

# Sukusiitoskertoimet suomalaisessa ayrshirepopulaatiossa ja sukusiitoksen vaikutukset eri ominaisuuksiin

Mikko Säynäjärvi  
Kotieläinten jalostustieteen laitos

---

Helsinki 1986

**Julkaisijat:**

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

SUKUSIITOSKERTOIMET SUOMALAISESSA  
AYRSHIREPOPULAATIOSSA JA SUKUSIITOKSEN  
VAIKUTUKSET ERI OMINAISUUKSIIN

Mikko Säynäjärvi  
Kotieläinten jalostustieteen  
pro gradu-työ 1986

## TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena oli laskea suomalaisen ayrshirepopulaation sukusiitos- ja sukulaisuuskertoimet sekä selvittää sukusiitoksen vaikutukset eri ominaisuuksiin. Aineisto koostui 1006:sta vuonna 1980 syntyneestä kantakirjalehmästä ja niiden ensikkotuloksista (lehmäindeksi, 305 päivän maito- ja rasvatuotokset, siemennysten lukumäärä tiineyttä kohti ja poikimaikä). Oheisaineistona olivat aineiston lehmien isät, 300 ayrshiresonnia, ja niiden jälkeläisarvostelutulokset.

Sukulaisuus- ja sukusiitoskertoimet laskettiin lehmien viiden sukupolven täydellisistä sukutauluista taulukkomenetelmään perustuvilla laskentaohjelmilla. Sukusiitoksen vaikutukset tutkittiin korrelaatio- ja regressioanalyseillä.

Lehmien keskimääräinen sukusiitoskerroin oli 1.06 % ja sonnien 0.64 %. Nollaa suurempi sukusiitoskerroin oli lehmistä 71.17 %:lla ja sonneista 31.67 %:lla. Näiden keskimääräiset sukusiitoskertoimet olivat lehmillä 1.49 % ja sonneilla 1.65 %. Ainoastaan 1.89 %:lla lehmistä ja 4.67 %:lla sonneista sukusiitoskerroin oli vähintään 6.25 %.

D-sukuryhmässä lehmien ja sonnien keskimääräinen sukusiitoskerroin oli korkeampi kuin muiden ryhmien kertoimet. Tämä johtui osittain D-ryhmän voimakkaasta asemasta ayrshirepopulaatiossa ja etenkin Mäkimattilan Inssin laajasta käytöstä.

Lehmien sukulaisuuskerroin oli 3.46 % ja niiden vuosina 1977 ja -78 syntyneiden isien sukulaisuuskerroin 5.63 %. Sukulaisuuskertoimista lasketut odotetut sukusiitoskertoimet olivat todellisia sukusiitoskertoimia korkeampia. Tämä osoit-

ti, läheisten paritusten vähyden ohella, että sukusiitosta oli vältetty.

Lehmien sukusiitoskertoimien ja eri ominaisuuksien välillä ei löydetty mitään yhteyttä. Sonnien jälkeläisarvostelutuloksista havaittiin viisi ominaisuutta, joista neljällä (4-% maito, rasva-%, utarerakenne ja jalostusarvo) oli positiivinen ja yhdellä (UM-%) negatiivinen korrelaatio sukusiitostokertoimeen. Tulos perustui kuitenkin vain muutamien voimakkaammin sukusiitettujen sonnien jälkeläisarvosteluihin, joten monet muut tekijät kuin sukusiitos ovat vaikuttaneet tulokseen.

Tutkimus osoitti, etteivät tehokas keinosiemennysjalostus ja etenkin huippusonnien kasvaneet jälkeläismäärät ole lisänneet sukusiitosta huolestuttavasti. Ilmeisesti juuri tästä johtuen ei sukusiitosdepression haitallista vaikutusta voitu osoittaa. Sukusiitoskertoimet olivat alhaisia todennäköisesti ainakin osittain ryhmäjalostuksen ja tuontisonnien ansiosta.

## SISÄLLYSLUETTELO

I JOHDANTO	1
II KIRJALLISUUSKATSAUS	3
1. SUKUSIITOSKERTOIMIA JA SUKULAISUUKSIA TARKASTELEVAT TUTKIMUKSET	3
1.1. Suomalaisesta ayrshirepopulaatiosta tehdyt tutkimukset	3
1.2. Ulkomaiset tutkimukset	7
1.3. Uusimmat tutkimukset	9
1.3.1. Yhdysvaltojen lypsykarjapopulaatioista tehdyt tutkimukset	9
1.3.2. Huippusonnien laajan käytön vaikutukset	13
1.4. Yhteenveto sukusiitoskertoimista ja sukulaisuuksista	14
2. SUKUSIITOSKERTOIMIEN VAIKUTUKSET TALOUDELLISESTI TÄRKEISIIN OMINAISUUKSIIN	17
2.1. Hedelmällisyys ja elinvoima	17
2.2. Maito ja sen aineosat	19
2.3. Kasvu	21
3. SUKUSIITOKSEN EHKÄISEMINEN	22
III AINEISTO JA MENETELMÄT	25
1. AINEISTO	25
1.1. Ayrshirepopulaation rakenteessa 1960- ja 1970-luvuilla tapahtuneista muutoksista	25
1.2. Tutkimusaineisto	28
3. MENETELMÄT	35

IV TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	37
1. SUKUSIIITOSKERTOIMET	37
2. SUKULAISUUSKERTOIMET JA SATUNNAISPARITUKSISTA ODOTETUT SUKUSIIITOSKERTOIMET	43
3. SUKUSIIITOSKERTOIMET SUKURYHMITÄIN	44
4. SUKUSIIITOKSEN VAIKUTUKSET	49
4.1. Lehmät	49
4.2. Sonnit	52
V YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	55
VI KIRJALLISUUSLUETTELO	57

## I JOHDANTO

Naudanjalostus on edistynyt pääasiassa sonnien valintaa tehostamalla. Keinosiemennyksen aloittaminen ja sen yleistyminen sekä pakastesiemenen käyttöönotto ovat mahdollistaneet tehokkaamman valinnan. Huippusonneilla on siis voitu tuottaa yhä enemmän jälkeläisiä. Pienenevän sonnimäärän käyttö ja erityisesti tiettyjen isäsonnien lukuisat pojat ovat herättäneet huolta sukusiitoksen lisääntymisestä. Sukulaisuus- ja sukusiitoksertoimia tutkittiin varsinkin keinosiemennyksen alkuaikoina paljon, mutta populaatioiden sukusiitoksertoimien selvittäminen on edelleenkin ajankohtaista.

Voimakkaalla sukusiitoksella on kauan tiedetty olevan haitallisia vaikutuksia eläinten hedelmällisyyteen ja elinvoimaan. Viime vuosikymmeninä on kiinnitetty huomiota myös tuotanto-ominaisuuksissa esiintyvään sukusiitosdepressioon. Sukusiitoksella on huono maine, ja sitä on vältetty käyttööläinten valinnassa, ja keinosiemennysaikana jalostuseläinten valinnassakaan ei ole sukusiitosta paljoakaan käytetty. Aikoinaan jalostuskarjoissa saatettiin käyttää melko voimakastakin sukusiitosta.

Lypsykarjapopulaatioiden keskimääräiset sukusiitoksertoimet ovat pysytelleet alhaisina ja tästä syystä sukusiitosdepressio ei ole ollut haitallisen suurta. Parhaiden sonnien tehokas käyttö ei ole toistaiseksi ollut haitaksi.

Sukusiitoksertoimien seuranta on kuitenkin jatkuvasti ajankohtaista. Sukusiitoksen haitat saattavat myöhemmin kumota jalostuksen tulokset, ja homotsygotian lisääntymisen myötä

saattaa myös arvokkaita geenejä hävitä. Varsinkin pienissä populaatioissa nämä riskit ovat suuria. Toisaalta sukusiitoksen seuranta ja sen haittojen selvittäminen on helpottunut: eläinten polveutumis- ja tuotostiedot ovat yhä tarkempia, ja automaattinen tietojenkäsittely on nopeuttanut suurten aineistojen käsittelyä.

Suomessa on viimeksi selvitetty vuonna 1965 syntyneiden ayrshirelehmien sukulaisuus- ja sukusiitoskertoimet. Tämän jälkeen on ayrshirejalostuksessa tapahtunut monia muutoksia, joilla on ollut vaikutuksia populaation sukulaisuus- ja sukusiitoskertoimiin. Ryhmäjalostus on ollut jatkuvasti käytössä, pakastesiemen on otettu käyttöön, spermaa on tuotu maahan ja huippusonnien siemennysmäärät ovat jatkuvasti kasvaneet.

Tämän työn tarkoituksena on selvittää suomalaisen ayrshirepopulaation sukulaisuus- ja sukusiitoskertoimet sekä sukusiitoksen vaikutukset eri ominaisuuksiin. Lehmien tuotanto-ominaisuuksista tarkastelun kohteena ovat lehmäindeksi ja 305 päivän maito- ja rasvatuotokset sekä hedelmällisyysominaisuuksista poikimaikä ja siemennysten lukumäärä tiineyttä kohti. Sonneilla koko jälkeläisarvostelu on tarkasteltavana.

## II KIRJALLISUUSKATSAUS

### 1. SUKUSIIITOSKERTOIMIA JA SUKULAISUUKSIA TÄRKASTELEVAT TUTKIMUKSET

Keinosiemennyksen lisääntyessä nopeasti 1950-luvulla myös sukusiitostutkimukset, sukulaisuus- ja sukusiitostokertoimien seuranta yleistyivät. Koska yhä pienemmällä sonnimäärillä pystyttiin tuottamaan yhä suurempia lehmämääriä, pelättiin sukusiitoksen lisääntyvän ja rotujen keskittyvän muutamiin sukulinjoihin.

Monet näistä keinosiemennyksen alkuaikojen tutkimuksista ovat tukeneet Robertsonin ja Rendelin (1950) esittämää teoriaa, jonka mukaan keinosiemennys ei lisää sukusiitostokertoimen kasvuriskiä. Joissakin populaatioissa sukusiitostokertoimet olivat nousseet nopeasti keinosiemennyksen aloittamisen jälkeen. Sukusiitostokertoimen kehitys seuraakin paljolti maassa harjoitettua jalostuspolitiikkaa, joten jokaisessa maassa tulisi tehdä tutkimukset kaikilla käytössä olevilla roduilla (Lindström ja Maijala 1971).

#### 1.1. Suomalaisesta ayrshirepopulaatiosta tehdyt tutkimukset

Myös Suomessa on nähty tarpeelliseksi selvittää ayrshirepopulaation (ay-populaation) sukusiitostokertoimet ja sukulaisuudet. Ay-populaatiosta tehdyt tutkimukset (Kimmo 1961, Lindström 1962, Lindström ja Maijala 1971) antavat melko täydellisen kuvan kyseisen rodun historiasta, rakenteesta ja sukulaisuus- ja sukusiitostokertoimista aina vuonna 1965 synty-

neihin lehmiin asti.

Kimmo (1961) on selvittänyt keinosiemennysasemilla vuosina 1955 ja 1960 olleiden sonnien sukusiitoskertoimet ja näiden sonnien sukulaisuudet merkittäviin kantasonneihin. Sukusiitoskertoimet on laskettu seitsemän sukupolven täydellistä sukutauluista Wrightin (1922) kaavalla. Tutkimuksessa on selvitetty silloiset mahdollisuudet ryhmäjalostuksen käyttöönottamiseksi, ja ryhmäjalostukseen siirryttiinkin vuonna 1962.

Lindström (1962) on tutkimuksessaan laskenut lehmien sukulaisuus- ja sukusiitoskertoimet kymmenen vuoden välein vuosilta 1915 - 1955. Kertoimet on laskettu kantayksilöihin, ensimmäisiin suomalaisiin kantakirjayksilöihin, nelilinjaisina ulottuvista sukutauluista (Wright ja McPhee 1925, Robertson ja Mason 1954). Lisäksi tutkimuksessa on selvitetty lehmien sukulaisuuksia kantayksilöihin, vuoden 1923 tuonnin vaikutuksia ja geenien alkuperää.

Viimeisin, Lindströmin ja Maijalan (1971), tutkimus koostuu pääasiassa edellisten tutkimusten tuloksista, mutta mukaan on otettu myös uudempia sonni- ja lehmäikäluokkia käyttäen samoja laskentamenetelmiä kuin aikaisemmissa tutkimuksissa.

Kaikkien tutkimuksessa olleiden sonnien keskimääräinen sukusiitoskerroin oli ollut 2.69 % ja viimeisten ikäluokkien aikana keskimääräinen sukusiitoskerroin oli lievästi laskenut (Taulukko 1). Korkeita sukusiitoskertoimia oli ollut vähän: ainoastaan 3.6 prosentilla sukusiitoskerroin oli ollut yli 9 prosenttia.

Taulukko 1. Keinosiemennyssonnien sukusiitoskertoimet, F  
(Lindström ja Maijala 1971)

	Sonnien syntymävuodet					
	Yhteensä	1939-44	1945-49	1950-54	1955-59	1960-62
F %	2.69	2.14	4.10	3.31	2.38	2,30
Sonneja	783	22	69	157	232	212

Samana vuonna syntyneiden lehmien keskimääräinen sukulaisuuskerroin (R) oli noussut hitaasti vuoteen 1935 asti, mutta seuraavina kymmenenä vuotena nousu oli ollut voimakasta (Taulukko 2). Tähän oli osaksi ollut syynä sodanaikainen karjojen ja lehmien väheneminen. Vuodesta 1945 lähtien sukulaisuuskerroin oli pysytellyt samalla, 7 - 8 prosentin, tasolla. Keinosiemennys ei ollut johtanut jalostusaineksen keskittymiseen. Sukulaisuuskertoimen lievä lasku kahden viimeisen ikäluokan aikana viittasi siihen, että keinosiemennyksen myötä jalostuspopulaatioon oli tullut uusia geenejä.

Lehmien keskimääräinen sukusiitoskerroin oli noussut varsinaisena keinosiemennysaikana, vuosina 1955 - 1965, yhden prosentin (Taulukko 2). Nousu oli ollut melko suuri. Toisaalta kasvu ei ollut ollut huolestuttavaa, kun oli otettu huomioon, että vuoden 1955 luku oli ollut sama kuin vuoden 1945 kerroin, ja 50 eläimen aineistossa ollut sattuman mahdollisuus.

Vuodesta 1935 lähtien oli odotettu sukusiitoskerroin ollut todellista kerrointa suurempi (Taulukko 2). Varsinkin vuosina 1945 ja 1955 ero oli ollut suuri--tähän oli ollut syynä Kar-

jalan siirtoväen mukanaan tuomat eläimet. Erot todellisen ja odotetun sukusiitoskertoimen välillä kahdessa viimeisessä ikäluokassa osoittivat, että läheisiä parituksia oli vältetty. Ryhmäjälöstuksen vaikutuksia ei näkynyt vielä vuoden 1965 aineistossa.

Taulukko 2. Lehmien sukulaisuuskertoimet, R ja sukusiitoskertoimet, F (Lindström ja Maijala 1971)

Syntymävuosi	Lehmiä	R	%	F	%	Odotettu F	% <sup>1)</sup>
1915	50	2.0		1.2		1.0	
1925	50	1.0		0.5		0.5	
1935	50	3.8		1.7		1.9	
1945	50	7.3		2.2		3.8	
1955	50	8.3		2.2		4.3	
1960	50	7.6		3.0		3.9	
1965	100	7.3		3.2		3.8	

1) Laskettu kaavalla  $\frac{R}{2 - R}$ , missä R = sukulaisuuskerroin.

Merkittävin yksilö ay-populaatiossa oli ollut vuonna 1923 Skotlannista tuotu sonni, South Craig Snowball AAA 3399 (S.C.Snowball). Sen sukulaisuus keinosiemennyssonneihin vuosina 1955 ja 1960 oli 16.4 % ja 12.4 %. Tästä johtuen ryhmäjälöstukseen siirtyminen oli tapahtunut viime hetkellä, sillä yksilöitä, jotka eivät olleet sukua S.C.Snowballille, oli ollut vaikea löytää (Kimmo 1961). S.C.Snowballin sukulaisuus vuonna 1965 syntyneisiin lehmiin oli 14.8 %.

Populaation geeneistä oli vuonna 1965 syntyneiden lehmien sukutauluista mitattuna skotlantilaista alkuperää 92.2 %,

josta 20 % oli peräisin vuoden 1923 tuonnista. Lopuista geneeistä oli 4.5 % ruotsalaista alkuperää ja 3.3 % joko tuntematonta tai suomenkarjasta peräisin. Suomalaisen ay-populaation keskimääräisiä sukusiitoskertoimia Lindström ja Maijala (1971) pitivät lypsykarjapopulaatiolle tyypillisinä.

## 1.2. Ulkomaiset tutkimukset

Keinosiemennyksen käyttö on jatkuvasti lisääntynyt ja tehostunut. Sen optimaalista järjestämistä tutkittiin runsaasti 1960-luvun puolivälistä 1970-luvun puoliväliin, jolloin myös jälkeläisarvostelut kehittyivät ja tulivat yhä laajempaan käyttöön (Burnside ym. 1982). Tältä ajalta ei ole montakaan lypsykarjapopulaatiosta tehtyä sukusiitostutkimusta.

O'Connor ja Willis (1967) ovat osoittaneet, ettei yleistyvä keinosiemennys ollut lisännyt sukusiitosta brittiläisessä friisiläispopulaatiossa vuoteen 1960 mennessä. Bowman ym. (1978) ovat selvittäneet saman populaation sukulaisuus- ja sukusiitoskertoimien kehitystä vuosina 1955 - 1972 ja siihen vaikuttaneita tekijöitä. Kertoimet on laskettu Wrightin ja McPheen (1925) menetelmällä kahdeksan linjan sukutauluista. Tutkimuksen mukaan keinosiemennyssonniin sukusiitoskerroin oli laskenut selvästi eli 1.99 %:sta 0.38 %:iin ja sukulaisuuskerroin noussut hieman eli 0.42 %:sta 0.92 %:iin. Muutokset johtuivat siitä, että keinosiemennyssonneja valittaessa oli vältetty sukusiitosta. Sukusiitettyjen sonniin sukusiitoskerroin oli laskenut 17.97 %:sta 5.86 %:iin. Hiehojen sukusiitoskerroin oli vastaavana aikana noussut

2.68 %:sta 3.41 %:iin ja sukulaisuuskerroin 1.92 %:sta 3.19 %:iin. Hiehojen kertoimien nousu johtui samojen geenien leviämisestä koko populaatioon, eikä sukusiitoksen yleistyemisestä.

Populaation merkittävin yksilö oli ollut vuonna 1922 Etelä-Afrikasta tuotu, alkuperältään hollantilainen sonni, Terling Marthus. Sen sukulaisuus koko populaatioon oli vuonna 1972 ollut 12.5 %.

Keinosiemennyksellä ei tutkimusaikana ollut ollut vielä kovinkaan keskeistä asemaa, sillä vuonna 1965 syntyneistä hiehoista oli 48 % keinosiemennyssonniensa jälkeläisiä. Vuonna 1972 keinosiemennyssonniensa jälkeläisten määrä oli alentunut 38 %:iin. Bowman ym. (1978) uskoivat sukusiitoksen lisääntyvän pakastesiemenen ja huippusonnien käytön lisääntyessä.

Ledererin ym. (1975) tutkimuksessa on tarkasteltu voimakkaasti yleistyneen keinosiemennyksen ja muutamien sonnien laajan käytön vaikutuksia simmentalpopulaatiossa. Bayerissa oli vuonna 1962 keinosiemennetty lehmistä 43.3 % ja vuonna 1972 74.3 %. Tutkimusaineistona oli ollut ensikkotuotoksia vuosina 1966 - 1972 saaneita lehmiä. Näistä lehmistä oli ollut sukusiitettuja 1.84 % ja näiden mukaan laskettu populaation sukusiitoskerroin oli ainoastaan 0.23 %. Sukusiitoskerroimet oli kuitenkin laskettu lyhyistä, epätäydellisistä neljän sukupolven sukutauluista, joten sukusiitoksen tulla olla melko voimakasta tullakseen näkyviin.

Samalta ajalta on Hodgesin ym. (1979) tutkimus Kanadasta, korkeatuottoisista holstein-friisiläiskarjoista. Vuonna 1973 karjoissa olleista lehmistä 9.8 % oli sukusiitettuja ja näi-

den sukusiitoskerroin oli ollut 6 %. Sukusiitoskertoimet oli laskettu neljän sukupolven sukutauluista, joissa pienin esiintuleva kerroin oli ollut 3.125 %. Havaituista sukusiitostapauksista 80 % oli johtunut sonneista ja 20 % lehmistä. Edelleen sonnien osuus oli jakaantunut puoliksi keinosiemennyssonneille ja tilojen omille sonneille, joten keinosiemennys ei tässäkään tapauksessa ollut osoittautunut sukusiitosta lisääväksi. Karjojen väliset erot viittasivat siihen, että sukusiitos oli usein ollut harkittua.

### 1.3. Uusimmat tutkimukset

Viimeaikoina huoli sukusiitoksen lisääntymisestä on jälleen noussut ajankohtaiseksi. Tiettyjä huippusonneja on käytetty tehokkaasti, ja jokin sonni-ikäluokka saattaa olla lähes kokonaan yhden tai kahden sonnin jälkeläisiä. Yhdysvalloissa on keskusteltu tästä isäsonnien vähydestä (Seykora ja McDaniel 1981) ja populaari- ja puolitieteellisissä julkaisuissa on käsitelty sukusiitoksen lisääntymisen mahdollisuuksia (Young 1984).

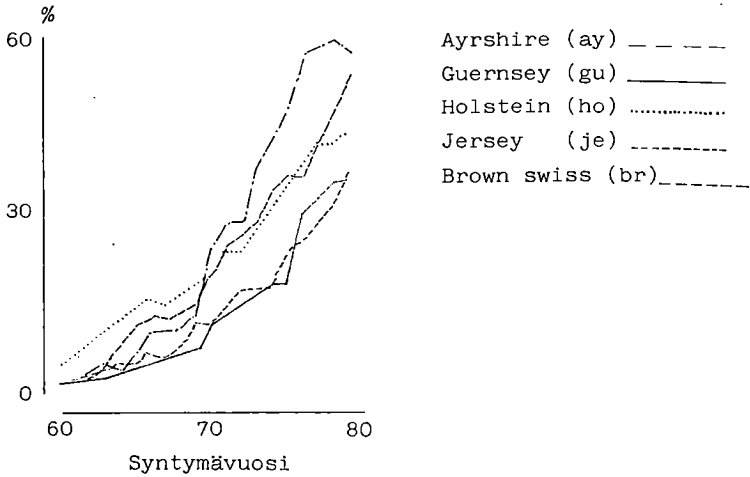
#### 1.3.1. Yhdysvaltojen lypsykarjapopulaatioista tehdyt tutkimukset

Uusimmat ja laajimmat sukusiitostutkimukset on tehty Yhdysvalloissa, missä Hudson ja Van Vleck (1984 a ja b) ovat laskeneet viiden rodun keinosiemennyspopulaatioiden ja lisäksi kaikkien rekisteröityjen ayrshirelehmien ja -sonnien sukusiitoskertoimet. Tutkimuskohteena oli pääasiassa vuosina 1960 - 1979 syntyneitä yksilöitä. Kaikki sukusiitosker-

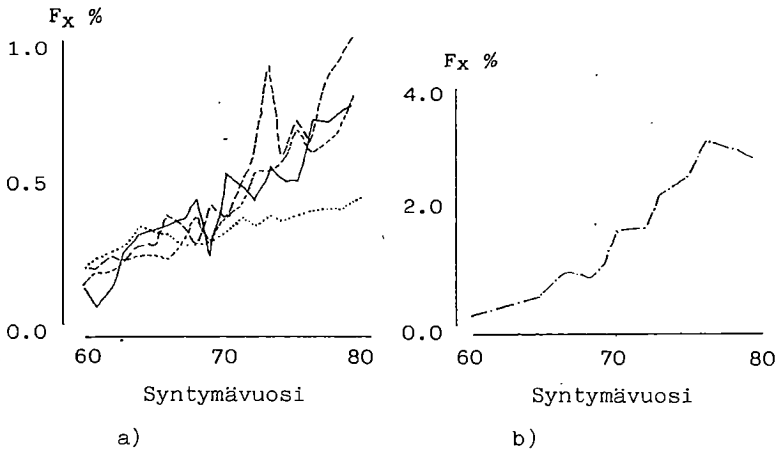
toimet oli laskettu kunkin yksilön isän ja emälinjassa seitsemän sukupolven aikana emänisinä esiintyvien sonnien välisestä sukulaisuudesta.

Keinosiemennyspopulaatioissa sukusiitettyjen lehmien osuudet ja näiden sukusiitoskertoimet olivat ayrshirellä olleet 26 % ja 6 %, guernseyllä 11 % ja 4 %, holsteinilla 31 % ja 1 %, jerseyllä ja brown swissillä 23 % ja 2 % (Hudson ja Van Vleck 1984 a). Koko populaation sukusiitoskerroin oli ayrshirellä ollut 1.6 % ja muilla populaatioilla alle puoli prosenttia. Sukusiitettyjen sonnien ja kaikkien sonnien sukusiitoskertoimet olivat ayrshirellä olleet 8.3 % ja 0.39 %, guernseyllä 5.99 % ja 0.17 %, holsteinilla 2.97 % ja 0.36 %, jerseyllä 3.61 % ja 0.14 % ja brown swissillä 3.44 % ja 0.26 %.

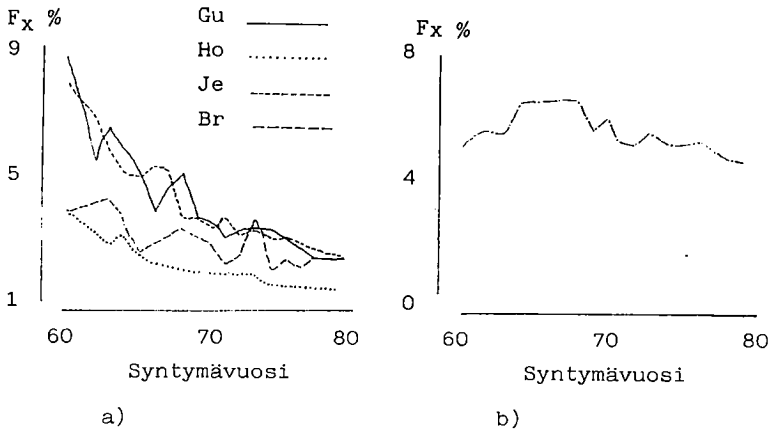
Kaikilla roduilla sukusiitettyjen lehmien määrä oli lisääntynyt (Kuvio 1) ja keskimääräinen sukusiitoskerroin oli kasvanut (Kuvio 2). Sukusiitettyjen lehmien keskimääräiset sukusiitoskertoimet olivat puolestaan laskeneet (Kuvio 3). Sukusiitettyjen lehmien osuuden kasvamista selitti osaksi myöhemmin syntyneiden eläinten paremmat rekisteritiedot, sillä lehmien polveutuminen oli otettu rekistereistä, jotka oli aloitettu vuonna 1954.



Kuvio 1. Sukusiitettyjen lehmien osuus koko populaatiosta prosentteina (Hudson ja Van Vleck 1984 a).



Kuvio 2. Sukusiitoskertoimien kehitys gu-, ho-, je- ja br-populaatioissa (2 a) ja ay-populaatioissa (2 b).



Kuvio 3. Sukusiitettyjen lehmien sukusiitoskertoimien kehitys gu-, ho-, je- ja br-populaatioissa (3 a) ja ay-populaatioissa (3 b) (Hudson ja Van Vleck 1984 a).

Hudsonin ja Van Vleckin (1984 b) toisen tutkimuksen ayrshirepopulaatioissa sukusiitos oli ollut vähäisempää kuin keinosiemennyspopulaatioissa. Rekisteröityjen ayrshirelehmien keskimääräinen sukusiitoskerroin oli ollut alle prosentin, ja sukusiitettyjen lehmien sukusiitoskerroin 5.4 %. Ayrshiresonneista ainoastaan 1.8 % oli ollut sukusiitettyjä. Näiden sukusiitoskerroin oli ollut 7.5 % ja kaikkien sonnien sukusiitoskerroin 0.13 %. Sukusiitettyjen lehmien määrän lisääntyminen oli ollut hyvin selvää. Koko ay-populaatioissa sukusiitettyjen lehmien määrä oli lisääntynyt vuonna 1972 syntyneiden 23 %:sta vuonna 1980 syntyneiden 43 %:iin. Keinosiemennyspopulaatioissa vastaava kasvu oli ollut vieläkin nopeampaa eli vuoden 1972 28.9 %:sta vuoden 1976 56.7 %:iin (Kuvio 1). Sukusiitettyjen lehmien määrän voimakas lisääntyminen oli johtunut pääasiassa yhden sonnin, Selwood Betty's

Commanderin (S.B.Commander), laajasta käytöstä.

Hudson ja Van Vleck (1984 a ja b) pitivät kaikkien populaatioiden sukusiitoskertoimia alhaisina. Eivät edes ayrshirepopulaation muita korkeammat sukusiitoskertoimet olleet haitallisen suuria.

### 1.3.2. Huippusonnien laajan käytön vaikutukset

Seykora ja McDaniel (1981) ovat tarkastelleet Yhdysvaltojen holstein-friisiläispopulaatiota, missä sukusiitos saattaa heidän mukaansa muodostua ongelmaksi, ellei sen ehkäisemiseen kiinnitetä erityistä huomiota. Rodulla on ollut kaksi merkittävää sonnia, Chief ja Elevation, joiden vaikutus on ollut erittäin voimakas. Vuoden 1980 tutkimusaineiston 448:sta keinosiemennyssonnista puolet oli ollut jommankumman poikia tai pojanpoikia ja kolmasosa nuorsonneista jommankumman tyttärenpoikia. Ainoastaan alle 25 % nuorsonneista ei ollut ollut sukua kummallekaan sonnille. Chiefin ja Elevationin keskeinen asema näkyi selvästi myös parhaiden sonnien keskuudessa, olihan 50 parhaan sonnien joukossa ollut ainoastaan 13 sonnia, jotka eivät olleet olleet läheistä sukua kummallekaan. Näistä 13:sta sonnista ei yksikään ollut ollut 14 parhaan sonnien joukossa.

Hudsonin ja Van Vleckin (1984 b) tutkimus on osoittanut, ettei yhden yksilön laaja käyttö ole ollut haitallista. Ayrshiresonni S.B.Commander oli otettu keinosiemennyskäyttöön vuonna 1958 ja poistettu käytöstä vuonna 1975. Tänä aikana S.B.Commander oli saavuttanut keskeisen aseman ayrshirepopulaation geneettisessä rakenteessa. Vuosina 1960 - 1980

syntyneistä lehmistä 25 % ja sukusiitetyistä lehmistä 38 % oli ollut S.B.Commanderin tyttäriä tai pojantyttäriä. Vuosina 1974 - 1978 syntyneistä lehmistä 83 % ja kesäkuussa 1981 luetteloiduista yhdeksästä keinosiemennyssonnista kahdeksan oli ollut sukua S.B.Commanderille. Sukulaisuuskerroin S.B.Commanderiin oli vastaavina aikoina ollut lehmillä 20 % ja sonneilla 31,9 %. Korkeista luvuista huolimatta tilanne ei ollut huolestuttava, sillä satunnaisparitus edellämäainittujen yksilöiden välillä olisi tuottanut jälkeläisen, jonka sukusiitoskerroin olisi ollut 3.2 %. Luku on alhainen, ja S.B.Commanderin vaikutus oli jo ollut vähenemässä, mikä ilmeni siitä, että keinosiemennyspopulaatioissa sukusiitettyjen osuuden kasvu oli pysähtynyt vuonna 1976.

S.B.Commander ei ollut lisännyt sukusiitosta huolestuttavasti. Kun otetaan huomioon Yhdysvaltojen ayrshirepopulaatio on pieni koko, ei ole todennäköistä, että suuremmissa populaatioissa, kuten holsteinpopulaatioissa, muutaman yksilön laaja käyttö aiheuttaisi ongelmia (Young 1984).

#### 1.4. Yhteenveto sukusiitoskertoimista ja sukulaisuuksista

Lypsykarjapopulaatioista tehdyt sukusiitostutkimukset ovat osoittaneet, että sukusiitosta on käytetty vähän. Läheisiä parituksia on yritetty ja voitu välttää, vaikka parhaita sonneja on käytetty yhä tehokkaammin. Lehmien ja sonnien keskimääräiset sukusiitoskertoimet ovat olleet eri populaatioissa melko saman suuruisia, kun otetaan huomioon erot laskentavoissa (Taulukko 3). Suomalaisesta ayrshirepopulaatiosta

Taulukko 3. Lypsykarjapopulaatioiden sukusiitoskertoimet (F)

Rotu ja suku- puoli	Eläimiä	Vuosi	Populaa- tion F %	Sukusii- tettyjä %	Sukusii- tettyjen F %	Tutkijat
Ay L	100	1965	3.2			Lindström ja
" S	783	1939-62	2.7			Maijala 1971
Fr L	500	1955-72	2.27	23	11.83	Bowman ym.1978
" S	1 639	"	0.46	6.3	7.44	"
Si L	42 396	1966-72	0.23	1.8		Lederer ym.1975
Ho L	1 178	1964-74		9.8	6	Hodges ym.1979
Ay S	359	1960-79	0.39	4.7	8.3	Hudson ja Van
Gu "	1 172	"	0.17	2.8	5.99	Vleck 1984 a
Ho "	6 528	"	0.36	12.1	2.97	"
Je "	1 065	"	0.14	3.9	3.61	"
Br "	392	"	0.26	7.6	3.44	"
Ay L	50 688	"	1.6	26	6	"
Gu "	61 773	"	0.5	11	4	"
Ho "	1 474 995	"	"	31	1	"
Je "	81 639	"	"	23	2	"
Br "	18 516	"	"	23	2	"
Ay S	2 726	1960-80	0.13	1.8	7.5	Hudson ja Van
" L	30 794	"	1.0	16.9	5.4	Vleck 1984 b

Ay=ayrshire, Fr=friisiläinen, Si=simmental, Ho=holstein,  
 Gu=guernsey, Je=jersey ja Br=brown swiss.  
 L=lehmä ja S=sonni.

(Lindström ja Maijala 1971) ja brittiläisestä friisiläispopulaatiosta (Bowman ym. 1978) tehdyissä tutkimuksissa on seurattu polveutumista aina kantayksilöihin asti, kun taas myöhemmissä tutkimuksissa on tarkasteltu lähinnä viimeisimpien sukupolvien aikana tapahtunutta sukusiitosta.

## 2. SUKUSIIITOSKERTOIMEN VAIKUTUKSET TALOUDELLISESTI TÄRKEISIIN OMINAISUUKSIIN

### 2.1. Hedelmällisyys ja elinvoima

Sukusiitoksella on jo kauan tiedetty olevan haitallisia vaikutuksia eläinten hedelmällisyyteen ja elinvoimaan. Suurilla ja hitaasti lisääntyvillä kotieläimillä hedelmällisyys on taloudellisesti merkittävä tekijä. Näiden eläinten parissa ei voida harjoittaa sukusiitoksen käytön edellyttämää voimakasta karsintaa, koska lähes kaikki syntyneet yksilöt tulee saada tuotantoon. Lehmien maitotuotosten lisääntyessä ovat hedelmällisyyshäiriöt lisääntyneet, joten sukusiitoksella ei enää tilannetta tulisi huonontaa.

Young ym. (1969) ovat julkaisseet yhteenvedon Yhdysvalloissa tehdyistä sukusiitostutkimuksista, NC-2 projektista. Näissä kokeissa oli käytetty kokeellisia linjoja, joissa oli ollut myös voimakkaasti sukusiitettyjä lehmiä. Sukusiitos oli lisännyt siemennysten lukumäärää tiineyttä kohden ja viivästyttänyt sukukypsyyttä. Sukusiitetyillä emillä oli ollut muita emiä useammin keskenmenoja. Läheiset paritukset, kuten isä-tytär -paritukset, olivat lisänneet kuolleisuutta 50 %, lisäksi kuolleisuus oli kasvanut lähes lineaarisesti sukusiitoksen kasvun kanssa. Yhdysvalloissa on tehty myös lukuisia kokeita lihakarjaroduilla, ja monia näistä kokeista on jouduttu keskeyttämään eläinten huonouden, korkean kuolleisuuden ja sairauksien takia (Dickerson 1973).

Edelliset tulokset oli saatu pääasiassa koeolosuhteissa, ja täten sukusiitoksen vaikutukset olivat olleet hyvin selviä.

Tilanne on muuttunut oleellisesti, kun on käytetty kentältä, koko populaatiosta kerättyjä tutkimusaineistoja. Populaatioiden sukusiitoskertoimet ovat olleet alhaisia, voimakkaasti sukusiitettyjä lehmiä on ollut vähän ja eläimiä on karsiutunut, eikä karsiutuneiden eläinten tuotoksia ole ollut nähtävissä. Lisäksi hedelmällisyydelle on ollut vaikea löytää sopivaa ja yksiselitteistä mittausta. Näistä syistä lypsykarjapopulaatioista ei ole löydetty yhtään hedelmällisyys- tai elinvoimaominaisuutta, jossa olisi esiintynyt sukusiitosdepressiota tilastollisesti merkitsevästi.

Hodges ym. (1979) sekä Hudson ja Van Vleck (1984 a ja b) ovat tutkineet poikimavälin ja sukusiitoskertoimen välistä yhteyttä. Yhteys näiden ominaisuuksien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Poikimaväliä tutkittaessa on oltava kaksi poikimista. Vain kerran poikineet lehmät jäävät tutkimuksen ulkopuolelle ja juuri näissä poistetuissa yksilöissä saattaa olla sukusiitettyjä yksilöitä. Hodges ym. (1979) ovat arvelleet, että taloudellisesti haitallisien tekijä sukusiitoksen lisääntyessä saattaisi olla pidentynyt poikimaväli.

Hudson ja Van Vleck (1984 a ja b) ovat tutkineet myös elinvoimaa. Mittana he ovat käyttäneet 48 kuukauden iän saavuttaneiden osuutta eri sukusiitosluokissa. Poistettujen eläinten lukumäärä oli kasvanut vain vähän sukusiitoksen lisääntyessä.

Vaikka lypsykarjapopulaatioista ei ole löytynytäkään sukusiitosdepressiota hedelmällisyys- ja elinvoimaominaisuuksissa, ei sukusiitoksen vaaroja pidä väheksyä. Sukusiitoksen lisääntyminen saattaa tietyssä vaiheessa aiheuttaa taloudellisia me-

menetyksiä. Mitään haitallisen sukusiitoksen rajaa ei tutkimuksissa ole kuitenkaan määritetty.

## 2.2. Maito ja sen aineosat

Tuotanto-ominaisuuksissa esiintyvään sukusiitosdepressioon on kiinnitetty 1950-luvulta lähtien yhä enemmän huomiota. Maidontuotanto on tärkein jalostettava ominaisuus. Sillä on suurin taloudellinen merkitys, ja sen merkitys on yhä kasvanut. Tutkimuksissa saadut tulokset sukusiitoksen vaikutuksista maidontuotantoon eivät poikkea paljoakaan toisistaan (Taulukko 4).

Taulukko 4. Vähennys 305 päivän maidon- ja rasvantuotannossa sukusiitoskertoimen kasvaessa yhdellä prosenttiyksiköllä

Maito kg	Rasva kg	Rotu	Keskituotos kg	Tutkija
22.68	0.68	--		Young ym. 1969
24.1	1.30	Si	3 419	Lederer ym. 1975
22.85	--	Fr	6 675	Hodges ym. 1979
15.0	0.80	Je		Hudson ja Van Vleck 1984 a
19.3	0.97	Gu		"
21.2	0.78	Ho		"
27.1	1.2	Ay		"
39.5	1.36	Br		"

Maidontuotanto on alentunut tasaisesti sukusiitoksen lisääntyessä. Hudson ja Van Vleck (1984 a ja b) ovat jakaneet lehmät sukusiitoskertoimen mukaan luokkiin viiden prosentin väleihin. Maito- ja rasvatuotokset olivat alentuneet tasaisesti luokkaan 15 - 20 % asti kaikilla muilla roduilla paitsi brown swissillä. Korkeammassa sukusiitosluokissa oli ollut vain muutamia yksilöitä, mikä oli haitannut tarkastelua.

Sukusiitoksen lisääntyessä on rasvan määrä kiloissa mitattuna alentunut (Taulukko 4), mutta rasvaprosentti on noussut. Youngin ym. (1969) mukaan myös muiden maidon aineosien pitoisuudet nousevat, joskin nousu johtuu pääasiassa maitomäärän ja maidon aineosien prosenttiosuuksien negatiivisesta korrelaatiosta.

Tutkimuksissa ei yleensä ole verrattu sukusiitosdepressiota tuotostasoon. Ainoastaan Hodges ym. (1979) ovat tarkastelleet korkeatuottoisia karjoja, jotta olisi saatu selville olisiko sukusiitosdepressio voimakkaampaa korkeatuottoisilla yksilöillä. Tulokset osoittivat, ettei tuotostasolla ole ollut vaikutusta. Lehmien iällä ei myöskään ole ollut vaikutusta sukusiitosdepression voimakkuuteen (Hodges ym. 1979).

Maidontuotannon sukusiitosdepressiota on tutkittu paljon ja tulokset ovat olleet yhtäpitäviä. Tutkimusten mukaan jo yhden prosentin suuruinen sukusiitoskerroin vähentää tuotosta, ja jokainen prosenttiyksikön lisäys sukusiitoskertoimeen alentaa 305 päivän maitotuotosta keskimäärin runsaat 20 kiloa. Voimakkaasti sukusiitetyillä yksilöillä tappiot ovat jo merkittäviä, mutta lehmillä, joiden sukusiitoskertoimet ovat keskimääräisiä, ei sukusiitosdepressiolla ole suurta merkitystä.

### 2.3. Kasvu

Eläinten kasvuun sukusiitoksella on hyvin pieni vaikutus. Sukusiitoksen lisääntyessä hedelmällisyys ja elinvoima heikenevät kasvua aikaisemmin. Tämä ilmenee esimerkiksi Dickersonin (1973) mainitsemista lihakarjakokeista. Lisäksi lypsykarjoissa kasvulla ja lihantuotanto-ominaisuuksilla on hyvin pieni merkitys. Lihakarjoissa, missä kasvulla on suuri merkitys, voidaan Dinkelin ym. (1972) mukaan harjoittaa sukusiitosta niin kauan kuin eläinten hedelmällisyys pysyy tyydyttävänä.

Pollak ja Ufford (1978) ovat tutkineet hereford-rotuisten eläinten vieroituspainoja. Sukusiitoskertoimen kasvaessa prosenttiyksikön aleni emon vieroituspaino 0.3 kiloa ja vasikan paino 0.25 kiloa. Emon painon vähennys oli saattanut johtua heikentyneestä maidontuotannosta ja vasikan painon alentuminen varsinaisesta kasvun sukusiitosdepressiosta.

Sukusiitettyt eläimet kasvavat myös kompensatorisesti, mikä vähentää painoerojen merkitystä. NC-2 projektin kokeissa (Young ym. 1969) oli vasikan syntymäpaino alentunut 0.1 kiloa sukusiitoskertoimen noustessa prosenttiyksikön. Vastaavat painojen vähennykset 6, 12, 24, 36 ja 46 kuukauden ikäisillä naudoilla olivat olleet noin 0.5, 0.7, 1.4, 1.4 ja 2.3 kiloa. Täysikasvuisilla eläimillä ei enää oltu havaittu sukusiitoksen vaikutuksia. Dayton (1970) on päätenyt jerseylehmillä tekemissään tutkimuksissa samansuuntaisiin tuloksiin. Sukusiitettyillä lehmillä oli kasvu ollut tilastollisesti merkitsevästi hitaampaa syntymästä 18 kuukauden ikään. Molemmissa tutkimuksissa aineistot olivat olleet pieniä, mikä eläinten kar-

siutumisen lisäksi oli vähentänyt tulosten luotettavuutta.

NC-2 projektin (Young ym. 1969) yhteydessä on tutkittu myös ruumiinosien mittoja, kuten rinnan ympärystä, pituutta ja korkeutta. Sukusiitetyt naudat olivat ennen ensimmäistä siemennystä noin 2.5 cm lyhyempiä ja matalampia kuin kontrollieläimet. Kaikki täyskasvuisten eläinten mittojen korrelaatiot sukusiitoskertoimeen olivat olleet negatiivisia, mutta ne eivät poikenneet tilastollisesti merkittävästi nol-  
lasta. Eläinten ulkomuotoon ja tyyppiin sukusiitoksella ei ollut ollut vaikutusta.

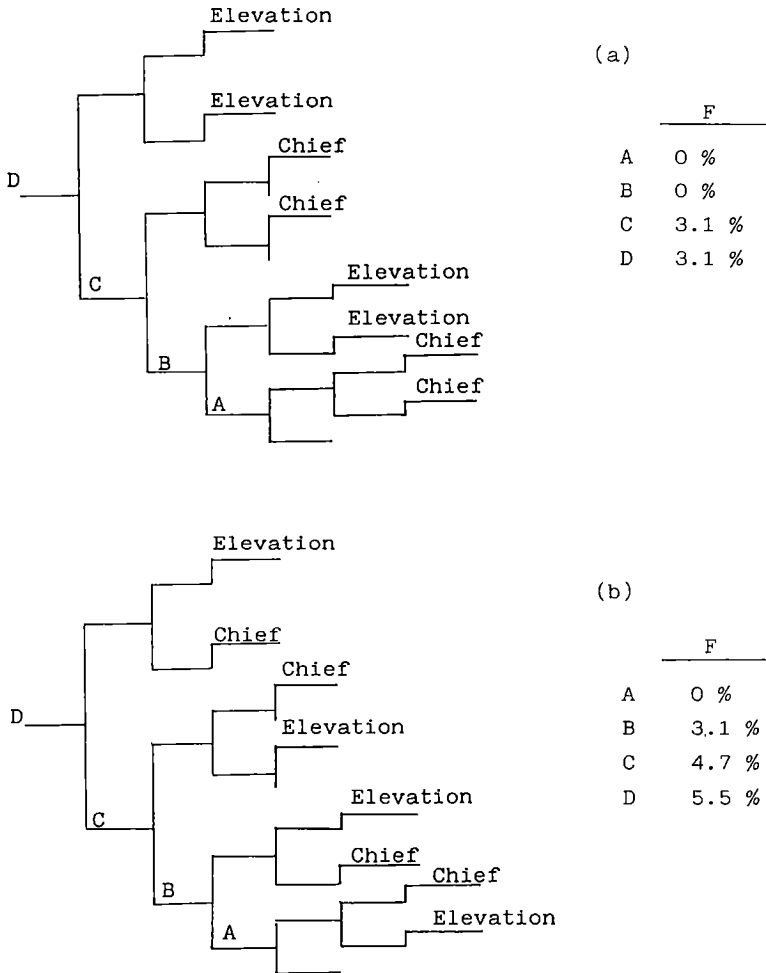
### 3. SUKUSIITOKSEN EHKÄISEMINEN

Nautapopulaatioiden keskimääräiset sukusiitoskertoimet ovat vaihdelleet simmentä-rodun 0.23 %:sta (Lederer ym. 1975) friisiläis-rodun 3.41 %:iin (Bowman ym. 1978), eivätkä sukusiitoskertoimet ole kasvaneet huolestuttavasti yhdessäkään populaatiossa. Alhaisista kertoimista johtuen ei sukusiitosdepressiolla ole ollut merkitystä. Tulokset ovat kuitenkin suuntaa antavia: ne varoittavat mahdollisista vaikeuksista, jos sukusiitos lisääntyy. Tutkimustulokset eivät puolusta sukusiitoksen käyttöä. Youngin ym. (1969) mukaan ei edes parhaiden yksilöiden sukusiitosta voi suositella. Hudson ja Van Vleck (1984 a) puolestaan sallisivat sukusiitoksen ainoastaan huippuyksilöillä.

Sukusiitos ei ole lisääntynyt, huippuyksilöiden laaja käyttö ei ole aiheuttanut ongelmia eikä sukusiitosdepressio ole vaikuttanut tuotostasoon. Näistä syistä sukusiitoksen ehkäi-

semisen tulee tapahtua valittaessa lehmälle sopivaa sonnia, eikä valittaessa sonneja keinosiemennyskäyttöön. Keinosiemennyssonnioiden valinnassa ei tulisi Youngin (1984) mukaan tinkiä geneettisestä edistymisestä sukusiitoksen ehkäisemisen ja geneettisen vaihtelun turvaamiseksi. Sukusiitoksen lisääntyminen estetään parhaiten tunnistamalla eläimet ja välttämällä suunnittelematonta sukusiitosta (Hodges ym.1979, Hudson ja Van Vleck 1984 a). Hodgesin ym. (1979) mukaan olisi kiinnitettävä huomiota rekisteröimättömiin karjoihin ja ehkäistävä niissä tapahtuva sukusiitos.

Muita keinoja kuin läheisten paritusten välttäminen ei ole paljoakaan esitetty. Seykora ja McDaniel (1981) ovat käytännön keinoina esittäneet vanhojen sonnien käytön vähentämistä, sukupolvikierron nopeuttamista ja linjajalostusta. He ovat esittäneet kaksi havainnollista sukutaulua, joista nähdään kuinka alhaisena sukusiitoskerroin pysyy vaikka samat yksilöt esiintyvätkin sukutauluissa useasti (Kuvio 4). Kuviosta ilmenee myös, kuinka kerroin voidaan pitää alhaisena, mikäli eläinten polveutumiset tunnetaan. Sukusiitoksen lisääntymistä voidaan välttää eläinten, lähinnä sperman, tuonnilla. Israelissa 40 % nuorsonneista tuotetaan tuontispermalla juuri sukusiitoksen välttämiseksi (Bar-Anan 1983).



Kuvio 4. Jälkeläisten sukusiitoskertoimet käytettäessä linjajalostettuja sonneja (a) ja risteytetyjä sonneja (b) (Seykora ja McDaniel 1981).

### III AINEISTO JA MENETELMÄT

#### 1. AINEISTO

##### 1.1. Ayrshirepopulaation rakenteessa 1960- ja 1970-luvuilla tapahtuneista muutoksista

Ayrshirepopulaation sukulaisuus- ja sukusiitoskertoimiin ovat oleellisesti vaikuttaneet eläinmäärien muutokset (1), keinosiemennyksen laajuus (2), ryhmäjalostus (3) ja eläinaineksen tuonti (4).

1) Ayrshirepopulaatio on jatkuvasti pienentynyt. Suomessa oli vuonna 1970 noin 550 500 yksilöä ja vuonna 1984 noin 495 000 yksilöä. Samanaikaisesti on tarkkailuun kuuluvien lehmien lukumäärä noussut 203 291:stä 247 587:ään (MTHT 1970 ja 1984). Lehmien kokonaismäärän vähentymisestä huolimatta aktiivinen jalostuspopulaatio on kasvanut.

2) Keinosiemennys yleistyi voimakkaasti 1960-luvun alkupuolella. Vuonna 1961 tehtiin ayrshiresonneilla noin 330 000 ensisiemennystä ja vuonna 1970 noin 500 000 ensisiemennystä, millä tasolla luku on jatkuvasti pysynyt. Koko lehmäkannasta keinosiemennettiin vuonna 1960 noin 38 % ja vuonna 1970 noin 91 % (Holma 1982). Nykyisin käytännöllisesti katsoen kaikki lehmät keinosiemennetään.

Keinosiemennyssonnia kohti vuodessa tehtyjen siemennysten lukumäärä on lisääntynyt vuoden 1965 noin 884:stä ensisiemennyksestä vuoden 1984 1362:een ensisiemennykseen. Huippusonnien siemennysmäärät ovat jatkuvasti nousseet, joskaan mää-

rät eivät ole vielääkään kovin suuria. Vähintään 30 000:een ensisiemennykseen on vuoden 1984 loppuun mennessä päässyt lähes parikymmentä sonnia ja 20 000:een ensisiemennykseen noin 80 sonnia (KSYL 1985). Suomessa siirryttiin pakaste-sperman käyttöön vuonna 1967, millä on ollut suurin vaikutus jälkeläismäärien kasvuun.

3) Ryhmäjalostukseen siirryttiin vuonna 1962. Ryhmien tasot ovat vaihdelleet koko ryhmäjalostuksen ajan. Alkuaikoina A-ryhmä oli vahva, mutta heikkeni nopeasti, ja vuonna 1972 ryhmä lakkautettiin ja A-sonnit siirrettiin C-ryhmään. D-ryhmä on ollut sittemmin valtaryhmä Mäkimattilan Inssin (M.Inssi) AAA 26350 ansiosta. A.Lierin AAA 32605 vaikutuksesta C-ryhmä on noussut viimeaikojen parhaimmaksi ja käytetyimmäksi ryhmäksi.

4) Vuoden 1923 tuonnin vaikutus on ollut hyvin huomattava ayrshirepopulaation kehityksessä (Lindström ja Maijala 1971). Tuonnin jälkeen suomalaista ayrshireä jalostettiin ainoastaan kotimaisella eläinaineksella aina vuoteen 1969 asti. Tällöin Englannista tuotiin neljän sonnin spermaa ja vuoteen 1979 mennessä spermaa oli tuotu 17:stä sonnista yhteensä 10 990 annosta (Taulukko 5).

Lähes kaikki tuontisonnit ovat uudistaneet ayrshirepopulaatiota, joskin eräiden sonnien käyttö on ollut vähäistä ja jotkut ovat olleet sukua suomalaiselle ayrshirelle. Uutta geeniaainesta ovat merkittävästi levittäneet huomattavimpien sonnien S.B.Commanderin AAA 31700 ja A.Lierin lukuisat pojat (Taulukko 6). S.B.Commander oli täysin eri kantaa kuin suomalainen ay-populaatio ja A.Lierinkin yhteydet suomalaiseen

ay-populaatioon olivat peräisin 1920-luvulta.

Taulukko 5. Tuontisonnit ja niiden jalostusarvot keväällä  
1981 (Holma 1982)

Nimi ja kantakirjanumero	Rotu	Tuontimaa	Annoksia	Jalostusarvo
Lessnessock Ottoman AAA 31555 C	Ay	Englanti 1)	--	--
Grambla Bellinger AAA 31599 C	"	"	--	--
Penglais Ambassador AAA 31600 C	"	"	--	--
Round Bush Top Score AAA 31602 C	"	"	--	--
S.B.Commander AAA 31700 C	"	USA	1010	+11
Ellerton Double Merit AAA 33200 C	"	Skotlanti	1080	+4
Klaff Breen AAA 32599 C	NRF	Norja 2)	100	
Kröll Eggum AAA 32600 C	"	"	300	-2
A.Lier AAA 32605 C	"	"	2200	+28
Y.Bartness AAA 32612 C	"	"	900	+4
Y.Kolberg AAA 33205 C	"	"	300	+9
S.Viul AAA 33210 C	"	"	1500	+21
K.Huset AAA 33215 C	"	"	600	+5
Y.Sandbakken AAA 33555 C	"	"	350	+18
Näs AAA 33939 D	SRB	Ruotsi	500	
Kvarnåkra AAA 33969 D 3)	"	"	600	+7
Boberg AAA 34950 C	"	"	750	

1) Vuoden 1969 tuonti, jolla ei merkitystä.

2) Ainoastaan A.Lier ei ole läheistä sukua suomalaiselle ayrshirelle.

3) M.Inssin poika.

Taulukko 6. Huippusonnien poikien lukumäärät (Holma 1982)

Sonnit	Poikia hyväksytty ks-käyttöön
<u>Kotimaiset sonnit</u>	
Reima AAA 23597 B	88
M.Inssi AAA 26350 D	195
Nokan Olpi AAA 30480 B	144
<u>Ulkomaiset sonnit</u>	
S.B.Commander AAA 31700 C	75
E.D.Merit AAA 33200 C	10
A.Lier AAA 32605 C	78
S.Viul AAA 33210 C	41

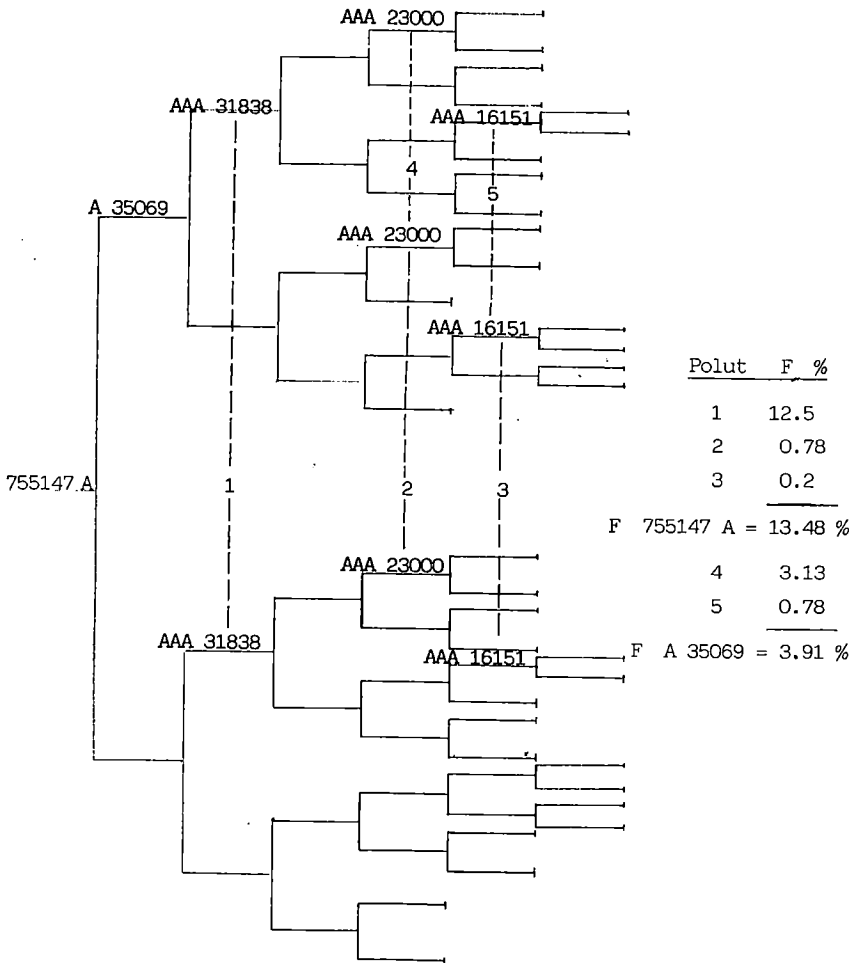
## 1.2. Tutkimusaineisto

Tutkimusaineisto koostui 1006:sta vuonna 1980 syntyneestä ayrshirelehmästä. Näille lehmille koottiin viiden sukupolven täydelliset sukutaulut Suomen Kotieläinjalostusyhdistyksen arkiston sonni- ja valiolehmäkorteista, tarkkailukarjojen kansioista ja kantakirjaniteistä. Syksyyn 1984 mennessä oli A-kantakirjaan kirjattu noin 27 000 vuonna 1980 syntynyttä ayrshirelehmää. Joka 27:s näistä lehmistä kirjattiin sukutauluun, johon merkittiin kantakirjanumeron lisäksi eläimen syntymäaika, ryhmätunnus isän mukaan, maatalouskeskus-karja-korva -numero ja vanhempien kantakirjanumerot. Sukusiitoksen vaikutuksien selvittämiseksi sukutauluihin liitettiin seuraavat lehmien ensikkotuotokset: 305 päivän maito- ja rasvatuotos, lehmäindeksi, siemennysten lukumäärä tiineyttä kohti ja

poikimaikä. Lehmien isät, 300 ayrshiresonnia, ja näiden jälkeläisarvostelutulokset, muodostivat oheisaineiston. Isien sukutaulut koostuivat neljästä sukupolvesta.

Ensiksi koottiin isien polveutuminen, mikä saatiin sonni- ja valiiolehmäkorteista. Seuraavaksi koottiin emien polveutuminen, mistä emälinja saatiin useimmiten tarkkailukarjojen kansioista, joista myös tuotostiedot merkittiin sukutauluihin. Lopuksi täydennettiin puuttuvat polveutumistiedot korteista ja kantakirjaniteistä. Kaikilta vanhemmilta ja esivanhemmilta sukutauluihin merkittiin kantakirjanumeron lisäksi syntymäaika.

Mikäli jonkin yksilön polveutuminen oli käsitelty aikaisemmin, ei sitä kirjattu uuteen sukutauluun ellei se tässä tapauksessa ulottunut varhaisempiin sukupolviin. Näin jokaisen yksilön sukutaulu ulottui mahdollisimman kaukasiin esivanhempiin. Useassa tapauksessa sukutaulut ulottuivat joissakin linjoissa aina seitsemänteen sukupolveen asti (Kuvio 5). Muutamissa tapauksissa polveutumista ei voitu seurata viittä sukupolvea. Tuontisonniien vanhempia ei enää huomioitu, ellei vanhemmista tai isovanhemmista joku ollut suomalainen ayrshire. Mikäli vuonna 1980 syntyneen lehmän emä kuului B-kantakirjaan ei emälinjan polveutumista voitu seurata kolmatta vanhempaispolvea kauemmaksi.



Kuvio 5. Yksilön 755147 A lopullinen sukutaulu.

Sukulaisuus- ja sukusiitoskertoimien kehityksen selvittä- mistä ei katsottu tarpeelliseksi, vaan pyrittiin saamaan mah- dollisimman uusi sukupolvi tutkimuskohteeksi. Samana vuonna syntyneet eläimet ovat keskenään vertailukelpoisia, ne ovat teoreettisesti samalla geneettisellä tasolla, ja tuotokset ajoittuvat lähelle toisiaan. Trendin tarkastelu tässä aineis- tossa oli mahdollista ainoastaan vuonna 1980 syntyneiden leh- mien ja näiden emien välillä. Kaikki vuosina 1977, -78 ja -79 syntyneet lehmät ja pääosa vuosina 1975 ja -76 syntyneistä lehmistä olivat emiä, ja siten myös näillä oli neljän suku- polven sukutaulut kuten isillä. Trendit kuitenkin kuvaavat tällaisessa aineistossa paremmin aineiston rakennetta kuin sukulaisuus- ja sukusiitoskertoimien kehitystä.

Tutkimukseen valittiin 1980 syntyneitä lehmiä, koska ai- neiston keräyksen alkaessa syksyllä 1984 oli kaikille vuonna 1980 syntyneille lehmille tuotostietoja saatavissa. Lisäksi aineistoon saatiin myös vanhempina kantakirjattuja yksilöitä. Mikäli olisi valittu myöhäisempi syntymävuosi, olisi aineis- toon tullut lehmiä pääasiassa karjoista, joissa lehmät kan- takirjataan jo hiehoina.

Riittävän tuotostietomäärän saamiseksi päädyttiin tuhan- nen eläimen otokseen. Jos yksilöitä olisi otettu enemmän, olisi jouduttu tyytymään neljän sukupolven sukutauluihin, jotta polveutumistietojen keräys olisi pysynyt työmäärältään kohtuullisena. Viisi sukupolvea kuvaa varsin hyvin läheistä sukusiitosta. Yhteisen esivanhemman esiintyminen viidennessä sukupolvessa emän ja isän puolella aiheuttaa 0.78 %:n suku- siitoskerroimen ja mikäli toinen esivanhemmista olisi kuuden-

nessa polvessa olisi kerroin enää 0.39 %.

Aineiston rakenteen ja laskentatavan ansiosta myös viidettä sukupolvea aikaisemmista sukupolvista johtuva sukusiitos saatiin osittain selville. Syvemmät sukutaulut olivat useimmiten merkittävien sonnien tai sonninemien sukutauluja, joten näiden kantayksilöiden vaikutus tuli esille. Aineistossa oli kaikkiaan 8 430 yksilöä, joista 6 670 oli lehmiä ja 1 760 oli sonneja. Vanhimmat esivanhemmat olivat syntyneet 1930-luvulla, ja ennen vuotta 1966 syntyneitä oli 3 114 (Täulukko 7).

Täulukko 7. Aineiston eläinten lukumäärät syntymävuosikymmenittäin ryhmiteltynä

Vuodet	Eläimiä
1930 - 39	36
1940 - 49	259
1950 - 59	1208
1960 - 69	3099
1970 - 79	2822
1980	1006

Läheskään kaikille vuonna 1980 syntyneille lehmille ei saatu tuotostietoja (Täulukko 8). Yleisin syy tietojen puuttumiseen oli eläinten myynti Neuvostoliittoon tai tarkkailuun kuulumattomiin karjoihin. Joissakin tapauksissa siemenysten lukumäärä puuttui vaikka poikimaikä oli selvillä.

Taulukko 8. Vuonna 1980 syntyneille 1006:lle lehmälle saatu-  
jen tuotostietojen lukumäärät

Ominaisuus	Havaintoja
305 päivän maito- ja rasvatuotos	653
Lehmäindeksi	647
Siemennysten lukumäärä tiineyttä kohti	694
Poikimaikä	753

Sonnien kohdalla jälkeläisarvostelutulosten määrien (Taulukko 9) vaihtelut johtuivat pääasiassa sonnien ikäeroista (Taulukko 10). Eri-ikäisten sonnien tulokset eivät olleet vertailukelpoisia. Esimerkiksi maidon valkuaisen laskentatavat ovat muuttuneet, joten vanhempien sonnien tiedot jätettiin laskuista pois.

Taulukko 9. 300 isän jälkeläisarvostelutulosten lukumäärät

Indeksiominaisuus	Havaintoja	Indeksiominaisuus	Havaintoja
4-% maito	291	Hedelmällisyys	286
Rasva-%	291	Kuolleisuus	284
Valkuainen	208	Lypsettävyys	289
Kasvu	287	Luonne	289
Uusimattomuus-%	241	Utarerakenne	58
		Jalostusarvo	208

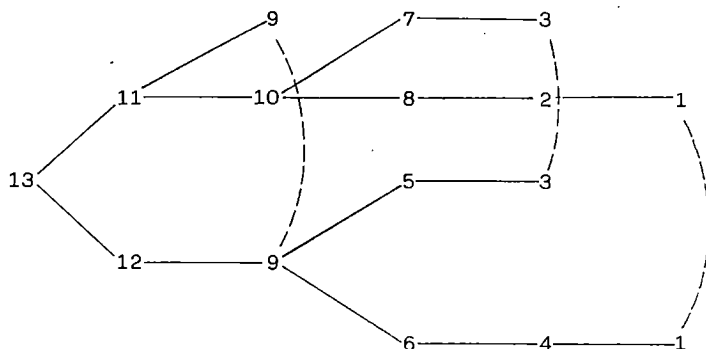
Taulukko 10. Vuonna 1980 syntyneiden lehmien isien lukumäärät syntymävuosittain

Vuosi	Isiä	Vuosi	Isiä
1965	1	1973	26
1968	5	1974	4
1969	9	1975	1
1970	6	1976	10
1971	13	1977	108
1972	22	1978	95

## 3. MENETELMÄT

Sukusiitoskertoimet laskettiin Keinosiemennisyhdistysten liitossa SAS-ohjelmistoon kuuluvalla sukusiitosohjelmalla, SAS The Inbreed Procedure. Sukusiitoksen vaikutuksia tutkittiin korrelaatio- ja regressioanalyysillä. Helsingin Yliopiston Kotieläinten jalostustieteen laitoksella aineistosta laskettiin eri vuosina syntyneiden lehmien ja sonnien additiiviset sukulaisuudet. Lisäksi laskettiin samana vuonna syntyneiden lehmien ja sonnien välinen additiivinen sukulaisuus. Additiivinen sukulaisuus on sama kuin sukulaisuuskerroin, kun mahdollista sukusiitosta ei oteta huomioon.

Molemmat sukusiitosohjelmat perustuivat sukulaisuus- ja sukusiitoskertoimien laskentaan taulukkomenetelmällä (esim. Van Vleck 1974). Yksilön 755147 yksinkertaistetusta sukutaulusta (Kuvio 6) ja tämän mukaan muodostetusta matriisista (Taulukko 11) näkyy taulukkomenetelmän periaate.



Kuvio 6. Yksilön 755147 A yksinkertaistettu sukutaulu.

Taulukko 11. Sukutaulu matriisina

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{4}$	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$
2	$\frac{1}{2}$	1	0	$\frac{1}{4}$	0	$\frac{1}{8}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{6}{64}$
3	0	0	1	0	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{4}$	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{5}{32}$
4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	0	1	0	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$
5	0	0	$\frac{1}{2}$	0	1	0	$\frac{1}{4}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{9}{64}$
6	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	0	$\frac{1}{2}$	0	1	0	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{17}{64}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{33}{128}$
7	0	0	$\frac{1}{4}$	0	$\frac{1}{4}$	0	1	0	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{16}$
8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{16}$	0	1	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{17}{64}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{9}{16}$
9	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{32}$	1	5 <sup>1)</sup>	$\frac{69}{64}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{133}{256}$
10	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{64}$	1	$\frac{69}{128}$	$\frac{5}{128}$	$\frac{37}{128}$
11	$\frac{3}{16}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{17}{64}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{17}{64}$	$\frac{69}{128}$	$\frac{69}{128}$	$\frac{5}{128}$	$\frac{69}{256}$	$\frac{101}{256}$
12	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{128}$	$\frac{69}{256}$	1	$\frac{325}{512}$
13	$\frac{2}{16}$	$\frac{6}{64}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{9}{64}$	$\frac{33}{128}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{133}{256}$	$\frac{37}{128}$	$\frac{101}{256}$	$\frac{325}{512}$	1 <sup>2)</sup>

$$1) A(9\ 10) = [A(9\ 7) + A(9\ 8)] / 2 = (1/8 + 1/32) = 5/64$$

$$2) A(13\ 13) = 1 + A(11\ 12) / 2 = 1 + (69/256) / 2 = 1 + \frac{69}{512}$$

$$F(13) = A(13\ 13) - 1 = 1 + \frac{69}{512} - 1 = \frac{69}{512}$$

A = additiivinen sukulaisuus (sukulaisuuskerroin)

F = sukuaitoskerroin

#### IV TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

##### 1. SUKUSIIITOSKERTOIMET

Vuonna 1980 syntyneiden lehmien keskimääräiseksi sukusiitoskertomeksi saatiin 1.06 %. Aineiston 1006:sta lehmästä 716:lla eli 71.17 %:lla oli nollaa suurempi sukusiitoskerroin, ja näiden sukusiitettujen yksilöiden keskimääräinen sukusiitoskerroin oli 1.49 %

Lehmien isien, 300 sonnin, keskimääräinen sukusiitoskerroin oli 0.64 %. Sonneista 95 eli 31.67 % oli sukusiitettyjä, ja näiden keskimääräinen sukusiitoskerroin oli 1.65 %.

Lehmien yhden prosentin suuruista keskimääräistä sukusiitoskerrointa voidaan pitää tyypillisenä lypsykarjapopulaation sukusiitoskertomeina. Kerroin on selvästi alempi kuin niissä tutkimuksissa saadut arvot, joissa polveutumista on seurattu aina ensimmäisiin kantakirjayksilöihin asti (Lindström ja Maijala 1971, Bowman ym. 1978), muttahuvin lähellä Yhdysvaltojen lypsykarjapopulaatioiden sukusiitoskertomeia (Hudson ja Van Vleck 1984 a ja b).

Tarkasteltaessa näiden yhdysvaltalaisien populaatioiden viimeisen ikäluokan kertomeia (Kuviot 1, 2 ja 3), jotka ajallisestikin ovat lähellä tämän tutkimuksen lehmiä, on molemmilla yhdysvaltalaisilla ay-populaatioilla selvästi suuremmat kertomet kuin suomalaisella ay-populaatiolla. Muiden yhdysvaltalaisien lypsykarjapopulaatioiden keskimääräiset sukusiitoskertomet ovat hyvin lähellä suomalaisen ay-populaation keskimääräistä sukusiitoskerrointa. Sukusiitettujen

yksilöiden määrä on suomalaisessa ay-populaatiossa suurempi kuin yhdysvaltalaisissa populaatioissa, mutta suurin osa sukusiitoskertoimista on alhaisia (Taulukko 12).

Taulukko 12. Lehmien ja sonnien jakauma sukusiitoskerroimen mukaan

Sukusiitoskerroin %	Lukumäärä	%	Kumuloituva %
<u>Lehmät</u>			
0	290	28.83	28.83
0.1 - 0.9	349	34.69	63.52
1.0 - 1.9	186	18.49	82.01
2.0 - 2.9	53	5.27	87.28
3.0 - 3.9	95	9.44	96.72
4.0 - 4.9	11	1.09	97.81
5.0 - 5.9	3	0.30	98.11
6.0 - 6.9	11	1.09	99.20
7.0 - 7.9	3	0.30	99.50
8.0 - 14.1	5	0.50	100.00
<u>Sonnit</u>			
0	205	68.33	68.33
0.4 - 0.8	56	18.67	87.00
1.2 - 1.6	13	4.33	91.33
3.1 - 3.9	12	4.00	95.33
6.3 - 6.6	12	4.00	99.33
7.8 - 12.9	2	0.67	100.00

Sukusiitettyjen eläinten määrä ja näiden keskimääräiset sukusiitoskerroimet eivät ole vertailukelpoisia muista populaatioista tehtyjen tutkimusten kanssa. Tietyn sukusiitoskerroimen ylittävien eläinten määrä ja näiden keskimääräinen su-

kusiitoskerroin antavat selvemmän kuvan populaatiossa käytetystä sukusiitoksesta--tällöin myös vertailu muihin tutkimuksiin on helpompaa. Etenkin sonneilla, joiden aineisto oli lehmäaineistoa suppeampi, tällainen vertailu on selvempi.

Varsinaista sukusiitosta, serkusparitusta ja sitä vastavaa ja läheisempiä parituksia, jotka aiheuttavat vähintään 6.25 %:n sukusiitoskertoimen, on käytetty hyvin vähän. Lehmistä 19:llä eli 1.89 %:lla ja sonneista 14:llä eli 4.67 %:lla sukusiitoskerroin vastasi tällaisia parituksia. Näiden keskimääräiset sukusiitoskertoimet olivat lehmillä 7.65 % ja sonneilla 6.96 %.

Verrattaessa voimakkaasti sukusiitettujen lehmien määrää ulkomaisten tutkimusten tuloksiin tulee suomalaisen ay-populaation läheisten paritusten vähyys esiin. Yli 10 %:n kertoimia oli ainoastaan kaksi ja näistäkin korkein vain 14.1 %, kun taas Hodgesin ym. (1979) sekä Hudsonin ja Van Vleekin (1984 a ja b) tutkimuksissa esiintyi useita yksilöitä, joilla sukusiitoskerroin oli yli 15 %. Tällaisia yksilöitä Yhdysvalloissa oli koko ay-populaatiossa noin 2 % ja keinosiemennyspopulaatioissa ayrshirellä 1.5 %, guernseyllä 2.3 %, holsteinilla 0.6 %, jerseyllä 1.6 % ja brown swissillä 0.9 % (Hudson ja Van Vleck 1984 a ja b). Osalla populaatioista vähintään 15 %:n suuruisia kertoimia oli siis enemmän kuin suomalaisessa ay-populaatiossa vähintään 6.25 %:n suuruisia sukusiitoskertoimia.

Suomalaisten keinosiemennyssonnien sukusiitoskertoimet olivat hieman alle Yhdysvaltojen ay-populaation keinosiemennyssonnien kertoimien, mikäli suomalaisista sonneista sukusiitetyiksi tulkittaisiin ne sonnit, joiden sukusiitosker-

roin oli yli 6.25 %. Hudsonin ja Van Vleckin (1984 a) mukaan ayrshiresonneista sukusiitettyjä oli 4.7 % ja näiden keskimääräinen sukusiitoskerroin oli 8.3 %. Muiden rotujen sonneilla oli alhaisemmat kertoimet.

Mikäli sukusiitokseksi tulkittaisiin 3.125 %:n ja sitä suuremmat kertoimet, olisivat sukusiitettyjen lehmien ja sonnien lukumäärät, prosenttiosuudet ja näiden keskimääräiset sukusiitoskertoimet lehmillä 126 (12.52 %) ja 4.1 % sekä sonneilla 26 (8.67 %) ja 5.24 %. Hodgesin ym. (1979) tarkastelemassa holstein-friisiläispopulaatiossa 9.8 %:lla lehmistä oli vähintään 3.125 %:n sukusiitoskerroin, mutta näiden keskimääräinen sukusiitoskerroin oli 6 % eli selvästi suomalaisen ay-populaation arvoa suurempi.

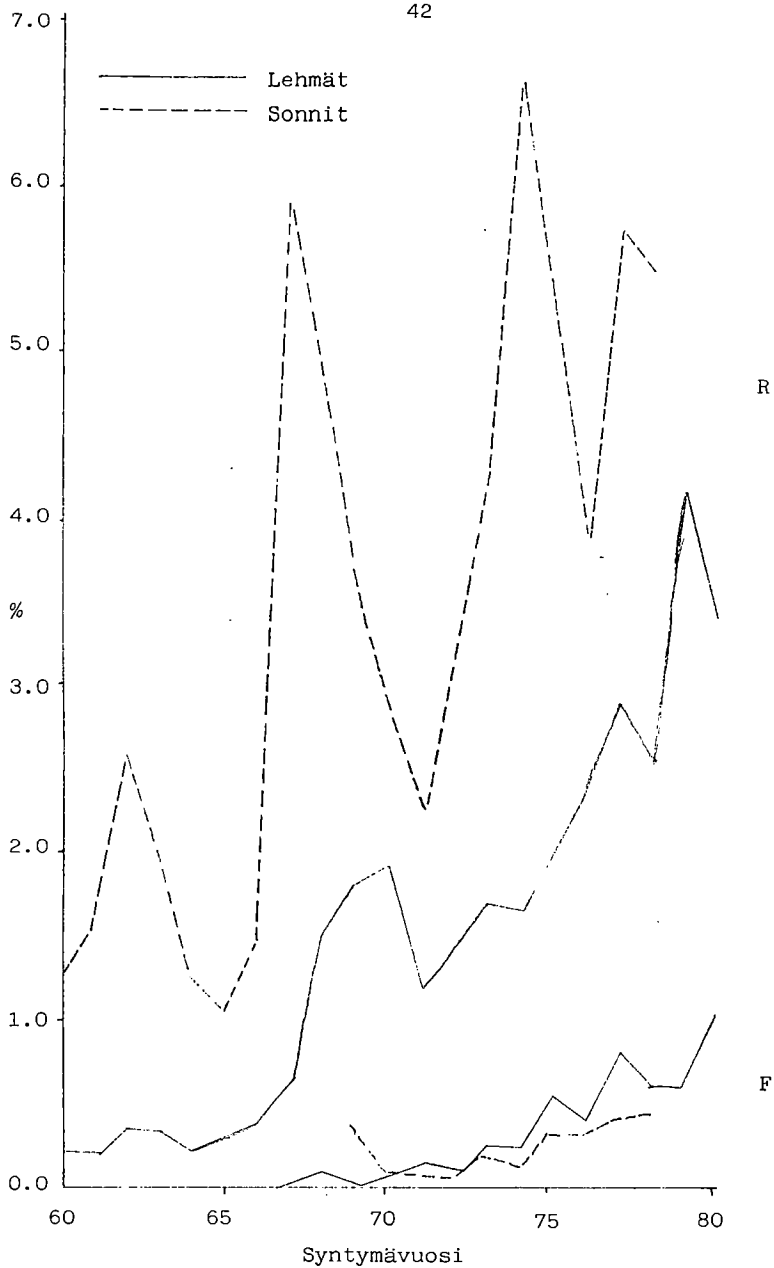
Sukusiitoskertoimen kasvu sukupolvessa on ollut vähäistä. Keskimääräisen sukusiitoskertoimen ero vuonna 1980 syntyneiden lehmien ja näiden emien välillä oli noin 0.4 prosenttiyksikköä (Taulukko 13, Kuvio 7). Tästä erosta osa johtui aineiston rakenteesta ja lisääntyneistä polveutumistiedoista, joten todellinen ero olisi ollut pienempi, jos emillä olisi ollut yhtä täydelliset sukutaulut. Lindströmin ja Maijalan (1971) mukaan sukusiitoskerroin oli kasvanut sukupolvessa vuosina 1915 - 1965 keskimäärin 0.32 prosenttiyksikköä ja keinosiemennysaikana vuosina 1955 - 1965 noin 0.63 prosenttiyksikköä.

Sonneja ei voitu tarkastella samalla tavalla kuin lehmiä, mutta vuosina 1977 ja -78 syntyneiden sonnien keskimääräiset sukusiitoskertoimet olivat hieman kaikkien isien kertoimia alempia. Vuonna 1980 syntyneiden lehmien 300:n isän keski-

määräinen sukusiitoskerroin oli 0.64 % ja vuosina 1977 ja -78 syntyneiden isien keskimääräinen sukusiitoskerroin oli noin 0.48 %. Kaikkien sonnien keskimääräiset sukusiitosker-  
toimet olivat samoina vuosina syntyneiden lehmien kertoimia  
alempia (Taulukko 13, Kuvio 7).

Taulukko 13. Lehmien ja sonnien keskimääräiset sukusiitos-  
kertoimet (F)

Vuosi	Eläimiä	F %
<u>Lehmät</u>		
1975	232	0.583
1976	195	0.438
1977	195	0.835
1978	218	0.637
1979	8	0.623
1980	1005	1.041
<u>Sonnit</u>		
1973	90	0.208
1974	86	0.145
1975	74	0.359
1976	41	0.343
1977	106	0.464
1978	94	0.490



Kuvio 7. Tutkimusaineiston lehmien ja sonnien sukulaisuuskertoimien (R) ja sukusiitoskertoimien (F) kehitys eläinten syntymävuosien mukaan.

## 2. SUKULAISUUSKERTOIMET JA SATUNNAISPARITUKSISTA ODOTETUT SUKUSIIITOSKERTOIMET

Vuonna 1980 syntyneiden lehmien keskimääräinen sukulaisuuskerroin (additiivinen sukulaisuus) oli 3.46 %, ja näiden vuosina 1977 ja -78 syntyneiden isien keskimääräinen sukulaisuuskerroin 5.63 % (Taulukko 14). Huippusonnien vaikutus näkyy sonnien sukulaisuuskertoimen suuressa vaihtelussa (Kuvio 7). Sonnien sukulaisuuskerroin on suuri ikäluokassa, jossa joidenkin huippusonnien jälkeläisiä on runsaasti. M.Inssin voimakas vaikutus ilmenee sekä lehmillä että sonneilla 1960-luvun loppupuolella selvänä sukulaisuuskertoimien nousuna (Kuvio 7).

Ei-sukusiitetyssä populaatiossa satunnaisparitusten vallitessa on sukusiitoskerroin puolet sukulaisuuskertoimesta. Satunnaisparituksesta odotettu sukusiitoskerroin saadaan jakamalla lehmien ja sonnien välinen sukulaisuuskerroin kahdella. Samana vuonna syntyneiden lehmien ja sonnien välisistä sukulaisuuskertoimista lasketut odotetut sukusiitoskertoimet osoittavat, että läheisiä parituksia on selvästi vältetty. Todelliset sukusiitoskertoimet ovat olleet selvästi satunnaisparituksista odotettuja kertoimia alhaisempia (Taulukko 14). Vuonna 1978 syntyneiden lehmien ja sonnien välisestä sukusiitoskertoimesta laskettu odotettu sukusiitoskerroin oli noin 0.64 prosenttiyksikköä suurempi kuin vuonna 1980 syntyneiden lehmien todellinen keskimääräinen sukusiitoskerroin (Taulukko 14). Vuonna 1965 oli ero todellisen ja odotetun sukusiitoskertoimen välillä ollut 0.6 prosenttiyksikköä (Lindström ja Maijala 1971).

Taulukko 14. Lehmien ja sonnien sukulaisuuskertoimet (R) ja samana vuonna syntyneiden lehmien ja sonnien väliset sukulaisuuskertoimet ja satunnaisparituksista odotetut sukusiitoskertoimet (F)

Vuosi	Eläimiä	R %	Vuosi	R %	Odotettu F %
<u>Lehmät</u>			<u>Lehmät x sonnit</u>		
1975	232	1.999	1973	2.451	1.226
1976	195	2.393	1974	2.556	1.278
1977	195	2.896	1975	2.710	1.355
1978	218	2.536	1976	2.742	1.362
1979	8	4.200	1977	3.679	1.840
1980	1005	3.462	1978	3.363	1.682
<u>Sonnit</u>					
1973	90	4.307			
1974	86	6.713			
1975	74	5.411			
1976	41	3.900			
1977	106	5.746			
1978	94	5.493			

### 3. SUKUSIIITOSKERTOIMET SUKURYHMITTÄIN

D-sukuryhmän lehmien keskimääräiset sukusiitoskertoimet olivat muiden ryhmien lehmien keskimääräisiä kertoimia suurempia (Taulukko 15). Erot eivät olleet kuitenkaan kovin suuria, ja ne johtuivat muutamasta D-ryhmän voimakkaasti sukusiitetyistä lehmästä (Taulukko 16).

Myös D-ryhmän sonnien keskimääräinen sukusiitoskerroin oli muiden ryhmien keskimääräisiä kertoimia suurempi, mutta D-ryh-

män sukusiitettyjen sonnien keskimääräinen sukusiitoskerroin oli alhaisin (Taulukko 15). Erot johtuivat osaksi muutamasta voimakkaasti sukusiitetystä sonnista, mutta ennenkaikkea sukusiitettyjen yksilöiden suuresta määrästä D-ryhmässä (Taulukko 16). Sukusiitettyjen sonnien suuri määrä nosti keskimääräistä sukusiitoskerrointa, mutta koska kertoimet olivat pieniä, jäi sukusiitettyjen keskimääräinen sukusiitoskerroin alhaiseksi. Alhaisten kertoimien suuri määrä johtui D-ryhmän voimakkaasta asemasta. Sukutauluissa on ollut eniten D-ryhmän sonneja, joten näiden sukulaisuudet ovat tulleet parhaiten esille.

Taulukko 15. Keskimääräiset sukusiitoskertoimet sukuryhmittäin

Ryhmä	Kaikki		Sukusiitetyt	
	Eläimiä	F %	Eläimiä	F %
<u>Lehmät</u>				
B	288	0.98	212	1.33
C	364	0.99	248	1.45
D	354	1.21	256	1.67
<u>Sonnit</u>				
B	81	0.59	19	2.50
C	105	0.41	20	2.11
D	114	0.91	56	1.85

Taulukko 16. Lehmien ja sonnien jakautuminen ryhmittäin eri sukusiitosluokkiin

Sukusiitoskerroin %	Eläimiä		
	B	C	D
<u>Lehmät</u>			
0	76	116	98
0.1 - 0.9	107	116	126
1.0 - 1.9	57	73	56
2.0 - 2.9	17	17	19
3.0 - 3.9	25	33	37
4.0 - 4.9	4	4	3
5.0 - 5.9	1	1	1
6.0 - 6.9	-	2	9
7.0 - 7.9	-	-	3
8.1	1	-	-
9.4	-	1	1
13.5	-	1	-
14.1	-	-	1
<u>Sonnit</u>			
0	62	85	58
0.4	-	4	15
0.8	10	7	20
1.2	-	1	2
1.6	2	1	7
3.1	3	3	3
3.5	-	-	2
3.9	-	1	-
6.3	2	3	3
6.6	1	-	3
7.8	1	-	-
12.9	-	-	1

D-sukuryhmän muita ryhmiä korkeampiin sukusiitoskertoiimiin on ollut syynä Mäkimattilan Inssi AAA 26350. M.Inssiin sukusiitettyjä yksilöitä oli voimakkaasti sukusiitetyistä ( $F_x$  vähintään 6.25 %) 19:stä lehmästä 15 ja 14:stä sonnista 8 (Taulukko 17).

M.Insillä on ollut ja on edelleenkin huomattava vaikutus suomalaisessa ayrshirepopulaatiossa, mutta senkin vaikutus on vähenemässä. Se esiintyi useimmissa sukutauluissa neljännessä tai sitä kaukaisemmissa sukupolvissa, mutta isänisänä enää 81 kertaa. M.Inssin pojan, Heikkilän Sutkin AAA 31331, lukuisten jälkeläisten kautta M.Inssin vaikutus säilyy vielä pitkään (Taulukot 17 ja 18).

Tutkimuksessa ei selvitetty kuinka suuri osa populaation geeneistä oli tuontisonneista peräisin, mutta isän puoleista polveutumista tarkastelemalla nähdään kahden merkittävimmän tuontisonnin, S.B.Commanderin AAA 31700 ja A.Lierin AAA 32605, suuri vaikutus ay-populaation rakenteeseen (Taulukko 18). Tuontisonnien käyttö on vähentänyt keskittymistä M.Inssiin.

Ryhmäjalostuksen merkityksen arviointi on vaikeaa. Todennäköisesti on hieman tingitty geneettisestä edistymisestä ylläpitämällä erillisiä sonniryhmiä. Toisaalta ilman ryhmäjalostusta populaation keskimääräinen sukusiitoskerroin voisi olla suurempi ja joitakin hyviä geenejä oltaisiin voitu menettää. Lisäksi ryhmäjalostus on ollut yksinkertainen menetelmä: siementäjien on ollut helppo toteuttaa sitä ja läheisten paritusten välttäminen on ollut mahdollista niissäkin karjoissa, joissa eläinten polveutumista ei tunneta.

Taulukko 17. Voimakkaasti sukusiitetyt yksilöt

<u>Sonnit</u>					<u>Lehmät</u>						
Son-	Ryh-	Isän	F <sub>x</sub>	%	Sukusii-	Leh-	Ryh-	Isän	F <sub>x</sub>	%	Sukusii-
nin	mä	n:o			tetty	män	mä	n:o			tetty
n:o					sonniin	n:o					sonniin
					n:o						n:o
32431	C	27875	6,3	19909	752228	D	33131	6,3	26350		
32584	B	29107	6,3	23111	755091	D	31331	6,3	26350		
32872	B	29107	6,3	16628	755147	C	35069	13,5	31838		
33132	B	30480	6,6	23597	756396	D	31231	6,3	26350/24666		
34396	D	30673	6,3	26350	771953	C	33165	6,3	26350		
34762	D	31331	6,3	26350	775682	D	31499	9,4	26350		
34778	D	31331	12,9	31331	778827	D	34778	6,3	26350		
34843	D	31331	6,6	26350	780024	C	35014	6,3	26350/28049		
34855	B	30992	7,8	23597	780313	D	31331	6,3	26350		
34936	C	31838	6,3	28200	786089	D	31231	6,3	26350		
34942	D	31331	6,6	26350	786283	D	31231	7,4	26350		
34976	D	31331	6,3	26350	793449	D	32772	7,0	26350		
35084	C	32345	6,3	26350	800249	D	34762	14,1	26350		
35150	D	31331	6,6	26350	802157	B	34734	8,1	30992		
					802605	D	34942	7,0	26350/23597		
					804331	D	34775	6,3	30485		
					815515	D	32643	6,4	26350		
					825809	C	33126	9,4	32605		
					833702	D	32205	6,3	26350		

Taulukko 18. Kahdeksan tutkimusaineistossa useimmin lehmän isänisänä esiintynyttä sonnia

Kantakirjannumero, sukuryhmä ja nimi	Esiintymiskerrat	
	Isänä	Isänisänä
AAA 26350 D M.Inssi	-	81
AAA 30480 B Nokan Olpi	-	64
AAA 30992 B Harjupeltolan Pilatus	-	55
AAA 31331 D Heikkilän Sutki	27	100
AAA 31671 B Majron Sora	-	98
AAA 31700 C S.B.Commander	-	56
AAA 31838 C Rutilan Topi	13	52
AAA 32605 C A.Lier	-	112

#### 4. SUKUSIIITOKSEN VAIKUTUKSET

##### 4.1. Lehmät

Lehmien sukusiitoskertoimilla ja tarkastelluilla ominaisuuksilla ei havaittu olevan yhteyttä. Saadut regressio- ja korrelaatiokertoimet eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (Taulukko 19). Tulos oli odotettu, koska lehmien sukusiitos oli vähäistä, ja korkeita sukusiitoskertoimia oli vain muutamia.

Maïto- ja rasvatuotokset alenivat hieman sukusiitoksen lisääntyessä (Taulukko 19). Tämä viittaa siihen, että sukusiitoksen vaikutukset olisivat suomalaisessa ay-populaatiossa samansuuntaisia ja mahdollisesti samansuuruisia kuin muissa lypsykarjapopulaatioissa. Toisaalta sukusiitoksen lisääntyessä siemennysten lukumäärä tiineyttä kohti väheni ja poiki-

maikä aleni (Taulukko 19). Ulkomaisissa tutkimuksissa on saatu juuri vastakkaisia tuloksia--niissä saadut tulokset osoittavat sukusiitoksen myöhästyttäneen sukukypsyyttä ja lisänneen siemennysten lukumäärää tiineyttä kohti (Young ym. 1969). Poikimaiällä on selvä positiivinen korrelaatio siemennysten lukumäärään, joten tutkimuksessa voimakkaammin sukusiitettyjen lehmien alhaiset siemennysten lukumäärät tiineyttä kohti selittävät osaksi alentunutta poikimaikää. Voimakkaammin sukusiitettyjen lehmien alhainen poikimaikä voi puolestaan selittää maidon- ja rasvantuotannon alentumista.

Sukusiitoksen vaikutusten selvittäminen eri ominaisuuksiin olisi ollut mahdollista, mikäli aineisto olisi ollut huomattavasti suurempi eli useita kymmeniä tuhansia yksilöitä. Näin olisi saatu enemmän yksilöitä korkeampiin sukusiitosluokkiin ja suurempi määrä tuotostietoja. Toinen vaihtoehto olisi ollut karjansisäinen tarkastelu jota on käytetty Hodgesin ym. (1979) tutkimuksessa.

Sukusiitostutkimuksissa on päädytty yhdenmukaisiin tuloksiin, ja voidaan olettaa, ettei suomalainen ay-populaatio poikkea sukusiitosdepression voimakkuudeltaan oleellisesti muista lypsykarjapopulaatioista. Täten nykyinen, alhainen sukusiitoskerroin ei aiheuttaisi tuotostappioita, ei hedelmällisyyden ja elinvoiman heikkenemistä eikä hidastaisi eläinten kasvua.

Taulukko 19. Sukusiitoskertoimen prosenttiyksikön kasvun aiheuttama muutos lehmien tuotoksiin ja tuotoksien ja sukusiitoskertoimen väliset korrelaatiot sukusiitosluokittain

Ominaisuus	Keskiarvo ja havain- toja	Regressio- kerroin (b)	b:n keski- virhe	Korrelaa- tokerroin
<u>Maito</u> 1)				
Kaikki	5206.49 (653)	-11.25	26.49	-0.02
F ≥ 3.0 %	5152.64 (85)	-48.53	67.53	-0.08
F ≥ 6.0 %	4983.92 (13)	-97.92	125.37	-0.23
<u>Rasva</u> 2)				
Kaikki	233.54 (653)	-0.61	1.19	-0.02
F ≥ 3.0 %	231.52 (85)	-2.73	2.86	-0.10
F ≥ 6.0 %	217.85 (13)	-4.29	5.59	-0.23
<u>Indeksi</u> 3)				
Kaikki	104.32 (647)	0.24	0.27	0.04
F ≥ 3.0 %	105.01 (85)	-0.12	0.60	-0.02
F ≥ 6.0 %	105.00 (13)	-1.34	2.58	-0.16
<u>Siemennys</u> 4)				
Kaikki	1.60 (694)	-0.02	0.02	-0.03
F ≥ 4.0 %	1.33 (27)	-0.06	0.06	-0.19
F ≥ 6.0 %	1.36 (14)	-0.22	0.21	-0.30
<u>Poikimaikä</u> 5)				
Kaikki	779.04 (753)	-1.13	1.93	-0.02
F ≥ 4.0	771.10 (27)	-7.58	6.80	-0.21
F ≥ 6.0	774.07 (14)	-14.34	11.91	-0.33

1) 305 päivän maitotuotos kg.

2) 305 päivän rasvatuotos kg.

3) Lehmäindeksi.

4) Siemennysten lukumäärä tiineyttä kohti.

5) Poikimaikä (päivää).

#### 4.2. Sonnit

Sonnien jälkeläisarvostelutuloksista löydettiin viisi ominaisuutta, joilla oli tilastollisesti merkitsevä yhteys sukusiitoskertoimeen (Taulukko 20). Regressiokertoimien keskivirheet olivat kuitenkin suuria ja selitysasteet alhaisia (Taulukko 21). Tulosten merkitystä vähentävät edelleen monet tekijät. Tyttärien tuloksissa, joiden mukaan jälkeläisarvostelu oli tehty, olisi pitänyt ottaa huomioon tyttärillä esiintyvä sukusiitosdepressio tai heteroosivaikutus. Ominaisuuksien väliset korrelaatiot tai muut yhteydet osaltaan selittävät sukusiitoskertoimien ja ominaisuuksien yhteyksiä. Neliprosenttisen maitotuotoksen ja kokonaisjalostusarvon korrelaatio on korkea ja uusimattomuusprosentti on alentunut tuotosten kasvussa. Rasvaprocentin poikkeama liittyy puolestaan M.Inssin AAA 26350 jälkeläisten, etenkin H.Sutkin AAA 31331 poikien, korkeisiin rasvaprocentin poikkeamiin (Taulukko 22).

Tulos osoittaa korkeintaan, että jalostuseläinten sukusiitoksella voidaan saavuttaa myös hyviä tuloksia. Tähän on syytä nimenomaan hyvien geenien homotsygotian lisääntyminen, ei sukusiitos sinänsä.

Taulukko 20. Sonniien sukusiitoskertoimen ja jälkeläisarvos-  
telutulosten korrelaatiot (r)

Indeksiominaisuus	r	Indeksiominaisuus	r
4-% maito	0.13 *	Hedelmällisyys	-0.11
Rasva-%	0.13 *	Kuolleisuus	-0.09
Valkuais-%	0.08	Lypsettävyys	0.10
Valkuainen	0.02	Luonne	0.00
Kasvu	0.00	Utarerakenne	0.28 *
UM-%	-0.14 *	Jalostusarvo	0.13 *

\* Tilastollisesti merkitsevä,  $P < 0.05$ .

Taulukko 21. Sukusiitoskertoimen prosenttiyksikön kasvun  
aiheuttama muutos sonniien jälkeläisarvostelu-  
tuloksiin

Indeksi- ominaisuus	Aineiston keskiarvo ja havainnot	Regressio- kerroin (b)	b:n kes- kivirhe	Selitys- aste R
4-% maito	105.60 (291)	0.766	0.355	0.0158
Rasva-%	0.02 (291)	0.013	0.006	0.0162
UM-%	101.07 (241)	-0.795	0.366	0.0194
Utarerakenne	100.09 (58)	0.755	0.342	0.0800
Jalostusarvo	3.16 (208)	0.796	0.416	0.0175

Taulukko 22. Voimakkaasti sukusiitettyjä sonneja (Taulukko 17) ja näiden jälkeläisarvostelutuloksia

Sonnin n:o	4-% maito	Rasva-%	UM-%	Utare- rakenne	Jalostus- arvo
34396 1)	99	0.24	103	--	-9
34778 2)	123	0.13	87	108	20
34843 1)	129	0.41	91	112	25
34855	116	0.02	100	108	9
34936	111	0.03	104	--	16
34942 1)	106	-0.01	102	--	4
34976 1)	110	0.13	100	--	9
35084 1)	110	0.03	81	--	6
35150 1)	121	0.06	99	--	20

1) Sukusiitetty M.Inssiin.

2) Sukusiitetty H.Sutkiin.

## V YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa saatiin keskimääräisiksi sukusiitoskertoi-  
miksi lehmille 1.06 % ja sonneille 0.64 %. Sukusiitettystä  
yksilöitä eli eläimiä joiden sukusiitoskerroin oli nollaa  
suurempi oli lehmistä 71.17 % ja sonneista 31.67 %. Määrät  
olivat suuria, mutta suurimmalla osalla näistä sukusiitetyis-  
tä yksilöistä sukusiitoskertoimet olivat alhaisia. Sukusii-  
tettujen yksilöiden keskimääräiset sukusiitoskertoimet jäivät  
lehmillä 1.49 %:iin ja sonneilla 1.65 %:iin. Varsinaista su-  
kusiitosta oli käytetty erittäin harvoin, sillä vähintään  
6.25 %:n sukusiitoskertoimia oli ainoastaan 1.89 %:lla leh-  
mistä ja sonneista 4.67 %:lla. Läheisten paritusten välttämi-  
nen ilmeni myös siitä, että satunnaisparituksista odotetut  
sukusiitoskertoimet olivat todellisia sukusiitoskertoimia  
suurempia.

Koska sukusiitoskertoimet olivat näin alhaisia, ei suku-  
siitosdepressiotakaan esiintynyt. Voidaan olettaa, ettei su-  
kusiitos aiheuta tällä hetkellä ayrshirepopulaatiossa mitään  
haittoja. Sukusiitoskertoimet olivat alhaisia ilmeisesti pää-  
asiassa ryhmäjalostuksen ja tuontisonnien ansiosta.

Sukusiitos ei ole lisääntynyt jalostuksen tehostuessa ei-  
vätkä huippusonnien kasvaneet jälkeläismäärät ole aiheutta-  
neet ongelmia. Sukusiitoksen välttäminen ja sukusiitoskertoii-  
men kehityksen seuranta ovat kuitenkin tarpeen. Tietyissä vai-  
heessa sukusiitosdepressio saattaa kumota jalostuksella saa-  
vutetut tulokset. Tärkein menetelmä sukusiitoksen ehkäisyssä  
on läheisten paritusten välttäminen. Tämä edellyttää eläin-

ten polveutumisten tuntemista. Kun lehmän polveutuminen tunnetaan, voidaan valita paras mahdollinen sonni lisäämättä sukusiitosta. Koska eläinten tuotostiedot ovat parantuneet ja sukulaisuus- ja sukusiitoskertoimien laskenta on jatkuvasti helpottunut, voidaan sukusiitosta ehkäistä yhä tarkoituksenmukaisemmin.

Huippusonnien jälkeläismäärät todennäköisesti kasvavat jatkuvasti, mutta tästä tuskin on suurtakaan vaaraa. Mäkimatilan Inssin laaja käyttö ei ole ollut haitallista, ja ilmeisesti yhdelläkään isäsonnilla ei tule olemaan niin paljon poikia kuin M.Inssillä. Kun vielä otetaan huomioon suomalaisen ayrshirepopulaation suuri koko ja, että maailmassa on useita ayrshirepopulaatioita, joista voidaan ostaa spermaa, ei sukusiitos tulevaisuudessakaan tule todennäköisesti muodostumaan ongelmaksi.

VI KIRJALLISUUSLUETTELO

- BAR-ANAN,R. 1983. Continuous progeny testing, use and selection of proven bulls in Israel. J.Sci.Agric.Soc.Finl. 55: 489 - 495.
- BOWMAN,C.T., BUTLER,E.A. & TUNCEL,E. 1978. Coefficients of inbreeding and degree of relationship for the British Friesian herd. Anim.Prod. 27: 269 - 276.
- BURNSIDE,E.B., SCHAEFFER,L.R. & KENNEDY,B.W. 1982. Desing, structure and economics of a national dairy improvement scheme. 2nd world congress on genetics applied to livestock production. Madrid 1982. V: 357 - 369.
- DAYTON,A.D. 1970. The effects of inbreeding on heritable traits in a herd of Jersey cattle. Dissertation Abstr. Intern. B. 30: 5374:
- DICKERSON,G.E. 1973. Inbreeding and heterosis in animals. Proc. of the Anim.Breed. and Genet. Symp. in honor of Dr. Jay L. Lush, held July 29th 1972 at Virginia Polytecnic Institute and State University, Blacksberg, Virginia. 104 s.
- DINKEL,C.A., ANDERSON,L.M., PARKER,W.R. & TREVILLYAN,W.R. 1972. Effects of inbreeding on fertility and livability in beef cattle. J.Anim.Sci. 35: 725 - 729.
- HODGES,J., TANNEN,L., MCGILLIVRAY,B.J., HILEY,P.G., & ELLIS, S. 1979. Inbreeding levels and their effect on milk, fat and calving interval in Holstein-friesian cows. Can.J. Anim.Sci. 59: 153 - 158.
- HOLMA,K. 1982. Suomen ayrshirejalostuksen historia 1951 - 1981. 367 s. Mikkeli.

- HUDSON,G.F.S. & VAN VLECK,L.D. 1984 a. Inbreeding of artificially bred dairy cattle in the Northeastern United States. J.Dairy Sci. 67: 161 - 170.
- 1984 b. Effects of inbreeding on milk and fat production, stayability and calving interval of registered Ayrshire cattle in the Northeastern United States. J.Dairy Sci. 67: 171 - 179.
- KSYL. 1985. Keinosiemennysyhdistysten liitto. Vuosikertomus 1984. Tikkurila 1985.
- KIMMO,I. 1961. Ayrshirerotuisten keinosiemennyssonien sukulaisuussuhteista. Helsingin Yliopiston kotieläinten jalostustieteen laitos. Laudaturtyö, 85 s.
- LEDERER,J., BOGNER,H., GOTTSCHALK,A. & AVERDUNK,G. 1975. Inzuchtverhältnisse in der Fleckvieh-KB-Population und deren auswirkung auf die milchleistung. (Summary). Bayerisches Landw.J.buch. 52: 3 - 13.
- LINDSTRÖM,U. 1962. Inavel och släktskapsförhållanden inom ayrshirerasen i Finland. Helsingin Yliopiston kotieläinten jalostustieteen laitos. Laudaturtyö, 82 s.
- & MAIJALA,K. 1971. Development of the coefficients of inbreeding and relationship in the Finnish Ayrshire breed. Z.Tierzüchtg.Züchtgsbiol. 87: 335 - 347.
- MTHT. 1970 - 1984. Tilastoa Suomen karjantarkkailutoiminnasta. Maatil.hall. Tied.
- O'CONNOR,L.K. & WILLIS,M.B. 1967. The effect of artificial insemination on the breed structure of British Friesian cattle. Anim.Prod. 9: 287 - 293.

- POLLAK,E.J. & UFFORD,G.R. 1978. Effect of inbreeding on within-herd genetic evaluation of beef cattle. J.Anim.Sci. 47: 853 - 857.
- ROBERTSON,A. & RENDEL,J.M. 1950. The use of progeny testing with artificial insemination in dairy cattle. J.Genet. 50: 21 - 31.
- & MASON,I.L. 1954. A genetic analysis of the Red Danish breed of cattle. Acta Agr.Scand. 4: 257 - 265.
- SEYKORA,A.J. & McDANIEL,B.T. 1981. Too few sires in our dairy breeds ?. Adv.Anim.Breeder 29: 7 - 11.
- VAN VLECK,D. 1974. Notes on the theory and application of selection principles for the genetic improvement of animals. Cornell University, Ithaca. New York.
- WRIGHT,S. 1922. Coefficients of inbreeding and relationship. Amer.Nat. 56: 330 - 338.
- & McPHEE,H.C. 1925. An approximate method of calculating coefficients of inbreeding and relationship from livestock pedigrees. J.Agric.Res. 31: 377 - 383.
- YOUNG,C.W. 1984. Inbreeding and the gene pool. J.Dairy Sci. 67: 472 - 477.
- YOUNG,C.W., TYLER,W.J., FREEMAN,A.E., VOELKER,H.H., MCGILLIARD,L.D. & 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.

## SARJASSA ILMESTYNYT VUODESTA 1980 LÄHTIEN:

40. RUOHOMÄKI, HILKKA, 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, HILKKA, 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, HILKKA, 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, LIISA, BOMAN, MARJATTA & MOISIO, S., 1981. Lammastalouden rakenne ja merkitys elinkeinona Suomessa, 25 s.
50. LEUKKUNEN, ANU, 1982. Keinosiemennyskarjujen jälkeläisarvostelu tyttären porsimistulosten perusteella. Lisensiaattityö, 88 s.
51. LAURILA, TERHI, 1982. Kilpailutulosten käyttö ratsuhevosten suorituskyvyn mittaamisessa. Pro gradu-työ, 84 s.
52. LINDSTRÖM, U., 1982. Merkkigeenien ja -aineiden käyttöarvosta kotieläinjalostuksessa, 13 s.
53. LEUKKUNEN, ANU, 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, HILKKA, 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, MINNA-LIISA, 1983. Hevosen keinosiemennys tuore- ja pakastespermalla. Pro gradu-työ, 63 s.
61. MARKKULA, MERJA, 1984. Kanojen yleiseen sairaudenvastustuskykyyn liittyviä tekijöitä, 24 s.

62. MÄNTYSAARI, E., 1984. Valintaindeksi jälkeläisarvosteltujen keinosiemennyssonnien kokonaisjalostusarvon kuvaajana. Pro gradu-työ, 86 s.
63. LAUKKANEN, HANNELE, 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 maitotuotukseen. 78 s.
65. MAIJALA, K., 1984. Ulkomaisia kokemuksia suomenlampaasta ja sen risteytyksistä. 27 s.
66. ARONEN, PIRJO, 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, AULI, 1985. Tilatason jalostussuunnitelmien toteutuminen. Pro gradu-työ, 45 s.
69. SEVON-AIMONEN, MARJA-LIISA, 1985. Risteytysvaikutus sikojen tuotanto-ominaisuuksissa. Pro gradu-työ, 89 s.
70. SAASTAMOINEN, M., 1985. Lypsylehmän karkearehun syönti- ja hyväksikäyttökyvyn jalostusmahdollisuudet. Pro gradu-työ, 76 s.
71. FALCK-BILLANY, HARRIET, 1985. Celltalets samt vissa polymorfa proteinerers användbarhet vid avel för mastitresistens. Pro gradu-työ, 54 s.
72. FALCK-BILLANY, HARRIET & MAIJALA, K., 1985. Jalostusvalinnan mahdollisuudet muuttaa maidon rasva- ja valkuaiskoostumusta. 38 s.
73. a. OJALA, M., 1986. Use of race records for breeding evaluation of trotters in Finland. Väitöskirja, 18 s., 4 liitettä.
73. b. OJALA, M., 1986. Use of race records for breeding evaluation of trotters in Finland. Väitöskirjan lyhennelmä, 18 s.
74. SÄYNÄJÄRVI, M., 1986. Sukusiitoskertoimet suomalaisessa ayrshirepopulaatiossa ja sukusiitoksen vaikutukset eri ominaisuuksiin. Pro gradu-työ, 59 s.