

Maidon laktoosipitoisuuteen vaikuttavat tekijät sekä laktoosipitoisuuden yhteydet solulukuun ja maidon muihin aineosiin

Tarja Korhonen

Helsingin Yliopisto
Kotieläinten jalostustieteen laitos

Helsinki 1990

Julkaisijat:

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

**Maidon laktoosipitoisuuteen vaikuttavat
tekijät sekä laktoosipitoisuuden yhteydet
solulukuun ja maidon muihin ainesosiin**

Tarja Korhonen
Kotieläinten jalostustieteen
pro gradu-työ 1990

ISBN 951-45-5577-5

ISSN 0356-1429

Helsinki 1990

Yliopistopaino

Tiivistelmä

Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida maidon laktoosipitoisuuteen vaikuttavia tekijöitä sekä laktoosipitoisuuden yhteyksiä solulukuun ja maidon muihin aineosiin. Alustavasti pyrittiin selvittämään laktoosipitoisuuden soveltuvuutta utareterveystarkkailuun. Perinnölliset tunnusluvut saatiin käytetyistä tilastollisista malleista, vaikka aineisto ei ollut rakenteeltaan hyvä niiden määrittämiseen.

Aineisto koostui yksittäisistä koelypsytuloksista laktoosipitoisuudella täydennettyinä. Alkuperäinen aineisto sisälsi 24 552 havaintoa, jotka jakautuivat roduittain: ayrshire 19 025, friisiläinen 5 296 ja suomenkarja 232. Havainnot olivat 4 170 ayrshire-, 1 209 friisiläis- ja 59 suomenkarjalehmältä. Isiä oli ayrshirellä 599, friisiläisillä 139 ja suomenkarjalla 36.

Aineistoa kuvattiin keskiarvoilla, hajonnoilla ja vaihtelukertoimilla. Laktoosipitoisuuden ja soluluvun yhteys arvioitiin myös sirontakuviolla ja yksittäisten utaretulehduslehmien havaintoja tarkastelemalla. Aineisto analysoitiin Helsingin Yliopiston kotieläinten jalostustieteen laitoksella WSYS-ohjelmistoa käyttäen. Analyysit tehtiin pienimmän neliösumman varianssianalyysillä erikseen ayrshire- ja friisiläislehmille.

Maidon laktoosipitoisuuden keskiarvot olivat: ay 4.63 %, fr 4.67 % ja sk 4.77 %. Laktoosipitoisuuden keskihajonta oli 0.20–0.27 ja vaihtelukerroin 4.2–5.9. Lypsykauden vaihe aiheutti suurimman vaihtelun laktoosipitoisuuteen. Laktoosipitoisuus laski lypsykauden kuluessa ayrshirellä keskimäärin 0.39 %-yksikköä. Vähäneminen oli sitä voimakkaampaa mitä vanhempi lehmä oli. Laktoosipitoisuus laski lehmän vanhetessa. Ensikoiden ja kaksi kertaa poikineiden välinen ero oli 0.15 %-yksikköä, muiden poikimakertojen väliset erot olivat alle 0.05 %-yksikköä. Vuodenaika vaikutti myös tilastollisesti merkitsevästi laktoosipitoisuuteen. Karjan vaikutus laktoosipitoisuuteen oli vähäinen, vain 4–5 % kokonaisvaihtelusta.

Laktoosihavaintojen toistuvuus oli ayrshirellä keskimäärin 0.37 ja periytymisaste 0.30. Laktoosipitoisuuden ja soluluvun välinen fenotyypin korrelaatio oli -0.31. Laktoosipitoisuuden ja maitotuotoksen välinen fenotyypin korrelaatio oli 0.23. Soluluvun kohotessa laktoosipitoisuus laski. Laktoosikeskiarvojen erot olivat 0.07–0.26 %-yksikköä, kun havainnot jaettiin ryhmiin alle ja yli 500 000 solua/ml.

Tutkimuksen perusteella lehmäkohtaisten maitonäytteiden laktoosipitoisuus kannattaa ilmoittaa tuottajille, jotta he voivat hyödyntää tuloksia utareterveystarkkailussaan.

Sisällys

1 Johdanto	1
2 Kirjallisuuskatsaus	2
2.1 Laktoosi ja maidon muut aineosat	2
2.1.1 Laktoosin esiintyminen ja muodostuminen	2
2.1.2 Laktoosin yhteys osmoositasapainoon	3
2.1.3 Laktoosin asema maidossa	4
2.1.4 Maidon muut aineosat	5
2.2 Maidon laktoosipitoisuuden vaihteluun vaikuttavat tekijät	5
2.2.1 Lypsykauden vaihe	5
2.2.2 Lehmän ikä	6
2.2.3 Utaretulehdus	6
2.2.4 Muut ympäristötekijät	7
2.2.5 Geneettiset tekijät	8
2.3 Maidon soluluvun vaihtelu	8
2.3.1 Soluluvun fysiologiset muutokset	8
2.3.2 Soluluvun geneettinen vaihtelu	9
2.4 Utaretulehdus	9
2.4.1 Utaretulehduksen synty	9
2.4.2 Utaretulehduksen aiheuttamat muutokset maitorak- kulassa	10
2.4.3 Utaretulehdusmaidon ja normaalimaidon rajoja so- luluvun perusteella	11
2.4.4 Utaretulehduksen määrittymenetelmät	12
2.5 Maidon laktoosipitoisuuden käyttö utareterveystarkkailussa	13
2.5.1 Laktoosipitoisuuden määrittäminen	13
2.5.2 Laktoosimäärityksen käyttötapa utareterveystark- kailussa	14
2.5.3 Maidon laktoosipitoisuuden yhteys bakteriologisiin tuloksiin	15
2.5.4 Laktoosimäärityksen sovellukset	15
2.6 Maidon laktoosipitoisuus ja soluluku utaretulehduksen osoit- tajina	16
2.6.1 Maidon laktoosipitoisuus ja soluluku utaretulehduk- sen osoittajina yksittäisten lehmien maitonäytteistä	16
2.6.2 Maidon laktoosipitoisuus ja soluluku utaretulehduk- sen osoittajina karjan sekamaidosta	17

2.6.3	Maidon laktoosipitoisuuden ja soluluvun välisiä korrelaatioita	18
3	Aineisto ja menetelmät	19
3.1	Aineiston hankinta ja tarkistukset	19
3.2	Tilastollisissa analyyseissä käytetyt osa-aineistot	21
3.3	Tutkittavat muuttujat	22
3.4	Tilastolliset menetelmät ja aineiston rajaus	22
4	Tulokset ja tulosten tarkastelu	25
4.1	Tutkittavien muuttujien keskiarvot ja vaihtelu	25
4.2	Systemaattisten tekijöiden vaikutus yksittäisten koelypsy-	
	jen tuloksiin	29
4.2.1	Lypsykauden vaiheen vaikutus	29
4.2.2	Poikimakerran vaikutus	33
4.2.3	Koelypsyvuodenajan vaikutus	34
4.3	Karjan vaikutus yksittäisiin koelypsytuloksiin	35
4.4	Yksittäisten koelypsytulosten perinnöllisiä tunnuslukuja ja	
	yhteyksiä	36
4.4.1	Toistuvuuksia	36
4.4.2	Periytymisasteita	39
4.4.3	Soluluvultaan erilaisten havaintojen vertailua	41
4.4.4	Eri ominaisuuksien välisiä yhteyksiä	42
4.5	305 päivän tuotokset ja keskimääräiset pitoisuudet	46
4.6	Maidon laktoosipitoisuus utaretulehduksen osoittajana	47
5	Yhteenveto ja johtopäätökset	55
	Kirjallisuusluettelo	57

Taulukot

1	Lehmän maidon yleiskoostumus JOHNSONIN (1978) mukaan	5
2	Soluluvun ja laktoosipitoisuuden välisiä korrelaatioita	18
3	Soluluvun ja laktoosipitoisuuden korrelaatioita muihin utaretulehduksessa muuttuviin ominaisuuksiin (RENNER, 1973)	18
4	Havaintojen, lehmien ja isien lukumäärät alkuperäisessä aineistossa	20
5	Yksittäisten koelypsytulosten tunnuslukuja alkuperäisessä aineistossa roduttain	26
6	305 päivän maitotuotokset ja maidon pitoisuudet ayrshirellä	27

7	Yksittäisten koelypsytulosten tunnuslukuja erikseen ay-ensikoille ja vanhemmille ay-lehmille, koko lypsykausi	28
8	Yksittäisten koelypsytulosten tunnuslukuja erikseen fr-ensikoille ja vanhemmille fr-lehmille, koko lypsykausi	28
9	Yksittäisten koelypsytulosten poikkeamat keskiarvosta ayrshire-ensikoilla lypsykauden aikana	29
10	Yksittäisten koelypsytulosten poikkeamat keskiarvosta vähintään kaksi kertaa poikineilla ayrshirelehmillä lypsykauden aikana	30
11	Yksittäisten koelypsytulosten poikkeamat lypsykausittain ayrshirellä	33
12	Yksittäisten koelypsytulosten poikkeamat keskiarvosta ayrshirellä eri koelypsyvuoden aikoina	35
13	Karjan %-osuus kokonaisuuntelusta ayrshirellä	36
14	Yksittäisten koelypsytulosten toistuvuuksia (t) keskivirheineen (s.e.) ayrshirellä	37
15	Yksittäisten koelypsytulosten toistuvuuksia, koko lypsykausi (Malli 1)	37
16	Yksittäisten koelypsytulosten toistuvuuksia, 15–252 päivää poikimisesta (Malli 1)	38
17	Ayrshire-lehmien periytymisasteet keskivirheineen (s.e.) yksittäisille koelypsytuloksille, koko lypsykausi	39
18	Yksittäisten koelypsytulosten periytymisasteet keskivirheineen (s.e.) friisiläisille	40
19	Yksittäisten koelypsytulosten periytymisasteet keskivirheineen (s.e.), kun lypsykausi rajattiin 15–252 päivään poikimisesta	40
20	Periytymisasteet keskivirheineen (s.e.) ja toistumiskertoimet soluluvultaan erilaisissa maitonäytteissä. Ayrshire-rotu.	41
21	Geneettiset (yläkolmio) ja fenotyyppiset (alokolmio) korrelaatiot ayrshirelle. Kaikki poikimakerrat, koko lypsykausi	43
22	Fenotyyppiset korrelaatiot yksittäisten koelypsytulosten välillä (NG-KWAI-HANG <i>et al.</i> , 1984)	43
23	Geneettiset (yläkolmio) ja fenotyyppiset (alokolmio) korrelaatiot ayrshirelle. Kaikki poikimakerrat, 15–252 päivää poikimisesta	44
24	Maidon laktoosipitoisuuden poikkeamat soluluokittain keskiarvosta ayrshirellä	45
25	305 päivän tuotoksien ja keskimääräisten pitoisuuksien poikkeamia lypsykausittain ayrshirellä	46

26	305 päivän tuotosten ja keskimääräisten pitoisuuksien väliset korrelaatiot	47
27	Laktoosipitoisuuden, soluluvun ja maitomäärän tunnuslukuja eri ikäisillä ay-lehmillä eri lypsykauden vaiheissa alle ja yli 500 000 solun tasoilla	48
28	Havaintojen lukumääriä taulukossa 27	49

Kuvat

1	Kaavio alveolisolun pumppumekanismeista (PEAKER, 1980)	4
2	Utaretulehduksen aiheuttamat muutokset maitorakkulassa (SANDHOLM & MATTILA, 1985).	11
3	Maitotuotoksen, ln(soluluvun) ja laktoosipitoisuuden muutos lypsykauden aikana ayrshirellä. Ensikot (---) ja vähintään kaksi kertaa poikineet lehmät (—) erillään	31
4	Rasva- ja valkuaispitoisuuksien muutos lypsykauden aikana ayrshirellä. Ensikot (---) ja vähintään kaksi kertaa poikineet lehmät (—) erillään	32
5	Laktoosipitoisuuden muutos yksittäisillä kaksi kertaa poikineilla ay-lehmillä (1–12) lypsykauden kuluessa, kaikkien ay-lehmien keskiarvokäyrä (—). Seuraavalla sivulla samojen lehmien ln(soluluvun) vaihtelu	51
6	Ln(soluluvun) muutos yksittäisillä kaksi kertaa poikineilla ay-lehmillä (1–12) lypsykauden kuluessa, kaikkien ay-lehmien keskiarvokäyrä (—). Edellisellä sivulla samojen lehmien laktoosipitoisuuden vaihtelu	52
7	Laktoosin (x-akseli) ja ln(soluluvun) (y-akseli) yhteys sirontakuviona. Vähintään kolme kertaa poikineiden ay-lehmien havainnot 28–150 päivän kuluessa poikimisesta, 3090 havaintoa	53

1 Johdanto

Noin 40 prosenttia Suomen lehmistä kärsii utaretulehduksesta. Utaretulehduksen nopea ja edullinen määritysmenetelmä olisi tarpeellinen, jotta utaretulehduksen aiheuttamia taloudellisia menetyksiä voitaisiin vähentää. Tällä hetkellä bakteeri- ja solumääritykset ovat ainoat yleisesti käytössä olevat menetelmät utaretulehduksen toteamiseksi. Karjakohtaisista maitonäytteistä ne tehdään meijereiden laboratorioissa tai aluelaboratorioissa kerran kuukaudessa ja bakteeri- ja solupitoisuudet vaikuttavat tuottajalle maksettavaan maidon hintaan. Solumääritys on yleinen navetatesti (CMT-testi). Nykyisin käytössä olevilla infrapuna-analysaattoreilla (*Milco-Scan*-laitteet) maidon laktoosipitoisuus pystytään määrittämään vaivattomasti yhdessä rasva- ja valkuaispitoisuuksien kanssa.

Maidon laktoosipitoisuuden soveltuvuutta utaretulehduksen osoittajaksi on tutkittu pääasiassa 1970-luvulla Keski-Euroopassa. Maidon laktoosipitoisuus on varsin vakio, tilapäisistä ympäristötekijöistä riippumaton, koska laktoosi on tärkein osmoositasapainoa ylläpitävä tekijä utareessa (RENNER, 1974). Utaretulehduksen aikana laktoosin erittyminen maidossa vähenee heikentyneen synteessin, maitotiehyeiden läpäisevyysominaisuuksien muuttumisen ja bakteerien hajotustoiminnan takia (SISOKO *et al.*, 1984).

Laktoosipitoisuuden voidaan olettaa olevan hyvä utaretulehduksen osoitin, jos laktoosipitoisuuteen järjestelmällisesti vaikuttavat tekijät voidaan poistaa (RENNER, 1974). Geneettisten ja ympäristötekijöiden aiheuttaman laktoosipitoisuuden vaihtelun tulisi olla vähäistä ja utaretulehduksen aiheuttaman vaihtelun selvää, jotta maidon laktoosipitoisuutta voitaisiin käyttää utaretulehduksen osoittamiseen (RENNER, 1973). Ongelmana laktoosipitoisuuden käytölle utaretulehduksen osoittajana on utaretulehduksen aiheuttaman laktoosipitoisuuden muutoksen erottaminen normaalista laktoosipitoisuuden vaihtelusta (KÖRNER *et al.*, 1977).

Ympäristötekijöiden vaikutusta maidon laktoosipitoisuuteen ja laktoosipitoisuuden fysiologisia muutoksia on tutkittu, mutta ei juurikaan laktoosipitoisuuden perinnöllisiä tunnuslukuja.

Tämän työn tarkoituksena on arvioida maidon laktoosipitoisuuteen vaikuttavia tekijöitä, maidon laktoosipitoisuuden perinnöllisiä tunnuslukuja sekä maidon laktoosipitoisuuden yhteyksiä solulukuun ja maidon muihin aineosiin. Lisäksi tutkimuksessa pyritään alustavasti selvittämään, kuinka hyvin maidon laktoosipitoisuus soveltuisi Suomessa utaretulehduksen osoittajaksi.

2 Kirjallisuuskatsaus

2.1 Laktoosi ja maidon muut aineosat

2.1.1 Laktoosin esiintyminen ja muodostuminen

Lehmän maidon laktoosipitoisuus vaihtelee 4.4–5.2 %. Keskimäärin vedetöntä laktoosia on 4.8 %. Laktoosi muodostaa näin 50–52 % rasvattoman maidon kuiva-aineesta. Maidossa on laktoosin ohella muita hiilihydraatteja: glukoosia noin 70 mg/l, galaktoosia noin 20 mg/l, erilaisia polysakkarideja ja sokerifosfaatteja.

Laktoosi on disakkaridi, joka on muodostunut D-glukoosista ja D-galaktoosista. Glukoosi- ja galaktoosiosat ovat kuusirengas- eli pyranosimuodossa ja niiden välillä on 1,4- β -sidos. Laktoosin rakenteellinen nimi on siten 4-O- β -D-galaktopyranosyyli-D-glukopyranoosi. Laktoosi on pelkistävä sokeri (NICKERSON, 1978).

Veren D-glukoosi on laktoosin pääasiallinen lähtöaine. Noin 80 % laktoosin hiilestä oletetaan olevan peräisin veren plasman glukoosista. Pääosa, arviolta 70 % D-galaktoosista muodostuu myös veren D-glukoosista ilman hiiliketjun purkautumista (NICKERSON, 1978). Laktoosin biosynteesin tärkeimmät reaktiot ja niitä katalysoivat entsyymit ovat NICKERSONIN (1978) mukaan seuraavat:

1. uridiinitrifosfaatti (UTP) + glukoosi-1-fosfaatti = uridiinidifosfaattiglukoosi (UDPG) + pyrofosfaatti (PP) — katalyyttinä UDPG-pyrofosforylaasi
2. UDP-glukoosi = UDP-galaktoosi — katalyyttinä UDPGal-4-epimeeraasi
3. UDP-galaktoosi + glukoosi = laktoosi + UDP — katalyyttinä UDP-galaktoosi-d-glukoosi 1-galaktosyyli transferaasi eli laktoosisyntetaasi

Laktoosisyntetaasientsyymi koostuu kahdesta proteiinista, A ja B. A:ta ei ole pystytty tunnistamaan, mutta B-proteiini on todettu α -laktalbumiiniksi, joka on tärkeä heraproteiini. Sen pitoisuus on 70–150 mg/100ml rasvatonta maitoa (EBNER & BRODBECK, 1968). A-proteiini kuljettaa galaktoosia UDP-galaktoosista useisiin yhdisteisiin, mutta ei glukoosiin α -laktalbumiinin puuttuessa. Kun α -laktalbumiinia on saatavilla maitorauhasen erittävässä solussa, A-proteiini siirtää galaktoosia glukoosiin, jolloin muodostuu laktoosia. α -laktalbumiinin erityksen oletetaan säätelevän laktoosisynteesin tasoa (NICKERSON, 1978).

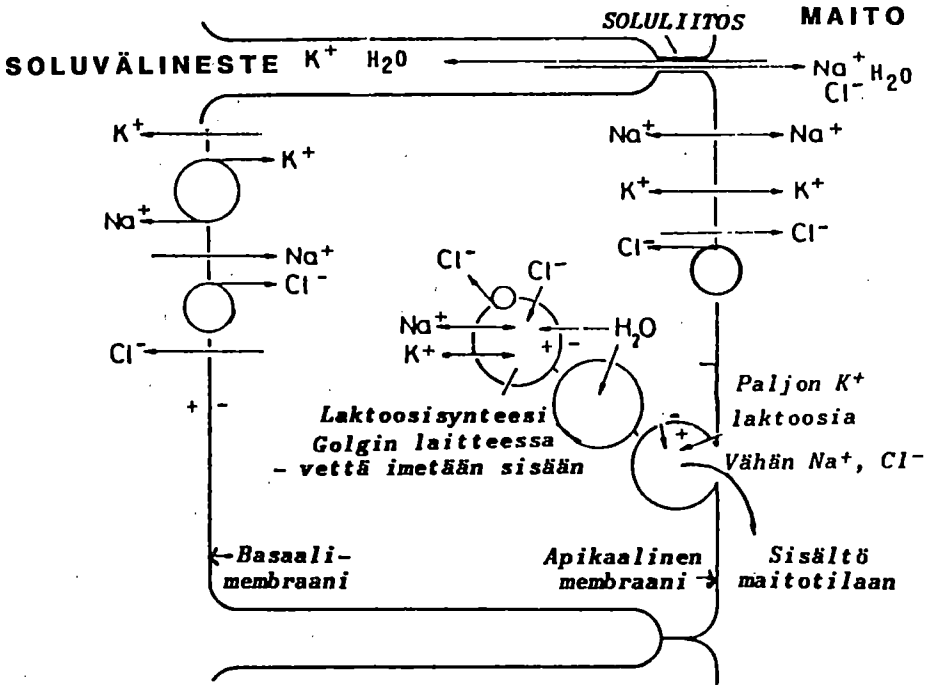
2.1.2 Laktoosin yhteys osmoositasapainoon

Laktoosi muodostuu maitorauhasen epiteelisolun Golgin laitteessa ja siirtyy vakuolissa solulimaan. Solulimassa vakuoliin imeytyy osmoottisesti vettä laimentamaan muodostunutta sokeria. Vesi kulkee vapaasti maitorauhasen solujen epiteelin läpi, joten maidon ja veriplasman osmoottiset paineet ovat samansuuruiset (PEAKER, 1980). Molempien osmolarisuus on 300 mOsm/l (LARSON, 1985).

Laktoosi aiheuttaa 40 % normaalin maidon osmoottisesta paineesta. Lisäksi ionit, pääasiassa kalium, kloridi ja natrium, vaikuttavat osmoottisiin pitoisuuksiin (LARSON, 1985). Tutkimuksissa laktoosi-kloridi-suhteen on todettu olevan 2.614 ± 0.027 (SCHALM *et al.* 1971 s.77). Pienet päivittäiset laktoosipitoisuuden vaihtelut tasapainottuvat natriumin ja kaliumin pitoisuuksien muuttumisella vastakkaiseen suuntaan, jotta maidon osmoottinen paine pysyy samana. Sekä natriumin että kaliumin pitoisuus erittävässä solussa on suurempi kuin maidossa, mutta suhde niiden välillä on sama. Korkea solunsisäinen kalium- ja matala natriumpitoisuus aiheutuu soluseinämissä olevasta natriumpumpusta (Kuva 1).

Kalium- ja natriumionit ovat sähkökemiallisessa tasapainossa solukalvon molemmin puolin. Mekanismi, millä sähkökemiallinen tasapaino saavutetaan, selittää laktoosin ja ionien suhteen maidossa. Laktoosin muodostuessa vettä kulkeutuu Golgin laitteen ja solun membraanien läpi. Membraanien negatiiviset varaukset estävät anionien läpimenemisen, joten ionit erottuvat, kun kationit läpäisevät membraanit. Tällöin syntyy potentiaaliero, jossa maitoa sisältävä rakkula on positiivinen solun sisältöön nähden. Natrium- ja kaliumkationit jakautuvat yhdistetyn sähköisen ja kemiallisen gradientin mukaan tasapainottaen varaukset, mistä seuraa natriumin ja kaliumin alhaisempi pitoisuus maidossa kuin solun sisällä (PEAKER, 1980).

Vakuoleihin osmoottisesti imeytyvän veden tilavuus säätelee tuotettavan maidon määrän. Jos glukoosin saanti on rajoitettua, tuotetun laktoosin määrä laskee ja maidon määrä vähenee. Utaretulehdus vaurioittaa kudosta, vähentäessä entsyymitoimintaa ja vähentää laktoosisynteesiä. Alentunut laktoositaso voi aiheutua myös siitä, että utaretulehduksen aikana glukoosia on tarjolla laktoosin muodostumiseen entistä vähemmän (KITCHEN, 1981). Tulehduksen aikana erittävien solujen ja maitotiehyiden epiteelit läpäisevät pieniä molekyylejä ja ioneja. Niinpä natriumin ja kloridin korkea pitoisuus plasmassa ja soluvälinesteessä lisää näiden ionien määrää maidossa. Kaliumin ja laktoosin määrä sen sijaan vähenee (PEAKER, 1980).



Kuva 1: Kaavio alveolisolun pumppumekanismeista (PEAKER, 1980)

2.1.3 Laktoosin asema maidossa

Laktoosi on maidossa tärkeä energiapitoinen yhdiste. Laktoosin energiasisältö on 17 KJ/g. Laktoosi antaa tuotteisiin makeahkon perusmaun, mutta se ei ole yhtä makea kuin muut sokerit. Laktoosi hajoaa hitaammin kuin monosakkaridit, mutta kuitenkin niin nopeasti, että hajoamisen tuloksena syntyvät hapot pidentävät maidon säilytysaikaa ja auttavat ruoansulatuksessa suolistokäymisen ylläpitoa. Lisäksi hapot edistävät kalsiumin ja fosforin imeytymistä ja estävät mädättäjäbakteerien kasvua (NICKERSON, 1978).

Taulukko 1: Lehmän maidon yleiskoostumus JOHNSONin (1978) mukaan

pitoisuus	prosenttia
vesi	87.0
rasva	3.5-3.7
laktoosi	4.9
valkuaisaineet	3.5
tuhka (mineraalit)	0.7

2.1.4 Maidon muut aineosat

Lehmän maidon koostumus on esitetty taulukossa 1. Vuonna 1988 suomalaisen sekamaidon rasvapitoisuus oli 4.35 % ja valkuaispitoisuus 3.20 % (*Maatilahallitus*, 1989).

Maidossa vesi toimii väliaineena, jossa kaikki muut aineosat ovat liuenneina tai liettyneinä. Vettä on lisäksi vähän liittyneenä laktoosiin tai suoloihin ja sitoutuneena valkuaisaineisiin (JOHNSON, 1978). Rasva on vaihtelevin maidon aineosa. Erilaiset triglyseridit muodostavat 98-99 % maitorasvasta, loput 1-2 % muodostuvat fosfolipideistä, steroleista, karotenoideista, rasvaliukoisista vitamiineista eli A-, D-, E- ja K-vitamiineista sekä vapaista rasvahapoista. Kaseiini muodostaa 80 % maidon valkuaisaineista. Loput 20 % koostuvat seerumivalkuaisaineista, pääasiassa laktalbumiinista ja laktoglobuliinista. Valkuaisaineisiin sisältyvät myös maidon entsyymit. Tuhkapitoisuuden vaihtelu on vähäistä (JOHNSON, 1978).

2.2 Maidon laktoosipitoisuuden vaihteluun vaikuttavat tekijät

2.2.1 Lypsykauden vaihe

Ensimmäisinä poikimisen jälkeisinä päivinä maidon laktoosipitoisuus nousee voimakkaasti, säilyy useita kuukausia vakiona ja laskee lypsykauden loppua kohti (MAYER, 1978). Laktoosipitoisuus kohoaa ensimmäisen kuukauden aikana poikimisesta, tämän jälkeen se laskee lineaarisesti 0.05 prosenttiyksikköä kuukaudessa (VOIGTLÄNDER & BOTHEN, 1976; KRAMER *et al.* 1980). ERBin ja ASHWORTHin (1963) mukaan laktoosipitoisuus alenee keskimäärin 0.25 %-yksikköä, MAYERin (1978) mukaan 0.20 %-yksikköä lypsykauden kuluessa. RENNERNin (1973) tutkimuksissa laktoosipitoisuus laski ensimmäisen ja toisen lypsykuukauden 4.90 %:sta kahdeksannen kuukauden 4.83 %:iin, jonka jälkeen oli pientä nousua. Laktoosipitoisuus pysyi niin hyvin normaalilla vaihtelualueellaan, joka on

4.70–5.00 %, että piilevien utaretulehdusten lisääntyminen lypsykauden aikana ei vaikuta muutokseen (RENNER, 1973). Toisaalta KÖRNER *et al.* (1977) osoittivat laktoosipitoisuuden alenemisen olevan yhteydessä lehmien utareterveyden huononemiseen, ennen kaikkea piilevien utaretulehdusten lisääntymiseen lypsykauden kuluessa.

Laktoosipitoisuuden väheneminen lypsykauden aikana aiheutuu sekä fysiologisesta laktoosipitoisuuden laskusta että siitä, ettei laktoosipitoisuus palaa utaretulehduksen jälkeen yhtä korkealle kuin mitä se oli ennen tulehdusta (VOIGTLÄNDER & BOTHEN, 1978). Lypsykauden vaihe kattaa 19 % maidon laktoosipitoisuuden kokonaisvaihtelusta (LEDERER & KRAMER, 1980). DAWSONIN *et al.* (1974) mukaan lypsykauden vaihe aiheuttaa 24–38 % laktoosipitoisuuden kokonaisvaihtelusta.

2.2.2 Lehmän ikä

Maidon laktoosipitoisuus laskee lypsykausien lukumäärän lisääntyessä (ROOK & WHEELOCK, 1967). Solupitoisuuden nousun, *CMT*-positiivisten (*California Mastitis Test*) ja indikaattoriposiitivisten tulosten sekä mikrobiologisten tulosten perusteella laktoosipitoisuuden aleneminen lehmän iän myötä johtuu utaretulehdusten lisääntymisestä. Näin ollen aleneva laktoosipitoisuus on yhteydessä kasvavaan solulukuun (KÖRNER *et al.*, 1977). Ensimmäisestä kuudenteen lypsykauteen laktoosipitoisuus laskee noin 0.25 %-yksikköä. Samaan aikaan soluluku kohoaa 200 000:lla (BERGMANN, 1979). Ensimmäisestä kahdeksanteen lypsykauteen laktoosipitoisuus laskee noin 0.30 %-yksikköä ja soluluku kohoaa 250 000:lla. Eniten laktoosipitoisuus laskee ensimmäisestä toiseen lypsykauteen (LEDERER & KRAMER, 1980). Molemmissa edellä mainituissa saksalaisissa tutkimuksissa oli noin 100 000 havaintoa.

BERGMANNIN (1979) mukaan sekä lypsykauden sisäinen että lypsykausien välinen vaihtelu on biologisesti määräytyvä, eikä näillä muutoksilla voida selittää utaretulehdusta. Lypsykausien lukumäärä selittää kahdeksan prosenttia laktoosin kokonaisvaihtelusta (LEDERER & KRAMER, 1980).

2.2.3 Utaretulehdus

Utaretulehdus laskee 10–20 % maidon laktoosipitoisuutta (TOLLE, 1969). Parittaisia neljänneksiä tutkimalla INGR *et al.* (1973) totesivat laktoosipitoisuuden alenevan 0.06–0.92 %-yksikköä, kun soluluku nousee vaikeaan utaretulehdukseen asti. Streptokokkitartunnan saaneen neljänneksen

maidon laktoosipitoisuus laskee voimakkaammin kuin stafylokokkitartunnan saaneen neljänneksen maidon laktoosipitoisuus (MAYER, 1978), keskimääräiset laktoosipitoisuudet ovat tulehduksen aikana 4.35% ja 4.41% (KÖRNER *et al.* 1977). JANZENIN (1970) kirjallisuuskatsauksen mukaan utaretulehdus laskee 0.10–0.77%-yksikköä maidon laktoosipitoisuutta.

Solumäärää 500 000 kpl/ml vastaa laktoosipitoisuus 4.6% neljännesmaidonäytteistä (STAHLHUT-KLIPP, 1973). Käyttämällä raja-arvoa 4.6% neljännesmaidonäytteille, 98.7% piilevistä (subkliinisistä) utaretulehduksesta tulee ilmi (TRAORÉ *et al.*, 1979).

2.2.4 Muut ympäristötekijät

Lehmän saama rehuannos ei vaikuta maidon laktoosipitoisuuteen (KÖRNER *et al.*, 1977). Kirjallisuuden perusteella maidon laktoosipitoisuuden vuodenaikaisvaihtelu on 0.05–0.15%-yksikköä (RENNER, 1973). KÖRNERIN *et al.* (1977) tutkimuksessa laktoosipitoisuus vaihteli 4.76%:n ja 4.92%:n välillä siten, että se oli alhaisin joulukuussa ja korkein touku-kuussa. Vaihtelu oli hyvin vähäistä verrattuna maitotuotoksen, rasvaprosentin ja valkuaisprosentin vuodenaikaisvaihteluun.

Vuodenaikaisvaihtelun syynä pidetään usein ruokinnan ja lämpötilan muutosta (JOHNSON, 1978). Toisaalta lehmän ikä, vuodenaika ja ruokinta aiheuttavat vain vähän lisämuuntelua verrattuna siihen muunteluun, joka perustuu lehmien erilaiseen yksilölliseen tuotantokykyyn (ERB & ASHWORTH, 1963).

Karjan vaikutus laktoosipitoisuuteen on vähäinen (KRAMER *et al.*, 1980). KRAMERIN *et al.* (1980) mukaan karjakoon varianssiosuus kokonaisvariانسista on 0.3%. Karjatuotoksen vastaava varianssiosuus on 0.2%. Tutkimuksessa oli 109 403 havaintoa 9 345 lehmältä 423 tilalta.

KÖRNER *et al.* (1977) tutkivat Länsi-Saksassa paikkakunnan vaikutusta yksittäisiin koelypsytuloksiin. Laktoosipitoisuuksien keskiarvojen suurin ero eri paikkakuntien välillä oli 0.09%-yksikköä. Paikkakunta vaikutti maidon laktoosipitoisuuteen tilastollisesti merkitsevästi. Heidän mukaansa tilastollinen merkitsevyys johtui kuitenkin suuresta (26 600) havaintojen määrästä, vaikkakin utaretulehdusten määrässä voi olla eroja eri paikkakuntien välillä. Paikkakunnan vaikutus maitotuotokseen ja rasva- ja valkuaispitoisuuksiin oli huomattavasti suurempi kuin laktoosipitoisuuteen.

2.2.5 Geneettiset tekijät

Rotujen väliset erot maidon laktoosipitoisuudessa ovat vähäisiä. RENNER (1973) sai saksalaisessa tutkimuksessaan seuraavat rotukeskiarvot: mustankirjava 4.77 %, punakirjava 4.80 % ja ylämaankarja 4.87 %. Tämä 0.10 %-yksikön ero pieneni 0.04 %-yksikköön, kun lehmien utareterveys otettiin huomioon. MAYERIN (1978) tutkimuksessa mustankirjavan ja punakirjavan rodun välinen ero oli 0.12 %-yksikköä. ERB & ASHWORTH (1963) saivat 0.12 %-yksikön eron holstein-rodun (4.72 %) ja jersey-rodun (4.84 %) välille. Rotujen (Englannin fr 4.46 %, guernsey 4.62 %) välinen ero on 0.16 %-yksikköä, josta osa aiheutuu geneettisistä tekijöistä (ROOK & WHELOCK, 1967).

Laktoosipitoisuuden toistumiskerroinarviot ovat korkeita, 0.65 (ERB & ASHWORTH, 1963) ja 0.75 (RENNER, 1980). Laktoosipitoisuuden periytymisaste vaihtelee 0.36–0.70 ROOKIN ja WHELOCKIN (1967) kirjallisuuskatsauksen mukaan. Yksittäisten koelypsyhavaintojen perusteella laktoosipitoisuuden periytymisaste on 0.199 (MEYER *et al.*, 1978). MEYERIN (1978) tutkimuksen perusteella laktoosiprosentin geneettinen korrelaatio on maitotuotokseen (kg) 0.34, rasvaprosenttiin 0.33 ja valkuaisprosenttiin 0.65. Kaikki korrelaatiot ovat tilastollisesti merkitseviä ($p < 0.01$).

2.3 Maidon soluluvun vaihtelu

2.3.1 Soluluvun fysiologiset muutokset

Maidon solulukua tutkimalla pyritään arvioimaan, onko utare terve vai ei. Soluluku vaihtelee useiden muidenkin tekijöiden vaikutuksesta kuin utaretulehduksen. Tämä vaikeuttaa arviointia.

Lypsyn eri vaiheissa otettujen näytteiden solupitoisuus on erilainen. Jälkimaidon soluluku on yleensä korkeampi kuin etumaidon. Lypsyn keskivaiheilla otettujen näytteiden soluluku on alhaisin (SCHALM *et al.*, 1971, s. 107). Aamu- ja iltamaidon solupitoisuus voi olla erilainen erityisesti silloin, kun lypsyjen välit eivät ole yhtä pitkät. Yleensä iltamaidon soluluku on korkeampi kuin aamumaidon, koska aikaväli aamulypsystä iltalypsyyn on yleisesti lyhyempi kuin iltalypsystä aamulypsyyhin (KOIRANEN, 1978b).

Välittömästi poikimisen jälkeen maidon soluluku on erittäin korkea, mutta laskee parin viikon kuluessa tasolle 90 000–120 000 kpl/ml. Soluluku alkaa uudelleen kohota noin sadan päivän kuluttua poikimisesta, mutta nousu on hidasta, eikä umpeenmenevienkään lehmien maidon soluluku nouse yli 200 000 kpl/ml (SYVÄJÄRVI, 1984).

Vanhojen lehmien solupitoisuuskeskiarvot ovat yleisesti korkeampia

kuin nuorten lehmien. Solupitoisuuden kohoaminen on nopeinta neljän ensimmäisen lypsykauden aikana (SYVÄJÄRVI *et al.*, 1981; SYVÄJÄRVI, 1984). Solupitoisuus muuttuu lypsykauden kuluessa kaksi kertaa tai useammin poikineilla lehmillä samalla tavalla. Ensikoilla solupitoisuus kohoaa vähemmän lypsykauden kuluessa (WIGGANS & SHOOK, 1987).

Maidon solupitoisuus voi kohota myös stressin, hormonaalisten häiriöiden ja muidenkin sairauksien kuin utaresairauksien takia. Yleensä kaikki lehmän yleistilaa ja hyvinvointia häiritsevät tekijät kohottavat solulukua (SYVÄJÄRVI, 1984). Soluluku vaihtelee jonkin verran myös vuodenajan mukaan. Se on alhaisimmillaan kevättalvella ja keväällä (PHILIPSSON *et al.* 1981; KENNEDY *et al.* 1982a).

2.3.2 Soluluvun geneettinen vaihtelu

Maidon solupitoisuus on erilainen eri roduilla. Solupitoisuus on korkeampi friisiläislehmillä kuin ayrshirelehmillä, rotukeskiarvot ovat 150 000 ja 108 000 (SYVÄJÄRVI, 1984). ERHARDTIN *et al.* (1982) kirjallisuuskatsauksen perusteella soluluvun periytymisaste vaihtelee 0.18–0.38 välillä. Lypsykauden keskimääräisen solupitoisuuden keskiarvojen periytymisasteet vaihtelevat SYVÄJÄRVEN (1984) mukaan ayrshirerodulla 0.09–0.18 välillä ja friisiläisillä 0.11–0.31 välillä. Lypsykauden keskimääräisen solupitoisuuden ja maitotuotoksen välinen geneettinen korrelaatio on ayrshirellä 0.14 ja friisiläisillä -0.02 .

Yhden näytteenottokerran perusteella laskettu lehmäkohtaisen soluluvun periytymisaste oli ensikoilla alhaisempi kuin vanhemmilla lehmillä (DYRENDAHL, 1977; KENNEDY *et al.*, 1982b). KENNEDY'n *et al.* (1982b) tutkimuksessa alle kaksivuotiaille laskettu periytymisaste oli 0.05 (± 0.02) ja yli kuusivuotiaille laskettu 0.10 (± 0.05). EMANUELSON ja PHILIPSSON (1984) määrittivät yksittäisten solulukunäytteiden toistuvuudeksi Ruotsin ayrshirelle (SRB) 0.476–0.557 ja friisiläiselle (SLB) 0.469–0.591.

2.4 Utaretulehdus

2.4.1 Utaretulehduksen synty

Utaretulehdus syntyy, kun utare tunnistaa itsessään olevat vieraat aineet tai kudokseen aiheutuneen vaurion. Utaretulehdus voi kehittyä mikrobian tai erilaisten vammojen vaikutuksesta (SANDHOLM, 1986b). Perintötekijät vaikuttavat osittain lehmän alttiuteen sairastua utaretulehdukseen. LIE'n *et al.* (1980) kirjallisuustutkimuksen mukaan utaretulehduksen periytymisaste vaihtelee muutamasta prosentista lähes 50 prosent-

tiin sen mukaan, mitä kriteeriä taudin toteamisessa on käytetty. Noin 80 % utaretulehduksista on bakteerien aiheuttamia. Näistä yleisimpiä ovat *Stafylococcus aureus*, *Streptococcus dysgalactiae* ja *Streptococcus uberis*. Utaretulehduksen voivat aiheuttaa bakteerien lisäksi nännipolkema, tyhjälypsy tai muu utareeseen kohdistunut mekaaninen ärsytys. Joissakin tapauksissa utaretulehduksen voivat aiheuttaa hiivat tai mykoplasmat. Tällaiset utaretulehdukset ovat kuitenkin harvinaisia. Aina umpeenpantaessa utareeseen tulee steriili tulehdus, jonka tarkoituksena on puhdistaa utare maidojätteistä ja piilevistä utaretulehduksista (SANDHOLM, 1986b).

Utare voi saada tartunnan joko toisesta eläimestä tai ympäristöstä. Toisesta eläimestä tulevat bakteerit elävät ja lisääntyvät pääasiassa utareessa tai utareen iholla. Tärkein leviämisaikajankohta on lypsyaika, jolloin bakteerit leviävät lypsimeen, lypsyliinojen tai lypsäjän käsien välityksellä. Nämä bakteerit, lähinnä streptokokit ja stafylokokit, infektoivat utareita ympäri vuoden (BRAMLEY, 1981).

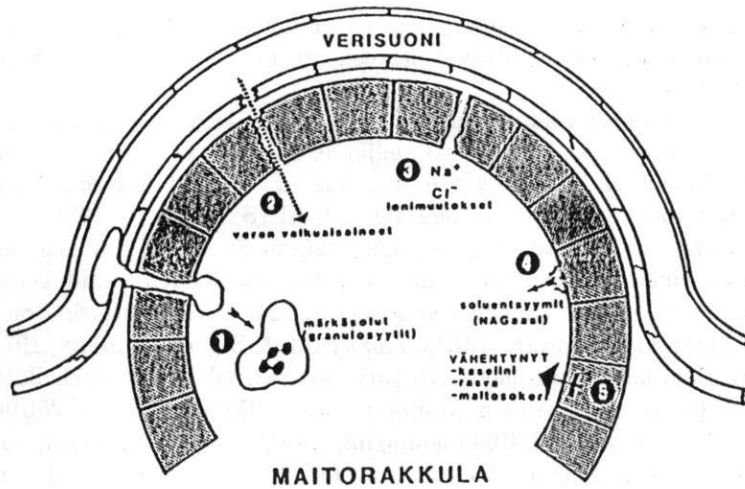
Ympäristöstä tulevat bakteerit, kuten *Escherichia coli* ja *Actinomyces pyogenes*, ilmenevät kausiluontoisesti pääasiassa kesällä ja talvella. *A. pyogenes* tarttuu kesällä karpästen pistoista laitumella oleviin hiehoihin tai ummessa oleviin lemmiin. *E. coli* on usein peräisin rehuista tai juomavedestä (BRAMLEY, 1981).

2.4.2 Utaretulehduksen aiheuttamat muutokset maitorakkulassa

Tulehdusreaktio alkaa, kun utareessa olevat solut, makrofagit, tunnistavat ärsykkeen. Ne muodostavat välittäjäaineita. Tällöin utareessa tapahtuu hälytys, johon elimistö reagoi tulehdusvasteella. Reaktion tuloksena ilmenevät erilaiset oireet, joista silmännähtäviä ovat utareen punoitus, turvotus, lämmöntunne, kipu ja heikentynyt toiminta (SANDHOLM, 1986b). Maitorakkulassa tapahtuu muutoksia, jotka vaikuttavat maidon koostumukseen (kuva 2).

Utaretulehdusdiagnostiikan kannalta tärkeät muutokset voidaan jakaa viiteen ryhmään (SANDHOLM & MATTILA, 1985):

1. Somaattisia soluja, pääasiassa märkäsoluja, siirtyy maitotilaan
2. Veren valkuaisaineita valuu maitotilaan
3. Muutokset ionikoonpanossa
4. Solujen rikkoutumisen takia soluista valuu solujen sisälle kuuluvia entsyymejä



Kuva 2: Utaretulehduksen aiheuttamat muutokset maitorakkulassa (SANDHOLM & MATTILA, 1985).

5. Maitoa tuottavien solujen toiminta lamaantuu, jolloin niiden rasva-, kaseiini- ja laktoosituotanto laskee

Utareen tuottama maitomäärä on samassa suhteessa tuotetun laktoosin määrään, koska laktoosi on tärkein osmoottisen paineen aiheuttaja (SANDHOLM, 1986b). Utaretulehdus vähentää tulehtuneen utareen maidontuotantoa 5–28%. Tulehtuneen neljänneksen maidontuotanto alenee 9–43%. Maidon laktoosipitoisuus alenee 0.10–0.77%-yksikköä (JANZEN, 1970).

2.4.3 Utaretulehdusmaidon ja normaalimaidon rajoja soluvun perusteella

Terveenkin utareen maidossa on aina soluja. Käytännöllisesti katsoen kaikki maidon solut ovat verestä ja imukudoksesta maitoon kulkeutuneita utareta puolustavia tulehdussoluja. Näistä suurin osa on makrofageja eli syöjäsoluja, joiden tehtävänä on toimia tunnistin- ja hälytys soluina tulehdusreaktion ja vastustuskyvyn aikaansaamiseksi. Lisäksi makrofagit syövät ja tappavat bakteereja sekä ohjaavat toista soluryhmää, lymfosyyttejä. Lymfosyytit tuottavat vasta-aineita. Niitä on erityisen paljon ummessa olevan lehmän utare-eritteessä (SALONIEMI, 1987). Tulehdusmaidossa solulukku on kohonnut. Suurin osa lisääntyneistä soluista, noin

90 %, on neutrofilejä granulosityttejä eli märkäsoluja. Ne syövät ja tappavat bakteereita sekä hävittävät utareen vaurioitunutta kudosta (SANDHOLM, 1986a).

Normaalimaidon solupitoisuuden enimmäismääriä tarkasteltaessa on otettava huomioon, onko kyseessä neljännesmaitonäyte, lehmäkohtainen näyte vai karjan yhteismaitonäyte. Kulutusmaidon laadun arviointiin sovelletaan Suomessa solurajaa 500 000 kpl/ml (SYVÄJÄRVI, 1984). Vedinkohtaisia näytteitä tutkittaessa noudatetaan Suomessa pohjoismaista suositusta, jonka mukaan maito arvostellaan utaretulehdusmaidoksi, jos lypsykauden 2. - 7. kuukauden aikana otetun näytteen solupitoisuus on yli 300 000 kpl/ml (KOIRANEN, 1978a; KLASTRUP & SMIDT-MADSEN, 1974).

Lehmäkohtaisia maitonäytteitä tutkittaessa luokitellaan tarkkailulehmien solupitoisuudet neljään luokkaan: alle 125 000, 125 000 - 250 000, 250 000 - 500 000 ja yli 500 000 solua/ml. Solulukua ei esikorjata, vaan tulokset ilmoitetaan laboratorion saattujen todellisten solulukujen perusteella. Tavoitteena on, että kahteen viimeiseen luokkaan tulisi lehmä vain poikkeustapauksissa. Jos lehmän soluluku on toistuvasti yli 500 000, lehmällä on mitä ilmeisemmin piilevä utaretulehdus (HANNULA, 1988).

Maidon solupitoisuus on ollut vuoden 1988 alusta tuottajamaidon laatuinnon perusteena. Tuottaja saa maidosta perushinnan lisäksi hyvitystä 5 p/l, jos bakteerien pesäkemäärä on alle 50 000 kpl/ml ja soluluku alle 250 000 kpl/ml. Kun soluluku on alle 500 000 kpl/ml, hyvitys on 2 p/l. Tällöinkin bakteerien pesäkeluvun tulee olla alle 50 000 kpl/ml. Määritykset tehdään kerran kuukaudessa. Meijeri ei ota vastaan maitoa, jonka soluluku on toistuvasti yli 1 500 000 kpl/ml. Se on jalostukseen kelpaamatonta (HARTIKAINEN, 1989).

2.4.4 Utaretulehduksen määrittäminen

Äkillisessä utaretulehduksessa ulkoiset muutokset ovat niin ilmeisiä, ettei laboratoriotestejä tarvita taudin toteamiseksi. Utareneljännes turpoaa, on kuuma, aristava ja punoittava. Maidon rakenne on muuttunut ja maidontuotanto vähentynyt (*Valion neuvontaosasto*, 1977).

Piilevä utaretulehdus ei aiheuta selviä ulkoisia muutoksia kuten äkillinen utaretulehdus, mutta vähentää lehmien maidontuotantoa. Kohonnut soluluku huonontaa maidon laatua ja haittaa siten meijerien jalostusprosesseja.

Maidon utaretulehdusmuutoksia mittaavat menetelmät tulisi arvostella kuten muut kliiniset testit niiden erikoistuneisuuden, herkkyyden, tarkkuuden, toistettavuuden, mittauskapasiteetin ja näytteen tutkimus-

hinnan perusteella. Utaretulehduksen toteamiseksi on lukuisia laboratoriomenetelmiä, jotka kaikki perustuvat maidon koostumuksen muutoksiin tulehduksen aikana.

Solumääritys on yleisin menetelmä utaretulehdusdiagnoosissa. CMT-testi on suosittu navettatesti. Muita solumääritysmenetelmiä ovat suora mikroskopia (*Breedin menetelmä*), erilaiset DNA:n määritykset sekä ATP-mittaus. Koneellisia menetelmiä ovat mm. *Coulter-Counter*- sekä *Fossomatic*-menetelmät. Meijeriteollisuudessa käytetään yleisesti *Fossomatic*-menetelmää toistettavuutensa ja pitkälle kehitetyn automaation vuoksi.

Seerumialbumiini (BSA) ja antitrypsiini ovat pienimolekyylisiä valkuaisaineita, jotka valuvat maitotilaan utaretulehduksen aiheuttaman lisääntyneen verisuonten läpäisevyyksyyn (permeabiliteetin) takia. BSA-määritys perustuu immunodiffuusiotekniikkaan. Antitrypsiini määritetään koloniametrisesti. Näiden utaretulehdusindikaattorien etuna on se, että näytteet voidaan pakastaa.

Maidon natrium- ja kloridipitoisuudet lisääntyvät utaretulehduksen aikana. Lisääntynyt ionimäärä voidaan todeta sähkönjohtokyvyn mittauksella. Sähkönjohtokyvyn lisääntyminen johtuu sekä ionimäärien noususta että rasvamäärän vähenemisestä. Määrityksen ongelmana ovat suuret natriumin ja kloridin perustason vaihtelut.

NAGAasi eli N-acetyl- β -D-glukosaminidaasi on solunsisäinen, lysosomaalinen entsyymi, jota vapautuu maitotilaan solun hajotessa. Suomessa on kehitetty mikrotiitteripohjainen, fluorometrinen NAGAasimääritys, joka on tietokoneohjelmoitu. NAGAasimääritys on herkkä ja nopea sekä yksinkertainen suorittaa. Määritysnäytteet voidaan pakastaa (MATTILA, 1986).

2.5 Maidon laktoosipitoisuuden käyttö utareterveystarkkailussa

2.5.1 Laktoosipitoisuuden määrittäminen

Maidon laktoosipitoisuus voidaan määrittää infrapuna-analysointilla yhdessä maidon rasva- ja valkuaismääritysten kanssa (BLAU, 1978). Näin ollen laktoosimääritys on taloudellinen (MATTILA, 1986). Lisäksi laktoosimääritys on nopea ja tyttären laktoosiarvoja voidaan käyttää hyväksi tyttäriä valittaessa. Laktoosin periytymisaste on kirjallisuuden perusteella noin 0.2 (BERGMANN, 1979).

GOULDEN (1964) kehitti infrapuna-absorptioon maidon analysointiin. Tästä kehittyi infrapunamaitoanalysointilaitteisto, jonka toimintaperiaatteen RENNER & ÖMEROGLU (1971) esittivät. Lämmönlähteestä säteily kohdistetaan maitonäytteellä täytettyyn kyvettiin. IRMA-laitteissa hila ja

Milco-Scan-laitteissa suodatin muuttavat säteilyn monokromaattiseksi. Rasva, valkuainen ja laktoosi absorboivat kukin tietyn infrapunaspektin aallonpituuden. Detektori mittaa energiahäviön *IRMA*-laitteissa, kun toinen valonsäde suunnataan vedellä täytettyyn kyvetiin. *Milco-Scan*-laite toimii kahdella eri aallonpituudella, joista toinen vastaa mitattavan maidon aineosan absorptiomaksimia ja toinen eli vertailusäde on absorptiospektrin ulkopuolella. Ero vertailusäteeseen ilmoittaa mitattavan aineosan pitoisuuden (BLAU, 1978).

Analyysivirhe laktoosimäärityksessä on $\pm 0.015\%$ BIGGSin (1967) mukaan ja $\pm 0.028\%$ BUCHBERGERin *et al.* (1971) mukaan. BLAU'n (1978) mittauksissa analyysivirhe oli $\pm 0.024 - \pm 0.027\%$. Infrapuna-absorptioon perustuvilla menetelmillä mitattaessa rasva- ja jonkin verran myös valkuaispitoisuus vaikuttavat laktoosipitoisuuden arvoihin. Analysaattori korjaa syntyneet virheet ristikkäiskorjauksilla ennen tulostusta.

2.5.2 Laktoosimäärityksen käyttötapa utareterveystarkkailussa

Maidon laktoosipitoisuuden käyttö utareterveystarkkailussa perustuu siihen, että asetetaan tietty raja-arvo, tavallisesti 4.6 %, johon maitonäytteen laktoosipitoisuutta verrataan sen jälkeen, kun laktoosipitoisuus on korjattu siihen järjestelmällisesti vaikuttavien tekijöiden suhteen. Jos maitonäytteen laktoosipitoisuus alittaa 4.6 %, epäillään utaretulehdusta (LEDERER & KRAMER, 1980). Raja-arvo asetetaan muiden utaretulehduksessa muuttuvien pitoisuuksien avulla niin, että se jakaisi maitonäytteet mahdollisimman oikein (TOLLE *et al.*, 1976). RENNER (1974) ehdotti raja-arvoksi 4.55 % yksittäismaitonäytteille ja 4.69 % karjan sekamaitonäytteille.

LEDERERin ja KRAMERin (1980) mukaan laktoosipitoisuuden käyttö utareterveystarkkailussa antaa luotettavia tuloksia vasta, kun siirrytään käyttämään kaikille lehmillä yhteisen raja-arvon sijasta jokaiselle lehmälle erikseen asetettua raja-arvoa, johon korjattua maitonäytteen laktoosipitoisuutta verrataan. Laktoosimääritystä ei tule käyttää ainoana utaretulehduksen osoittajana, kuten ei muitakaan parametrejä. Sen tulisi olla osoitin, jonka aiheuttaman utaretulehdusepäilyn perusteella ryhdytään lisätutkimuksiin (RENNER, 1976). Mikään parametri yksin ei pysty antamaan ehdottoman oikeita tuloksia biologisesta tapahtumasta, kuten utaretulehdus, johon liittyy luontaista vaihtelua (KÖRNER *et al.*, 1977).

2.5.3 Maidon laktoosipitoisuuden yhteys bakteriologisiin tuloksiin

KÖRNER *et al.* (1977) totesivat 5225 näytteen tutkimuksessaan, että aina kun näytteessä oli spesifinen taudinaiheuttaja, maidon laktoosipitoisuus oli alle 4.6%. Kun bakteeria ei löydetty tai ei tunnistettu, näytteen laktoosipitoisuus oli yli 4.6%. Heidän mukaansa bakteerilöydösten ja laktoosipitoisuuden yhteys on yllättävän selvä. Myös RENNER (1980) toteaa laktoosipitoisuuden ja bakteerilöydösten välisen korrelaation olevan voimakkaan. Laktoosipitoisuuden tai muun parametrin (indikaattoripaperi, CMT-testi, soluluku) ja bakteerilöydösten välillä ei ole täydellistä yhteyttä, koska piilevä utaretulehdus voi aiheuttaa sytologisia ja biokemiallisia muutoksia maitoon, ilman että taudinaiheuttajaa löydetään (KÖRNER *et al.*, 1977).

STAHLHUT-KLIPPIN (1973) tutkimuksissa positiivisten bakteriologisten tulosten määrä lisääntyi huomattavasti, kun laktoosipitoisuus laski alle 4.6%:n tai soluluku ylitti 500 000 kpl/ml. Tutkimuksessa havainnot olivat yksittäisistä utareneljänneksistä. Hänen mukaansa IDF:n (International Dairy Federation) päättämä 500 000 solua/ml -raja utaretulehdusmaidon osoittajana voidaan korvata laktoosipitoisuudella 4.6%, ilman että bakteriologisten diagnoosien prosenttiosuudet oleellisesti muuttuvat.

2.5.4 Laktoosimäärityksen sovellukset

Hessenin osavaltiossa Länsi-Saksassa on lehmäkohtainen maidon laktoosipitoisuus määritetty vuodesta 1978 utareterveyden osoittajana (BLAU, 1978). Schleswig-Holsteinin osavaltiossa Länsi-Saksassa on kevästä 1979 alkaen laktoosipitoisuus määritetty yhdessä rasva- ja valkuaismääritysten kanssa automaattisesti infrapuna-analysointilaitteilla. Tuottajien ei tarvitse maksaa lisähintaa määrittämisestä. Jos jonkin lehmän maidonäytteessä todetaan alentunut laktoosipitoisuus, tuottajalle ilmoitetaan siitä postin välityksellä. Laktoosipitoisuus korjataan määrittämis- ja yhteydessä lehmän lypsyaikana vaiheeseen, lehmän iän ja rodun suhteen (BERGMANN, 1979). Vuonna 1985 laktoosipitoisuus määritettiin ja raportoitiin Länsi-Saksassa ja Itävallassa, mutta sitä ei käytetty lainsäädännöllisenä maidon laadun mittana eikä utareterveyden tutkimusmenetelmänä (SCHULZE, 1985).

Suomessa laktoosipitoisuus määritetään suurimmasta osasta laatuhiinnoittelua varten otettavista karjakohtaisista tuottajamaitonäytteistä, mutta analyysituloksia ei ilmoiteta tuottajille. Valion aluelaboratoriot ovat määrittäneet maidon laktoosipitoisuuden kesästä 1987 alkaen. Helmi-kuusta 1989 alkaen ne ovat postittaneet karjantarkkailuun kuuluvien leh-

mäkohtaisten maitonäytteiden analysointitulokset suoraan tuottajille. Näissä analyysituloksissa on laktoosipitoisuus mukana. Aluelaboratoriot määrittävät 50–60 % karjantarkkailunäytteistä. Loput karjantarkkailunäytteet määritetään paikallisissa meijerilaboratorioissa, joilla ei ole yhtenäistä sovittua käytäntöä laktoosimäärityksestä (LATOMÄKI, 1990).

2.6 Maidon laktoosipitoisuus ja soluluku utaretulehduksen osoittajina

Kohonnut solupitoisuus on välitön seuraus maitorauhasen tulehduksesta, kun taas maidon alentunut laktoosipitoisuus on pääasiassa seurausta maitotiehyiden vaurioista ja niiden muuttuneista läpäisevyysominaisuuksista. Tästä erosta johtuu niiden erilainen utaretulehduksen osoittamisnopeus. Solupitoisuus osoittaa nopeasti tulehduksen, mutta toisaalta ympäristötekijät vaikuttavat siihen voimakkaasti. Laktoosipitoisuuden aleneminen riippuu paljon tulehduksen luonteesta ja vakavuudesta. Laktoosipitoisuus on hitaasti reagoiva utaretulehduksen osoitin (TOLLE *et al.*, 1976).

RENNER (1975a) esitti, että järjestelmällinen laktoosimääritys sekä yksittäisen lehmän maidosta että karjan sekamaidosta osoittaa paremmin utaretulehduksen kuin soluluku. Terveiden neljännesten maidon laktoosipitoisuuden keskiarvo oli 4.8 %.

2.6.1 Maidon laktoosipitoisuus ja soluluku utaretulehduksen osoittajina yksittäisten lehmien maitonäytteistä

Laktoosipitoisuutta voidaan hyvin käyttää utaretulehduksen osoittajana yksittäisen lehmän maidosta. BERGMANNIN (1979) mukaan tulokset tulisi korjata lypsykauden vaiheen, lehmän iän ja rodun vaikutuksilla. GLABOWNAN (1988) mukaan lypsykauden vaihetta ei tarvitse ottaa korjauskerroimella huomioon laktoosimääritystä tehtäessä. RENNERIN (1973) mukaan lypsykauden vaiheen, lehmän iän, vuodenaajan ja rodun aiheuttama vaihtelu maidon laktoosipitoisuuteen on niin vähäinen, ettei se vaikuta utaretulehduksen aiheuttaman vaihtelun selvittämiseen, joten mitään korjauskertoimia ei tarvita. MIJNEN *et al.* (1983) ja ROTTSCHIEDT (1981) eivät ole samaa mieltä, vaan heidän mukaansa korjauskerrointa tulisi käyttää.

Raja-arvoa 4.6 % käytettäessä RENNER (1975b) sai 6.0 % näytteitä, jotka olivat utaretulehdusmaidosta, mutta laktoosipitoisuus oli yli 4.6 %. 6.7 %:lla näytteistä laktoosipitoisuus ilman utaretulehdusta oli alle 4.6 %. Soluluvulle vastaavat luvut olivat 28 % ja 9.1%, kun soluluvun rajana oli 500 000 kpl/ml. Utaretulehdusmaidoksi tulkittiin maito, jossa suurin

osa tutkituista parametreista (soluluku, laktoosipitoisuus, katalaasiaktiiviteetti, valkuais-, kloridi-, natrium- ja kaliumpitoisuus, pH ja juoksettumisaika) osoitti utaretulehduksen. Jos maidon laktoosipitoisuus on alle 3.8%, on soluluku tavallisesti yli 1 miljoona kpl/ml, kun taas laktoosipitoisuuden ollessa yli 5.0% on soluluku alle 100 000 kpl/ml (BERGMANN, 1979).

2.6.2 Maidon laktoosipitoisuus ja soluluku utaretulehduksen osoittajina karjan sekamaidosta

Kun karjan sekamaidon laktoosipitoisuus on alle 4.69%, yli 30%:lla lehmistä on piilevä utaretulehdus (RENNER, 1975a). TOLLE *et al.* (1976) eivät yhdy tähän, koska utaretulehduksen aiheuttama maidon laktoosipitoisuuden vaihtelu vähenee karjan koon kasvaessa. Näin ollen, vaikka utaretulehdusta sairastavia lehmii olisi suurissa karjoissa huomattava osa, (esim. yli 30%), sekamaidon laktoosipitoisuus ei todennäköisesti alita ehdotettua rajaa. RENNER (1976) on samaa mieltä, mutta huomauttaa, että tämä selitys pätee kaikkiin utaretulehduksen osoittajiin.

RENNERin (1973) mukaan laktoosipitoisuus osoittaa utaretulehduksen karjan sekamaidosta solulukua paremmin, koska se ei heilahtele ulkoisten tekijöiden takia kuten soluluku. Vaikka käytettäisiin soluluvun geometristä keskiarvoa, saataisiin paljon vääriä tuloksia. Sairastavuuden ja karjan yhteismaitonäytteiden korrelaatio soluluvun perusteella on 0.25–0.85 (SYVÄJÄRVI, 1986). Käytettäessä laktoosipitoisuudelle raja-arvoa, esimerkiksi 4.7%, utaretulehdusta sairastavien lehmien karsinta laktoosipitoisuuden perusteella olisi harhaanjohtavaa. Valinta kohdistuisi karjakokoon eikä karjan utaretulehdustilanteeseen (REICHMUTH *et al.*, 1974).

Laktoosin pieni normaalivaihtelu (4.70–5.00% yksittäisillä lehmillä, RENNER, 1973) ei estä laktoosipitoisuuden käyttöä utaretulehduksen osoittajana karjan yhteismaitonäytteestä (RENNER, 1974). Päinvastoin, jokaisen laktoosipitoisuuden aleneman tältä alueelta voidaan olettaa johtuvan utaretulehduksesta. Yhtä utaretulehdusta sairastavaa lehmää ei pystytä millään menetelmällä löytämään karjan yhteismaitonäytteen perusteella (RENNER, 1974). Tulehtuneiden neljännesten maidon laktoosipitoisuuden hajonta ($s = 0.45\%$) on vähäinen soluluvun hajontaan verrattuna. Tästä syystä karjan sekamaitonäytteen hajonta on hyvin pieni ($s = 0.30\%$), jolloin laktoosipitoisuuden perusteella ei voida arvioida karjan utaretulehdustilannetta (STAHLHUT-KLIPP, 1973).

Taulukko 2: Soluluvun ja laktoosipitoisuuden välisiä korrelaatioita

korrelaatiokerroin	lähde
-0.60	STAHLHUT-KLIPP, (1973)
-0.50	REICMUTH <i>et al.</i> , (1974)
-0.62	GEDEK <i>et al.</i> , (1977)
-0.58	MIJNEN <i>et al.</i> , (1983)
-0.48	RENNER, (1972)
-0.52	RENNER, (1973)
-0.32	SANDHOLM & MATTILA, (1985)

Taulukko 3: Soluluvun ja laktoosipitoisuuden korrelaatioita muihin utaretulehduksessa muuttuviin ominaisuuksiin (RENNER, 1973)

maidon ominaisuus	korrelaatiokerroin	
	soluluku	laktoosipitoisuus
katalaasiaktiiviteetti	0.74	-0.83
heravalkuaispitoisuus	0.59	-0.75
kloridipitoisuus	0.52	-0.93
natriumpitoisuus	0.56	-0.88
juoksettumisaika	0.42	-0.85

2.6.3 Maidon laktoosipitoisuuden ja soluluvun välisiä korrelaatioita

Eri tutkimuksissa saatuja korrelaatioita soluluvun ja laktoosipitoisuuden välille on esitetty taulukossa 2. Soluluvulle on käytetty logaritimuunnoksia. Kotimaisessa tutkimuksessa piilevästi tulehtuneista utareista saaduista havainnoista laskettu korrelaatio on alhaisempi kuin ulkomaiset arviot. Laktoosipitoisuuden ja soluluvun yhteys on heikompi silloin, kun se arvioidaan piilevää utaretulehdusta sairastavista lehmistä verrattuna yhteyteen, joka saadaan äkillistä utaretulehdusta sairastavien lehmien näytteistä (SANDHOLM & MATTILA, 1985).

Soluluvun suuret, nopeat heilahtelut ovat pääsyynä alhaiseen korrelaatioon (RENNER, 1974). RENNERIN (1972) tutkimuksessa soluluvun kymmenkertaisuessa laktoosipitoisuus laski keskimäärin 0.26 %. RENNER (1973) määrittä laktoosipitoisuuden ja soluluvun logaritimuunnok-

sen korrelaatiot muihin utaretulehduksen aiheuttamiin muutoksiin (Taulukko 3). Laktoosin korrelaatio oli korkeampi kaikkiin parametreihin kuin soluluvun. Näin ollen laktoosipitoisuus kuvaa paremmin maidonerityksessä tapahtuvia muutoksia utaretulehduksen aikana kuin soluluku.

MIJNEN *et al.* (1983) arvoitelivat korkeita korrelaatioita, koska parametrit ovat sellaisia, että niillä on luontaista korrelaatiota laktoosipitoisuuteen. Korkeat korrelaatiot laktoosipitoisuuteen eivät johdu siten ainoastaan utaretulehduksen aiheuttamista muutoksista. MIJNEN *et al.* (1983) mukaan laktoosipitoisuus on hyvin epäluotettava utaretulehduksen osoitin kokomaitonäytteestä ja neljännesmaitonäytteistäkin se osoittaa utaretulehduksen vain hiukan paremmin kuin kokomaitonäytteistä.

3 Aineisto ja menetelmät

3.1 Aineiston hankinta ja tarkistukset

Analyysiaineisto koottiin kahdesta osasta. Karjantarkkailutuloksiin perustuvat lehmärekisterin koelypsy tiedot saatiin Maatalouden laskentakeskuksesta. Tiedot olivat Joensuun maatalouskeskuksen alueelta piireistä 3 (Ilomantsi), 4 (Tuupovaara), 6 (Tohmajärvi), 10 (Tikkala), 15 (Koli), 17 (Eno), 18 (Outokumpu) ja 39 (Lieksa). Laktoosipitoisuudet tarvittaville koelypsykerroille saatiin samalta alueelta olevista Joensuun Ympäristön Osuusmeijerin maidon analysointituloksista. Joensuun Ympäristön Osuusmeijeri oli vuonna 1984 ainoa meijeri, jossa määritettiin laktoosipitoisuus karjantarkkailun kautta saataville maitonäytteille.

Analyysiaineisto koostui yksittäisten koelypsyjen tuloksista laktoosipitoisuudella täydennettynä. Yksittäisellä koelypsytuloksella tarkoitetaan tekstissä koelypsypäivän koelypsytulosta. Havainnot olivat ajalta syyskuu 1984–helmikuu 1986. Jakson alusta ja lopusta oli vain hajanaisia tuloksia, koska tarkoituksena oli keskittyä vuoden 1985 koelypsytuloksiin. Havainnot olivat joka toiselta kuukaudelta. Lehmältä oli korkeintaan kahdeksan peräkkäistä koelypsyä. Samalta lehmältä saattoi olla koelypsytuloksia eri lypsykausilta. Analyysiaineisto sisälsi seuraavat tiedot:

1. lehmän tunnistetieto

- maatalouskeskus
- tarkkailupiiri
- karjanumero
- korvanumero

Taulukko 4: Havaintojen, lehmien ja isien lukumäärät alkuperäisessä aineistossa

	ay	fr	sk	yht.
havaintoja	19025	5296	232	24552
lehmiä	4170	1209	59	5438
isiä	599	139	36	774

2. lehmän polveutumistieto

- isän kantakirjanumero
- emän kantakirjanumero

3. lehmän syntymäaika

4. lehmäindeksi ja sen laskemisvuosi

5. kaksi viimeisintä poikimapäivää ja poikimakerrat niille

6. koelypsy tiedot

- maitomäärä, kg
- rasvaprosentti
- valkuaisprosentti
- laktoosiprosentti
- soluluku
- sairauskoodi

Alkuperäisestä kenttäaineistosta poistettiin 28 laktoositulosta, neljä valkuaitulosta ja kymmenen rasvatulosta sen jälkeen, kun ne lehmän muihin analysointituloksiin (myös eri koelypsykerroilta) ja lypsykauden vaiheeseen verrattuna oli päätelty virheellisiksi. Lehmän isän kantakirjanumero puuttui 1314:stä havainnosta. Lehmien rotujaottelu tehtiin lehmän isän kantakirjanumeron perusteella, ja kun se puuttui, lehmä karsiintui pois analyysistä. Näin karsiintui 5.0% havainnoista pois. Saatua aineistoa kutsutaan alkuperäiseksi aineistoksi (Taulukko 4). Analyysissä on jonkin verran vähemmän havaintoja, koska mukaan otettiin vain ne havainnot, joista oli käytettävissä kaikki analyysissä vaadittavat tekijät.

Alkuperäisessä aineistossa oli 599 ayrshire-, 139 friisiläis- ja 36 suomenkarjasonnia. Niillä oli jälkeläisiä keskimäärin 7.0 (ay), 8.7 (fr) ja 1.6 (sk). Huomattavalla osalla sonneista oli alle 5 jälkeläistä, %-osuudet olivat: 59.3 (ay), 44.6 (fr) ja 94.3 (sk). 5–9 jälkeläistä oli 19.6%:lla ayrshire- ja 20.9%:lla friisiläissonneja. Loput suomenkarjan sonnit kuuluivat myös tähän ryhmään. Sonneja, joilla oli 10–19 jälkeläistä oli ayrshirellä 15.4% ja friisiläisellä 25.9%. Vähintään 20 tytärtä oli 5.7%:lla ayrshire- ja 8.6%:lla friisiläissonneja.

3.2 Tilastollisissa analyyseissä käytetyt osa-aineistot

Alkuperäisestä aineistosta karsiutui havaintoja 23.1% (ay) ja 22.4% (fr), lehmiiä 34.2% (ay) ja 36.3% (fr) sekä isiä 37.9% (ay) ja 46.8% (fr), kun aineistoa rajattiin niin, että isällä oli vähintään viisi tytärtä ja tyttärellä vähintään kaksi koelypsyä. Kun lypsykausi rajattiin lisäksi 15–252 päivään poikimisesta, havaintoja karsiutui 42.9% (ay) ja 41.7% (fr). Lehmien ja isien karsiutumisosuudet pysyivät samoina. Näihin karsiutumisosuuksiin sisältyy myös analyyseissä vaadittavien tietojen puuttumisesta aiheutuva karsiintuminen.

Ensikoiden osuus oli havainnoista 29.7% (ay) ja 27.1% (fr) sekä lehmistä 42.1% (ay) ja 38.7% (fr), kun havainnot olivat koko lypsykaudelta. Kun lypsykausi rajattiin 15–252 päivään poikimisesta, ensikoiden havaintojen osuus pysyi 28.9%:na (ay). Friisiläisillä ensikot käyttäytyivät tutkittavien muuttujien osalta 15–252 päivän kuluessa poikimisesta samalla tavalla kuin vanhemmat lehmät, joten niitä ei käsitelty erillään. Kun taulukoissa esitetään erikseen ensikoiden tuloksia, sarakeotsikko 'muut' tarkoittaa vähintään kaksi kertaa poikineita lehmiiä.

305 päivän tuotokset ja -pitoisuudet laskettiin 846 ay-lehmälle. Näistä oli ensikoita 30.5%. Koska tarvittavia tietoja puuttui, analyyseissä käsiteltiin 796 lehmää.

Havainto- ja tyttärrajauksen takia sonnien lukumäärät laskivat ayrshirellä 227:ään ja friisiläisellä 74:ään. Vähennys oli 62.1% alkuperäisestä sonnimäärästä ayrshirellä ja 46.8% friisiläisellä. Jälkeläisten määrä sonnia kohden nousi ayrshirellä 12.1:een ja friisiläisellä 10.4:ään. Rajatussa aineistossa 5–9 jälkeläistä oli 48.9%:lla ayrshiresonneja ja 44.6%:lla friisiläissonneja. Sonneja, joilla oli 10–19 tytärtä oli ayrshirellä 37.3% ja friisiläisellä 43.2%. Vähintään 20 tytärtä oli 13.8%:lla ayrshire- ja 14.9%:lla friisiläissonneja. Aineiston rakenne ei ollut hyvä perinnöllisten tunnuslukujen laskemiseen. Havaintojen määrä jälkeläistä kohden ja jälkeläisten määrä isää kohden jäivät pieniksi.

3.3 Tutkittavat muuttujat

Tutkittavia muuttujia olivat maitomäärä (kg), soluluku, laktoosi-, rasva- ja valkuaispitoisuudet. Solulaskentatulosten frekvenssijakauma oli vino. Esimerkiksi ayrshirellä alle 125 000 solua/ml olevien havaintojen suhteellinen frekvenssi oli 54.2%. Aritmeettisen keskiarvon ylittäviä havaintoja oli siis suhteellisen vähän. Aritmeettinen keskiarvo oli havaintoaineistoa huonosti kuvaava keskiluku. Sen sijaan geometrisen keskiarvon alittavia ja ylittäviä havaintoja oli aineistossa lähes yhtä paljon.

Määritelmän mukaan geometrinen keskiarvo lasketaan kaavasta

$$\sqrt[n]{x_1 x_2 \cdots x_n} = e^{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i}$$

Siten solulukujen geometrinen keskiarvo (119, 181, 126) on solulukujen logaritmien keskiarvon (4.78 ay, 5.20 fr, 4.84 sk) antilogaritmi (SOKAL & ROHLF, 1981, s. 42).

Amerikkalaiset tutkijat ALI ja SHOOK (1980) ovat tutkineet, millä menetelmällä solulaskentatulosten jakauma olisi parhaiten muutettavissa normaali-jakaumaa vastaavaksi. Heidän mukaansa logaritmimuunnos sopii varsin hyvin solulaskentatuloksia analysoitaessa. EMANUELSON ja PEARSSON (1984) ovat todenneet olevan yhdentekevää, käytetäänkö luonnollisen järjestelmän vai kymmenjärjestelmän kantaluvun mukaista logaritmimuunnosta. Tässä tutkimuksessa päädyttiin käyttämään luonnollisen logaritmi-järjestelmän mukaista muunnosta. Solulukumuunnosta merkitään tekstissä $\ln(\text{soluluku})$.

Soluluku ilmoitetaan karjantarkkailutuloksissa tuhannella jaettuna. Tämä tuhannella jaettu soluluku muutettiin soluluvun luonnolliseksi logaritmiksi. Tuhannella jakamisen takia liikutaan eri arvoalueella kuin käytettäessä logaritmimuunnosta alkuperäisestä soluluvusta, tulokset ovat kuitenkin vertailukelpoisia.

3.4 Tilastolliset menetelmät ja aineiston rajaus

Pienimmän neliösumman (*LS*) varianssianalyysillä tutkittiin eri tekijöiden vaikutuksia yksittäisten koelypsytulosten laktoosipitoisuuteen, $\ln(\text{solukuun})$, maitomäärään, rasva- ja valkuaispitoisuuksiin, laskettiin toistumiskertoimia, periytymisasteita sekä fenotyyppisiä ja geneettisiä korrelaatioita. 305 päivän maitotuotoksista ja -pitoisuuksista arvioitiin *LS*-analyysillä poikimakerran ja poikima-ajankohdan vaikutus sekä fenotyyppisiä korrelaatioita. Maidon laktoosipitoisuuden ja soluluvun yhteyttä sekä laktoosipitoisuuden mahdollista käyttöä utaretulehduksen osoitta-

jana arvioitiin tunnuslukujen ja kaksisuuntaisen pisteanalyysin (sirontakuvion) avulla. Kaikki analyysit tehtiin roduittain, erikseen ayrshire- ja friisiläislehmille. Suomenkarja jätettiin tilastollisista analyyseistä pois vähäisen havaintojen lukumäärän takia. Kaikki laskennalliset toimenpiteet tehtiin Helsingin Yliopiston kotieläinten jalostustieteen laitoksella WSYS-ohjelmistoa käyttäen.

Lypsykausi jaettiin kahden viikon jaksoihin. Kirjallisuuden (KRAMER *et al.*, 1980) ja alustavan selvityksen perusteella maidon laktoosipitoisuuden muutokset ovat lypsykauden alussa nopeampia kuin lypsykauden loppupuolella. Jotta muutokset tulisivat esille, päädyttiin seuraavaan lypsykauden jaotteluun: 1–14, 15–28, 29–42, 43–56, 57–84, 85–112, 113–140, 141–196, 197–252, 253–308 ja yli 308 päivää poikimisesta.

Poikimakerran vaikutusta tutkittaessa havainnot jaettiin kuuteen luokkaan: 1, 2, 3, 4, 5, ja yli 5 kertaa poikineiden lehmien näytteet. Saman lehmän havaintoja saattoi olla useammalta kuin yhdeltä lypsykaudelta.

Näytteenottoajankohdan vaikutuksen arvioimista varten vuosi jaettiin vuodenaikojen mukaan seuraavasti: joulukuu–helmikuu, maaliskuu–toukokuu, kesäkuu–elokuu, syyskuu–marraskuu.

305 päivän tuloksia laskettaessa lehmän poikima-ajankohta otettiin huomioon seuraavalla luokittelulla: tammikuu–helmikuu, maaliskuu–huhtikuu, toukokuu–kesäkuu, heinäkuu–elokuu, syyskuu–lokakuu, marraskuu–joulukuu.

Mallilla 1 arvioitiin kiinteiden tekijöiden vaikutusta yksittäisiin koelypsytuloksiin sekä määritettiin yksittäisten koelypsytulosten toistuvuuksia, periytymisasteita ja yhteyksiä.

$$\text{Malli 1. } y_{ijklmn} = \mu + a_i + b_{ij} + c_k + d_l + e_m + \epsilon_{ijklmn}$$

y_{ijklmn} = yksittäisen koelypsytuloksen karjavaikutuksen suhteen korjattu maitotuotos (kg), ln(solulukku), laktoosi-, rasva- tai valkuaisprosentti

μ = yleiskeskisarvo

a_i = isä

b_{ij} = isä_i tytär_j

c_k = lypsykauden vaihe_k, $k=1-11$

d_l = poikimakerta_l, $l=1-6$

e_m = koelypsyvuodenaika_m, $m=1-4$

ϵ_{ijklmn} = jäännöstermi

Isä- ja tytärtekijät oletettiin jäännöstermin ohella satunnaistekijöiksi, muut kiinteiksi tekijöiksi. Jokaisen ominaisuuden tulokset esikorjattiin karjojen keskimääräisten tulosten vaikutuksella roduittain. Karjojen kes-

kimääräiset tulokset laskettiin yksittäisten koelypsyjen tuloksista esikorjaamalla ne lypsykauden vaiheen vaikutuksella. Lehmältä saattoi olla koelypsyjä eri lypsykausilta. Ensikot analysoitiin erillään vanhemmista lehmistä ja yhdessä niiden kanssa. Ensikoita erillään analysoitaessa poikimakerran vaikutus jäi pois mallista. Poikimakerran vaikutusta arvioitaessa kaiken ikäiset (1 = 1-6) lehmät olivat mukana. Kiinteiden tekijöiden vaikutukset arvioitiin alkuperäisestä aineistosta. Tuloksia arvioitiin sekä koko lypsykauden ajalta että ajalta 15-252 päivää poikimisesta, jolloin k sai arvot 2-9.

Perinnöllisiä tunnuslukuja ja muuttujien välisiä yhteyksiä tarkasteltaessa lehmältä vaadittiin vähintään kaksi koelypsyä ja isältä vähintään viisi tyttäretä. Mallia 1 käyttäen arvioitiin periytymisasteet myös erikseen havainnoille, joissa oli alhainen solupitoisuus. Rajana oli 250 000 solua.

Mallilla 2 arvioitiin karjatekijän vaikutusta yksittäisiin koelypsytuloksiin sekä yksittäisten koelypsytulosten yleistä toistuvuutta kaiken ikäisillä lehmillä. Karja- ja lehmätekiijät oletettiin satunnaisiksi, kuten myös jäännöstermi. Muut oletettiin kiinteiksi tekijöiksi. Lehmältä tuli olla vähintään kaksi koelypsyä, mutta ne saivat olla eri lypsykausilta.

Malli 2. $y_{ijklmn} = \mu + a_i + b_{ij} + c_k + d_l + e_m + \epsilon_{ijklmn}$

y_{ijklmn} = yksittäisen koelypsytuloksen maitotuotos (kg), laktoosi-, rasva-, valkuaisprosentti tai ln(solulukku)

a_i = karja_i

b_{ij} = lehmä_j karjassa_i

Muut selittävät muuttujat olivat samoja kuin mallissa 1.

Mallilla 3 arvioitiin yksittäisten koelypsytulosten toistuvuutta, kun lehmältä oli vähintään viisi koelypsyä samalta lypsykaudelta. Ensimmäisen koelypsytuloksen tuli olla 56 päivän kuluessa poikimisesta. Tulokset esikorjattiin poikimakerran vaikutuksen suhteen.

Malli 3. $y_{ijkmn} = \mu + a_i + b_{ij} + c_k + e_m + \epsilon_{ijkmn}$

y_{ijkmn} = yksittäisen koelypsytuloksen poikimakertavaikutuksen suhteen korjattu maitotuotos (kg), ln(solulukku), laktoosi- rasva- tai valkuaisprosentti

Selittävät muuttujat olivat samoja kuin mallissa 2.

Yksittäisiä koelypsytuloksia käsittävästä aineistosta laskettiin 305 päivän maitotuotokset ja -pitoisuudet Maatalouden laskentakeskuksen ohjeiden mukaisesti vain lehmille, joilla oli vähintään viisi koelypsyä samalta lypsykaudelta. 1. koelypsyn tuli olla 56 päivän kuluessa poikimisesta. Saaduista 305 päivän maitotuotoksista ja -pitoisuuksista arvioitiin poikimakerran ja poikima-ajankohdan vaikutukset sekä fenotyypiset korrelaatiot muuttujien välille mallilla 4.

Malli 4. $y_{ijkl} = \mu + a_i + b_j + c_k + \epsilon_{ijkl}$

y_{ijkl} = lypsykauden 305 päivän tuotosjakson maito-, laktoosi-, rasva- ja valkuaistuotos, laktoosi-, rasva- ja valkuaispitoisuus tai ln(solukuku)

μ = yleiskeskisarvo

a_i = karja_{*i*}

b_j = poikimakerta_{*j*}, $j=1-6$

c_k = lehmän poikima-ajankohta_{*k*}, $k=1-6$

ϵ_{ijkl} = jäännöstermi

Karjatekijä oletettiin satunnaistekijäksi, muut kiinteiksi tekijöiksi.

4 Tulokset ja tulosten tarkastelu

4.1 Tutkittavien muuttujien keskiarvot ja vaihtelu

Ayrshirelehmien keskimääräinen maidon laktoosipitoisuus ja soluluku olivat alemmat kuin muiden rotujen (Taulukko 5). Keskimääräinen laktoosipitoisuus oli 4.63 % ja soluluku 119 000. Korkein maidon laktoosipitoisuus oli suomenkarjalla (4.77 %), korkein soluluku oli friisiläisillä (181 000). Rotujen väliset erot (0.13, 0.10 ja 0.04%-yks.) maidon laktoosipitoisuudessa vastasivat kirjallisuudesta saatavia arvioita (ROOK & WHELOCK, 1967; RENNER, 1973; MAYER, 1978). Tässä tutkimuksessa roduittain lasketut solulukukeskiarvot olivat hieman korkeampia kuin SYVÄJÄRVEN (1984) tutkimuksessa saadut arvot. SYVÄJÄRVEN (1984) tutkimuksessa rotukeskiarvot olivat: ayrshire 108 000, suomenkarja 123 000 ja friisiläinen 150 000, havaintoja oli ay 22 378, sk 589 ja fr 3 965.

Taulukko 5: Yksittäisten koelypsytulosten tunnuslukuja alkuperäisessä aineistossa roduttain

	ka	s	V-%	min	maks
1) Ayrshire					
maitomäärä (kg)	17.79	6.55	36.79	3.00	46.20
soluluku ($\times 1000$) ¹	230	607	202	0.46	9999
ln(soluluku) ²	4.78	1.31	27.36	1.10	9.21
soluluku ($\times 1000$) ³	119				
laktoosi-%	4.63	0.27	5.83	0.46	7.90
rasva-%	4.66	0.75	16.17	2.52	8.00
valkuais-%	3.41	0.43	12.49	2.15	6.88
2) Friisiläinen					
maitomäärä (kg)	18.07	6.83	37.80	3.00	44.70
soluluku ($\times 1000$) ¹	448	820	183	4.00	9999
ln(soluluku) ²	5.20	1.34	25.80	1.39	9.21
soluluku ($\times 1000$) ³	181				
laktoosi-%	4.67	0.27	5.77	0.10	5.37
rasva-%	4.33	0.72	16.58	2.51	7.94
valkuais-%	3.35	0.43	12.82	2.12	6.19
3) Suomenkarja					
maitomäärä (kg)	14.57	5.87	40.34	4.70	39.40
soluluku ($\times 1000$) ¹	303	572	188	6.00	3757
ln(soluluku) ²	4.84	1.24	25.61	1.79	8.23
soluluku ($\times 1000$) ³	126				
laktoosi-%	4.77	0.27	5.56	3.14	5.36
rasva-%	4.59	0.73	15.95	2.54	7.25
valkuais-%	3.48	0.45	12.85	2.30	4.82

ka = keskiarvo

s = keskihajonta

V-% = vaihtelukerroin

¹ = alkuperäisistä havainnoista aritmeettinen ka

² = solulukujen logaritmeistä

³ = geometrinen keskiarvo

Taulukko 6: 305 päivän maitotuotokset ja maidon pitoisuudet ayrshirellä

	ka	s	V-%
maitotuotos (kg)	6080	1148	18.88
laktoosituotos (kg)	284.2	52.7	18.54
rasvatuotos (kg)	278.2	56.3	20.24
valkuaisuotos (kg)	199.8	37.7	18.87
ln(soluluvun) ka	4.55	1.08	23.74
soluluku ($\times 1000$) ¹	95		
laktoosi-%	4.68	0.17	3.65
rasva-%	4.59	0.53	11.55
valkuais-%	3.29	0.20	6.02

¹ = geometrinen keskiarvo

Laktoosipitoisuuden keskihajonta oli alkuperäisessä aineistossa kaikilla roduilla 0.27. Laktoosipitoisuuden vaihtelu oli selvästi vähäisempää kuin muiden tutkittavien muuttujien. Laktoosipitoisuuden vaihtelukerroin oli 4.0–5.9. Ln(soluluvun) vaihtelukerroin oli 21.9–27.3. Yksittäisistä koelypsytuloksista lasketut vaihtelukertoimet olivat suurempia kuin 305 päivän maitotuotoksista ja -pitoisuuksista lasketut vaihtelukertoimet (Taulukko 6).

Friisiläislehmät tuottivat eniten maitoa (18.07 kg). Ayrshirelehmien keskimääräinen maitotuotos oli 0.28 kg ja suomenkarjan 3.22 kg pienempi. Maitotuotoksen vaihtelukerroin oli 27.4–40.3.

Ayrshire-ensikoiden maidon laktoosipitoisuus oli keskimäärin 0.17% yksikköä korkeampi ja soluluku 83 000 alempi kuin vähintään kaksi kertaa poikineiden ay-lehmien vastaavat arvot (Taulukko 7). Laktoosipitoisuuden ja ln(soluluvun) vaihtelukertoimet olivat ensikoilla pienemmät kuin vähintään kaksi kertaa poikineilla. Ayrshire-ensikoiden maitotuotos oli 2.64 kg pienempi kuin useammin poikineiden ay-lehmien tuotos. Friisiläisillä vastaavat erot olivat hieman suurempia (Taulukko 8).

Rajaus, että isällä oli vähintään viisi tytärtä ja tyttäreillä vähintään kaksi havaintoa, ei juurikaan muuttanut tunnuslukuja. Lypsykauden rajaus nosti maitotuotosta ja laktoosipitoisuutta, mutta alensi muiden muuttujien arvoja. Muutokset johtunevat poikimisen ja umpeenmenon aiheuttamista fysiologisista maitomäärän muutoksista. Pienet maitomäärät ja muuttuneet pitoisuudet jäivät rajauksen myötä pois.

305 päivän maitotuotokset ja -pitoisuudet olivat hieman korkeampia

Taulukko 7: Yksittäisten koelypsytulosten tunnuslukuja erikseen ay-ensikoille ja vanhemmille ay-lehmille, koko lypsykausi

	ka		s		V-%	
	ensikot	muut	ensikot	muut	ensikot	muut
maitotuotos (kg)	15.76	18.40	4.32	6.61	27.41	35.92
ln(solulukku)	4.20	5.01	1.10	1.30	26.19	25.95
solulukku ($\times 1000$) ¹	67	150				
laktoosi-%	4.75	4.58	0.21	0.27	4.42	5.90
rasva-%	4.68	4.64	0.74	0.75	15.81	16.16
valkuais-%	3.35	3.42	0.42	0.42	12.54	12.28

hav. ensikoilta 4947, vanhemmilta lehmiltä 12412

muut = vähintään 2 kertaa poikineet lehmät

¹ = geometrinen keskiarvo

Taulukko 8: Yksittäisten koelypsytulosten tunnuslukuja erikseen fr-ensikoille ja vanhemmille fr-lehmille, koko lypsykausi

	ka		s		V-%	
	ensikot	muut	ensikot	muut	ensikot	muut
maitotuotos (kg)	15.90	18.89	4.54	6.84	28.55	36.21
ln(solulukku)	4.56	5.35	1.17	1.32	25.66	21.87
solulukku ($\times 1000$) ¹	96	211				
laktoosi-%	4.81	4.62	0.19	0.27	3.95	5.84
rasva-%	4.34	4.30	0.75	0.71	17.28	16.51
valkuais-%	3.28	3.36	0.40	0.44	12.20	13.10

hav. ensikoilta 1221, vanhemmilta lehmiltä 3422.

muut = vähintään 2 kertaa poikineet lehmät

¹ = geometrinen keskiarvo

Taulukko 9: Yksittäisten koelypsytulosten poikkeamat keskiarvosta ayrshire-ensikoilla lypsykauden aikana

pv poik.	hav.	laktoosi-%	ln(soluluku)	maitotuotos	rasva-%	valk.-%
ka	4946	4.747	4.203	15.76	4.685	3.349
1-14	159	-0.040	0.801	0.70	0.465	0.381
15-28	227	0.114	-0.163	2.76	-0.033	-0.174
29-42	241	0.107	-0.182	2.83	-0.196	-0.308
43-56	224	0.096	-0.260	3.10	-0.290	-0.316
57-84	432	0.062	-0.264	2.45	-0.268	-0.293
85-112	436	0.027	-0.227	1.77	-0.258	-0.167
113-140	425	0.011	-0.208	0.90	-0.210	-0.111
141-196	814	-0.037	-0.054	-0.43	-0.066	0.003
197-252	807	-0.068	-0.012	-2.20	0.110	0.097
253-308	707	-0.099	0.153	-4.70	0.280	0.305
yli 308	474	-0.173	0.417	-7.18	0.467	0.583
til.merk.		***	***	***	***	***

tilastollinen merkitsevyys (F -testi):

***= $p < 0.001$

kuin karjantarkkailusta saatavat tulokset (Taulukko 6). Keskimääräinen laktoosiprosentti oli 4.68. Keskimääräinen soluluku oli 95 000 ja maitotuotos 6080 kiloa. Vuonna 1988 karjantarkkailutulosten perusteella ayrshirelehmien keskimääräinen 305 päivän maitotuotos oli 5915 kg, rasvatuotos oli 269 kg, valkuaisuus oli 190 kg ja rasva- ja valkuaisprosentit olivat 4.40 ja 3.21 (Maatilahallitus, 1989).

4.2 Systemaattisten tekijöiden vaikutus yksittäisten koelypsyjen tuloksiin

4.2.1 Lypsykauden vaiheen vaikutus

Lypsykauden vaihe vaikutti tilastollisesti erittäin merkitsevästi yksittäisten koelypsyjen laktoosipitoisuuteen, ln(solulukuun) ja maitomäärään (Taulukot 9 ja 10).

Heti poikimisen jälkeen maidon laktoosipitoisuus oli matala, ln(soluluku) korkea ja maitotuotos pieni (Kuva 3). Jo kuukauden kuluessa poikimisesta laktoosipitoisuus nousi huippuarvoonsa kuten maidontuotantokin. Samaan aikaan ln(soluluku) laski. Tämän jälkeen laktoosipitoisuus laski koko lypsykauden ajan. Ln(soluluku) nousi lyhyen tasaisen jakson jälkeen lypsykauden loppuun asti. Maidontuotanto pysyi kolmen kuukauden ajan huipputasolla, jonka jälkeen se laski. Rasva- ja valkuaispitoisuus muuttuivat lypsykauden kuluessa päinvastoin kuin maitotuotos (Kuva 4).

Taulukko 10: Yksittäisten koelypsytulosten poikkeamat keskiarvosta vähintään kaksi kertaa poikineilla ayrshirelehmillä lypsykauden aikana

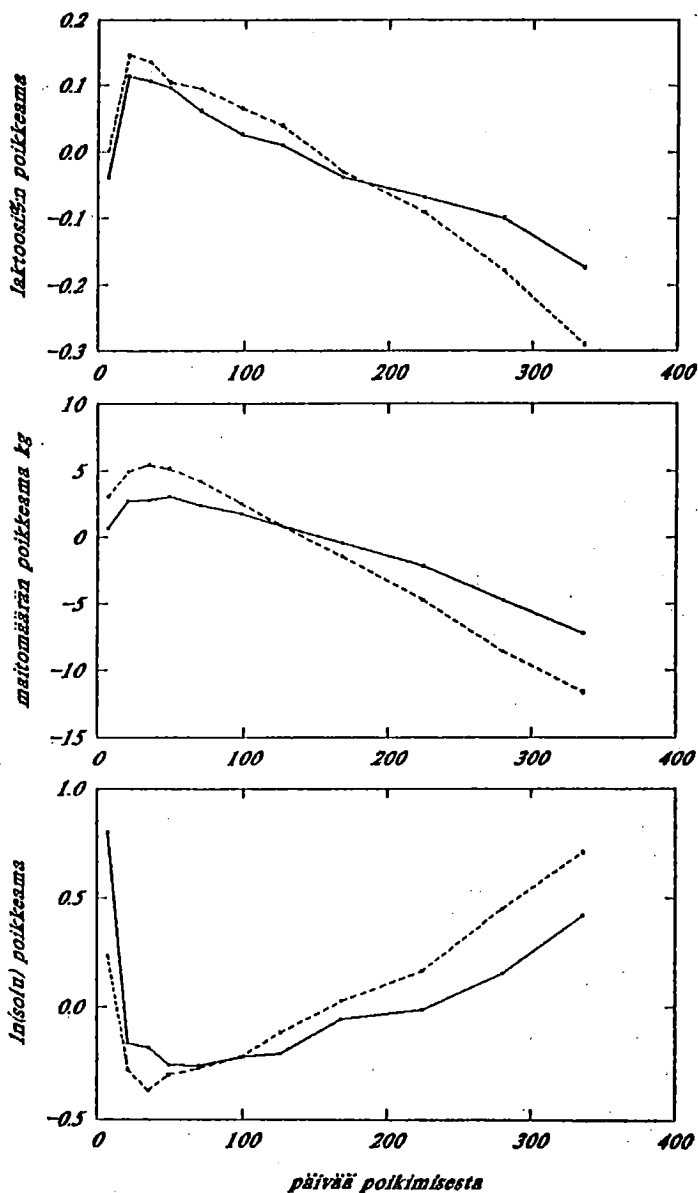
pv poik.	hav.	laktoosi-%	ln(soluluku)	maitotuotos	rasva-%	valk.-%
ka	12257	4.580	5.003	18.49	4.639	3.411
1-14	431	0.002	0.235	3.07	0.501	0.478
15-28	626	0.146	-0.283	4.98	0.190	-0.121
29-42	554	0.136	-0.375	5.46	-0.097	-0.313
43-56	572	0.105	-0.305	5.19	-0.211	-0.344
57-84	1114	0.095	-0.276	4.24	-0.265	-0.308
85-112	979	0.066	-0.228	2.57	-0.260	-0.206
113-140	1040	0.040	-0.115	0.86	-0.229	-0.117
141-196	2095	-0.029	0.027	-1.49	-0.057	-0.020
197-252	2167	-0.091	0.163	-4.70	0.059	0.108
253-308	1778	-0.178	0.449	-8.54	0.161	0.326
yli 308	901	-0.290	0.708	-11.63	0.208	0.518
til.merk.		***	***	***	***	***

Koska muutokset eivät olleet ensikoilla yhtä suuria kuin vanhemmilla lehmillä, ensikot tarkasteltiin myös erikseen.

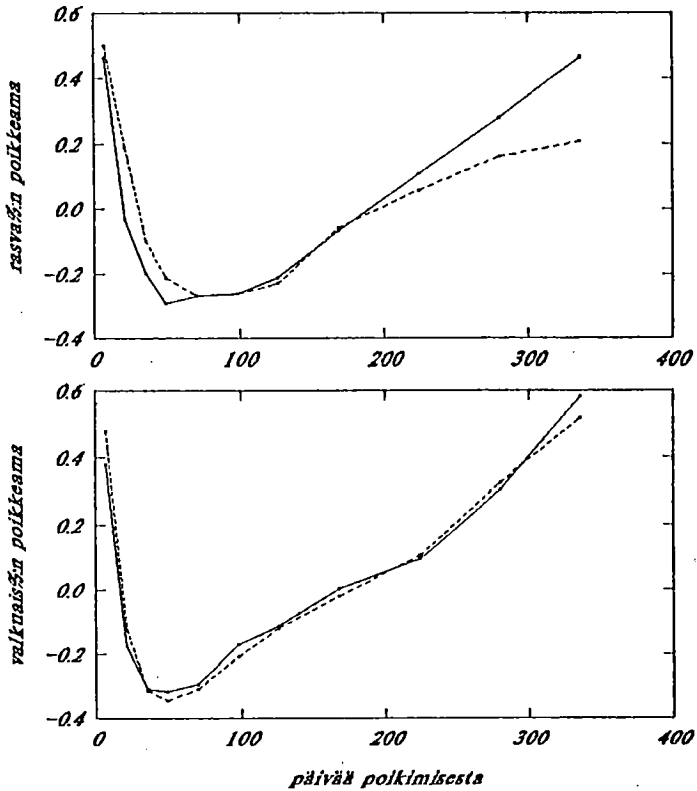
Laktoosipitoisuuden muutos poikkesi maitomäärän ja soluluvun käytäytymisestä runsaan tuotantojakson alussa. Maitotuotokselle ja soluluvulle tyypillistä tasaista jaksoa ei ollut, vaan laktoosipitoisuuden melko lineaarinen väheneminen alkoi heti huippuarvon saavuttamisen jälkeen. Jo ajalla 2-8 viikkoa poikimisesta laktoosipitoisuus laski maksimiarvosta ayrshirellä keskimäärin 0.036 ja früsiläisellä 0.031 %-yksikköä. Ensikoilla lasku oli pienempi kuin vanhemmilla lehmillä. Muutosta ei voida selittää vähentyneellä maidontuotannolla eikä lisääntyvillä utaretulehduksilla, koska maitomäärät ja soluluku pysyivät vakiotasoilla.

Laktoosipitoisuuden lasku jatkui lypsykauden loppuun asti. Keskimäärin lasku oli ay:llä 0.39 ja fr:llä 0.32 %-yksikköä lypsykauden kuluessa. Ay-ensikoilla lasku oli 0.29 ja vähintään kaksi kertaa poikineilla lehmillä 0.44 %-yksikköä. Fr-ensikoilla lasku oli 0.31 ja useammin poikineilla 0.34 %-yksikköä. Fr:llä ensikot eivät poikenneet yhtä paljon vanhemmista lehmistä kuin ay:llä. Ensimmäisestä kahdeksanteen kuu-kauteen laktoosipitoisuuden lasku oli molemmilla roduilla keskimäärin 0.16 %-yksikköä.

Laktoosipitoisuuden muutokset lypsykauden kuluessa vastasivat kirjallisuudessa esitettyjä arvioita (VOIGTLÄNDER & BOTHEN, 1976; KRAMER *et al.*, 1980). Poikkeamat olivat kuitenkin suurempia kuin kirjal-



Kuva 3: Maitotuotoksen, ln(soluluvun) ja laktoosipitoisuuden muutos lypsykauden aikana ayrshirellä. Ensikot (---) ja vähintään kaksi kertaa poikineet lehmät (—) erillään



Kuva 4: Rasva- ja valkuaispitoisuuksien muutos lypsykauden aikana ayrs-hirellä. Ensikot (---) ja vähintään kaksi kertaa poikineet lehmät (—) erillään

Taulukko 11: Yksittäisten koelypsytulosten poikkeamat lypsykausittain ayrshirellä

lypsykausi	hav.	laktoosi-%	ln(soluluku)	maitotuotos	rasva-%	valk.-%
ka	17203	4.628	4.773	17.71	4.652	3.393
1	4946	0.209	-0.666	-1.44	0.250	0.015
2	4128	0.055	-0.228	-1.36	0.108	0.067
3	2895	-0.018	-0.002	-0.45	-0.038	0.024
4	2048	-0.055	0.195	0.47	-0.137	-0.020
5	1345	-0.096	0.314	0.84	-0.122	-0.038
6-	1841	-0.095	0.387	1.94	-0.061	-0.049
til.merk.		***	***	***	***	***

lisuudessa (ERB & ASHWORTH, 1963; MAYER, 1978; RENNER, 1973). Maitotuotoksen pienentyessä soluluku kohoaa ja laktoosipitoisuus alenee, vaikka ei ole kyse utaretulehduksesta. Vaikutukset oli määritetty satunnaisesta lehmäjoukosta, joukossa oli utaretulehduslehmii. Kroonisten utaretulehdusten lisääntyminen lypsykauden loppua kohden on vahvistamassa näitä pienentyneen maitomäärän aiheuttamia pitoisuuksien muutoksia, sekä soluluvun nousua että laktoosipitoisuuden alenemista (KÖRNER *et al.*, 1977). Keskimääräisiä arvoja tarkasteltaessa tätä fysiologisesta maitomäärän vähenemisestä johtuvaa laktoosipitoisuuden laskua ja huonontuneen utareterveyden aiheuttamaa laktoosipitoisuuden alenemista ei voitu erottaa toisistaan. Toisaalta laktoosi on tärkein osmoottisen paineen aiheuttaja utareessa. Tämän takia utareen tuottama maitomäärä pysyy samassa suhteessa tuotetun laktoosin määrään (SANDHOLM, 1986b). Tämä on hyvin nähtävissä kuvassa 3. Maitotuotos ja laktoosipitoisuus muuttuivat samalla tavalla lypsykauden kuluessa, paitsi runsaan tuotantojakson alussa. Tällöin laktoosipitoisuus laski, vaikka maidontuotanto pysyi vakiotasolla.

4.2.2 Poikimakerran vaikutus

Poikimakerta vaikutti tilastollisesti erittäin merkitsevästi yksittäisten koelypsyjen laktoosipitoisuuteen, ln(solulukuun) ja maitotuotokseen. Maidon laktoosipitoisuus aleni lehmän vanhetessa (Taulukko 11). Ensikoiden maidon laktoosipitoisuus oli 0.15 %-yksikköä ayrshirellä ja 0.13 %-yksikköä friisiläisillä korkeampi kuin kaksi kertaa poikineiden. Vanhemmilla lehmillä lypsykausien väliset erot olivat alle 0.05 %-yksikköä.

Laktoosipitoisuus muuttui eri ikäisillä lehmillä samalla tavalla aina

kuudenteen kuukauteen asti poikimisesta. Tämän jälkeen laktoosipitoisuuden lasku oli sitä voimakkaampaa mitä vanhempi lehmä oli. Ensikot poikkesivat selvästi vanhemmista lehmistä.

Soluluku oli matalin nuorilla lehmillä, ja sen kohoaminen oli nopeinta ensimmäisestä toiseen lypsykauteen. Maitomäärä kohosi ayrshirellä joka lypsykaudella ja friisiläisellä viidenteen lypsykauteen asti, jonka jälkeen se väheni.

Laktoosin osalta ROOK & WHELOCK (1967), KÖRNER *et al.* (1977) ja BERGMANN (1979) sekä soluluvun osalta SYVÄJÄRVI *et al.* (1981) ja SYVÄJÄRVI (1984) sekä useat muut tutkijat ovat esittäneet vastaavia tuloksia. KÖRNER ym:n (1977) mukaan laktoosipitoisuuden väheneminen lehmän vanhetessa johtuu huonontuneesta utareterveydestä. Tämä tutkimus tuki KÖRNER ym:n (1977) tulosta. Lehmän vanhetessa soluluku nousi, mikä merkitsi lisääntyviä piileviä utaretulehduksia. Maitotuotos puolestaan kohosi lehmän vanhetessa, joten alentunutta laktoosipitoisuutta ei voida selittää pienentyneellä maidontuotannolla.

4.2.3 Koelypsyvuodenajan vaikutus

Maidon laktoosipitoisuus oli korkeimmillaan keväällä ja kesällä runsaan maidontuotannon aikana (Taulukko 12). Matalimmillaan se oli syksyllä ja talvella, kun maidontuotanto on vähäisintä. Vuodenaikaisvaihtelu oli ayrshire-ensikoilla 0.06 ja friisiläisensikoilla 0.05 %-yksikköä. Vanhemmilla lehmillä vaihtelu oli vähäisempää, 0.02 %-yksikköä sekä ayrshirellä että friisiläisillä. Vaikka laktoosipitoisuuden vuodenaikaisvaihtelun poikkeamat olivat pieniä, vaihtelu oli tilastollisesti erittäin merkitsevää. Kirjallisuuden perusteella laktoosipitoisuuden vuodenaikaisvaihtelu on 0.05–0.16 %-yksikköä (RENNER, 1973; KÖRNER *et al.*, 1977).

Ensikoiden ln(solulukuun) koelypsyvuodenajalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta, mutta vanhempien lehmien ln(solulukuun) oli. Soluluku oli korkealla talven lisäksi myös koko laidunkauden ajan. Soluluku oli alhaisin keväällä, kun vuorokausimaitomäärät olivat korkeita. Vaikka maitomäärät olivat kesällä suurempia kuin keväällä, soluluku kuitenkin kohosi selvästi. Vähintään kaksi kertaa poikineiden ay-lehmien keskimääräinen soluluku oli keväällä 138 000 ja kesällä 159 000. Myös PHILIPSSON *et al.* (1981) ja KENNEDY *et al.* (1982a) totesivat soluluvun olevan alhaisimmillaan kevättalvella ja keväällä. Koelypsyvuodenaika vaikutti tilastollisesti erittäin merkitsevästi yksittäisten koelypsyjen maitomäärään.

Taulukko 12: Yksittäisten koelypsytulosten poikkeamat keskiarvosta ayrshirellä eri koelypsyvuodenaikoina

	hav.	laktoosi-%	ln(soluluku)	maitotuotos	rasva-%	valk.-%
1) Ensikot						
ka	4946	4.747	4.203	15.76	4.685	3.349
joulu-helmi	1767	0.002	0.025	-0.28	0.081	0.038
maalis-touko	1044	0.000	-0.027	0.54	0.012	-0.075
kesä-elo	678	0.028	-0.014	0.82	-0.161	-0.069
syys-marras	1457	-0.030	0.015	-1.08	0.068	0.106
til.merk.		***	n.s.	***	***	***
2) Muut						
ka	12257	4.580	5.003	18.49	4.639	3.411
joulu-helmi	4217	-0.008	-0.012	-0.71	0.083	0.060
maalis-touko	2528	0.006	-0.073	0.63	-0.019	-0.093
kesä-elo	1794	0.015	0.069	1.21	-0.164	-0.063
syys-marras	3718	-0.013	0.016	-1.14	0.099	0.097
til.merk.		***	***	***	***	***

n.s. = ei tilastollisesti merkitsevä

Muut = Vähintään 2 kertaa poikineet lehmät

4.3 Karjan vaikutus yksittäisiin koelypsytuloksiin

Karjan vaikutus laktoosi- ja valkuaispitoisuuksiin oli selvästi vähäisempi kuin muihin tutkittaviin muuttujiin (Taulukko 13). Karjan vaikutus esitettiin karjatekijän aiheuttaman muuntelun suhteellisenä osuutena kokonaismuuntelusta.

Karjan vaikutus yksittäisiin koelypsytuloksiin oli samaa tasoa riippumatta siitä, olivatko lehmän kaikki koelypsytulokset samalta lypsykaudelta (malli 3) vai ei (malli 2). Karjan vaikutuksen osuus kokonaismuuntelusta oli yksittäisten koelypsytulosten laktoosipitoisuuteen 4-5 %, ln(solulukuun) 17 % ja maitomäärään 15-20 %.

Karjan vähäisen vaikutuksen laktoosipitoisuuteen ovat todenneet mm. KRAMER *et al.* (1980). Heidän tutkimuksessaan (109 403 havaintoa, 9 345 lehmältä, 423 tilalta) Karjatoon varianssiosuus kokonaisvarianssista oli 0.3 %. Karjatuotoksen vastaava varianssiosuus oli 0.2 %.

Taulukko 13: Karjan %-osuus kokonaismuuntelusta ayrshirellä

	%-osuus (1)	%-osuus (2)
maitotuotos (kg)	15.3	20.2
ln(solulukku)	17.1	17.1
laktoosi-%	4.4	5.6
rasva-%	15.4	15.0
valkuais-%	7.5	7.9

(1) = Malli 3: hav. 4 411, lehmiä 596, karjoja 251

(2) = Malli 2: hav. 16 875, lehmiä 3 122, karjoja 337

4.4 Yksittäisten koelypsytulosten perinnöllisiä tunnuslukuja ja yhteyksiä

4.4.1 Toistuvuuksia

Lehmän yksittäisten koelypsytulosten yhteys oli yleensä voimakkaampi, kun lehmän kaikki havainnot olivat samalta lypsykaudelta (Malli 3, taulukko 14) kuin että havainnot saattoivat olla eri lypsykausilta (Mallit 1 ja 2, taulukot 14 ja 15). Poikkeuksina olivat rasvapitoisuus, laskettuna sekä mallilla 1 että mallilla 2 ja ln(solulukku) arvioituna mallilla 1.

Laktoosipitoisuuden toistumiskerroin oli 0.39 koelypsytulosten ollessa samalta lypsykaudelta. Kun havainnot saattoivat olla eri lypsykausilta, yhteys oli vain hiukan heikompi (0.37). Koelypsytulosten ollessa samalta lypsykaudelta ln(solulukku) keskimääräinen toistumiskerroin oli 0.44. Kun havainnot saattoivat olla eri lypsykausilta, arviot olivat mallia 1 käytettäessä 0.49 ja mallilla 2 0.40. Maitotuotoksen toistuvuus laski 0.48:sta 0.32:een, kun havainnot saivat olla saman lypsykauden sijasta useammalta lypsykaudelta.

Analysoitaessa ensikoita erillään mallilla 1, ensikoiden toistumiskerroinarviot olivat samaa tasoa vanhempien lehmien kanssa. Ainoastaan ensikoiden maitotuotoksen toistuvuus oli selvästi korkeampi kuin vanhempien lehmien maitotuotoksen toistuvuus. Ensikoiden maitotuotoksen toistumiskerroin oli 0.46, useammin poikineiden vastaava arvio oli 0.33.

Taulukko 14: Yksittäisten koelypsytulosten toistuvuuksia (t) keskvirheineen (s.e.) ayrshirellä

	t (1)	s.e.	t (2)	s.e.
maitotuotos	0.479	0.016	0.321	0.008
ln(solulukku)	0.444	0.017	0.404	0.009
laktoosi-%	0.392	0.017	0.369	0.009
rasva-%	0.346	0.017	0.362	0.009
valkuais-%	0.359	0.017	0.340	0.009

(1) = Malli 3: hav. 4 411, lehmiä 596, karjoja 251

(2) = Malli 2: hav. 16 875, lehmiä 3 122, karjoja 337

Taulukko 15: Yksittäisten koelypsytulosten toistuvuuksia, koko lypsykausi (Malli 1)

	ayrshire			friisiläinen		
	kaikki	ensikot	muut	kaikki	ensikot	muut
maitotuotos	0.317	0.462	0.334	0.308	0.450	0.323
ln(solulukku)	0.494	0.513	0.526	0.504	0.489	0.536
laktoosi-%	0.367	0.396	0.363	0.210	0.399	0.182
rasva-%	0.421	0.417	0.423	0.425	0.465	0.411
valkuais-%	0.355	0.352	0.369	0.337	0.398	0.357
hav.	14625	4343	10282	4110	1112	2998
lehmiä	2744	1154	2020	770	298	589

muut = vähintään 2 kertaa poikineet lehmät

Taulukko 16: Yksittäisten koelypsytulosten toistuvuuksia, 15–252 päivää poikimisesta (Malli 1)

	ayrshire			fr
	kaikki	ensikot	muut	kaikki
maitotuotos(kg)	0.399	0.581	0.413	0.368
ln(solulukku)	0.529	0.445	0.567	0.540
laktoosi-%	0.455	0.523	0.456	0.224
rasva-%	0.447	0.473	0.439	0.467
valkuais-%	0.460	0.514	0.453	0.445
hav.	10854	3136	7718	3090
lehmää	2721	1032	1980	765

muut = vähintään 2 kertaa poikineet lehmät

Muuttujien toistumiskertoimet kasvoivat 0.01–0.13-yksikköä, kun lypsykausi rajattiin 15–252 päivään poikimisesta, (Taulukko 16). Poikkeuksena ayrshire-ensikoiden ln(soluluvun) toistumiskerroin pieneni 0.07-yksikköä. Havaintojen määrä lehmää kohden väheni rajauksen myötä, mutta se tuskin aiheutti virhettä tuloksiin, koska samalla pienet maitomäärät ja poikkeavat pitoisuudet jäivät pois. Toistumiskertoimien kasvu johtunee toisaalta siitä, että havainnot olivat lyhyemmältä ajanjaksolta ja toisaalta ääriarvojen poisjäämisestä.

Kuukauden välein otettujen laktoosinäytteiden toistuvuus on 0.65 (ERB & ASHWORTH, 1963). RENNERIN (1980) mukaan yksittäisten näytteiden laktoosipitoisuuden toistumiskerroin on 0.75 ja soluluvun 0.59. Soluluvun alhaisempi toistumiskerroin johtuu hänen mukaansa siitä, että solulukku vaihtelee nopeasti ympäristötekijöiden muuttuessa. EMANUELSON ja PHILIPSSON (1984) ovat saaneet yksittäisten solulukunäytteiden toistuvuudeksi Ruotsin ay:lle (SRB) 0.476–0.557 ja fr:lle (SLB) 0.469–0.591. Tässä tutkimuksessa saadut arviot olivat samaa tasoa. Tulokset ovat korkeita verrattuna SHOOKIN ja ALI'n (1980) tuloksiin. Heidän tutkimuksessaan yksittäisten koelypsytulosten toistuvuus soluluvun luonnolliselle logaritmillemme saman lypsykauden aikana oli 0.28 ja lypsykaudesta toiseen 0.17.

Taulukko 17: Ayrshire-lehmien periytymisasteet keskivirheineen (s.e.) yksittäisille koelypsytuloksille, koko lypsykausi

	kaikki		ensikot		muut	
	h^2	s.e.	h^2	s.e.	h^2	s.e.
maitotuotos(kg)	0.120	0.018	0.174	0.041	0.079	0.017
ln(soluluku)	0.059	0.013	0.046	0.024	0.085	0.018
laktoosi-%	0.297	0.034	0.394	0.067	0.278	0.037
rasva-%	0.219	0.028	0.184	0.042	0.250	0.034
valkuais-%	0.228	0.028	0.295	0.056	0.227	0.032
hav.	14625		4343		10282	
lehmiiä	2744		1154		2020	
isiä	227		130		204	

muut = vähintään 2 kertaa poikineet lehmät

4.4.2 Periytymisasteita

Ayrshire-lehmien yksittäisten koelypsytulosten laktoosipitoisuuden periytymisaste oli kohtalainen, 0.28–0.39 (Taulukko 17). Näin ollen maidon laktoosipitoisuuksissa oli myös perinnöllisiä eroja. Friisiläislehmien vastaavat periytymisasteet olivat pienempiä, 0.11–0.14 (Taulukko 18). Friisiläisaineisto oli huomattavasti ayrshireaineistoa pienempi. MEYERIN (1978) arvio laktoosipitoisuuden periytymisasteeksi 0.199 asettuu tässä tutkimuksessa saatujen arvioiden välille. Yksittäisten koelypsytulosten perusteella lasketut periytymisasteet ovat yleensä alhaisempia kuin 305 päivän tuotosten perusteella lasketut.

Yksittäisistä koelypsytuloksista arvioidut soluluvun periytymisasteet olivat 0.02–0.11. Perinnöllinen vaikutus solulukuun oli vähäinen, tosin sitä arvioitaessa ei pystytty kokonaan poistamaan karjan vaikutusta. Kirjallisuudessa esitetyt soluluvun periytymisastearviot ovat kuitenkin samaa tasoa, 0.02–0.15 (EMANUELSON & PHILIPSSON, 1984), 0.12–0.31 (SHOOK & ALI, 1980) ja 0.01–0.05 (KENNEDY *et al.*, 1982b).

Vaikka yksittäisten solulukunäytteiden periytymisaste on alhainen, SHOOKIN ja ALI'n (1980) mukaan lypsykauden soluluvun keskiarvon periytymisaste on tarpeeksi korkea, jotta voidaan valita soluluvun perusteella. Suomalaisesta aineistosta 305 päivän tuotosten perusteella lasketut ln(soluluvun) periytymisasteet ovat ayrshirille 0.09–0.18 ja friisiläisille 0.11–0.31 (SYVÄJÄRVI, 1984).

Taulukko 18: Yksittäisten koelypsytulosten periytymisasteet keskivirheineen (s.e.) friisiläisille

	kaikki		ensikot		muut	
	h^2	s.e.	h^2	s.e.	h^2	s.e.
maitotuotos(kg)	0.174	0.043	0.217	0.092	0.178	0.049
ln(soluluku)	0.102	0.031	0.299	0.110	0.022	0.022
laktoosi-%	0.117	0.034	0.139	0.073	0.114	0.038
rasva-%	0.188	0.045	0.240	0.097	0.199	0.053
valkuais-%	0.258	0.056	0.406	0.133	0.228	0.057
hav.	4110		1112		2998	
lehmiiä	770		298		589	
isiä	74		37		70	

muut = vähintään 2 kertaa poikineet lehmät

Taulukko 19: Yksittäisten koelypsytulosten periytymisasteet keskivirheineen (s.e.), kun lypsykausi rajattiin 15-252 päivään poikimisesta

	ayrshire						fr	
	ensikot		muut		kaikki		kaikki	
	h^2	s.e.	h^2	s.e.	h^2	s.e.	h^2	s.e.
maitotuotos(kg)	0.200	0.054	0.088	0.022	0.110	0.021	0.202	0.054
ln(soluluku)	0.051	0.033	0.101	0.023	0.074	0.017	0.098	0.036
laktoosi-%	0.458	0.085	0.353	0.048	0.370	0.044	0.118	0.040
rasva-%	0.124	0.043	0.257	0.039	0.208	0.030	0.159	0.047
valkuais-%	0.262	0.062	0.263	0.040	0.255	0.034	0.341	0.075
hav.	3136		7718		10854		3090	
lehmiiä	1032		1980		2721		767	
isiä	119		202		227		74	

muut = vähintään 2 kertaa poikineet lehmät

Taulukko 20: Periytymisasteet keskivirheineen (s.e.) ja toistumiskertoimet soluluvultaan erilaisissa maitonäytteissä. Ayrshire-rotu.

	kaikki			soluluku < 250 000			soluluku > 250 000		
	h^2	s.e.	toist.	h^2	s.e.	toist.	h^2	s.e.	toist.
maitotuotos	0.120	0.018	0.317	0.126	0.022	0.355	0.081	0.038	0.372
soluluku(ln)	0.059	0.013	0.494			0.317			0.293
laktoosi-%	0.297	0.034	0.367	0.380	0.045	0.404	0.241	0.053	0.413
rasva-%	0.219	0.028	0.421	0.253	0.034	0.445	0.145	0.044	0.453
valkuais-%	0.228	0.028	0.355	0.276	0.036	0.393	0.175	0.047	0.449
hav.	14625			10807			3813		
lehmää	2744			2516			1301		
isiä	227			227			224		

Yksittäisten koelypsytytöiden perusteella arvioidut maitotuotoksen periytymisasteet vaihtelivat ensikoilla 0.17–0.22 ja useammin poikineilla 0.08–0.18. STRANDBERGIN (1985) kirjallisuuskatsauksessa yksittäisten koelypsytytulosten perusteella arvioidut maitotuotoksen periytymisasteet vaihtelevat 0.18–0.24 (*s.e.* < 0.06).

Lypsykauden rajaamisella 15–252 päivään poikimisesta pyrittiin selvittämään, mitkä olivat periytymisastearviot tärkeimmän lypsykauden aikana (Taulukko 19). Arviot poikkesivat hyvin vähän koko lypsykauden ajalta lasketuista periytymisasteiden arvioista. Suurin ero oli valkuaispitoisuuden periytymisasteen kohoaminen 0.08%-yksikköä friisiläisillä ja laktoosipitoisuuden periytymisasteen kohoaminen 0.06–0.07%-yksikköä ayrshirellä sekä 0.06%-yksikön vähennys ayrshire-ensikoiden rasvapitoisuuden periytymisastearviossa. Muiden muuttujien arviot poikkesivat korkeintaan 0.03%-yksikköä koko lypsykauden ajalta lasketuista arvioista. Koska arviointivirheet kasvoivat, ei voida sanoa, poikkesivatko rajatun lypsykauden ajalta arvioidut periytymisasteet todellisuudessa koko lypsykauden ajalta lasketuista periytymisasteista.

4.4.3 Soluluvultaan erilaisten havaintojen vertailua

Alle 250 000 solua/ml sisältävien koelypsytytulosten toistumiskertoimet ja periytymisasteet olivat korkeampia kuin koko aineistosta lasketut arviot (Taulukko 20). Suuntaus oli sama, kun ensikot ja sitä vanhemmat lehmät käsiteltiin erillään. Aineiston pienuuden takia arviot olivat epäluotettavia. Jos soluluku oli alle 250 000, oletettiin lehmän utareterveys hyväksi sillä koelypsykerralla.

Laktoosipitoisuuden toistumiskerroin oli samaa tasoa soluluvultaan matalissa ja korkeissa (rajana 250 000) maitonäytteissä. Arviot olivat 0.404 ja 0.413. Alle 250 000 solua/ml olevien havaintojen laktoosipitoisuuden periytymisaste oli 0.38. Kun soluluku oli yli 250 000, vastaava periytymisaste oli 0.24. Soluluvultaan alle 250 000 olevista havainnoista laskettu ensikoiden laktoosipitoisuuden periytymisaste oli 0.43 ja useammin poikineiden 0.37.

Laktoosipitoisuuden kokonaisvaihtelu oli hyvin vähäistä. Soluluvultaan alle 250 000 olevissa näytteissä laktoosipitoisuuden vaihtelukerroin oli vain 4.7. Koko aineistossa laktoosipitoisuuden vaihtelukerroin oli 5.8. Systemaattiset tekijät, ennen kaikkea lypsykauden vaihe ja poikimakerta, aiheuttavat poikkeamina suurimman laktoosipitoisuuden vaihtelun (KRAMER *et al.* , 1980).

4.4.4 Eri ominaisuuksien välisiä yhteyksiä

Korrelaatiot arviottiin erikseen ensikoille ja sitä vanhemmille lehmille sekä yhdessä kaiken ikäisille mallilla 1. Yhteyksiä tarkasteltiin vain ayrshireltä. Geneettisten korrelaatioiden keskivirheet olivat kaikissa tapauksissa suuria. Ensikoiden maitotuotokset ja -pitoisuudet muuttuivat lypsykauden kuluessa hieman eri tavalla kuin vanhemmilla lehmillä. Tarkasteltaessa ensikot erillään vanhemmista lehmistä poistettiin lehmän iän vaikutus. Tutkimusaineiston pilkkoutuessa keskivirheet kuitenkin kasvoivat ja tulokset olivat epäluotettavia. Taulukossa 21 on esitetty yleiset korrelaatiot yhdessä kaiken ikäisille lehmille.

Soluluvun ja laktoosipitoisuuden välinen fenotyyppinen korrelaatio oli alhaisempi (-0.191 ensikot, -0.348 muut, -0.313 kaikki) kuin yleensä kirjallisuudessa esitetyt arviot. Ne vaihtelevat -0.48 — -0.62 (RENNER, 1972, 1973; STAHLHUT-KLIPP, 1973; REICHMUTH *et al.* ,1974; GEDEK *et al.* , 1977; MIJNEN *et al.* , 1983). Tässä tutkimuksessa saatu tulos oli samaa tasoa kuin suomalaisesta aineistosta laskettu -0.32 (SANDHOLM & MATTILA, 1985). MATTILAN (1986) mukaan laktoosipitoisuuden ja soluluvun yhteyteen vaikuttavat paljon aineiston koko ja näytteiden tullehdusaste. Jos kerätään aineisto, jossa on paljon näytteitä äkillisistä utaretulehduksista, korrelaatiokertoimet ovat erittäin hyviä. Sen sijaan piilevistä utaretulehdustapauksista kerätyissä aineistoissa on jo suuria eroja eri mittausmenetelmien välillä ja korrelaatiot ovat usein paljon huonompia.

Taulukko 21: Geneettiset (yläkolmio) ja fenotyypiset (alacolmio) korrelaatiot ayrshirelle. Kaikki poikimakerrat, koko lypsykausi

	maitotuotos	laktoosi-%	ln(soluluku)	rasva-%	valkuais-%
maitotuotos		-0.326	-0.088	-0.465	-0.450
		±0.085	±0.116	±0.077	±0.750
laktoosi-%	+0.231		-0.082	+0.180	+0.103
			±0.104	±0.080	±0.081
ln(soluluku)	-0.187	-0.313		-0.069	-0.256
				±0.108	±0.105
rasva-%	-0.162	-0.004	-0.007		+0.652
					±0.052
valkuais-%	-0.355	-0.138	+0.111	+0.382	

hav. 14625, lehmiä 2743, isiä 227

Taulukko 22: Fenotyypiset korrelaatiot yksittäisten koelypsytytulosten välillä (NG-KWAI-HANG *et al.*, 1984)

	rasva-%	valkuais-%	soluluku
maitotuotos (kg)	-0.190	-0.305	-0.156
rasva-%		+0.396	+0.033
valkuais-%			+0.138

KRAMERIN *et al.* (1980) kokeessa soluluvun ja laktoosipitoisuuden fenotyypinen korrelaatio oli -0.359 ja geneettinen korrelaatio -0.122. Nämä arviot asettuvat samalle tasolle tässä tutkimuksessa saatujen arvioiden kanssa (-0.313, -0.08, kaikenikäiset ay-lehmät).

Tässä tutkimuksessa maitotuotoksen ja laktoosipitoisuuden välinen fenotyypinen korrelaatio oli tilastollisesti merkitsevä (0.23 ay, 0.22 fr), kuten myös maitomäärän ja soluluvun välinen korrelaatio (-0.19 ay, -0.18 fr). Yksittäisistä koelypsyistä laskettu laktoosipitoisuuden ja maitotuotoksen välinen fenotyypinen korrelaatio on 0.39, kun lypsykauden vaihetta ei oteta huomioon. Korrelaatio pienenee 0.20:een, kun lypsykauden vaihe otetaan huomioon (KÖRNER *et al.*, 1977). Maitotuotoksen, so-

Taulukko 23: Geneettiset (yläkolmio) ja fenotyypiset (alacolmio) korrelaatiot ayrshirelle. Kaikki poikimakerrat, 15–252 päivää poikimisesta

	maitotuotos	laktoosi-%	ln(soluluku)	rasva-%	valkuais-%
maitotuotos		-0.640 ±0.077	-0.096 ±0.127	-0.542 ±0.083	-0.516 ±0.790
laktoosi-%	+0.137		-0.117 ±0.105	+0.281 ±0.081	+0.305 ±0.078
ln(soluluku)	-0.157	-0.293		-0.030 ±0.114	-0.258 ±0.109
rasva-%	-0.174	+0.013	-0.016		+0.662 ±0.056
valkuais-%	-0.303	-0.131	+0.072	+0.363	

hav. 10854, lehmiä 2721, isiä 227

luluvun, rasva- ja valkuaispitoisuuksien väliset korrelaatiot olivat tässä tutkimuksessa samaa tasoa kuin NG-KWAI-HANG *et al.* (1984) saivat kanadalaisessa kenttäkokeessa, jossa oli näytteitä 41783. (Taulukko 22).

Laktoosipitoisuuden ja maitotuotoksen geneettinen korrelaatio, -0.33, vastaa MEYERIN (1978) tulosta -0.34. Kun ensikot analysoitiin tässä tutkimuksessa erikseen, korrelaatio voimistui. Ensikoilla se oli -0.63 ja sitä vanhemmilla lehmillä -0.38. Laktoosi- ja rasvapitoisuuden, kuten myös laktoosi- ja valkuaispitoisuuden välinen geneettinen korrelaatio oli heikompi (0.18 ja 0.10) kuin MEYERIN (1978) saamat arviot 0.33 ja 0.65.

Soluluvun ja maitotuotoksen, rasva- ja valkuaispitoisuuksien väliset fenotyypiset korrelaatiot (-0.19, -0.01, 0.11) sekä soluluvun ja maitotuotoksen geneettinen yhteys (-0.09) olivat saman suuntaisia kuin mitä KENNEDY *et al.* (1982b) määrittivät. Heidän saamansa arviot olivat -0.13, -0.02, 0.09 ja -0.14.

Muuttujien väliset geneettiset korrelaatiot yleisesti vahvistuivat, mutta fenotyypiset korrelaatiot heikkenivät, kun lypsykausi rajattiin 15–252 päivään poikimisesta (Taulukko 23). Geneettisten yhteyksien voimistuminen saattaa johtua siitä, että tarkastelusta jäivät pois havainnot, joiden arvot poikkesivat huomattavasti. Kun nämä fysiologisista muutoksista johtuvat poikkeamat jäivät pois, pääsi perinnöllisten tekijöiden aiheut-

Taulukko 24: Maidon laktoosipitoisuuden poikkeamat soluluokittain keskiarvosta ayrshirellä

soluluku	ensikot	hav.	muut	hav.	kaikki	hav.
ka	4.740	4344	4.589	10289	4.633	14633
alle 125 000	0.107	3215	0.171	5024	0.159	8239
125 000–250 000	0.077	598	0.106	1977	0.104	2575
250 000–500 000	0.025	318	0.039	1566	0.037	1884
500 000–1. milj.	-0.010	136	-0.036	942	-0.032	1078
1 milj–2 milj.	-0.086	57	-0.079	535	-0.076	592
yli 2 milj.	-0.113	20	-0.202	245	-0.192	265

muut = vähintään 2 kertaa poikineet

tama vaihtelu paremmin esiin. Toisaalta geneettisten korrelaatioiden virheet olivat hyvin suuria, joten tulokset olivat varsin epäluotettavia.

Laktoosipitoisuuden ja soluluvun yhteyttä tarkasteltiin myös käyttämällä soluluvulle karjantarkkailussa sovellettavia rajoja (Taulukko 24). Taulukosta 24 nähdään havainnollisesti laktoosipoikkeamien suuruus eri soluluokissa. Voidaan myös havaita laktoosipitoisuuden lasku heti, kun soluluku alkaa nousta. Keskimäärin laktoosipitoisuus laski 0.35 %-yksikköä soluluvun kohotessa yli 2 miljoonan. Ensikoilla lasku oli 0.22 ja vähintään 2 kertaa poikineilla 0.37 %-yksikköä. Tämä oli hieman vähemmän kuin laktoosipitoisuuden väheneminen huippuarvostaan lypsykauden kuluessa. Lypsykauden aikainen lasku oli keskimäärin 0.39 %-yksikköä, ensikoilla 0.29 ja muilla 0.44 %-yksikköä. Tämän perusteella voidaan sanoa, että lypsykauden vaihe vaikuttaa maidon laktoosipitoisuuteen enemmän kuin soluluku. Yksittäisiä lehmiä tutkittaessa utaretulehduksen aiheuttama laktoosipitoisuuden väheneminen tulisi todennäköisesti paremmin esille kuin keskimääräisiä muutoksia tarkasteltaessa.

Maitotuotos laski keskimäärin 3.4 kg, rasvapitoisuus nousi 0.20 %-yksikköä ja valkuaispitoisuus nousi 0.18 %-yksikköä soluluvun kohotessa yli kahden miljoonan. Maitotuotoksen muutos oli ensikoilla keskimääräistä pienempi, mutta pitoisuuksien vaihtelut keskimääräistä suurempia.

Taulukko 25: 305 päivän tuotoksien ja keskimääräisten pitoisuuksien poikkeamia lypsykausittain ayrshirellä

	lypsykausi						til.merk.
	1	2	3	4	5	yli 5	
hav.	243	182	130	106	57	78	
maitotuotos (kg)	-1080	-234	300	328	289	397	***
lakt.tuotos (kg)	-43.3	-7.9	15.5	13.6	8.1	13.9	***
lakt.-%	0.12	0.05	0.02	-0.03	-0.09	-0.07	***
ln(soluluku) ka	-0.55	-0.30	-0.10	0.21	0.43	0.31	***
rasvatuotos (kg)	-44.2	-5.9	17.7	11.5	7.7	13.1	***
rasva-%	0.10	0.07	0.05	-0.05	-0.10	-0.07	*
valk.tuotos (kg)	-36.2	-5.2	11.1	11.7	7.5	11.1	***
valk.-%	-0.01	0.04	0.01	0.02	-0.04	-0.02	n.s.

tilastollinen merkitsevyys (F -testi):

*** = $p < 0.001$

* = $p < 0.05$

n.s. = ei tilastollisesti merkitsevä

4.5 305 päivän tuotokset ja keskimääräiset pitoisuudet

305 päivän maitotuotoksen keskimääräinen laktoosipitoisuus laski lehmän vanhetessa (Taulukko 25). Suurin ero, 0.07 %-yksikköä, oli ensikoiden ja kaksi kertaa poikineiden välillä. Laktoosituotos sitä vastoin kasvoi lehmän iän myötä. Tämä selittyy samanaikaisesti kasvavalla maitotuotoksella. Ensikoiden maitotuotos oli noin tuhat kiloa kaikkien lehmien keskiarvon alapuolella. 305 päivän keskimääräinen soluluku kasvoi viidenteen lypsykauteen saakka, jonka jälkeen ne pienenevät. Tämä selittyy lehmien valikoitumisella. Utareterveydeltään huonot lehmät on hävitetty karjasta jo kuudenteen lypsykauteen mennessä.

Touko- ja kesäkuulla poikineet lehmät tuottivat maitoa lähes 1200 kiloa vähemmän kuin marras- ja joulukuulla poikineet. Poikima-ajankohdalla oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus maito-, rasva-, valkuais- ja laktoosituotoksiin ($p < 0.001$). 305 päivän keskimääräisiin rasva-, valkuais- ja laktoosipitoisuuksiin poikima-ajankohta ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi.

Fenotyyppiset korrelaatiot on esitetty taulukossa 26. 305 päivän maitotuotoksen pitoisuuksista laskettu laktoosipitoisuuden ja ln(soluluvun) yhteys oli heikompi (-0.18) kuin yksittäisistä koelypsytuloksista laskettu laktoosipitoisuuden ja ln(soluluvun) yhteys (-0.31). 305 päivän maito-,

Taulukko 26: 305 päivän tuotosten ja keskimääräisten pitoisuuksien väliset korrelaatiot

	rasva- tuotos	valk.- tuotos	lakt.- tuotos	rasva- pit.	valk.- pit.	lakt.- pit.	solu- luku
maitotuot.	+0.78	+0.91	+0.97	-0.21	-0.35	-0.03	-0.10
rasvatuot.		+0.84	+0.78	+0.42	+0.01	+0.04	-0.15
valk.tuot.			+0.90	+0.00	+0.05	+0.04	-0.09
lakt.tuot.				-0.18	-0.30	+0.20	-0.14
rasvapit.					+0.54	+0.11	-0.10
valk.pit.						+0.15	+0.04
lakt.pit.							-0.18

lehmää 796

rasva-, valkuais- ja laktoosituotosten väliset korrelaatiot olivat voimakkaita. Näistä erottui kuitenkin selvästi maito- ja laktoosituotosten välinen korrelaatio, 0.97. Tämä yhteys on voimakas, koska muodostuessaan laktoosi vetää puoleensa tietyn määrän vettä osmoottisten ominaisuuksiensa takia. Näin laktoosi säätelee tuotetun maidon määrän (SANDHOLM, 1986b).

Fenotyyppiset korrelaatiot olivat maito-, rasva- ja valkuaisstuotosten sekä rasva- ja valkuaispitoisuuksien osalta samaa tasoa kuin MAIJALAN ja HANNAN (1974) kirjallisuuskatsauksessaan esittämät arviot ensikoille. Myös VAN VLECKin ja DONGin (1988) arviot eri tuotosten välille (0.72–0.88) ovat samaa tasoa.

4.6 Maidon laktoosipitoisuus utaretulehduksen osoittajana

Maidon laktoosipitoisuuden käyttömahdollisuutta utareterveystyössä selvitettiin alustavasti. Tarkastelut tehtiin erikseen ensikoille, kaksi kertaa poikineille ja vähintään kolme kertaa poikineille lehmille. Lypsykautta tarkasteltiin kolmena jaksona: 28–150, 151–240 ja yli 240 päivää poikimisesta. Tämä jaottelu tehtiin, koska lypsykauden vaihe ja lypsykausi aiheuttavat utaretulehduksen lisäksi suurimmat poikkeamat laktoosipitoisuuteen. Erot vähintään kolme kertaa poikineiden lehmien maidon laktoosipitoisuuksien välillä olivat niin pieniä, että nämä poikimakerrat yhdistettiin tarkastelussa. Koska tarkasteltiin yksittäisiä koelypsyjä, sama lehmä saattoi kuulua sekä eri ikäryhmiin että eri lypsykauden vaiheisiin.

Taulukko 27: Laktoosipitoisuuden, soluluvun ja maitomäärän tunnuslukuja eri ikäisillä ay-lehmillä eri lypsykauden vaiheissa alle ja yli 500 000 solun tasolla

	poikimakerta		
	1	2	yli 2
28–150 pv.poik.			
soluluku > 500 000			
% havainnoista	3.65	8.72	18.19
laktoosi-% ka	4.76	4.62	4.54
maitotuotos (kg) ka	17.34	20.76	22.68
soluluku < 500 000			
laktoosi-% ka	4.83	4.74	4.70
maitotuotos (kg) ka	18.63	22.16	24.37
151–240 pv. poik.			
soluluku > 500 000			
% havainnoista	4.33	8.71	21.84
laktoosi-% ka	4.65	4.51	4.37
maitotuotos (kg) ka	13.75	15.07	16.09
soluluku < 500 000			
laktoosi-% ka	4.73	4.63	4.56
maitotuotos (kg) ka	15.39	16.51	17.47
yli 240 pv.poik.			
soluluku > 500 000			
% havainnoista	6.30	15.50	27.95
laktoosi-% ka	4.50	4.33	4.19
maitotuotos (kg) ka	10.55	9.99	9.95
soluluku < 500 000			
laktoosi-% ka	4.66	4.55	4.45
maitotuotos (kg) ka	11.98	12.14	12.30

Taulukko 28: Havaintojen lukumääriä taulukossa 27

	lypsykausi		
	1	2	yli 2
28-150 pv poik.			
kaikki	1919	1572	3097
soluluku < 500 000	1849	1435	2528
soluluku > 500 000	70	137	562
151-240 pv poik.			
kaikki	1292	1149	2307
soluluku < 500 000	1236	1048	1800
soluluku > 500 000	56	100	503
yli 240 pv poik.			
kaikki	1350	1086	2012
soluluku < 500 000	1265	916	1449
soluluku > 500 000	85	168	562

Havaintojen, joiden soluluku oli yli 500 000, osuus oli ensimmäisellä jaksolla (28-150 pv. poik.) ensikoilla 3.65%, kaksi kertaa poikineilla 8.75% ja vähintään kolme kertaa poikineilla 18.19% (Taulukot 27 ja 28). Nämä prosenttiosuudet eivät juurikaan lisääntyneet ensikoilla eikä kaksi kertaa poikineilla ensimmäisestä toiseen jaksoon. Vähintään kolme kertaa poikineilla oli vastaavana aikana 3.65%-yksikön lisäys. Jaksolla yli 240 päivää poikimisesta yli 500 000 solua sisältävien havaintojen osuus lisääntyi kaiken ikäisillä lehmillä verrattuna edellisten jaksojen osuuksiin. Tämä lisäys ei kuitenkaan johdu ainoastaan utaretulehdusten lisääntymisestä vaan myös fysiologisesta maitomäärän vähenemisestä lypsykauden loppua kohden. Maitotuotoksen vähetessä soluluku nousee. Lypsykauden kuluessa yli 500 000 solua/ml sisältävien näytteiden osuus kohosi ensikoilla 6.30%:iin. Vastaava osuus oli kaksi kertaa poikineilla 15.50% ja vähintään kolme kertaa poikineilla 27.95%. Ensikoiden utareterveys oli hyvä. Soluluvultaan ne erottuivat selvästi vanhemmista lehmistä.

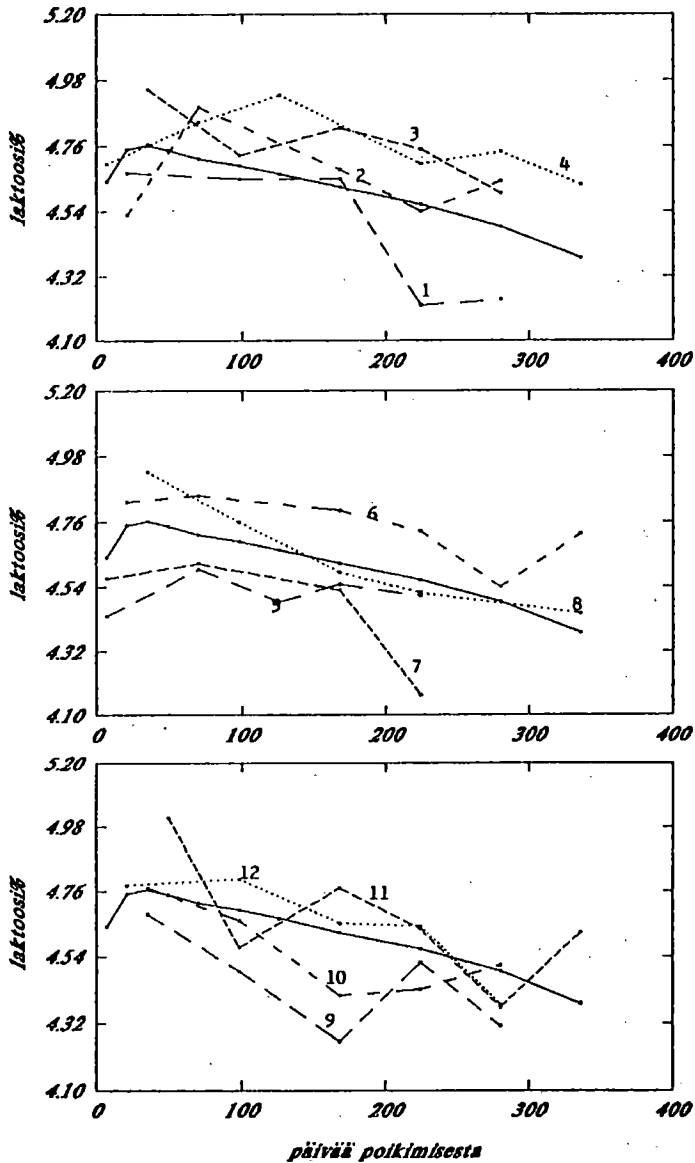
Jaksolla 151-240 päivää poikimisesta oli ensikoilla 56 ja kaksi kertaa poikineilla 100 sellaista havaintoa, joiden soluluku oli yli 500 000 (Taulukko 28). Lehmät, joilta nämä havainnot olivat, kartoitettiin. Asetettiin ehto, että ensimmäisen koelypsyyn tuli olla 56 päivän kuluessa poikimi-

sesta ja että lehmältä oli yksi tai useampia havaintoja sekä ennen tätä koelypsyä, jolloin oli kohonnut soluluku, että sen jälkeen. Lehmältä tuli olla vähintään viisi havaintoa kyseiseltä lypsykaudelta. Ensikoista 8 ja kaksi kertaa poikineista 12 lehmää täyttivät asetetut ehdot. Tarkasteltaessa näiden yksittäisten lehmien laktoosi- ja ln(soluluku)käyriä lypsykauden kuluessa, voidaan todeta, että yleensä soluluvun kohotessa laktoosipitoisuus laski (Kuvat 5 ja 6). Yksittäisillä lehmillä laktoosipitoisuuden väheneminen soluluvun kohotessa yli 500 000:n oli selvästi voimakkaampaa kuin keskiarvokäyrän lasku saman aikaisesti. Näin ollen yksittäisiä lehmiä tarkasteltaessa utaretulehduksen aiheuttama laktoosipitoisuuden lasku erottuu fysiologisesta lypsykauden vaiheeseen kuuluvasta laktoosipitoisuuden vähenemisestä. Laktoosipitoisuus ei yleensä kohonnut utaretulehduksen jälkeen tulehdusta edeltäneelle tasolle, vastaavasti soluluku ei laskenut tulehdusta edeltäneelle tasolle. Tässä tarkasteltujen lehmien soluluku oli jo ennen äkillistä tulehdusta keskimääräistä korkeampi.

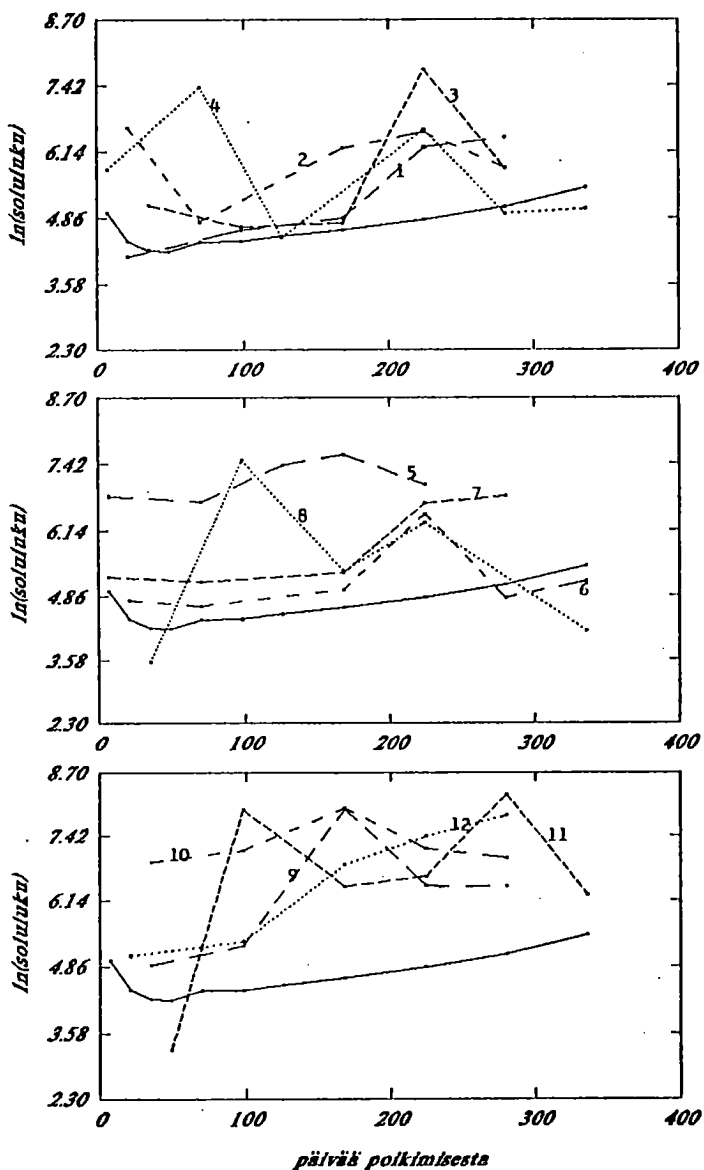
Kun havainnot jaettiin ryhmiin yli ja alle 500 000 solua/ml, laktoosikeskiarvojen erot olivat 0.07–0.26%-yksikköä. Suurimmat erot olivat vähintään kolme kertaa poikineilla lehmillä. MILLER *et al.* (1984) totesivat Ruotsin ayrshirellä tekemässään kokeessa, että laktoosipitoisuudessa oli tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0.01$) niiden lehmien maitonäytteiden välillä, joista löytyi bakteereja ja niiden, joista bakteereja ei löytynyt. Laktoosiprosentit olivat 4.69 ja 4.74. Sellaisten näytteiden laktoosipitoisuus oli 0.14%-yksikköä alhaisempi, joista löytyi taudin aiheuttajia (KRAMER *et al.*, 1980).

Alle 500 000 solua sisältävien koelypsytulosten maitomäärä oli 1.3–2.3 kg suurempi kuin yli 500 000 solua sisältävien. Yli kahden kilon ero oli kaksi ja vähintään kolme kertaa poikineiden viimeisellä jaksolla (yli 240 pv.poik.).

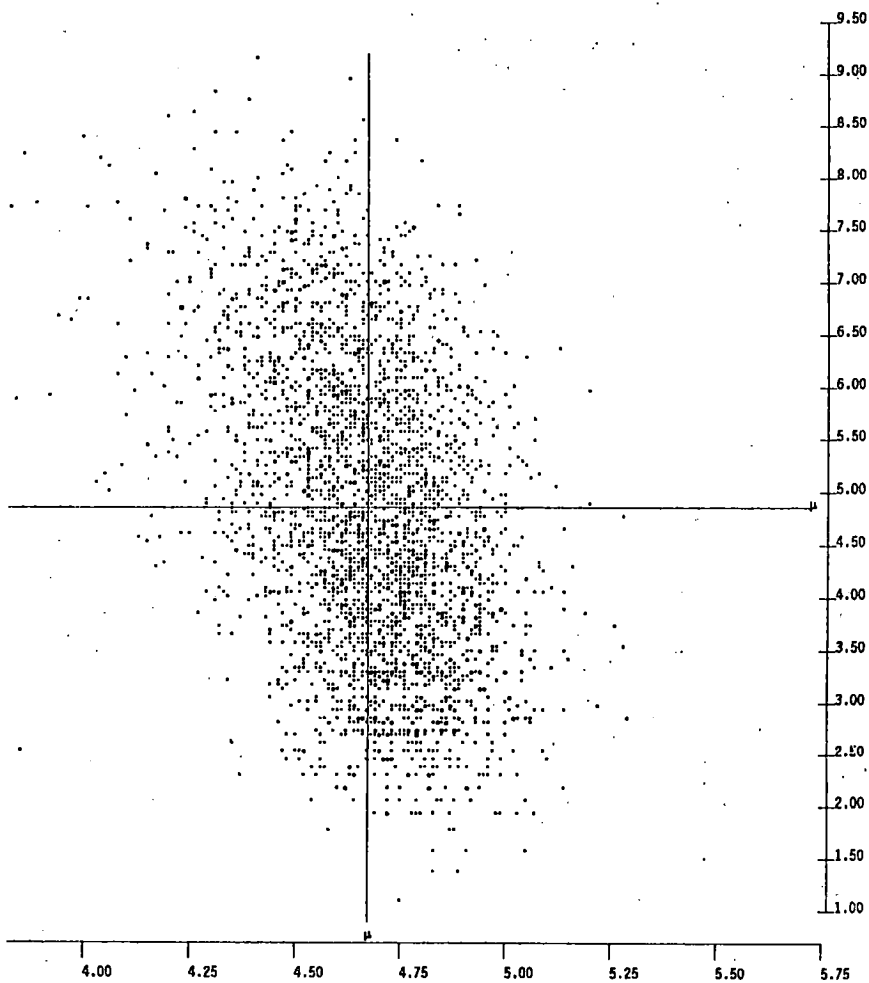
Laktoosin ja soluluvun yhteyttä arvioitiin myös sirontakuviolla (Kuva 7). Sirontakuviot olivat hyvin samanlaisia eri poikimakerroilla ja eri jaksoina. Kuvissa oli nähtävissä lievä korrelaatio laktoosin ja soluluvun välillä, mikä tulos saatiin myös varianssianalyysin avulla. Korrelaatio oli kuitenkin niin lievä ja sirontakuvion muoto sellainen, ettei laktoosille voitu määrittää raja-arvoa, jonka alittavat arvot johtuisivat utaretulehduksen aiheuttamista vaurioista utareessa.



Kuva 5: Laktoosipitoisuuden muutos yksittäisillä kaksi kertaa poikineilla ay-lehmillä (1-12) lypsykauden kuluessa, kaikkien ay-lehmien keskiarvokäyrä (—). Seuraavalla sivulla samojen lehmien ln(soluluvun) vaihtelu



Kuva 6: $\ln(\text{soluluvun})$ muutos yksittäisillä kaksi kertaa poikineilla ay-lehmillä (1–12) lypsykauden kuluessa, kaikkien ay-lehmien keskiarvokäyrä (—). Edellisellä sivulla samojen lehmien laktoosipitoisuuden vaihtelu



Kuva 7: Laktoosin (x-akseli) ja $\ln(\text{soluluvun})$ (y-akseli) yhteys sirontakuviona. Vähintään kolme kertaa poikineiden ay-lehmien havainnot 28–150 päivän kuluessa poikimisesta, 3090 havaintoa

1970-luvun tutkimuksissaan saksalainen RENNER (1980) esitti, että maidon laktoosipitoisuutta voidaan käyttää lehmäkohtaisista näytteistä utaretulehduksen osoittajana, ja karjakohtaisista näytteistäkin, jos vähintään 30 %:lla karjan lehmistä on kohonnut solupitoisuus. Hänen tuloksiaan on kovasti arvosteltu, ennen kaikkea TOLLE *et al.* (1976). Hänen lisäksi mm. STAHLHUT-KLIPP (1973), REICHMUTH *et al.* (1974) ja MIJNEN *et al.* (1983) ovat esittäneet arvostelua. Kukaan ei kiellä soluluvun ja laktoosipitoisuuden negatiivista yhteyttä, mutta heidän mielestään laktoosipitoisuus on liian epävarma utaretulehduksen osoitin.

Ongelmana laktoosipitoisuuden käytölle utaretulehduksen osoittajana on utaretulehduksen aiheuttaman laktoosipitoisuuden muutoksen erottaminen normaalista laktoosipitoisuuden vaihtelusta. KRAMERIN *et al.* (1980) mukaan lypsykauden vaihe, poikimakerta ja näytteenottokuukausi vaikuttavat laktoosipitoisuuden vähenemiseen paljon enemmän kuin utaretulehduspatogeenit. Näiden varianssiosuudet kokonaisvaihtelusta olivat KRAMERIN *et al.* (1980) tutkimuksessa: lypsykauden vaihe 18.9%, poikimakerta 8.3%, näytteenottokuukausi 4.2% ja utaretulehduksen aiheuttajat 3.8%. Tutkimuksessa analysoitiin 109 403 havaintoa 9 345 lehmältä 423 tilalta. Myös MIJNEN *et al.* (1983) toteavat suurimman osan lehmäkohtaisen laktoosipitoisuusnäytteen vaihtelusta johtuvan lypsykaudesta ja sen vaiheesta.

RENNERIN (1980) mukaan laktoosipitoisuuden ja soluluvun välinen korrelaatio on niin heikko (0.50), että laktoosin tehokkuutta utaretulehduksen osoittajana ei voida arvostella soluluvun perusteella. Tässä tutkimuksessa vastaavaksi korrelaatioksi saatiin -0.313. Laktoosipitoisuus on myös hyvin eri tyyppinen utaretulehduksen osoitin kuin soluluku. Kohonnut soluluku on välitön seuraus maitorauhasen tulehduksesta, mutta maidon laktoosipitoisuus alenee vasta maitotiehyiden vaurioituttua (TOLLE *et al.*, 1976). Tavallisesti laktoosipitoisuuden alentuminen soluluvun kohotessa selitetään sillä, että laktoosi ylläpitää osmoositasapainoa. Kun soluluku nousee, suolat ja seerumialbumiini lisääntyvät maidossa, joten laktoosin väheneminen tarvitaan, jotta osmoositasapaino säilyy. Näin laktoosin väheneminen johtuisi vähentyneestä synteesisistä (MILLER *et al.*, 1983).

5 Yhteenvedo ja johtopäätökset

Maidon laktoosipitoisuuden vaihtelu on vähäistä, koska laktoosi on maidossa pääasiallinen osmoositasapainon ylläpitäjä. Tutkittavista muuttujista laktoosipitoisuus vaihteli vähiten. Keskiarvot olivat: ayrshire 4.63 %, fräsiläinen 4.67 % ja suomenkarja 4.77 %. Laktoosipitoisuuden vaihtelukerroin oli 4.2–5.9 ja keskihajonta oli 0.20–0.27. Lypsykauden vaihe aiheutti suurimmat poikkeamat laktoosipitoisuuteen. Laktoosipitoisuus laski lypsykauden aikana ensikoilla 0.29 ja vähintään kaksi kertaa poikineilla lehmillä 0.44 %-yksikköä (ay). Ensikoiden maidon laktoosipitoisuus oli 0.15 %-yksikköä korkeampi kuin kaksi kertaa poikineiden. Muiden poikimakertojen välillä oli alle 0.05 %-yksikön ero (ay). Koelypsyvuoden aika aiheutti laktoosipitoisuuteen alle 0.06 %-yksikön eron. Karjan vaikutus yksittäisten koelypsytulosten laktoosipitoisuuteen oli hyvin vähäinen. Karjan aiheuttaman muuntelun osuus kokonaismuuntelusta oli laktoosipitoisuudelle vain 4–5 %. Soluluvulle se oli 17 %.

Laktoosihavaintojen toistuvuus koko lypsykauden aikana oli ayrshire-ensikoilla 0.40 ja vähintään kaksi kertaa poikineilla ay-lehmillä 0.36. Kun lypsykausi rajattiin 15–252 päivään poikimisesta, toistumiskertoimet kohosivat ensikoilla 0.52: een ja vanhemmilla lehmillä 0.46: een. Laktoosipitoisuuden periytymisaste oli ayrshire-ensikoilla 0.39 ja vähintään kaksi kertaa poikineilla lehmillä 0.30.

Soluluvun kohotessa laktoosipitoisuus laskee. Koska maidon solupitoisuus kohoaa lypsykauden loppupuolella, kun maitotuotos vähenee, on vaikea erottaa, mikä osa laktoosipitoisuuden vähenemisestä aiheutuu fysiologisesta maitotuotoksen vähenemisestä ja mikä huonontuneesta utareterveydestä. Maitotuotoksen ja laktoosipitoisuuden välillä oli lievästi positiivinen fenotyypinen korrelaatio (0.23), mutta lievästi negatiivinen geneettinen korrelaatio (–0.33). Laktoosipitoisuuden ja soluluvun välinen fenotyypinen korrelaatio oli negatiivinen (–0.31), niiden välinen geneettinen korrelaatio oli lähes nolla. Maitotuotoksen ja soluluvun välinen fenotyypinen korrelaatio oli negatiivinen (–0.19). Niiden välillä ei ollut geneettistä yhteyttä.

Laktoosikeskiarvojen erot olivat 0.07–0.26 %-yksikköä, kun havainnot jaettiin ryhmiin alle ja yli 500 000 solua/ml. Tämän tutkimuksen perusteella lypsykauden vaihe vaikuttaa enemmän maidon laktoosipitoisuuteen kuin soluluvun taso.

Tämän tutkimuksen perusteella yksittäisten koelypsytulosten laktoosipitoisuudet kannattaa ilmoittaa tuottajille, jotta voidaan seurata saman lehmän tuloksia pidemmältä ajalta. Laktoosipitoisuuden perusteella voidaan arvioida lehmän utareterveyttä, kun otetaan huomioon lehmän rotu, poikimakerta ja lypsykauden vaihe. Ainoana utareterveystarkkailun määrittymenetelmänä laktoosipitoisuus antaa liian epävarmoja tuloksia, laktoosipitoisuutta tulisikin käyttää yhdessä soluluvun kanssa, voitaisiin muodostaa utareterveysindeksi. Tuottajia tulisi neuvoa, jotta he osaisivat hyödyntää laktoositulokset utareterveystarkkailussaan. Karjan yhteismaitonäytteistä laktoosipitoisuutta kannattaisi tutkia, jotta selviäisi, onko tarpeellista ilmoittaa karjan yhteismaitonäytteen laktoosipitoisuus tuottajille.

Kirjallisuus

- ALI, A.K.A. & SHOOK, G 1980. An optimum transformation for somatic cell concentration in milk. *J. Dairy Sci.* 66: 487-490.
- BERGMANN, J. 1979. Laktosegehalt und Zellzahl in Einzeltierproben. *Tierzüchter* 31: 238-240.
- BIGGS, D.A. 1967. Milk analysis with the infrared milk analyzer. *J. Dairy Sci.* 50: 799-803.
- BLAU, G. 1978. Erfahrungen mit Milchuntersuchungsautomaten in Regionallaboratorien. *Deutsche Milchwirtschaft* 29: 1614-1615.
- BRAMLEY, A.J. 1981. The role of hygiene in preventing intramammary infection. *Kirjassa: Mastitis control and herd management*. *Tech. Bull.* 4: 53-66.
- BUCHBERGER, J.G., WEISS, F., KIERMEIER, F. & PROBST, A. 1971. Reproduzierbarkeit und Genauigkeit bei Fett-, Eiweiss- und Lactosebestimmung mit Hilfe der Infrarotspektrophotometrie (*IRMA II*-Gerät). *Milchwissenschaft* 26: 687-692.
- DAWSON, R.R., ROOK, J.A.F. & WOOD, P.D.P. 1974. Some factors associated with the late-winter decline in the lactose content of herd bulk milks. *J. Dairy Res.* 41: 317-329.
- DYRENDAHL, I. 1977. Mastitbekämpande genom avel. *NKVet. symp. Våksenåsen, Oslo.* 112-116. Ref. SYVÄJÄRVI, J. 1984.
- EBNER, K.E. & BRODBECK, V. 1968. Biological role of α -Laktalbumin. A review. *J. Dairy Sci.* 51: 317.
- EMANUELSON, U. & PEARSSON, E. 1984. Studies on somatic cell counts in milk from Swedish dairy cows. I Non-genetic causes of variation in monthly test-day results. *Acta Agr. Scand.* 34: 33-44.
- EMANUELSON, U. & PHILIPSSON, J. 1984. Studies on somatic cell counts in milk from swedish dairy cows. II Estimates of genetic parameters for monthly test-day results. *Acta Agr. Scand.* 34: 45-53.
- ERB, R.E. & ASHWORTH, U.S. 1963. Within breed variations in milk composition and estimating the average composition of milk for the lactation from partial records. *J. Dairy Sci.* 46: 1228-1235.
- ERHARDT, VON G., MEYER, F. & SENFT, B. 1982. Umweltbedingte und genetische Aspekte der Mastitis. *Züchtungskunde* 54 (2): 86-105.

- GEDEK, W., MAIER, H., RICHTER, O., SCHUMANN, H. & DEVEKE, J. 1977. Berl. u. Münch. tierärztl. Wochenschrift 90: 349-352. Ref. MIJNEN ym. 1983.
- GLABOWNA, M., SENDER, G., LUKASZEWICZ, M & BASSALIK-CHABIELSKA, L. 1988. The influence of selected factors upon the lactose level in milk as mastitis indicator. *Milchwissenschaft* 43 (1): 22-24.
- GOULDEN, J.D.S. 1964. Analysis of milk by infrared-absorption. *J. Dairy Res.* 31: 273-284.
- HANNULA, E. 1988. Terveysraportti on uusittu. *Nautakarja* 1: 6-7.
- HARTIKAINEN, M. 1989. Kokemuksia maidon uudesta laatuhinnoittelusta. *Nautakarja* 2:26-27.
- INGR, I., PLEVA, J., RYSANEK, D. & RENDA, V. 1973. Zum Einfluss der subklinischen mastitiden auf einige nutritive, technologische und hygienische Eigenschaften der Kuhmilch. *Die Nahrung* 17: 225-232.
- JANZEN, J.J. 1970. Economic losses resulting from mastitis. A review. *J. Dairy Sci.* 53: 1151-1161.
- JOHNSON, A.H. 1978. The composition of milk. *Kirjassa: Fundamentals of dairy chemistry* (Toim. Webb, B.H. ym.) The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, 2.p., 929 s..
- KENNEDY, B.W., SETHAR, M.S., TONG, A.K.W., MOXLEY, J.E. & BOWNEY B.R. 1982a. Environmental factors influencing test-day somatic cell counts in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 65: 275-280.
- KENNEDY, B.W., SETHAR, M.S., TONG, A.K.W., MOXLEY, J.E. & BOWNEY B.R. 1982b. Heritability of somatic cell count and its relationship with milk yield and composition in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 65: 843-847.
- KITCHEN, B.J. 1981. Review of the progress of dairy science: Bovine mastitis: Milk compositional changes and related diagnostic tests. *J. Dairy Sci.* 48: 167-188.
- KLASTRUP, O. & SMIDT-MADSEN, P. 1974. Nordiske rekommendationer vedrørende mastitisundersøkelser af kirtelprøver. *Nord. Vet.med.* 28: 197-204. Ref. SYVÄJÄRVI, J. 1984.
- KOIRANEN, L. 1978a. Pohjoismainen yhteistyö mastiitin alalla. *Suomen Eläinlääk.lehti* 84: 145-154.
- KOIRANEN, L. 1978b. Maidon soluluku ja sen merkitys. *Karjatalous* 54 (1): 32-33.

- KRAMER, R., LEDERER, J., FRANK, W. & SEEFELDT, G. 1980. Lactose and cell content of cow samples independence on udder infections and systematic influences. *Milchwissenschaft* 35: 136-140.
- KÖRNER, E., RENNER, E. & SCHMIDT, R. 1977. Zur Ermittlung euterkrankheitsverdächtiger Kühe mit Hilfe der Laktosebestimmung von Einzelmilchproben. *Archiv f. Lebensmittelhyg.* 28: 181-188.
- LARSON, B.L 1985. Biosynthesis and cellular secretion of milk. *Kirjassa: Lactation* (Toim. Larson, B.L.) Ames, 276 s..
- LATOMÄKI, T. 1990. Suullinen tiedonanto. *Valio*.
- LAUKKANEN, H. 1984. Maidon sähköjohtokykyyn vaikuttavat tekijät ja johtokyvyn käyttömahdollisuuksista utaretulehduksen vastustamisessa. *Kotieläinjalostuksen tiedote no 63*. Helsinki. 68 s.
- LEDERER, J. & KRAMER, R. 1980. Aussagewert des Laktosegehaltes der Milch als Indikator für subklinische Mastitis. *Tierzüchter* 32: 96-98.
- LIE, Ø., MADSEN, P. & PERSSON, E. 1980. Mastitt hos storfe. Resistens mekanismer, spesielt fra et avlsmessig synspunkt. Ett litteraturstudium etter oppdrag fra Nordisk Kontaktorgan for Jordbruksforskning. 42 s. Ref. LAUKKANEN, H. 1984.
- Maatilahallitus* 1989. Karjantarkkailutilasto, 1988. Helsinki 1989..
- MAIJALA, K. & HANNA, M. 1974. Reliable phenotypic and genetic parameters in dairy cattle. 1st World Congress on Genetics applied to Livestock Production, Madrid 1974. 541-563.
- MATTILA, T. 1986. Maidon tulehdusmuutosten mittaaminen eri menetelmin. *Kirjassa: Utareen sairaudet* (Toim. Sandholm, M. ja Kaartinen, L.) Helsinki. 87-98.
- MAYER, J. 1978. Physiologische und pathologische Einflüsse auf den Laktosegehalt der Kuhmilch. *Väitöskirja*. Ludwig-Maximilians-Universität. München. 61 s.
- MEYER, VON F., SENFT, B., RUDOLPHI, K. & BEUING, R. 1978. Genetische Aspekte der Molkenproteine Bovin-Serum-Albumin und Lactoferrin. *Züchtungskunde* 50 (4): 281-292.
- MIJNEN, E., JAARTSVELD, F.H.J., ALBERS, G.A.A., VERSTEGEN, M.W.A & TIELEN, M.J.M. 1983. The value of cell count, lactose content, pH and conductivity of milk for mastitis detection in individual cows. *Netherlands Milk and Dairy J.* 37 (1/2): 65-77.

- MILLER, R.H., EMANUELSON, U., PEARSSON, E., BROLUND, L., PHILIPSSON, J. & FUNKE, H. 1983. Relationships of milk somatic cell counts to daily milk yield and its composition. *Acta Agr. Scand.* 33: 209-223.
- MILLER, R.H., EMANUELSON, U., BROLUND, L., PEARSSON, E., FUNKE, H. & PHILIPSSON, J. 1984. Relationships of current bacteriological status of the mammary gland to daily milk yield and its composition. *Acta Agr. Scand.* 34: 133-144.
- NG-KWAI-HANG, K.F., HAYES, J.F., MOXLEY, J.E. & MONARDES, H.G. 1984. Variability of test-day milk production and composition and relation of somatic cell counts with yield and compositional changes of bovine milk. *J. Dairy Sci.* 67: 361-366.
- NICKERSON, T.A. 1978. Lactose. *Kirjassa: Fundamentals of dairy chemistry* (Toim. Webb, B.H. ym.) The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, 2.p., 929 s.
- PEAKER, M. 1980. Influence of diet on the yields and contents of lactose and minerals in milk. *Kirjassa: IDF Annual Bulletin 1980, Document 125* 159-163.
- PHILIPSSON, J., EMANUELSSON, U. & PEARSSON, E. 1981. I Utveckling av metoder för avelsvärdering för mastitresistens. II Studier av avkommebedömningsmetod för mastitresistens samt av genetiska samband mellan mjölkavkastningsförmåga och mastit. *Mastitseminariet* 5 p. Uppsala. Ref. SYVÄJÄRVI, J. 1984.
- REICHMUTH, J., TOLLE, A. & HEESCHEN, W. 1974. Zur Aussagekraft zytologischer und biochemischer Parameter der Milch für die Erfassung von Sekretionsstörungen und Mastitiden. *Archiv f. Lebensmittelhyg.* 25: 32-39.
- RENNER, E. 1972. Der Laktosegehalt der Milch als Indikator für Euterkrankungen. *Archiv f. Lebensmittelhyg.* 23: 25-29.
- RENNER, E. 1973. Vergleichende Untersuchungen über die Zellzahl- und Laktosebestimmung in der Milch zur Feststellung von Eutererkrankungen. *Deutsche Molkerei-Zeitung* 94: 296-303.
- RENNER, E. 1974. Beziehungen zwischen dem Laktosegehalt der Milch und Sekretionsstörungen beim Rind. *Tierzüchter* 26: 18-20.
- RENNER, E. 1975a. Investigations on some parameters of the milk for the detection of subclinical mastitis. *Kirjassa: IDF Bulletin, Document 85* 53-58.

- RENNER, E. 1975b. Untersuchungen über mehrere Parameter der Milch zur Feststellung von Sekretionsstörungen. *Archiv f. Lebensmittelhyg.* 26: 163-171.
- RENNER, E. 1976. Untersuchungen über mehrere Parameter der Milch zur Feststellung von Sekretionsstörungen. *Archiv f. Lebensmittelhyg.* 27: 77.
- RENNER, E. 1980. Mastitis control by lactose determination in milk. *Proc. Conf. on Resistance Factors and Genetic Aspects of Mastitis Control.* Jablonna, Poland. 56-66.
- RENNER, E. & ÖMEROGLU, S. 1971. Untersuchungen über die automatisierte Fett- und Eiweißgehaltsbestimmung in Milch mit dem Infrarot-Milchanalysator (IRMA). *Deutsche Molkerei-Zeitung* 92: 2079-2084, 2116-2123.
- ROOK, J.A.F. & WHEELOCK, J.V. 1967. The secretion of water and of watersoluble constituents in milk. *J. Dairy Res.* 34: 273-287.
- ROTSCHIEDT, W. 1981. *Veterinary Bulletin* 51, 4750. Ref. GLABOWNA et al. 1988. The influence of selected factors upon the lactose level in milk as mastitis indicator. *Milchwissenschaft* 43: 22-24.
- SALONIEMI, H. 1987. Uusinta tietoa soluista. *Karjalalous* 3: 26-27.
- SANDHOLM, M. 1986a. Utareen puolustusreaktiot. *Kirjassa: Utareen sairaudet* (Toim. Sandholm, M. ja Kaartinen, L.) Helsinki 299 s.
- SANDHOLM, M. 1986b. Tulehdusvaste utaretulehduksessa. *Kirjassa: Utareen sairaudet* (Toim. Sandholm, M. ja Kaartinen, L.) Helsinki 299.
- SANDHOLM, M. & MATTILA, T. 1985. Merits of different indirect tests in mastitis detection (cell counting, NAGase, BSA, antitrypsin). *Kieler Milchw. Forsch.ber.* 37 (4): 334-339.
- SCHALM, O.W., CARROLL, E.J. & JAIN, N.C. 1971. *Bovine Mastitis.* Philadelphia. 360 s.
- SCHULTZE, W.D. 1985. Developments in the identification of diseased udder quarters on cows. *Kieler Milchw. Forsch.ber.* 37 (4): 319-328.
- SHOOK, G.E. & ALI, K.A. 1980. Heritability and repeatability of somatic cell concentration in herds on production testing. In: 31st Ann. Mtg. European Assoc. Anim. Prod., München, September 1-4, 1980
- SISSOKO, S., WIESNER, H.-U., NOGAI, K. & SCHÜTZ, M. 1984. Laktosegehalt in Harn und Milch des Rindes bei subklinischer β -Streptokokken-Mastitis. *Deutsche Tierärztl. Wochenschrift* 91: 151-154.

- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. 1981. *Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. Second Edition.* 859 s. W. H. Freeman and Company, USA.
- STAHLHUT-KLIPP, H. 1973. Beziehungen zwischen dem Gehalt an somatischen Zellen und dem Lactosegehalt in Viertelmelken. *Milchwissenschaft* 28: 766-768.
- STRANDBERG, E. 1985. Estimation procedures and parameters for various traits affecting lifetime milk production. A review. Kirjassa: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjursförädling och sjukdoms-genetik, rapport 67 68 s.
- SYVÄJÄRVI, J. 1984. Tutkimuksia maitorotuisten sonnien jälkeläis-arvostelun varmistamiseksi ja monipuolistamiseksi. 14 s. Liite: Tarkkailulehmien maidon solupitoisuuden vaihtelu ja yhteys maidontuotantoon. 78 s. Kotieläinjalostuksen tiedote no 64.
- SYVÄJÄRVI, J. 1986. Soluluvun käyttö. Kirjassa: Utareen sairaudet (Toim. Sandholm, M. ja Kaartinen, L.) Helsinki 299 s.
- SYVÄJÄRVI, J., HANNULA, E. & KOIRANEN, L. 1981. Karjantarkkailun utareterveysraportit. Suomen Eläinlääk.lehti 87: 331-337.
- TOLLE, A. 1969. Neue Wertmassstäbe zur Beurteilung biochemischer Veränderungen der Rohmilch. *Milchwissenschaft* 24: 457-465.
- TOLLE, A., REICHMUTH, J. & HEESCHEN, W. 1976. Untersuchungen über mehrere Parameter der Milch zur Feststellung von Sekretionsstörungen. *Archiv f. Lebensmittelhyg.* 27:71-77.
- TRAORÉ, A., SCHULZ, J. & BEUCHE, W. 1979. Zur diagnostischen Bedeutung des Laktosegehalts in Viertelanfangsgemelkproben bei verschiedenen Eutergesundheitsstörungen. *Archiv f. exp. vet.med.* 33: 519-525.
- Valion neuvontaosasto 1977. Utaretulehduksen ehkäisy 41 s. Helsinki.
- VAN VLECK, L.D. & DONG, M.C. 1988. Genetic (co)variances for milk, fat and protein yield in Holsteins using an animal model. *J. Dairy Sci.* 71: 3040-3046.
- WIGGANS, G.R. & SHOOK, G.E. 1987. Lactation measure of somatic cell count. *J. Dairy Sci.* 70: 2666-2672.
- VOIGTLÄNDER, K.H. & BOTHEN, S. 1978. Monatshefte für Veterinärmedizin 33: 295-298. Ref. GLABOWNA et al. 1988. The influence of selected factors upon the lactose level in milk as mastitis indicator. *Milchwissenschaft* 43: 22-24.

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 yhteyssonnien 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., PUNTILO, 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 monisyntyttävää 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. Lihanautakokeiden 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. Lihanautakokeiden tuloksia III. 26 s.
33. KALLIO, M. , 1979. Sperman määrän ja laadun perinnöllisyydestä Salpausselän Keinosiemennysyhdistyksen sonneilla. *Laudaturtyö*, 110 s.
34. KATAJAMÄKI, U. , 1979. Yksilöarvostelun mahdollisuudet suomenlampaan lihantuotantokyvyn jalostamisessa. *Pro gradu-työ*, 83 s.

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

55. OJALA, M. , 1982. Vanhempien tuotantotietojen ja eräiden ympäristötekijöiden yhteys sonnien kasvukoetuloksiin. *Laudaturtyö*, 54 s.
56. OJALA, M. , 1982. Kilpailutulosten käyttöarvosta ravihevosten jalostuksessa. *Lisensiaattityö*, 16 s.
57. KENTTÄMIES, H. , 1982. Naudanlihantuotantoon vaikuttavista geneettisistä tekijöistä ja ympäristötekijöistä sekä kasvun mittaamisesta kenttäkokeissa. *Lisensiaattityö*, 104 s.
58. HUHTANEN, P. , 1982. Suomenkarjan kokonaistaloudellisuus muihin ro-tuihin verrattuna. *Laudaturtyö*, 82 s.
59. KUOSMANEN, S. , 1983. 305-pv:n maitotuotoksen ennustaminen osatuotostietojen perusteella. *Pro gradu-työ*, 100 s.
60. HEISKANEN, M.-L. , 1983. Hevosen keinosiemennys tuore- ja pakastespermalla. *Pro gradu-työ*, 63 s.
61. MARKKULA, M. , 1984. Kanojen yleiseen sairaudenvastustuskykyyn liittyviä tekijöitä. 24 s.
62. MÄNTYSAARI, E. , 1984. Valintaindeksi jälkeläisarvosteltujen keinosiemennyssonniin kokonaisjalostusarvon kuvaajana. *Pro gradu-työ*, 86 s.
63. LAUKKANEN, H. , 1984. Maidon sähkönjohtokykyyn vaikuttavat tekijät ja johtokyvyn käyttömahdollisuuksista utaretulehduksen vastustamisessa. *Pro gradu-työ*, 68 s.
64. SYVÄJÄRVI, J. , 1984. Tutkimuksia maitorotuisten sonnien jälkeläisarvostelun varmistamiseksi ja monipuolistamiseksi. *Lisensiaattityö*, 14 s.
LIITE: Tarkkailulehmien maidon solupitoisuuden vaihtelu ja yhteys maitontuotantoon. 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 tuotantominaisuuksissa. *Pro gradu-työ*, 89 s.
70. SAASTAMOINEN, M. , 1985. Lypsylehmän karkearehun syönti- ja hyväksikäyttökäyvyn 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 keinosiemennyssonniin kasvukyky ja sen arvostelu. *Pro gradu-työ*, 79 s.
77. ALASUUTARI, T. , 1987. Maitorotuisten sonniin tyttären karsiintuminen ja sonniin 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. MÄNTYÄHO, 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. *Pro gradu-työ*, 60 s.
89. KORHONEN, T. , 1990. Maidon laktoosipitoisuuteen vaikuttavat tekijät sekä laktoosipitoisuuden yhteydet solulukuun ja maidon muihin aineosiin. *Pro gradu-työ*, 62 s.

ISBN 951-45-5577-5

ISSN 0356-1429

Helsinki 1990

Yliopistopaino