

**Punnitustarkkailun tulosten käyttö-
mahdollisuudet lihakarjan jalostuksessa**

Ulla Voutilainen

Kotieläinten jalostustieteen laitos

Helsinki 1989

Julkaisijat:

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

**PUNNITUSTARKKAILUN TULOSTEN KÄYTTÖ-
MAHDOLLISUUDET LIHAKARJAN JALOSTUKSESSA**

**Ulla Voutilainen
Kotieläinten jalostustieteen
pro gradu -työ 1989**

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, mitkä systemaattiset ympäristötekijät vaikuttavat lihakarjan eri kasvuominaisuuksiin ja miten niiden vaikutukset voidaan poistaa. Lisäksi tarkoituksena oli tutkia, voitaisiinko liharotuisille eläimille laskea jalostusarvon ennusteet BLUP-menetelmää (best linear unbiased prediction) ja eläinmallia käyttäen.

Aineisto käsitti Suomen lihakarjantarkkailutiedot vuosilta 1976 - 1987. Tietoja oli 21191 vasikasta, 7791 lehmästä ja 2531 sonnista. Syntymäpaino oli punnittu 13409 vasikalta, vieroituspaino eli paino noin 200 päivän iässä 11614 vasikalta ja paino noin 365 päivän iässä 7637 vasikalta. Vasikoista 59 % oli herefordrotua (Hf), 29 % aberdeen angus -rotua (Ab), 10 % charolaisrotua (Ch) ja 2 % limousinrotua (Li). Isiä oli yhteensä 1243, joilla oli keskimäärin 17 jälkeläistä. Vasikoista noin 13 % oli keinosiemennyssonnien jälkeläisiä.

Aineisto analysoitiin Helsingin yliopiston kotieläinten jalostustieteen laitoksella käyttäen WSYS-ohjelmistoa. Tutkittavat ominaisuudet olivat vasikoiden syntymäpaino, vieroitusta edeltävä päiväkasvu, vieroituspaino, vieroituksen jälkeinen päiväkasvu ja paino vuoden iässä. Ympäristötekijöiden vaikutuksia tutkittiin pienimmän neliösumman eli LS-analyysillä (least squares). Tutkittavia ympäristötekijöitä olivat vasikan syntymävuosi ja -vuodenaika, sukupuoli, punnitusikä, emän rotu ja poikimaikä sekä karjan keskipaino. Ominaisuuksien periytyvyysasteet ja korrelaatiot laskettiin LS-analyysiä ja isänpuoleista puolisisarkorrelaatiomenetelmää käyttäen.

Hf-rotuisille eläimille laskettiin syntymäpainon, vieroituspainon ja vuoden iässä punnitun painon jalostusarvojen ennusteet BLUP-menetelmää ja eläinmallia käyttäen. Kotieläinten jalostustieteen laitoksella kehitetyllä ohjelmalla voidaan laskea eläimille sekä niiden isille ja emille jalostusarvon

ennusteet käyttäen hyväksi kaikki yksilön omat ja sen sukulaisten tulokset. Ennusteiden luotettavuuden edellytyksenä on, että karjojen välillä on riittävästi perinnöllisiä yhteyksiä eli että eri tiloilla on käytetty samoja tai samansukuisia sonneja. Lihakarja-aineistossa näitä yhteyksiä on vähän keinosiemennyksen käytön vähäisyydestä johtuen, ja siksi tutkimuksessa kokeiltiin useita erilaisia karja-vuosi-luokituksia, joilla yhteyksien määrää voitaisiin lisätä. Lopulta päädyttiin karja-vuosiryhmä -luokitukseen, jossa vuodet yhdistettiin 2 - 3 vuoden ryhmiin, jolloin isien lukumäärä luokkaa kohti suureni.

Tutkimuksen perusteella ei voitu varmasti päätellä eläinmalli-BLUP:in soveltuvuutta nykyisten liharotujemme valtakunnalliseen jalostusarvosteluun, ennen kuin tarkkailuun kuuluvien eläinten määrä ja keinosiemennyksen käyttö lisääntyvät. Menetelmä sopii kuitenkin hyvin karjojen sisäiseen arvosteluun, ja se on luotettavampi kuin nykyisin käytetty korjattuihin ja suhteellisiin painoihin perustuva arvostelu, koska eläinmalli ottaa huomioon kaikkien sukulaisten ja parituskumppanien tulokset.

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO	1
KIRJALLISUUSKATSAUS	3
1. Lihakarjan tärkeimmät jalostettavat ominaisuudet ja niiden perinnölliset tunnusluvut	3
1.1. Lihantuotanto-ominaisuudet	3
1.2. Emo-ominaisuudet ja hedelmällisyys	9
2. Eläinten jalostusarvojen ennustaminen	12
2.1. Valintaindeksit	13
2.2. BLUP-menetelmän käyttömahdollisuudet lihakarjan jalostuksessa	19
AINEISTO JA MENETELMÄT	23
1. Aineisto	23
1.1. Aineiston koko ja käytettävissä olevat tiedot	23
1.2. Arvostellut ominaisuudet	24
1.3. Aineistoa ja sen rakennetta kuvaavia tekijöitä	25
1.4. Aineisto jalostusarvojen ennusteita laskettaessa	31
2. Menetelmät	32
2.1. Tilastolliset mallit ympäristötekijöiden vaikutuksia tutkittaessa	32
2.2. Tilastollinen malli korjauskertoimien laskemiseksi	36
2.3. Jalostusarvojen ennustaminen BLUP-menetelmällä	36
TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	39
1. Punnitustulosten keskiarvot ja vaihtelu roduittain	39
2. Punnitustuloksiin vaikuttavat tekijät	41
2.1. Vuoden vaikutus	41
2.2. Vasikan sukupuolen vaikutus	41
2.3. Vasikan syntymävuodenajan vaikutus	43
2.4. Emän rodun vaikutus	44
2.5. Emän poikimäiän vaikutus	45
2.6. Vasikan punnitusiän vaikutus	47
2.7. Karjan keskipainon vaikutus	48

3. Punnitustuloksiin vaikuttavien tekijöiden korjaaminen BLUP-arvostelua varten	48
4. Ominaisuuksien periytyvyysasteet	53
5. Ominaisuuksien väliset korrelaatiot	54
6. Jalostusarvojen ennusteet	56
6.1. Eri tavoilla laskettujen jalostusarvon ennusteiden vertailu	56
6.2. Jalostusarvon ennusteiden käyttö karjan sisäisessä arvostelussa	60
7. Eri ominaisuuksien yhdistäminen lehmien, sonnien tai nuorten yksilöiden indeksiksi	61
 JOHTOPÄÄTÖKSET	 66
 KIRJALLISUUSLUETTELO	 68

JOHDANTO

Emolehmiin perustuvasta lihantuotannosta on keskusteltu paljonkin viime aikoina. Lypsylehmien määrä vähenee ja sitä myötä myös välitysvasikoiden määrä. Tässä tilanteessa emolehmä-tuotannon kehittäminen voisi olla osaltaan turvaamassa naudanlihan saatavuutta.

Liharotuisten eläinten kasvatusta alkoi Suomessa 1950-luvulla. Lihakarjantarkkailutoiminta aloitettiin 1970-luvun puolivälissä. Tarkkailuun on kuulunut vuosittain noin 150 - 200 karjaa ja noin 2000 emolehmää. Kaikkiaan emolehmiä on Suomessa noin 9000, joista tarkkailun ulkopuolella olevat ovat yleensä risteytyskarjoissa (taulukko 1).

Taulukko 1. Emolehmien lukumäärät Suomessa vuodesta 1983 lähtien (MTH, 1987 ja 1988; Vehmaan-Kreula, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988 ja 1989)

	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Emolehmiä	9100	7800	8900	9100	8900	9600
Hiehoja emolehmiksi	5200	6600	4400	4100	4600	5900
Emolehmiä tarkkailussa	2345	2011	2295	2145	1733	1979

Lihakarjantarkkailu on pääasiassa vasikoiden kasvun seuraimista. Vasikat punnitaan niiden syntyessä, 200 päivän sekä 365 päivän iässä. Paino 200 päivän iässä eli vieroituspaino kuvaa enimmäkseen emän maidontuotantokykyä, kun taas paino vuoden iässä kuvaa vasikan omaa kasvukykyä. Vieroituspainot ja vuoden iässä punnitut painot korjataan vasikan punnitusiän suhteen ja lisäksi vieroituspaino korjataan emän poikimäiän

suhteen. Näistä korjatuista painoista lasketaan ns. suhteelliset painot, joilla vasikoiden painoja verrataan karjan keskitasoon.

Korjattuihin ja suhteellisiin painoihin perustuva valinta voi olla tehokasta vain omassa karjassa samaa sukupuolta olevien eläinten välillä. Emolehmien ja sonnien valintaan tarvittaisiin jalostusindeksiä, joka olisi vertailukelpoinen kaikkien samanrotuisten eläinten kesken. Tällaisen indeksin käyttökelpoisuuden edellytyksenä on, että samanrotuisten karjojen välillä on riittävästi perinnöllisiä yhteyksiä eli että eri tiloilla on käytetty samoja tai samansukuisia sonneja. Lisäksi kasvitulosten on oltava mahdollisimman vertailukelpoisia, ja siksi ne on korjattava kaikkien systemaattisia eroja aiheuttavien tekijöiden suhteen.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää lihakarjantarkkailuaineiston perusteella, mitkä systemaattiset ympäristötekijät vaikuttavat lihakarjan eri kasvuominaisuuksiin, syntymäpainoon, vieroitusta edeltävään päiväkasvuun, vieroituspainoon, vieroituksen jälkeiseen päiväkasvuun sekä painoon vuoden iässä. Lisäksi tarkoitusta oli tutkia, voitaisiinko liharotuisille eläimille laskea jalostusarvojen ennusteet BLUP-menetelmää (best linear unbiased prediction) ja eläinmallia (animal model) hyväksikäyttäen sekä miten eri ominaisuudet voitaisiin yhdistää eläimen geneettistä arvoa kuvaavaksi kokonaisindeksiksi.

KIRJALLISUUSKATSAUS

1. Lihakarjan tärkeimmät jalostettavat ominaisuudet ja niiden perinnölliset tunnusluvut

Lihakarjan kasvatuksen taloudellisuuteen vaikuttavat monet ominaisuudet, joiden periytyminen sukupolvesta toiseen ja suhteet muihin ominaisuuksiin ovat hyvin erilaisia. Lihantuotantokyky on luonnollisesti jokaisen liharotuisen eläimen tärkein ominaisuus. Lisäksi siitokseen valittavilta eläimiltä vaaditaan hyvää hedelmällisyyttä, riittävää maidontuotantokykyä sekä hyviä käyttöominaisuuksia: kestävyyttä, terveyttä ja hyvää rakennetta.

1.1. Lihantuotanto-ominaisuudet

Eläinten nopeakasvuisuus on yleensä edellytys taloudellisuuteen naudanlihantuotannossa. Nopeaan kasvuun liittyy myös tehokas rehun hyväksikäyttökyky sekä hyvä ruhon koostumus. Tavoitteena on, että eläin saavuttaa tietyn painon mahdollisimman nopeasti ja vähentää siten ylläpitokustannuksia tai kasvaa samassa ajassa painavammaksi, jolloin ruhosta saadaan parempi hinta.

Kasvunopeus

Kasvunopeus mitataan yleensä punnitsemalla eläin tietyissä iässä. Käytännössä kaikkia eläimiä ei voida punnita täsmälleen samanikäisinä, vaan paino korjataan punnitusiän suhteen. Korjaus perustuu jonkin eläimeltä aikaisemmin punnitun painon

ja korjattavan painon väliseen keskimääräiseen päiväkasvuun. Vasikan kasvu on lähes lineaarista 160 ja 250 päivän välillä, mutta lineaarisuus ei jatku sitä pidempään (Cunningham ja Henderson, 1965).

Kasvutuloksiin vaikuttavia systemaattisia tekijöitä ovat mm. eläimen rotu, sukupuoli, syntymävuosi, syntymävuodenaika, ikä punnittaessa, emän poikimaikä sekä karja ja maantieteellinen alue (Pabst ym., 1977a; Kalm ym., 1978a; Leighton ym., 1982). Sukupuolen vaikutus voimistuu eläimen vanhetessa, kun taas emän poikimaiän ja syntymävuodenajan vaikutus pienenee kasvatustajan pidentyessä.

Kasvunopeus on yleensä kohtalaisesti periytyvä ominaisuus. Syntymäpainon periytyvyysastearviot (h^2) ovat kirjallisuuden mukaan 0.40 - 0.45, vieroitusta edeltävän kasvun 0.26 - 0.30 ja vieroituksen jälkeisen kasvun 0.32 - 0.50 (Woldehawariat, 1977; Preston ja Willis, 1974). Joitakin arvioita on taulukossa 2.

Syntymäpainon tiedetään olevan yhteydessä poikimavaikeuksiin, mutta myös myöhempään painoihin (taulukko 3). Jos valinnalla pyritään poikimavaikeuksien vähentämiseen karsimalla suuria syntymäpainoja, geneettinen edistymisen kasvuominaisuuksissa hidastuu. Näin on käynyt esim. Ruotsissa, jossa herefordrodun jalostusarvojen paraneminen on ollut huomattavasti nopeampaa kuin charolaisrodun, jossa valinta on kohdistunut etupäässä vasikkakuolleisuuden vähentämiseen (Henningson, 1985).

Taulukko 2. Eri iässä mitattujen painomittojen periytyvyysasteen (h^2) arvioita

Ominaisuus	Rotu _a	N	h^2	Tutkija
Syntymäpaino	Li	78088	0.22	} Bertrand ja Benyshek, 1987
	Br	20750	0.25	
	Si	5578	0.32	s) Burfening ym., 1978
	Ab,Hf	5691	0.43	
				0.35 l) 1982
	Hf,Ab	2684	0.48	Buddenberg ym., 1986
	Hf	1650	0.49	
	rist.	4639	0.79	Cundiff ym., 1986
Vieroitusta edeltävä kasvu (g/pv)	Si	5578	0.28	Burfening ym., 1978 Kennedy ja Henderson, 1975
	Hf,Ab	84021	0.32	
Vieroituspaino	Li	53494	0.16	} Bertrand ja Benyshek, 1987
	Br	46661	0.28	
	Si	5578	0.28	Burfening ym., 1978 Kennedy ja Henderson, 1975
	Hf,Ab	84021	0.32	
	Hf	1357	0.42	Aronen, 1985
	Hf,Ab	5691	0.63	s) Bourdon ja Brinks, 0.69 l) 1982
Vieroituksen jälkeinen kasvu (g/pv)	Hf,Ab	69986	0.41	Kennedy ja Henderson, 1975
	Hf,Ab	5691	0.52	
	Hf	1321	0.63	s) Bourdon ja Brinks, 0.31 l) 1982 Henningsson, 1985
	Ch	728	0.52	
Paino vuoden iässä	Hf,Ab	69986	0.48	Kennedy ja Henderson, 1975
	Hf,Ab	5691	0.73	
			0.66	s) Bourdon ja Brinks, l) 1982

a: Si = simmental
 Hf = hereford
 Ab = aberdeen angus
 Li = limousin
 Br = brown swiss
 Ch = charolais
 rist. = risteytys

N = havaintojen lukumäärä
 s = sonni
 l = lehmä

Eri iässä punnittujen painojen tai kasvunopeuksien väliset korrelaatiot ovat yleensä korkeita ja positiivisia, mikä osoittaa suurelta osin samojen geenien vaikuttavan kasvuun eri ikäkausina (taulukko 3). Heikompi kasvu ennen vieroitusta

eli heikompi emän maidontuotanto kompensoituu nopeampana kasvuna vieroituksen jälkeen, ja siksi valinta yksinomaan vieroituspainon perusteella johtaisi heikompaan edistymiseen (Neville ym., 1962; Sabin ym., 1961).

Taulukko 3. Eri kasvuominaisuuksien välisiä korrelaatioita sonneille (yläkolmio) ja hiehoille (alakolmio). Geneettiset korrelaatiot ovat ylärivissä ja fenotyyppiset korrelaatiot alarivissä (Koch ym., 1973)

	Synt.paino	Kasvu 1	Paino 1	Kasvu 2	Paino 2
Synt.paino		0.10 0.18	0.41 0.35	0.42 0.31	0.53 0.43
Kasvu 1	0.28 0.27		0.95 0.98	0.14 0.15	0.58 0.69
Paino 1	0.53 0.43	0.96 0.98		0.26 0.20	0.70 0.73
Kasvu 2	0.30 0.34	0.47 0.07	0.49 0.13		0.87 0.81
Paino 2	0.45 0.51	0.76 0.69	0.79 0.74	0.92 0.75	

Kasvu 1 = vieroitusta edeltävä päiväkasvu

Paino 1 = vieroituspaino

Kasvu 2 = vieroituksen jälkeinen päiväkasvu

Paino 2 = paino 452 - 550 päivän iässä

Rehun hyväksikäyttökyky

Eläimen rehun syöntikyky ja rehun hyväksikäyttökyky eli kasvukiloa kohti tarvittava rehumäärä vaikuttavat lihantuotannon taloudellisuuteen. Käytännössä rehun hyväksikäyttökykyä mitataan vain kasvatusasemalla sonnien yksilöttestauksessa, joista saatuja tuloksia käytetään keinosiemennyssonnien valinnassa. Tiloilla rehun kulutuksen mittaaminen lienee mahdotonta, joten tulevaisuudessakin rehun hyväksikäyttökykyä on mahdollista jalostaa vain siitossonnien valinnan kautta.

Rehun hyväksikäyttökyyvyn ja myös syöntikyyvyn h^2 -arvioissa on paljon vaihtelua, mutta yleensä keskiarvot ovat 0.40 - 0.45 (Preston ja Willis, 1974; Woldehawariat, 1977) (taulukko 4).

Rehun hyväksikäyttökyyky on kiinteästi yhteydessä kasvunopeuteen jo senkin vuoksi, että kasvunopeuden parantuessa tarvitaan vähemmän aikaa tietyn painon saavuttamiseen, jolloin ylläpitoenergian osuus kokonaistarpeesta pienenee. Fenotyyppinen korrelaatio rehun hyväksikäytön ja kasvunopeuden välillä on -0.71 - -0.96 ja geneettinen korrelaatio -0.84 - -0.94 (Maijala, 1977). Geneettinen korrelaatio ei kuitenkaan kaikkien tutkimuksien mukaan ole niin suuri, ettei valinnassa lainkaan tarvitsisi ottaa huomioon rehunkäyttökyykyä (Preston ja Willis, 1974). Korrelaatio on itseisarvoltaan huomattavasti pienempi, jopa lähellä nollaa, jos kasvukoetta ei lopeteta tietyssä iässä tai painossa, vaan tietyssä rasvoittumisasteessa (Warwick ja Legates, 1979).

Taulukko 4. Rehun syöntikyyvyn ja hyväksikäyttökyyvyn periytyvyysasteiden (h^2) arvioita

Ominaisuus	Rotu _a	N	h^2	Tutkija
Rehun syöntikyyky	Ab,Hf	1143	0.11-0.18	Brown ym., 1986
	Ab,Hf,Sh	1324	0.64	Koch ym., 1963
Rehun hyväksikäyttökyyky	Ab,Hf	1143	0.20-0.36	Brown ym., 1986
	Ab,Hf,Sh	1324	0.36	Koch ym., 1963

a: Ab = aberdeen angus N = havaintojen lukumäärä
 Hf = hereford
 Sh = shorthorn

Ruhon koostumus

Ruhon arvo lasketaan kilohinnasta, joka määräytyy teuraspainon, laatuluokan ja rasvakirjaimen mukaan. Näiden teurastamolta saatavien tietojen tallennus on aloitettu Suomessa vuonna 1986, joten niidenkin käyttö mahdollisessa jälkeläis-

arvostelussa tulee mahdolliseksi. Laatuluokka ja rasvakirjain määritetään tosin subjektiivisesti arvioimalla, joten niiden avulla ei voida saada kovin tarkkaa arviota todellisesta ruhon laadusta. Koko ruhon tai ruhon osien paloittelu ja leikkaus eri lajitelmiin antavat tarkempaa tietoa liha-, luu- ja rasvaprosenteista ja arvokkaiden ruhonosien osuuksista, mutta niiden käyttö rajoittuu suppeisiin tutkimusaineistoihin.

Teuraspainon osuus elopainosta eli teurasprosentti voidaan määrittää, jos eläimet punnitaan ennen teurastusta. Tähän eivät teurastamot eivätkä kasvattajat ole toistaiseksi halunneet ryhtyä, mutta pyrittäessä taloudellisempaan tuotantoon olisi myös teurasprosentin käyttö jälkeläisarvostelussa hyödyllistä.

Elävän eläimen teuraslaadun määrittäminen on vaikeaa. Ulkomuodon arvostelu kertoo jonkin verran eläimen rasvoittumisesta, mutta hyvin vähän lihaskudoksen määrästä tai liha-luusuhteesta. Ultraäänilaitteella voidaan mitata pintarasvakerroksen paksuus, ja sitä käytetäänkin sonnien yksilöttestauksessa.

Ruhon koostumusta kuvaavien ominaisuuksien h^2 -arviot vaihtelevat suuresti. Ruhon rasvaisuuden h^2 -arviot ovat ehkä luotettavimpia: kirjallisuusyhteenvedossa (Preston ja Willis, 1974) keskiarvoksi on saatu 0.50. Arvokkaiden ruhonosien osuuden h^2 -arvio on hieman alhaisempi, kun taas pitkän selkähakkeen ala on voimakkaasti periytyvä ($h^2 = 0.60 - 0.70$). Maku ominaisuuksien h^2 -arvioissa on hyvin paljon vaihtelua arvostelun subjektiivisuuden vuoksi (Preston ja Willis, 1974).

Rakenne

Liharotuisia eläimiä ei arvostella Suomessa ulkoisen rakenteen perusteella muutamaa näyttelyeläintä lukuun ottamatta. Toisena äärimmäisyytenä on USA, jossa liharotujen jalostus on viime vuosikymmeniin asti keskittynyt ulkomuotoarvosteluun.

Minimivaatimus emolehmän rakenteelle lienee, että runko, jalat ja utareet ovat riittävän hyvin muodostuneet kestävään normaalit hoito-olot sekä vasikkatuotannon ja imetyksen rasi-
tukset. Siitokseen valittavien eläinten rakenne tulisi arvostella ja mahdollisesti karsia heikoimmat yksilöt.

Rakenteeseen liittyy myös kestävyys ja terveys. Lihakarjalla tosin pääasiallinen poiston syy lienee mahous, joten kestävyyttä on vaikea erottaa hedelmällisyydestä. Lihakarjan terveystarkkailu aloitettiin Suomessa vuonna 1986.

1.2. Emo-ominaisuudet ja hedelmällisyys

Maidontuotantokyky

Emolehmän maidontuotantokykyä mitataan yleensä vain vasikan lisäkasvuna imetyksenaikana. Vasikat punnitaan noin 200 päivän iässä eli lähellä vieroitusta. Tämän painon katsotaan kuvavan osittain vasikan omaa kasvukykyä, mutta suureksi osaksi myös emän maidontuotanto- ja hoitokykyä. Siksi vasikoiden vieroituspainoja tulisi käyttää hyväksi emien valinnassa. Korrelaatiot maidontuotannon ja vasikan kasvun välillä vaihtelevat 0.30 - 0.80 eri tutkimuksissa (Warwick ja Legates, 1979). Hyvä maidontuotantokyky voi tosin aiheuttaa myös ongelmia. Mikäli lisääntynyttä ravinnontarvetta ei voida jostakin syystä tyydyttää, tiinehtymisessä voi tulla vaikeuksia.

Emän käyttäytyminen vasikkaa ja hoitajaa kohtaan vaikuttavat vasikan alkukehitykseen sekä hoitotyöhön. Buddenberg ym. (1986) totesivat kuitenkin, että emon hoitokyvyn ja aggressiivisuuden periytyvyysasteet ovat lähellä nollaa, joten niihin vaikuttavat etupäässä muut kuin geneettiset tekijät.

Hedelmällisyys

Lisääntymistehokkuus tai hedelmällisyys on yksi lihakarjan jalostuksen perustavoitteista. Liharotuisen lehmän päätuote on vasikka, joten lehmän pitäisi pystyä tuottamaan vasikka säännöllisesti kerran vuodessa. Siksi nopea tiinehtyminen ja poikimisen onnistuminen ovat tärkeitä ominaisuuksia. Käytännössä poikimiset pyritään ajoittamaan kevättalveksi tai kevääksi ja tiinehtymättä jääneet lehmät karsitaan.

Yleensä kaikkien hedelmällisyysominaisuuksien, ehkä tiineysajan kestoa lukuun ottamatta, periytyvyysasteet ovat alhaisia (taulukko 5). Tämä johtuu ilmeisesti osaksi koko historian ajan toteutuneesta luonnonvalinnasta, jolloin hedelmällisimpien yksilöiden jälkeläiset ovat aina jatkaneet sukua. Lisäksi ruokinta- ja ympäristöolot vaikuttavat huomattavasti lisääntymisominaisuuksiin.

Syntymäpainon tiedetään olevan selvästi yhteydessä poikimavaikeuksiin ja vasikkakuolleisuuteen (taulukko 6). Yhteys ei ilmeisesti ole aivan lineaarinen, sillä poikimavaikeuksien esiintyminen lisääntyy, kun syntymäpaino ylittää tietyn arvon (Meijering, 1984). Toisaalta myös hyvin pienet syntymäpainot lisäävät vasikkakuolleisuutta, joten syntymäpainolla on tietty optimialue.

Lihakarjantarkkailussa kirjataan myös poikimavaikeuksien esiintyminen, mutta sen arviointi on hyvin tilakohtaista ja subjektiivista. Ainoa mahdollisuus lieneekin siksi syntymäpainoihin kohdistuva valinta tai ainakin hyvin suuria vasiikoita tuottavien lehmien ja sonnien karsinta.

Poikimavaikeuksien esiintyminen ja vasikkakuolleisuus ovat yhteydessä myös tiineysajan pituuteen, lehmän kokoon ja lantion pinta-alaan. Jos lantion leveys ja korkeus voitaisiin luotettavasti mitata, niihin kohdistuva valinta vähentäisi poikimavaikeuksia lisäämättä silti lehmän kokoa (Morrison ym., 1986).

Taulukko 5. Hedelmällisyysominaisuuksien periytyvyysasteen (h^2) arvioita

Ominaisuus	Rotu _a	N	h^2	Tutkija
Tiineysajan pituus	Ab,Hf	5691	0.36 s } 0.37 l }	Bourdon ja Brinks, 1982
	Si,Li	4474	0.41 l	Azzam ja Nielsen, 1987
	Si	5578	0.48	Burfening ym., 1978
	rist.	4639	0.78	Cundiff ym., 1986
Ensimmäisen poikimisen pvm	Si,Li	4228	0.09 l	Azzam ja Nielsen, 1987
Poikimavai- keudet	Si	5578	0.32	Burfening ym., 1978
	rist.	4639	0.42	Cundiff ym., 1986
Avustetut poikimiset %	Si	5578	0.25	Burfening ym., 1978
Vasikan eloonjääminen	rist.	4639	0.11	Cundiff ym., 1986
Lantion ala	Ab,Hf	703	0.56	Morrison ym., 1986
	Hf	427	0.68	Nelsen ym., 1986

N = havaintojen lukumäärä

s = sonni

a: Ab = aberdeen angus

l = lehmä

Hf = hereford

Si = simmental

Li = limousin

rist. = risteytys

Taulukko 6. Syntymäpainon ja eräiden hedelmällisyysominaisuuksien välisiä geneettisiä (r_g) ja fenotyyppejä korrelaatioita (r_f)

Ominaisuus	r_g	r_f	Tutkija
Tiineysajan pituus	0.63		Cundiff ym., 1986
	0.30	0.20	Burfening ym., 1978
	0.25	0.32	Bourdon ja Brinks, 1982
Poikimavaikeudet	0.85		Cundiff ym., 1986
	0.33	0.31	Burfening ym., 1978
	0.90		Philipsson ym., 1979
Vasikkakuolleisuus	0.40		Philipsson ym., 1979

2. Eläinten jalostusarvojen ennustaminen

Eläinten jalostusarvon mahdollisimman tarkka arvioiminen on tärkeää, jotta eläimet voitaisiin asettaa geneettiseen paremmuusjärjestykseen. Järjestyksen perusteella voidaan valita yksilöt, joiden jälkeläiset muodostavat seuraavan sukupolven. Karjan sisällä arvostelua tarvitaan valittaessa lehmät, joiden lehmävasikat tullaan käyttämään uudistukseen ja joiden sonnivasikoista mahdollisesti kasvatetaan omaan karjaan siitossonneja. Valtakunnallisesti arvostelun perusteella voitaisiin valita sonninisät ja -emät.

Emolehmätuotannon taloudellisuuteen vaikuttavat monet eri ominaisuudet. Monia ominaisuuksia valittaessa voidaan käyttää ns. tandem-, minimivaatimus- tai indeksimenetelmiä. Tandemenetelmässä kiinnitetään huomio vuoron perään jokaiseen ominaisuuteen. Menetelmä on huomattavan hidas nautakarjalla, jonka sukupolviväli on pitkä. Minimivaatimusmenetelmässä asetetaan jokaiselle ominaisuudelle alaraja, joka jokaisen valitun eläimen on ylitettävä. Valintaindeksimenetelmässä jokaista ominaisuutta painotetaan suoraan sen suhteellisen merkityksen mukaan. Mitä suurempi on huomioon otettavien ominaisuuksien lukumäärä, sitä suurempi edistyminen saadaan aikaan käyttämällä indeksivalintaa verrattuna tandem- tai minimivaatimusmenetelmiin.

Indeksimenetelmällä voidaan myös yhdistää eri lähteistä, esimerkiksi sukulaisilta, yksilöltä itseltään ja sen jälkeläisiltä saatuja tietoja. Myös näiden eri indeksien yhdistäminen on mahdollista. Tarkoituksena on kaikissa tapauksissa koota mahdollisimman paljon tietoa yhdeksi eläimen jalostusarvoa kuvaavaksi luvuksi.

2.1. Valintaindeksit

Yksilön a valintaindeksi yhden ominaisuuden suhteen on:

$$I_a = b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

missä b_i = painokerroin, $i = 1, \dots, n$ ja

X_i = yksilön tai sukulaisten tuloksia.

Valintaindeksiltä haluttuja ominaisuuksia Van Vleckin (1983) mukaan ovat:

1. Indeksii maksimoi todellisen jalostusarvon (T) ja indeksiarvon (I) välisen korrelaation (r_{TI}).
2. Indeksii minimoi todellisen jalostusarvon ja sen ennusteen välisen erotuksen neliön $E[(T-I)^2]$.
3. Indeksii asettaa eläimet mahdollisimman oikeudenmukaiseen arvojärjestykseen.
4. Indeksii maksimoi valitun ryhmän todellisen jalostusarvon keskiarvon.

Yhdistettäessä eri ominaisuuksia eläimen taloudelliseksi kokonaisjalostusarvoksi indeksiyhtälö on:

$$T_a = v_1G_{1a} + v_2G_{2a} + \dots + v_mG_{ma}$$

missä G_{ja} on eläimen a ominaisuuden j additiivinen geneettinen arvo ja

v_j on ominaisuuden j taloudellinen nettoarvo.

T_a voidaan ennustaa käyttäen hyväksi tuloksia X_i :

$$T_a = I = \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \dots + \beta_nX_n$$

missä β_i on sellainen painokerroin, jonka avulla maksimoidaan r_{TI} .

Indeksiyhtälö voidaan ratkaista joko epäsuorasti laskemalla ensin eri ominaisuuksien osagenotyyppien indeksit, jotka yhdistetään kokonaisgenotyyppiksi, tai laskemalla kokonaisgenotyyppin indeksi suoraan. Epäsuoran menetelmän etu on, että taloudellisten painojen muuttuessa b_i -kertoimia ei tarvitse ratkaista uudelleen, vaan uudet taloudelliset painot voidaan sijoittaa suoraan indeksiyhtälöön (Van Vleck, 1983).

Esimerkiksi valintaindeksiyhtälöryhmä ominaisuudelle j on ($T_j = G_j$):

$$\begin{array}{rcccccc} \sigma_{X_1}^2 & b_{j1} & + \sigma_{X_1 X_2} & b_{j2} & + \dots & + \sigma_{X_1 X_n} & b_{jn} & = \sigma_{X_1 G_j} \\ \sigma_{X_1 X_2} & b_{j1} & + \sigma_{X_2}^2 & b_{j2} & + \dots & + \sigma_{X_2 X_n} & b_{jn} & = \sigma_{X_2 G_j} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & \vdots & \\ \sigma_{X_1 X_n} & b_{j1} & + \sigma_{X_2 X_n} & b_{j2} & + \dots & + \sigma_{X_n}^2 & b_{jn} & = \sigma_{X_n G_j} \end{array}$$

mistä saadaan:

$$I_j = b_{j1}X_1 + b_{j2}X_2 + \dots + b_{jn}X_n$$

Yhtälöryhmä ratkaistaan kaikille ominaisuuksille:

$$\begin{array}{rcccc} I_1 & = & b_{11}X_1 & + & b_{12}X_2 & + & \dots & + & b_{1n}X_n \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ I_m & = & b_{m1}X_1 & + & b_{m2}X_2 & + & \dots & + & b_{mn}X_n \end{array}$$

Indeksit I_m yhdistetään eläimen taloudellisen kokonaisjalostusarvon ennusteeksi:

$$T = I = v_1 I_1 + v_2 I_2 + \dots + v_m I_m$$

Korjatut painomitat

Suomen lihakarjantarkkailussa ei ole käytössä eri ominaisuuksia tai eri sukulaisten tietoja yhdistäviä indeksejä. Korjaamalla eläinten eri ikäisinä punnittuja painoja joidenkin ympäristötekijöiden suhteen voidaan kuitenkin verrata karjan

tietyssä iässä punnittuja vasikoita keskenään. Nykyisin vasikat punnitaan Suomen lihakarjantarkkailussa heti syntymän jälkeen, noin 200 päivän iässä sekä noin 365 päivän iässä. Vieroitusta edeltävä päiväkasvu tai vieroituspaino kuvaavat etupäässä emän maidontuotantokykyä. Vieroituksen jälkeinen päiväkasvu, paino vuoden iässä tai myöhemmät painot kuvaavat eläimen omaa kasvukykyä. Paino vuoden iässä onkin tärkein peruste siitoseläinten valinnassa. Tosin myöhään teuraskypsäksi tulevien rotujen, kuten charolaisen ja limousinin, kasvu jatkuu intensiivisenä myöhempään, ja siksi on harkittu siirtymistä punnitsemaan niitä 400 - 500 päivän iässä, jotta eläinten koko kasvukyky saataisiin esille.

Syntymäpaino on punnittava viimeistään viikon kuluessa syntymästä. Sitä ei korjata minkään ympäristötekijän suhteen. Koska käytännössä kaikkien vasikoiden punnitseminen täysin samaan aikaan olisi mahdotonta, on painot korjattava vasikan punnitusiän suhteen. Korjattu 200 päivän paino lasketaan eläimille, jotka on punnittu 150 - 250 päivän iässä, sekä korjattu 365 päivän paino eläimille, jotka on punnittu 325-405 päivän iässä. Esimerkiksi korjattu vieroituspaino (K 200) saadaan seuraavasti:

$$K\ 200 = \frac{\text{punnittu paino} - \text{syntymäpaino}}{\text{ikä punnittaessa (pv)}} * 200 + \text{syntymäpaino}$$

Muista ympäristötekijöistä Suomessa korjataan ainoastaan emän poikimäiän vaikutus vieroituspainoon multiplikatiivisellä korjauskertoimella. Ikäkorjauskertoimet ovat:

Emän ikä poikiessa	Korjauskerroin
- 24 kk	1.12
25 - 30 kk	1.10
31 - 42 kk	1.06
43 - 54 kk	1.03
55 -126 kk	1.00
127- kk	1.05

Kun paino on korjattu, siitä lasketaan ns. suhteellinen paino vertaamalla painoa karjan kaikkien samana vuonna syntyneiden, saman rotuisten ja samaa sukupuolta olevien vasikoiden vastaavien painojen keskiarvoon (Anon., 1987b).

Ruotsin lihakarjantarkkailussa käytetään samankaltaisia korjaustekijöitä, mutta myös syntymäpaino korjataan emän poikimaiän mukaan. Lisäksi vasikan sukupuolen vaikutus syntymä- ja vieroituspainoon korjataan additiivisesti. Korjaus määritetään karjan sonni- ja lehmävasikoiden syntymäpainojen keskiarvojen erosta, mikäli samana vuonna on syntynyt yli 20 vasikkaa. Tätä pienemmissä karjoissa käytetään apuna myös koko maan keskiarvojen eroa (Anon., 1987a).

USA:ssa emän poikimaiän vaikutus vieroituspainoon korjataan additiivisesti. Sonni- ja lehmävasikoille käytetään erilaisia korjaustekijöitä. Eri sukupuolta olevia yksilöitä ei yleensä verrata keskenään (Anon., 1981). Korjaus vasikan punnitusiän suhteen tehdään samoin kuin Suomen lihakarjantarkkailussa, kun vasikka on punnittu alle 230 päivän ikäisenä. Sitä vanhempien vasikoiden kasvua ei oleteta enää lineaariseksi, vaan korjattuihin painoihin lisätään 1.5 - 6.0 %, kun vasikan ikä nousee 230 päivästä 280 päivään (Anon., 1986).

Yksilön ja sen sukulaisten tuloksiin perustuva jalostusarvoindeksi

Eläimen vanhempien ja isovanhempien sekä jälkeläisten tuloksia voidaan yhdistää yksilöarvosteluun parantamaan sen varmuutta. USA:ssa, missä karjat ovat usein suuria, monet jalostusyhdistykset laskevat jalostuseläimille vieroitus- ja myöhempien painojen jalostusarvoindeksijä, jotka helpottavat tilan sisäistä valintaa ja myytävien eläinten markkinointia. Jalostusarvojen laskemiseen käytetään yksilön, sen isän ja emän puoleisten puolisisarten keskiarvojen sekä yksilön jälkeläisten keskiarvon poikkeamia karjan keskiarvosta. Näin arvostelun varmuutta voidaan parantaa 15 - 20 % verrattuna pelkkään yksilöarvosteluun.

Kasvuominaisuuksien lisäksi USA:ssa voidaan laskea jalostusarvo myös emän maidontuotantokyvylle eli ns. maternaali jalostusarvo. Lihakarjalla maidontuotanto voidaan mitata vain vasikan kasvusta, joten ominaisuuden mittana käytetään vasikan painon lisääystä ennen vieroitusta. Jalostusarvo voi sisältää yksilön puolisisarten, -serkkujen sekä omien vasikoidensa suhteellisten vieroituspainojen keskiarvoja. Maternaali jalostusarvo voi auttaa kasvattajaa parantamaan karjansa emien maidontuotantoa sekä edistämään samanaikaisesti myös kasvuominaisuuksia valitsemalla tavanomaisen jalostusarvon mukaan (Anon., 1981).

Tietokonekapasiteetin kasvaessa USA:ssa ollaan siirtymässä BLUP-menetelmän käyttöön myös lihakarjan jalostusarvojen laskemisessa.

Usean ominaisuuden valintaindeksi

Useimmat lihakarjalle kehitetyistä valintaindekseistä sopivat vain pienelle tietyissä tuotanto-olosuhteissa kasvatetulle eläinjoukolle. Lihakarjaa kasvatetaan esimerkiksi USA:ssa hyvin erilaisissa oloissa eri intensiteeteillä, jolloin myös jalostustavoitteet ja eri ominaisuuksille asetettavat taloudelliset painot ovat erilaisia.

Eräissä Euroopan maissa on kuitenkin käytössä jonkinlaisia valintaindeksejä. Tanskassa, Ranskassa, Englannissa ja Ruotsissa lasketaan jalostusarvoindeksi lehmille, Englannissa ja Ranskassa myös sonnivasikoille ja sonneille (Rehben, 1986).

Yleensä noin vuoden iässä punnittu paino on valinnan lähtökohta, koska se kuvaa parhaiten eläimen omaa kasvukykyä. Mikäli huomiota halutaan kiinnittää emo-ominaisuuksiin, voidaan mukaan ottaa myös vieroituspaino. Jos valitaan vain näiden ominaisuuksien perusteella, myös poikimavaikeudet lisääntyvät syntymäpainon kohotessa, joten usein syntymäpaino on

myös liitetty indeksiin. Muita ominaisuuksia, kuten teuraslaatua tai rehun hyväksikäyttökykyä, ei yleensä mitata kailkilta eläimiltä, mutta esimerkiksi kasvukokeessa olleiden sonnien indeksissä nekin voivat olla mukana. Lisäksi voidaan eri ominaisuuksille antaa erilainen paino arvosteltaessa lehmä, sonneja ja nuoria eläimiä.

Ruotsissa kehitettiin vuonna 1980 indeksi 200 ja 365 päivän iässä punnituille eläimille sekä lehmäindeksi. Ns. nuoren eläimen indeksi eli U-indeksi voidaan laskea jo 200 päivän korjatulle painolle, mutta varsinaisesti vasta 365 päivän U-indeksiä käytetään valinnan perusteena, koska emän vaikutukselle ei haluta antaa liikaa painoa. Indeksien taloudellisten painojen laskuperusteena on käytetty tietoja kuolleen vasikan hinnasta sekä parantuneen kasvun arvosta lihamäärässä sekä rehuhyötysuhteessa. Eri roduille on laskettu omat painoker- toimensa.

Esimerkiksi Hf-rodun U-indeksi =

$$0.1196 \text{ (korjattu 365 pv paino - karjan 365 pv ka.)} + \\ (-0.3392 \text{ (syntymäpaino - karjan syntymäpainon ka.)}) + 100$$

Keskiarvoa suuremmista syntymäpainoista siis "rangaistaan". Myöskään kovin pieniä syntymäpainoja ei haluta suosia, ja siksi keskiarvoa alempien painojen poikkeamat otetaan huomi- oon vain -5 kg:aan asti.

Lehmäindeksi muodostuu lehmän omasta U-indeksistä sekä ns. jälkeläisindeksistä, joka on yksinkertaisesti jälkeläisten U- indeksien keskiarvo painotettuna jälkeläisten lukumäärän mu- kaan, koska jälkeläisten lukumäärän kasvaessa paranee myös arvostelun varmuus.

$$\text{Lehmäindeksi} = F_1 \text{ (Lehmän U-indeksi)} + F_2 \text{ (jälkeläisindeksi)} \\ + 100$$

Kertoimien F_1 ja F_2 suuruudet riippuvat jälkeläisten lukumää- rästä siten, että lehmän oman U-indeksin merkitys pienenee, mitä enemmän jälkeläisiä sillä on (Anon., 1987a). Lehmäindek- sin laskutapaa on kuitenkin kritisoitu siitä, että se antaa

liian suuren painon lehmän omalle U-indeksille, eikä siten kerro todellista kuvaa lehmän arvosta kasvuominaisuuksien periyttäjänä (Christensen, 1986).

Ranskassa lasketaan useita erilaisia indeksejä sonneille ja lehmille (Ménissier, 1988). Ominaisuuksien taloudelliset painot ovat erilaisia eri roduilla ja myös rodun sisällä puhdas- ja risteytysjalostukseen tarkoitetuille eläimille. Keinosiemennyssonneille lasketaan yksilötestaustulosten perusteella indeksi, jossa on mukana paino ja päiväkasvu testin aikana, rehun hyväksikäyttökyky sekä lihaksiston kehitys testin lopussa. Tiloilla jälkeläisarvostelluille astutussonneille lasketaan indeksi, jossa on mukana vasikoiden syntymäpaino, paino 210 päivän iässä sekä lihaksiston ja luuston kehitys (Ménissier, 1988).

Keinosiemennyssonnit jälkeläisarvostellaan testausasemilla sekä poikien lihantuotantokyvyn että tyttärien emo-ominaisuuksien perusteella (Ménissier, 1988). Jälkeläisarvostelluille sonneille lasketaan useita eri indeksejä: kasvu (paino, lihaksiston ja luuston kehitys), hedelmällisyys (tiineysprosentti, elävien vasikoiden osuus, sukukypsyyssikä), poikimiset (helppojen poikimisten osuus, syntymäpaino, lantioaukon ala), maidontuotantokyky (maitotuotos mittaamalla vasikoiden painonlisäys imetyksen aikana, paino 120 päivän iässä, lihaksiston kehitys vieroitukseen mennessä).

2.2. BLUP-menetelmän käyttömahdollisuudet lihakarjan jalostuksessa

Tähän asti lihakarjan jalostuksessa on ollut käytössä vain suhteellisen yksinkertaisia indeksejä, joissa arvostelun perusteena on yksilön tulosten poikkeama karjan keskiarvosta. Edellistä luotettavampi mutta laskennallisesti monimutkaisempi on ns. BLUP-menetelmä, jossa karjan kaikki eläimet arvioidaan samanaikaisesti olettamatta karjan keskiarvoa tunnetuksi. Sukulaisten tulokset voidaan myös ottaa huomioon

järjestämällä eläinten väliset sukulaisuussuhteet sukulaisuusmatriisin muotoon. Näin saadaan karjan jokaiselle yksilölle ns. paras harhaton lineaarinen jalostusarvon ennuste eli BLUP.

Aineiston rakenne

Kenttäaineistojen soveltuvuus karjojen väliseen eläinten arvosteluun riippuu geneettisten yhteyksien määrästä niiden karjojen välillä, joista aineisto on kerätty. Yhteydet voivat muodostua eri yksilöistä, joilla on jälkeläisiä joko samassa ryhmässä tai eri ryhmissä, jolloin ryhmiä yhdistää joku yksilö, jolla on jälkeläisiä molemmissa ryhmissä (Parnell ym., 1986). Mikäli karjojen välillä on riittävästi sukulaisuussuhteita, karjojen väliset geneettiset ja ei-geneettiset erot tulevat huomioon otetuiksi ja saatuja jalostusarvoja voidaan käyttää myös eri karjojen yksilöiden väliseen vertailuun.

Eri karjojen välinen vaihtelu eläinten tuloksissa johtuu osaksi karjojen geneettisten tasojen eroista, mutta suuri osa vaihtelusta johtuu ilmastossa, ruokinnassa ja hoidossa olevista eroista tai muista karjaan liittyvistä ympäristötekijöistä. Harhaa voivat aiheuttaa myös erilaiset paritus- ja valintamenetelmät karjojen välillä. Siksi eri karjojen eläinten tulosten suora vertailu voi olla harhaan johtavaa (Parnell ym., 1986).

Suomessa, kuten useimmissa muissakin maissa, lihakarjoissa käytetään suhteellisen vähän keinosiemennystä, joten ongelmana saattaa olla riittävien sukulaisuuksien löytäminen karjojen välillä. Ainakin USA:ssa ja Ranskassa ongelmaa on yritetty ratkaista käyttämällä siemennyksissä suunnitellusti ns. vertailusonneja. Yksi tai useampi keinosiemennyssonni nimetään vuosittain vertailusonniksi, ja näitä sonneja käytetään kaikissa karjoissa osaan parituksista yhden tai kahden vuoden aikana geneettisten yhdyssiteiden saamiseksi karjojen välille. Ranskassa on aloitettu näiden vertailusonnien avulla karjojen omien astutussonnien jalostusarvojen laskeminen.

Yhden oman sonnin luotettavasti arvioiminen vaatii noin puolet parituksista tehtäväksi vertailusonnilla, mutta arvostelun luotettavuuden kovin paljon kärsimättä voidaan keinosiemennyksen osuutta pienentää noin kolmasosaan (Foulley ja Clerget-Darpoux, 1978). Kanadalaisesta aineistosta tehdyn simulointitutkimuksen mukaan riittävä vertailusonneilla tehtyjen paritusten osuus on 10 - 20 % kaikista parituksista riippuen hyväksyttävästä ennustevirheen suuruudesta (Hudson ym., 1980).

Tilastolliset mallit

Kuvattaessa eläinten tuotoksia ja niiden riippuvuutta eri tekijöistä käytetään tilastollisia lineaarimalleja. Kiinteiden tekijöiden mallia käytetään yleisimmin pienimmän neliösumman eli least squares (LS) analyysin yhteydessä, jossa tutkitaan systemaattisten ympäristötekijöiden vaikutuksia eri ominaisuuksiin. Eläinten jalostusarvojen arvioimiseen on käytetty valintaindeksiä olettamalla kiinteiden tekijöiden vaikutukset tunnetuiksi. Hendersonin (1973) kehittämä BLUP-menetelmä on eräänlainen pienimmän neliösumman analyysin ja valintaindeksin yhdistelmä. Menetelmässä korjataan ei-geneettisistä tekijöistä johtuvat erot samanaikaisesti jalostusarvojen ennustamisen kanssa. Lisäksi BLUP-menetelmä on valintaindeksiä tehokkaampi, kun eri luokissa on erilaiset määrät havaintoja tai kun käytetään hyväksi eri sukulaisten tuloksia. BLUP ottaa myös huomioon geneettisen edistymisen ja valinnan vaikutukset (Quaas ja Pollak, 1980).

Sukulaisuuksia voidaan ottaa huomioon kulloinkin tarkoituksenmukaisella tavalla. Yleisesti käytetään ns. isämallia maitorotuisten keinosiemennyssonnien jälkeläisarvostelussa, jossa geneettisistä tekijöistä vain isän vaikutus on mallissa mukana. Malliin voidaan ottaa myös emänisän ja emän vaikutukset, jolloin puhutaan emänisä- tai isä-emämallista. Ottamalla huomioon myös yksilön oman tuloksen voidaan arvostelua laajentaa koskemaan myös nuoria eläimiä, joilla ei vielä ole jälkeläisiä. Ns. yksilökohtaista eläinmallia eli eläinmallia

onkin kokeiltu jo eri maiden lihakarjapopulaatioissa (Wilson ym., 1985; Graser ja Hammond, 1985).

Tulevaisuudessa tietokoneiden kapasiteetin edelleen kasvaessa tulee mahdolliseksi useiden ominaisuuksien samanaikainen ja-
lostusarvojen ennustaminen (Henderson ja Quaas, 1976). Usean ominaisuuden analyysiä käyttämällä voidaan välttää valinnasta johtuva harha. Esimerkiksi valittaessa eläimiä vieroituspai-
non perusteella eläimet eivät enää vuoden iässä ole satunnai-
nen otos.

AINEISTO JA MENETELMÄT

1. Aineisto

Tutkimuksen aineistona olivat Suomen Kotieläinjalostusyhdistyksen tallentamat lihakarjan tarkkailutulokset. Ensimmäiset havainnot olivat jo 1960-luvun puolelta, koska jo silloin eläimiä merkittiin Ruotsin kantakirjaan ja tietoja siirrettiin myöhemmin Suomen rekisteriin. Suomen Lihakarjayhdistys aloitti liharotuisten eläinten kantakirjauksen Suomessa vuonna 1976, jolloin myös eläinten punnitustulosten tallentaminen alkoi lisääntyä. Siksi tutkimuksen aineisto rajattiin tarkkailutuloksiin vuodesta 1976 lähtien. Aineisto hankittiin vuoden 1987 lokakuussa, joten sen vuoden aineisto ei ollut vielä täydellinen.

1.1. Aineiston koko ja käytettävissä olevat tiedot

Aineisto käsitti kolme tiedostoa: varsinaisen vasikointitiedoston sekä erilliset sonnien ja lehmien polveutumistiedot. Vasikointitiedostoon oli talletettu seuraavat tiedot siten, että lehmän jokainen poikiminen oli omana tietueenaan:

1. Tiedot emästä: maatalouskeskus, karjanumero, korvanumero, syntymäaika, rotu, polveutumislukko, poikimakerta ja -tyyppi;
2. Tiedot vasikasta: syntymäpäivämäärä, sukupuoli, isän rotu ja kantakirjanumero;
3. Vasikan punnitustiedot: syntymäpaino, paino noin 200 päivän iässä, paino noin 365 päivän iässä, punnituspäivämäärät, korjatut 200 ja 365 päivän painot.

Lehmien ja sonnien polveutumistiedostoihin oli talletettu tunnistustietojen lisäksi niiden korjatut 200 ja 365 päivän painot, sekä niiden vanhempien ja isovanhempien tunnistustiedot.

Alkuperäisessä aineistossa oli kaikkiaan 21191 vasikkatietuetta. Taulukossa 7 on erirotuisten vasikoiden lukumäärät. Lehmien perustiedostossa oli 7791 tietuetta ja sonnien perustiedostossa 2531 tietuetta. Vähintään yhden painotiedon sisältäviä tietueita oli 16232. Lisäksi usein puuttui emän tai isän rotu, isän kantakirjanumero tai vasikan punnitusikä, joten varianssianalyyseinä tietueluku jäi huomattavasti alkuperäistä alhaisemmaksi.

Taulukko 7. Vasikoiden lukumäärät roduittain

Isän rotu	Hf		Emän rotu ja risteytys				Li		Ay,Fr,	Yht.
	p	r	Ab	Ch	Ch	Ch	p	r	muu	
Hf	10104	1710	20	130	16	130	0	0	42	12152
Ab	28	213	5041	405	17	42	0	3	13	5762
Ch	33	259	42	33	857	664	0	0	6	1894
Li	22	59	12	18	3	79	180	21	9	403
Yht.	10187	2187	5115	586	893	915	180	24	70	20211

Hf = hereford

Ab = aberdeen angus

Ch = charolais

Li = limousin

p = puhdasrotuinen

r = risteytys

1.2. Arvostellut ominaisuudet

Suomen lihakarjantarkkailussa punnitaan eläinten syntymäpaino sekä paino 200 päivän ja 365 päivän iässä ja siksi tässä tutkimuksessa keskitytään näihin ominaisuuksiin. Tarkkailussa rekisteröidään myös poikimavaikeuksia kuvaava poikimatyyppi, mutta sen arvostelun subjektiivisuuden vuoksi se ei liene

kovin luotettava valinnan peruste. Lihakarjalla on muitakin taloudellisesti tärkeitä ja jalostettavia ominaisuuksia, kuten teuras- ja emo-ominaisuudet, mutta niitä ei toistaiseksi Suomen lihakarjantarkkailussa mitata.

Painojen lisäksi tutkittiin vasikoiden vieroitusta edeltäviä ja sen jälkeisiä päiväkasvuja. Punnittujen painojen ja punnitusikien perusteella laskettiin vasikan päiväkasvut ikäväleillä 0 - 200 päivää sekä 200 - 365 päivää seuraavasti:

$$\text{kasvu 1 (g/pv)} = \frac{\text{paino 1} - \text{syntymäpaino}}{\text{ikä punnittaessa (pv)}} * 1000 \text{ g}$$

$$\text{kasvu 2 (g/pv)} = \frac{\text{paino 2} - \text{paino 1}}{\text{punnitusten välinen aika (pv)}} * 1000 \text{ g}$$

paino 1 (kg) = punnittu paino 200 päivän iässä

paino 2 (kg) = punnittu paino 365 päivän iässä

1.3. Aineistoa ja sen rakennetta kuvaavia tekijöitä

Rotu

Aineistosta karsittiin maitorotuisten sonnien jälkeläiset, joita oli vain 97. Liharotuiset kantakirjatut sonnit ovat aina puhdasrotuisia. Aineisto jaettiin isän rodun mukaan neljäksi eri tiedostoksi (taulukko 8).

Lehmistä oli suuri osa erilaisia risteytyksiä. Ne ryhmiteltiin yksinkertaisesti puhtaisiin eläimiin sekä risteytyksiin, jolloin risteytyseläin tarkoittaa Hf- ja Ab-roduilla 1. - 5. polven risteytystä ja Ch- ja Li-roduilla 1. - 3. polven risteytystä.

Taulukko 8. Vasikoiden, sonnien ja lehmien lukumäärät isän rodun mukaan jaettuna sekä jälkeläisten lukumäärä isää ja emää kohti

Rotu	Vasikoita		Sonnejä		Lehmiä	
	kpl	%	kpl	jälk./isä	kpl	jälk./emä
Hf	12290	59.5	749	16.4	3687	3.3
Ab	5981	29.0	334	17.9	1631	3.7
Ch	1951	9.4	118	16.5	640	3.0
Li	424	2.1	42	10.1	191	2.2
Yht.	20646	100.0	1243	16.6	6149	3.4

Hf = hereford, Ab = aberdeen angus,
Ch = charolais, Li = limousin

Karjat

Aineistossa oli yhteensä 376 sellaista tilaa, joissa oli vähintään yhden vasikan painotiedot ja isän rotu ilmoitettu. Hf-rotuisia vasikoita oli 239 tilalla, Ab-rotuisia 136 tilalla, Ch-rotuisia 60 tilalla ja Li-rotuisia 23 tilalla. Siten yhteensä 82 karjassa oli vasikoiden isinä useamman rotuisia sonnejä. Emolehmiä oli kaikkiaan 6149, joilla oli keskimäärin 3.4 jälkeläistä (taulukko 8). Maantieteellisesti karjat ovat sijoittuneet eri puolille Suomea, mutta painottuvat selvästi Etelä- ja Länsi-Suomeen. Aineisto oli kuitenkin niin pieni, että yksikin suuri karja jonkin maatalouskeskuksen alueella vaikutti huomattavasti sen alueen havaintojen lukumäärään. Varsinkin Ch- ja Li-rotuisia karjoja oli alueellaan usein vain yksi, joten maantieteellisen alueen ottaminen mukaan ympäristötekijäksi oli mahdotonta.

Sonnien käyttö karjoissa

Aineistossa oli yhteensä 1243 liharotuista eri isää, joilla oli 20646 jälkeläistä eli yhdellä isällä oli keskimäärin 16.6 jälkeläistä (taulukko 8). Keinosiemennyssonnejä oli yhteensä 159, joilla oli yhteensä 2655 jälkeläistä. Hf-rotuisista vasikoista oli keinosiemennyssonniien jälkeläisiä 10.8 %, Ab-rotuisista 9.2 %, Ch-rotuisista 32.1 % ja Li-rotuisista 34.9 %.

Yleensä karjoissa oli kerrallaan vain yksi sonni ja lisäksi käytettiin jonkin verran keinosiemennystä. Noin 70 %:lla sonneista oli jälkeläisiä vain yhdessä karjassa, noin 15 %:lla kahdessa karjassa ja noin 8 %:lla sonneista yli viidessä karjassa (taulukko 9). Sonnia pidetään karjassa yleensä 1 - 3 astutuskauden ajan, ja siksi myös käytettyjen sonnien lukumäärä yhdessä karjassa oli suhteellisen pieni, keskimäärin 6.3 sonnia karjaa kohden.

Taulukko 9. Sonnien käyttö eri karjoissa

	Sonnia käytetty				
	1	2	3	4	yli 5 karjassa
Hf	529	109	34	18	54
Ab	219	51	22	11	23
Ch	73	12	10	1	22
Li	15	9	2	0	5
Yht.	836	181	68	30	104

Hf = hereford, Ab = aberdeen angus,
Ch = charolais, Li = limousin

Syntymävuosi ja -vuodenaika

Taulukossa 10 on eri vuosina syntyneiden vasikoiden lukumäärät roduttain. Vuoden 1987 aineisto ei ollut täydellinen, koska aineisto hankittiin lokakuussa -87. Eri rotujen osuuk- sissa ei ole tapahtunut suuria muutoksia vuosien mittaan. Limousinrotuisia eläimiä on tuotu Suomeen vasta 1980-luvun alussa.

Lihakarjan yleensä suositeltu poikima-aika on helmikuun lopulta huhtikuuhun. Aineiston vasikoista lähes 80 % oli syntynyt maaliskuu - toukokuussa, ja pelkästään huhtikuussa noin 37 % (taulukko 11).

Taulukko 10. Vuosittain syntyneiden vasikoiden lukumäärä roduittain (vähintään yhden painotiedon sisältävät tietueet)

Vuosi	Hf	Ab	Ch	Li	Yht.	%
1976	178	98	24	-	300	1.9
1977	261	146	38	-	445	2.8
1978	325	179	53	-	557	3.5
1979	468	247	85	-	800	5.0
1980	832	397	152	-	1381	8.6
1981	1016	523	197	3	1739	10.9
1982	1247	568	153	33	2001	12.5
1983	1267	607	153	71	2098	13.1
1984	1133	589	221	66	2009	12.6
1985	1114	611	238	93	2056	12.9
1986	1056	561	216	93	1926	12.1
1987	407	127	83	27	644	4.1
Yht.	9304	4653	1613	386	15956	100.0

Hf = hereford, Ab = aberdeen angus,
Ch = charolais, Li = limousin

Taulukko 11. Vasikoiden syntymäkuukausi roduittain (vähintään yhden painotiedon sisältävät tietueet)

Kuukausi	Hf	Ab	Ch	Li	Yht.	%
tammikuu	64	14	30	6	114	0.7
helmikuu	246	58	46	6	356	2.2
maaliskuu	2064	540	367	41	3012	18.9
huhtikuu	3481	1864	489	142	5976	37.4
toukokuu	1867	1352	279	100	3598	22.5
kesäkuu	874	477	154	37	1542	9.7
heinäkuu	318	193	104	15	630	3.9
elokuu	146	79	64	8	297	1.9
syyskuu	82	45	27	9	163	1.0
lokakuu	57	16	25	9	107	0.7
marraskuu	62	5	22	9	98	0.6
joulukuu	43	10	15	4	72	0.5
Yht.	9304	4653	1613	386	15956	100.0

Hf = hereford, Ab = aberdeen angus,
Ch = charolais, Li = limousin

Emän poikimaikä

Taulukossa 12 on eri rotuisten emien poikimaikä vuosina. Poikimaikä laskettiin poikimapäivämäärän ja lehmän syntymäpäivämäärän erotuksena. Hf- ja Ab-lehmät poikivat ensimmäisen kerran keskimäärin nuorempina kuin Ch- tai Li-lehmät. Hf-rodun keskimääräinen poikimaikä oli 57.1 kk, Ab-rodun 58.3 kk, Ch-rodun 60.9 kk ja Li-rodun vain 51.8 kk, mikä johtuu siitä, että Suomessa ei ole vielä kovin vanhoja Li-lehmiä.

Taulukko 12. Emän poikimaikä roduittain (vähintään yhden painotiedon sisältävät tietueet)

Emän ikä vuosina	Hf		Ab		Ch		Li	
	N	%	N	%	N	%	N	%
1	1016	11.6	590	13.3	59	3.8	23	6.6
2	1767	20.1	859	19.4	275	17.8	94	26.8
3	1469	16.7	722	16.3	290	18.8	71	20.2
4	1159	13.2	560	12.6	229	14.8	56	16.0
5	921	10.5	438	9.9	216	14.0	45	12.8
6	754	8.6	363	8.2	160	10.4	29	8.3
7	555	6.3	257	5.8	107	6.9	15	4.3
8	414	4.7	200	4.5	66	4.3	6	1.7
9	284	3.2	151	3.4	58	3.8	8	2.3
10	202	2.3	101	2.3	25	1.6	4	1.1
11	128	1.5	71	1.6	23	1.5		
12	60	0.7	51	1.2	14	0.9		
13	31	0.4	24	0.5	11	0.7		
14	14	0.2	21	0.5	6	0.4		
15	3	0.0	11	0.2	2	0.1		
yli 16	1	0.0	12	0.3	2	0.1		
Yht.	8778	100.0	4431	100.0	1543	100.0	351	100.0

Hf = hereford, Ab = aberdeen angus,

Ch = charolais, Li = limousin

N = havaintojen lukumäärä

Karjan keskipaino

Koska aineistossa ei ollut mitään tietoja karjojen ruokinta- ja hoitotasoista, koetettiin niitä selvittää laskemalla karjan vasikoiden painojen keskiarvo. Karjan keskipaino saatiin laskemalla karjan kaikkien vasikoiden lihakarjantarkkailussa jo korjattujen vieroituspainojen keskiarvo (taulukko 13).

Taulukko 13. Karjojen vieroituspainojen keskiarvot (kg) ro-
duittain

Rotu	Karjojen lkm	k.a.	s	min	max
Hf	179	213.6	30.2	130	498
Ab	102	211.1	27.3	146	298
Ch	35	271.2	35.5	206	386
Li	18	251.4	26.1	206	308

Hf = hereford, Ab = aberdeen angus,
Ch = charolais, Li = limousin
k.a. = keskiarvo, s = keskihajonta
min = minimi, max = maksimi

Ehkä pelkkää vieroituspainojen keskiarvoa paremmin karjan ruokintatasoa kuvaisi vieroitusta edeltäneiden ja sen jälkeisten kasvujen keskiarvo. Siten saataisiin esille myös erot vieroitettujen vasikoiden ruokinnan voimakkuuksissa. Tätä laskutapaa kokeiltiin Hf- ja Ab-roduilla (taulukko 14), mutta Ch- ja Li- roduille sitä ei kokeiltu, koska niissä oli hyvin vähän karjoja, joille tämä keskipaino olisi saatu laskettua.

Taulukko 14. Karjojen keskimääräinen kasvu (g/pv) Hf- ja Ab-
roduilla laskettuna vasikoiden vieroitusta edeltävien ja sen jälkeisten päiväkasvujen keskiarvoista

Rotu	Karjojen lkm	k.a.	s	min	max
Hf	82	795.9	132.5	498	1328
Ab	38	757.2	147.7	422	1061

Hf = hereford, Ab = aberdeen angus,
k.a. = keskiarvo, s = keskihajonta
min = minimi, max = maksimi

1.4. Aineisto jalostusarvojen ennusteita laskettaessa

Jalostusarvojen laskemista BLUP-menetelmällä kokeiltiin Hf-rotuisilla eläimillä vieroituspainoille, painoille vuoden iässä sekä syntymäpainoille. Sitä varten siirrettiin isän rodun mukaan kaikki Hf-eläimet omaksi tiedostokseen.

Lehmien perustiedostosta siirrettiin lehmien kantakirjanumerot ja polveutumisloukkatiedot poikimistiedostoon, jotta lehmien tunnistustiedot saatiin yksiselitteisiksi ja sukulaisten tietojen hyväksikäyttö mahdolliseksi. Pelkkä kantakirjanumero ei riitä lihakarjalla tunnistustiedoksi, koska eri rotuisilla ja myös saman rotuisilla puhtailla ja risteytyslehmillä voi olla sama kantakirjanumero. Siksi kaikille lehmille ja sonneille muodostettiin polveutumisloukan ja kantakirjanumeron sisältävä tunniste. Lehmille, joilla ei ollut kantakirjanumeroa, vaan ainoastaan maatalouskeskus-karja-korvanumero -tieto, annettiin juokseva numero yhdistettynä lehmän polveutumisloukka -tietoon. Vasikan tunniste muodostettiin yhdistämällä emän tunniste sekä poikimakuukausi ja -vuosi.

BLUP-ohjelmaa varten tiedostot muokattiin seuraavaan muotoon:
 karja-vuosi -luokka
 eläimen numero
 isän numero
 emän numero
 korjattu paino

Aineistoa karsittiin niin, että jokaisessa alaluokassa oli vähintään kaksi havaintoa. Lisäksi mukaan otettiin vasikkatiedostosta vain ne havainnot, joille korjattu paino saatiin laskettua. Lehmien ja sonnien tiedostoista kelpuutettiin myös pelkän sukulaistiedon sisältävät tietueet. Vieroituspainon jalostusarvoja laskettaessa tiedostossa oli karsinnan jälkeen noin 10000 tietuetta, joista noin 7000 sisälsi painotiedon ja loput vain eläimen ja isän tai emän numeron. Tiedostossa, josta laskettiin jalostusarvot painoille vuoden iässä, oli noin 8400 tietuetta, ja tiedostossa, josta laskettiin syntymäpainojen jalostusarvot, oli noin 12000 tietuetta.

2. Menetelmät

Aineisto analysoitiin Helsingin yliopiston kotieläinten jalostustieteen laitoksen WSYS-ohjelmistolla (Vilva, 1989). Eri painomittoihin vaikuttavia ympäristötekijöitä ja niiden korjaamista tutkittiin pienimmän neliösumman (LS) analyysillä (Harvey, 1970). Eri ominaisuuksien periytyvyysasteet laskettiin LS-analyysiä sekä isänpuoleista puolisisarkorrelaatiomenetelmää käyttäen.

Lisäksi Hf-eläimille laskettiin syntymäpainon, vieroituspainon sekä vuoden iässä punnitun painon jalostusarvon ennusteet BLUP-menetelmää ja eläinmallia käyttäen. Kotieläinten jalostustieteen laitoksella kehitetty ohjelma laskee eläimille sekä niiden isille ja emille jalostusarvon ennusteet käyttäen hyväksi kaikki yksilön omat ja sukulaisten tulokset (Vilva, 1989).

2.1. Tilastolliset mallit ympäristötekijöiden vaikutuksia tutkittaessa

Tutkittavia ympäristötekijöitä olivat vasikan syntymävuosi ja syntymävuodenaika, vasikan sukupuoli, ikä punnittaessa, vasikan emän rotu ja poikimaikä sekä karjan keskipaino. Käytetyt mallit olivat sekamalleja, joissa isä oli satunnaistekijä ja muut tekijät kiinteitä. Punnitusikä oli regressiotekijä. Malleissa μ oli yleiskeskisarvo ja e satunnainen virhetekijä.

Karjaa ei voitu ottaa malliin mukaan, koska sonneja oli käytetty usein vain yhdessä karjassa, ja siksi karjan vaikutusta ei voitu erottaa isän vaikutuksesta. Karjojen välisiä ruokinnan ja hoidon eroja koetettiin kuitenkin saada poistettua luokittelemalla eläimet karjansa keskipainon mukaan.

Karjan ottamista malliin kokeiltiin myös siten, että suuret karjat, joissa voitiin olettaa käytetyn useita sonneja, muodostivat jokainen oman luokkansa. Tällaisia yli 150 havaintoa sisältäviä karjoja oli 15. Tätä pienemmät karjat yhdistettiin keskipainojensa perusteella kahdeksaksi luokaksi. Tällaisen karjatekijän ottaminen malliin ei kuitenkaan onnistunut, kun isä oli mallissa mukana samanaikaisesti.

Tutkittiin myös mahdollisuutta yhdistää eri rodut varianssi-analyysejä varten ja ottaa rotu malliin kiinteäksi tekijäksi. Ominaisuuksien keskiarvot ja keskihajonnat eriroduilla olivat kuitenkin niin erilaiset, että päädyttiin pitämään rodut erillään. Lisäksi jalostusarvojen laskemista ajatellen näyttää epätodennäköiseltä, että rotujen välille risteytysten kautta saataisiin riittävästi geneettisiä yhteyksiä.

Malli 1

Syntymäpaino_{ijklmno} = μ + isä_i + vuosi_j + sukupuoli_k + poikimaikä_l + emän rotu_m + karjan keskipaino_n + e_{ijklmno}

Syntymävuosi luokiteltiin Hf-, Ab- ja Ch-roduilla kuuteen luokkaan, Li-rodulla neljään luokkaan:

Hf, Ab ja Ch: -76-81, -82, -83, -84, -85, -86-87

Li: -81-83, -84, -85, -86-87.

Emän poikimaikä luokiteltiin seuraavasti:

Hf ja Ab: alle 2.0, 2.0-2.5, 2.5-3.5, 3.5-4.5, 4.5-10.5 ja yli 10.5 vuotta

Ch: alle 2.5, 2.5-3.0, 3.0-4.0, 4.0-5.0, 5.0-7.0, 7.0-10.0 ja yli 10.0 vuotta

Li: alle 2.5, 2.5-3.0, 3.0-4.0, yli 4.0 vuotta

Emän rotu luokiteltiin kolmeen, Li-rodulla kahteen luokkaan:

Hf, Ab ja Ch: 1 = puhdasrotuinen, samaa rotua kuin isä

2 = saman rodun risteytys

3 = muu rotu

Li: 1 = puhdas Li, 2 = muu rotu

Karjan keskipaino luokiteltiin Hf- ja Ab-roduilla vieroitusta edeltävien ja sen jälkeisten päiväkasvujen keskiarvon mukaan ja Ch- ja Li-roduilla vieroituspainojen keskiarvon mukaan:

Hf: alle 550, 551-650, 651-700, 701-730, 731-760, 761-790, 791-810, 811-840, 841-880, 881-900, 901-950 ja yli 951 g/pv

Ab: alle 550, 551-600, 601-700, 701-750, 751-800, 801-850, 851-900, 901-1000 ja yli 1000 g/pv

Ch: alle 240, 241-250, 251-260, 261-270, 271-280, 281-290 ja yli 291 kg

Li: alle 240, 241-260, 261-280 ja yli 280 kg

Malli 2

$$Y_{ijklmnop} = \mu + isä_i + vuosi_j + vuodenaika_k + sukupuoli_l + poikimaikä_m + emän rotu_n + karjan keskipaino_o + b_1 * punnitusikä_{ijklmnop} + e_{ijklmnop}$$

Selitettävät muuttujat (y) olivat vieroitusta edeltävä päiväkasvu, vieroituspaino sekä paino vuoden iässä.

Syntymävuosi luokiteltiin samoin kuin mallissa 1 lukuunottamatta Li-rotua, jolla vieroituspainoa ja vieroitusta edeltävää päiväkasvua tutkittaessa vuodet jaettiin viiteen luokkaan: -76-82, -83, -84, -85 ja -86-87.

Syntymävuodenaika jaettiin kaikilla roduilla kolmeen luokkaan: lokakuu-maaliskuu, huhtikuu ja toukokuu-syyskuu.

Emän poikimaikäluokitus oli kuten mallissa 1, paitsi Li-rodun vieroituspainoa ja vieroitusta edeltävää päiväkasvua tutkittaessa se jaettiin viiteen luokkaan: alle 2.5, 2.5-3.0, 3.0-4.0, 4.0-7.0, yli 7.0 vuotta. Emän rotu -luokitus oli kuten mallissa 1.

Karjan keskipaino luokiteltiin Ch- ja Li-roduilla kuten mallissa 1, ja myös Hf- ja Ab-roduilla painoa vuoden iässä tutkittaessa. Vieroituspainoa ja vieroitusta edeltävää päiväkasvua tutkittaessa käytettiin seuraavaa karjan vieroituspainojen keskiarvoon perustuvaa luokitusta:

Hf: alle 160, 161-180, 181-190, 191-200, 201-210, 211-220, 221-230, 231-240, 241-250, 251-260, 261-270 ja yli 270 kg
 Ab: alle 160, 161-180, 181-190, 191-200, 201-210, 211-220, 221-230, 231-240, 241-250 ja yli 250 kg

Punnitusikä oli ikä punnittaessa päivinä, kun vasikka oli punnittu ikävälillä 150 - 250 päivää tutkittaessa vieroituspainoa ja vieroitusta edeltävää päiväkasvua, ja ikävälillä 325 - 405 päivää, kun y oli paino vuoden iässä. b_1 oli punnitusiän regressiokerroin.

Malli 3

$$Y_{ijklmn} = \mu + isä_i + vuosi_j + vuodenaika_k + sukupuoli_l + karjan\ keskipaino_m + b_1 * punnitusikä_{ijklmn} + e_{ijklmn}$$

Selitettävä muuttuja (y) oli vasikoiden vieroituksen jälkeinen päiväkasvu.

Vuosi luokiteltiin kuten mallissa 1 ja vuodenaika kuten mallissa 2 Hf- ja Ab-roduilla, mutta Ch- ja Li-roduilla vuodenaika ei ollut mallissa. Karjan keskipaino luokiteltiin kuten mallissa 1 paitsi Ch-rodulla, jolla keskipaino luokiteltiin neljään luokkaan: alle 260, 261-270, 271-280, yli 280 kg.

Punnitusikä oli ikä punnittaessa päivinä ikävälillä 325-405 päivää. b_1 oli punnitusiän regressiokerroin.

2.2. Tilastollinen malli korjauskertoimien laskemiseksi

Malli 4

$$\text{Vieroituspaino}_{ijklmnop} = \mu + \text{isä}_i + \text{vuosi}_j + \text{vuodenaika}_k + \text{sukupuoli}_l + \text{poikimaikä}_m + \text{emän rotu}_n + \text{karjan keskipaino}_o + b_1 * \text{punnitusikä}_{ijklmnop} + e_{ijklmnop}$$

Korjauskertoimet laskettiin vain Hf-rodulle. Tekijöiden luokitukset olivat kuten malleissa 1 ja 2 lukuunottamatta syntymävuotta, joka luokiteltiin seitsemään luokkaan silloin, kun vuoden vaikutus esikorjattiin: -76-80, -81, -82, -83, -84, -85, -86-87.

Samantapaista mallia käytettiin myös vuoden iässä punnitun painon korjaustekijöitä laskettaessa. Syntymäpainon korjaustekijöitä laskettaessa mallissa oli mukana vain sukupuoli, emän rotu ja emän poikimaikä.

2.3. Jalostusarvojen ennustaminen BLUP-menetelmällä

Jalostusarvon ennusteita laskettaessa käytettiin ns. eläinmallia, jossa otetaan huomioon kaikkien sukulaisten ja parituskumppanien tulokset. Malli sisältää yhden kiinteän tekijän, ns. karja-vuosi -luokan. Muiden ympäristötekijöiden vaikutus poistettiin esikorjauksin.

Malli 5

$$Y_{ijk} = \mu + k_i + a_j + e_{ijk}$$

Selitettävät muuttujat (Y_{ijk}) olivat vieroituspaino, paino vuoden iässä sekä syntymäpaino. k_i oli kiinteä karja-vuositekijä, a_j eläimen j additiivinen geneettinen vaikutus satunnaistekijänä ja e_{ijk} satunnainen virhetekijä.

Vieroituspainon jalostusarvon ennusteita laskettaessa karja-vuosi -tekijän luokitusta kokeiltiin useilla eri tavoilla. Edellytyksenä oli aina vähintään kaksi havaintoa luokkaa koh- ti. Ensin muodostettiin lasketuista karjan keskipainoista eräänlainen karjataso-vuosi -luokitus, jossa karjat jaettiin keskipainonsa perusteella yhteentoista ja vuodet kuuteen eri luokkaan, ja saatiin siten 66 eri luokkaa. Toiseksi kokeil- tiin tila-vuosi -luokitusta, jolloin saatiin 527 luokkaa. Kolmas luokitus oli pelkkä tila -luokitus, jolloin vuoden vaikutus esikorjattiin additiivisesti. Tällöin luokkia oli 205. Viimeiseksi kokeiltiin vuositekijän jakamista useamman vuoden ryhmiin, jolloin luokituksena oli karja-vuosiryhmä. Tätä luokitustapaa käytettiin myös syntymäpainon ja vuoden painon jalostusarvoja laskettaessa. Vuodet ryhmiteltiin kol- meen luokkaan: -76-81, -82-84 ja -85-87, jolloin karja-vuosi- ryhmä -luokkia oli kaikkiaan 366.

Matriisimuodossa malli voidaan esittää:

$$\underline{y} = \underline{X}\underline{b} + \underline{Z}\underline{a} + \underline{e}$$

missä

\underline{y} = tuotosvektori

\underline{X} = kiinteiden tekijöiden esiintymismatriisi

\underline{Z} = satunnaistekijöiden esiintymismatriisi

\underline{b} ja \underline{a} = vastaavat kiinteiden ja satunnaistekijöiden vektorit

\underline{e} = jäännöstermien vektori

Malliin liittyvät seuraavat oletukset:

- satunnaistekijöiden odotusarvot ovat nollia;
- eri tekijöiden välillä ei ole yhdysvaikutuksia;
- jalostusarvojen ja jäännösten varianssit oletetaan tunnetuiksi ja
- jäännöstekijöiden väliset kovarianssit ovat nollia.

Yhtälöiden ratkaisussa tarvittava jäännös- ja eläinvarianssien suhde saatiin vieroituspainon periytyvyysasteesta, jona käytettiin keskimääräistä arvoa 0.40. Kun jokaiselta eläimeltä on vain yksi tulos ja geneettisen varianssin oletetaan sisältävän vain additiiviset geenivaikutukset, niin varianssiosuhde on:

$$\sigma_{\epsilon}^2 / \sigma_{\text{eläin}}^2 = \sigma_{\epsilon}^2 / \sigma_{\text{add}}^2 = \frac{(1-h^2)\sigma_{\text{Y}}^2}{h^2 \sigma_{\text{Y}}^2} = \frac{1-h^2}{h^2}$$

Jalostustesarvojen ennusteet standardoitiin vähentämällä yksilön tuloksesta koko aineiston keskiarvo ja jakamalla erotus ennusteiden hajonnalla. Kertomalla tulos kymmenellä ja lisäämällä sata saatiin ennusteet, joiden keskiarvo oli sata ja hajonta kymmenen.

TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

1. Punnitustulosten keskiarvot ja vaihtelu roduittain

Taulukoissa 15 ja 16 on eri iässä punnittujen painojen ja päiväkasvujen lukumäärät, keskiarvot ja keskihajonnat roduittain. Syntymäpainoja oli punnittu yhteensä 13409 vasikalta, vieroituspainoja 11614 vasikalta ja painoja vuoden iässä enää 7637 vasikalta. Käytännössä syntymäpaino on helpointa punnita vaikka tavallista henkilövaakaa käyttäen, kun taas myöhempien painojen punnitsemiseen tarvitaan eläinvaakaa, jota kaikilla tiloilla ei ole. Kevyemmät rodut eli hereford ja aberdeen angus valitaan siitokseen ja myyntiin useimmiten jo ennen vuoden ikää, joten niillä vieroituspaino on tärkein valinnan peruste ja paino vuoden iässä jää usein punnitsematta.

Ch-rodun painot ja päiväkasvut ovat joka vaiheessa suurimmat ja Ab-rodun pienimmät, lukuunottamatta vieroitusta edeltävää päiväkasvua, jossa Ab-rotu menee Hf-rodun ohi; se kertoo lähinnä Ab-rodun hyvistä emo-ominaisuuksista. Painoissa ja päiväkasvuissa on myös rotujen sisällä erittäin paljon vaihtelua. Havainnot jakaantuivat melko hyvin normaalijakauman mukaisesti.

Taulukko 15. Eri iässä punnittujen painojen keskiarvot ja keskihajonnat roduittain

Rotu	Syntymäpaino			Vieroituspaino			Paino vuoden iässä		
	N	k.a.	s	N	k.a.	s	N	k.a.	s
Hf	7383	34.6	4.95	6921	204.8	42.7	4825	334.0	70.6
Ab	4064	31.1	4.42	3220	204.4	39.8	1670	321.9	68.1
Ch	471	43.5	6.94	987	266.1	49.1	818	423.0	76.2
Li	347	39.6	3.99	315	244.9	49.6	217	417.0	74.6
Yht.	13409	34.6	6.20	11614	211.0	46.4	7637	343.1	77.6

Hf = hereford, Ab = aberdeen angus,

Ch = charolais, Li = limousin

N = havaintojen lukumäärä, k.a. = keskiarvo, s = keskihajonta

Taulukko 16. Vieroitusta edeltävien ja sen jälkeisten päiväkasvujen (g/pv) keskiarvot ja keskihajonnat roduittain

Rotu	Vieroitusta edeltävä päiväkasvu			Vieroituksen jälkeinen päiväkasvu		
	N	k.a.	s	N	k.a.	s
Hf	4744	839	177	4481	780	298
Ab	2309	847	174	1202	694	260
Ch	768	1075	186	543	988	304
Li	268	1034	179	193	983	318
Yht.	8089	870	177	6419	788	292

Hf = hereford, Ab = aberdeen angus,

Ch = charolais, Li = limousin

N = havaintojen lukumäärä

k.a. = keskiarvo, s = keskihajonta

2. Punnitustuloksiin vaikuttavat tekijät

2.1. Vuoden vaikutus

Vasikan syntymävuosi vaikutti merkitsevästi Hf-rodun kaikkiin ominaisuuksiin. Muilla roduilla vuoden vaikutus oli vaihteleva (taulukko 17). Mitään selvää kehitystä painoissa ei vuosien mittaan ole tapahtunut, vaan erot eri vuosien välillä johtunevat erilaisista sää- ja ruokintaoloista. Kuitenkin 70-luvulla syntyneiden vasikoiden painot ja päiväkasvut olivat yleensä pienempiä kuin myöhemmin syntyneiden, joten pitemmällä aikavälillä on havaittavissa edistystä, mikä johtunee enimmäkseen ammattitaidon parantumisesta. Arosen (1985) Suomen lihakarjantarkkailuaineistosta vuosilta 1980 - 1982 tekemän tutkimuksen mukaan vuosi vaikutti merkitsevästi vieroituspainoon ja painoon vuoden iässä Hf-, Ab- ja Ch-roduilla, mutta ei syntymäpainoon.

2.2. Vasikan sukupuolen vaikutus

Vasikan sukupuoli vaikutti kaikkiin ominaisuuksiin kaikilla roduilla erittäin merkitsevästi. Lehmä- ja sonnivasikoiden välinen ero oli syntymäpainoissa noin 6 %, vieroituspainoissa ja vieroitusta edeltävässä kasvussa noin 9 %, vuoden iässä punnituissa painoissa noin 20 % ja vieroituksen jälkeisessä kasvussa jo noin 40 % (taulukko 18). Erot olivat kaikilla roduilla melko samanlaiset, paitsi että painavammilla roduilla (Ch ja Li) sukupuolten välinen suhteellinen ero näytti olevan suurempi ainakin syntymä- ja vieroituspainoissa. Ruotsalaisesta aineistosta saatujen tulosten mukaan lehmä- ja sonnivasikoiden välinen suhteellinen ero oli syntyessä 5.6 - 7.6 %, vieroituksessa 7.0 - 8.2 % ja vuoden iässä 14.4 - 16.8 %, ja myös siellä Ch-rodun sukupuolten välinen ero oli suhteessa suurempi kuin Hf-rodun (Kalm ym., 1978a). Arosen (1985)

mukaan ero vieroituspainoissa oli 6.5 - 7.4 %, eli hieman pienempi kuin tässä tutkimuksessa.

Taulukko 17. Vasikoiden paino ja kasvu eri ikävaiheissa luokiteltuna syntymävuoden mukaan. Luvut ovat poikkeamia LS-yleiskeskiaarvosta

Rotu	Synt.paino		Kasvu 1		Paino 1		Kasvu 2		Paino 2	
Vuosi	N	kg	N	g/pv	N	kg	N	g/pv	N	kg
<u>Hereford</u>										
LS-ka.		34.9		836		203.5		790		336.7
76-81	1383	-0.3	1115	-25	1112	-5.1	671	-84	804	-13.8
-82	709	-0.4	786	12	784	1.9	547	13	568	4.7
-83	751	0.3	823	17	816	3.5	457	-32	469	-2.6
-84	770	0.5	681	-2	674	0.0	436	-15	490	-3.2
-85	715	-0.4	675	-10	669	-2.0	470	21	482	0.2
86-87	1022	0.4	942	9	925	1.8	447	97	454	14.6
F-testi		***		***		***		***		***
<u>Aberdeen angus</u>										
LS-ka.		31.4		850		204.2		694		320.1
76-81	796	0.4	554	11	554	3.0	244	-25	299	-20.5
-82	309	-0.3	374	10	374	1.9	155	28	162	-2.6
-83	380	-0.2	381	-4	381	-1.3	169	19	177	4.1
-84	411	-0.3	365	-14	365	-3.2	145	17	178	2.0
-85	363	0.3	346	-3	346	-0.2	165	-36	173	6.9
86-87	400	0.3	303	-1	303	-0.2	133	-3	152	10.1
F-testi		N.S.		N.S.		N.S.		*		**
<u>Charolais</u>										
LS-ka.		43.7		1075		266.9		993		420.8
76-81	365	-1.4	155	-42	155	-9.7	82	-16	137	-6.4
-82	121	-1.2	90	60	90	11.4	63	12	70	9.9
-83	82	-0.2	86	17	86	2.3	68	32	84	5.1
-84	162	1.0	119	-22	119	-3.2	84	28	108	-0.8
-85	166	1.4	131	-6	131	1.4	91	-88	111	-8.1
86-87	228	0.4	185	-7	185	-2.2	102	33	109	0.3
F-testi		**		***		***		**		N.S.
<u>Limousin</u>										
LS-ka.		39.6		1030		248.5		962		407.8
76-82			23	-34	23	-8.6				
-83	76	1.2	46	-67	46	-13.7	45	45	49	-10.9
-84	58	-0.3	35	109	35	19.8	30	-1	35	17.8
-85	76	-0.8	61	2	61	-0.2	48	26	52	3.2
86-87	108	-0.2	69	-10	69	2.7	32	-70	34	-10.1
F-testi		N.S.		*		*		N.S.		N.S.

N = havaintojen lukumäärä
 Kasvu 1 = päiväkasvu 0-200 pv
 Paino 1 = vieroituspaino
 Kasvu 2 = päiväkasvu 200-365 pv
 Paino 2 = paino vuoden iässä

Tilastollinen merkitsevyys:
 *** = $p < 0.001$
 ** = $p < 0.01$
 * = $p < 0.05$
 N.S. = ei merkitseviä eroja

Taulukko 18. Lehmä- ja sonnivasikoiden välinen suhteellinen ero eri painoissa ja päiväkasvuissa LS-luokkakeskisarvoista laskettuna

Ominaisuus	Sukupuolien välinen ero %			
	Hf	Ab	Ch	Li
Syntymäpaino	6.0	6.2	7.8	6.7
Kasvu 0 - 200 pv	9.2	9.8	10.6	11.8
Vieroituspaino	8.7	9.3	10.0	10.8
Kasvu 200 - 365 pv	44.5	27.0	33.0	38.6
Paino vuoden iässä	22.4	15.9	18.5	21.5

Hf = hereford, Ab = aberdeen angus,
Ch = charolais, Li = limousin

2.3. Vasikan syntymävuodenajan vaikutus

Vasikan syntymävuodenajalla ei ollut merkitsevää vaikutusta syntymäpainoihin. Sen sijaan vieroitusta edeltävään päiväkasvuun ja vieroituspainoon se vaikutti muilla paitsi Li-rodulla. Vuodenajan vaikutus ilmeni myös vieroituksen jälkeisessä kasvussa Hf- ja Ab-roduilla (taulukko 19). Loka - maaliskuussa syntyneiden vasikoiden vieroituspainot ja päiväkasvut olivat suuremmat kuin huhtikuussa syntyneiden, ja touko - syyskuussa syntyneiden pienimmät. Erot johtuvat ruokinnan eroista eri vuodenaikoina ja siitä, että talvella tai aikaisin keväällä syntyneet vasikat pystyvät jo laidunkauden alkaessa käyttämään laidunrehua tehokkaasti. Erojen pieneneminen vieroituksen jälkeen johtunee kompensatorisesta kasvusta, eli kesällä ja syksyllä syntyneet vasikat ottavat kiinni keväällä syntyneet seuraavalla sisäruokintakaudella. Myös useissa ulkomaisissa tutkimuksissa on todettu, että keväällä syntyneet vasikat ovat painavimpia vieroituksessa, mutta että ero pienenee sen jälkeen (Pabst ym., 1977a; Kalm ym., 1978a).

Taulukko 19. Vasikan syntymävuodenajan vaikutus eri ominaisuuksiin poikkeamina vertailutasosta eli huhtikuusta

Rotu Kuukausi	Kasvu 1		Paino 1		Kasvu 2		Paino 2	
	N	g/pv	N	kg	N	g/pv	N	kg
<u>Hereford</u>								
loka-maalisk.	1417	24	1411	5.0	820	-21	935	3.3
huhti	2154	0	2132	0.0	1410	0	1438	0.0
touko-syys	1451	-42	1437	-7.7	798	-20	894	-12.5
F-testi		***		***		**		***
<u>Aberdeen angus</u>								
loka-maalisk.	339	16	339	4.6	174	55	200	11.5
huhti	955	0	955	0.0	481	0	530	0.0
touko-syys	1029	-15	1029	-2.5	356	-17	411	-3.5
F-testi		*		**		**		**
<u>Charolais</u>								
loka-maalisk.	228	15	228	3.2				
huhti	288	0	288	0.0	N.S.		N.S.	
touko-maalisk.	250	-46	250	-8.0				
F-testi		***		*				

N = havaintojen lukumäärä

Kasvu 1 = päiväkasvu 0-200 pv

Paino 1 = vieroituspaino

Kasvu 2 = päiväkasvu 200-365 pv

Paino 2 = paino vuoden iässä

Tilastollinen merkitsevyys:

*** = $p < 0.001$ ** = $p < 0.01$ * = $p < 0.05$

N.S. = ei merkitseviä eroja

2.4. Emän rodun vaikutus

Emän rotu vaikutti Hf-, Ab- ja Li-roduilla merkitsevästi kaikkiin ominaisuuksiin lukuunottamatta vieroituksen jälkeistä kasvua (taulukko 20). Risteytysvasikat olivat painavampia kuin puhdasrotuiset, mikä johtunee enimmäkseen lypsyrotuisten risteytysmien paremmasta maidontuotannosta. Olisi kenties ollut parempi jakaa risteytyseläimet sen mukaan, miten suuri osuus niissä on lypsyrotua, jotta olisi saatu selville, miten paljon eri asteiset risteytykset vaikuttavat vasikoiden painoihin. Ch-rodulla emän rotu ei vaikuttanut mihinkään ominaisuuteen syntymäpainoa lukuunottamatta, missä risteytys- ja muunrotuisten lehmien vasikat olivat hieman pienempiä kuin puhdasrotuiset vasikat.

Taulukko 20. Emän rodun vaikutus eri ominaisuuksiin poikkeamina puhdasrotuisten emien (samaa rotua kuin vasikan isä) luokkakeskia arvosta

Isän rotu Luokka _a	Synt.paino		Kasvu 1		Paino 1		Paino 2	
	N	kg	N	g/pv	N	kg	N	kg
<u>Hereford</u>								
1	4558	0.0	4214	0	4227	0.0	2771	0.0
2	635	1.5	637	83	639	18.8	414	15.9
3	157	2.8	171	127	114	35.3	82	47.6
F-testi		***		***		***		***
<u>Aberdeen angus</u>								
1	2357	0.0	2029	0	2029	0.0	1023	0.0
2	152	1.8	158	80	158	17.6	64	15.2
3	150	3.4	136	109	136	26.0	54	33.8
F-testi		***		***		***		***
<u>Charolais</u>								
1	626	0.0						
2	301	-1.9	N.S.		N.S.		N.S.	
3	197	-2.5						
F-testi		**						
<u>Limousin_b</u>								
1			110	0	110	0.0	86	0.0
2		N.S.	124	117	124	26.5	84	37.3
F-testi				***		***		**

N = havaintojen lukumäärä Tilastollinen merkitsevyys:
 Kasvu 1 = vieroitusta edeltävä *** = p<0.001
 päiväkasvu ** = p<0.01
 Paino 1 = vieroituspaino * = p<0.05
 Paino 2 = paino vuoden iässä N.S. = ei merkitseviä eroja
 a: 1 = emä puhdasrotuinen, samaa rotua kuin isä
 2 = emä saman rodun risteytys, esim. isä Hf, emä Hf1..Hf5
 3 = emä muuta rotua kuin isä
 b: 1 = emä puhdas Li
 2 = emä risteytys tai muuta rotua

2.5. Emän poikimaiän vaikutus

Emän poikimaikä vaikutti yleensä merkitsevästi kaikkiin ominaisuuksiin vieroituksen jälkeistä kasvua lukuunottamatta (taulukko 21). Hf- ja Ab-roduilla 4.5 - 10.5-vuotiaiden emien vasikat olivat painavimpia ja nopeakasvuimpia, jonka vuoksi se otettiin vertailutasoksi. Ch-rodulla painavimpia olivat yli 10-vuotiaiden emien vasikat. Li-rodulla emän poikimaikä ei vaikuttanut merkitsevästi, mutta se johtunee siitä, että

Suomessa ei vielä ole kovin vanhoja Li-lehmiä. Arosen (1985) tekemän tutkimuksen mukaan emän poikimaikä vaikuttaa merkittävästi syntymä- ja vieroituspainoihin Hf-, Ab- ja Ch-roduilla, mutta vain Ch-rodun painoihin vuoden iässä.

Taulukko 21. Vasikoiden painot ja päiväkasvut luokiteltuna emän iän mukaan. Luvut ovat poikkeamia vertailutasosta (Hf ja Ab: 4.5 - 10.5-vuotiaat, Ch: 5.0 - 7.0-vuotiaat ja Li: 4.0-7.0-vuotiaat)

Isän rotu Emän ikä	Synt.paino		Kasvu 1		Paino 1		Paino 2	
	N	kg	N	g/pv	N	kg	N	kg
<u>Hereford</u>								
- 2.0	491	-4.1	429	-158	427	-35.2	284	-32.1
2.0 - 2.5	657	-3.3	583	-142	575	-30.1	389	-23.7
2.5 - 3.5	965	-1.6	901	-88	897	-19.2	576	-14.2
3.5 - 4.5	800	-0.7	739	-36	728	-8.3	476	-5.6
4.5 -10.5	2258	0.0	2185	0	2165	0.0	1427	0.0
10.5-	179	-1.1	185	-29	188	-6.9	115	-5.9
F-testi		***		***		***		***
<u>Aberdeen angus</u>								
- 2.0	208	-2.8	185	-98	185	-22.1	101	-15.1
2.0 - 2.5	301	-2.4	265	-85	265	-18.8	131	-14.5
2.5 - 3.5	455	-1.3	405	-35	405	-8.1	217	-7.0
3.5 - 4.5	360	-0.3	316	-18	316	-4.5	158	-0.9
4.5 -10.5	1155	0.0	1007	0	1007	0.0	470	0.0
10.5-	180	-1.1	145	-46	145	-9.8	64	-13.4
F-testi		***		***		***		***
<u>Charolais</u>								
- 2.5	120	-7.0	64	-187	64	-44.1	66	-34.5
2.5 - 3.0	99	-2.5	74	-105	74	-22.8	62	-14.2
3.0 - 4.0	210	-2.4	138	-65	138	-14.2	108	-9.6
4.0 - 5.0	164	-1.4	98	-16	98	-3.7	90	-10.7
5.0 - 7.0	284	0.0	215	0	215	0.0	163	0.0
7.0 -10.0	174	0.8	129	19	129	5.8	104	8.9
10.0-	73	-0.3	48	40	48	8.2	26	23.0
F-testi		***		***		***		***
<u>Limousin</u>								
- 2.5	68	-1.7	44	-105	44	-23.9	33	-19.7
2.5 - 3.0	32	-1.8	20	-64	20	-15.1	17	-24.7
3.0 - 4.0	74	-0.6	59	-5	59	-2.6	47	0.4
4.0 - 7.0	144	0.0	95	0	95	0.0	73	0.0
7.0 -			16	-2	16	-5.0		
F-testi		*		*		*		N.S.

N = havaintojen lukumäärä
 Kasvu 1 = päiväkasvu 0-200 pv
 Paino 1 = vieroituspaino
 Paino 2 = paino vuoden iässä

Tilastollinen merkitsevyys:
 *** = $p < 0.001$
 ** = $p < 0.01$
 * = $p < 0.05$
 N.S. = ei merkitseviä eroja

2.6. Vasikan punnitusiän vaikutus

Vasikan punnitusikä vaikutti erittäin merkittävästi painoihin 200 ja 365 päivän iässä (taulukot 22 ja 23). Vaikutus päiväkasvuihin oli vaihteleva. Punnitusiän vaikutus sallitulla aikavälillä oli hyvin lineaarinen, ja siksi se oli mallissa regressiotekijänä. Punnitusiän kasvaessa yhdellä päivällä vasikoiden painot nousivat rodusta riippuen 0.6 - 1.0 kg. Päiväkasvut sen sijaan hidastuivat vasikoiden iän kasvaessa 0.7 - 1.6 g:aa päivässä.

Taulukko 22. Vasikan punnitusiän vaikutus ikävälillä 150-250 päivää esitettyinä regressiokertoimin

Rotu	Vieroitusta edeltävä päiväkasvu (g/pv)			Vieroituspaino (kg)		
	N	regr.	F-testi	N	regr.	F-testi
Hereford	5022	-0.87	***	4980	0.66	***
Aberdeen angus	2323	-0.68	***	2323	0.72	***
Charolais	766	-0.52	N.S.	766	0.96	***
Limousin	234	0.39	N.S.	234	1.01	***

Taulukko 23. Vasikan punnitusiän vaikutus ikävälillä 325-405 päivää esitettyinä regressiokertoimin

Rotu	Vieroituksen jälkeinen päiväkasvu (g/pv)			Paino vuoden iässä (kg)		
	N	regr.	F-testi	N	regr.	F-testi
Hereford	2907	-0.20	N.S.	3267	0.61	***
Aberdeen angus	1011	-0.67	*	1141	0.63	***
Charolais	490	-1.62	***	619	0.90	***
Limousin	155	-1.47	N.S.	170	0.92	***

N = havaintojen lukumäärä

regr. = regressiokerroin

Tilastollinen merkitsevyys:

*** = $p < 0.001$

** = $p < 0.01$

* = $p < 0.05$

N.S. = ei merkitseviä eroja

2.7. Karjan keskipainon vaikutus

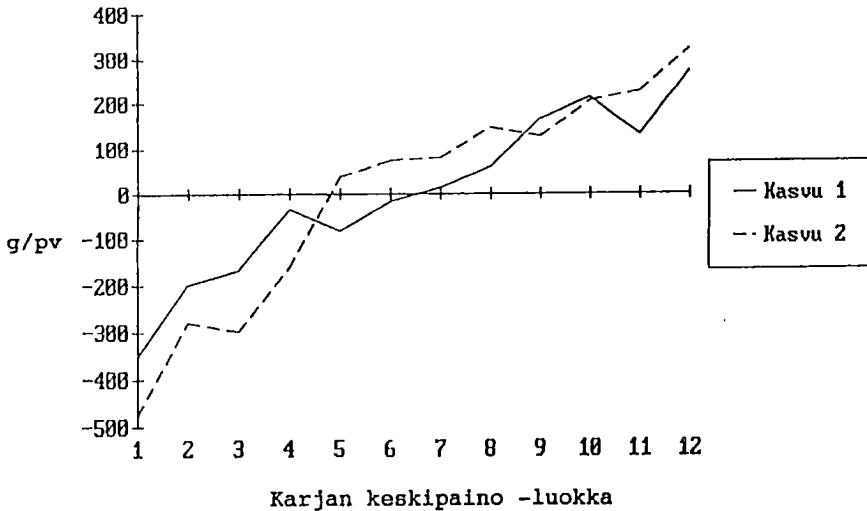
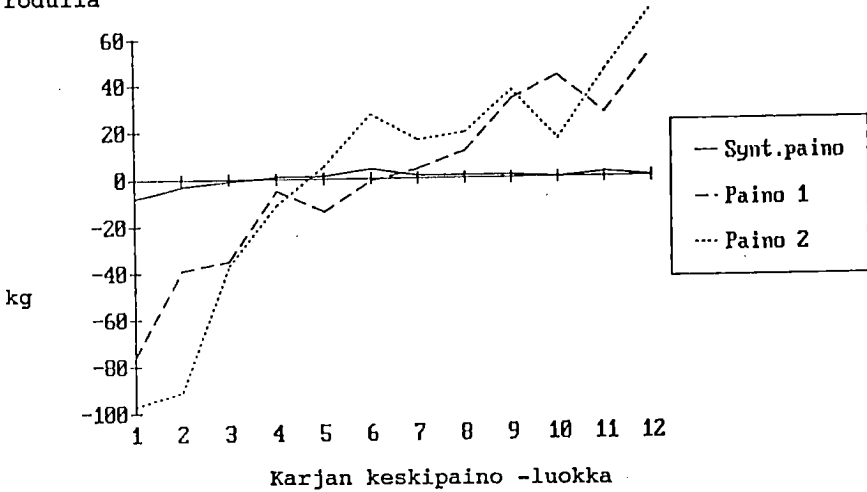
Karjan kaikkien vasikoiden korjatuista vieroituspainoista laskettu keskiarvo vaikutti erittäin merkittävästi kaikkiin ominaisuuksiin muilla paitsi Li-rodulla. Myös Hf- ja Ab-rodulle laskettu vieroitusta edeltävien ja sen jälkeisten päiväkasvujen karjan keskiarvo vaikutti erittäin merkittävästi eri ominaisuuksiin, ja se olikin mallissa tutkittaessa syntymäpainoja ja vieroituksen jälkeisiä paino-ominaisuuksia. Sen sijaan tutkittaessa vieroituspainoa ja vieroitusta edeltävää päiväkasvua selittävänä tekijänä oli vieroituspainojen keskiarvo, koska se paransi enemmän mallin selitystasetta. Yleensä karjan keskipainojen noustessa paranivat myös vasikan painot ja päiväkasvut, mutta muutokset eivät olleet täysin lineaarisia (kuvio 1). Li-rodulla karjan keskipainon vaikutus ei ollut tilastollisesti merkittävä, mikä johtuu lähinnä karjojen vähäisyydestä; sen vuoksi keskipainoa ei voitu luokitella riittävän tiheästi.

3. Punnitustuloksiin vaikuttavien tekijöiden korjaaminen BLUP-arvostelua varten

BLUP-arvostelua varten korjattiin Hf-rotuisten eläinten vieroituspainot edellä esitettyjen tulosten mukaisesti sukupuolen, emän rodun, syntymävuodenajan, emän poikimäin ja punnitusiän suhteen. Käytetty korjaustapa poikkeaa lihakarjantarkkailussa käytetystä, jossa korjataan ainoastaan punnitusiän ja emän poikimäin vaikutukset. Arosen (1985) mukaan on myös vasikan sukupuolen ja syntymävuodenajan vaikutukset korjattava. Myös korjaustekijöiden suuruuksissa oli eroja verrattuna lihakarjantarkkailussa käytettyihin. Vasikan sukupuolen vaikutus oli korjattava, jotta BLUP-ohjelmalla voitiin arvostella molemmat sukupuolet samanaikaisesti. Emän rodun vaikutuksen korjaaminen teki mahdolliseksi myös risteytseläinten arvostelemisen. Myös syntymävuodenajan vaikutus korjattiin,

koska se vaikutti vieroituspainoihin erittäin merkittävästi Hf-rodulla.

Kuvio 1. Karjan keskipainon vaikutus eri painomittoihin Hf-rodulla



Paino 1 = vieroituspaino

Paino 2 = paino vuoden iässä

Kasvu 1 = vieroitusta edeltävä päiväkasvu

Kasvu 2 = vieroituksen jälkeinen päiväkasvu

Painot vuoden iässä korjattiin samojen tekijöiden suhteen kuin vieroituspainot mutta käyttäen erisuuruisia korjaustekijöitä. Syntymäpainot korjattiin vasikan sukupuolen sekä emän rodun ja emän poikimaiän suhteen.

Syntymävuodenajan, emän poikimaiän ja emän rodun vaikutukset korjattiin additiivista korjaustapaa käyttäen ja vasikan sukupuolen vaikutus multiplikatiivisilla korjauskertoimilla. Vasikan punnitusiän vaikutus korjattiin regressiokertoimella. Lisäksi kokeiltaessa BLUP-arvostelua käyttämällä karja-luokitusta korjattiin vuoden vaikutus additiivisesti.

Vasikan sukupuolen vaikutus korjattiin siten, että sonnivasikoiden vieroituspainot kerrottiin 0.956:lla ja lehmävasikoiden 1.043:lla. Sonnivasikoiden painot vuoden iässä kerrottiin 0.89:llä ja lehmävasikoiden 1.11:llä. Syntymäpainon korjauskertoimet olivat sonnivasikoille 0.97 ja lehmävasikoille 1.03. Arosen (1985) suosittelemat vieroituspainon korjauskertoimet olivat sonnivasikoille 0.966 ja lehmävasikoille 1.034.

Emän rodun vaikutus korjattiin lisäämällä eläimen vieroituspainoon LS-poikkeaman vastaluku. Puhdasrotuisten Hf-vasikoiden painoja ei korjattu, mutta Hf-risteytysemien vasikoiden vieroituspainoihin lisättiin 18.8 kg, painoihin vuoden iässä 16.3 kg ja syntymäpainoihin 1.5 kg. Muun rotuisten emien vasikoiden vieroituspainoihin lisättiin 35.3 kg, painoihin vuoden iässä 50.4 kg ja syntymäpainoihin 2.8 kg.

Syntymävuodenajan vaikutus korjattiin siten, että huhtikuussa syntyneet muodostivat vertailutason, jota ei korjattu, ja loka-maaliskuussa syntyneiden vieroituspainosta ja painosta vuoden iässä vähennettiin vastaavasti 5.0 kg ja 4.0 kg, ja touko-syyskuussa syntyneiden painoihin lisättiin 7.7 kg ja 12.8 kg. Arosen (1985) mukaan tulisi syntymävuodenajan vaikutus vieroituspainoon korjata lisäämällä syksyllä syntyneiden vasikoiden painoon 14 kg.

Emän poikimaiän vaikutus korjattiin taulukon 24 mukaan. Vieroituspainon korjaustekijöistä laskettiin myös multiplikatiiviset korjauskertoimet, jotta niitä voitiin verrata Arosen (1985) saamiin tuloksiin (taulukko 24).

Taulukko 24. Emän poikimaiän vaikutuksen korjaaminen

Poikimaikä	Vieroituspaino		Paino vuoden iässä		Syntymäpaino
	Korjaus-tekijä, kg	Korj.kerroin A B	Korjaus-tekijä, kg	Korjaus-tekijä, kg	
- 2.0	35.2	1.20 1.12	32.3	4.1	
2.0 - 2.5	30.1	1.17 1.07	24.2	3.3	
2.5 - 3.5	19.2	1.10 1.07	14.5	1.6	
3.5 - 4.5	8.3	1.04 1.01	5.5	0.7	
4.5 -10.5	0.0	0.00 0.00	0.0	0.0	
10.5-	6.9	1.03 1.03	6.1	1.1	

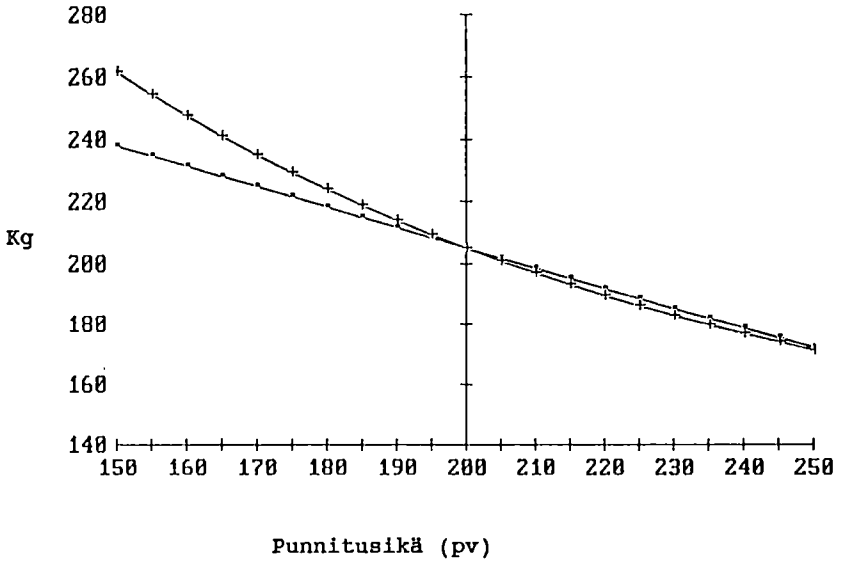
A = Tässä tutkimuksessa lasketut korjauskertoimet

B = Arosen (1985) suosittamat korjauskertoimet

Punnitusiän vaikutus korjattiin siten, että vieroituspainosta vähennettiin todellisen punnitusiän ja punnitusikien keskiarvon erotus kerrottuna 0.66:lla. Punnitusiän keskiarvo Hf-rodulla oli 202 päivää. Painot vuoden iässä korjattiin regressiokertoimella 0.59. Kuviossa 2 on esitetty vieroituspainon punnitusiän korjaus lihakarjantarkkailussa sekä tässä tutkimuksessa lasketulla regressiokertoimella. Korjaustavat poikkeavat toisistaan eniten nuorimpien eläinten painoja korjattaessa, jolloin tarkkailussa käytetty korjaus on huomattavasti regressiokorjausta suurempi.

Syntymävuoden vaikutus vieroituspainoihin ja painoihin vuoden iässä korjattiin taulukon 25 mukaisesti vähentämällä korjaustekijä vieroituspainosta.

Kuvio 2. Punnitusiän vaikutuksen korjaaminen lihakarjantarkkailussa (+) sekä regressiokertoimella (=).



Taulukko 25. Syntymävuoden vaikutuksen korjaaminen

Vuosi	Korjaustekijä, kg	
	Vieroitus- paino	Paino vuoden iässä
-76-80	1.4	1.6
-81	-8.8	-21.8
-82	0.7	1.2
-83	2.2	-6.0
-84	0.0	0.0
-85	-0.3	-3.6
-86-87	4.4	10.9

Edellä esitetyllä korjausmenetelmällä saatiin korjatut vieroituspainot, joiden keskiarvo oli 215.8 kg ja keskihajonta 33.6 kg. Korjattujen vuoden iässä punnittujen painojen keskiarvo oli 340.1 kg ja hajonta 53.3 kg. Korjattujen syntymäpainojen keskiarvo oli 35.5 kg ja hajonta 4.7 kg. Korjaukset nostivat siten kaikkien ominaisuuksien keskiarvoa, mutta pienensivät keskihajontaa.

Edellisen luvun tulosten perusteella voidaan laskea korjaustekijät myös muille ominaisuuksille ja roduille. Eri roduille pitäisi käyttää erilaisia korjauksia. Li-rodun korjaustekijöitä laskettaessa joudutaan käyttämään muista roduista ja kirjallisuudesta saatuja tietoja.

4. Ominaisuuksien periytyvyysasteet

Aineistosta lasketut eri ominaisuuksien periytyvyysasteet ovat taulukossa 26. Syntymäpainon h^2 -arvot olivat 0.36-0.84, vieroituspainon ja vieroitusta edeltävän päiväkasvun 0.37 - 0.76 sekä vuoden painon ja vieroituksen jälkeisen päiväkasvun 0.40 - 1.15. Arvioissa oli siis roduttain hyvin paljon vaihtelua. Ne olivat yleensä korkeampia kuin kirjallisuudessa esitetyt, eikä niitä voida pitää kovin luotettavina.

Kirjallisuuden mukaan kasvuominaisuuksien h^2 -arvot ovat melko korkeita: syntymäpainon 0.40 - 0.45 (Simm ja Smith, 1986), vieroitusta edeltävän päiväkasvun ja vieroituspainon 0.26 - 0.32 ja vieroituksen jälkeisen kasvun ja painon vuoden iässä 0.32 - 0.50 (Woldehawariat, 1977; Kennedy ja Henderson, 1975).

Yhtenä syynä h^2 -arvioiden suuruuteen tässä tutkimuksessa lie-nee se, ettei karjan vaikutusta ole saatu erotettua isän vaikutuksesta. Erikoisesti vieroituksen jälkeisten kasvuominaisuuksien h^2 -arvot ovat hyvin suuria, mikä viittaa siihen,

ettei käytetty karjan keskipaino riitä poistamaan karjojen välisiä ruokinnasta johtuvia eroja varsinkaan Ch- ja Li-roduilla, joille ei voitu laskea karjan keskipainoa vieroituksen jälkeisen kasvunopeuden perusteella. Lisäksi havaintojen lukumäärä oli kovin pieni varsinkin Li- ja Ch-roduilla. Myös ruotsalaisesta aineistosta tehdyssä tutkimuksessa todettiin, että karjavaikutuksen korjaaminen karjan keskipainolla ja karjakoolla on riittävä arvioitaessa syntymäpainoja ja vieroituspainoja, mutta ei vieroituksen jälkeisiä painoja tutkittaessa (Kalm ym., 1978a).

Taulukko 26. Aineistosta lasketut periytyvyysasteet (h^2) ja niiden keskivirheet (Se)

Ominaisuus	Hf		Ab		Ch		Li	
	h^2	Se	h^2	Se	h^2	Se	h^2	Se
Syntymäpaino	0.84	0.08	0.68	0.08	0.36	0.09	0.42	0.19
Vieroitusta edeltävä kasvu	0.47	0.07	0.72	0.09	0.53	0.13	0.58	0.26
Vieroituspaino	0.51	0.08	0.76	0.09	0.40	0.12	0.37	0.24
Vieroituksen jälkeinen kasvu	0.79	0.09	0.98	0.14	1.14	0.20	1.12	0.35
Paino vuoden iässä	0.48	0.08	0.89	0.13	1.15	0.18	0.40	0.31

Hf = hereford, Ab = aberdeen angus,
Ch = charolais, Li = limousin

5. Ominaisuuksien väliset korrelaatiot

Taulukossa 27 on Hf- ja Ab-aineistosta lasketut eri ominaisuuksien väliset geneettiset ja fenotyyppiset korrelaatiot. Ch- ja Li-roduilla sellaisten eläinten lukumäärä, joille oli punnittu kaikki painot, oli niin vähäinen, ettei tuloksia voida pitää luotettavina.

Syntymäpainon korrelaatiot myöhempiin painoihin olivat positiivisia ja melko korkeita, mikä osoittaa vieroituspainon tai vuoden iässä punnitun painon perusteella tehtävän valinnan nostavan myös syntymäpainoja. Korrelaatiot päiväkasvuihin eivät olleet aivan niin korkeita.

Vieroitusta edeltävän päiväkasvun ja vieroituspainon välinen korrelaatio oli lähes yksi. Sen sijaan vieroituspainon ja vieroitusta edeltävän päiväkasvun korrelaatiot vieroituksen jälkeiseen kasvuun olivat jopa lievästi negatiivisia, mutta lähellä nollaa, mikä osoittaa niiden olevan lähes toisistaan riippumattomia. Tässä tutkimuksessa saadut negatiiviset korrelaatiot viittaavat mahdolliseen kompensatoriseen kasvuun vieroituksen jälkeen. Painon vuoden iässä ja eri päiväkasvujen väliset korrelaatiot olivat melko korkeita. Tässä tutkimuksessa laskettuja geneettisiä korrelaatioita ei voida pitää kovin luotettavina havaintojen vähäisyyden vuoksi, ja koska karjan vaikutusta ei voitu täysin poistaa.

Kirjallisuuden mukaan eri iässä punnittujen painojen tai kasvunopeuksien väliset korrelaatiot ovat yleensä melko korkeita ja positiivisia (Kalm ym., 1978b; Pabst ym., 1977b; Preston ja Willis, 1974). Myös eräissä ulkomaisissa tutkimuksissa on havaittu negatiivinen korrelaatio vieroitusta edeltävän ja sen jälkeisen kasvun välillä. Sen sijaan yleensä on saatu ainakin hieman positiivinen korrelaatio vieroituspainon ja vieroituksen jälkeisen kasvun välille (Preston ja Willis, 1974; Koch ym., 1973).

Ilmeisesti päiväkasvut olisivat tutkituista ominaisuuksista pelkkiä tietyissä iässä punnittuja painoja parempi valinnan peruste. Ne kuvaavat parhaiten toisaalta emän maidontuotantokykyä sekä eläimen omaa kasvukykyä, koska niihin ei paljoakaan vaikuta aikaisempi kasvu. Lisäksi nimenomaan eläimen kasvunopeus on tärkein tuotannon taloudellisuuteen vaikuttava ominaisuus eikä niinkään pelkkä paino tietyissä iässä. Käytännössä päiväkasvutulosten käyttöä rajoittaa se, että eläimeltä on oltava punnitustuloksia eri ikävaiheissa, jotta päiväkasvu voidaan laskea.

Taulukko 27. Eri ominaisuuksien väliset korrelaatiot Hf- (ylärivi) ja Ab- (alarivi) roduilla (fenotyypiset (r_f) korrelaatiot yläkolmiossa, geneettiset (r_g) alakolmiossa)

	Synt.paino	Kasvu 1	Paino 1	Kasvu 2	Paino 2
Synt.paino		0.17	0.32	0.21	0.36
		0.21	0.33	0.20	0.38
Kasvu 1	0.28		0.98	-0.03	0.57
	0.23		0.98	-0.03	0.69
Paino 1	0.50	0.96		-0.01	0.60
	0.33	0.99		-0.02	0.70
Kasvu 2	0.31	-0.13	-0.05		0.78
	0.19	-0.50	-0.46		0.68
Paino 2	0.49	0.26	0.35	0.91	
	0.49	0.64	0.67	0.33	

N = havaintojen lukumäärä

Kasvu 1 = vieroitusta edeltävä päiväkasvu

Paino 1 = vieroituspaino

Kasvu 2 = vieroituksen jälkeinen päiväkasvu

Paino 2 = paino vuoden iässä

6. Jalostusarvojen ennusteet

6.1. Eri tavoilla laskettujen jalostusarvon ennusteiden vertailu

Jalostusarvon ennusteet laskettiin BLUP-menetelmällä käyttäen neljää erilaista karja-vuosi -yhdistelmää. Ensimmäiseksi malliin otettiin karjan keskipainoista muodostettu karjatasovuosi -luokitus. Toiseksi kokeiltiin karjan ja vuoden ottamista malliin sellaisenaan muodostamalla karja-vuosi -tekijä. Kolmanneksi vuoden vaikutus korjattiin esikorjauksella ja malliin otettiin vain karja. Neljänneksi kokeiltiin vuosien yhdistämistä useamman vuoden ryhmiin, jolloin malliin otettiin karja-vuosiryhmä.

Eri tapojen paremmuutta on vaikea arvioida. Teoriassa karjan vaikutus poistetaan parhaiten ottamalla karja suoraan malliin. Mikäli kuitenkin karjojen välille ei ole muodostunut ns. geneettisiä yhdyssiteitä keinosiemennyksen ja eläinten ostojen ja myyntien kautta, karjan vaikutusta ja eläinten

jalostusarvoja ei voida luotettavasti arvioida. Karjojen yhdistäminen karjataso-luokiksi voi parantaa arvostelua, koska silloin yhdyssiteitä syntyy enemmän. Myös vuoden vaikutuksen poistaminen esikorjaamalla tai vuosien yhdistäminen ryhmiksi voi jonkin verran lisätä yhdyssiteitä, koska lihakarjoissa käytetään yhtenä vuonna yleensä vain yhtä tai kahta sonnina, ja siten vuosien yhdistäminen lisää käytettyjen sonnien lukumäärää.

Erilaisten yhdyssiteiden lukumäärää ei valitettavasti voitu saada selville. Ohjelma ilmoittaa ainoastaan, onko eri luokkien välillä yhtäkään yhdyssidettä vanhempien tai sitä kaukaisempien sukulaisten kautta, mutta ei kerro yhteyksien vahvuutta. Karjataso-vuosi -mallissa kaikki luokat olivat yhteydessä toisiinsa eläinten vanhempien kautta, mutta yhteyksien runsaudesta ei siis saatu tietoa. Karja-vuosi-, karja- ja karja-vuosiryhmä -mallissa oli 15 eri luokkaa, joilla ei ollut yhteyttä muihin luokkiin vanhempien kautta, ja vielä kolmessa luokassa yhteyksiä ei ollut kaukaisempienkaan sukulaisten kautta. Taulukossa 28 on esitetty eri tavoilla laskettujen yksilön vieroituspainon sekä vuoden iässä punnitun painon ja syntymäpainon jalostusarvon ennusteiden keskiarvot ja keskihajonnat ennen standardointia. Lisäksi kuviossa 3 on näiden muuttujien jakaumat.

Eri tavoilla laskettujen vieroituspainon BLUP-ennusteiden väliset korrelaatiot olivat melko korkeita, 0.78 - 0.94 (taulukko 29). Korjatun vieroituspainon ja eri ennusteiden väliset korrelaatiot olivat 0.66 - 0.76. Korrelaatiot laskettiin myös aineistosta, johon otettiin kaikki isät, joilla oli yli kymmenen jälkeläistä. Isien BLUP-ennusteiden väliset korrelaatiot olivat 0.71 - 0.91. Suurimmat korrelaatiot olivat menetelmien BLUP 14 ja BLUP 12 välillä sekä menetelmien BLUP 14 ja BLUP 13 välillä, mistä voidaan arvella karja-vuosiryhmä -mallin olevan muiden mallien keskivälillä. Lisäksi laskettiin isien jälkeläisten korjattujen vieroituspainojen keskiarvo. Isien BLUP-ennusteiden ja jälkeläisten vieroituspainojen keskiarvon väliset korrelaatiot eivät olleet kovin korkeita (0.31 - 0.46). Näiden tulosten perusteella ei voida

varmasti päätellä eri menetelmien paremmuutta. Eri menetelmien käyttökelpoisuuden vertailemiseksi olisi saatava tarkempaa tietoa karjojen välisten yhteyksien voimakkuuksista eri luokituksia käytettäessä.

Taulukko 28. BLUP-ennusteiden keskiarvot ja keskihajonnat sekä minimi ja maksimit

Malli	N	k.a.	s	min	max
BLUP 11	9916	0.2	12.5	-58.6	60.9
BLUP 12	9973	0.3	10.6	-48.0	49.7
BLUP 13	10036	-0.3	12.1	-50.0	52.8
BLUP 14	10009	-0.3	10.8	-47.1	44.6
BLUP 2	8430	1.3	14.9	-65.5	67.7
BLUP 3	11809	-0.1	1.7	-8.2	8.8

N = havaintojen lukumäärä, k.a. = keskiarvo, s = keskihajonta
min = minimi, max = maksimi

BLUP 11 - BLUP 14 = Vieroituspainon BLUP-ennusteet eri malleja käyttäen:

BLUP 11 = Karjataso-vuosi -malli

BLUP 12 = Karja-vuosi -malli

BLUP 13 = Karja -malli

BLUP 14 = Karja-vuosiryhmä -malli

BLUP 2 = Vuoden painon BLUP-ennuste käyttäen karja-vuosiryhmä-mallia

BLUP 3 = Syntymäpainon BLUP-ennuste käyttäen karja-vuosiryhmä-mallia

Taulukko 29. Vieroituspainon BLUP-ennusteiden väliset korrelaatiot. Yläkolmiossa yksilöiden omista, alakolmiossa isien BLUP-ennusteista lasketut korrelaatiot

	BLUP 11	BLUP 12	BLUP 13	BLUP 14	K 1
BLUP 11		0.78	0.84	0.82	0.76
BLUP 12	0.71		0.83	0.94	0.66
BLUP 13	0.83	0.75		0.90	0.72
BLUP 14	0.78	0.91	0.86		0.70
K 2	0.46	0.28	0.42	0.34	

BLUP 11 = BLUP-ennuste käyttäen karjataso-vuosi-mallia

BLUP 12 = - " - karja-vuosi-mallia

BLUP 13 = - " - karja-mallia

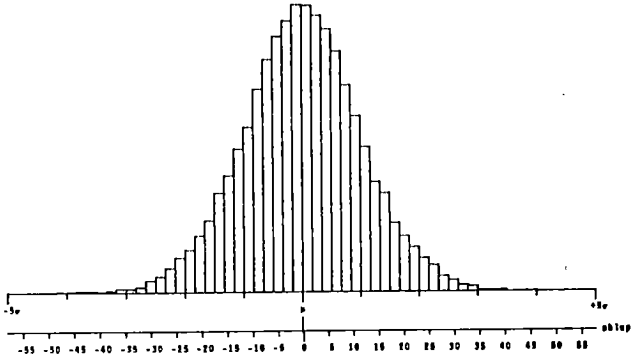
BLUP 14 = - " - karja-vuosiryhmä-mallia

K 1 = korjattu vieroituspaino

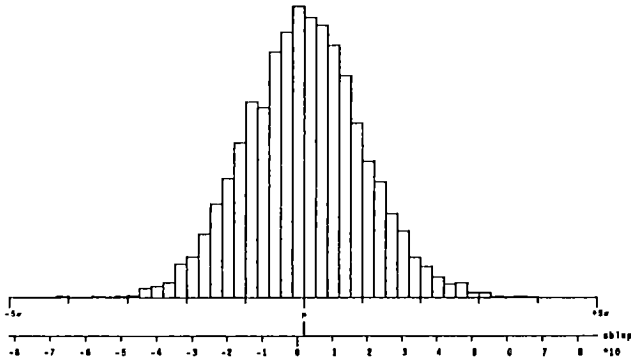
K 2 = sonnin jälkeläisten korjattujen vieroituspainojen keskiarvo

Kuvio 3. BLUP-ennusteiden jakaumat

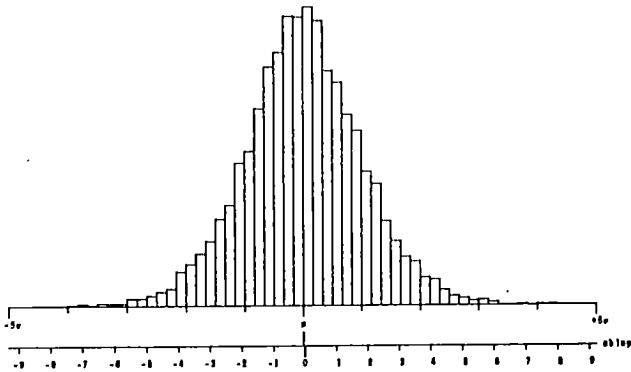
BLUP 14



BLUP 2



BLUP 3



BLUP 14 = vieroituspainon jalostusarvon ennuste

BLUP 2 = vuoden iässä punnitun painon jalostusarvon ennuste

BLUP 3 = syntymäpainon jalostusarvon ennuste

Eri ikäisinä punnittujen eläinten painojen jalostusarvoennusteiden väliset korrelaatiot eivät olleet kovin korkeita. Karja-vuosiryhmä -mallia käyttäen laskettujen vieroituspainon jalostusarvon ennusteiden korrelaatio vuoden iässä punnitun painon ennusteisiin oli 0.56 ja syntymäpainon ennusteisiin 0.27. Syntymäpainon ja vuoden iässä punnitun painon ennusteiden välinen korrelaatio oli 0.28.

Tämän tutkimuksen perusteella ei voida varmasti päätellä eläinmalli-BLUP:in soveltuvuutta nykyisten lihakarjarotujemme valtakunnalliseen jalostusarvosteluun. Mikäli tarkkailu ja keinosiemennys lihakarjoissa lisääntyvät, menetelmästä voidaan kenties kehittää muutaman vuoden kuluessa valtakunnallisen jalostusvalinnan perusta. Voitaisiin myös harkita ns. vertailusonnien käyttöä osaan siemennyksistä, jolloin suhteellisen pienelläkin keinosiemennyksen osuudella voitaisiin luoda kattava karjojen välisten yhteyksien verkosto. Nykyisinkin käytettävien keinosiemennyssonnien määrä on melko pieni, ja siksi vertailusonnijärjestelmä olisi mahdollista ottaa käyttöön kohtuullisen helposti, mikäli tilakohtaisten siemennyssuunnitelmien teko toteutuu.

6.2. Jalostusarvon ennusteiden käyttö karjan sisäisessä arvostelussa

Suomen lihakarjantarkkailussa lasketaan nykyisin vain vasikoiden punnitusiän ja emän iän mukaan korjatut painot sekä suhteelliset painot, joilla vasikoiden painoja verrataan karjan keskitasoon. Lehmille ei lasketa minkäänlaisia indeksejä.

Tämän tutkimuksen eläinmalliin perustuvaa jalostusarvojen laskentamenetelmää voidaan käyttää karjan sisäiseen lehmien arvosteluun. Se on luotettavin menetelmä eläinten geneettisen arvon ennustamiseen, koska se ottaa huomioon kaikki yksilön omat ja sukulaisten tulokset.

Nuorelle eläimelle, jolla ei ole vielä jälkeläisiä, voidaan laskea jalostusarvon ennuste, joka yhdistää eläimen oman tuotostiedon sekä eläimen vanhempien kaikki tiedot. Tätä ennustetta voidaan käyttää hyväksi valittaessa hiehoja karjan uudistukseen sekä sonneja siitokseen.

Karjan lehmien valinnan perusteena voidaan käyttää jalostusarvon ennusteita, jotka sisältävät oman ja vanhempien tulosten lisäksi myös lehmän jälkeläisten tulokset. Taulukossa 30 on esimerkkinä erään karjan lehmien omat ja vasikoiden vieroituspainojen painotiedot sekä vasikoiden, niiden isien sekä lehmien BLUP-ennusteet käyttäen karja-vuosiryhmä -mallia. Lisäksi taulukossa on esitetty lehmien poikimäiät, vasikoiden sukupuoli ja punnituskä, joiden perusteella esikorjatut painot on laskettu. Lehmän jalostusarvon ennusteeseen vaikuttavat myös sen vanhempien tiedot, mutta niitä ei tilan puutteen vuoksi esitetä. Esimerkistä voidaan huomata, että lehmien paremmuusjärjestys muodostuu hyvinkin erilaiseksi käytettäessä kriteerinä vasikoiden korjattujen painojen keskiarvoa, vasikoiden BLUP-ennusteiden keskiarvoa tai lehmän BLUP-ennustetta.

7. Eri ominaisuuksien yhdistäminen lehmien, sonnien tai nuorten yksilöiden indeksiksi

Tässä tutkimuksessa laskettiin jalostusarvon ennusteet erikseen Hf-rotuisten eläinten vieroituspainoille, painoille vuoden iässä sekä syntymäpainoille. Ne voidaan yhdistää yhdeksi eläimen geneettistä arvoa kuvaavaksi indeksiksi painottamalla eri ominaisuuksia niiden suhteellisen merkityksen mukaan. Eri ominaisuuksien taloudellisen merkityksen laskeminen on usein hyvin vaikeaa. Käytännössä painokertoimet voidaan arvioida sen mukaan, mitkä ovat jalostustavoitteet ja mihin ominaisuuksiin erityisesti halutaan kiinnittää huomiota. Eri roduille voidaan käyttää erilaisia painokertoimia, jolloin kunkin rodun erityisominaisuuksia voidaan kehittää haluttuun suuntaan.

Taulukko 30. Erään karjan lehmien vieroituspainon BLUP-ennusteet ja niiden laskemisessa käytetyt tulokset

Lehmän nro	Poik. pvm	Poik. ikä _a	Sp. b	Paino	Punn. ikä	Korj. paino	Isän BLUP	BLUP
1								108.8
	3.4.80	5	2	180	176	187.8	103.7	98.5
	19.4.81	5	1	203	179	225.5	94.4	103.3
	25.3.82	5	2	224	190	225.3	89.1	96.1
	27.3.83	5	1	236	190	257.3	106.0	110.7
	22.3.85	6	1	220	207	226.8	82.5	95.5
	9.4.86	6	2	256	175	268.8	82.5	105.3
	17.3.87	6	1	180	204	187.0	82.5	86.3
2								114.8
	15.5.80	5	1	182	165	220.7	94.4	104.5
	6.3.82	5	1	278	209	288.5	82.5	110.2
	12.5.83	5	2	200	154	239.6	85.6	100.2
	27.3.84	5	1	233	202	246.2	82.5	100.4
	1.4.85	6	1	179	197	196.2	82.5	90.7
	16.4.86	6	2	228	168	246.6	82.5	102.4
	19.3.87	6	1	242	202	253.0	100.6	111.6
3						215.9		100.6
	11.5.80	2	2	138		190.3	99.6	94.3
	22.4.81	3	1	168	176	210.2	99.6	98.9
	1.4.82	4	1	221	183	260.1	89.1	101.1
	15.4.84	5	2	236	183	247.0	90.9	98.9
	20.4.85	5	1	221	178	245.6	82.5	96.8
	13.4.86	5	2	224	171	233.9	82.5	94.1
4						205.5		104.2
	13.5.80	2	1	167	167	233.9	99.6	105.8
	6.4.81	3	2	198	192	213.7	99.6	101.1
	5.4.82	4	1	218	179	259.7	82.5	99.6
	17.4.83	5	1	186	169	224.6	82.5	91.4
	15.3.84	5	1	208	214	212.2	82.5	88.5
	3.4.85	5	2	240	195	233.4	82.5	95.4
	16.4.86	5	2	226	168	237.8	85.6	97.7
5						216.9		94.4
	14.3.81	1	1	200	215	228.2	82.5	93.5
	1.3.82	3	2	236	214	240.1	103.7	100.4
	15.3.83	4	1	200	202	220.1	85.6	88.1
	25.3.84	5	1	187	208	203.7	82.5	83.0
	16.4.85	5	1	171	202	202.3	82.5	84.5
	2.4.86	5	1	188	180	191.1	82.5	81.9
6						224.2		88.7
	12.4.81	2	1	153	186	198.8	82.5	84.5
	6.4.82	3	1	182	178	233.7	89.1	90.5
	16.4.83	4	2	185	180	208.5	82.5	81.9
	25.3.84	5	1	187	204	196.9	82.5	79.2
	16.4.85	5	1	171	182	190.9	82.5	79.7
	2.4.86	5	1	188	182	208.6	82.5	83.8

jatkuu seuraavalla sivulla

Taulukko 30 jatkoa

Nro	Poik. pvm	Poik. ikä _a	Sp. b	Paino	Punn. ikä	Korj. paino	Isän BLUP	BLUP
7						226.0		92.8
	26.3.81	1	1	162	203	196.5	82.5	85.6
	4.4.82	3	2	199	180	232.8	89.1	91.9
	31.3.83	4	2	193	196	200.0	89.1	84.3
	27.3.84	5	1	200	202	211.8	82.5	84.3
	28.3.85	5	2	216	201	200.9	82.5	83.6
	2.4.86	5	1	184	182	204.4	82.5	84.4
8						223.9		96.7
	21.4.81	1	2	157	177	200.4	89.1	90.7
	30.3.82	3	2	212	185	236.3	89.1	94.2
	10.4.83	4	1	164	176	205.3	82.5	84.2
	30.3.84	5	2	215	199	210.7	82.5	85.4
	2.4.85	5	2	210	196	204.0	82.5	85.8
	2.4.86	5	1	177	182	197.1	82.5	84.1
9						181.5		99.4
	19.2.80	2	1	221	220	241.7	99.6	105.8
	1.4.81	3	2	222	197	233.3	94.4	101.6
	19.3.82	4	2	262	196	265.9	82.5	99.2
	14.3.83	5	1	239	203	251.8	85.6	97.3
	1.4.84	5	1	230	197	252.0	106.0	106.0
	1.4.85	5	1	174	197	184.1	85.6	83.4
	1.5.86	5	1	184	153	231.5	85.6	94.5
10						207.6		94.1
	23.3.81	1	1	176	206	209.1	82.5	89.0
	27.4.82	3	2	190	157	239.3	85.6	92.4
	11.4.83	4	1	193	175	236.2	82.5	90.4
	24.3.85	5	1	219	205	220.1	82.5	88.5
	22.3.86	5	2	225	193	214.7	85.6	88.6
11						244.1		107.9
	6.4.82	1	1	182	178	249.7	89.1	101.5
	1.4.83	3	1	191	185	238.4	85.6	97.3
	14.5.84	4	1	170	154	234.0	82.5	95.0
	13.4.85	5	2	206	185	207.5	82.5	90.8
	4.5.86	5	1	180	169	216.7	82.5	92.9
12						274.3		122.7
	15.4.84	2	2	211	183	253.2	85.6	106.3
	19.4.85	3	2	245	179	267.9	100.6	118.0
	8.4.86	4	1	210	176	243.8	131.1	125.4
	6.4.87	5	1	250	184	271.9	123.5	128.7
13						268.1		112.6
	14.3.84	1	1	200	215	238.4	90.9	101.4
	4.4.85	3	1	188	194	219.9	85.6	96.7
	14.4.86	4	1	163	170	198.7	82.5	90.4
	14.3.87	5	2	264	207	242.8	110.6	112.6

a = Lehmän ikä poikiessa luokiteltuna mallin 1 mukaan (s. 33)

b = Vasikan sukupuoli, 1 = lehmä, 2 = sonni

Ensimmäisellä rivillä on lehmän oma korjattu vieroituspaino sekä lehmän BLUP-ennuste. Sen jälkeen on lueteltu lehmän kaikkien punnittujen vasikoiden painot ja BLUP-ennusteet.

Laskettaessa indeksejä sonneille ja lehmille voidaan käyttää erilaisia painokertoimia. Lehmien ja hiehojen valinnassa tärkeimpiä ominaisuuksia ovat vieroituspaino sekä syntymäpaino, joka kuvaa suhteellisen hyvin poikimisten helppoutta. Nuorten sonnien ja myös vanhempien astutussonnien indeksissä voidaan pääpaino antaa kasvukyvyille eli painolle vuoden iässä. Näin voidaan valita käytännön kannalta taloudellisimmat yksilöt emolehmiksi ja samalla parantaa rodun lisäkasvukykyä.

Taulukossa 31 on esimerkkinä edellä esitetyn karjan (taulukko 30) lehmien vieroituspainon, painon vuoden iässä sekä syntymäpainon jalostusarvojen ennusteet. Niistä on laskettu erilaisia painokertoimia käyttäen kolme eri indeksistä. Lisäksi eläinten keskinäinen arvojärjestys eri indeksien perusteella valittaessa on merkitty taulukkoon kunkin indeksin jälkeen.

Taulukko 31. Eri ominaisuuksien yhdistäminen indeksiksi erilaisia painokertoimia käyttäen. Lehmät ovat vieroituspainon BLUP-ennusteen mukaisessa järjestyksessä. Indeksien jäljessä on arvojärjestys kunkin indeksin mukaan valittaessa

Nro	BLUP 14	BLUP 2	BLUP 3	IND 1	IND 2	IND 3			
12	122.7	131.5	125.8	114.8	1	118.3	1	105.1	3
2	114.8	111.4	119.7	107.2	3	105.9	4	100.3	6
13	112.6	96.4	104.8	105.9	4	99.4	5	102.4	5
1	108.8	108.4	88.2	109.3	2	109.2	2	109.9	1
11	107.9	95.7	123.8	99.1	8	94.2	9	92.8	9
4	104.2	97.8	106.6	100.8	6	98.2	6	98.6	7
3	100.6	95.0	119.3	95.5	9	93.3	11	91.5	11
9	99.5	107.6	81.0	105.0	5	108.3	3	103.6	4
8	96.8	99.5	124.3	93.1	11	94.2	10	88.9	12
5	94.5	92.7	111.2	93.0	12	92.3	12	91.9	10
10	94.3	89.7	74.5	99.6	8	97.8	7	105.9	2
7	93.0	96.1	108.6	93.3	10	94.5	8	93.0	8
6	88.7	83.3	124.9	84.9	13	82.7	13	82.2	13

BLUP 14 = vieroituspainon jalostusarvon ennuste

BLUP 2 = vuoden iässä punnitun painon jalostusarvon ennuste

BLUP 3 = syntymäpainon jalostusarvon ennuste

Taloudelliset painokertoimet:

	Vieroitus- paino	Paino vuoden iässä	Syntymä- paino
IND 1	0.6	0.2	-0.2
IND 2	0.2	0.6	-0.2
IND 3	0.4	0.2	-0.4

Käytännön jalostustyössä eläinten valinnassa on otettava huomioon muitakin ominaisuuksia. Tässä työssä tutkittiin myös vasikoiden vieroitusta edeltäviä ja sen jälkeisiä päiväkasvuja. Myös niille voitaisiin laskea jalostusarvon ennusteet, mutta sitä ei kokeiltu havaintojen vähäisyyden vuoksi. Lisäksi valinnassa on kiinnitettävä huomiota eläinten hedelmällisyyteen ja rakenteeseen. Syntymäpainon lisäksi voidaan harkita myös poikimavaikkeuksien esiintymisen sisällyttämistä indeksiin.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Suomen lihakarjantarkkailuun kuuluvilla tiloilla syntyy vuosittain noin 2000 Hf-, Ab-, Ch- ja Li-rotuista vasikkaa. Kaikkia vasikoita ei kuitenkaan punnita kaikissa ikävaiheissa, joten varsinkin Ch- ja Li-rotujen aineisto on hyvin pieni. Keinosiemennyssonnien jälkeläisten osuus koko aineistossa oli vain noin 13 %, minkä vuoksi lihakarjalle on vaikeaa saada luotettavia karjojen väliseen arvosteluun sopivia jalostusarvon ennusteita.

Vasikoiden syntymäpainoon vaikuttavia systemaattisia tekijöitä olivat syntymävuosi, sukupuoli, emän rotu, emän poikimikä ja karjan keskipaino. Vieroituspainoon, vieroitusta edeltävään päiväkasvuun ja painoon vuoden iässä vaikuttavia tekijöitä olivat lisäksi syntymävuodenaika ja punnitusikä. Vieroituksen jälkeiseen kasvuun vaikuttavia tekijöitä olivat vasikan sukupuoli, karjan keskipaino sekä Hf-rodulla lisäksi syntymävuosi ja -vuodenaika. Systemaattisten tekijöiden vaikutukset olivat erilaisia eri roduilla, ja siksi rodut on pidettävä erillisinä myös jalostusarvoja laskettaessa. Ch- ja Li-rotujen havaintojen vähäisyydestä johtuen käytännön laskentamenetelmää kehitettäessä on otettava huomioon myös kirjallisuudesta saatavia tuloksia.

Jalostusarvojen laskemista varten esikorjattiin Hf-rotuisten eläinten vieroituspainot ja painot vuoden iässä vasikan sukupuolen, syntymävuodenajan, punnitusiän, emän rodun ja poikimäin suhteen. Syntymäpainot korjattiin vasikan sukupuolen sekä emän rodun ja poikimäin suhteen. Käytetty korjaustapa poikkesi lihakarjantarkkailussa käytetystä, jossa korjataan ainoastaan punnitusiän ja emän poikimäin vaikutukset.

Aineistosta lasketut eri ominaisuuksien periytyvyysasteet olivat yleensä korkeampia kuin kirjallisuudessa esitetyt,

mikä johtuu aineiston rakenteesta. Karjaa ei voitu ottaa suoraan malliin, koska karjoissa oli käytetty usein vain yhtä sonnia vuosittain, ja siten karjan vaikutusta ei voitu erottaa isän vaikutuksesta. Karjan sijasta mallissa oli karjan keskipaino, joka ei ilmeisesti täysin riittänyt poistamaan karjojen välisiä eroja. Samasta syystä sekä myös jälkeläisten vähäisen lukumäärän vuoksi tutkimuksessa saatuja geneettisiä korrelaatioita ei myöskään voida pitää luotettavina.

Fenotyypiset korrelaatiot eri ikävaiheissa punnittujen painojen välillä olivat melko korkeita ja positiivisia. Sen sijaan vieroituspainon sekä vieroitusta edeltävän päiväkasvun korrelaatiot vieroituksen jälkeiseen kasvuun olivat lähellä nollaa.

Eläinmallia käyttämällä voidaan myös lihakarjalle laskea jalostusarvojen ennusteet, mutta niiden luotettavuus riippuu siitä, onko karjojen välillä riittävästi geneettisiä yhteyksiä. Vaikeutena onkin arvostelun luotettavuuden selvittäminen. Tutkimuksessa kokeiltiin useita erilaisia karja-vuosiluokituksia, mutta niiden välillä ei näyttänyt olevan suuria eroja. Karja-vuosiryhmä -luokituksella saadut ennusteet näyttivät olevan muiden mallien keskiväliltä, ja sitä voidaan ehkä pitää käytännön kannalta toimivimpana mallina. Tämän tutkimuksen perusteella ei voida saada varmaa tietoa BLUP-menetelmän soveltuvuudesta liharotujen karjojen väliseen jalostusarvosteluun, ennen kuin tarkkailuun kuuluvien eläinten määrä ja keinosiemennyksen käyttö lisääntyvät.

Karjan sisäiseen arvosteluun tämä menetelmä kuitenkin sopii sellaisenaan ja se on luotettavampi kuin nykyisin käytetty korjattuihin ja suhteellisiin painoihin perustuva arvostelu, koska eläinmalli ottaa huomioon myös eläinten sukulaisten tulokset. Eri ominaisuuksien jalostusarvojen ennusteet voidaan yhdistää eläimen kokonaisjalostusarvoksi taloudellisia painokertoimia käyttäen. Tulevaisuudessa eläinten arvostelu voidaan kehittää myös useiden ominaisuuksien samanaikaiseksi analyysiksi, jossa voidaan ottaa huomioon ominaisuuksien väliset yhteydet.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- Anon. 1981. Guidelines for uniform beef improvement programs. USDA. Program Aid 1020. 76 s.
- Anon. 1986. Total performance records program. American Hereford Association. 16 s.
- Anon. 1987a. Indexberäkning och vikt-korrigerering. Hereford 4: 19.
- Anon. 1987b. Lihakarjan kasvatus. Otava. Helsinki. 202 s.
- Aronen, P. 1985. Liharotuisten nautojen painoihin vaikuttavista tekijöistä ja painojen korjaamisesta. Kotieläinjalostuksen tiedote no. 66. 80 s.
- Azzam, S. M. ja Nielsen, M. K. 1987. Genetic parameters for gestation length, birth date and first breeding date in beef cattle. J. Anim. Sci. 64: 348.
- Berg, R. T. ja Butterfield, R. M. 1976. New concepts of cattle growth. Sydney University Press. Sydney. 240 s.
- Bertrand, J. K. ja Benyshek, L. L. 1987. Variance and covariance estimates for maternally influenced beef growth traits. J. Anim. Sci. 64: 728.
- Bourdon, R. M. ja Brinks, J. S. 1982. Genetic, environmental and phenotypic relationships among gestation length, birth weight, growth traits and age at first calving in beef cattle. J. Anim. Sci. 55: 543.
- Brown, C. J., Johnson, Z. ja Brown, A. H. 1986. Some genetic aspects of feed intake, gain and feed conversion of young bulls on postweaning gain test. Proc. 3rd World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. Lincoln. Nebraska. XI: 291.
- Buddenberg, B. J., Brown, C. J., Johnson, Z. B. ja Honea, R. S. 1986. Maternal behavior of beef cows at parturition. J. Anim. Sci. 62: 42.
- Burfening, P. J., Kress, D. D., Friedrich, R. L. ja Vaniman, D. D. 1978. Phenotypic and genetic relationships between calving ease, gestation length, birth weight and preweaning growth. J. Anim. Sci. 47: 595.

- Christensen, S. 1986. Index för hereford - en fråga för specialister eller praktiker. Nötkött 4: 31.
- Cundiff, L. V., MacNeil, M. D., Gregory, K. E. ja Koch, R. M. 1986. Between- and within-breed genetic analysis of calving traits and survival to weaning in beef cattle. J. Anim. Sci. 63: 27.
- Cunningham, E. P. ja Henderson, C. R. 1965. Estimation of genetic and phenotypic parameters of weaning traits in beef cattle. J. Anim. Sci. 24: 182.
- Foulley, J. L. ja Clerget-Darpoux, F. 1978. Progeny group size for evaluating natural service bulls using AI reference sires. Ann. Génét. Sél. anim. 10: 541.
- Graser, H.-U. ja Hammond, K. 1985. Mixed model procedures for the Australian beef industry. I. Multiple-trait model for estimation of breeding values for 200-day and final weights of cattle. Aust. J. Agric. Res. 36: 527.
- Harvey, W. R. 1970. Estimation of variance and covariance components in the mixed model. Biometrics Vol. 26. 3:485.
- Henderson, C. R. 1973. Sire evaluation and genetic trends. Proc. Animal Breed. Genet. Symp. in Honour of Dr. J. L. Lush. ASAS ja ADSA. Champaign. Illinois.
- Henderson, C. R. ja Quaas, R. L. 1976. Multiple trait evaluation using relatives' records. J. Anim. Sci. 43: 1188.
- Henningsson, T. 1985. Performance Testing for Beef Production Traits in Swedish Dual Purpose and Beef Cattle. Inst. för husdjursförädling och sjukdomsgenetik. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala. Rapport 64.
- Hudson, G. F. S., Schaeffer, L. R. ja Wilton, J. W. 1980. Alternative progeny testing programs for weaning weight and ease of calving in beef cattle. Can. J. Anim. Sci. 60: 609.
- Kalm, E., Pabst, W., Lindhé, B. ja Langholz, H.-J. 1978a. Estimation of breeding values of beef bulls - Hereford and Charolais - based on data from the field recording scheme in Sweden. I. Environmental effects on birth weight, 200-day weight and yearling weight. Livest. Prod. Sci. 5: 379.
- Kalm, E., Pabst, W., Lindhé, B. ja Langholz, H.-J. 1978b. Estimation of breeding values of beef bulls - Hereford and Charolais - based on data from the field recording scheme in Sweden. II. The relationship and the heritability of birth weight, 200-day weight and yearling weight. Livest. Prod. Sci. 5: 393.

- Kennedy, B. W. ja Henderson, C. R. 1975. Components of variance of growth traits among Hereford and Aberdeen Angus calves. *Can. J. Anim. Sci.* 55: 493.
- Koch, R. M., Cundiff, L. V., Gregory, K. E. ja Dickerson, G. E. 1973. Genetic and phenotypic relations associated with preweaning and postweaning growth of Hereford bulls and heifers. *J. Anim. Sci.* 36: 235.
- Koch, R. M., Swiger, L. A., Chambers, D. ja Gregory, K. E. 1963. Efficiency of feed use in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 22: 486.
- Leighton, E. A., Willham, R. L. ja Berger, P. J. 1982. Factors influencing weaning weight in Hereford cattle and adjustment factors to correct records for these effects. *J. Anim. Sci.* 54: 957.
- Maijala, K. 1977. Rehuhyötysuhteen käsite ja sen merkitys sekä yhteydet tuotantokykyyn. Kotieläinjalostuksen tiedote no. 17 c. 14 s.
- Meijering, A. 1984. Dystocia and stillbirth in cattle - a review of causes and implications. *Livest. Prod. Sci.* 11: 143.
- Ménissier, F. 1988. La selection des races bovines à viande spécialisées en France. INRA. Jouy-en-Josas. France. 22 s.
- Morrison, D. G., Williamson, W. D. ja Humes, P. E. 1986. Estimates of heritabilities and correlations of traits associated with pelvic area in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 63: 432.
- MTH. 1987. Maatilatilastollinen vuosikirja 1986. Maatilahlallitus. Helsinki.
- MTH. 1988. Maataloustilastollinen kuukausikatsaus no. 12. Maatilahlallitus. Helsinki.
- Nelsen, T. C., Short, R. E., Urick, J. J. ja Reynolds, W. L. 1986. Heritabilities and genetic correlations of growth and reproductive measurements in Hereford bulls. *J. Anim. Sci.* 63: 409.
- Neville, W. E., Jr., Baird, D. M., McCampbell, H. C. ja Sell, O. E. 1962. Influence of dam's milk production and other factors on postweaning performance and carcass characteristics of Hereford cattle. *J. Anim. Sci.* 21: 943.
- Pabst, W., Kilkeny, J. B. ja Langholz, H.-J. 1977a. Genetic and environmental factors influencing calf performance in pedigree beef cattle in Britain. I. The influence of environmental effects on birth, 200-day and 400-day weights. *Anim. Prod.* 24: 29.

- Pabst, W., Kilkenny, J. B. ja Langholz, H.-J. 1977b. Genetic and environmental factors influencing calf performance in pedigree beef cattle in Britain. II. The relationship between birth, 200-day and 400-day weights and the heritability of weight for age. *Anim. Prod.* 24: 41.
- Parnell, P. F., Baker, R. L. ja Foulley, J. L. 1986. The efficiency and place of multi-herd animal evaluation procedures for beef cattle. *Proc. 3rd World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. Lincoln. Nebraska. IX: 373.*
- Philipsson, J., Foulley, J. L., Lederer, J., Libouriussen, T. ja Osinga, A. 1979. Sire evaluation standards and breeding strategies for limiting dystocia and stillbirth. *Livest. Prod. Sci.* 6: 111.
- Preston, T. R. ja Willis, M. B. 1974. *Intensive Beef Production. 2. painos. Pergamon Press. New York. 566 s.*
- Quaas, R. L. ja Pollak, E. J. 1980. Mixed model methodology for farm and ranch beef cattle testing programs. *J. Anim. Sci.* 51: 1277.
- Rehben, E. 1986. Situation of on-farm performance recording in suckler herds of beef breeds. *ITEB. France. 5 s.*
- Sabin, S. W., Stratton, P. O. ja Bogart, R. 1961. Genetic - environmental study of calf growth. *J. Anim. Sci.* 20: 911. *Abstr.*
- Simm, G. ja Smith, C. 1986. Selection indicies to improve the efficiency of lean meat production in cattle. *Anim. Prod.* 42: 183.
- Van Vleck, D. 1983. Notes on the theory and application of selection principles for the genetic improvement of animals. 5. painos. Cornell University. Ithaca. New York. 220 s.
- Vehmaan-Kreula, E. 1984. Lihakarjantarkkailun tulokset vuonna 1983. *Nautakarja* 2:46.
- Vehmaan-Kreula, E. 1985. Lihakarjantarkkailun tulokset vuonna 1984. *Nautakarja* 2:32.
- Vehmaan-Kreula, E. 1986. Lihakarjantarkkailun tulokset vuonna 1985. *Nautakarja* 1:28.
- Vehmaan-Kreula, E. 1987. Lihakarjantarkkailun tulokset vuonna 1986. *Nautakarja* 1:26.
- Vehmaan-Kreula, E. 1988. Lihakarjantarkkailun tulokset vuonna 1987. *Nautakarja* 1:33.
- Vehmaan-Kreula, E. 1989. Lihakarjantarkkailun tulokset vuonna 1987. *Nautakarja* 1:30.

- Vilva, V. 1989. WSYS-ohjelmisto. Kotieläinten jalostustieteen laitos. Helsingin yliopisto. Helsinki.
- Warwick, E. J. ja Legates, J. E. 1979. Breeding and Improvement of Farm Animals. 7. painos. McGraw-Hill. New York & London. 642 s.
- Wilson, D. E., Berger, P. J. ja Willham, R. L. 1986. Estimates of beef growth trait variances and heritabilities from field records. J. Anim. Sci. 63: 386.
- Wilson, D. E., Willham, R. L. ja Berger, P. J. 1985. Mixed model methodology for unifying within-herd and national beef sire evaluation. J. Anim. Sci. 61: 814.
- Woldehawariat, G., Talamantes, M. A., Petty, R. R., Jr. ja Cartwright, T. C. 1977. A summary of genetic and environmental statistics for growth and conformation characters of beef cattle. Texas Agr. Exp. Sta. Tech. Rep. no. 103. (Ref. Wilson ym., 1986).

KOTIELÄINJALOSTUKSEN TIEDOTE-SARJASSA ILMESTYNYT:

1. UUSITALO, H., 1975. Valintaindeksien rakentaminen kanojen jalostusarvostelua varten. Licensiaattityö, 119 s.
2. RUOHOMÄKI, H., 1975. Nuoren lihanaudan teurasominaisuuksien arvioimisesta. Licensiaattityö, 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 luontopäivillä Helsingissä 28.11.1974, 21 s.
7. NIEMINEN, P., 1975. Ultraäänikuvauksella arvioidun lihakuuden yhteys sonnien kasvukoetuloksiin. Pro gradu -työ, 95 s.
8. MAIJALA, K., 1975. Yleisiä näkökohtia kotieläinten jalostustavoitteiden määrittelyssä. Esitelmä Pohjoismaiden Maataloustutkijain Yhdistyksen 15. kongressissa Reykjavikissa 3.7.1975, 18 s.
9. OJALA, M., PUNTILO, M.-L., VARO, M. ja LAAKSO, P., 1976. Sonniemittauksia yksilötestausasemilla. 45 s.
10. HELLMAN, T., OJALA, M. ja VARO, M., 1976. Ultraäänikuvauksen käyttö päsien 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. Erialaisten virhelähteiden ja erityisesti tuotostason ja maantieteellisen alueen vaikutus Ay-sonniel jälkeläisarvosteluun. Pro gradu -työ, 114 s.
16. MAIJALA, K. ja SYVÄJÄRVI, J., 1977. Mahdollisuudesta kehittää monisyntyntävää 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. Licensiaattityö, 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 lihan-tuotantokyvyn jalostamisessa. Pro gradu -työ, 83 s.
35. LAHDENRANTA, M., 1979. Emien vaikutus oriidien juoksijajälkeläisarvosteluun suomenhevosella. Pro gradu -työ, 145 s.
36. LINDSTRÖM, U., 1979. Kohti pehmeämpää teknologiaa ruoantuotannossa. 11 s.
37. LINDHOLM, S., 1979. Suomalaisen 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 teuraslaatu arviointaessa. 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. Jälkeläisarvostelusemiari 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. Licensiaattityö, 88 s.
51. LAURILA, T., 1982. Kilpailutulosten käyttö ratsuevosten 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 Licensiaattityö, 16 s.
57. KENTTÄMIES, H., 1982. Naudanlihan tuotantoon vaikuttavista geneettisistä tekijöistä ja ympäristötekijöistä sekä kasvun mittaamisesta kenttäkokeissa. Licensiaattityö, 104 s.
58. HUHTANEN, P., 1982. Suomenkarjan kokonaistaloudellisuus muihin rotuihin verrattuna. Laudaturtyö, 82 s.

59. KUOSMANEN, S., 1983. 305-pv:n maitotuotoksen ennustaminen osatuotostietojen perusteella. Pro gradu -työ, 100 s.
60. HEISKANEN, M.-L., 1983. Hevosen keinosiemennys tuore- ja pakastespermalla. Pro gradu -työ, 63 s.
61. MARKKULA, M., 1984. Kanojen yleiseen sairaudenvastustuskykyyn liittyviä tekijöitä. 24 s.
62. MÄNTYSAARI, E., 1984. Valintaindeksi jälkeläisarvosteltujen keinosiemennyssonnien kokonaisjalostusarvon kuvaajana. Pro gradu -työ, 86 s.
63. LAUKKANEN, H., 1984. Maidon sähköjohtokykyyn vaikuttavat tekijät ja johtokyvyn käyttömahdollisuuksista utaretulehduksen vastustamisessa. Pro gradu -työ, 68 s.
64. SYVÄJÄRVI, J., 1984. Tutkimuksia maitorotuisten sonnien jälkeläisarvostelun varmistamiseksi ja monipuolistamiseksi. Licensiaattityö, 14 s. LIITE: Tarkkailulehmien maidon solupitoisuuden vaihtelu ja yhteys maidon tuotantoon. 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. Karjansäinen lehmien arvostelu. Pro gradu -työ, 93 s.
68. HIMANEN, A., 1985. Tilatason jalostussuunnitelmien toteutuminen. Pro gradu -työ, 45 s.
69. SEVON-AIMONEN, M.-L., 1985. Risteytysvaikutus sikojen tuotanto-ominaisuuksissa. Pro gradu -työ, 89 s.
70. SAASTAMOINEN, M., 1985. Lypsylehmän karkearehun syönti- ja hyväksikäyttökävyn 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. Sukusiitokset suomalaisessa ayrshirepopulaatiossa ja sukusiitoksen vaikutukset eri ominaisuuksiin. Pro gradu -työ, 59 s.
75. PYLVÄNÄINEN, H., 1987. Ravikilpailuominaisuuksien perinnölliset tunnusluvut eri ikävuosina ja ikävuosien välillä. Pro gradu -työ, 87 s.
76. LAMPINEN, A., 1987. Maitorotuisten keinosiemennyssonnien kasvukyky ja sen arvostelu. Pro gradu -työ, 79 s.
77. ALASUUTARI, T., 1987. Maitorotuisten sonnien tyttären karsiintuminen ja sonnien jalostusarvojen toistuvuus. Pro gradu -työ, 127 s.
78. TIKKANEN, S., 1987. Minkin pentuekoon periytyvyys. Pro gradu -työ, 46 s.
79. TUORI, M., 1987. Lypsykäyrän muotoa kuvaavien tunnuslukujen ja lypsykauden tuotosten toistuvuus Viikin karjassa. Laudaturtyö, 65 s.
80. MÄNTYHO, 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.

ISBN 951-45-5000-5
ISSN 0356-1429
Helsinki 1989
Yliopistopaino