkimus. *Esitelmä maataloustutkimuksen päivillä*, 26 s.
4. HELLMAN, T. , 1975. Maidon lysotsyymiaktiivisuudesta ja utaretulehduksesta Viikin karjassa. *Pro gradu-työ*, 77 s.
5. MAIJALA, K. , 1975. Pohjoismaiden maataloustuotanto tulevaisuuden resurssitilanteessa. *Esitelmä Pohjoismaiden Maataloustutkijain Yhdistyksen 15. kongressissa Reykjavikissa*, 36 s.
6. MAIJALA, K. , 1975. 50 vuotta kotieläinten jalostustutkimusta Suomessa — tutkimus tänään ja huomenna. *Esitelmä Maa- ja kotitalouden Erikoisyhdistysten Liiton luentopäivillä Helsingissä 28.11.1974*, 21 s.
7. NIEMINEN, P. , 1975. Ultraäänikuvauksella arvioidun lihakkuuden yhteys sonnien kasvukoetuloksiin. *Pro gradu-työ*, 95 s.
8. MAIJALA, K. , 1975. Yleisiä näkökohtia kotieläinten jalostustavoitteiden määrittelyssä. *Esitelmä Pohjoismaiden Maataloustutkijain Yhdistyksen 15. kongressissa Reykjavikissa 3.7.1975*, 18 s.
9. OJALA, M., PUNTILA, M.-L., VARO, M. ja LAAKSO, P. , 1976. Sonniemittauksia yksilötestausasemilla. 45 s.
10. HELLMAN, T., OJALA, M. ja VARO, M. , 1976. Ultraäänikuvauksen käyttö pössien yksilöarvostelussa. 15 s.
11. LINDSTRÖM, U. , 1976. Voidaanko jalostuksella vaikuttaa utaretulehdusalttiuteen? 19 s.
12. RUOHOMÄKI, H. ja HAKKOLA, H. , 1976. Lihantuotantokokeiden tuloksia. 15 s.
13. Lammaspäivä 2.2.1977. 21 s.
14. JOKINEN, L. ja LINDSTRÖM, U. , 1977. Pillereiden ei-uusintatulokset 4 vuoden säilytyksen jälkeen verrattuna tuloksiin 1 vuoden säilytyksen jälkeen. 12 s.
15. LINTUKANGAS, S. , 1977. Erilaisten virhelähteiden ja erityisesti tuotostason ja maantieteellisen alueen vaikutus Ay-sonniemittauksien arvosteluun. *Pro gradu-työ*, 114 s.

16. MAIJALA, K. ja SYVÄJÄRVI, J. , 1977. Mahdollisuudesta kehittää monisynnyttävää nautakarjaa valinnan avulla. 23 s.
- 17a.-d. Rehuhyötysuhdetta käsittelevät esitelmät. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran kokous 26.1.1977*,
18. RUOHOMÄKI, H. , 1977. Erirotuisten lihanautojen elopainot ja iät 160 kilon teuraspainossa. 12 s.
19. Nauta- ja sikapäivä 14.11.1977. 23 s.
20. LINDSTRÖM, U. , 1978. Maidon valkuainen. 13 s.
21. HELLMAN, T. ja OJALA, M. , 1978. Karjujen ultraäänikuvaus. 23 s.
22. LINDSTRÖM, U. , 1978. Jalostuksella terveempiä eläimiä. 21 s.
23. RUOHOMÄKI, H. , 1978. Nuorten lihanautojen mittojen ja painojen välisistä yhteyksistä kasvukauden aikana sekä mittojen merkityksestä elopainon arvioimisessa. 39 s.
24. LINDSTRÖM, U. , 1978. Ravintohuolto meillä ja muualla. 10 s.
25. LINDSTRÖM, U. , 1978. *Matkakertomus Euroopan Kotieläintuotantoliiton (EAAAP) 29. vuosikokouksesta Tukholmassa 5.-7.6.1978*, 16 s.
26. HAAPA, M. , 1978. Kasvatusasematoiminnasta Tanskassa. *Matkakertomus*, 27 s.
27. RUOHOMÄKI, H. , 1978. Lihanutakokeiden tuloksia II. 19 s.
28. LINDSTRÖM, U. , 1978. Pihvisonnien käyttö lypsykarjoissa. 14 s.
29. LAMPINEN, K. , 1978. Poikimaväli ja/tai siemennysten määrä tiineyttä kohti lehmien hedelmällisyyden mittoina sonnien jälkeläisarvostelussa. *Pro gradu-työ*, 86 s.
30. MROUÉ, B. , 1979. Pässien yksilökokeen käyttöarvo kasvuominaisuuksien arvostelussa. *Lisensiaattityö*, 150 s.
31. BONSDORFF, M. VON, NÄSI, M., SEPPÄLÄ, J., HELLMAN, T. ja KENTTÄMIES, H. , 1979. *Selostus nautakarjatalouden jatkokoulutuskurssista "The Management and Breeding of Cattle"*, Edinburgh - Aberdeen 7.-20.5.1978, 79 s.
32. RUOHOMÄKI, H. , 1979. Lihanutakokeiden tuloksia III. 26 s.
33. KALLIO, M. , 1979. Sperman määrän ja laadun perinnöllisyydestä Salpausselän Keinosiemennysyhdistyksen sonneilla. *Laudaturtyö*, 110 s.
34. KATAJAMÄKI, U. , 1979. Yksilöarvostelun mahdollisuudet suomenlampaan lihantuotantokyvyn jalostamisessa. *Pro gradu-työ*, 83 s.

35. LAHDENRANTA, M. , 1979. Emien vaikutus oriiden juoksijajälkeläisarvosteluun suomenhevosella. *Pro gradu-työ*, 145 s.
36. LINDSTRÖM, U. , 1979. Kohti pehmeämpää teknologiaa ruoantuotannossa. 11 s.
37. LINDHOLM, S. , 1979. Suomalaisten lehmien lypsettävyys ja siihen vaikuttavat tekijät. *Laudaturtyö*, 51 s.
38. LEUKKUNEN, A. , 1979. Pahnuekoko ja porsimisväli emakon hedelmällisyyden kuvaajina keinosiemennyskarjujen jälkeläisarvostelussa kenttäaineiston perusteella arvioituna. *Pro gradu-työ*, 72 s.
39. PUNTILA, M.-L. , 1979. Ultraäänimittaukset nuorten sonnien teuraslaatua arvioitaessa. *Pro gradu-työ*, 97 s.
40. RUOHOMÄKI, H. , 1980. Lihakarjakokeiden tuloksia IV. 29 s.
41. Jalostuspäivä 9.4.1980. 43 s.
42. Lammaspäivä 24.4.1980. 33 s.
43. SIRKKOMAA, S. , 1980. Simulointitutkimus sukusiitoksen ja voimakkaan valinnan käytöstä munijakanojen jalostuksessa. *Pro gradu-työ*, 90 s.
44. RUOHOMÄKI, H. , 1980. Eri rotuisten lihanautojen elopainot ja iät 160, 180, 210 ja 250 kilon teuraspainossa. 13 s.
45. MAIJALA, K. , 1981. Kotieläinten perinnöllisen muuntelun säilyttäminen. 52 s.
46. RUOHOMÄKI, H. , 1981. Lihakarjakokeet vuosina 1960-1980. 30 s.
47. Jälkeläisarvosteluseminaari 12.5.1981. 44 s.
48. MAIJALA, K. , 1981. Jalostus ja lisääntyminen vaikuttavina tekijöinä lihanaudan tuotannossa. 20 s.
49. SYRJÄLÄ-QVIST, L., BOMAN, M. ja MOISIO, S. , 1981. Lammastalouden rakenne ja merkitys elinkeinona Suomessa. 25 s.
50. LEUKKUNEN, A. , 1982. Keinosiemennyskarjujen jälkeläisarvostelu tyttärien porsimistulosten perusteella. *Lisensiaattityö*, 88 s.
51. LAURILA, T. , 1982. Kilpailutulosten käyttö ratsuhevosten suorituskyvyn mittaamisessa. *Pro gradu-työ*, 84 s.
52. LINDSTRÖM, U. , 1982. Merkkigeenien ja -aineiden käyttöarvosta kotieläinjalostuksessa. 13 s.
53. LEUKKUNEN, A. , 1982. Heikkolaatuisen rehun hyväksikäytön geneettinen edistäminen. 24 s.
54. OJALA, M. , 1982. Eri kudoslajien kasvurytmi naudoilla. 22 s.

55. OJALA, M. , 1982. Vanhempien tuotantotietojen ja eräiden ympäristötekijöiden yhteys sonnien kasvukoetuloksiin. *Laudaturtyö*, 54 s.
56. OJALA, M. , 1982. Kilpailutulosten käyttöarvosta ravihevosten jalostuksessa. *Lisensiaattityö*, 16 s.
57. KENTTÄMIES, H. , 1982. Naudanlihantuotantoon vaikuttavista geneettisistä tekijöistä ja ympäristötekijöistä sekä kasvun mittaamisesta kenttäkokeissa. *Lisensiaattityö*, 104 s.
58. HUHTANEN, P. , 1982. Suomenkarjan kokonaistaloudellisuus muihin rotuihin verrattuna. *Laudaturtyö*, 82 s.
59. KUOSMANEN, S. , 1983. 305-pv:n maitotuotoksen ennustaminen osatuotostietojen perusteella. *Pro gradu-työ*, 100 s.
60. HEISKANEN, M.-L. , 1983. Hevosen keinosiemennys tuore- ja pakastespermalla. *Pro gradu-työ*, 63 s.
61. MARKKULA, M. , 1984. Kanojen yleiseen sairaudenvastustuskykyyn liittyviä tekijöitä. 24 s.
62. MÄNTYSAARI, E. , 1984. Valintaindeksi jälkeläisarvosteltujen keinosiemennyssonniin kokonaisjalostusarvon kuvaajana. *Pro gradu-työ*, 86 s.
63. LAUKKANEN, H. , 1984. Maidon sähkönjohtokykyyn vaikuttavat tekijät ja johtokyvyn käyttömahdollisuuksista utaretulehduksen vastustamisessa. *Pro gradu-työ*, 68 s.
64. SYVÄJÄRVI, J. , 1984. Tutkimuksia maitorotuisten sonnien jälkeläisarvostelun varmistamiseksi ja monipuolistamiseksi. *Lisensiaattityö*, 14 s.  
*LIITE: Tarkkailulehmien maidon solupitoisuuden vaihtelu ja yhteys maidontuotantoon.* 78 s.
65. MAIJALA, K. , 1984. Ulkomaisia kokemuksia suomenlampaasta ja sen risteytyksistä. 27 s.
66. ARONEN, P. , 1985. Liharotuisten nautojen painoihin vaikuttavista tekijöistä ja painojen korjaamisesta. *Pro gradu-työ*, 80 s.
67. JUGA, J. , 1985. Karjansisäinen lehmien arvostelu. *Pro gradu-työ*, 93 s.
68. HIMANEN, A. , 1985. Tilatason jalostussuunnitelmien toteutuminen. *Pro gradu-työ*, 45 s.
69. SEVÓN-AIMONEN, M.-L. , 1985. Risteytysvaikutus sikojen tuotant ominaisuuksissa. *Pro gradu-työ*, 89 s.
70. SAASTAMOINEN, M. , 1985. Lypsylehmän karkearehun syönti- ja hyväksikäyttökyvyn jalostusmahdollisuudet. *Pro gradu-työ*, 76 s.
71. FALCK-BILLANY, H. , 1985. Celltalets samt vissa polymorfa proteiner användbarhet vid avel för mastitresistens. *Pro gradu-työ*, 54 s.

72. FALCK-BILLANY, H. ja MAIJALA, K. , 1985. Jalostusvalinnan mahdollisuudet muuttaa maidon rasva- ja valkuaiskoostumusta. 38 s.
- 73a. OJALA, M. , 1986. Use of race records for breeding evaluation of trotters in Finland. *Väitöskirja*, 18 s. , 4 liitettä.
- 73b. OJALA, M. , 1986. Use of race records for breeding evaluation of trotters in Finland. *Väitöskirjan lyhennelmä*, 18 s.
74. SÄYNÄJÄRVI, M. , 1986. Sukusiitoskertoimet suomalaisessa ayrshire-populaatiossa ja sukusiitoksen vaikutukset eri ominaisuuksiin. *Pro gradu-työ*, 59 s.
75. PYLVÄNÄINEN, H. , 1987. Ravikilpailuominaisuuksien perinnölliset tunnusluvut eri ikävuosina ja ikävuosien välillä. *Pro gradu-työ*, 87 s.
76. LAMPINEN, A. , 1987. Maitorotuisten keinosiemennyssonnien kasvukyky ja sen arvostelu. *Pro gradu-työ*, 79 s.
77. ALASUUTARI, T. , 1987. Maitorotuisten sonnien tyttärien karsiintuminen ja sonnien jalostusarvojen toistuvuus. *Pro gradu-työ*, 127 s.
78. TIKKANEN, S. , 1987. Minkin pentuekoon periytyvyys. *Pro gradu-työ*, 46 s.
79. TUORI, M. , 1987. Lypsykäyrän muotoa kuvaavien tunnuslukujen ja lypsykauden tuotosten toistuvuus Viikin karjassa. *Laudaturtyö*, 65 s.
80. MÄNTYHAHO, M. , 1988. Maidon rasvahappokoostumukseen vaikuttavista tekijöistä. *Pro gradu-työ*, 82 s.
- 81a. SIRKKOMAA, S. , 1988. Use of inbreeding to increase the response to selection. *Väitöskirja*, 29 s. , 5 liitettä.
- 81b. SIRKKOMAA, S. , 1988. Use of inbreeding to increase the response to selection. *Väitöskirjan lyhennelmä*, 29 s.
82. SIRKKOMAA, S. ja OJALA, M. , 1988. Geeniteknologian hyväksikäyttömahdollisuudet kotieläinjalostuksessa. 50 s.
83. LIUTTULA, M. , 1988. Lammastarkkailun tulosten käyttömahdollisuudet lampaanjalostuksessa. *Pro gradu-työ*, 92 s.
84. RAJAKANGAS, A.-M. , 1988. Lypsylehmien rakenneominaisuuksien perinnölliset tunnusluvut. *Pro gradu-työ*, 75 s.
85. VOUTILAINEN, U. , 1989. Punnitustarkkailun tulosten käyttömahdollisuudet lihakarjan jalostuksessa. *Pro gradu-työ*, 72 s.
86. UKKONEN, M. , 1989. Lypsettävyysominaisuuksien vaihteluun vaikuttavat tekijät ja perinnölliset tunnusluvut. *Pro gradu-työ*, 79 s.
87. MAIJALA, K. , 1989. Naudan geenikartoitus. 17 s.



88. RAUKOLA, I. , 1990. Sonniien sperman määrä- ja laatutekijöiden yhteydet ja niiden vaihteluun vaikuttavat tekijät. *Pro gradu-työ*, 60 s.
89. KORHONEN, T. , 1990. Maidon laktoosipitoisuuteen vaikuttavat tekijät sekä laktoosipitoisuuden yhteydet solulukuun ja maidon muihin aineosiin. *Pro gradu-työ*, 63 s.
90. TORNIAINEN, P. , 1991. Maidon aineosien vaihteluun vaikuttavat tekijät ja perinnölliset tunnusluvut Suomen lypsykarjaroduissa. *Pro gradu-työ*, 71 s.
91. UIMARI, P. , 1991. Dominanssin vaikutus eläinten jalostusarvojen ennustamisessa. *Pro gradu-työ*, 61 s.
92. SAASTAMOINEN, M. , 1991. Ravihevosen kasvuun, kehitykseen ja kilpailutuloksiin vaikuttavat tekijät. *Lisensiaattityö*, 32 s.
93. KANTANEN, J. , 1991. Itä-, länsi- ja pohjoissuomenkarjan populaatiorakenne biokemiallisen polymorfismin ja rungon mittojen perusteella. *Pro gradu-työ*, 85 s.
94. IMMONEN, T. , 1991. Sukusiitosaste ja sukupolvien välinen aika suomenhevospopulaatiossa. *Pro gradu-työ*, 51 s.

ISBN 951-45-6089-2

ISSN 0356-1429

Helsinki 1992

Yliopistopaino