

Sonnien sperman määrä- ja
laatutekijöiden yhteydet ja niiden
vaihteluun vaikuttavat tekijät

Ilkka Raukola

Helsingin Yliopisto
Kotieläinten jalostustieteen laitos

Helsinki 1990

Julkaisijat:

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

Sonnien sperman määrä- ja
laatutekijöiden yhteydet ja niiden
vaihteluun vaikuttavat tekijät

Ilkka Raukola
kotieläinten jalostustieteen
pro gradu-työ 1989

ISBN 951-45-5365-9

ISSN 0356-1429

Helsinki 1990

Yliopistopaino

Abstract

Työn tarkoitus oli tutkia sonnien spermantuotantoon systemaattisesti vaikuttavia ympäristötekijöitä sekä genettisiä tekijöitä. Aineistosta laskettiin spermaominaisuuksien periytymiaasteet ja toistuvuudet ayrshirerodun sonneille sekä toistuvuudet *Fr*- ja *Sk*-rotujen sonneille. Lisäksi laskettiin eri ominaisuuksien fenotyypilliset korrelaatiot.

Tutkimuksen aineistona oli Itä- ja Keski-Suomen Keinosiemennysyhdistyksen atk:lle tallennettu sperma-annosten keskusvarastokirjanpito ajalta 1.1.1979–30.7.1988. Aineistoon lisättiin muista tiedostoista tiedot sonnien isistä sekä syntymäajoista. Varsinaisten analyysien aineistona oli tämän jälkeen spermantuotantotiedot 297 *Ay*-, 9 *Sk*- ja 91 *Fr*-sonnilta. Spermanottokertoja aineistossa oli yhteensä 41 148 kpl.

Sonnien vanhetessa ei havaittu spermantuotannon laadullista tai määrällistä heikkenemistä sonnien asemallaoloaikana. Määrällisesti paras spermantuotantovuoden aika on kesä ja laadullisesti parasta spermaa sonnit tuottavat keväällä ja syksyllä. Spermanottovuosien osalta oli tyypillistä määrällisten ominaisuuksien kasvu ja elävyyksien heikkeneminen. Ympäristötekijöiden vaikutusten osalta vastasivat tutkimustulokset kirjallisuudessa esitetyt.

Ayrshirerodulla lasketut heritabiliteetit olivat tutkimuksen mukaan hyvin pieniä. Ainoat selkeästi yli nollan olevat arvot saatiin ejakulaation tilavuuksissa ja tiheyksissä arvojen vaihdellessa 0.06 ja 0.18 välillä. Suurimmat toistuvuudet saatiin sperman määrällisissä ominaisuuksissa (n. 0.20–0.30) ja pienimmät elävyyksissä (n. 0.10–0.15). Friisiläisrodulla olivat lukuarvot jonkin verran suurempia kuin *Sk*- ja *Ay*-roduilla. Sperman määrä- ja laatuominaisuuksien yhteydet olivat tutkimuksen perusteella pieniä mutta suotuisia.

Analyysitulosten tulkintaa vaikeutti hylättyjen spermaerien puuttuminen aineistosta.

Sisällys

1 Johdanto	1
2 Kirjallisuuskatsaus	1
2.1 Sonnin sperman määrä- ja laatutekijät	1
2.1.1 Ejakulaattitilavuus	1
2.1.2 Sperman ulkonäkö	1
2.1.3 Sperman tiheys	2
2.1.4 Massa-aktiiviteetti	2
2.1.5 Eteenpäin liikkuvat siittiöt l. elävyysprosentti . . .	2
2.1.6 Siittiöepämuodostumat	3
2.1.7 Uusimattomuusprosentti	3
2.2 Systemaattisten ympäristötekijöiden osuus sperman määrän ja laadun vaihtelussa	3
2.2.1 Sonnin ikä ja kasvunopeus	3
2.2.2 Elopaino ja kiven koko	5
2.2.3 Keinosiemennysasema	6
2.2.4 Spermanottotekniikka ja ejakulaattien väliset erot	7
2.2.5 Spermanottofrekvenssi	8
2.2.6 Vuodenaika	9
2.2.7 Ruokinta ja hoito	10
2.2.8 Steriliteetti	11
2.3 Perinnöllisten tekijöiden osuus sperman määrän ja laadun vaihtelussa	11
2.3.1 Rotu	11
2.3.2 Libido	12
2.4 Määrä- ja laatutekijöiden periytymisasteet, toistuvuudet ja keskinäiset korrelaatiot	13
3 Aineisto ja menetelmät	15
3.1 Aineisto	15
3.1.1 Aineiston hankinta	15
3.1.2 Aineiston rakenne	16
3.2 Aineiston käsittely	18
3.2.1 Analysoidut muuttujat	18
3.2.2 Tilastolliset mallit	20

4 Tulokset ja tulosten tarkastelu	23
4.1 Muuttujien keskiarvot ja vaihtelu	23
4.2 Systemaattisten ympäristötekijöiden vaikutus	23
4.2.1 Sonnin iän ja ottofrekvenssin vaikutus	23
4.2.2 Spermanottokuukauden vaikutus	29
4.2.3 Spermanottovuoden vaikutus	32
4.2.4 Ejakulaattien lukumäärän vaikutus	34
4.2.5 Ejakulaattien välisen ajan vaikutus	37
4.2.6 Syntymävuoden vaikutus	38
4.3 Olki- ja pilleripakaste-erien väliset erot	38
4.4 Spermaominaisuuksien periytymisasteet ja toistuvuudet .	39
4.5 Spermaominaisuuksien väliset yhteydet	41
4.6 Uusimattomuusprosentin vaihtelu ja yhteydet muihin omi- naisuuksiin	44

5 Yhteenveto ja johtopäätökset	46
---------------------------------------	-----------

Kirjallisuusluettelo	48
-----------------------------	-----------

Liitteet	54
-----------------	-----------

Taulukot

1 Spermaominaisuuksien väliset korrelaatiot, (EVERETT <i>et al.</i> 1978)	13
2 Sonniin lukumäärä	16
3 Ottokertojen ikäluokittaiset lukumäärät	17
4 Ottokertojen vuosittaiset lukumäärät	18
5 Ejakulaattien lukumäärän/ottokerta frekvenssijakauma . .	18
6 Ejakulaattien välisen ajan havaintojen lukumäärät	19
7 Sonniin syntymävuosien frekvenssijakauma	19
8 Lypsyrotujen sperman määrä- ja laatuominaisuuksien keskiarvot (μ), hajonnat (σ) ja vaihtelukertoimet ($V\%$) . . .	24
9 Liharotujen sperman määrä- ja laatuominaisuuksien keskiarvot (μ) ja vaihtelukertoimet ($V\%$)	25
10 Sonniin iän vaikutus siemenannostuotantoon kuukaudessa	27
11 Sonniin iän vaikutus sperman elävyyteen ennen ja jälkeen pakastuksen	28
12 Sonniin iän vaikutus sperman siittiötiheyteen	29

13	Nuorten (alle 2 v) ja täysi-ikäisten (yli 2 v) <i>Ay</i> - ja <i>Fr</i> -sonnien siemenannostuotanto eri kuukausina	31
14	Spermanottovuoden vaikutus pakastuksen jälkeiseen elävyyteen <i>Ay</i> - ja <i>Fr</i> -sonneilla	34
15	Ejakulaattien lukumäärän vaikutus pakastuksen jälkeiseen elävyyteen sekä tuorespermaelävyyteen <i>Ay</i> - ja <i>Fr</i> -sonneilla	36
16	Spermaominaisuuksien heritabiliteetit (h^2), toistuvuudet (r) ja keskivirheet (SE) <i>Ay</i> -rodulla	40
17	<i>Fr</i> - ja <i>Sk</i> -rotujen spermaominaisuuksien toistuvuudet (r) ja keskivirheet (SE)	41
18	Nuorten (alle 2 v) ja täysi-ikäisten (yli 2 v) <i>Ay</i> - ja <i>Fr</i> -sonnien spermantuotanto muuttujien toistuvuudet (r)	42
19	<i>Ay</i> - ja <i>Fr</i> -rotujen määrä- ja laatuominaisuuksien fenotyypiset korrelaatiot	43
20	<i>Sk</i> -rodun määrä- ja laatuominaisuuksien fenot. korrelaatiot	43
21	Ottovälin ja sperman määrän ja laadun väliset yhteydet	44
22	Spermantuotannon erot eri UM-%-luokkien välillä laskettuna poikkeamina LS-yleiskeskiarvosta <i>Ay</i> -sonneilla	45
23	Uusimattomuusprosentin ja spermantuotantomuuttujien fenotyypiset korrelaatiot (sonnien lkm = 333)	45

Kuvat

1	Sonnin iän vaikutus siemenannostuotantoon ottokerralla	26
2	Kalenterikuukauden vaikutus siemenannostuotantoon ottokerralla	30
3	Kalenterikuukauden vaikutus pakastuksen jälkeiseen elävyyteen	32
4	Spermanottovuoden vaikutus siemenannostuotantoon ottokerralla	33
5	Ejakulaattien lukumäärän vaikutus siemenannostuotantoon ottokerralla	35
6	Ejakulaatiövälin vaikutus siemenannostuotantoon ottokerralla	37

1 Johdanto

Nautakarja- ja erityisesti lypsykarjapopulaation hedelmällisyys on heikentynyt viimeisten vuosien aikana. Ilmiö ei ole tyypillinen ainoastaan Suomen nautapopulaatiossa, vaan samanlainen kehityssuunta on havaittavissa ympäri maailmaa. Vaikka eri ominaisuuksien vaihteluun vaikuttavista tekijöistä ollaankin melko hyvin perillä, ei ole voitu tarkasti nimetä ko. heikkenemisen syitä; osatekijöinä on ajateltu olevan ainakin tuotostason nousu sekä joissain tapauksissa korkea sukusiitosaste.

Uroksen merkitys nautakarjapopulaatiossa on kiistaton, onhan keinosiemennys vakiinnuttanut asemansa ainakin lypsykarjanjalostuksessa. Sonnin hedelmällisyydellä ja sukusolutuotannolla on hyvin suuri taloudellinen merkitys. Sperma-annoksia, jotka eivät tiineytä, ei karjanomistajan ole kannattavaa ostaa eikä keinosiemennysorganisaation tuottaa. Huonolaatuista spermaa tuottava uros ei jälkeläistuotannon kannalta ole kuin kustannus.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää ne tekijät, jotka vaikuttavat ks-sonnien spermantuotannon vaihteluun ja luoda näin perusedellytykset kenties sitä kautta tutkimukselle hedelmällisyysominaisuuksien parantamiseksi niin sonneilla kuin lehmilläkin.

2 Kirjallisuuskatsaus

2.1 Sonnin sperman määrä- ja laatutekijät

2.1.1 Ejakulaattitilavuus

Ejakulaattitilavuus mitataan yleensä millilitroina suoraan mitta-asteikolta spermankeruumittalasin kyljestä. Kokonaistilavuus ejakulaatissa vaihtelee tavallisesti 4–7 millilitran välillä ja mittaus suoritetaan 0.01 ml:n tarkkuudella. Eri ejakulaattien tilavuudet voidaan myös laskea yhteen tai tilavuuksia voidaan tarkastella laimennuksen jälkeen. Tilavuus yhdessä tiheyden kanssa vaikuttaa saatavaan pilleri- tai olkimäärään.

2.1.2 Sperman ulkonäkö

Sperma-annoksen ulkonäkö tarkastetaan silmämääräisesti välittömästi spermanoton eli hypyn jälkeen. Tällöin havaitut roskat tai kokkareet tai veren esiintyminen saavat aikaan annoksen hylkäyksen.

Normaali, hyvälaatuinen sperma on maitomaista, läpikuultamatonta sekä tahmeaa. Noin 10 % sonneista tuottaa keltaista spermaa. Tämä väri

johtuu riboflaviinipigmenteistä eikä sen ole todettu vaikuttavan sperman laatuun (CORNEO 1940, HAFEZ 1962).

2.1.3 Sperman tiheys

Sperman tiheys tarkoittaa siittiösolujen määrää tilavuusyksikköä kohti. Tilavuusyksikkönä käytetään tavallisesti millilitraa eli cm^3 . Sperman tiheys voi sonneilla vaihdella täydellisestä siittiöttömyydestä n. 3 miljardiin ($3000 \cdot 10^6$) siittiöön millilitrassa.

Sperman tiheys eli konsentraatio määritetään fotometrin avulla. Tällöin mittaus perustuu valonsäteiden läpäisykykyyn; mitä tiheämpää neste on, sitä vähemmän valoa pääsee liuksen läpi, ja sitä pienempi on fotometrin ilmoittama luku. Taulukosta sitten katsotaan kuinka paljon siittiöitä on luvun osoittamassa tiheydessä.

Yleensä sperma hylätään, jos sen tiheys on alle 500 000 siittiötä / mm^3 eli, kun fotometrin lukema on alle 30. Elävyyden ollessa erittäin hyvä, voidaan harvempikin siemen hyväksyä.

2.1.4 Massa-aktiiviteetti

Massa-aktiiviteetti on siittiöiden aikaansaama liike, jossa yksittäisen siittiön liike ei näy. Massaliike tutkitaan mikroskooppisesti käyttäen 50× suurennosta. Jos spermassa on paljon kuolleita siittiöitä, hyvälle spermalle ominainen aaltoliike häviää ja siittiöt näyttävät ainoastaan virtaavan eteenpäin. Massaliikkeen arvostelussa on Suomessa käytössä kolme eri luokkaa (1, 2 ja 3). Muitakin luokittelumahdollisuuksia on; mm. HAFEZ (1962, 152s.) on esittänyt viiden eri liikkuvuusluokan käyttöä.

2.1.5 Eteenpäin liikkuvat siittiöt l. elävyyso prosentti

Jotta sperma hyväksyttäisiin keinosiemennyskäyttöön, tulee 50 % siittiöistä olla eläviä ja liikkua eteenpäin. Elävyyden tutkiminen tapahtuu mikroskooppisesti ja mittana voi olla esim. prosenttiluku 10 prosenttiyksikön välein. Tuoreessa spermassa on elävyyso-% harvoin yli 80.

Pakastuksen jälkeinen elävyys mitataan kolmen viikon nestetyypipakastuskauden jälkeen. Tällöin tulee keinosiemennyskäyttöön hyväksyttävän sperman elävyyden olla vähintään 40 %. Yleensä paras elävyys, mikä pakastuksen jälkeen saavutetaan, on 50 %. Pakastusajalla ei ainakaan nestetyypipakastuksessa ole todettu olevan vaikutusta siittiöiden elävyyteen.

Pakastettaessa spermaa olkiin tai pillereihin, tavoitteena on saada 15–20 milj. siitoskelpoista siittiötä/annos. Pillerin tilavuus on n. 0.1 ml. Siittiöiden elinkelpoisuutta voidaan ennustaa myös biokemiallisesti siemennesteen fruktoosikonsentraatiota mittaamalla. Fruktoosilla on tärkeä merkitys siittiöiden energian lähteenä.

2.1.6 Siittiöepämuodostumat

Erilaiset siittiöepämuodostumat vaikuttavat hyvin ratkaisevasti sperman hedelmöittämiskykyyn. Käytettäessä sonnia luonnolliseen astutukseen huomataan fertilitettiin heikenevän, jos epänormaalien siittiöiden osuus nousee yli 35–40 %:n.

Siittiöiden epänormaalisuudet ovat havaittavissa tutkittaessa spermaa 500× suurennoksella ja huono sperma voidaan tällöin karsia pois. Suomessa ei rutiininomaisesti tutkita siittiöiden epänormaalisuuksia — tarvittaviin toimenpiteisiin ryhdytään vain, jos on havaittu jotain epäilyttävää.

Siittiöiden epänormaalisuuksia voivat aiheuttaa monet ympäristötekijät kuten esim. lämpöstressi (ELMORE 1985).

2.1.7 Uusimattomuusprosentti

Sonnin sperman lopullisena laadun mittana on uusimattomuus-%, joka Suomessa saadaan eläimen 500:n ensimmäisen siemennyksen 60 päivän uusimattomuuden tuloksena. UM-%:n etuna on, että se on ensinnäkin hyvin yleisesti käytössä, sekä toiseksi, että se julkaistaan säännöllisesti ks-yhdistysten toimesta vuosittain. Tunnusluvun suurin haitta on sen määrittämisen vaivalloisuus ja kalleus erityisesti silloin, kun sonnin hedelmöittämiskyky osoittautuu puutteelliseksi, aiheutuuhan siitä kustannuksia niin karjanomistajalle kuin ks-yhdistyksellekin.

2.2 Systemaattisten ympäristötekijöiden osuus sperman määrän ja laadun vaihtelussa

2.2.1 Sonnin ikä ja kasvunopeus

Sonnin puberteetin jälkeinen ikä vaikuttaa sperman määrä- ja laatuominaisuuksiin yleensä hyvin merkitsevästi. Erityisesti iän merkitys korostuu muutamina ensimmäisinä kuukausina sukukypsyys saavuttamisen jälkeen. Iän ja sperman määrä- ja laatuominaisuuksien tilastollisesti merkitsevästä korrelaatioista ovat raportoineet mm. MUDRA *et al.* (1971) ja LÜHMANN *et al.* (1973); MUDRAN *et al.* (1971) laskemat iän korrelaatiot

ejakulaatin tilavuuteen, elävyys-%:iin (eteenpäin liikkuviin siittiöihin) ja spermakonsentraatioon olivat 0.37, 0.59 sekä 0.59, kun sonnien ikä vaihteli 10 kuukaudesta 12 kuukauteen. Aineistona tutkimuksessa oli 87 nuorsonnia. Kun tarkastellaan ikäkehitystä pitkällä aikavälillä, iän vaikutus varsinkin sperman laatuun pienenee (CHANDLER *et al.* 1985). Minkään spermaominaisuuden ei kuitenkaan ole todettu heikkenevän ennen sonnin 7. ikävuotta (ALMQUIST 1982), lukuunottamatta joissain tutkimuksissa saatua tiheyden laskua (LIEBENBERG & SICHTING 1971, MAIJALA 1974, ALMQUIST 1982, TAYLOR *et al.* 1985).

Eri ominaisuuksien paraneminen on yleensä nopeinta puberteetin ja n. 2. ikävuoden välisenä aikana. ALMQUIST & AMANNin (1976) tekemisissä tutkimuksissa sperman määrä- ja laatuominaisuudet vakiintuivat 77.–104. ikäviikkoina ejakulaatiofrekvenssistä riippuen. Ainoastaan spermatilavuus ja viikottainen siittiötuotos jatkoivat kasvuaan ko. iän jälkeen. On huomattava, että vaikka tiheys ehkä alkaakin 2. ikävuoden jälkeen heiketä, lisääntyvän ejakulaattivolyymien takia siittiötuotos kuitenkin kasvaa mm. AMANN & ALMQUISTin (1976) mukaan aina 7.5 ikävuoteen asti.

Elävyys-% reagoi vanhenemiseen hyvin samalla tavalla kuin tiheyskin, eli ensimmäiset 4–5 kuukautta puberteetin jälkeen ovat hyvin kiihkeän kehityksen aikaa, tosin suuria yksilöiden välisiä eroja esiintyy esim. ejakulaatiofrekvenssistä riippuen (KILLIAN & AMANN 1972, ALMQUIST & AMANN 1976, ALMQUIST *et al.* 1976).

Laatuominaisuuksien huippu saavutetaan n. 1.5–2.0 vuoden iässä, kun taas määrälliset ominaisuudet ovat ehkä parhaimmillaan 4–5 vuoden iässä. Sonni, joka pidetään elossa kunnes se on saanut jälkeläisarvostelunsa on siis yhä spermantuotannollisesti erinomaisessa kunnossa ensimmäisten jälkeläistietojen tullessa (EVERETT 1982, EVERETT & BEAN 1982).

Sonnien kasvutaipumus vaikuttaa myös sperman määrään ja laatuun; yleensä sellaiset sonnit, joilla on intensiivinen ruokinta ja hyvä lisäkasvu tuottavat vähemmän ja heikompilaatuista spermaa kuin sonnit, joiden kasvatusasemalla saatu kasvukoetulos on keskiarvoa heikempi. Nopeasti kasvaneilla sonneilla on todettu korkeampi fruktoosikonsentraatio ejakulaatissa, huonompi elävyys ja heikompi liikkuvuus sekä ennen että jälkeen sulatuksen verrattaessa niitä heikommin kasvaneisiin eläimiin (KLAUSCHEK & UUSISALMI 1973, BARBER & ALMQUIST 1975). Toisaalta saatiin UUSISALMI ym. (1973) tutkimuksessa positiivinen korrelaatio spermantuotannon ja kasvukoejakson (30–365 pv) painonkehityksen, kasvukyvyn sekä ruumiinmittojen välille.

Sonnin iällä on vaikutusta myös UM-%:iin. KLAUSCHEK & UUSISALMI (1973) tutkivat ensimmäisen ja toisen siemennysvuoden eroja UM-

%:ssa 44 Ay-sonnilla. Sonnien erot olivat tilastollisesti merkitseviä UM-%:n vaihdella ensimmäisenä vuonna 62.3–90.0 % ja toisena 58.3–89.2 %. Tutkimuksessa ei tosin oltu eroteltu vuoden ja iän vaikutusta toisistaan. Pitkällä aikavälillä tarkasteltuna on sonnien hedelmällisyyden todettu heikenevän eläimen vanhetessa (MAIJALA 1974).

2.2.2 Elopaino ja kivesten koko

Hyvin paljon voimavaroja on uhrattu ulkoisten kivesmittojen käyttökelpoisuuden selvittämiseen sonnien spermantuotantokyvyn arvioimiseksi. Tavallisin ja helpoiten mitattava kivesten kokoa määrittävä suure on kivesten ympärysmitta eli ns. *scrotal circumference* (SC). ALMQUIST *et al.* (1976) tutkivat kivesten ympärysmittan korrelaatioita lähinnä siittiötuotantoon. Kivesten ympärysmittan kasvu ikävälillä 52–78 viikkoa korreloi merkittävästi viikottaiseen siittiötuotantoon kolmen vuoden iässä ($r = 0.30$). Korrelaatio vastasi 56 %:sta siittiötuotannon muuntelussa, eli sekä geneettisiä että ympäristötekijöitä oli mukana vaikuttamassa siittiötuotantoon. Tutkimuksen lopputulos oli, että kivesmittojen käyttö sonnien karsintaperusteena on käyttökelpoinen ainoastaan karsittaessa selvästi alikehittyneet eläimet tai eläimet, joilla on jokin patologinen vamma sukuelimissä.

Kivesten ympärysmittalla on myös todettu olevan merkittäviä korrelaatioita sperman laatuun. RAO VEERAMACHANERI *et al.* (1986) tutkimuksessa olivat SC:n korrelaatiot tiheyteen, elävyyteen, siittiöiden häntäaurioihin sekä proksimaalipisaroihin 0.75 ($p < 0.001$), 0.70 ($p < 0.01$), -0.53 ($p < 0.05$) ja -0.55 ($p < 0.05$). ANDERSSONIN (1988) tutkimusten mukaan olisi kivesten ympärysmittan sopiva karsintaraja Ay-, Fr-, Hf- ja Ch-sonneilla 26 cm ja Sk- ja Li-sonneilla 25 cm.

Kiveksistä voidaan mitata ympärysmittan lisäksi myös tilavuus tai tonus eli kiinteys. Kivesten tilavuudella on todettu merkittävä positiivinen vuorosuhde mm. siittiöiden elävyyteen ja konsentraatioon. Tilavuuden mittaaminen ei kuitenkaan mittaustavan monimutkaisuuden takia sovi käytännön keinosiemennysasemaruutiineihin (FIELDS *et al.* 1979). Tonometrillä käytöstä ovat taas raportoineet HAHN *et al.* (1969). Kivesten tonometrillä mitattu kiinteys oli tällöin positiivisessa vuorosuhteessa sperman laatuun korrelaatioiden vaihdella 0.59–0.94 välillä. ANDERSSON (1988) puolestaan ei saanut minkäänlaista yhteyttä kivesten tonuksen ja siemenen laadun välille Humpvilan kasvatusasemalla suoritetuissa mittauksissa.

Kivesten koko ei ole kuitenkaan mikään yksiselitteinen suure vaan siihen vaikuttavat lisäkasvu ennen vieroitusta (MAKARECHIAN *et al.* 1985)

sekä mm. sonnin ikä, rotu, ks-asema ja vuosi \times vuodenaika-yhdysvaikutus (COULTER & FOOTE 1976).

2.2.3 Keinosiemennysasema

CHANDLER *et al.* (1985) on tutkinut eri ympäristötekijöiden osuutta eri elävyyssuomuttujen vaihtelussa 149:ltä eri *Holstein*-sonnilta 9:ltä eri asemalta kerätyissä siemenannoksissa. Elävyyssominaisuuksien kokonaisvaihtelusta oli ko. tutkimuksen perusteella alle 2%:ni osalta vastuussa keinosiemennysasema. Tähän vaikutukseen kuului siis siemenen pakkaus-tapa, pakkausmenetelmä, laimennusnesteen koostumus ym. Tutkittavat elävyyssominaisuudet taas olivat elävyys heti sulatuksen jälkeen, elävyys sekä akrosomin membraanin kunto kolmen tunnin inkubaation jälkeen 37 °C:ssa sekä primääristen ja sekundääristen siittiöpänormaalisuuksien osuus.

Elävyyssominaisuuksien vaihtelusta suurimman osan eli 85% selitti sulatusmenetelmä- ja tapa. Lisäksi tutkimuksessa löytyi tilastollisesti merkitsevä asema \times sulatusmenetelmä-yhdysvaikutus, joskin 37 °C:ssa sulatus paransi sperman laatua jokaisella asemalla; toinen sulatuslämpötila kokeessa oli 24 °C.

Eniten siittiöpämuodostumiin vaihtelua aiheuttava ympäristötekijä oli ks-asema (CHANDLER *et al.* 1985). Primäärisiin epämuodostumiin vaikuttivat lisäksi sulatusmenetelmä, sekä asema \times sulatus- ja asema \times vuodenaika-yhdysvaikutukset. Vuodenaajalla yksinään ei ollut vaikutusta, mikä eroaa SALISBURY, VANDERMARK & LODGEN (1978) tuloksista. Sekundäärisiin epämuodostumiin vaikuttivat sulatusmenetelmä, vuodenaika, sekä asema \times vuodenaika-yhdysvaikutus; kuudella yhdeksästä asemasta oli kesällä vähemmän sekundäärisiä epänormaalisuuksia kuin talvella, kun taas kolmella asemalla tilanne oli päinvastainen.

Tuoreen sperman laimennusnopeus vaikuttaa osaltaan siittiöiden henkiinjäämiskykyyn. Yleissääntönä on, että henkiinjäämiskyky on sitä parempi, mitä nopeammin siemen laimennetaan (SEIDEL & FOOTE 1969).

2.2.4 Spermanottotekniikka ja ejakulaattien väliset erot

Sperman keruu voi sonniasemilla yleensä tapahtua kolmella eri tavalla:

1. rektaalisesti, peräsuolen kautta stimuloimalla
2. sähköstimulaatiolla
3. keinovaginaa apuna käyttäen

Rektaalitekniikan suurin haitta on huono sperman laatu; sonneilla on tapana mm. virtsata välittömästi ejakulaation jälkeen. Menetelmän etuna on, että se ei vaadi suuria investointeja.

Sähköstimulaatiotekniikan etu on taas siinä, että eläimen kiihotukseen tai siirtoon spermanotto paikalle ei kulu aikaa. Tästä johtuen on aina suurten eläinten käsittelyssä oleva loukkaantumisen riski minimisään sekä hoitajan että eläimen kannalta. Haittapuolena menetelmässä on, että ejakulaattitilavuutta ei voida tarkasti mitata, ja, että menetelmä on suhteellisen kallis.

Kolmantena tapana on sitten keinovaginan käyttö, jolla saadaan ehkä paras ja edustavin otos sonnin spermasta talteen. Menetelmällä voidaan myös parhaiten todeta ja ottaa huomioon sonnin yleinen libido, peniksen kunto sekä sperman tilavuus. Menetelmän haittapuolena on, että sonnin kiihotukseen, hyppäyttämiseen sekä eläimen siirtoihin parren ja hyppypaikan välillä kuluu aikaa ja työvoimaa. Sonnin siirtelystä aiheutuva eläimen itsensä tai hoitajan loukkantumisriski on myös aina otettava huomioon (ELMORE 1985).

Ejakulaation järjestysnumerolla ottokerralla on myös oma merkityksensä sperman määrä- ja laatuominaisuuksissa. Ensimmäinen hyppy on tutkimusten mukaan yleensä tilavuudeltaan, konsentraatioiltaan ja siten myös kokonaissiittömäärältään parempi kuin toinen ejakulaatti. EVERETT *et al.* (1978) tutkimusten mukaan ensimmäisessä ejakulaatissa oli 49.7% enemmän siittiöitä sekä 40.8% enemmän siittiöitä/ml kuin toisessa ejakulaatissa. Ejakulaattien välinen aika oli n. 1 tunti. Saman suuntaisia tuloksia ovat saaneet myös AMANN & ALMQUIST (1961), MACMILLAN *et al.* (1966), SEIDEL & FOOTE (1969), EVERETT (1982) sekä EVERETT & BEAN (1982).

Edellisissä tutkimuksissa ei saatu esiin eroja elävyys-%:ssa toisin kuin ALMQUIST & CUNNINGHAM (1967), jotka Hereford- ja Aberdeen Angus-roduilla raportoivat elävyys-%:n laskun 56 %:sta 52 %:iin ejakulaattien välillä. Pakastuksen jälkeisen elävyyden paranemisesta 36.5 %:sta 37.5 %:iin taas raportoivat SEIDEL & FOOTE (1969).

Ejakulaattien välisellä ajalla saattaa myös olla vaikutusta eri ejakulaattien välisiin eroihin. SMIRNOV (1973) on tutkinut asiaa ejakulaatiöväleillä 5, 10, 15, 20 ja 30 minuuttia. Näistä aikaväleistä 5–10 min. tuottivat elävyydeltään, konsentraatioltaan ja volyymiltaan parhaan 2. ejakulaatin. Lepoajan ollessa 15 min saatiin huonoin 2. ejakulaatti, kun taas aikavälin ollessa yli 20 min havaittiin 2. ejakulaatin jälleen paranevan.

Sperman määrään ja laatuun voidaan tietyssä määrin vaikuttaa kiinnittämällä paremmin huomiota sonnin ennen hyppyä tapahtuvaan kiihotusvaiheeseen. Esimerkiksi siittiökonsentraation ja jossain määrin myös tilavuuden, fruktoosipitoisuuden, liikkuvuuden ja elävyyds-%:n on todettu paranevan intensiivisen kiihotusperiodin seurauksena (HAFEZ 1962, BRANTON *et al.* 1952, HALE & ALMQUIST 1960). FOSTER *et al.* (1969) tutkimuksen mukaan ei kiihotusmenetelmillä ollut eroa kuin ainoastaan elävyyds-%:ssa verrattaessa elektroejakulaatioryhmää sonniryhmään, jolla käytettiin keinovaginaa, sekä tyhjähyppeä ja 5 minuutin lepojaksia seksuaaliin kiihotukseen. Elektroejakulaatiolla saatiin kokeessa tilavuudeltaan suurempia mutta tiheydeltään harvempia siemenannoksia, joten erot keinovaginalla tapahtuvaan spermankeruuseen olivat kokonaissiittiösaaliina mitattaessa olemattomat. Keinovaginan koolla ja lämpötilalla ei tietyissä rajoissa ole todettu olevan merkitystä sonnin sperman määrään ja laatuun (SEIDEL & FOOTE 1969, MACMILLAN *et al.* 1966).

Ilmeistä on, että kiihotuksen merkitys tulee lähinnä esiin verrattaessa sonniryhmiä, joilla ei ole lainkaan kiihotusperiodia, ryhmiin, joilla on edes jonkinlainen lämmittelyjakso.

2.2.5 Spermanottofrekvenssi

Spermanottofrekvenssin vaikutusta sperman määrään ja laatuun on tutkittu paljon. Tutkimustuloksille yhteistä on, että ainakaan 1–6 kertaa viikossa tapahtuvalla spermankeruulla ei ole vaikutusta sonnin kasvuun tai sen hedelmällisyyteen. Ejakulaatioiden määrän aikavälillä noustessa on kuitenkin seksuaalisen kiihotusperiodin merkitys yhä tärkeämpi hyvän tuloksen aikaansaamiseksi, eli kiihotukseen tarvittava aika lisääntyy (BRATTON *et al.* 1954, BRATTON & FOOTE 1954, HAFS *et al.* 1959, HAFEZ 1962, LIEBENBERG & SIGHTING 1971, ALMQUIST *et al.* 1976, KALLIO 1979, ALMQUIST 1982).

Sperman siittiötiheyden on jossain määrin todettu heikenevän verrattaessa kerran viikossa ejakuloivia sonneja 6 kertaa viikossa ejakuloiviin. Kyseinen vaikutus havaittiin kuitenkin vain tutkimuksen *Holstein*-rodulla, ei liharotusonneilla (ALMQUIST & AMANN 1976).

ALMQUIST & CUNNINGHAMin (1967) tutkimuksissa sperman tilavuus jonkin verran laskee siirryttäessä kerran viikossa tapahtuvasta siemenenotosta kuusi kertaa viikossa tapahtuvaan. Elävyys ja konsentraatio pysyvät mukana olleilla *Hf* ja *Ab*-roduilla muuttumattomina.

Eri spermanottokertojen välinen lepoperiodi vaikuttaa lähinnä siten, että jos lepokausi on pitkä, lisääntyy degeneroituneiden siittiöiden osuus (HAFEZ 1962) tai toisaalta pakastuksen jälkeinen hylkäysprosentti (EVERETT 1982). Verrattaessa kahden ja viiden päivän seksuaalisen lepokauden vaikutusta spermaan, saatiin viiden päivän intervallin jälkeen suurempia ejakulaatteja sekä enemmän siittiöitä ejakulaattia kohti. Elävyyteen ennen ja jälkeen pakastuksen ei ejakulaatiointervallilla todettu olevan vaikutusta (BRATTON *et al.* 1954, HAFS *et al.* 1959, SEIDEL & FOOTE 1969, EVERETT 1982).

Kokonaissiittiö- ja siemenannostuotannon kannalta on intensiivinen spermanottopolitiikka edullista (ALMQUIST & CUNNINGHAM 1967, SEIDEL & FOOTE 1969, KALLIO 1979, ALMQUIST 1982). Jos sonnilta otetaan spermaa kuusi kertaa viikossa ja sperma on 90%:sti pakastuskelpoista, saadaan sonnilta annoksia talteen ikävuosien 1–2 välillä yhteensä 33 500 vastaavan luvun ollessa kerran viikossa ejakuloivilla 9 500. Siemenannoksen koko olisi $n. 20 \cdot 10^6$ elävää siittiötä/annos (ALMQUIST & AMANN 1976).

Sonnin viikottainen siittiötuotantokapasiteetti on $n. 35 \cdot 10^9$, joten muutama ejakulaatio viikossa hyödyntää täten vain osan sonnien sukusolutuotannosta (HAFEZ 1962).

2.2.6 Vuodenaika

Nykyiset kotieläimet polveutuvat kaikki villoin eläneistä kantaisistä. Näillä kantaisilla on lisääntymiskausi usein päivänvalosta riippuen ollut tiettyinä vuodenaikana, mikä vaikutus näkyy vielä nykyisinkin käytetyillä kotieläinroduilla; mm. keinosiemennyssonnien spermantuotanto-ominaisuudet vaihtelevat jonkin verran eri vuodenaikoina. Yleensä voidaan sanoa, että sonnien astumishalukkuus ja yleinen libido ovat parhaimmillaan kevätkuukausina (PITUSHKIN 1974). Erityisesti tämä tulee näkyviin liharodun sonneilla. Varsinaisissa sperman määrä- ja laatuominaisuuksissa ei ilmeisesti kovin suuria vaihteluita esiinny, joskaan juuri kevätkuukaudet eivät ole ainakaan huonoimmat spermantuotantokuukaudet (AMANN & ALMQUIST 1976, EVERETT 1982, CHANDLER *et al.* 1985). Myös talvikuukausien on todettu olevan erinomaisia sonnien spermantuotannon

kannalta (EVERETT *et al.* 1978, EVERETT & BEAN 1982). Korkea lämpötila vaikuttaa hyvinkin nopeasti urosten kivesten toimintaan: jo 12 tunnin altistus 40 °C:ssa on aiheuttanut vakavia häiriöitä siittiökehityksessä (VANDEMARK & FREE 1970).

Vuodenajan vaikutus ei-uusintaprosenttiin on hyvin selvä. Esimerkiksi USA:ssa vaihteli 60–90 pv:n UM-% rajoissa 44–62 % korkeimman arvon ollessa tammikuussa ja matalimman elokuussa, joka on alueen (*North Carolina*) kesäkuukausista lämpimin (HAFEZ 1962, s. 236). Pohjoisilla leveysasteilla on sonnien tiinehdyttämiskyvyn havaittu olevan parhaimmillaan keväällä ja kesällä ja huonoimmillaan talvella, poislukien nuoret sonnit, joilla hedelmällisin vuodenaika näyttäisi olevan talvi (MERCIER & SALISBURY 1947).

Yleensä ovat siis vuodenaikojen, lämpötilan ja kosteuden vaikutukset pienet tai ainakin epäselvät olosuhteiden muunnellussa normaalien rajoissa. Eläinsuojien rakenne sekä ruokinnan muutokset osaltaan vaikeuttavat em. ympäristötekijöiden yksinomaista arviointia.

2.2.7 Ruokinta ja hoito

Ruokinnallisten tekijöiden vaikutus spermantuotantoon tulee parhaiten esiin ruokintavirheiden seurauksena. Ankaran energia- tai valkuaisaliravitsemuksen seurauksena ejakulaattien tilavuus pienenee, tiheys ja liikkuvuus heikkenevät sekä sperman fruktoositaso laskee (LASZCZKA 1969, LASZCZKA *et al.* 1976). Toisaalta on intensiivisellä energia- ja valkuaisruokinnalla todettu olevan vaikea parantaa spermantuotanto-ominaisuuksia (SAUCHUK *et al.* 1976).

Siittiöiden kehitys kestää n. 70 päivää, mutta ruokinnassa tapahtuvat muutokset voivat vaikuttaa jo 14–20 pv:n kuluttua. Yleensä ruokinnan monipuolisuus ja säännöllisyys ovat tärkeitä ks-sonnien ruokinnassa. Rehuvaliossa tulisi olla tuoretta ja kuivaa karkearehua sekä mahdollisimman tasalaatuista väkirehua. Jos sonnien ruokintatasoa muutetaan, tulisi muutoksen tapahtua rehujen syöttömääriä muuttamalla eikä rehuja vaihtamalla ylimääräisen stressin välttämiseksi (BURGSTALLER 1979).

Myös rehun laatu on hyvin tärkeä; erilaiset homeet, sienet, bakteerit ja muut epäpuhtaudet vaikuttavat sperman laatuun. Sateen huuhteleva tai homeinen heinä, pilaantunut säilörehu sekä eltaantunut vilja- tai väkirehu aiheuttavat helposti spermantuotannon määrällisen ja laadullisen taantumisen.

Suomessa on keinosiemennyssonniin spermantuotantoa ja siihen vaikuttavia ruokinnallisia tekijöitä tutkinut NIEMI (1981). Tutkimuksessa

huomattiin eri ks-asemien välillä spermantuotannossa eroja, jotka osaksi johtuivat spermanottotekniikoista ja eläinten käsittelyistä, mutta myös eroista sonnien ruokinnassa. Asemilla, joilla sonnit saivat 1000–1100 g SRV¹ päivässä, sonnien spermantuotanto oli määrällisesti mitattuna parempaa kuin asemilla, joilla oli pitäydytty ainoastaan kotoisiin rehuihin. Monipuolisella ruokinnalla oli spermantuotanto varmaa ja tasaista. Valkuais- ja kivennäisliisän antaminen todettiin tutkimuksessa tärkeäksi, koska kotoisten rehujen pitoisuudet tehtyjen rehuanalyysien perusteella olivat alhaiset.

2.2.8 Steriliteetti

Sonnit, joilla on eri syistä johtuvia sukuelimiin tai sukusolujen tuotantoon vaikuttavia heikkouksia, pyritään karsimaan pois keinosiemennyspopulaatiosta mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tällaiset heikkoudet havaitaan useimmiten sonnien puutteellisena fertiiliteettinä — toisin sanoen sonni voi olla joko kokonaan tai osittain steriili. Eri asteinen steriliteetti voi uroksella ilmetä astumishalukkuuden puutteena, astumiskyvyttömyytenä tai puutteellisena hedelmöittämiskyynä. Näistä lähinnä viimeksi mainitulla on ks-toiminnan kannalta käytännön merkitystä jo siitäkin syystä, että astumiskyvyttömyyttä tai -haluttomuutta esiintyy nykyisin melko harvoin.

Hedelmöittämiskyvyttömyyteen voi olla sekä perinnöllisiä että ympäristön aikaansaamia syitä. Perinnöllisistä syistä tärkeimmät ovat siittiöitä muodostavan kudoksen kehittymättömyys, piilokiveksisyys sekä epämuodostuneet siittiöt, kun taas ympäristön katsotaan vaikuttavan bakteerien tai virusten aikaansaamien tulehdusten, siittiöitä muodostavan kudoksen rappeutumisen tai sukuelinten kasvainten aiheuttaman steriliteetin syntyyn (FILSETH 1974).

2.3 Perinnöllisten tekijöiden osuus sperman määrän ja laadun vaihtelussa

2.3.1 Rotu

Suomenkarjan, friisiläisrodun ja Ayrshire-rodun välisiä eroja Suomen keinosiemennysasemilla ovat tutkineet MAIJALA (1967, 1969) ja KALLIO (1979). Näiden rotujen väliset erot spermantuotannossa on molemmissa

¹sulavaa raakavalkuaista

tutkimuksissa todettu erittäin pieniksi. Rodulla on ollut vaikutusta lähinnä sperman määräominaisuuksiin, joista esim. vuositasolla hypyn tilavuuden muuntelusta on rodun osuus ollut 7% ($p < 0.01$) (MAIJALA 1967). KALLION (1979) tutkimuksessa ei saatu mitään merkitseviä eroja tutkimuksessa olleiden *Sk*- ja *Ay*-rotujen välille.

Muilla roduilla spermantuotannon eroja on tutkinut FIELDS *et al.* (1979) kokeessa, jossa oli mukana *Hereford*-, *Aberdeen Angus*-, *Santa Gertrudis*- ja *Brahman*-rodut. Näistä roduista alhaisin elävyysprosentti sekä konsentraatio oli *Santa Gertrudis*- ja *Brahman*-roduilla. *Santa Gertrudis*-rodulla oli kyllä suurin kivesten tilavuus, mutta spermantuotanto oli alhainen. Syynä tähän on ajateltu olevan rodun hitaampi sukukypsyyskehittymisprosessi.

ALMQUIST & AMANNIN (1976) tutkimusten mukaan olivat *Holstein*- ja *Charolais*-rodut sperman laatuominaisuuksiltaan yhtenevät, mutta niiden spermantiheys sekä kokonaissiittömäärä ejakulaatissa olivat pienemmät kuin *Ab*- ja *Hf*-roduilla. Syynä on jälleen ajateltu olevan rotujen erot iässä niiden saavuttaessa sukukypsyys. Viikottaiselta spermantuotannoltaan ja konsentraatioltaan on *Hf*-rodun todettu olevan paremman kuin *Ab*-rodun (ALMQUIST & CUNNINGHAM 1967). Aineistona tutkimuksessa oli tosin vain 17 sonnia.

2.3.2 Libido

Libido eli seksuaalinen aktiivisuus on sonneilla perinnöllisten tekijöiden säätelemä ominaisuus. Ulospäin näkyvä seksuaalinen käyttäytyminen on kuitenkin perimän ja ympäristön vaikutusten yhteistulos, johon vaikuttavat mm. sonnin aikaisemmat kokemukset ja ympäristön antamat ulkoiset stimulaatiot. Libidon perinnöllisyyttä on tutkinut BANE (1954) sarjassa kaksostutkimuksia, joissa todettiin kaksossonniparien sisällä olevien erojen seksuaalisessa käyttäytymisessä olevan suurempia kuin kaksosparien välillä.

Tavallisin libidoa mittaava suure on ns. reaktioaika, eli aika, joka kuluu sonnin tultua pukkisonnin taakse kunnes se ejakuloi. Libidon merkitys ks-aseman töiden järjestelyn kannalta on suuri, mutta mitään yhteyksiä sperman laatuun ei ole havaittu (LUNSTRA 1984).

Taulukko 1: Spermaominaisuuksien väliset korrelaatiot, (EVERETT *et al.* 1978)

Ominaisuus	2	3	4
1. Ejakulaattitilavuus	-.017	-.004	.553
2. Konsentraatio		.107	.791
3. Liikkuvuus (%)			.081
4. Kokonaissiittömäärä / ejak.			

2.4 Määrä- ja laatutekijöiden periytymisasteet, toistuvuudet ja keskinäiset korrelaatiot

Laskelmia sperman määrä- ja laatutekijöiden periytymisasteista ja toistumiskertoimista on kirjallisuudessa esitetty melko paljon (Liite 1). Esitetyt likiarvot vaihtelevat hyvin paljon johtuen analysointimenetelmien erilaisuudesta sekä myös subjektiivisesti mitattavien ominaisuuksien mitaustapojen epäyhtenäisyydestä. Suurimmalle osalle tutkimuksista on myös tyyppillistä aineiston pieni koko. Suurehkoilla aineistoilla suoritettuja tutkimuksia ovat julkaisseet mm. MAIJALA (1969), STEMMLER *et al.* (1973), TAYLOR *et al.* (1985), TAYLOR & EVERETT (1985) sekä LANG *et al.* (1989). Näiden tutkimusten mukaan ejakulaattien tilavuuksien heritabiliteetit ovat n. 0.05–0.18, tiheyksien n. 0.00–0.24, tuorespermaelävyyden n. 0.29 ja kokonaissiittömäärien n. 0.20–0.28. Edellä mainittujen ominaisuuksien toistuvuudet ovat vastaavasti 0.23–0.73, 0.37–0.74, 0.49 ja 0.26–0.44. Uusimattomuusprosentin heritabiliteetti on kirjallisuuden mukaan n. 0.30.

Sperman määrä- ja laatuominaisuuksien keskinäisiä korrelaatioita on tutkinut EVERETT *et al.* (1978) (Taulukko 1). Korrelaatiot on laskettu 5033 ejakulaatista 55:ltä *Holstein*-sonnilta. Eniten vaihtelua eri ominaisuuksiin aiheuttivat ejakulaatikerta ottokerralla, sonnin ikä, ejakulaatiofrekvenssi ja edellisen spermanottokerran ejakulaatioiden lukumäärä. Samansuuntaisia tuloksia ovat saaneet myös FIELDS *ym.* (1979) ja EVERETT (1982).

KALLION (1979) tekemässä tutkimuksessa oli mukana *Ay*- ja *Sk*-rotujen sonneja. Kun verrattiin sekä määrällisten spermaominaisuuksien vaikutusta toisiinsa että määrän ja laadun korrelaatioita, havaittiin, että kaikilla määrällisillä ominaisuuksilla keskenään oli voimakas positiivinen korrelaatio. Määrä- ja laatuominaisuuksien välillä ei sitävästoin havaittu ti-

lastollisesti merkitseviä vuorosuhteita.

Uusimattomuus-%:n vaihtelussa ovat suurimpina tekijöinä sonnien väliset vaihtelut ja noin 50 % siitä on todettu olevan additiivisen geenivaihtuksen aiheuttamaa. MAIJALAN (1974) tekemässä tutkimuksessa selitti keinosiemennysyhdistys 10 %, vuosi 22 %, ikä 3 % ja rotu 9 % UM-%:n vaihtelusta. Saman tutkimuksen mukaan ovat sperman määrän ja laadun yhteydet pienet. Sitävastoin siittiökonsentraation ja elävyys-%:n korrelaatio UM-%:iin oli noin 0.5–0.6. Voidaan siis ajatella laboratoriossa suoritettun sperma-arvostelun antavan varsin hyvän kuvan sonnien hedelmöittämiskyvystä (MAIJALA 1969). Ongelmana ovat lähinnä hedelmöittämiskykyä alentavat tekijät, jotka eivät käy ilmi siemenen mikroskooppisessa tarkastelussa.

3 Aineisto ja menetelmät

3.1 Aineisto

3.1.1 Aineiston hankinta

Tutkimuksen aineistona oli Itä- ja Keski-Suomen Keinosiemennysyhdistyksen atk:lle tallennettu spermapillereiden keskusvarastokirjanpito ajalta 1.1.1979–31.7.1988. Tiedosto saatiin käyttöön Maatalouden Laskentakeskuksesta. Alkuperäisestä tiedostosta karsittiin heti pois tietueet, jotka eivät sisältäneet pakastetun sperman määrä- ja laatumunnuslukuja, vaan olivat ainoastaan varaston muutostietueita. Tämän jälkeen aineistoon lisättiin sonnin isän kantakirjanumero, 60 pv:n uusimattomuusprosentti, em. laskemiseen käytettyjen siemennysten lukumäärä sekä sonnin syntymäaika. Heritabiliteettien ja toistumiskertoimien laskemiseen oli tämän jälkeen käytettävissä 41 148 spermantuotantotietuetta.

Spermanotto Itä- ja Keski-Suomen Keinosiemennysasemalla Pieksämäellä tapahtuu viikon jokaisena arkipäivänä. Itse spermanotto tapahtuu kello 7 ja 11 välisenä aikana ja päivittäin spermaa kerätään n. 35–40:ltä sonnilta. Ottovuorossa oleville sonneille annetaan rehua vasta hyppyjen jälkeen.

Jokaiselta sonnilta pyritään ottamaan kaksi hyppyä, niin että jokaista edeltää ensin n. 10 min lepo sekä vähintään 3 ns. tyhjähyppyä sonnin kiihottamiseksi. Alle 1.5 vuotialta eläimiltä kerätään spermaa kerran viikossa, muilta kaksi kertaa viikossa.

Laboratoriossa sperma tarkastetaan ensin subjektiivisesti, jolloin rosainen tai verinen annos karsitaan pois. Tämän jälkeen tutkitaan fotometrillä sperman tiheys sekä kolmella eri suurennoksella mikroskooppisesti ensin massaliike, sitten elävyys ja epänormaalisuudet.

Sperma laimennetaan siittiötiheyden ja osittain elävyyden perusteella. Jos siittiötiheys on $750 \cdot 10^6$ kpl/ml tai sen alle, on laimennussuhde 1 : 1. Jos taas tiheys on n. $1100 \cdot 10^6$ kpl/ml, on laimennussuhde 1 : 2 jne. Tärkeää on, että laimennusnesteiden sisältämää glyseriiniä olisi laimennetussa siemennesteessä n. 3.5%.

Noin 4–5 tuntia sperman keruun jälkeen siemenneste pakastetaan pillereiksi hiilihappojäähän (-79°C) painettuihin reikiin, joiden tilavuus on n. 0.1 ml. Pillereiden varastointi tapahtuu nestemäisessä työssä (-196°C).

Kolmen viikon pakastuksen jälkeen pillerit tutkitaan sulattamalla ne $+38^\circ\text{C}$:ssa natriumsitraatissa. Tällöin tarkastetaan lähinnä siittiöiden elävyys; jos elävyys-% on alle 40, annos hylätään. Pyrkimyksenä on, että jokaisessa pillerissä olisi 15–20 milj. siitoskelpoista siittiötä.

Taulukko 2: Sonnien lukumäärä

rotu	sonnien lkm.	isien lkm.	poikia/ isäsonni
<i>Ay</i>	297	50	5.9
<i>Sk</i>	9	6	1.3
<i>Fr</i>	91	29	3.0
<i>Hf</i>	2	2	1.0
<i>Li</i>	2	2	1.0

Jokaiselta sonnilta pyritään saamaan 30 000 siemenannosta varastoon ennen kuin ao. sonni teurastetaan. Suurin osa annoksista pakastetaan pilereiksi, mutta *Ay*-sonneilta pyritään pakastamaan 1200 ja *Fr*-sonneilta 2000 annosta myös oljiksi. Aineistossa oli olkipakaste-eriä n. 2.5%. Epätyydyttävän siemenen perusteella poistetaan 10–12 kpl *Ay*- ja *Fr*-sonneja vuosittain ennen pakastemäärätavoitteen saavuttamista. Vuosittain asemalle tulee uusia sonneja 60–70 kpl.

Sonnien spermantuantotiedot on ensin tallennettu käsin varastokirjanpitokaavakkeelle, josta tiedot on siirretty tietokoneelle kerran kuukaudessa. Maatalouden Laskentakeskus on vastaavasti kuukauden välein raportoinut keinosiemennysyhdistyselle. Huomattava on, että aineistossa ovat ainoastaan ne siemenneste-erät, jotka on hyväksytty pakastukseen. Hylättyjen erien osuutta tai hylkäyksen syytä ei näin ollen tunneta.

3.1.2 Aineiston rakenne

Alkuperäisessä aineistossa olivat edustettuina kaikki Suomen keinosiemennyskäytössä olevat nautarodut: *Ay*-rotu 299, *Sk*- 10, *Fr*- 95, *Hf*- 7, *Ch*- 6, *Ab*- 3 ja *Li*-rotu 3 sonnia. Kun aineistoon oli lisätty tieto sonnien isistä, oli heritabiliteettien laskentaan käytettävissä taulukossa 2 näkyvät lukumäärät.

Ch- ja *Ab*-rotujen isäsonneista ei aineistossa ollut tietoa.

Ay-rodulla laskettujen heritabiliteettien luotettavuuteen vaikutti lisäksi se, että viidellä isäsonnilla oli yhteensä 94 poikaa aineistossa.

Sonnien ikä oli analyyseissä jaettu 20 eri luokkaan joten luokkaväliksi tuli 3 kk. *Ay*-, *Sk*- ja *Fr*-rotujen havaintojen lukumäärä eri ikäluokissa on esitetty taulukossa 3. Syynä nuorten sonnien pieneen havaintojen lukumäärään on niiden alhainen spermanottofrekvenssi.

Taulukko 3: Ottokertojen ikäluokittaiset lukumäärät

Ikä kk.	Ay	Sk	Fr	yht.
12-14	1386	23	435	1844
15-17	3238	68	936	4242
18-20	3351	80	918	4349
21-23	3311	85	875	4271
24-26	3409	90	925	4424
27-29	3616	98	1010	4724
30-32	3671	60	1042	4773
33-35	3281	39	937	4257
36-38	2540	39	778	3357
39-41	1878	39	570	2487
42-	1815	41	564	2420
yht.	31496	662	8990	41148

Pakastetut spermaerät olivat jakaantuneet eri kuukausien osalta hyvin tasaisesti. Vähiten yhteenlaskettuja ottokertoja oli joulukuussa ja eniten heinäkuussa.

Aineistoon oli tallennettu spermantuotantotiedot vuosilta 1979 - heinäkuu 1988 (Taulukko 4). Vähiten havaintoja on vuodelta 1979 ja eniten vuodelta 1987.

Käytäntönä aineiston lähteenä olevalla ks-asemalla oli, että sonneilta otettiin kaksi hyppyä eli ejakulaattia spermanottokertaa kohti. Syystä tai toisesta saattaa kuitenkin ensimmäinen hyppy olla epätydyttävä, jolloin laboratoriohenkilökunnan pyynnöstä otetaan vielä kolmaskin hyppy. Yhteen hyppeyn taas tyydytään, jos etukäteen tiedetään, että sonnilla ei riitä siittiöitä enää useampiin hyppeihin. Ejakulaattilukumääräluokkien havaintojen lukumäärä on esitetty taulukossa 5.

Jokaisen hyppekerran jälkeen, kun kerätty sperma-annos tulee laboratorioon jatkoanalyysijä varten, merkitään kellonaika 10 minuutin tarkkuudella muistiin. Aineiston analyyseissä tutkittiin ensimmäisen ja toisen ejakulaatin välisen ajan vaikutusta spermantuotantoon Ay- ja Fr-sonneilla. Havaintojen lukumäärä lepoaikalukokittain on esitetty taulukossa 6. Jakaumasta on huomattavissa, että Fr-sonneilta saadaan tai otetaan toinen hyppy hiukan nopeammin kuin Ay-sonneilta.

Aineistossa olevista spermaeristä oli 2.5 % pakastettu oljiksi, kaikkiaan oli olkieriä Ay-sonneilla 781 kpl ja Fr-sonneilla 119 kpl.

Taulukko 4: Ottokertojen vuosittaiset lukumäärät

Vuosi	Ay	Sk	Fr	yht.
1979	666	185	356	1207
1980	748	135	373	1256
1981	1207	47	638	1892
1982	2306	38	807	3151
1983	3465	56	1092	4613
1984	4584	100	1240	5924
1985	4638	19	1356	6013
1986	4952	7	1199	6158
1987	5817	50	1171	7038
1988	3113	25	758	3896
yht.	31496	662	8990	41148

Taulukko 5: Ejakulaattien lukumäärän/ottokerta frekvenssijakauma

ej.lkm	Ay	Sk	Fr	yht.	%
1	9035	127	2040	11202	27.2
2	21932	514	6762	29208	71.0
3	529	21	188	738	1.8
yht.	31496	662	8990	41148	100.0

Uusimattomuus-%:a tutkittaessa oli mallissa mukana sonnien syntymävuosi. Ay-, Sk- ja Fr-sonnien yhteenlasketut syntymävuosien lukumäärät on esitetty taulukossa 7.

3.2 Aineiston käsittely

3.2.1 Analysoidut muuttujat

Analyysien tavoitteena oli selvittää sperman määrä- ja laatuominaisuuksien yhteydet ja niiden vaihteluun vaikuttavat tekijät.

Analyseissä sperman määrällistä tuotantoa kuvaavina muuttujina olivat ottokerralla kerätyn siemennesteen kokonaistilavuus laimennettuna (ml), kerätty kokonaissiittömäärä (10^6 kpl), eri ejakulaattien tilavuus en-

Taulukko 6: Ejakulaattien välisen ajan havaintojen lukumäärät

väli min	A _y	%	Fr	%
-10	1163	5.22	593	8.56
10-19	5403	24.23	2113	30.49
20-29	9270	41.57	2772	40.00
30-39	5634	25.26	1316	18.99
40-	830	3.72	136	1.90

Taulukko 7: Sonniien syntymävuosien frekvenssijakauma

syntymä- vuosi	N	syntymä- vuosi	N
1977	6	1982	52
1978	7	1983	53
1979	16	1984	48
1980	26	1985	65
1981	47	1986	13

nen ja jälkeen laimennuksen (*ml*) sekä pakastettujen siemennysannosten (oljet + pillerit) kokonaismäärä.

Sperman laatua kuvasivat tuoresperman tiheys (10^6 kpl siittiötä / *ml*), siittiöiden elävyys-%, ja massa-aktiiviteetti eri ejakulaateissa sekä koko pakaste-erän pakastuksen jälkeinen elävyys-%.

Analyyseihin käytetyn *WSYS*-ohjelmiston summausmahdollisuuksia hyväksikäyttäen laskettiin myös sonnin siemenannostuotanto kuukaudessa ja tutkittiin siihen vaikuttavat tekijät. Muita tutkittuja muuttujia olivat sonnin 500 ensimmäisen siemennyksen 60 päivän UM-% ja spermanotto-kertojen välinen aika päivissä.

Aineistosta laskettiin heritabiliteetit ainoastaan *A_y*-rodun sonneille. Muilla roduilla oli aineisto liian pieni muiden kuin toistuvuuksien laskemiseen. Lisäksi laskettiin eri spermantuotanto-ominaisuuksien väliset fenotyypiset korrelaatiot.

Muuttujat *siemenannosmäärä* ja *kokonaissiittiötuo* olivat likimäärin normaalisti jakautuneita (Liite 2) ja niitä käsiteltiin ns. jatkuvina muuttujina. Subjektiivisesti mitattujen ominaisuuksien jakaumille, ku-

ten esim. pakastuksen jälkeinen elävyys-%, oli tyypillistä jonkinasteinen luokittelu. Myös muut muuttujat olivat lähes normaalisti jakautuneita.

3.2.2 Tilastolliset mallit

Kaikki tilastot ja analyysit laskettiin Helsingin Yliopiston kotieläinten jalostustieteen laitoksella kehitetyllä WSYS-ohjelmistolla. Analyyseissä käytettiin pienimmän neliösumman varianssianalyysiä (HARVEY 1960 ja 1970).

Aineisto käsiteltiin roduittain ja osittain myös ejakulaateittain. Useampi ejakulaatti oli mukana LS-analyyseissä silloin, kun haluttiin laskea eri ejakulaattien välisiä yhteyksiä.

Liharotujen sonneilla ei suoritettu minkäänlaisia analyysyjä aineiston pienuuden vuoksi.

Isän, sonnin, ottokuukauden, ottovuoden, iän ja ejakulaattien lukumäärän ottokerralla vaikutusta A_y -sonnien siemenannosmäärään, laimentuun kokonaistilavuuteen, pakastuksen jälkeiseen elävyyteen, ottokerrojen väliseen aikaan sekä ensimmäisen ejakulaatin kaikkiin määrä- ja laatuominaisuuksiin tutkittiin sekamallilla (*Malli 1*):

$$y_{ijklmno} = \mu + a_i + b_{ij} + c_k + d_l + e_m + f_n + \epsilon_{ijklmno} \quad (1)$$

- μ = keskiarvo
 a_i = sonnin isä_i
 b_{ij} = sonni_j isän_i sisällä
 c_k = spermanottokuukausi_k, ($k=1...12$)
 d_l = spermanottovuosi_l, ($l=1979...1988$)
 e_m = sonnin ikä_m, ($m=1...11$)
 f_n = spermanottokerran_n, ($n=1...3$) ejakulaattien lukumäärä
 $\epsilon_{ijklmno}$ = jäännös
 Satunnaistekijät : a_i , b_{ij} ja $\epsilon_{ijklmno}$

Sonnien ikä (e_m) oli luokiteltu seuraavasti:

luokka 1 = 12-14 kk	7 = 30-32 kk
2 = 15-17 kk	8 = 33-35 kk
3 = 18-20 kk	9 = 36-38 kk
4 = 21-23 kk	10 = 39-41 kk
5 = 24-26 kk	11 = 42- kk
6 = 27-29 kk	

Vastaavien tekijöiden vaikutus tutkittiin myös *Fr*- ja *Sk*-sonneilla sillä erotuksella, että isä ei ollut mallissa mukana. Lisäksi *Sk*-eläimillä puuttui mallista myös spermanottovuoden vaikutus, koska sitä ei pienen havain-
tomäärän takia voitu erottaa sonnin vaikutuksesta.

Edellä mainitulla mallilla tutkittiin myös erikseen sperman määrään ja laatuun vaikuttavat tekijät nuorilla alle 2-vuotiailla sonneilla sekä täysi-ikäisillä yli 2-vuotiailla sonneilla. Ikäluokat 1-4 kuuluivat siis nuoriin sonneihin ja ikäluokat 5-11 täysi-ikäisiin.

Kun selvitettiin pakastepillereiden ja olkien välisiä eroja, lisättiin malliin pakastemuototekijä g_p , ($p=1...2$), jossa $g_1 \equiv$ pilleri ja $g_2 \equiv$ olki.

Tutkittaessa toista ejakulaattia ja ejakulaattien välisen ajan vaikutusta, käytettiin sekamallia (*Malli 2*):

$$y_{ijklmnop} = \mu + a_i + b_{ij} + c_k + d_l + e_m + f_n + g_o + \epsilon_{ijklmnop} \quad (2)$$

jossa edellisen mallin tekijöiden lisäksi on g_o , ($o=1...5$) = 1. ja 2. ejakulaatin välinen aika:

$$\begin{aligned} \text{luokka 1} &= -10 \text{ min} & 4 &= 30-39 \text{ min} \\ 2 &= 10-19 \text{ min} & 5 &= 40-49 \text{ min} \\ 3 &= 20-29 \text{ min} \end{aligned}$$

Sovellettaessa mallia *Fr*-sonneihin, ei isä-tekijää otettu mukaan malliin. Muuttujina mallia sovellettaessa olivat kaikki sperman määrä- ja laatuominaisuudet niiltä ottokerroilta, joilta oli pakastettu kaksi ejakulaattia.

Sonnin, spermanottovuoden ja iän vaikutusta kuukausittaiseen siemenannostuotantoon tutkittiin sekamallilla (*Malli 3*):

$$y_{ilmnp} = \mu + a_i + d_l + e_m + \epsilon_{ilmnp} \quad (3)$$

jossa mallin eri tekijät ovat luokitteluiltaan samat kuin edellisissä malleissa.

Sonnin 60 pv:n UM-%:n ja spermantuotannon eri ominaisuuksien (*y*-muuttujat) yhteyksiä *Ay*-sonneilla tutkittiin kiinteiden tekijöiden mallilla (*Malli 4*):

$$y_{ij} = \mu + a_i + \epsilon_{ij} \quad (4)$$

μ = keskiarvo

a_i = sonnin 500 ensimmäisen siemennyksen 60 pv:n
UM-% _{i} , ($i=1...3$)

ϵ_{ij} = jäännös

Uusimattomuusprosentti (a_i) oli luokiteltu seuraavasti:

luokka 1 = 30-55 %

2 = 56-65 %

3 = 66-90 %

Spermaominaisuuksien ja UM-%:n fenotyyppisten korrelaatioiden selville saamiseksi käytettiin sekamallia (*Malli 6*):

$$y_{ijkl} = \mu + a_i + b_{ij} + c_k + \epsilon_{ijkl} \quad (5)$$

μ = keskiarvo

a_i = sonnin rodun $_i$, ($i=1\dots 3$) vaikutus (*Ay, Sk, Fr*)

b_{ij} = sonnin isä $_j$ rodun $_i$ sisällä satunnaisena tekijänä

c_k = sonnin syntymävuosi $_k$, ($k=1977\dots 1987$)

ϵ_{ijk} = jäännös

Selitettävänä muuttujina edellämainitussa analyysissä käytettiin UM-%:n lisäksi pillerimäärän, kokonaissiemenmäärän ja pakastuksen jälkeisen elävyyden sekä 1. ejakulaatin tilavuuden, tiheyden, elävyyden ja laimennetun kokonaistilavuuden sonnikohtaisia keskiarvoja.

Edellisen ottokerran ejakulaattien lukumäärällä ei havaittu olevan vaikutusta seuraavaan ottokertaan, joten sitä ei sisällytetty malleihin.

4 Tulokset ja tulosten tarkastelu

4.1 Muuttujien keskiarvot ja vaihtelu

Keskiarvoja vertailemalla havaitaan *Sk*-rodun olevan parhaan niin siemenannos- kuin myös siittiötuotannoltaan (Taulukko 8). Ejakulaattien elävyydet ja tiheydet samoin kuin pakastuksen jälkeinen elävyys ja uusimattomuusprosentti ovat rodulla myös paremmat kuin *Fr*- tai *Ay*-sonneilla. Ottokertojen välinen aika oli lyhin *Fr*-rodulla. *Ay*- ja *Fr*-rotujen välillä ei ole suuria eroja sulusolutuotannossa. Uusimattomuus-%:aan ovat *Fr*-sonnit n. 3%-yksikköä parempia kuin *Ay*-sonnit. Aineiston perusteella ovat maitorotuiset sonnit spermantuotannoltaan parempia kuin liharotussonnit; parhaana liharotuna aineistossa näyttäisi olevan charolais-rotu (Taulukko 9).

Eri ejakulaattien välillä on tilavuuksissa, tiheyksissä ja elävyyksissä eroja. Ensimmäinen hyppy on tilavuudeltaan ja tiheydeltään yleensä paras, kun taas huonoin on kolmas hyppy (Taulukko 8). Elävyyttä tarkastellessa tilanne on päinvastoin, eli elävyys on kolmannessa hypyssä paras ja ensimmäisessä huonoin. Vastaavia tuloksia on saanut mm. SEIDEL & FOOTE (1969). Eri ejakulaattien tulkintaa vaikeuttaa tiedon puuttuminen hylätyistä hypyistä; ns. ensimmäinen hyppy saattaa olla järjestyksessä toinen, koska ensimmäinen varsinainen hyppy on syystä tai toisesta jätetty pakastamatta.

Eri ejakulaattien elävyyksien ja massa-aktiiviteettien sekä pakastuksen jälkeisen elävyyden vaihtelukertoimet ovat selvästi pienemmät, kuin muiden spermaominaisuuksien. Subjektiivisen arvostelun mukanaan tuoma luokittelu sekä ominaisuuksien perusteella ennen pakastusta tapahtunut karsinta ovat syynä ko. ominaisuuksien pienempään vaihteluun.

4.2 Systemaattisten ympäristötekijöiden vaikutus

4.2.1 Sonnin iän ja ottofrekvenssin vaikutus

Ikäluokkien erot olivat kaikissa tutkituissa muuttujissa merkitseviä. Sonnien ikäkehityksen tarkastelussa oli ongelmana iän ja ottofrekvenssin vaikutusten erottaminen toisistaan.

Sonnien määrälliselle spermantuotannolle on tyypillistä hyvin nopea kehitys ensimmäisen asemallaolovuoden aikana. Alle 15 kk vanhoilla sonneilla on spermantuotanto vielä suhteellisen vaatimatonta, kunnes se saavuttaa huippunsa noin kahden vuoden iässä. Tämän jälkeen alkaa taantuminen ja siemenannos- ja siittiötuotanto ottokertaa kohden sekä

Taulukko 8: Lypsyrotujen sperman määrä- ja laatuominaisuuksien keskiarvot (μ), hajonnat (σ) ja vaihtelukertoimet (V%)

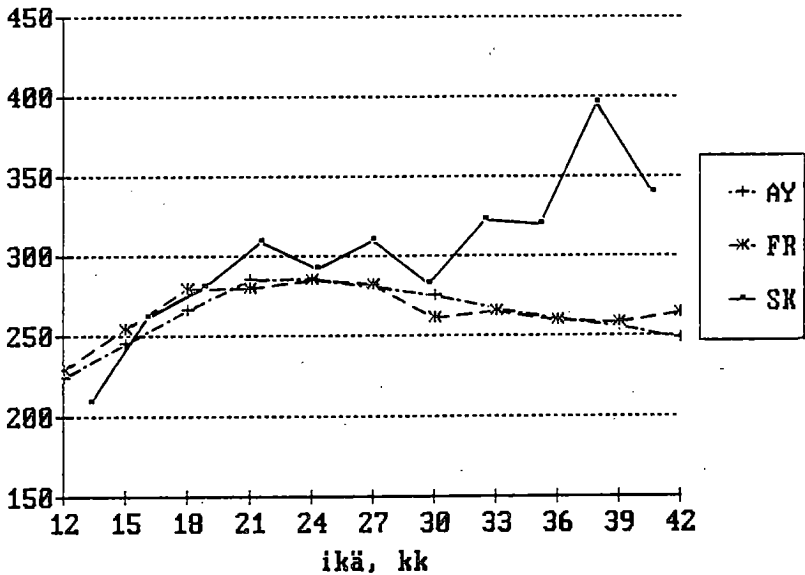
	Ay				Sk				Fr			
	N	μ	σ	V%	N	μ	σ	V%	N	μ	σ	V%
annosta	31501	262.7	107.6	40.9	663	301.5	120.9	40.1	8997	264.9	105.4	39.7
laim. V	31502	28.89	11.66	40.3	663	32.03	12.26	38.3	8997	28.84	11.18	38.8
pak.eläv.	31501	38.26	6.14	16.0	663	40.17	4.91	12.2	8990	38.27	6.21	16.3
siitt. N	31501	9580	3720	38.8	663	11820	4937	41.8	8997	9726	3675	37.8
V ₁	31502	5.72	1.86	32.4	663	5.67	2.04	36.1	8997	5.57	1.75	31.4
m-akt ₁	31502	2.76	0.43	15.6	663	2.78	0.42	15.1	8997	2.75	0.44	16.0
tiheys ₁	31500	1123	260.2	23.2	663	1302	427.3	32.8	8996	1118	250.6	22.4
elävyyss ₁	31502	66.33	3.48	5.3	663	68.50	3.90	5.7	8997	66.99	3.77	5.6
laim. V ₁	31502	19.34	7.78	40.3	663	19.46	7.94	40.8	8997	18.46	7.22	39.1
V ₂	22464	5.28	1.62	30.7	535	5.27	1.71	32.4	6954	5.28	1.61	30.5
tiheys ₂	22461	836.7	218.5	26.1	535	1080	351.7	32.6	6954	848.2	212.6	25.0
m-akt ₂	22463	2.29	0.47	20.5	535	2.55	0.51	20.0	6954	2.30	0.47	18.8
elävyyss ₂	22464	67.88	3.27	4.8	535	69.83	3.78	5.4	6954	68.27	3.44	5.0
laim. V ₂	22464	13.16	4.99	37.9	535	15.21	5.82	38.3	6954	13.16	4.96	37.7
V ₃	529	4.42	1.63	36.8	21	4.12	1.44	35.0	188	4.56	1.35	26.6
tiheys ₃	529	751.1	174.4	23.2	21	824.6	217.5	26.4	188	750.9	145.9	19.4
m-akt ₃	529	2.17	0.39	18.0	21	2.19	0.51	23.3	188	2.11	0.31	14.7
elävyyss ₃	529	69.38	3.10	4.5	21	69.29	2.87	4.1	188	69.26	3.43	5.0
laim. V ₃	529	10.08	4.31	42.8	21	9.00	2.86	31.8	188	9.97	3.18	31.9
ottoväli	30883	6.33	2.38	37.6	643	6.19	2.51	40.5	8847	5.95	2.45	41.2
ann./kk	7369	1123	611.4	54.4	155	1299	780.1	60.0	1994	1195	660.7	55.3
UM-%	246	65.08	3.42	5.3	9	72.56	3.00	4.3	68	68.66	2.99	4.4

Muita keskiarvoja ja hajontoja:

	N	μ	σ	V%
pillertilavuus (ml)	42608	0.112	0.025	22.3
l. tiheys laim. jälk.	42668	338.96	51.90	15.3
siitt./annos (Ay-rotu)	31499	37.37	7.64	20.5
eläv.siitt./annos (Ay-rotu)	31499	14.29	3.55	24.9

N = havaintojen lukumäärä	mittayksiköt: annosmäärä :	kpl
μ = keskiarvo	tilavuudet :	ml
σ = keskihajonta	elävyydet :	%
V% = vaihtelukerroin	siitt. yht. :	10 ⁶ kpl
	tiheydet :	10 ⁶ /ml
	ottoväli :	pv

annosmäärä, kpl



Kuva 1: Sonnin iän vaikutus siemenannostuotantoon ottokerralla

den sekä tuorespermaelävyyden muutokset ovat sonnin vanhetessa pienempiä kuin muutokset määrääominaisuuksissa, mutta yhä tilastollisesti merkitseviä (Taulukko 11). Siittiöt kestävät pakastusta parhaiten sonnin ollessa 15–24 kuukauden ikäinen, kun taas heikoimmat elävyydet ovat sitä vanhemmilla sonneilla. Vastaavasti tuorespermaelävyys on parhaimmillaan n. 2.5 vuoden iässä.

Toisen ejakulaatin kohdalta olivat tilastolliset erot eri ikäluokkien välillä elävyyksissä hyvin pienet.

Ejakulaattien tiheydet ovat Ay- ja Sk-sonneilla parhaimmillaan hiukan alle 2 vuoden iässä (Taulukko 12). Ennen ko. ikää on tiheyden kasvu ollut hyvin ripeää. Vastaavasti tiheyden taantuma alkaa noin 3 vuoden iässä lähinnä Sk-sonneilla sekä myös Ay-rodun ensimmäisessä ejakulaatissa. Fr-sonneilla ei esiinny havaittavaa tiheyden laskua koko spermankeruuaikana. Myöskään Ay-sonneilla ei toisessa ejakulaatissa havaittu tiheyden laskua.

Ay-sonnien vanhetessa lyhenee hyväksytytjen spermaerien välinen aika huomattavasti. Kokonaislyheneminen on noin 0.8 päivää mitattuna LS-

Taulukko 10: Sonnin iän vaikutus siemenannostuotantoon kuukaudessa

ikä (kk)	Ay-sonnit		Sk-sonnit		Fr-sonnit	
	N	kpl	N	kpl	N	kpl
LS-ka		1123		1299		1195
12-14	367	-699	6	-738	115	-750
15-17	881	-410	18	-330	243	-405
18-20	889	-216	18	3	246	-249
21-23	828	-82	20	-66	223	-176
24-26	808	66	18	266	211	-5
27-29	784	150	22	-13	209	146
30-32	764	241	12	255	198	263
33-35	690	207	9	37	170	279
36-38	532	263	8	724	154	252
39-41	407	228	9	261	110	319
42--	419	252	15	-398	115	327
F-testi		***		***		***

Luvut ovat poikkeamia LS-yleiskeskiaarvosta

N = havaintojen lukumäärä

Tilastollinen merkitsevyys:

kpl = siemenannosten kokonais-
määrä kuukaudessa

*** = $p < 0.001$

=

keskiaarvon erotuksena. Fr-rodulla sitävästoin alle 15kk:n ikäisiltä sonneilta saadaan melko usein hyväksyttyä spermaa pakkaseen, jonka jälkeen aika pitenee aina hiukan yli kahden vuoden ikään. Tätä vanhemmilla sonneilla on ottokertojen välisen ajan kehitys aaltomaista.

Myös sonnin ikä, kun siltä saatiin ensimmäinen pakaste-erä talteen, tutkittiin. Yli 80 % ensimmäisistä pakaste-eristä oli kerätty ennen sonnin 60:tä elinviikkoa, eli n. 2kk sonnin asemalletulon jälkeen. Fr-sonneilta saatiin ensimmäinen hyväksytty hyppy 1--2 viikkoa aikaisemmin kuin muiden rotujen sonneilta.

Tutkimuksen lähteenä olevan aineiston mukaan sonni viettää asemalla n. 30kk ennen kuin siltä on saatu vaadittavat 30 000 siemenannosta talteen. Parhaat sonnit saavuttavat rajan jo noin kahden vuoden iässä.

Muissa tutkimuksissa ei ole ilmennyt lainkaan spermaominaisuuksien heikkenemistä sonnin vanhetessa. Ainoa poikkeus on ollut tiheyden joissain tutkimuksissa havaittu heikkeneminen, mutta senkin on yleensä sperman tilavuuden suureneminen pystynyt kompensoimaan, joten kokonaisuittiötuotanto on edelleen kasvanut. Sperman elävyysominaisuuksissa eivät tulokset juurikaan eronneet muualla saaduista tuloksista, eli sperman

Taulukko 11: Sonnin iän vaikutus sperman elävyyteen ennen ja jälkeen pakastuksen

ikä (kk)	Ay-sonnit			Sk-sonnit			Fr-sonnit		
	N	eläv	peläv	N	eläv	peläv	N	eläv	peläv
<i>LS</i> -ka		66.3	38.3		68.5	40.2		67.0	38.3
12-14	1386	-0.7	-0.5	23	-0.7	1.0	435	-0.4	1.2
15-17	3238	-0.1	0.5	68	0.9	0.8	936	0.0	1.9
18-20	3351	0.3	0.4	80	0.3	1.4	918	0.3	1.6
21-23	3311	0.3	0.3	85	0.5	0.6	875	0.2	0.9
24-26	3409	0.4	0.3	90	0.1	-0.3	925	0.2	0.7
27-29	3616	0.3	0.0	98	-0.2	0.2	1010	0.2	0.0
30-32	3671	0.0	0.0	60	0.3	-0.5	1042	0.1	-0.5
33-35	3281	-0.2	-0.2	39	0.7	0.9	937	-0.1	-0.9
36-38	2540	-0.2	-0.3	39	-0.4	1.4	778	-0.4	-1.1
39-41	1878	-0.2	-0.4	39	0.1	-0.1	570	-0.3	-2.3
41-	1815	-0.1	-0.1	41	-1.6	-5.4	564	0.1	-1.4
<i>F</i> -testi		***	***		N.S	***		***	***

Luvut ovat poikkeamia *LS*-yleiskeskivasta

N = ottokertojen lukumäärä

Tilastollinen merkitsevyys:

eläv = 1. ejakulaatin elävyys-%

*** = $p < 0.001$

peläv = pakastuksen jälkeinen elävyys-%

N.S = ei tilastollisia eroja

elävyydessä ja pakastuksen kestossa on havaittavissa pientä heikkenemistä sonnin vanhetessa (KILLIAN & AMANN 1972, ALMQUIST & AMANN 1975, ALMQUIST *et al.* 1976). Vanhojen eli yli 3.5-vuotiaitten sonnien spermantuotanto oli kaikkiaan vielä täysin tyydyttävää. Sonnin ikä ei täten näyttäisi asettavan rajoituksia ns. odotussonnijärjestelmän käyttöönotolle nautakarjanjalostuksessa. Odotussonnijärjestelmässähän sonni jätetään eloon odottamaan jälkeläisarvostelun tuloksia.

Havaittu tilavuuksien ja tiheyksien lasku johtuu ottofrekvenssin muutoksesta viikossa noin 1.5-2.0-vuotiailla sonneilla. Tämän osalta olivat tulokset muualla saatuja tuloksia vastaavia, eli ottofrekvenssin kasvattaminen pienentää yksittäistä ejakulaattia, mutta kokonaistuotanto kasvaa pitemmällä aikavälillä tarkasteltuna (ALMQUIST & CUNNINGHAM 1967, SEIDEL & FOOTE 1969, ALMQUIST & AMANN 1976, KALLIO 1979, ALMQUIST 1982). On merkittävää, että ottofrekvenssin muuttaminen ei kuitenkaan näy selvästi *Fr*-sonnien osalta, kun tarkastellaan hyväksytyjen spermanottokertojen välistä aikaa.

Taulukko 12: Sonnin iän vaikutus sperman siittiötiheyteen

ikä (kk)	Ay-sonnit		Sk-sonnit		Fr-sonnit	
	<i>N</i>	tiheys	<i>N</i>	tiheys	<i>N</i>	tiheys
<i>LS</i> -ka		1123.5		1302.0		1117.9
12-14	1386	-57.7	23	39.6	435	-72.5
15-17	3238	-12.6	68	136.0	936	-44.2
18-20	3351	27.4	80	152.5	918	-15.8
21-23	3311	57.8	85	106.1	875	1.3
24-26	3409	49.0	90	33.2	925	9.4
27-29	3616	39.2	98	-0.8	1010	23.8
30-32	3671	14.3	60	2.8	1042	9.7
33-35	3281	-10.4	39	1.4	937	17.1
36-38	2540	-30.4	39	-243.9	778	10.8
39-41	1878	-24.9	39	-20.3	570	21.2
41-	1815	-51.7	41	-206.6	564	39.4
<i>F</i> -testi		***		***		***

Luvut ovat poikkeamia *LS*-yleiskeskivärvosta

N = ottokertojen lukumäärä

Tilastollinen merkitsevyys

tiheys = 1. ejak. tiheys 10^6 kpl/ml

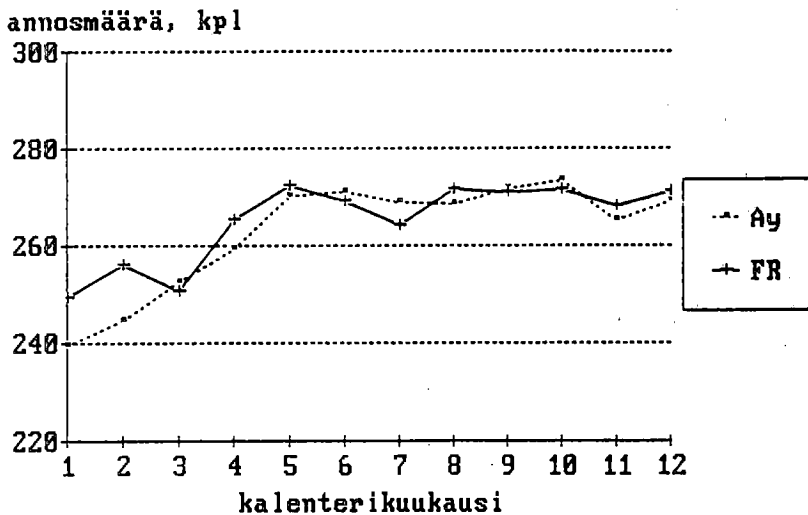
*** = $p < 0.001$

4.2.2 Spermanottokuukauden vaikutus

Erot spermanottokuukausien välillä olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä niin *Ay*- kuin *Fr*-roduillakin lähes kaikissa ominaisuuksissa. *Sk*-aineistossa ei kuukausien välisiä eroja esiintynyt käytännöllisesti katsoen lainkaan.

Spermantuotannon määrälliset kuukausivaihtelut ovat samansuuntaisia sekä *Ay*- että *Fr*-sonneilla, jälkimmäisillä ovat muutokset vain loivempia (Kuva 2). Parhaina spermantuotantokuukausina määrällisesti mitattuna niin kokonaistuotannollisesti, kuin myös ejakulaateittain ovat lähinnä kevät-, kesä- ja syyskuukaudet toukokuusta lokakuuhun, kun taas alhaisimmillaan spermantuotanto on talvella ja silloin erityisesti tammikuussa. Varsinkin joulukuun ja tammikuun välillä on hyvin selvä pudotus. *Fr*-sonneilla on myös heinäkuu suhteellisen heikko.

Kun tarkasteltiin erikseen nuorten ja jo rutiininomaisessa spermantotossa olevien yli 2-vuotiaitten sonnien spermanottokuukausien välisiä eroja, havaittiin vuoden alkupuolen kuukausien olevan heikoimmat spermantuotannollisesti juuri nuorilla sonneilla (Taulukko 13). Yli 2-vuotiailla



Kuva 2: Kalenterikuukauden vaikutus siemenannostuotantoon ottokerralla

sonneilla olivat erot eri kuukausien välillä pienemmät, mutta yhä tilastollisesti erittäin merkitsevät. Huonoimmat spermantuotantokuukaudet olivat vanhemmilla Ay-sonneilla tammikuu ja helmikuu, Fr-sonneilla maaliskuu, marraskuu ja joulukuu. Parhaimmat kuukaudet olivat molemmilla roduilla toukokuu ja kesäkuu.

Tarkasteltaessa pakastuksen jälkeistä elävyyttä on Ay-rodulla heikointen pakastusta kestävätkerät kerätty kesä-elokuussa, kun taas Fr-rodulla ei spermanottokuukausien välillä ollut suuria eroja elävyydessä pakastuksen jälkeen (Kuva 3).

Siittiötiheyksien vuodenaikavaihtelu on hyvin epäsäännöllistä, selkeästi paras kuukausi on kuitenkin Ay-sonneilla lokakuu ja Fr-sonneilla helmikuu.

Eri ejakulaattien tuotespermaelävyyden muutokset eri kuukausina olivat vaihtelevia. Parhaimpina kuukausina on molemmilla yleisimmillä roduilla kesäkuu ja syyskuu ja huonoimpina marras-joulukuu. Massa-aktiiviteetiltään parasta spermaa tuotetaan vuoden loppupuolella ja heikointa kesällä.

Sperman laadullissa ominaisuuksissa (elävyys, massa-aktiiviteetti, tiheys) ei havaittu eroja tarkasteltaessa eri ikäisiä eläimiä erikseen ja ver-

Taulukko 13: Nuorten (alle 2 v) ja täysi-ikäisten (yli 2 v) *Ay*- ja *Fr*-sonnien siemenannostuotanto eri kuukausina

kk	<i>Ay</i> -sonnit				<i>Fr</i> -sonnit			
	alle 2 v		yli 2 v		alle 2 v		yli 2 v	
	<i>N</i>	kpl	<i>N</i>	kpl	<i>N</i>	kpl	<i>N</i>	kpl
<i>LS</i> -ka		234.8		278.3		247.4		274.5
tammi	949	-54.6	1713	-10.1	279	-52.0	487	0.0
helmi	933	-42.5	1648	-8.5	259	-33.5	480	1.3
maalis	988	-30.9	1860	-2.1	283	-30.9	551	-8.3
huhti	872	-21.2	1710	2.7	242	-19.1	463	9.7
touko	981	1.4	1902	9.6	288	-1.5	563	11.8
kesä	975	5.3	1769	9.8	264	-0.1	481	6.6
heinä	1070	13.5	1857	2.5	309	7.8	542	-4.1
elo	955	19.6	1467	-1.6	273	13.7	443	3.5
syys	900	25.4	1554	1.8	239	24.3	458	-2.8
loka	920	27.7	1672	4.9	245	28.0	491	-3.6
marras	885	27.3	1607	-7.3	250	28.9	467	-8.4
joulu	858	29.0	1451	-1.6	233	34.3	400	-6.0
<i>F</i> -testi		***		***		***		***

Luvut ovat poikkeamia *LS*-yleiskeskiväristä

N = ottokertojen lukumäärä Tilastollinen merkitsevyys:

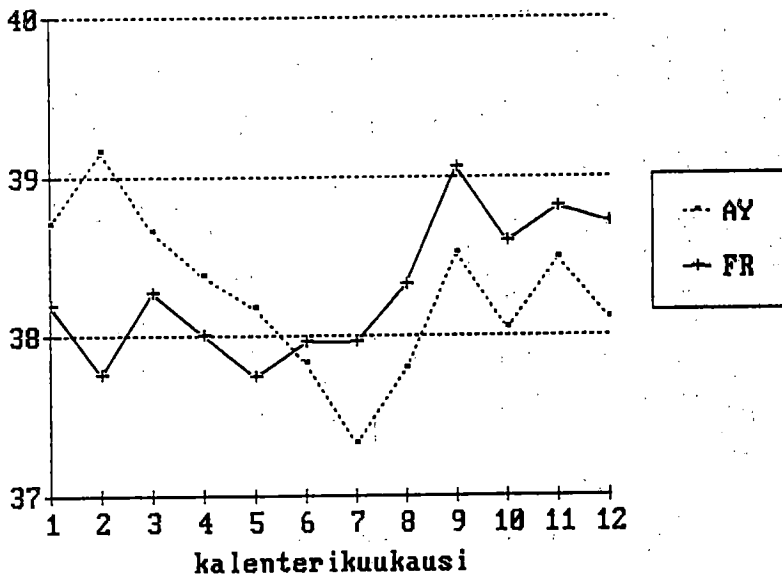
kpl = siemenannoksia / ottokerta *** = $p < 0.001$

rattaessa tuloksia koko aineistosta saatuihin tuloksiin.

Kaikilla roduilla oli kuukausien välinen ero ottokertojen välisessä ajassa tilastollisesti erittäin merkitsevä. Lyhin hyväksytyjen hyppyjen välinen aika, eli *Ay*-sonneilla 5.4, *Sk*-sonneilla 5.5 ja *Fr*-sonneilla 5.4 päivää, oli syys- loka- ja marraskuussa, kun taas pisimmillään aika oli tammi- ja huhtikuussa: 6.3, 6.7 ja 6.8 päivää. *Sk*:lla oli huonoja kuukausia myös helmikuu ja maaliskuu.

Paras spermantuotantovuodenaika on kesä, jos ajatellaan määrällistä siittiö- ja siemenannostuotantoa. Toisaalta pakastuskestävyydeltään ja massa-aktiiviteetiltaan huonoin sperma-aines oli kerätty kesäkuukausina. Laadultaan paras sperma kerätään keväällä ja syksyllä. Sekä sperman määrällisessä että laadullisessa tuotannossa on merkillepantavaa joulukuun ja tammikuun välinen suuri ero. Nuorten ja täysi-ikäisten sonnien suhteelliset osuudet vuoden alkukuukausina ovat kuitenkin aineistossa liikkeittäin samansuuruiset. Huono spermantuotanto vuoden alkukuukausina

elävyys-% pakastuksen jälkeen



Kuva 3: Kalenterikuukauden vaikutus pakastuksen jälkeiseen elävyyteen

ei siten johdu esimerkiksi juuri asemalle tulleiden sönkien suhteellisesti suuremmasta osuudesta.

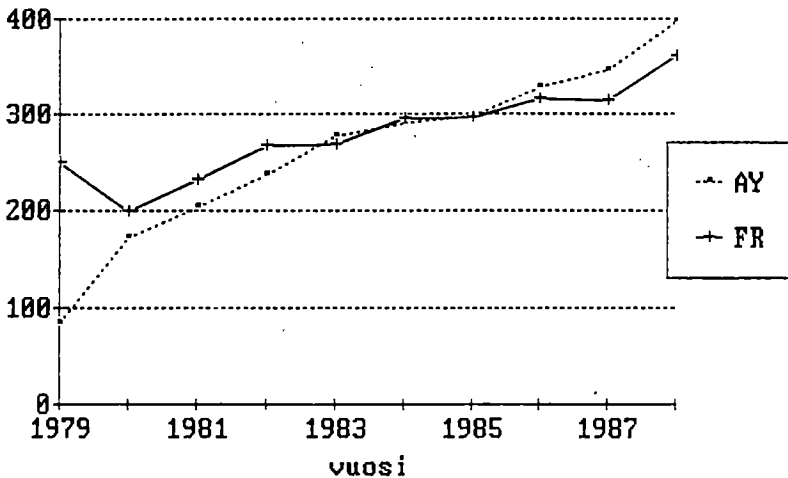
4.2.3 Spermanottovuoden vaikutus

Spermanottovuosien erot olivat kaikissa tutkituissa ominaisuuksissa erittäin merkitseviä sekä Ay- että Fr-sonneilla. Sk-sonneilla ei vuoden vaikutus sisältynyt malliin.

Sönkin spermantuotanto mitattuna niin annosmäärinä, siittiöinä kuin myös laimennettuna siemennesteenä ottokertaa kohti on lisääntynyt aineiston lähteenä olevalla asemalla tasaisesti vuosien 1979 ja 1988 välisenä aikana (Kuva 4). Kun vuoden vaikutusta tarkastellaan ejakulaateittain, havaitaan myös ejakulaattilavuuksien kasvaneen.

Annostuotanto kuukaudessa sitävastoin ei ole kasvanut niin suoraviivaisesti: vuosien 1985 ja 1987 välisenä aikana oli kehityksessä jonkinasteinen taantuma Ay-sonneilla. Fr-sonneilla ei vuosien välillä ollut lainkaan eroja kuukausittaisessa siemenannostuotannossa.

annosmäärä, kpl



Kuva 4: Spermanottovuoden vaikutus siemenannostuotantoon ottokeralla

Tarkasteltaessa spermanottovuoden vaikutusta sperman määräominaisuuksiin erikseen nuorilla alle 2-vuotiailla sonneilla ja täysi-ikäisillä yli 2-vuotiailla, saatiin esiin ilmeisesti isätasolla oleva yhdysvaikutus, jota ei kuitenkaan tarkemmin saatu selville. Yhdysvaikutuksen seurauksena olivat eri vuosien *LS*-keskiarvojen erotukset lukuarvoiltaan epämielekkäitä.

Sperman laatua kuvaavista muuttujista on pakastuksen jälkeinen elävyys *Ay*-sonneilla tasaisesti heikentynyt vuosi vuodelta ja *Fr*-rodullakin aina vuoteen 1983 asti, jonka jälkeen oli havaittavissa pientä paranemista (Taulukko 14).

Myös eri ejakulaattien tuorespermaelävyydet ovat huonontuneet, tosin kehitys ei ole ollut niin suoraviivaista kuin pakastuksen jälkeisen elävyyden ollessa kyseessä. Siittiötiheydet sitävastoin ovat muuttuneet epäsäännöllisesti; esim. *Ay*-sonneilla parhaat ensimmäisen hypyn tiheydet on saavutettu vuosina 1979, 1985 ja 1986. *Fr*-sonneilla tiheyden kehitys on ollut huonompaan päin niin ensimmäisen kuin toisenkin hypyn ollessa kyseessä.

Vuosittaisessa kehityksessä oli jonkin verran eroja nuorten ja täysi-ikäisten sonnien välillä tuorespermaelävyyksissä; nimenomaan vanhojen sonnien sperman elävyys on heikentynyt vuosi vuodelta niin *Ay*- kuin *Fr*-sonneillakin. Nuorten sonnien sperman elävyys on *Ay*-rodulla parantunut

Taulukko 14: Spermanottovuoden vaikutus pakastuksen jälkeiseen elävyyteen Ay- ja Fr-sonneilla

vuosi	Ay-sonnit		Fr-sonnit	
	N	peläv	N	peläv
LS-ka		38.3		38.3
1979	666	3.1	356	0.0
1980	748	2.7	373	0.0
1981	1207	1.8	638	-1.1
1982	2306	1.7	807	-1.8
1983	3465	0.4	1092	-1.5
1984	4584	-0.8	1240	-1.1
1985	4638	-1.8	1356	0.5
1986	4952	-2.3	1199	0.0
1987	5817	-2.4	1171	1.5
1988	3113	-2.5	758	3.4
F-testi		***		***

Luvut ovat poikkeamia LS-yleiseskiarvosta

N = pakaste-erien lukumäärä Tilastollinen merkitsevyys
 peläv = pakastuksen jälkeinen elävyyys-% *** = $p < 0.001$
 =

ja Fr-rodulla heikentynyt tarkasteltavana olevana ajanjaksona.

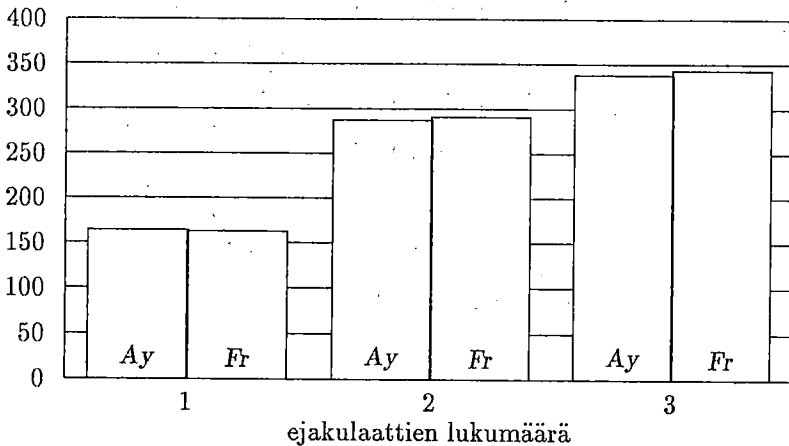
Vuosien välinen ero oli myös erittäin merkitsevä, kun tarkasteltiin hyväksytyjen ottokertojen välistä aikaa. Hyväksytyjen pakaste-erien välinen aika on ollut pisimmillään vuosina 1980 ja 1982, jonka jälkeen on havaittavissa jonkinasteista lyhenemistä aina vuoteen 1988. Pisimmän ja lyhimmän ottovälin erotus on suurimmillaan n. 1 päivä.

Spermankeruun tehokkuuden voidaan katsoa parantuneen ajanjaksona olleen n. 10 vuoden aikana, vaikka yhdysvaikutuksia ei voitukaan saada selville. Laadullisissa muuttujissa on sitä vastoin havaittavissa lievää taantumista.

4.2.4 Ejakulaattien lukumäärän vaikutus

Ejakulaattien lukumäärällä ottokertaa kohti oli tilastollisesti erittäin merkitsevä vaikutus eri spermaominaisuuksiin.

annosmäärä (kpl)



Kuva 5: Ejakulaattien lukumäärän vaikutus siemenannostuotantoon otokerralla.

Kaikilla kolmella maitorodulla havaittiin saatavan enemmän annoksia, siittiöitä ja laimennettua siemennestettä, kun otettiin kolme hyppyä yhden tai kahden sijasta (Kuva 5).

Hyppyjen lukumäärällä havaittiin olevan myös eroja ensimmäisessä ejakulaatissa; ensimmäinen hyppy on tilavuudeltaan paras, kun se yksinään muodostaa senkertaisen pakaste-erän.

Sperman laatumuuttujista oli pakastuksen jälkeinen elävyys paras, kun pakaste-erä sisälsi kaksi ejakulaattia (Taulukko 15). Siittiöiden pakastuksen keston suhteen oli myös eri roduilla havaittavissa eroja. *Ay*-sonneilla, joilla pakaste-erä sisälsi vain yhden ejakulaatin, siittiöiden elävyys oli huonoin, kun taas *Fr*-sonneilla huonoin erä sisälsi 3 hyppyä. *Sk*-sonneilla ei ominaisuuden suhteen ollut eroja eri ejakulaattien lukumäärässä.

Ensimmäisen ejakulaatin elävyys (Taulukko 15) ja massa-aktiiviteetti ovat huonoimmat, kun otetaan kolme ejakulaattia. Tiheys sitävastoin on huonoin, kun hyppy yksinään muodostaa pakaste-erän. Tämä tulos pitää yhtä niiden periaatteiden kanssa, joita kyseessäolevalla ks-asemalla noudatetaan, kun päätetään pakastettavien hyppyjen lukumäärästä.

Taulukko 15: Ejakulaattien lukumäärän vaikutus pakastuksen jälkeiseen elävyyteen sekä tuorespermaelävyyteen Ay- ja Fr-sonneilla

ej.lkm	Ay-sonnit			Fr-sonnit		
	N	peläv	eläv	N	peläv	eläv
LS-ka		38.3	66.3		38.3	67.0
1	9035	-0.4	0.6	2040	0.0	0.6
2	21932	0.2	0.6	6762	0.4	0.8
3	529	0.2	-1.2	188	-0.4	-1.4
F-testi		***	***		***	***

Luvut ovat poikkeamia LS-yleiskeskiaarvosta

N = ottokertojen lukumäärä

peläv = pakastuksen jälkeinen elävyyys-%

eläv = 1. ejakulaatin elävyyys-%

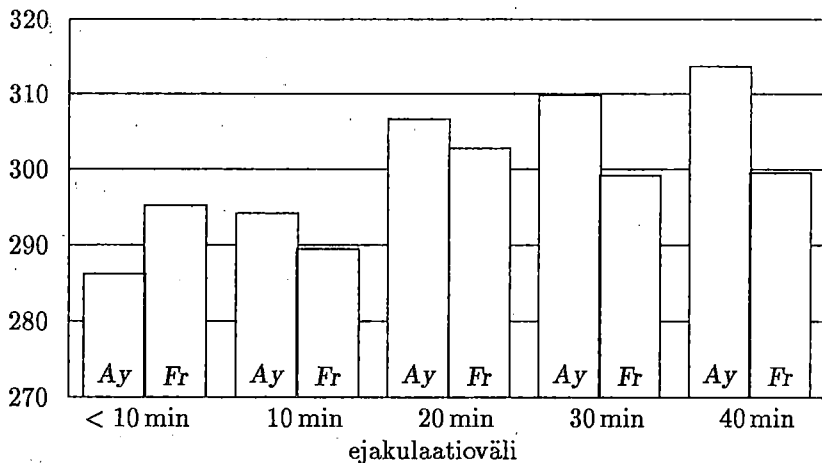
Tilastollinen merkitsevyys

*** = $p < 0.001$

Myös ejakulaattien lukumäärien välillä oli hyväksytyjen ottokertojen välisessä ajassa tilastollisesti merkitseviä eroja. Jos oli pakastettu kaksi hyppyä, oli aika edellisestä otosta 0.2–0.5 päivää lyhyempi kuin jos pakaste-erä koostui yhdestä tai kolmesta hypystä. Eli jos ajatellaan hyvänä ominaisuutena sitä, että kaksi hyppyä saadaan talteen, on tällaisilla sonneilla myös lyhyempi aika hyväksytyjen ottokertojen välillä. Sk:lla ei hyppyjen lukumäärien välillä ollut eroa ottokertojen välisessä ajassa.

Aineistosta näkyy selvästi sonniasemalla noudatettava spermanotto-politiikka. Ne pakaste-erät, jotka sisälsivät kaksi ejakulaattia eli hyppyä, olivat niin määrällisiltä kuin myös laadullisilta ominaisuuksiltaan parhaita.

annosmäärä (kpl)



Kuva 6: Ejakulaatiovälin vaikutus siemenannostuotantoon ottokerralla

4.2.5 Ejakulaattien välisen ajan vaikutus

Ay- ja Fr-rodun sonneilla oli eri lepoaikalukien välillä tilastollisesti merkitseviä eroja lähinnä sperman määrällisessä tuotannossa, sekä Ay-sonneilla myös pakastuksen jälkeisessä elävyydessä ja toisen hypyn massa-aktiiviteetissa. Sk-sonneilla ei ejakulaattien välistä aikaa tutkittu. Siittiö- ja täten myös siemenannostuotanto ovat Ay-sonneilla sitä suuremmat mitä pitempi on ejakulaattien välinen lepoaika. Spermantuotanto kaikkiaan paranee aina viimeiseen lepoaikalokkaan (yli 40 min) asti (Kuva 6). Suurimpana syynä kasvuun on pitempää lepoaikaa seuraavan hypyn tilavuuden lisääntyminen.

Fr-rodulla olivat erot eri lepoaikalukien välillä pienet (Kuva 6). Spermantuotannollisesti parhaan tuloksen antava palautumis aika oli Fr-sonneilla 20 minuuttia. Annosmäärän ja siittiösaaliin muutokset tulevat lähinnä tilavuuksien ja tiheyksien muutoksista. Huonoin tulos saavutettiin 10 minuutin palautumisajalla.

Sperman laatuomuuksista oli pakastuksen jälkeisessä elävyydessä ja massa-aktiiviteetissa lähinnä Ay-rodulla erittäin merkitseviä eroja eri lepoaikalukien välillä. Siittiöiden elävyys pakastuksen jälkeen oli parhaimmillaan, kun ejakulaattien väli oli n. 10 minuuttia. Toisen ejakulaa-

tin massa-aktiiviteetti taas oli paras 20 min tauon jälkeen.

Lepoaikaluokkien välillä oli myös eroa ottokertojen välisessä ajassa. Ay-sonneilla hyväksytyjen ottokertojen välinen aika piteni, kun ejakulaattien välinen aikakin piteni, kun taas Fr-sonneilla tilanne oli melkein päinvastoin. Ay-sonnien osalta voidaan siis sanoa, että normaalin ajan kuluttua (10–20 min.) toisen kerran ejakuloivat sonnit myös tuottavat useammin pakastuskelpoista spermaa. Fr-rodun osalta taas voitaisiin ajatella hätäisempien sonnien tuottavan harvemmin hyväksyttävää spermaa.

Hyppyjen välisellä ajalla on oma merkityksensä spermanottokerran lopputulokseen. Merkillepantavaa on lepoaikaluokkien erilainen vaikutus spermantuotantoon Ay- ja Fr-sonneilla.

4.2.6 Syntymävuoden vaikutus

Sonnien syntymävuosien erot eri spermaominaisuuksissa olivat yleensä hyvin pienet. Annosmäärien, pakastuksen jälkeisen elävyyden, ejakulaattitilavuuksien ja uusimattomuus-%:n suhteen ei tilastollisia eroja esiintynyt lainkaan. Ensimmäisen ejakulaatin tiheys ja massa-aktiiviteetti olivat parhaat vuonna 1980 ja huonoimmat vuonna 1985 syntyneillä sonneilla. Erot olivat hyvin merkitseviä. Siittiöiden elävyys taas oli paras vuonna 1986 ja huonoin vuonna 1977 syntyneillä sonneilla. Erot olivat erittäin merkitseviä.

4.3 Olki- ja pilleripakaste-erien väliset erot

Analyyseistä, joissa pakastemuoto oli kiinteänä tekijänä, kävi ilmi, että jos sperma pakastetaan oljiksi, saadaan n. 40 annosta vähemmän ottokertaa kohti. Pienempi annosmäärä selittyy olkierien erilaisella laimennussuhteella sekä suuremmalla annoksen nestetilavuudella; oljiksi pakastettavaa spermaa laimennetaan enemmän, mutta annossaalis on silti pienempi. Olkierät olivat pakastuksen jälkeiseltä elävyydeltään 0.5–1.2%-yksikköä parempia kuin pillerierät keskimäärin. Erot olivat Ay-sonneilla erittäin merkitseviä ja Fr-sonneilla merkitseviä.

Olkierät oli pakastettu keskimäärin paremmasta spermasta niin massa-aktiiviteetiltään, tiheydeltään kuin myös tuorespermaelävyydeltään. Tutkimustulos vahvistaa sen ennakkotiedon, että ne myös pyritään pakastamaan vain hyvälaatuisista spermaeristä (NIITYNEN 1989, *suullinen tiedonanto*).

Sonneilta pakastettuja olkieriä ei oteta tietoisesti tiettyinä vuodenaikana tai tietyssä iässä, joten mallin muihin tekijöihin ei pakastemuodolla ollut vaikutusta. Perinnöllisiin tunnuslukuihin tai korrelaatioihin ei

pakastemuoto aiheuttanut muutoksia, joten tuloksissa esitetty muuttuja annosmäärä sisältää sekä olki- että pillerierät.

4.4 Spermaominaisuuksien periytymisasteet ja toistuvuudet

Kaikilla siittiöiden kokonaistuotantoa kuvaavilla muuttujilla (annosmäärä, siittiömäärä, laimennettu tilavuus) jäivät periytymisasteet *Ay*-rodulla lähelle nollaa (Taulukko 8). Sekä ensimmäisen että toisen ejakulaatin tuorespermaelävyydet ja pakastuksen jälkeinen elävyys olivat periytymisasteiltaan hiukan yli nollan lukuarvojen ollessa n. 0.03, 0.02 ja 0.04. Ainoat selkeästi yli nollan olevat heritabiliteetit olivat ejakulaattien tilavuudella ja tiheydellä arvojen vaihdella 0.06 ja 0.18 välillä. Toisesta hypystä saadun sperman tilavuudet olivat periytymisasteiltaan korkeampia kuin vastaavat luvut ensimmäisestä hypystä, kun taas elävyyden ja massa-aktiiviteetin arvot olivat pienemmät.

Ay-rodulla ottokerran määrällisten ominaisuuksien toistuvuudet olivat n. 0.20 ja pakastuksen jälkeisen elävyyden 0.18. Ejakulaattien tilavuuksien toistuvuus vaihteli rajoissa 0.14–0.22 ja elävyyksien toistumiskertoimet olivat molemmissa hypyissä 0.10 (Taulukko 16).

Sk-rodun toistuvuudet vastasivat *Ay*-rodun vastaavia, ainoastaan keskivirheet olivat suurempia. *Fr*-rodun toistuvuusarvot olivat kaikissa ominaisuuksissa suurempia kuin *Ay*-rodulla. Suurimmat arvot olivat eri määrällisillä ominaisuuksilla (n. 0.30) ja pienimmät elävyyksillä ja massa-aktiiviteeteilla (0.10–0.15) (Taulukko 17). Kuukausittaisen siemenannosmäärän toistuvuus oli *Ay*-, *Fr*- ja *Sk*-roduilla hiukan korkeampi kuin yksittäisen spermaottokerran.

Nuorilla alle 2-vuotiailla sonneilla olivat toistuvuudet pienemmät elävyysominaisuuksissa ja suuremmat kaikissa muissa ominaisuuksissa verrattaessa niitä vastaaviin lukuarvoihin yli 2-vuotiailla sonneilla (Taulukko 18).

Kun verrataan saatuja heritabiliteetteja muualla julkaistuihin tutkimuksiin (Liite 1), havaitaan TAYLORIN *et al.* (1985) ja TAYLOR & EVERETTIN (1985) saaneen saman suuruusluokan aineistolla samansuuruiset arvot kokonasiittiötuotannossa. Suurempia heritabiliteetteja on taas raportoinut STEMMLER *et al.* (1973). Muissa ominaisuuksissa ovat kirjallisuudessa ilmoitetut periytymisasteet olleet yleensä hiukan korkeampia (MAIJALA 1969, LIEBENBERG & BRUCKNER 1970, CHANDLER *et al.* 1985, TAYLOR *et al.* 1985, TAYLOR & EVERETT 1985, LANG *et al.* 1989). Tosin MAIJALAN (1969) ja TAYLOR & EVERETTIN (1985) tulokset ejakulaattien

Taulukko 16: Spermaominaisuuksien heritabiliteetit (h^2), toistuvuudet (r) ja keskiarvot (SE) Ay-rodulla

ominaisuus	N	h^2	SE_{h^2}	r	SE_r
annosmäärä	31496	0.003	0.002	0.19	0.01
laim. tilavuus	31496	0.023	0.006	0.19	0.01
pak. jälk. eläv.-%	31496	0.035	0.008	0.18	0.01
kokon. siittiötuotos	31496	0.027	0.007	0.22	0.01
1. ejak. tilavuus	31496	0.091	0.018	0.22	0.01
1. ejak. tiheys	31496	0.109	0.022	0.12	0.01
1. ejak. massa.akt.	31496	0.041	0.009	0.07	0.01
1. ejak. eläv.-%	31496	0.029	0.007	0.10	0.01
1. ejak. laim. tilavuus	31496	0.004	0.002	0.15	0.01
2. ejak. tilavuus	22296	0.180	0.035	0.22	0.01
2. ejak. tiheys	22296	0.065	0.014	0.14	0.01
2. ejak. massa.akt.	22296	0.049	0.011	0.11	0.01
2. ejak. eläv.-%	22296	0.019	0.006	0.10	0.01
2. ejak. laim. tilavuus	22296	0.098	0.020	0.14	0.01
annosmäärä / kk	7369			0.29	0.02
ottoväli	30955			0.25	0.01

N = havaintojen lukumäärä

sonnien lukumäärä = 297

isien lukumäärä = 50

tilavuuksissa ja TAYLORIN *et al.* (1985) tulokset tiheyksissä vastaavat tämän tutkimuksen tuloksia. Useimmat edellä mainitut tutkimukset on suoritettu *Holstein*-rodulla. Varsinaisen pilleri- tai olkiannosmäärä muutujan osalta ei muualla ole suoritettu tutkimuksia.

Toistuvuuksien osalta ovat kirjallisuudessa esitetyt arvot yleensä suuremmat kuin tässä tutkimuksessa esitetyt (Liite 1). Koko sonnin tuotantoajalle laskettujen toistuvuuksien voidaan tulkita kuvaavan yleistä toistuvuutta, joka sisältää sekä perinnöllistä toistuvuutta sekä ominaisuuden toistettavuutta. Eri ikäisten sonnien spermaominaisuuksien toistuvuudet sitävastoin kuvaavat enemmän ominaisuuden perinnöllistä luonnetta. Kuten oli odotettavissa, olivat toistuvuudet lyhyemmällä aikavälillä suuremmat kuin sonnien koko tuotantoajalla.

Taulukko 17: *Fr*- ja *Sk*-rotujen spermaominaisuuksien toistuvuudet (r) ja keskivirheet (SE)

ominaisuus	<i>Fr</i> -sonnit (91)			<i>Sk</i> -sonnit (9)		
	N	r	SE_r	N	r	SE_r
annosmäärä	8990	0.29	0.03	662	0.17	0.07
laim. tilavuus	8990	0.30	0.03	662	0.15	0.07
pak. jälk. eläv.	8990	0.25	0.03	662	0.17	0.07
kok. siittiötuotos	8990	0.31	0.03	662	0.23	0.09
1. ejak. tilavuus	8990	0.26	0.03	662	0.15	0.07
1. ejak. tiheys	8990	0.15	0.02	662	0.36	0.11
1. ejak. massa- akt.	8990	0.10	0.01	662	0.11	0.05
1. ejak. eläv.-%	8990	0.15	0.02	662	0.20	0.08
1. ejak. laim. tilav.	8990	0.24	0.03	662	0.06	0.03
2. ejak. tilavuus	6926	0.24	0.03			
2. ejak. tiheys	6926	0.18	0.02			
2. ejak. massa-akt.	6926	0.14	0.02			
2. ejak. eläv.-%	6926	0.13	0.02			
2. ejak. laim. tilav.	6926	0.21	0.03			
annosmäärä / kk	1994	0.32	0.04	155	0.56	0.12
ottoväli	8855	0.19	0.02	645	0.41	0.12

N = havaintojen lukumäärä

4.5 Spermaominaisuuksien väliset yhteydet

Siemenannos- ja siittiötuotannon ja laatuominaisuuksien fenotyypiset korrelaatiot olivat yleensä positiivisia (Taulukot 19 ja 20). Voimakkaimmat yhteydet saatiin tiheyteen ja massa-aktiiviteettiin korrelaatioiden vaihdellessa ensimmäisessä hyppässä 0.30–0.49 ja toisessa 0.15–0.31. Poikkeuksena oli pakastuksen jälkeinen elävyys, jonka fenotyypiset korrelaatiot eri määrääominaisuuksiin olivat yleensä lievästi negatiiviset: esim. pillerimäärään, kokonaissiittiomäärään ja ensimmäisen ejakulaatin tilavuuteen ja tiheyteen korrelaatiot vaihtelivat -0.01 ja -0.07 :n välillä. *Ay*- ja *Fr*-rotujen välillä ei korrelaatioissa ollut suuria eroja.

Ejakulaattien sisällä oli ejakulaattien tiheyksien ja tilavuuksien välillä lievä negatiivinen yhteys. Tilavuuksien ja massa-aktiiviteetin sekä tilavuuksien ja tuorespermaelävyyden välinen yhteys oli lähellä nollaa. Lieviä eroja eri ejakulaattien välillä oli havaittavissa lukujen itseisarvojen ollessa toisessa ejakulaatissa suurempia kuin ensimmäisessä.

Eri hyppyjen ominaisuuksien keskinäiset korrelaatiot olivat aina po-

Taulukko 18: Nuorten (alle 2 v) ja täysi-ikäisten (yli 2 v) Ay- ja Fr-sonnien spermantuotanto muuttujien toistuvuudet (r)

ominaisuus	ikä	Ay-sonnit		Fr-sonnit	
		N	r	N	r
ann. määrä	< 2 v	11286	0.25	3164	0.19
	> 2 v	20210	0.22	5826	0.16
laim. tilav.	< 2 v	11286	0.26	3164	0.20
	> 2 v	20210	0.21	5826	0.23
pak.j.eläv.	< 2 v	11286	0.18	3164	0.25
	> 2 v	20210	0.32	5826	0.39
siitt. yht.	< 2 v	11286	0.30	3164	0.22
	> 2 v	20210	0.26	5826	0.17
1. tilav.	< 2 v	11286	0.29	3164	0.21
	> 2 v	20210	0.27	5826	0.20
1. tiheys	< 2 v	11286	0.16	3164	0.09
	> 2 v	20210	0.09	5826	0.03
1. massa-akt.	< 2 v	11286	0.07	3164	0.07
	> 2 v	20210	0.04	5826	0.02
1. elävyys	< 2 v	11286	0.07	3164	0.06
	> 2 v	20210	0.14	5826	0.14
1. laim.tilav.	< 2 v	11286	0.21	3164	0.14
	> 2 v	20210	0.17	5826	0.20

N = havaintojen lukumäärä

Ay-sonnien lukumäärä = 297

Fr-sonnien lukumäärä = 91

sitiiviset suurimman yhteyden ollessa eri ejakulaattien elävyyden välillä (Ay 0.45 ja Fr 0.48) ja pienimmän massa-aktiiviteetissa (Ay 0.10 ja Fr 0.14).

Kun tarkastellaan ottovälin ja sperman määrän ja laadun yhteyksiä, havaitaan niiden olevan positiivisia määrä- ja negatiivisia laatuominaisuuksiin (Taulukko 21). Eli hyvälaatuinen sperma kulkee yhdessä lyhyemmän ottovälin kanssa, kun taas pitkä aika edellisen hyväksytyyn ottokerran jälkeen lisää siemenannosten määrää seuraavalla ottokerralla. Kaikkiaan ovat ottovälin ja erityisesti sperman laatuominaisuuksien väliset yhteydet pieniä.

Saatujen tulosten voidaan sanoa pitävän yhtä kirjallisuudessa esitettyjen lukuarvojen kanssa (EVERETT *et al.* 1978, FIELDS *et al.* 1979). Hyväksytyjen ottokertojen välisen ajan osalta ei muualla ole tehty tutkimuksia.

Taulukko 19: Ay- ja Fr-rotujen määrä- ja laatuominaisuuksien fenotyypiset korrelaatiot

	n	V ₁	pe	ns	V ₁	ρ ₁	ma ₁	el ₁	V ₁₁	V ₂	ρ ₂	ma ₂	el ₂	V ₁₂
n		0.92	-0.05	0.90	0.60	0.44	0.35	0.11	0.81	0.49	0.22	0.20	0.07	0.53
V ₁	0.94		-0.05	0.94	0.66	0.41	0.33	0.10	0.88	0.52	0.18	0.17	0.09	0.64
pe	-0.02	-0.01		-0.07	-0.06	-0.07	-0.02	0.19	-0.07	0.0	0.03	0.04	0.16	0.04
ns	0.91	0.91	-0.03		0.69	0.45	0.30	0.05	0.83	0.57	0.22	0.15	0.03	0.58
V ₁	0.60	0.66	-0.03	0.69		-0.07	-0.04	0.02	0.76	0.30	-0.21	-0.19	0.01	0.08
ρ ₁	0.49	0.47	-0.05	0.46	-0.04		0.65	0.09	0.47	-0.03	0.13	0.12	-0.02	0.06
ma ₁	0.38	0.36	0.0	0.32	-0.01	0.67		0.14	0.39	-0.02	0.06	0.10	0.0	0.03
el ₁	0.13	0.12	0.21	0.07	0.0	0.15	0.20		0.12	0.02	-0.02	-0.01	0.45	0.03
V ₁₁	0.83	0.87	-0.04	0.83	0.77	0.52	0.42	0.14		0.22	-0.09	-0.08	0.04	0.17
V ₂	0.51	0.57	0.02	0.61	0.32	0.0	0.01	0.01	0.27		-0.13	-0.12	0.03	0.68
ρ ₂	0.29	0.25	0.04	0.31	-0.16	0.21	0.11	0.01	-0.02	-0.08		0.75	0.07	0.49
ma ₂	0.25	0.21	0.05	0.19	-0.16	0.18	0.14	0.02	-0.03	-0.10	0.75		0.09	0.45
el ₂	0.09	0.09	0.21	0.04	-0.10	0.03	0.05	0.48	0.04	0.01	0.13	0.16		0.12
V ₁₂	0.59	0.68	0.06	0.63	0.13	0.13	0.08	0.03	0.23	0.71	0.51	0.45	0.13	
alakolmio: Fr-sonnit (N = 91)									yläkolmio: Ay-sonnit (N = 297)					

Taulukko 20: Sk-rodun määrä- ja laatuominaisuuksien fenot. korrelaatiot

	V ₁	pe	ns	V ₁	ρ ₁	ma ₁	el ₁	V ₁₁
n	0.96	-0.07	0.88	0.45	0.46	0.4	0.19	0.82
V ₁		-0.08	0.9	0.52	0.42	0.37	0.14	0.85
pe			-0.07	-0.22	0.09	0.11	0.16	-0.11
ns				0.5	0.56	0.31	0.14	0.78
V ₁					-0.2	-0.13	-0.16	0.65
ρ ₁						0.54	0.36	0.45
ma ₁							0.29	0.42
el ₁								0.1
V ₁₁								

n = siemenannostuotanto ottokerralla

V = laimenn. kok.tilavuus ottokerralla

pe = pakastuksen jälkeinen elävyys-%

ns = ottokerralla kerätty kok.siittiömäärä

V₁ = 1. ejakulaatin tilavuus

V₂ = 2. ejakulaatin tilavuus

ρ₁ = 1. ejakulaatin tiheys

ρ₂ = 2. ejakulaatin tiheys

ma₁ = 1. ejakulaatin massa-aktiiviteetti

ma₂ = 2. ejakulaatin massa-aktiiviteetti

el₁ = 1. ejakulaatin elävyys-%

el₂ = 2. ejakulaatin elävyys-%

V₁₁ = 1. ejakulaatin laimenn. tilavuus

V₁₂ = 2. ejakulaatin laimenn. tilavuus

Taulukko 21: Ottovälin ja sperman määrän ja laadun väliset yhteydet

ominaisuudet	Ay-sonnit N = 30955	Fr-sonnit N = 8855
annosmäärä × ottoväli	+0.07	+0.09
laim. tilavuus × ottoväli	+0.09	+0.11
pak.j. elävyys-% × ottoväli	-0.04	-0.02
1. ejak. tilavuus × ottoväli	+0.11	+0.17
1. ejak. tiheys × ottoväli	-0.03	-0.06
1. ejak. massa-akt. × ottoväli	-0.03	-0.07
1. ejak. elävyys-% × ottoväli	-0.03	-0.05
1. ejak. laim.tilavuus × ottoväli	+0.08	+0.09

N = havaintojen lukumäärä

Ay-sonnien lukumäärä = 293

Fr-sonnien lukumäärä = 86

4.6 Uusimattomuusprosentin vaihtelu ja yhteydet muihin ominaisuuksiin

Sonnin 500:n ensimmäisen siemennyksen 60 päivän uusimattomuusprosenttiluokkien välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja lähes kaikissa sperman määrä- ja laatumuuttujissa. Paras ominaisuuden keskiarvo oli parhaimmassa uusimattomuusprosenttiluokassa (alle 66 %), ainoat poikkeukset olivat ejakulaattien tiheydet, joissa paras keskiarvo oli luokassa 30–55 % (Taulukko 22).

Uusimattomuus-%:iin vaikuttavista tekijöistä tutkittiin syntymävuoden ja isän vaikutus. Isien välillä erot olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä, kun taas syntymävuosien välillä ei eroja havaittu.

Uusimattomuus-%:n ja spermaominaisuuksien keskiarvojen väliset korrelaatiot olivat hyvin pieniä (Taulukko 23). Suurimmat arvot saatiin eri elävyyksien ja UM-%:n välille.

Sonnin koko tuotantoajan spermaominaisuuksien keskiarvon käyttökelpoisuudesta sonnin spermantuotannon kuvaajana ei ole tutkimuksia. Mitään suuria ei-toivottuja yhteyksiä spermantuotanto-ominaisuuksien ja UM-%:n välillä ei aineistossa havaittu. Saadut korrelaatiot ovat pienempiä kuin MAIJALAN (1969) julkaisemat.

Taulukko 22: Spermantuotannon erot eri UM-%-luokkien välillä lasketuna poikkeamina LS-yleiskeskisarvosta Ay-sonneilla

UM-%	N	määrä	peläv	tila ₁	tihe ₁	eläv ₁
LS-ka		263.2	38.2	5.7	1120.2	66.3
30-55%	744	-9.9	-0.7	-0.2	10.4	-0.2
56-65%	16413	4.4	0.1	0.1	-13.3	0.0
66-80%	12485	5.5	0.6	0.1	2.9	0.2
F-testi		***	***	***	***	***

N = havaintojen lukumäärä

sonnien lukumäärä = 246

määrä = annosmäärä ottokerralla, kpl

peläv = pakastuksen jälkeinen elävyys-%

tila₁ = 1. ejakulaatin tilavuus, ml

tihe₁ = 1. ejakulaatin tiheys, $\times 10^6$ kpl / ml

eläv₁ = 1. ejakulaatin elävyys-%

Taulukko 23: Uusimattomuusprosentin ja spermantuotantomuuttujien fenotyypiset korrelaatiot (sonnien lkm = 333)

annosmäärä \times UM-%	0.043
laimennettu kokonaistilavuus \times UM-%	0.052
pak. jälk. elävyys \times UM-%	0.073
1. ejak. tilavuus \times UM-%	-0.047
1. ejak. tiheys \times UM-%	0.052
1. ejak. elävyys \times UM-%	0.112
1. ejak. laim. tilavuus \times UM-%	0.036

5 Yhteenvedo ja johtopäätökset

Erilaisten ympäristötekijöiden vaikutuksista keinosiemennyssonnien spermantuotantoon saatiin tutkimuksessa melko hyvä kuva. Kuukausittaisissa eroissa oli merkittävää joulukuun ja tammikuun välinen suuri ero spermantuotannossa, jota ei muutaman prosenttiyksikön ero nuorten sonnien määrässä voinut täydellisesti selittää. Spermanottovuosien osalta oli tyypillistä määrällisten spermaominaisuuksien kasvu, joka kuvastaa ilmeisesti yleisen spermanoton tehokkuuden paranemista vuosi vuodelta. Tulosten tulkintaa vaikeuttaa tulosten epätasainen jakauma eri vuosien välillä; selkeästi vähiten havaintoja on tarkkailujakson alkuvuosina.

Kun tarkasteltiin eri ikäisten sonnien eroja, ei havaittu minkäänlaista spermantuotannon laskua koko sonnien asemallaoloajalla. Pienempi spermantuotanto ottokerralla yli 2-vuotiailla sonneilla selittyy ottofrekvenssin muutoksella; 1.5–2 vuoden iässä sonneilta aletaan ottaa spermaa 2 kertaa viikossa yhden kerran asemesta. Sperman laatuun ei ottofrekvenssin muutoksella tutkimuksen mukaan ollut vaikutusta. Laadultaan parasta spermaa sonnit tuottavat n. 2.5 vuoden iässä.

Ympäristöyhdysvaikutusten selvittäminen aineistosta osoittautui mahdottomaksi, koska matriisit kasvoivat tällöin liian suuriksi ja toisaalta eri alaluokkien havaintojen lukumäärä jäi liian pieneksi. Erilaisten yhdysvaikutusten olemassaolosta saatiin analyysien kuluessa jonkinlaisia viitteitä lähinnä suurten keskiarvojen erotusten muodossa. Lähinnä vaikutuksia ilmeni tarkasteltaessa spermanottovuoden vaikutusta määrällisiin ominaisuuksiin.

Ympäristövaikutusten osalta vastasivat tulokset kirjallisuudessa esitettyjä, tosin varsinaisen siemenannostuotannon tarkastelua ei muualla ole suoritettu.

Perinnöllisten tunnuslukujen laskentaa vaikeutti aineiston epätasainen jakauma; vastasihan *Ay*-sonniaineistossa 5 sonnia noin 30%:sta poikien tuloksista. Suomenkarjan osalta voidaan tulosten tarkastelussa olla hyvinkin kriittisiä erittäin pienen sonnimäärän takia. *Sk*-sonnien analyyseissä mukanapitämisen ensisijaisena perusteena olikin rodun kenties ylivertaisen hedelmällisyyden selvittäminen. Keskiarvoja tarkastelemalla havaittiinkin rodun olevan spermantuotanto-ominaisuuksiltaan paremman kuin *Ay*- tai *Fr*-rotujen. Vastaavasti aineistossa olevien liharotusonnien spermantuotanto ja hedelmällisyys oli suhteellisen vaatimatonta.

Tutkimuksen tuloksena saadut periytymisasteet olivat pieniä, joten ne eivät anna perusteita sitä kautta valinnalle hedelmällisyysominaisuuksien

suhteen. Spermantuotanto-ominaisuudet tulevat siis pysymään edelleenkin ns. minimiominaisuuksina, elleivät sitten tutkimukset tulevaisuudessa paljasta yhteyksiä muihin uros- tai naarashedelmällisyysominaisuuksiin.

Verrattaessa laskettuja heritabiliteetteja ja toistuvuuksia kirjallisuudessa esitettyihin havaitaan kirjallisuudessa esitettyjen toistuvuusarvojen olevan yleensä suurempia kuin tässä esitetyt. Hyvin paljon eroja selittää muiden tutkimusten erilainen tarkastelujakso. Tavallisesti ei ole nimittäin ollut käytössä tietoja sonnin koko spermantuotantokaudelta, vaan tarkastelujakso on vaihdellut muutamasta viikosta muutamaan vuoteen. Vastaavasti heritabiliteettilukujen vertailu on myös vaikeaa, koska muualla lasketut analyysit on suoritettu hyvin erilaisista aineistoista. Tutkimukset, jotka oli suoritettu vastaavan kokoisilla aineistoilla, antoivat tuloksiksi kutakuinkin samansuuruiset periytymisastearviot.

Koska ominaisuuksien periytymisasteet jäivät lähelle nollaa, ei eri ominaisuuksien genotyyppejä korrelaatioita saatu laskettua. Fenotyypilliset yhteydet sitävastoin saatiin luotettavasti laskettua, ja ne osoittautuivat määrä- ja laatuominaisuuksien välillä pieniksi ja yleensä positiivisiksi.

Aineiston suurimpana puutteena ja samalla tulosten analysoinnin hankaloittajana oli hylättyjen spermaerien antaman informaation puuttuminen aineistosta. Malleista jätettiin tästä syystä pois mm. ejakulaatiofrekvenssin vaikutus, tosin tilannetta pyrittiin korjaamaan tarkastelemalla nuoria ja täysi-ikäisiä sonneja erikseen.

Edellä mainittujen aineistossa olevien puutteiden korjaaminen ja myöskin satunnaisten ympäristötekijöiden vaikutusten selvittäminen toisi kenties kaivattua lisävalaistusta sonnin spermantuotannon muutoksiin.

Kirjallisuusluettelo

- ALMQUIST, J.O. 1982. Effect of long term ejaculation at high frequency on output of sperm, sexual behaviour and fertility of Holstein bulls; Relation of reproductive capacity to high nutrient allowance. *J. Dairy Sci.* 65:814-823.
- ALMQUIST, J.O. & AMANN, R.P. 1976. Reproductive capacity of dairy bulls II. Puberal characteristics and postpuberal changes in production of semen and sexual activity of Holstein bulls ejaculated frequently. *J. Dairy Sci.* 59:986-991.
- ALMQUIST, J.O., BRANAS, R.J. & BARBER, K.A. 1976. Postpuberal changes in semen production of Charolais bulls ejaculated at high frequency and the relation between testicular measurements and sperm output. *J. Animal Sci.* 42:670-676.
- ALMQUIST, J.O. & CUNNINGHAM, D.C. 1967. Reproductive capacity of beef bulls I. Postpuberal changes in semen production at different ejaculation frequencies. *J. Animal Sci.* 26:174-181.
- AMANN, R.P. & ALMQUIST, J.O. 1961. Reproductive capacity of dairy bulls V. Detection of testicular deficiencies and requirements for experimentally evaluating testis function from semen characteristics. *J. Dairy Sci.* 44:2281-2297.
- AMANN, R.P. & ALMQUIST, J.O. 1976. Bull management to maximize semen output. *Proc. 6th NAAB Tech. Conf. Artif. Insem. Reprod.*, page 1. (Ref. ALMQUIST, J.O. 1982).
- ANDERSSON, M. 1988. Mitä KAT-projekti meille opetti? Keinosiemen-nysyhdistysten laboratoriohoitajien koulutuspäivät. Lahti. (Moniste. Keinosiemen-nysyhdistysten Liitto, Tikkurila).
- AZZAM, S.M., KEELE, J.W. & NIELSEN, M.K. 1988. Heritability estimates of NR-rate of bulls and conception rate of cows. Paper presented at the 6th WAAP Conf. Helsinki. Finland.
- BANE, A. 1954. Sexual functions of bulls in relation to heredity, rearing intensity and somatic conditions. *Acta Agric. Scand.* 4:95-208.
- BARBER, K.A. & ALMQUIST, J.O. 1975. Growth and feed efficiency and their relationship to puberal traits of Charolais bulls. *J. Animal Sci.* 40:288-301.
- BASOVSKII, N.Z. & PEPINA, G.D. 1970. Referat. *Zh. Zhivot. Vet.* 1971 (6), No.6.58.235. (Ref. *Anim. Breed. Abstr.* 40:275).

- BRANTON, C., D'ARENSBOURG, G. & JOHNSTON, J.E. 1952. Semen production, fructose content of semen and fertility of dairy bulls as related to sexual excitement. *J. Dairy Sci.* 35:801-807.
- BRATTON, R.W. & FOOTE, R.H. 1954. Semen production and fertility of dairy bulls ejaculated either once or twice at intervals of either four or eight days. *J. Dairy Sci.* 37:1439-1443.
- BRATTON, R.W., FOOTE, R.H. & HENDERSON, C.R. 1954. Semen production and fertility of mature dairy bulls ejaculated at either once or twice at eight day intervals. *J. Dairy Sci.* 37:1444-1448.
- BRINKS, J.S. 1972. Heritability of fertility components in beef bulls. *A.I. Digest* 20:6-7.
- BURGSTALLER, G. 1979. Zum Ernährungintensität von Peck- und Besamungsbullen. *Der Tierzüchter* 12:510-511.
- CHANDLER, J.E., ADKINSON, R.W., HAY, G.M. & CRAIN, R.L. 1985. Environmental and genetic sources of variation for seminal quality in mature Holstein bulls. *J. Dairy Sci.* 68:1270-1279.
- CORNEO, G. 1940. [Observations of the cause "Yellow semen" in the bull]. *Fecond. Artif. (Milan)*. 4. (Ref. HAFEZ, E.S.E. 1962.)
- COULTER, G.H. & FOOTE, R.H. 1976. Effect of season and year of measurement on testicular growth and consistency of Holstein bulls. *J. Animal Sci.* 42:434-438.
- COULTER, G.H., ROUNSAVILLE, T.R. & FOOTE, R.H. 1976. Heritability of testicular size and consistency in Holstein bulls. *J. Animal Sci.* 43:9-12.
- ELMORE, R. G. 1985. Evaluating bulls for breeding soundness. *Vet. Med.* July-Sept. 1985.
- EVERETT, R.W. 1982. Effect of Dursban 44 on semen output of Holstein bulls. *J. Dairy Sci.* 65:1781-1794.
- EVERETT, R.W. & BEAN, B. 1982. Environmental influences on semen output. *J. Dairy Sci.* 65:1303-1310.
- EVERETT, R.W., BEAN, B. & FOOTE, R.H. 1978. Sources of variation of semen output. *J. Dairy Sci.* 61:90-95.
- FIELDS, M.J., BURNS, W.C. & WARNICK, A.C. 1979. Age, season and breed effects on testicular volume and semen traits in young beef bulls. *J. Animal Sci.* 48:1299-1304.

- FILSETH, O. 1974. Fruktbarhet. Buskap og avdrått 4/74:145-155. (Ref. Kotieläinjalostuksesta koottua 5/1974).
- FOSTER, J., ALMQUIST, J.O. & MARTIG, R.C. 1969. Reproductive capacity of beef bulls IV. Changes in sexual behaviour and semen characteristics among successive ejaculations. *J. Animal Sci.* 30:245-252.
- HAFEZ, E.S.E. 1962. Reproduction in farm animals. 543 s. New York.
- HAFS, H.D., HOYT, R.S. & BRATTON, R.W. 1959. Libido, sperm characteristics, sperm output and fertility of mature dairy bulls ejaculated daily or weekly for 32 weeks. *J. Dairy Sci.* 42:626-636.
- HAHN, J., FOOTE, R.H. & SEIDEL, G.E. 1969. Quality and freezability of semen from growing and aged dairy bulls. *J. Dairy Sci.* 57:1843-1848.
- HALE, E.B. & ALMQUIST, J.O. 1960. Relation of sexual behaviour to germ cell output in farm animals. *J. Dairy Sci.* 43(suppl.):145.
- HARVEY, W.R. 1960. Least squares analysis of data with unequal subclass numbers. U.S.D.A., A.R.S. 20-8. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C.
- HARVEY, W.R. 1970. Estimation of variance and covariance components in the mixed model. *Biometrics* 26. 3:485.
- HULTNÄS, C.A. 1959. Studies on variation in mating behaviour and semen picture in young bulls of the Swedish Red-and-white breed and on causes of this variation. *Acta Agric. Scand.* suppl.6, 82s.
- KALLIO, M. 1979. Sperman määrän ja laadun perinnöllisyydestä Salpausselän Keinosiemennysyhdistyksen sonneilla. Kotieläinjalostuksen Tiedote no 33. 90 s. Helsinki.
- KILLIAN, G.J. & AMANN, R.P. 1972. Reproductive capacity of dairy bulls IX. Changes in reproductive organ weights and semen characteristics of Holstein bulls during the first thirty weeks after puberty. *J. Dairy Sci.* 55:1631-1635.
- KLAUTSCHEK, G. & UUSISALMI, U. 1973. Aufzucht, Spermaproduktion und Befruchtungserfolg bei Ayrshirebullen in der Besamungsstation Salpausselkä. *Maatal.tiet. Aikak.* 45:246-253.
- LANG, H., PREISINGER, R. & KALM, E. 1989. Relationships between semen quality and fertility results of bulls. Proc. 40th Annual Meeting of the EAAP. Ireland. Vol.3. C3.14.

- LASZCZKA, A. 1976. Requirement for energy and protein as indicator determining the reproductive performance and efficiency of bulls. Nutr. Abstr. and Rev. Series B. 50:641.
- LASZCZKA, A., BIELANSKI, W., JANASZ, M. & DUDEK, E. 1969. Effect of severe underfeeding upon reproductive performance of bull. (Ref. Anim. Breed. Abstr. 38: 2417, 2440, 2441, 2488.)
- LIEBENBERG, O. & BRÜCKNER, G. 1970. Geno- und Phänotypische Untersuchungen der Befruchtungs- und Fruchtbarkeitsleistung des DSR und ihre Interaktionen. Archiv für Tierzucht 13:361-373.
- LIEBENBERG, O. & SICHTING, P. 1971. Die Auswirkung von Umwelt- und Alterseinflüssen auf die Spermaqualität und Untersuchungen der Spermaeigenschaften bei Besamungsbullen. Archiv für Tierzucht 14:339-348.
- LUNSTRA, D.D. 1984. Changes in libido-fertility relationships as beef bulls mature. J. Animal Sci. 59(suppl):351 (abstr.).
- LÜHMANN, P., SCHWARK, H. G. & KUNERT, T.G. 1973. Untersuchungen zur Geschlechtsreife, zur Spermaerzeugung und Spermaqualität sowie zum Sexualverhalten von Jungbullen. 1. Mitteilung: Geschlechtsreife und Entwicklung der Spermaerzeugung und Spermaeigenschaften. Archiv für Tierzucht 16: 517-528.
- MACMILLAN, K.L., HAFS, H.D., DESJARDINS, C. & KIRTON, K.T. 1966. Some semen characteristics in dairy bulls ejaculated with artificial vaginas at varying temperatures. J. Dairy Sci. 49:1132-1134.
- MAIJALA, K. 1967. Orsaker till variationen i semintjurarnas spermproduktionsegenskaper och fruktsamhet. Förtryckt för NJF:s 13. kongress, Sekt. 5:158-159.
- MAIJALA, K. 1969. Über die Erblichkeit von Spermaeigenschaften von KB-bullen. Der Tierzüchter 21:62-65.
- MAIJALA, K. 1974. Fertility in animal breeding. Moniste. 35 s. Helsingin yliopiston kotieläinten jalostustieteen laitoks.
- MAKARECHIAN, M., FARID, A. & BERG, R.T. 1985. Scrotal circumference, semen characters, growth parameters and their relationships in young beef bulls. Can. J. Animal Sci. 65:789-798.
- MERCIER, K. & SALISBURY, G.W. 1947. Fertility level in artificial breeding associated with season, hours of daylight and the age of cattle. J. Dairy Sci. 30:817-826.

- MUDRA, K., VECKERT, H. & KEMMER, P. 1971. Zum Entwicklung der Sexualpotenz bei Jungbullen. *Archiv für Tierzucht* 14: 471-499.
- NEELY, J.D., JOHNSON, B.H., DILLARD, E.V. & ROBISON, O.W. 1982. Genetic parameters for testes size and sperm number in Hereford bulls. *J. Animal Sci.* 55:1033-1040.
- NELSEN, T.C., SHORT, R.E., URICK, J.J & REYNOLDS, W.L. 1986. Heritabilities and genetic correlations of growth and reproductive measurements in Hereford bulls. *J. Animal Sci.* 63:409-417.
- NIEMI, A.M. 1981. Keinosiemennyssonnien ruokinta ja sperman tuotanto. *Laudaturtyö, Helsingin yliopiston kotieläintieteen laitos.* 78s.
- PITUSHKIN, A.I. 1974. [Age and seasonal changes in quantitative and qualitative parameters of semen on Ayrshire bulls.]. (*Ref. Anim. Breed. Abstr.* 42:52-78.)
- RAO VEERAMACHANERI, D.N., OTT, R.S., HEATH, E.H., MCENTEE, K., BOLT, D.J. & HIXON, J.E. 1986. Pathophysiology of the small testes in beef bulls: Relationship between scrotal circumference, histopathological features of testes and epididymides, seminal characters, and endocrine profiles. *Am. J. Vet. Res.* 47, No.9:1988-1999.
- SALISBURY, G.W., VANDEMARK, N.L. & LODGE, J.R. 1978. Physiology of reproduction and artificial insemination. 430 s. San Francisco.
- SAMOILO, G.A. 1969. [Heritability of semen production by bulls.]. (*Ref. Anim. Breed. Abstr.* 39:352.)
- SAUCHUK, D., GAVRILENKO, N. & TRAUCHUK, V. 1976. The effect of nutrition on semen quality. (*Ref. Anim. Breed. Abstr.* 44:1631.)
- SEIDEL, G.E. & FOOTE, R.H. 1969. Influence of semen collection interval and tactile stimuli on semen quality and sperm output in bulls. *J. Dairy Sci.* 52:1074-1079.
- SHANNON, P. & SEARLE, S.R. 1962. Heritability and repeatability of conception rate of bulls in artificial breeding. *J. Animal Sci.* 45:86-90.
- SMIRNOV, I.V. 1973. On some points of sexual using of bulls. *Symp. on the Artificial Insemination in Cattle and Swine.* Helsinki. *Moniste. Helsingin yliopiston kotieläinten jalostustieteen laitos.*

- STEMMLER, K.-H., STEMMLER, H., BRÜCKNER, G., BACH, S. & HAASE, H. 1973. Der Einfluss des Bullen auf die Befruchtungsleistung seiner männlichen Nachkommen — geprüft anhand von Spermaeigenschaften und des Befruchtungsergebnisses. *Archiv für Tierzucht* 16 (4):335-345.
- TAYLOR, J.F., BEAN, B., MARSHALL, C.E. & SULLIVAN, J.J. 1985. Genetic and environmental components of semen production traits of artificial insemination Holstein bulls. *J. Dairy Sci.* 68:2703-2722.
- TAYLOR, J.F. & EVERETT, R.W. 1985. Estimation of variance components by the expectation- maximization algorithm for Restricted Maximum Likelihood in a repeatability model for semen production. *J. Dairy Sci.* 68:2948-2953.
- UUSISALMI, U., KALLIO, M., KLAUSCHEK, G. & VARO, M. 1973. Aufzucht und Spermaproduktion bei Jungbullen unter Stationsbedingungen in Finnland. *Maatal.tiet. Aikak.* 45:217-226.
- VANDEMARK, N.L. & FREE, M.J. 1970. Temperature effects. *The Testis*. New York. 233-312. (Ref. KILLIAN & AMANN, 1972.)
- VOLGINA, V.I. 1969. [Improvement of reproductive capacity in bulls by selection for semen characters.]. (Ref. *Anim. Breed. Abstr.* 39:370.)
- ZELFEL, S. 1964. Genealogische Untersuchungen über die Fruchtbarkeit bei Schwarzbunten Besamungsbullen im Zuchtgebiet der DDR. *Kuhn-Archiv* 77:241-287. (Ref. MAIJALA, 1974.)

Liite 1

Kirjallisuudessa esitetyjä periytymisasteita (h^2) ja toistuvuuksia (r)

A. ejakulaatin tilavuus

	N	h^2	r	lähde
		0.84 _{tw}		BANE (1954)
	166	0.12	0.73	MAIJALA (1969)
	71	0.26		SAMOILO (1969)
	81	0.38		
	29	0.56 _{ss}		VOLGINA (1969)
	29	0.62 _{hs}		
		0.09	0.59	LIEBENBERG & BRÜCKNER (1970)
		0.47		BASOVSKII & PEPINA (1970)
	44	0.47 _{Ay}		KALLIO (1979)
	44	0.24 _{Sk}		
1. ejak.		0.16	0.23	TAYLOR <i>et al.</i> (1985)
kaikki yht.		0.18	0.23	
		0.12	0.24	TAYLOR & EVERETT (1985)
	110	0.05		LANG <i>et al.</i> (1989)
keskiarvo		0.33	0.40	

B. kokonaissiittömäärä

	N	h^2	r	lähde
	377	0.08		STEMMLER <i>et al.</i> (1973)
	377	0.14		
1. ejak.		0.05	0.31	TAYLOR <i>et al.</i> (1985)
kaikki		0.03	0.26	
		0.02	0.44	TAYLOR & EVERETT (1985)
	110	0.28		LANG <i>et al.</i> (1989)
keskiarvo		0.10		

C. tiheys

	N	h^2	r	lähde
		0.84 _{tw}		BANE (1954)
		0.32		HULTNÄS (1959)
		0.36	0.68	ZELFEL (1964)
	71	0.10		SAMOILO (1968)
	81	0.41		
	166	0.14	0.74	MAIJALA (1969)
		0.14	0.30	LIEBENBERG & BRUCKNER (1970)
		0.34		BASOVSKII & PEPINA (1970)
		0.28		BRINKS (1972)
		0.72		STEMMLER <i>et al.</i> (1973)
		0.53		
1. ejak.		0.16	0.42	TAYLOR <i>et al.</i> (1985)
kaikki yht.		0.10	0.37	
		0.00	0.44	TAYLOR & EVERETT (1985)
	110	0.24		LANG <i>et al.</i> (1989)
keskiarvo		0.31	0.49	

D. Tuoresperman elävyys

	N	h^2	r	lähde
		0.94 _{tw}		BANE (1954)
	109	0.13	0.38	ZELFEL (1964)
	166	0.29	0.49	MAIJALA (1969)
	71	0.42		SAMOILO (1969)
	81	0.39		
		0.21		BASOVSKII & PEPINA (1970)
		0.23		BRINKS (1972)
	44	0.09		KALLIO (1979)
	110	0.19		LANG <i>et al.</i> (1989)
etenev.liike		0.42	0.48	LIEBENBERG & BRÜCKNER (1970)
keskiarvo		0.33		

E. liikkuvuus (massa-akt.)

	N	h^2	r	lähde
		0.80 _{tw}		BANE (1954)
		0.45		HULTNÄS (1959)
		0.50	0.58	ZELFEL (1964)
		0.57		MULLER (1967)
		0.32	0.48	LIEBENBERG & BRÜCKNER (1970)
		0.21	0.44	CHANDLER <i>et al.</i> (1985)
keskiarvo		0.48	0.50	

F. kivesten ympärysmitta

	h^2	lähde
	0.67	COULTER <i>et al.</i> (1976)
	0.80	NEELY <i>et al.</i> (1982)
	0.44	
	0.41 _{hs}	NELSEN <i>et al.</i> (1986)
	0.47 _{hs}	
	0.56 _{ss}	
	0.45 _{ss}	
keskiarvo	0.54	

G. kivesten tonus

	h^2	lähde
	0.34	COULTER <i>et al.</i> (1976)

H. siittiöepänormaalisuudet

	h^2	lähde
prim.	0.81	CHANDLER <i>et al.</i> (1985)
sekund.	0.31	

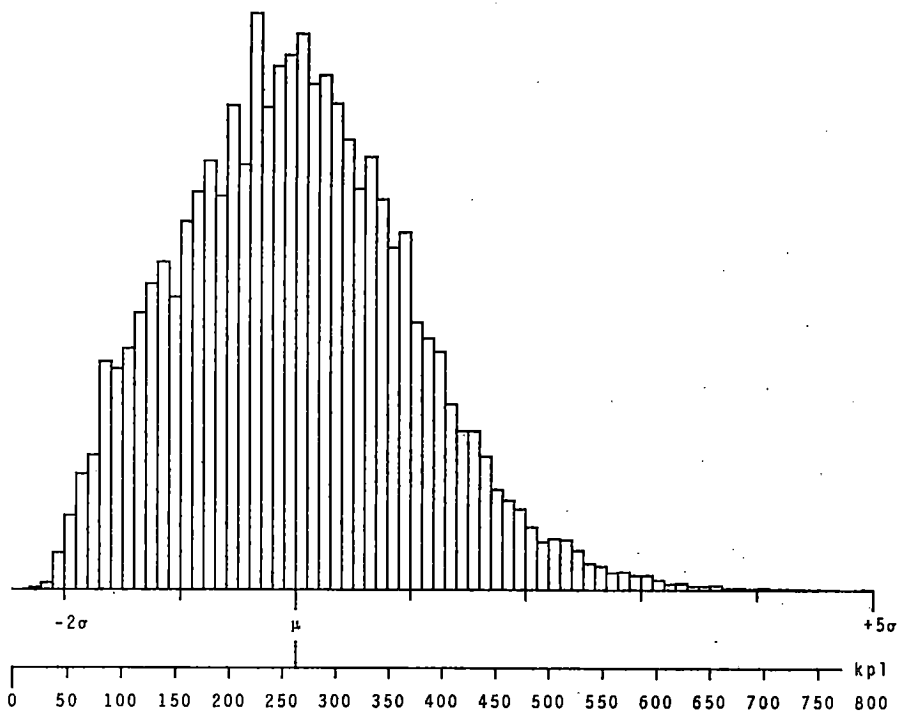
I. uusimattomuusprosentti (AZZAM *et al.* 1988)

	<i>N</i>	h^2	lähde
		0.55 _{ss}	SHANNON & SEARLE (1961)
		0.30 _{hs}	RENDEL & VENGE (1961)
		0.19	ZELFEL (1964)
		0.20 _{hs}	SAMOILO (1969)
		0.26 _{ss}	
		0.18	MAIJALA (1969)
		0.16	TROFIMENKO (1972)
		0.41	TROFIMENKO & SHAPARA (1973)
		0.29 _{hs}	STEMMLER <i>et al.</i> (1973)
		0.54 _{ss}	SIRATSKII <i>et al.</i> (1974)
		0.10 _{hs}	SCHMID <i>et al.</i> (1974)
		0.20 _{hs}	
		0.52	SAMOILO (1974)
		0.24 _{ss}	GAUNT <i>et al.</i> (1976)
		0.35 _{hs}	
		0.22 _{hs}	
		0.21 _{hs}	
		0.39	MENANDEZ BUXADERA <i>et al.</i> (1978)
		0.12 _{hs}	GASTEIGER & KRAUSSLICH (1981)
		0.20 _{hs}	
		0.28 _{hs}	SYRSTAD (1982)
		0.47 _{ss}	SIRATSKII (1982)
		0.25 _{ss}	MURRAY <i>et al.</i> (1983)
	110	0.00	LANG <i>et al.</i> (1989)
keskiarvo		0.28	

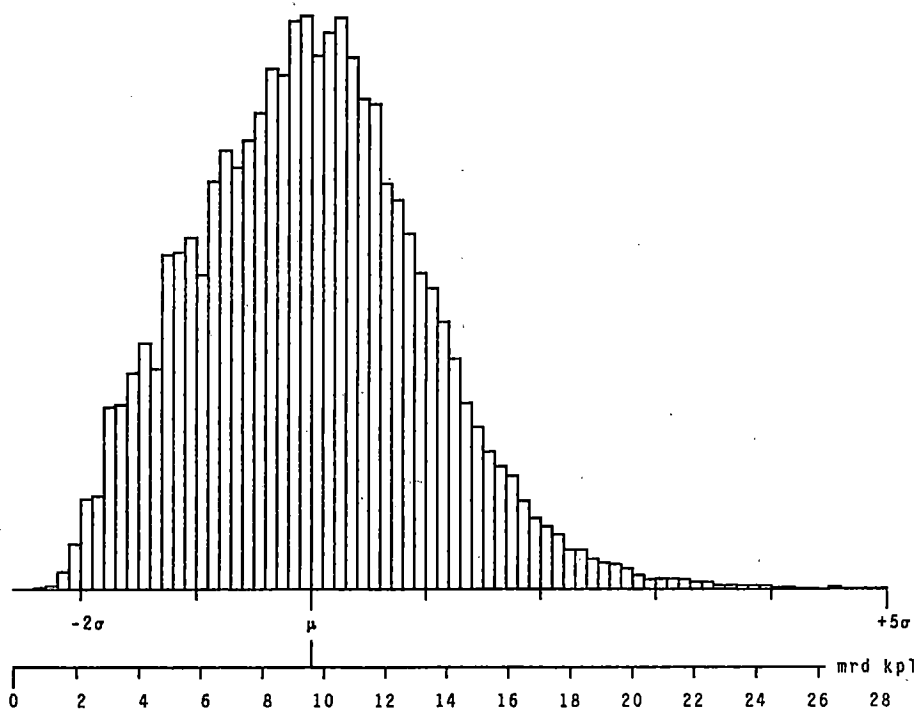
- tw* = kaksoskorrelaatio
ss = isä-poikakorrelaatio
hs = isänpuoleinen puolisisarkorrelaatio
N = sonnien lukumäärä

Liite 2

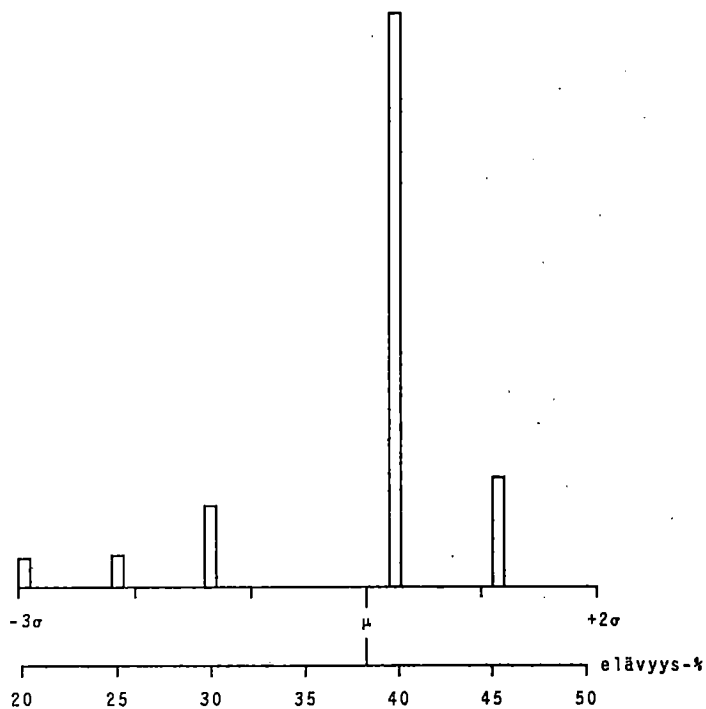
1. Siemenannosmäärän frekvenssijakauma Ay-rodulla, ($N = 31501$)



2. Kokonaissiittömäärän frekvenssijakauma AY-rodulla



3. Pakastuksen jälkeisen elävyys-%:n frekvenssijakauma Ay-rodulla



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. Sonnien mittauksia 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 tuotoston ja maantieteellisen alueen vaikutus Ay-sonnien jälkeläisarvosteluun. *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 (EAAP) 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 suomenhevoseilla. *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 teuraslaattua 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 keinosiemennyssonnien 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 maitotuotantoon.* 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 proteiners 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 ayrshirepopulaatiossa 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. Sonnien sperman määrä- ja laatutekijöiden yhteydet ja niiden vaihteluun vaikuttavat tekijät. 60 s.

ISBN 951-45-5365-9

ISSN 0356-1429

Helsinki 1990

Yliopistopaino