

# Valintaindeksi jälkeläisarvosteltujen keinosiemennyssonniien kokonais- jalostusarvon kuvaajana

Esa Mäntysaari

Kotieläinten jalostustieteen laitos

---

Helsinki 1984

**Julkaisijat:**

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

VALINTAINDEKSI  
JÄLKELAISARVOSTELTUIEN KEINOSIEMENNYSSONNIE  
KOKONAIKJALOSTUSARVON KUVAAJANA

Esa Mäntysaari  
Pro gradu-työ 1983

# SISÄLLYSLUETTELO

1.0	JOHDANTO . . . . .	1
2.0	VALINTAINDEKSIIN TEOREETTINEN TAUSTA . . . . .	4
2.1	Yleinen indeksiyhtälö . . . . .	5
2.2	Perusindeksi . . . . .	9
2.3	Rajoitettu indeksi . . . . .	10
2.4	Indeksi ilman taloudellisia painoja . . . . .	12
3.0	AINEISTO . . . . .	14
3.1	Indeksin ominaisuudet . . . . .	14
3.1.1	Käytettävissä olevat arvostelutulokset . . . . .	14
3.1.2	Ominaisuuksien valinta . . . . .	16
3.1.3	Ominaisuuksien lukumäärä . . . . .	17
3.1.3.1	Tuotanto-ominaisuudet . . . . .	17
3.1.3.2	Lisääntymisominaisuudet . . . . .	19
3.1.3.3	Rakenne- ja Käyttöominaisuudet . . . . .	20
3.2	Perinnölliset tunnusluvut . . . . .	23
3.2.1	Maidontuotanto . . . . .	23
3.2.2	Kasvu ja elopaino . . . . .	26
3.2.3	Lisääntymisominaisuudet . . . . .	30
3.2.4	Rakenne- ja Käyttöominaisuudet . . . . .	33
3.3	Taloudelliset painokertoimet . . . . .	36
4.0	MENETELMÄT . . . . .	38
4.1	Jälkeläisarvostelutulosten käyttö lähtötietoina . . . . .	38
4.2	Lopullinen malli . . . . .	42
4.3	Indeksin aiheuttamien muutoksien testaus . . . . .	43
4.4	Indeksi kertomien standardointi . . . . .	44
5.0	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU . . . . .	45
5.1	Perusindeksin ja Korrelaariindeksin vertailu . . . . .	45
5.2	Rajoitettu indeksi . . . . .	51
5.3	Lähtöarvojen vaikutus painokertoimiin . . . . .	54

5.4	Rajoitettu taloudellinen indeksi . . . . .	57
6.0	JOHTOPÄÄTÖKSET . . . . .	61
7.0	TIIVISTELMÄ . . . . .	67
8.0	KIRJALLISUUS . . . . .	69
9.0	LIITE 1. TALOUDELLISET PAINOT . . . . .	75

## 1.0 JOHDANTO

Lypsylehmän arvo tuotantoeläimenä riippuu monista eri ominaisuuksista. Hyvän taloudellisen tuloksen edellytyksenä ovat sekä korkea maitotuotos että hyvät hedelmällisyys-, terveys- ja rakenneominaisuudet. Myös jalostustyössä tulisi aina ottaa huomioon eläinten kokonaisarvo. Vaikka haluttaisiin kehittää vain yhtä ominaisuutta, vaikutetaan aina muihinakin. Jos esimerkiksi valitaan yksinomaan maitotuotoksen perusteella, on seurauksena maidon rasvapitoisuuden lasku. Tämä ei tietenkään ole tavoitteena, vaan pyrkimyksenä on parantaa niin maidontuotantoa kuin rasvaprosenttiaakin. Usean ominaisuuden jalostukseen on kehitetty monia eri menetelmiä. Hazel ja Lush (1942) ovat vertailleet näistä yleisimmin käytettyjä tandem-, minimivaatimus- ja indeksi-menetelmiä.

TANDEM-menetelmässä kiinnitetään huomio kaikkiin ominaisuuksiin vuoronperään. Esimerkkitapauksessa voitaisiin valita kahdessa sukupolvessa maitotuotoksen suhteen ja joka kolmannessa rasvapitoisuuden suhteen. Naudanjalostuksessa tandemvalinta on vaikeaa, koska sukupolvien välinen aika on pitkä ja jalostettavia ominaisuuksia on runsaasti. Sitäpaitsi edistymistä hidastaa se, että korkean rasvapitoisuuden omaavat eläimet ovat useimmiten myös kaikkein huonoimmat maidon tuottajat.

MINIMIVAATIMUS-menetelmässä estetään jonkun ominaisuuden suhteen kaikkein heikoimpien yksilöitten käyttö siitokseen. Tämä tehdään asettamalla jokaiselle ominaisuudelle alaraja, joka jokaisen valittavan eläimen on ylitettävä. Menetelmän heikkoutena on, että yksilöt, jotka ovat johonkin tiettyyn ominaisuuteen nähden karsintarajan alapuolella, tulevat karsituiksi, vaikka ne olisivat erinomaisia kaikkien muiden ominaisuuksien suhteen. Yhä tuhlailevammaksi menetelmän tekevät

ominaisuuksien väliset yhteydet. Esimerkiksi, jos eläin on hyvä maidontuottaja, karsiutuu se useimmiten liian alhaisen rasvaprosentin vuoksi, ja päin vastoin.

Puutteistaan huolimatta minimivaatimus-menetelmä on yleisesti käytössä naudanjalostuksessa. Mikäli sonnin kasvukyky ylittää tietyn rajan, se karsitaan, samaten karsitaan hyvän kasvukyvyn omannut sonni, ellei sen maidontuotantoarvostelu ylitä tiettyä kynnystä. Vaikka kaikki muut ominaisuudet olisivat huippuluokkaa, saatetaan sonnin käyttöä vierastaa, jos joku käyttöominaisuus on kovin huono.

Kaikissa menetelmissä joudutaan arvioimaan ominaisuuksien suhteellista arvoa. Rasvaprosentin suhteen ei karsita yhtä voimakkaasti kuin maidontuotannon. VALINTAINDEKSISISSÄ yksilön jokaista ominaisuutta painotetaan suoraan sen suhteellisen merkityksen mukaan. Indeksi on tehokkaampi verrattuna tandem- ja minimivaatimus-menetelmiin, varsinkin kun mukana on paljon ominaisuuksia. Voidaan osoittaa, että mikäli meillä on 10 toisistaan riippumatonta ja yhtä tärkeää ominaisuutta, saavutetaan indeksivalinnalla jokaisessa ominaisuudessa yli kolminkertainen edistyminen verrattuna tandem-menetelmään.

Pyrkimys eläimen kokonaisarvon määrittämiseen jalostusta varten on todennäköisesti yhtä vanha kuin itse jalostuskin. Aina on järkevää punnita eri ominaisuuksia mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti. Tässä tieteellisten painokertoimien laskemiseksi tulee kuitenkin tuntee sovellutuspopulaatio tarkkaan. Vasta kun tunnetaan jalostettavien ominaisuuksien periytyvyysasteet, hajonnat ja korrelaatiot, voidaan arvioida millaisia muutoksia kertoimien käytöstä seuraa. Koska meillä keinosisemmennyssonnit jälkeläisarvostellaan useiden eri ominaisuuksien suhteen, on mahdollista arvioida niiden kokonaisarvo melko monipuolisesti. Tähän on pyritty laskemalla vuodesta 1981 sonneille ns. jalostusarvo-indeksi, jossa on painotettu sonnien tyttärien 4-% maidontuotantoa, sonnien omaa kasvukykyä sekä myös hedelmällisyyttä ja käyttöominaisuuksia.

Ominaisuuksien suhteellinen painotus vanhassa jalostusarvo-indeksissä perustui arvioihin niiden merkityksestä jalostustyölle. Kuitenkin hedelmällisyys- ja käyttöominaisuuksille annettiin painoa vasta, jos sonni poikkosi keskiarvosta enemmän kuin yhden hajonnan yksikön. Myöskään ei otettu huomioon, millaisia vaikutuksia ominaisuuksien välisillä yhteyksillä olisi lopulliseen edistymiseen. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli rakentaa kokonaisjalostusarvo-indeksi, jossa olisi myös korrelaatioiden vaikutus huomioitu. Tätä muodostettaessa jouduttiin laskemaan, millaiset muutokset arvostelutavissa ominaisuuksissa antavat taloudellisesti parhaan tuloksen. Toisaalta yritettiin ottaa huomioon myös sekä kansantaloudelliset tarpeet että biologiset näkökohdat.

Ominaisuuksien painotukset määräävät sekä jalostustyön suunnan että myös tehon. Jos painotukset ovat väärät tai epätasapainossa keskenään, ei indeksi enää vastaa eläinten todellista jalostusarvoa. Tällöin edistyminen on hidasta tai lähes olematonta.

## 2.0 VALINTAINDEKSIIN TEOREETTINEN TAUSTA

Tavallisesti valintaindeksit jaotellaan Käyttötarkeituksiansa mukaan:

1. Indekseihin, jotka yhdistävät eri lähteistä, esimerkiksi sukulaisilta, saadut tiedot. Kysymyksessä on yleensä valinta yhden ominaisuuden suhteen. Painokertoimet määräytyvät sukulaisuuden ja arvosteluvarmuuden perusteella.

2. Indekseihin, jotka yhdistävät eläimen eri ominaisuuksia yhdeksi luvuksi, eli kokonaisjalostusarvoksi. Tällöin painokertoimet määräytyvät ominaisuuksien taloudellisen merkityksen, periytyvyyden ja korrelaatioiden mukaan.

Alunperin geneettiset valintaindeksit kehitettiin ominaisuuksien yhdistämistä varten. Kotieläinjalostustarkeituksiin niitä sovelsi ensimmäisen kerran Hazel (1943). Hänen jälkeensä indeksejä on käytetty niin sukulaisvalintaan kuin kokonaisarvosteluunkin. Sama menetelmä kattaa molemmat käyttötarkoitukset. Myös niiden yhdistäminen on mahdollista. Tällöin lopullisessa indeksissä toisaalta otetaan huomioon useampia eri ominaisuuksia, ja toisaalta samalla hyödynnetään eläimen sukulaisista saatuja tuloksia. Kaikkien sovellutuksien tarkoituksena on koota mahdollisimman paljon tietoja yhdeksi jalostusarvoksi kuvaavaksi mittaluvuksi.

Cunninghamin (1969) mukaan indeksi on paras arvio todellisesta jalostusarvosta, mikäli:

1. Se maksimoi todellisen jalostusarvon (T) ja tämän arvon, eli indeksin (I), välisen korrelaation.



2. Se asettaa eläimet mahdollisimman oikeudenmukaiseen arvojärjestykseen.

3. Se maksimoi valinnalla saavutettavan geneettisen edistymisen.

4. Se minimoi todellisen ja oletetun jalostusarvon välisen erotuksen neliön  $E(I-T)^2$ .

## 2.1 Yleinen Indeksiyhtälö

Yksilön  $a$  valintaindeksi on muotoa:

$$I_a = b_1 X_{11} + b_2 X_{22} + \dots + b_n X_{nn} = \sum_{i=1}^n b_i X_{i1} \quad (1)$$

missä  $b_i$ :t ovat osittaisregressiokertoimia ja  $X_i$ :t joko yksilöstä tai sen sukulaisista mitattuja tuloksia.

Indeksiyhtälö pyrkii kuvaamaan eläimen todellista jalostusarvoa (True Breeding Value) :

$$T_a = v_1 Y_{11} + v_2 Y_{22} + \dots + v_m Y_{mm} = \sum_{i=1}^m v_i Y_{i1} \quad (2)$$

missä  $Y_i$ :t ovat eri ominaisuuksien, tai yksilöiden, additiivisia geneettisiä arvoja ja  $v_i$ :t ominaisuuksien taloudellisia painoja.

Yleinen tapa johtaa indeksikertoimien ratkaisut on maksimoida indeksin ja todellisen jalostusarvon välinen korrelaatio:

$$r_{TI} = \frac{\sigma_{TI}}{\sqrt{\sigma_T^2 \sigma_I^2}}, \text{ missä} \quad (3)$$

$$\sigma_{TI} = \text{Kovarianssi}(T, I) = \text{Cov}(T, \sum_{i=1}^n b_i X_i) \quad (4)$$

$$\sigma_T^2 = \text{Todellisen jalostusarvon varianssi} = V(\sum_{j=1}^m v_j Y_j) \quad (5)$$

$$\sigma_I^2 = \text{Indeksin varianssi} = V(\sum_{i=1}^n b_i X_i) \quad (6)$$

Korrelaation suurin arvo saadaan derivoimalla yhtälö jokaisen  $b_i$ :n suhteen ja asettamalla osittaisderivaatat nolliksi. Näin saadaan jokaisen ominaisuuden  $i$  ja  $T$ :n välinen kovarianssi:

$$\sigma_{X_i T} = b_1 \sigma_{X_i X_1} + b_2 \sigma_{X_i X_2} + \dots + b_n \sigma_{X_i X_n}$$

Sama voidaan kirjoittaa myös muotoon:

$$\sigma_{X_i T} = \text{cov}(\sum_{j=1}^m X_j, v_j Y_j) = \sum_{j=1}^m v_j \sigma_{Y_j X_i}$$

Tässä  $\sigma_{Y_j X_i}$  kuvaa eläimestä arvosteltavan  $i$ :n fenotyyppisen ominaisuuden ja kokonaisgenotyyppiin kuuluvan  $j$ :n ominaisuuden välistä kovarianssia. Mikäli oletamme, että kaikki ominaisuuksien välinen korrelaatio johtuu niiden yhteisestä additiivisesta genotyypistä, voimme kirjoittaa:

$$\sigma_{Y_j X_i} = \sigma_{Y_j Y_j}$$

Tällöin, jos  $i$  on  $j$ , niin  $Y_i$  ja  $Y_j$  tarkoittavat samaa ominaisuutta samassa eläimessä ja kysymyksessä on ominaisuuden geneettinen varianssi.

Nyt voimme Kirjoittaa Kaikki yhtälöt muotoon: ( 7 )

$$\begin{array}{ccccccc}
 b_1 \sigma_{X_1}^2 & + b_2 \sigma_{X_1 X_2} & + \dots & + b_n \sigma_{X_1 X_n} & = & v_1 \sigma_{Y_1}^2 & + v_2 \sigma_{Y_1 Y_2} & + \dots & + v_m \sigma_{Y_1 Y_m} \\
 b_1 \sigma_{X_1 X_2} & + b_2 \sigma_{X_2}^2 & + \dots & + b_n \sigma_{X_2 X_n} & = & v_1 \sigma_{Y_1 Y_2} & + v_2 \sigma_{Y_2}^2 & + \dots & + v_m \sigma_{Y_2 Y_m} \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & = & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 b_1 \sigma_{X_1 X_n} & + b_2 \sigma_{X_2 X_n} & + \dots & + b_n \sigma_{X_n}^2 & = & v_1 \sigma_{Y_1 Y_n} & + v_2 \sigma_{Y_2 Y_n} & + \dots & + v_m \sigma_{Y_n Y_m}^2
 \end{array}$$

Yhtälöryhmän Käsittely matriisimuodossa helpottaa Kertoimien ratkaisemista:

$$P b = G y \quad ( 8 )$$

jossa:

$P$  = Fenotyyppinen Kovarianssimatriisi (koko  $n \times n$ ).

$G$  = Matriisi, jossa geneettiset Kovarianssit indeksimuuttujien ja genotyypin ominaisuuksien välillä (koko  $n \times m$ ).

$b$  = Indeksimuuttujien painokerroin vektori ( $n \times 1$ ).

$y$  = Vektori, jossa genotyypin ominaisuuksien taloudelliset painot ( $m \times 1$ ).

Lisäksi voimme määritellä:

$\tilde{y}$  = Vektori, jossa kokonaissgenotyypin kuuluvien ominaisuuksien todelliset additiiviset arvot ( $1 \times m$ ).

$\tilde{x}$  = Vektori indeksiin kuuluvien muuttujien arvoista, koostuu fenotyyppisistä mittauksista ( $n \times 1$ ).

$\underline{C}$  = Geneettinen kovarianssimatriisi Yksessä olevista ominaisuuksista (m x m)

Alkuperäinen indeksi yhtälö (1) on nyt:

$$I = \underline{b}' \underline{X}$$

Sen kertoimet voidaan ratkaista yhtälöstä (8):

$$\underline{b} = \underline{F}^{-1} \underline{G} \underline{y} \quad (9)$$

Indeksin varianssi (6) on

$$\sigma_I^2 = \underline{b}' \underline{P} \underline{b}$$

Todellisen jalostusarvon varianssi (5)

$$\sigma_T^2 = \underline{v}' \underline{C} \underline{v}$$

Kovarianssi indeksin ja todellisen jalostusarvon välillä (4)

$$\sigma_{IT} = \underline{b}' \underline{G} \underline{v} = \underline{b}' \underline{P} \underline{b}$$

Kun sijoitamme  $\underline{P} \underline{b}$ :n yhtälöstä (8), mikäli b-kertoimia ei ole ratkaistu kuten kohdassa (9), ne eivät toteuta ehtoa:

$$\underline{P} \underline{b} = \underline{G} \underline{v},$$

eikä vaihtoa näinollen voida tehdä,

Indeksin ja todellisen jalostusarvon välinen korrelaatio on, kuten alussa asetettiin:

$$r_{IT} = \frac{\sigma_{IT}}{\sqrt{\sigma_T^2 \sigma_I^2}} = \frac{\sigma_I^2}{\sigma_T \sigma_I} = \sqrt{\frac{b' P b}{v' C v}}$$

## 2.2 Perusindeksi

Useimmiten tarvittavat parametrit joudutaan arvioimaan suhteellisen pienestä aineistosta, jolloin varsinkin geneettisten korrelaatioiden arviointi on epävarmaa. Ellei käytettävissä ole muitakaan arvioita geneettisistä ja fenotyyppisistä korrelaatioista, voidaan tyytyä myös perusindeksiin. Tämä saadaan tavallisista indeksiyhdistelmistä asettamalla sekä fenotyyppiset että geneettiset kovarianssit nolliksi. Tällöin ominaisuuksien kertoimiksi tulevat niiden taloudelliset painot kerrottuna periytyvyysasteilla, eli ns.  $vh^2$ -arvot (Van Vleck 1974).

Perusindeksin ongelmana on, ettei voida tutkia kuinka paljon indeksin teho kärsii korrelaatioiden pois jättämisestä. Myöskään ei tiedetä millaisia muutoksia indeksin käyttö aiheuttaa. Joissain tapauksissa on kuitenkin turvallista olettaa, ettei ominaisuuksien välillä ole korrelaatioita. Varsinkin, jos ominaisuuksien periytyvyysasteet ovat korkeita ja todelliset korrelaatiot lähellä nollaa, voivat virheelliset parametrien arviot vähentää indeksin tehoa. Jos tilanne taas on päinvastainen, eli todelliset korrelaatiot ovat korkeita ja periytyvyysasteet alhaisia, on korrelaatioiden huomioon ottamisesta saatava hyöty niin suuri, etteivät virheet lähtöarvoissa enään heikennä lopputuloksen tehoa niin paljoa (Meyer & Hill 1982).

### 2.3 Rajoitettu indeksi

Joskus jalostettavien ominaisuuksien markkina-arvo ei vastaa niiden yleistä kansantaloudellista arvoa. Mikäli tällaiset ominaisuudet ovat negatiivisesti korreloituneet tärkeisiin tuotanto-ominaisuuksiin, aiheuttaa taloudellisesti painotettu indeksi ikäviä muutoksia kyseisessä ominaisuudessa. Tällainen on tilanne muun muassa maidon valkuaispitoisuuden suhteen (Lindström 1978). Toisaalta joillekin tärkeille ominaisuuksille on vaikeaa arvioida järkevää taloudellista painoa, mutta silti niiden huomioon ottaminen kannattaa. Näin on esimerkiksi teurasominaisuuksien ja lihan laatuominaisuuksien laita. Tällaisissa tapauksissa voidaan ongelma-ominaisuuden taloudellinen paino unohtaa kokonaan ja pyritään sen suhteen ennalta määriteltävään muutokseen. Useimmiten halutaan ominaisuus pitää kokonaan muuttumattomana.

Ajatuksen rajoitetusta indeksistä esittivät ensimmäisen kerran Kempthorne ja Nordskog (1959). Heidän menetelmällään voidaan tietyt ominaisuudet pitää muuttumattomina (fixed restrictions), vaikka samanaikaisesti pyritään maksimoimaan kokonaisedistyminen. Myöhemmin on esitetty myös menetelmiä, joilla mahdollistetaan vapaammat muutokset, ja joilla muutokset ominaisuudessa voidaan sitoa toisiinsa. Voitaisiin esimerkiksi asettaa ehto, joka määräisi, että kokonaisedistymisen on jakauduttava maidon ja lihan välille suhteessa 1:5 (proportional restrictions, Tallis 1962).

Yleisperiaate rajoitettujen indeksien laskennassa on sama kuin rajoittamattomienkin. Kuitenkin ennen kertoimien ratkaisua asetetaan lisäehto, joka määrää indeksin ja rajoitetun ominaisuuden  $i$  välisen kovarianssin halutun suuruiseksi. Esimerkiksi  $Cov(I, Y_i) = 0$ . Nollavaihtoehdon toteuttaminen onnis-

tuu helposti lisäämällä derivoituun yhtälöryhmään (8) yksi ns. dummy-muuttuja jokaista rajoitettua ominaisuutta kohti (VanVleck 1974). Sitä vastaava rivi ja sarake lisätään F-matriisiin. Rivi koostuu geneettisistä kovariansseista indeksiin muuttujien ja rajoitetun ominaisuuden välillä. Sarake on sen transpoosi, ja diagonaalille laitetaan nolla. G-matriisiin lisätään vastaava rivi nollia. Itse dummy-muuttujalla ei ole mitään merkitystä, se tosin voidaan myös ratkaista, mutta sen arvoa ei lainkaan tarvita. Tärkeintä on, että yhtälöryhmään on tällä tavoin lisätty yksi ylimääräinen yhtälö. Se kuvaa ominaisuuden  $Y_i$  ja indeksiin kovarianssia, joka on määrätty nolllaksi.

$$\sigma_{Y_i} = b_1 \sigma_{X_1 Y_i} + b_2 \sigma_{X_2 Y_i} + \dots + b_n \sigma_{X_n Y_i} + \lambda \cdot 0 = 0$$

Jos esimerkiksi laskettaisiin kahden ominaisuuden indeksi, jossa toinen ominaisuus (2) haluttaisiin pitää muuttumattomana, kirjoitettaisiin perusyhtälöt muotoon:

$$\begin{bmatrix} \sigma_{X_1}^2 & \sigma_{X_1 X_2} & \sigma_{Y_1 Y_2} \\ \sigma_{X_1 X_2} & \sigma_{X_2}^2 & \sigma_{Y_1 Y_2} \\ \sigma_{Y_1 Y_2} & \sigma_{Y_2}^2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{Y_1}^2 & \sigma_{Y_1 Y_2} \\ \sigma_{Y_1 Y_2} & \sigma_{Y_2}^2 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}$$

Mikäli lisäksi halutaan vertailla rajoitetun ja rajoittamattoman indeksiin tehoKKuutta, voidaan vaihtaa rajoitettujen ominaisuuksien taloudelliset painot nollliksi (Cunningham 1969).

## 2.4 Indeksi ilman taloudellisia painoja

Indeksin tulee asettaa eläimet mahdollisimman oikeudenmukaiseen arvojärjestykseen. Tämä on mahdollista vain, jos jalostustavoite on selvä. Klassisessa indeksissä tavoitteena on maksimoida taloudellinen kokonaistuotto. Tällöin ominaisuudet, joiden taloudelliset arvot ovat pieniä, toimivat tavallaan arvosteluvarmuuden lisäinä. Näin esimerkiksi rasvaprosentti, jolla on negatiivinen korrelaatio taloudellisesti tärkeään maitotuotokseen, saa helposti negatiivisen painokertoimen lopullisessa indeksissä. Toisin sanoen, jos rasvaprosentti on alhainen, on todennäköistä, että tuotos on suuri. Luonnollisesti tällaisen indeksin käyttö alentaa rasvaprosenttia, ja näin myös jalostustavoitteena on mahdollisimman alhainen rasvaprosentti.

Jalostustavoite voidaan asettaa myös taloudellisista painoisista riippumattomaksi. Tällöin pyritään tietyn suuruisiin geneettisiin muutoksiin indeksiin sisältyvissä ominaisuuksissa, eikä välitetä ovatko ne taloudellisesti kannattavia (Yamada ym. 1975). Sitten lasketaan, millaisilla painokertoimilla halutut muutokset saadaan aikaan. Samalla menetelmällä voidaan laskea myös indeksejä jälkikäteen (VanVleck 1974). Tällöin halutut muutokset korvataan havaituilla ja lasketaan millaiset painokertoimet ovat ne aiheuttaneet.

Kertoimien ratkaisu perustuu teoriaan valinnan seurannaisvai-  
kutuksista. Tämän mukaan indeksi-valinnan aiheuttama muutos



ominaisuudessa  $i$  on yhtä suuri kuin ominaisuuden ja indeksin välinen regressio:

$$\Delta Y_i = b_{Y_i I} = \frac{\sigma_{Y_i I}}{\sigma_I^2} = \frac{(b_1 \sigma_{Y_i X_1} + b_2 \sigma_{Y_i X_2} + \dots + b_n \sigma_{Y_i X_n})}{\sigma_I^2}$$

Tämä matriisimuodossa:

$$\Delta \underline{Y}_i = \frac{\underline{b}' \text{ (i:nnes sarake G-matriisissa)}}{\sigma_I^2}$$

Yksi valintakierros valintaintensiteetillä  $D$  aiheuttaa kokonaisgenotyypin ominaisuuksissa ( $Y_1, Y_2, \dots, Y_m$ ) seuraavat muutokset:

$$\Delta \underline{Y} = \frac{D \sqrt{\sigma_I^2}}{\sigma_I^2} * \underline{b}' \underline{G}$$

Mikäli ollaan kiinnostuneita vain suhteellisista muutoksista, voidaan asettaa:

$$\frac{D \sqrt{\sigma_I^2}}{\sigma_I^2} = 1$$

Jos vektori  $\underline{Y}$  on tunnettu, sisältäen joko halutut tai tapah-tuneet muutokset, ja  $\underline{G}$  on käännettävissä oleva neliömatriisi, voidaan ratkaista painokertoimet:

$$\underline{b}' = \underline{Y} \underline{G}^{-1}$$

### 3.0 AINEISTO

#### 3.1 Indeksien ominaisuudet

Jalostustavoite määrää, mitä ominaisuuksia indeksiin sisällytetään. Jos taloudellisten tavoitteitten lisäksi halutaan ottaa huomioon myös biologisia arvoja, voidaan mukaan ottaa myös ominaisuuksia, joiden taloudellisen arvon arviointi on vaikeaa, tai joiden arvo on pieni.

Valittaessa ominaisuuksia on kiinnitettävä huomio:

1. Niiden käyttökelpoisuuteen ja arvosteluvarmuuteen.
2. Niiden taloudelliseen tai biologiseen arvoon.
3. Indeksissä on oltava sellaisia ominaisuuksia, joilla pystytään aiheuttamaan halutut muutokset kokonaissenotyypissä. Jos esimerkiksi indeksiin ei oteta valkuaispitoisuutta tai -tuotosta, ei valkuaisprosenttiin juuri kyetä vaikuttamaan.

##### 3.1.1 Käytettävissä olevat arvostelutulokset

1. Maidontuotanto
  - a, Maitoindeksi
  - b, Rasvaindeksi
  - c, Valkuaisindeksi

- d, Neliprosenttisen maidon indeksi
  - e, Rasvaprocentin poikkeama
  - f, Valkuaisprocentin poikkeama
2. Lihantuotanto
- a, Kasvuindeksi
  - b, Tyttörien elopainon poikkeama
3. Lisääntymisominaisuudet
- a, Hedelmällisyyspoikkeama
    - Tiineyttä kohti tarvittujen siemennysten määrä ( S/T )
    - Poikimaväli
  - b, Sonnin oma uusimattomuusprosentti
  - c, Vasikkakuolleisuus
    - Vasikan isänä
    - Vasikan emänisänä
  - d, Letaalivasikoiden määrä
  - e, Poikimavaikeudet
4. Rakenne- ja käyttöominaisuudet
- a, Lypsettävyys
    - Keskimääräinen minuutti-maito-määrä ( KMM )
    - Vuoto
  - b, Luonne

c, Rakenne

1. Utare

- pisteet
- Korkeus parren pinnasta
- muoto
- nännit

2. Runko

- Korkeus
- rinnanympäryys

3. Jalat

- pisteet
- takajalat
- sorkat

Rakenne- ja käyttöominaisuusarvostelut kerätään sonneille, jotka tyttäriensä maidontuotantotietojen perusteella arvioidaan parhaimmiksi. Näin myöskin rakenneominaisuudet voidaan ottaa jalostettaessa huomioon, sillä tulevat valio- ja isäsonnit valitaan juuri tästä joukosta.

3.1.2 Ominaisuuksien valinta

Indeksiä muodostettaessa voidaan laskennalliseen kokonaisuennontyyppiin sisällyttää myös ominaisuuksia, joita eläimistä ei arvostella. Toisaalta, ellei ominaisuudesta ole riittävästi tietoja, ei sitä voida ottaa mukaan, vaikka se olisi taloudellisesti tärkeä (Smith 1983). Näin on esimerkiksi rehunkulutus hylättävä, eikä kokonaisuairastavuudestaakaan ole vielä riittävästi tietoja. Ominaisuuksia valittaessa on muistettava, että juuri kokonaisuennontyyppin ominaisuudet määräävät jalostustavoitteen ja ainoastaan niiden muutokset otetaan huomioon jalostushyötyä laskettaessa. Onkin syytä erottaa toisistaan indeksiin kuuluvat ominaisuudet, joilla tarkoitetaan sonnien arvostelutuloksia, ja kokonaisuennontyyppin ominaisuu-

det, joilla sonni-indeksissä tarkoitetaan jälkeläisille periytyviä taloudellisesti tärkeitä ominaisuuksia. Niitä taloudellisesti painottaen saadaan kokonaisjalostusarvo.

### 3.1.3 Ominaisuuksien lukumäärä

Jalostettaessa useita toisistaan riippumattomia ja samanarvoisia ominaisuuksia samaan aikaan, saavutetaan jokaista ominaisuutta kohti vain  $\frac{1}{n}$  siitä tehosta, joka saavutettaisiin, jos valittaisiin vain tämän ominaisuuden suhteen. Hazel ja Lush (1943) osoittivat, että tämä ei pidä paikkaansa käytettäessä indeksivalintaa. Heidän mukaansa indeksivalinta on  $\sqrt{n}$  kertaa tandem-valintaa tehokkaampaa, joten käytettäessä indeksiä yhden ominaisuuden jalostusteho on  $\frac{1}{\sqrt{n}}$  siitä tehosta, joka saataisiin keskittymällä vain yhteen ominaisuuteen kerralla. Näin kymmenen ominaisuuden indeksi antaa (yhden ominaisuuden suhteen) 70 % siitä tehosta, joka saataisiin, jos mukana olisi vain viisi ominaisuutta. Kuitenkin Gjedrem'in (1972) mukaan kaikkien ominaisuuksien, joilla on taloudellista merkitystä, pitäisi olla mukana kokonaisgenotyypissä, vaikkei niitä eläimistä mitattaisikaan (esimerkiksi rehunkulutus). Toisaalta vaikka arvosteltavalla ominaisuudella ei olisi taloudellista painoa, eikä sitä näin ollen kannattaisi sisällyttää kokonaisgenotyyppiin, se voi lisätä indeksin tehoa, jos se vain on yhteydessä muihin taloudellisesti tärkeimpiin ominaisuuksiin (Gjedrem 1967).

#### 3.1.3.1 Tuotanto-ominaisuudet

Luonnollisesti lypsylehmän tärkein ominaisuus on maidontuotanto. Koska nykyinen maidon hinnoittelu perustuu sekä maitomäärään että sen rasva- ja valkuaispitoisuuteen, on järkevää ottaa ne kaikki kokonaisjalostusarvoon. Muut nautakarjatalouksemme tulot saadaan lihasta, lähinnä sonnivasikoiden teuras-kasvatuksesta. Maito ja liha ovat muihin jalostustavoittei-

siin nähden erityisasemassa myös siksi, että niistä saatavat tulot ovat helposti ja luotettavasti laskettavissa.

Tuotanto-ominaisuuksista maito-, neliprosenttinen maito-, rasva-, valkuais-, sekä rasva-valkuaisindeksit ovat Nasta-arvosteluja. Ne lasketaan ns. tilastollisen suoran vertailun periaatteella eli BLUF-menetelmällä (Henderson 1973). Valkuais- ja rasvapitoisuudet ovat puolestaan sonnien tyttäryhmien korjaamattomia keskiarvoja (Hellman 1981), ja siten myös epä-tarkempia. Käyttämällä rasva- ja valkuaisuotoksia valintaperusteina voitaisiin vaikuttaa myös vastaaviin pitoisuuksiin, mutta samalla jouduttaisiin tinkimään taloudellisesti tärkeimmän ominaisuuden, eli maidontuotannon, edistymisestä (Philipsson 1973). Mikäli valittaisiin kaikkien kolmen: maito-, rasva- ja valkuaisuotoksien suhteen, voitaisiin joko nostaa pitoisuuksia, tai toisaalta maksimoida taloudellinen edistyminen. Yhdistelmällä on kuitenkin taipumus painottaa maidon suuntaan, koska pitoisuuksista maksettava hinta on kovin alhainen. Aina, jos Jompi Kumpi pitoisuuksista halutaan pitää muuttumattomana, joudutaan itse maitomäärästä tinkimään.

Mikäli haluttaisiin yhdistää taloudelliset ja ravitsemukselliset päämäärät, riittäisi, jos voitaisiin pitää valkuaisprosentti muuttumattomana. Toisaalta suomalainen jalostaja voi olla ylpeä maidon korkeasta rasvapitoisuudesta, se on ominaisuus jota arvostetaan myös ulkomailla. Tämän vuoksi päädyttiin jatkamaan neliprosenttisen maitotuotoksen käyttöä indeksin peruslukuna. Sen lisäksi mukaan otettiin valkuaisuotos, jotta voitaisiin vaikuttaa myös maidon valkuaispitoisuuteen. Yhdistelmällä on seuraavia etuja:

1. Saavutetaan lähes maksimaalinen edistyminen maidontuotannossa ja taloudellisessa tuloksessa.
2. Voidaan haluttaessa tinkiä maidon tuotannosta ja pitää pitoisuudet muuttumattomina.
3. Voidaan ottaa ravitsemukselliset näkökohdat huomioon ja

muuttaa rasva/valkuaissuhdetta (tosin vain toiseen suuntaan).

4. Selvitään kahdella jo olemassa olevalla arvostelutaloksella, jotka molemmat lasketaan Nasta-arvosteluina.

Lihantuotantokykyä voidaan kuvata eläimen painolla tai kasvulla. Lypsylehmien kasvanut elopaino ei kuitenkaan ole pelkkää tuloa, vaan se myös lisää eläimen kasvatus- ja elatuskustannuksia. Toisaalta suuri aikuis koko on yhteydessä hyvään kasvukykyyn. Ottamalla sekä elopaino että kasvukyky mukaan kokonaissenotyypin voidaan arvioida onko elopainon kasvattaminen kannattavaa, vaikka ylläpitotarve lisääntyisikin.

### 3.1.3.2 Lisääntymisominaisuudet

Vanhassa kokonaisjalostusarvossa oli mukana hedelmällisyysominaisuuksista tyttärien hedelmällisyyspoikkeama, sonninin oma uusimattomuustulos ja vasikkakuolleisuudet, sekä vasikanisänä että emänisänä. Keinosiemennyssonneille lasketaan arvostelut myös poikimavaikeuksien ja letaalivasikoiden suhteen (Syväjärvi 1980). Nämä ovat kuitenkin toisiinsa yhteydessä ja lisäksi korreloituneet vasikkakuolleisuuteen (Kompendium i nötkreatursavel 1979).

Lisääntymisominaisuuksista taloudellisesti merkittävin on lehmien hedelmällisyys. Sen mukaan ottaminen sekä kokonaissenotyypin että indeksiin on välttämätöntä. Naarashedelmällisyyden kuvaaja on tyttärien hedelmällisyyspoikkeama, joka lasketaan painottamalla sekä poikimaväliä että tiineyttä kohti tarvittavien siemennysten määrää yhtä paljon. Näin pyritään korjaamaan ympäristövaikutusta, joka saattaa lisätä tiineyttä kohti tarvittavien siemennysten määrää, kun pyritään lyhempään poikimaväliin aloittamalla siemennykset aikaisemmin poikimisen jälkeen.

Hedelmällisyyspoikkeaman taloudellista painoa arvioitaessa joudutaan arvioimaan, mikä osuus huonontuneen hedelmällisyyden aiheuttamista lisäkustannuksista johtuu pidentyneestä poikimavälistä ja mikä lisäsiemennyksistä. Tämän vuoksi päätettiin laskemaan koko naarashedelmällisyyden arvo tiineyttä kohti tarvittaville siemennyksille. Jokainen lisäsiemennys pidentää myös poikimaväliä, mikä tällä tavoin soadaan välillisesti mukaan jalostusarvoon. Ominaisuuksien geneettinen yhteys on joka tapauksessa kiinteä 0,89 (Lampinen 1978).

Viime aikoina on alettu huolestua sonnien uusimattomuusprosentin jatkuvasta laskusta. Eräänä syynä on epäilty negatiivista yhteyttä tuotanto- ja hedelmällisyysominaisuuksien välillä. Norjalaisen Syrstadin (1982) mukaan sonnin omalla uusimattomuustuloksella ja sen tyttären maidontuotantokyvylle olisi negatiivinen korrelaatio. Hänen mukaansa myös uros hedelmällisyyden ja naarashedelmällisyyden välillä olisi yhteyksiä. Eshinnä näiden korrelaatioiden vuoksi myös sonnin uusimattomuustulos otettiin mukaan sekä kokonaisgenotyyppiin että indeksiin.

Kolmanneksi lisääntymistä kuvaavaksi ominaisuudeksi valittiin vasikkakuolleisuus emänisänä. Sen taloudellinen arvo on suurempi kuin kuolleisuudella sonnien esiintyessä vasikan isänä, ja se on selvemmin yhteydessä poikimavaikeuksiin.

### 3.1.3.3 Rakenne- ja käyttöominaisuudet

Ruotsalaisessa sonnien valintaindeksissä on mukana seuraavat rakenne- ja käyttöominaisuudet:

1. Lypsettävyys
2. Utaremuoto
3. Utareen etäisyys lattiasta
4. Nännien sijoittuminen
5. Nännien pituus
6. Lisävetimet



7. Jalat

8. Luonne

Mikäli joku sonni olisi huono joka ominaisuudessa, voisi se menettää jopa yli 15 maito-indeksi-pistettä. Vertailuksi mainittakoon, että ruotsalaisen maito-indeksin (M-tal) hajonta on vain kahdeksan.

Vaikkakaan lehmän hyvästä rakenteesta ei varsinaisesti saada minkäänlaisia tuloja, voidaan sitä pitää taloudellisesti kannattavana jalostuskohteena. On selvää, että jalat ja runko vaikuttavat eläimen kestävyYTEEN, karjassa oloaikaan, utareterveyteen, paikimavaikeuksiin jne. Kuitenkin tarkkojen painokertoimien laskeminen rakenneominaisuuksille on hankalaa. On vaikeaa arvioida millainen "runko" säilyy terveenä kauimmin ja mikä siten olisi runkopisteen hinta. Sen sijaan utareominaisuuksien yhteydestä utaretulehdukseen on runsaasti näyttöä. Utaretulehdus aiheuttaa jatkuvia menetyksiä karjanomistajille, eikä utarerakennetta parempia jalostuskohteita sen torjuntaan vielä tunneta.

Tulehduksen yleisyys on selvästi riippuvainen utareen muodosta ja nännien etäisyydestä parteen (Lindström 1983, Saloniemi 1980). Mikäli utarerakenne halutaan mukaan kokonaisjalostusarvaan, pitää päättää, mikä mitoista parhaiten kuvaa tervettä ja kestävästä utareta. Utarekorkeus olisi ihanteellinen mitta jalostajan kannalta. Se on objektiivisesti mitattavissa oleva metrinen suure, ja siten myös sen periytyvyysaste on korkea 0.48 (Syväjärvi & Lindström 1983). Lisäksi utarekorkeuden regressio sairastavuuteen on helppo laskea. Utaremuoto joudutaan aina arvioimaan subjektiivisesti ja tulokseen vaikuttavat arvostelijan mieltymykset. Muiden pohjoismaiden kokonaisindekseissä on näiden mittojen lisäksi myös arvosteluja vetimistä. Suomalaiset arvostelupisteet annetaan utareen muodon, korkeuden ja nännien arvostelujen summana. Oletettavasti nämä yhdessä pystyvät kuvaamaan hyvää utarerakennetta paremmin kuin mikään niistä erikseen.

Vanhassa kokonaisjalostusarvossa oli käyttöominaisuuksista mukana vain lypsettävyys. Kuitenkin myös eläinten luonne vaikuttaa niiden hoitoaikaan, sairastavuuteen ja karjassa pitokseen. Karjantarkkailutilastojen (Maatilahallitus 1981) mukaan 1.4 % poistetuista lehmistä teurastetaan luonnevian vuoksi. Koska tämän perusteella voidaan luonteelle laskea taloudellista merkitystäkin, päätettiin sisällyttää se kokonaisjalostusarvoon.

Seuraavassa luettelo indeksiin ja kokonaissenotyyppiin mukaan valituista 13:sta ominaisuudesta:

Indeksiin	Kokonaissenotyyppiin
	1. Jalostusarvoon
Neliprosenttinen maito	Maitotuotos
Valkuaistuotos	Rasvaprosentti
	Valkuaisprosentti
Hedelmällisyyspoikkeama	
Sonnin UM-% 500	Hedelmällisyyspoikkeama
Kuolleisuus emänisänä	Sonnin UM-% 500
	Kuolleisuus emänisänä
Utarepisteet	
Lypsettävyys	Utarepisteet
Luonne	Lypsettävyys
	Luonne
Kasvuindeksi	
	Kasvuindeksi
	Elopaino

### 3.2 Perinnölliset tunnusluvut

Indeksin laatimista varten tarvitaan seuraavat tunnusluvut jokaisesta ominaisuudesta:

1. Ominaisuuden fenotyyppinen ja/tai geneettinen hajonta. Tässä tarkastelussa keskityttiin ainoastaan fenotyyppiin hajontoihin.
2. Ominaisuuden heritabiliteetti.
3. Ominaisuuksien geneettiset korrelaatiot.

Monet tarvittavista lähtöarvoista jouduttiin laskemaan, koska tarvittavia tutkimuksia ei aiemmin oltu tehty. Näin oli erityisesti luonne-, lypsetävyys- ja utareominaisuuksien osalta, sillä niiden arvostelumenetelmät eri maissa eivät aina ole vertailukelpoisia. Maidontuotanto ja kasvuominaisuuksien tunnuslukuina käytettiin muissa tutkimuksissa laskettuja arvoja. Seuraavassa on lyhyt esittely muutamista valintaan vaihtaneista tutkimuksista ja lopussa ovat kaikki indeksissä käytetyt arvot koottuina taulukkaan 4. Tarkastelussa on asetettu Suomessa tehdyt tutkimukset etusijalle ja pyritty vertaamaan niitä lähinnä vastaavilla pohjoismaisilla roduilla saatuihin tuloksiin.

#### 3.2.1 Maidontuotanto

Maidontuotannon hajonnasta esiintyy kirjallisuudessa hyvin vaihtelevia arvioita. Ruotsalaisissa laskelmissa, kun SRB:n ensimmäisen tuotosvuoden 305 päivän tuotokset olivat keskimäärin 4 808 kiloa, saatiin hajonaksi 843 kiloa (Janson

1980). Samasta aineistosta (32 200 eläintä) arvioitu puolisisarkorrelaatioon perustuva heritabiliteetti oli 0.19, joka on hieman alle Maijalan ja Hannan (1974) kirjallisuuskatsauksessaan kokoaman keskiarvon, joka oli 0.25. Jansonin arvio vastaa kuitenkin suomalaisesta aineistosta laskettua 20 %:a (Lintukangas 1977). Neliprosenttisen maidon hajonta on yleensä noin 10 kilon tarkkuudella sama kuin pelkän maidon (Janson 1980, Roos 1971). Sen heritabiliteetti on kuitenkin yleensä hieman alhaisempi (Roos 1971, Janson 1980, Lintukangas 1977), ollen noin 16-19 %.

Maidon pitoisuuksien hajonnat ovat pysyvämpiä ja siten myös kirjallisuusarviot yhdenmukaisia. Janson (1980) totesi rasvaprosentin hajonnaksi 0.31 % sekä SRB:llä että SLB:llä. Roos (1971) sai tulokseksi saman arvon, joskin Jerseyllä, jonka maidon keskirasvaprosentti oli 5.03, myös hajonta oli suurempi eli 0.54 %. Valkuaisprosentin hajonta on kaikilla roduilla pienempi kuin rasvan. Sekä SRB:llä että SLB:llä se näytti olevan 0.20 %. Pitoisuuksien periytyvyysasteilla ei ole suurtakaan eroa. Keskiarvona monista tutkimuksista saadaan rasva-%:n periytyvyudeksi 0.47 ja valkuis-%:n 0.44 (Maijala ja Hanna 1974). Myös suomalaisesta aineistosta laskettu 0.48 rasvapitoisuudelle vastaa ulkomaisia tuloksia (Lintukangas 1977). Valkuaistuotoksen periytyvyysaste on hieman suurempi kuin muiden tuotoksien, mutta jää kuitenkin selvästi alle pitoisuuksien, ollen noin 0.28 (Maijala ja Hanna 1974). Sen hajonta on Roos'n (1971) mukaan 25.8 kiloa SRB:llä ja 29.5 kiloa SLB:llä.

Edellä mainittujen ominaisuuksien geneettiset korrelaatiot Maijalan ja Hannan (1974) kirjallisuustutkimuksesta:

	valkuaistuotos	rasva-%	valkuisprosentti
maitotuotos	0.85	-0.31	-0.28
valkuaistuotos		0.08	0.23
rasvaprosentti			0.58

Janson (1980) sai maitotuotokselle ja rasvapitoisuudelle suu-  
remman negatiivisen korrelaation eli  $-0.45$  SRB:llä. Alhaisem-  
man keskimääräisen rasvapitoisuuden omaavalla SLB:llä (  $3.96$   
% SLB,  $4.15$  % SRB % ) vierova suhde oli  $-0.41$  ja siis hieman  
pienempi. Roos (1971) sai vastaaviksi arvoiksi  $-0.38$  ja  $-0.72$   
( $4.19$  % SRB ja  $3.98$  % SLB).

Miller ym. (1981) totesivat ettei rasva- ja valkuais-  
tuotoksilla juuri ole korrelaatioita toistensa pitoisuuksiin, ja  
jos tälläinen löytyy on se lähellä nollaa tai hieman alle.  
Omassa tutkimuksessaan he kuitenkin saivat rasvaprosentin ja  
valkuaisuotoksen väliseksi yhteydeksi  $-0.38$  -  $-0.40$ .

Seuraavassa neliprosenttisen maidon korrelaatioita muihin  
maidontuotanto-ominaisuuksiin:

Ominaisuus	r	tutkimus	
rasva-%	$-0.08$	Janson 1980	SRB
rasva-%	$-0.03$	Janson 1980	SLB
rasva-%	$-0.13$	Roos 1971	SRB
rasva-%	$-0.41$	Roos 1971	SLB
rasva-%	$0.47$	Lintukangas 1977	Ay
rasva-%	$0.02$	Philipsson 1973	
valkuais-%	$-0.32$	Roos 1971	SRB
valkuais-%	$-0.13$	Philipsson 1973	
valkuaisuotos	$0.96$	Roos 1971	SRB
valkuaisuotos	$0.90$	Philipsson 1973	
maitotuotos	$0.93$	Janson 1980	SRB
maitotuotos	$0.91$	Philipsson 1973	
maitopoiikkeama	$0.87$	Lintukangas 1977	Ay

Mainittujen Kirjallisuusarvioiden pohjalta päädyttiin käyttämään seuraavia arvoja:

Ominaisuus	Periytyvyysaste	Hajonta
maito	20 %	800 kg
4-% maito	20 %	800 kg
valkuaisuotos	25 %	30 kg
rasvaprosentti	50 %	0.3 %
valkuaisprosentti	50 %	0.2 %

Korrelaatiot:

	maito	4-% maito	valk kg	rasva-%	valkuais-%
maito		0.90	0.85	-0.30	-0.30
4-% maito			0.90	0.02	-0.14
valkuaisuotos				0.00	0.20
rasva-%					0.60

### 3.2.2 Kasvu ja elopaino

Vuosina 1970-72 Suomen Kotieläinjalostusyhdistyksen kasvatusemalla kasvaneiden Keinosiemennyssonniain Keskimääräinen Kasvu ikäväliillä 60-365 pv oli 1226 g/pv ja Kasvun hajonta 89 g/pv (Ojala 1982). Kasvatusemman ruokintaa on tämän jälkeen muutettu, eivätkä eläimet enää saa vapaasti väkirehua. Silti Kasvu oli vuonna 1982 jopa parempi kuin kymmenen vuotta sitten eli 1258 g/pv (Myllylä 1983).

Ojalan (1982) tutkimuksessa mukana olleiden sonniain emiain Keskimääräinen paino oli 438 kg ja hajonta 48 kg. Lehmät olivat silloin keskimääräisiä tarkkailulehmiä painavampia. Kent-

tämies ym. (1974) totesivat, että lehmien todellinen paino on suurempi kuin viralliset karjantarkkailutilastot osoittavat. Heidän tutkimuksessaan lehmien punnittujen elopainojen hajonta oli 65,7 kiloa.

Kasvatusasematulosten periytyvyysasteeksi on arvioitu 0,37 (Lindström & Maijala 1970). Myöhemmin Lindström (1974) laski korkeamman arvon eli 0,64. Aikuispainolla katsotaan yleensä olevan sama heritabiliteetti kuin kasvunopeudellaakin eli noin 0,4 (Taulukko 2). Arvioidun elopainon periytyvyys on jonkin verran tätä pienempi eli noin 0,32 (Koskinen 1980).

Koon, kasvun ja tuotoksien välisiä yhteyksiä on arvioitu monissa tutkimuksissa. Usein tulokset ovat keskenään ristiriitaisia, arviot liikkuvat nollan molemmiin puolin (Taulukko 1). Todennäköisesti korrelaatiot riippuvat rodusta ja ympäristöstä. Näyttää, että yhteys elopainon ja tuotoksen välillä on suurempi ayrshire-rotuisilla lehmillä kuin esimerkiksi hollantainilla tai suomenkarjalla (Maijala 1977, Huhtanen 1982).

Koskisen (1980) aineistossa ay-lehmien elopainon ja 305:n päivän tuotoksen välinen korrelaatio oli 17 %. Enemmän näyttöä on sonnien kasvukyvyn ja sen jälkeläisten maidontuotannon välisestä yhteydestä. Calo ym. (1973) laskivat sonnien painolle vuoden iässä ja sen saamalle maito-jälkeläisarvostelulle korrelaatioksi 20 %. Maijala (1973) havaitsi noin 18 % yhteyden ay-sonnien kasvunopeuden ja niiden maitopoiikkeaman väliltä. Suomenkarjan sonneilla (vain 47 kpl) yhteys ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Hän laski kasvukyvylle ja tyttärien painopoiikkeamalle korrelaatioksi 28 %. Tätä voidaan kuitenkin pitää varsin pieneenä, sillä usein arvioidaan yhteyden olevan 60-70 % (Karlsson 1979, Miller 1981). Maijala (1973) esitti myös 29 % yhteyden sonnien kasvukyvyn ja sen tyttärien luonteen välille. Mahdollisesti hyvä ruokahalu ja leppoisa luonne liittyvät yhteen. Mielenkiintoinen oli myös kasvun negatiivinen yhteys maidon rasvapitoisuuteen. Merkitsevä se oli kuitenkin ainoastaan kokonaisaineistossa kasvukokeen loppupainon ja rasvaprosentin poikkeaman välillä.

Taulukko 1. Arvioita maidontuotannon ja kasvun välisestä yhteydestä (Miller 1981)

Ominaisuudet	Arvio	Lähde	
Maito x aikuiskoko	-0.20- +0.10	Warwick ja Legates	1970
Maito x rinnan ympäryys	-0.06, -0.40	Rönningsen	1967
4-% maito x lisäkasvu	-0.28, 0.32	Holtz ym.	1961
Maito x teuraspaino	0.47	Cunningham ym.	1977
Maito x lisäkasvu	0.16	Martin ja Starckenburg	1965
Maito x elopaino	0.25	Calo ym.	1973
Rasvatuotos x elopaino	0.20	Mason ym.	1957
Maito x elopaino	0.02, -0.53, -0.12	Clark ja Touchberry	1962
Rasvatuotos x elopaino	0.05, -1.20, -0.23	Clark ja Touchberry	1962
Maito x elopaino	0.25	Mason ym.	1957
Maito x lisäkasvu	0.22	Langlet	1965
Maito x lisäkasvu	0.13	Bogner	1962
Maito x lisäkasvu	0.27, -0.05, 0.01, 0.03	Mason	1964
Maito x elopaino	-0.03, 0.02	Saller ym.	1966

Indeksiä laskettaessa käytettiin seuraavia tunnuslukuja:

Ominaisuus:	periytyvyysaste	Fenotyyppinen hajonta
Kasvunopeus	0.4	90 g/pv
Elopaino	0.4	65 kg

Geneettiset korrelaatiot:

	Kasvunopeus	Elopaino
Maidontuotanto	10 %	10 %
Neliprosenttinen maito	10 %	10 %
Valkuaistuotos	10 %	10 %
Maidon pitoisuudet	0 %	0 %
Luonne	10 %	
Tyttärien elopaino	60 %	



Taulukko 2. Arvioita Kasvun ja ruumiin Koon periytyvyydestä  
(Miller ym. 1981)

Ominaisuus	periytyvyysaste arvio	lähde	
Aikuiskoko	0.30 -0.50	Warwick ja Legates	1979
Elopaino	0.14 -0.53	Blackmoore ym.	1958
Elopaino 1 v.	0.26 -0.27	Karlsson	1978
Elopaino 3 kk.	0.09 -0.13	Karlsson	1978
Elopaino	0.37 -0.41	Mason	1957
Elopaino	0.29	Clark ja Touchberry	1962
Elopaino	0.33	Soller ja Shilo	1965
Paino	0.27	Mason	1964
Teuraspaino	0.38	Mason	1964
Teuraspaino	0.13	Cunningham ym.	1977
SÄkäkorkeus	0.34 -0.86	Blackmoore ym.	1958
SÄkäkorkeus	0.13 -0.58	Karlsson	1978
SÄkäkorkeus	0.51	Mason ym.	1957
Rinnan syvyys	0.24 -0.80	Blackmoore ym.	1958
Rinnan ympäryys	0.27 -0.49	Karlsson	1978
Rinnan ympäryys	0.18 -0.61	Blackmoore ym.	1958
Rinnan ympäryys	0.41	Manson ym.	1957
Rinnan ympäryys	0.30 -0.42	Rönningen	1967
Mahan ympäryys	0.25 -0.41	Blackmoore ym.	1958
Ruumiin pituus	0.17 -0.63	Blackmoore ym.	1958
Lisäkasvu	0.23 -0.29	Karlsson	1978
Lisäkasvu	0.21 -0.32	Karlsson	1978
Lisäkasvu	0.06 -0.09	Karlsson	1978
Lisäkasvu	0.65	Calo ym.	1973
Lisäkasvu	0.64	Lindhe	1968
Lisäkasvu	0.18	Vial ja Mason	1962
Lisäkasvu	0.12	Hodges ym.	1961
Lisäkasvu	0.40	Langlet	1965

### 3.2.3 Lisääntymisominaisuudet

Jansonin (1980) tutkimuksessa yhtä aloitettua SRE-lehmää kohti tarvittiin 2,11 siemennystä. Tällöin hajonta oli 1,27 siemennystä per aloitus. Suurin osa muuntelusta johtuu ympäristöstä, sillä periytyvyysasteeksi hän sai vain 0,042. Keinosiemennystilastojen (Keinosiemennisyhdistysten liitto 1982) mukaan meillä tehdään aloitettua lehmää kohti vain 1,68 siemennystä, mikä vastaa noin 1,58 siemennystä tiineyttä kohti (Lampinen 1978). Jolloin hajonnaksi tulee noin 0,91. Mitan periytyvyysasteeksi Lampinen arvioi 0,03.

Sonnien viidensadan ensimmäisen aloitussiemennyksen uusimattomuusprosentin hajonnan on laskettu olevan 4,2 % (Syväjärvi 1983). Sen periytyvyysasteesta esiintyy kirjallisuudessa monenlaisia arvioita vaihdellen 0,015:stä jopa 0,60:teen (Kompendium i nötKreatursavel 1979). Norjalaisissa tutkimuksissa uusimattomuus-% heritabiliteetiksi saatiin 0,28 (Syrstad 1982).

Taulukon 3 mukaan naarashedelmällisyydellä on epäedullinen korrelaatio lähes kaikkien tuotanto-ominaisuuksien kanssa. Norjalaisten mukaan myös uroshedelmällisyydellä eli UM-%:lla on negatiivinen korrelaatio sonnien maitoindeksin kanssa, suuruudeltaan jopa -0,2 (Syrstad 1982).

Kirjallisuuskeskiarvo sonnien emänisänä aiheuttaman vasikka-kuolleisuuden periytyvyysasteesta on 0,01 (Kompendium i nötKreatursavel 1979, 7 tutkim.). Lindström ja Vilva (1977) lasivat suomalaisesta aineistosta korkeampia arvoja, hiehopoi-

Taulukko 3. Naarashedelmällisyyden ja eri ominaisuuksien välisiä perinnöllisiä yhteyksiä:

Siem./aloitus x 305 pv:n maidontuot.	24 %	Janson	(1980)
Siem./aloitus x 305 pv:n 4-% maito	23 %	Janson	(1980)
Siem./aloitus x maidon rasvapitoisuus	8.5 %	Janson	(1980)
Tytt.UM-% x sonnin UM-%	30-40 %	Syrstad	(1982)
Siem./tiineys x 305 pv:n maidontuot	26 %	Lampinen	(1978)
Siem./tiineys(x) x maitopoiKKeama	12 %	Syväjärvi	(1983)
Siem./aloitus(x) x 4%-maitopoiK.	10 %	Syväjärvi	(1983)
Siem./tiineys(x) x Kasvuindeksi	-5 %	Syväjärvi	(1983)
Siem./tiineys(x) x valkuaispoiKKeama	1 %	Syväjärvi	(1983)
Siem./tiineys(x) x lypsettävyytpoiK.	10 %	Syväjärvi	(1983)
Siem./tiineys(x) x vasikkaKuoll.emänisä	8 %	Syväjärvi	(1983)
Siem./tiineys(x) x UM 500-%	-21 %	Syväjärvi	(1983)
Siem./tiineys(x) x tyttärien elop.	-3 %	Syväjärvi	(1983)

Siem./tiineys(x) = hedelmällisyyspoiKKeama eli poiKkimavälin suhteen korjattu arvostelutulos

Kimisisä 0.03 ja lehmäpoiKkimisisä 0.05. He löysivät myös merkitsevät yhteydet sonnin emänisänä aiheuttaman vasikkaKuolleisuuden ja sonnin oman Kasvukyyn sekä sen tyttärien elopainon väliltä. suuruudeltaan nämä olivat 40 % Kasvuun ja 20 % painopoiKKeamaan. Tässä suhteessa voi kuitenkin olla eroja eri rotujen välillä, sillä ruotsalaisten mukaan vasikkaKuolleisuuden ja Kasvunopeuden yhteys SRB:llä on 22 %, kun se SLB:llä on vain 3 % (Philipsson ja Karlsson 1977).

Indeksiä laskettaessa käytettiin seuraavia tunnuslukuja:

Ominaisuus	Heritabiliteetti Hajonta	
Naarashedelmällisyys	0.03	0.91 S/T
Uroshedelmällisyys	0.28	4.2 %
Vasikkakuolleisuus	0.03	3.7 % (Lindström ja Syväjärvi 1978)

Korrelaatiot

	Naarashedelm.	UM-% 500	Kuolleisuus
Maitotuotos	20 %	-20 %	0
4%-maito	20 %	-20 %	0
Valkuaistuotos	1 %	-20 %	0
Rasva-%	0	0	0
Valkuais-%	0	0	0
Lypsettävyys	10 %	0	2 % (x)
Elopainopoiikkeama	-3 % (x)	0	20 %
Kasvuindeksi	5 % (x)	0	40 %
UM-% 500	-20 %	100 %	0
Vasikkakuolleisuus	8 %	0	100 %

(x) = Syväjärvi 1983

Naarashedelmällisyyttä kuvaavana mittana siemennyksien määrä tiineyttä kohti. Mahdollisimman pieni arvo suotavin.

### 3.2.4 Rakenne- ja Käyttöominaisuudet

Suomalaisten lehmien lypsettävyys mitattuna keskimääräisenä minuutissa virtaavana maitomääränä (KMM) on 1,62 Ks, ja keskihajonta 0,59 Ks (Lindholm 1979). Vastaava kirjallisuuskeskiarvo useista eri roduista on 1,76 Ks, hajonnalla 0,50 Ks (Kompendum i nötkreatursavel 1979). KMM:n heritabiliteetti arvioidaan keskimäärin noin 0,45:ksi (Maijala ja Hanna 1974). Todennäköisesti meillä lypsettävyyсарvostelujen lukumääräkorjauskertoimessa käytettävä Lindholmin (1979) arvioima 0,18 on liian alhainen. Uusimpien laskelmien mukaan voitaisiin siirtyä käyttämään 0,25 (Syväjärvi 1983). Normaalitytapauksissa maitomäärän lisääntyminen parantaa lypsettävyyttä jopa 40-50 % (Syväjärvi 1983). Sonnien arvostelutuloksissa lehmien lypsettävyys kuitenkin pyritään korjaamaan maitomäärän suhteen niin, että lopullisissa tuloksissa tätä riippuvuutta ei enään olisi.

Perssonin (1978) kenttätutkimuksessa käyttöominaisuuksista oli utaremuotopisteiden perityvyysaste kolmella ruotsalaisella rodulla keskimäärin 0,15. Täysin saman tuloksen saivat Syväjärvi ja Lindström (1983) suomalaisista utarepisteistä. Itse utaremuodon perityvyysaste oli korkeampi eli 0,21. Luonnearvostelupisteiden heritabiliteetti oli 0,14 (Syväjärvi ja Lindström 1983). Tämäkin oli täysin sama kuin Perssonilla (1978) SLB:lle, joskin SRB:lle hän sai korkeamman 0,24.

Koska suomalaiset utareominaisuuksien - ja luonnearvostelut

poikkeavat ulkomaililla käytettävistä, laskettiin indeksiä varten seuraavat arvot:

	Heritabiliteetti	Hajonta
Lypsettävyys:	0.25	0.6 Kgs
Utarepisteet:	0.15	0.6 pistettä
Luonne:	0.14	0.6 pistettä

#### Korrelaatiot

Luonne x lypsettävyys	40 %
Luonne x kaikki tuotokset	39 %
Luonne x utarepisteet	5 %
Utarepisteet x kaikki tuotokset	24 %

Luonnepisteiden korrelaatiot tuotoksiin laskettiin tosin vain maidon osalta, mutta on oletettu, että korrelaatio johtuisi enemmänkin arvostelun subjektiivisuudesta, ja laajennettu se koskemaan muitakin tuotoksia. Lisäksi käytettiin seuraavallaisia arvoja:

Lypsettävyys x naarashedelmällisyys	10 %	(Syväjärvi 1983)
Lypsettävyys x vasikkakuolleisuus	2 %	(Syväjärvi 1983)
Lypsettävyys x painopoiikkeama	-8 %	(Syväjärvi 1983)
Lypsettävyys x kasvuindeksi	3 %	(Syväjärvi 1983)

Loput korrelaatioista asetettiin nolliksi.

Taulukko 4. Indeksissä käytetyt tunnusluvut

Ominaisuus	hav- 1km	Fenot. h <sup>2</sup> hajonta	Rasva	Valk	Utare	Hedel	Lyps	Kuo1EI	Luonne	UM500	Elop	Koind	Maito	Valk-%
Melip kg	160	0.20	800.00	0.02	0.90	0.24	0.20	0.00	0.39	-0.20	0.10	0.10	0.90	-0.13
Rasva %	160	0.50	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.30	0.60
Valk Kg	160	0.25	30.00	0.24	0.01	0.00	0.00	0.00	0.39	-0.20	0.10	0.10	0.85	0.20
Utare pist	50	0.15	0.60	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00
Hedel S/T	197	0.03	0.91	0.10	0.08	0.00	-0.21	-0.03	0.05	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Lyps Kg	50	0.25	0.60	0.02	0.40	0.00	0.00	-0.08	0.03	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00
Kuo1EI %	259	0.03	3.70	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Luonne pist	50	0.14	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
UM500 %	500	0.28	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.20	0.00	0.00	-0.20	0.00
Elop Kg	160	0.40	65.00	0.00	0.60	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Koind g/pv	1	0.40	90.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maito Kg	160	0.20	800.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Valk %	160	0.50	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Sarakkeella hav- on kyseisen ominaisuuden arvostelutuloksen havaintomäärä. Kun kysymyksessä on jälkeläisarvostelu, tämä on keskimääräinen tyttämäärä. Ominaisuuksien nimikkeet sivulla 49.

-0.30

### 3.3 Taloudelliset painokertoimet

Ominaisuuden taloudellinen arvo voidaan määritellä kokonaistuoton lisäykseksi, joka on seurauksena kyseisessä ominaisuudessa tapahtuneen yhden yksikön parantumisesta (Hazel 1943). Tällä tavoin määriteltynä esimerkiksi yhden maitokilon vaikutus kokonaistuloihin ei olekaan maitolitrnan hinta vaan sen ja lisätuotannon vaatiman lisärehukustannuksen erotus.

Taloudellisia painoja laskettaessa on myöskin otettava huomioon, kuinka monta kertaa ominaisuudesta saadaan tuloja. Jos esimerkiksi sonnit jälkeläisarvosteltaisiin tyttäreinsä elinikäistuotoksen perusteella, voitaisiin arvostelutulos hyväksyä sellaisenaan, mutta koska sonnin perinnöllistä tasoa mitataan sen tyttäreiden 305 päivän tuotoksien avulla, pitää laskea, kuinka monta tällaista tuotokautta yhdestä siemenyksestä on odotettavissa.

Toisista ominaisuuksista saatavat tulot voidaan hyödyntää nopeammin kuin toisista. Esimerkiksi 10 kiloa suuremman teuraseläimen kasvatukselta aiheutuneet lisäkustannukset saadaan takaisin suhteellisen nopeasti, mutta 10 kiloa painavamman hiehon kasvatukseen uhratuista lisärehuista saadaan lisätuloja teurastilissä vasta noin neljä vuotta kasvatuksen jälkeen. Mitä myöhemmin tulot saadaan, sitä suurempia ovat korkomenot tehdyistä investoinneista.

Ominaisuuksien esiintymiskerrat on laskettu ja muutettu samaan ajankohtaan ns. diskontatun seenivirran-menetelmällä (McClintock & Cunningham 1974). Käytetyt lähtöarvot selviävät liitteestä 1. Ne on valittu siten, että kaikkien ominaisuuksien taloudelliset painot ovat vertailukelpoisia siemen-  
nysajankohtana.



Seuraavassa ominaisuuksien taloudelliset arvot:

OMINAISUUS	YKSIKKÖ	PAINOKERROIN	HAJONNAN YKSIKÖN ARVO
Maito	kg	2.40 mk	431 mk
Rasvaprosentti	%	177.00 mk	19 mk
Valkuaisprosentti	%	142.00 mk	10 mk
Kasvuindeksi	g/pv	3.80 mk	68 mk
Naarashedelmällisyys	S/T	-1100.00 mk	-86 mk
Uroshedelmällisyys	%	3.30 mk	14 mk
Lypsettävyys	kg	210.00 mk	32 mk
Luonne	pist	10.00 mk	3 mk
VasikkaKuolleisuus	%	-15.50 mk	-5 mk
Utarerakenne	pist.	273.00 mk	32 mk
Elopaino	kg	-5.30 mk	-107 mk

Painokerrain tarkoittaa lisätuloa, joka on seuraus ominaisuuden yhden yksikön geneettisestä poikkeamasta (arvioituna syntymättömästä vasikasta). Esimerkiksi maidon arvo 2.40 mk on saatu seuraavasti: Maidon litrahinnasta vähennetään lisääntynyt rehukustannus ( $2.33 \text{ mk} - 0.4 \text{ ry} \cdot 1.60 \text{ mk} = 1.66 \text{ mk}$ ). Tämä on lisätulo, joka saadaan, jos lehmä lypsää yhden lisäkilon. Koska jokaisesta syntymättömästä vasikasta on odotettavissa keskimäärin 1.45 päivänarvoon diskontattua lypsykautta, on yhtä vasikan isän jälkeläisarvostelun, eli tyttärien enustetun tuotantokyvyn, lisäkiloa kohti odotettavissa 1.45 maitokiloa  $\cdot 1.66 \text{ mk}$ , yhteensä 2.40 mk. Hajonnanyksikön arvo on laskettu havainnollistamaan ominaisuuksien suhteellista merkitystä jalostustyölle. Se hinnoittelee sonnin jälkeläisarvostelutuloksen hajonnan yksikön arvon.

#### 4.0 MENETELMÄT

##### 4.1 Jälkeläisarvostelutuloksien käyttö lähtötietoina

Indeksiyhtälöitä johdettaessa määritettiin eläimen todellinen jalostusarvo:

$$T = v_1 Y_1 + v_2 Y_2 + \dots + v_m Y_m$$

Sitä kuvaamaan asetettiin indeksi:

$$I = b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$$

Jossa  $b_i$  :t olivat osittaisregressiokertoimia ja  $X_i$  :t fenotyyppisiä mittaustuloksia, joko eläimestä itsestään tai sen sukulaisista. Sonnien valintaindeksissä ei kuitenkaan voida painottaa sonnin omaa maitotuotosta, eikä liioin haluta antaa painokertoimia yksittäisten tyttären tuotoksille. Tällöin vektori  $X$  koostuu sonnin tyttäriryhmien keskiarvoista. Mikäli mukaan otetaan myös sonnin fenotyyppisiä tuloksia, kuten uuisimattomuusprosentti ja kasvuiindeksi, pitää genotyyppien arvoissa tehdä ero sonnin omien ja sen sukulaisten tulosten välillä.

Nyt ratkaisumalli voidaan esittää:

$$\begin{aligned} b_1 \sigma_{11}^2 + b_2 \sigma_{12}^2 + \dots + b_n \sigma_{1n}^2 &= v_1 a_{11} \sigma_{11}^2 + v_2 a_{21} \sigma_{12}^2 + \dots + v_m a_{m1} \sigma_{1m}^2 \\ b_1 \sigma_{12}^2 + b_2 \sigma_{22}^2 + \dots + b_n \sigma_{2n}^2 &= v_1 a_{12} \sigma_{12}^2 + v_2 a_{22} \sigma_{22}^2 + \dots + v_m a_{m2} \sigma_{2m}^2 \\ \cdot &= \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ \cdot &= \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ b_1 \sigma_{1n}^2 + b_2 \sigma_{2n}^2 + \dots + b_n \sigma_{nn}^2 &= v_1 a_{1n} \sigma_{1n}^2 + v_2 a_{2n} \sigma_{2n}^2 + \dots + v_m a_{mn} \sigma_{nm}^2 \end{aligned}$$

jossa:

$\sigma_{\bar{X}_i}^2$  = Sonnien jälkeläisryhmien keskiarvojen välinen vari-  
anssi eli jälkeläisarvostelutulosten varianssi.

$\sigma_{\bar{X}_i \bar{X}_{i'}}$  = Sonnien eri ominaisuuksien jälkeläisarvostelutulosten  
välinen Kovarianssi.

$a_i$  = Sukulaisuus niiden genotyyppien, joista arvostelu on  
mitattu, ja sen genotyypin, josta mahdolliset tulot  
saadaan, välillä. Jos esimerkiksi kasvukyky on mitat-  
tu sonnista itsestään ja halutaan kehittää jälkeläisten  
kasvua  $a_i = 0.5$ .

On huomattava, että sukulaisuus voidaan ottaa huomioon myös  
taloudellisia painoja laskettaessa. Tällöin ajatellaan, että  
yhden yksikön geneettinen ero isien välillä on vain puoli  
yksikköä jälkeläisissä. Näin oli tehtävä sonnien oman uusimat-  
tomuustuloksen kohdalla, koska se ei ole ainoastaan jalostet-  
tava ominaisuus, vaan se aiheuttaa tuloja ja kustannuksia vä-  
littömästi. Jotta sen jalostuksellista edistymistä olisi voi-  
tu seurata normaalisti, kerrottiin sen geneettinen hajonta  
0.5:llä. Tämän tasapainottamiseksi piti taloudellinen paino  
kertoa kahdella.

Sonnien jälkeläisarvostelujen väliset varianssit voidaan joko  
laskea tai johtaa geneettisestä hajonnasta tytärmäärän perus-

teella. Rönningenin (1971) mukaan varianssi saadaan seuraavasti:

$$\sigma_{\bar{X}_i}^2 = \frac{(1 + (n_i - 1)0,25 h_i^2)}{n_i} \sigma_{X_i}^2,$$

Jossa:

$n_i$  = jälkeläisarvostelun tytärmäärä

$h_i^2$  = ominaisuuden heritabiliteetti

$\sigma_{X_i}^2$  = ominaisuuden yhden mittaustuloksen fenotyyppinen varianssi

Jälkeläismäärän kasvaessa  $\sigma_{\bar{X}_i}$  lähestyy geneettisen varianssin neljäsosaa.

Keskiarvojen väliset kovarianssit voidaan johtaa vastaavalla tavalla, mikäli ominaisuudet on mitattu samoista eläimistä ts.  $n_1 = n_2 = n$ . Tällöin oletetaan, että kaikki yhteys yksilöstä A mitatun ominaisuuden i tuloksen ja yksilöstä B mitatun ominaisuuden j tuloksen välillä johtuu yksilön A sukulaisuudesta B:lle sekä ominaisuuksien geneettisestä korrelaatiosta (Moen 1970).

$$\sigma_{\bar{X}_1 \bar{X}_2} = \frac{(r_{f_{1,2}} + (n - 1) 0,25 r_{g_{1,2}} \sqrt{h_1^2 h_2^2})}{n} \sigma_{X_1} \sigma_{X_2},$$

Jossa:

$r_{f_{1,2}}$  = ominaisuuksien välinen fenotyyppinen korrelaatio

$r_{s_{1,2}}$  = ominaisuuksien välinen geneettinen korrelaatio

$\sigma_{X_1}$  = ominaisuuden fenotyyppinen hajonta

$\sigma_{\bar{X}_1 \bar{X}_2}$  lähenee ominaisuuksien välisen geneettisen kovarianssin neljäsosaa, kun  $n$  kasvaa.

Koska jälkeläisarvosteluihin perustuvassa indeksissä havaintojen lukumäärä ( $n$ ) on suuri, pienenee ominaisuuksien fenotyyppisten yhteyksien merkitys eli  $\frac{r}{n}$  lähenee nollaa. Tämän vuoksi laskennan yksinkertaistamiseksi jätettiin fenotyyppinen kovarianssi kokonaan pois. Tällöin ominaisuuksien välinen fenotyyppinen korrelaatio oletettiin nolllaksi. Näin oli tehtävä, koska ominaisuuksien arvosteluissa oli eri suuruisia tyttärmääriä, eivätkä eri ominaisuudet aina välttämättä ole mitattu samasta eläimestä. Koska yhdellä sonnilla ei kuitenkaan ole monia tyttäriä samassa karjassa, tulee suurin osa ympäristövaikutuksista eliminoiduksi.

4.2 Lopullinen malli

Laskennan yksinkertaistamiseksi otettiin sukulaisuussuhteet huomioon jo rakennettaessa kovarianssimatriiseja. Seuraavassa esimerkki yhtälöryhmästä, jossa mukana kaksi jälkeläisarvo-  
telutulosta (1) ja (2) ja yksi fenotyyppinen mittaus (3).

$$\begin{bmatrix}
 \frac{1+(n_1-1)0.25h_1^2}{n_1} \sigma_{X_1}^2 & 0.25\sqrt{h_1^2 h_2^2} \sigma_{X_1} \sigma_{X_2} r_{s_{1,2}} & 0.5\sqrt{h_1^2 h_3^2} \sigma_{X_1} \sigma_{X_3} r_{s_{1,3}} \\
 0.25\sqrt{h_1^2 h_2^2} \sigma_{X_1} \sigma_{X_2} r_{s_{1,2}} & \frac{1+(n_2-1)0.25h_2^2}{n_2} \sigma_{X_2}^2 & 0.5\sqrt{h_2^2 h_3^2} \sigma_{X_2} \sigma_{X_3} r_{s_{2,3}} \\
 0.5\sqrt{h_1^2 h_3^2} \sigma_{X_1} \sigma_{X_3} r_{s_{1,3}} & 0.5\sqrt{h_2^2 h_3^2} \sigma_{X_2} \sigma_{X_3} r_{s_{2,3}} & \sigma_{X_3}^2
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 b_1 \\
 b_2 \\
 b_3
 \end{bmatrix}
 =$$

$$\begin{bmatrix}
 0.25 h_1^2 \sigma_{X_1}^2 & 0.25\sqrt{h_1^2 h_2^2} \sigma_{X_1} \sigma_{X_2} r_{s_{1,2}} & 0.25\sqrt{h_1^2 h_3^2} \sigma_{X_1} \sigma_{X_3} r_{s_{1,3}} \\
 0.25\sqrt{h_1^2 h_2^2} \sigma_{X_1} \sigma_{X_2} r_{s_{1,2}} & 0.25 h_2^2 \sigma_{X_2}^2 & 0.25\sqrt{h_2^2 h_3^2} \sigma_{X_2} \sigma_{X_3} r_{s_{2,3}} \\
 0.5\sqrt{h_1^2 h_3^2} \sigma_{X_1} \sigma_{X_3} r_{s_{1,3}} & 0.5\sqrt{h_2^2 h_3^2} \sigma_{X_2} \sigma_{X_3} r_{s_{2,3}} & 0.5 h_3^2 \sigma_{X_3}^2
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 v_1 \\
 v_2 \\
 v_3
 \end{bmatrix}$$

#### 4.3 Indeksien aiheuttamien muutoksien testaus

Indeksin Käytöstä saatava hyöty on suoraan verrannollinen sen Korrelaatioon todellisen jalostusarvon kanssa. Vuotuinen Kokonaisedistyminen  $\Delta Y$  saadaan:

$$\Delta Y = D \cdot \frac{1}{L} \cdot r_{TI} \cdot \sigma_T,$$

missä:

$D$  = valintaero

$r_{TI}$  = indeksin ja todellisen jalostusarvon välinen Korrelaatio  
"indeksin heritabiliteetti"

$\sigma_T$  = todellisen jalostusarvon hajonta

$L$  = sukupolvien välinen aika

Valinnan aiheuttama muutos ominaisuudessa  $i$  saadaan vastaavasti:

$$\Delta Y_i = \frac{D \cdot \sigma_I}{L \cdot \sigma_I} \Delta Y_i = \frac{D \cdot b'(\text{i:nnes sarake G-matriisissa})}{L \cdot \sigma_I}$$

Samalla tavalla voidaan testata mitä tahansa indeksiKertoimia riippumatta siitä, onko ne laskettu maksimoimalla taloudellista hyötyä, ilman taloudellisia painoja vai subjektiivisesti arvioiden.

#### 4.4 Indeksikertoimien standardointi

Meillä laskettavissa Nasta-arvosteluissa sonnien lopputulokset standardoidaan niin, että niiden keskiarvo on sata ja hajonta kymmenen (Hellman 1981). Tällöin yhden Nasta-yksikön poikkeama sonnien arvostelutuloksessa merkitsee keskimäärin noin 19 kiloa sen tyttärien maitotuotoksessa. Havainnollisuuden vuoksi myös indeksikertoimet on standardoitu niin, että 4-% maidon Nasta-indeksin kerroin on yksi. Tämä on tehty jakamalla kaikki muut kertoimet yhden Nasta-indeksi-yksikön kertoimella, joka on noin 19 kertaa yhden maitokilon paino.

Vanhassa kokonaisjalostusarvossa rakenne-, hedelmällisyys- ja käyttöominaisuudet oli askellettu hajonnan yksikön välein. Mikäli sonni ei poikennut kokoaista hajonnan yksikköä keskiarvosta, se luokiteltiin ominaisuuden suhteen normaaliksi. Menetelmä vähentää kuitenkin indeksin tehoa, eikä havainnollisuudestaan huolimatta sovi ominaisuuksille, joiden painotus on suuri. Tämän vuoksi standardoitiin kaikki ominaisuudet samaan tapaan kuin tuotos-indeksitkin. Näin vanhassa järjestelmässä normaaliksi luokitellut arvot ovat välillä 90-110.



## 5.0 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

### 5.1 Perusindeksin ja Korrelaatioindeksin vertailu

Yksinkertaisimmissa perusindekseissä oletetaan, ettei ominaisuuksien välillä ole yhteyksiä. Mikäli Korrelaatiot kuitenkin tunnetaan, voidaan tällaisen perusindeksin tehoa tutkia vertaamalla sitä Korrelaatiot huomioon ottaen laskettuun "täydelliseen" indeksiin.

Perusindeksin laskemiseksi asetettiin kaikki ominaisuuksien väliset Korrelaatiot nolliksi, jolloin Kertoimet muodostuivat pelkästään periytyvyysasteista ja taloudellisista painoista. Koska indeksissä käytettiin perustana neliprosenttista maitotuotosta, jouduttiin sen ja maitotuotoksen välinen yhteys kuitenkin arvioimaan, joksi valittiin 0.9. Tämän jälkeen testattiin, millaisia muutoksia perusindeksin käyttö aiheuttaisi sellaisessa populaatiossa, jonka parametrit tunnetaan. Vertailussa käytettiin sekä taloudellisesti Korrelaatiot huomioon ottaen laskettua indeksiä että entisestä kokonaisjalostusarvosta mukaeltuja Kertoimia.

Tulokset on esitetty taulukoissa 5,6 ja 7. Koska vanhan kokonaisjalostusarvon ominaisuudet eivät täysin vastaa kokonaisgenotyypissä mukana olevia ominaisuuksia, otettiin tarkasteluun vain ne kahdeksan, joiden tunnusluvut oli koottu kokonaisgenotyyppiin. Myöskään ei voitu ottaa huomioon, että vanha indeksi ei ollut lineaarinen, vaan askellettu hajonnan yksikön välein. Tämän vuoksi vanhan kokonaisjalostusarvon tehokkuus todennäköisesti tulee yliarvioiduksi.

Tuloksista nähdään, kuinka ominaisuuksien väliset yhteydet (Taulukot 5 ja 6) vaikuttavat indeksikertoimiin. Ne ominaisuudet, joilla on positiivinen korrelaatio tuotanto-ominaisuuksien kanssa, saavat lisäpainoa, ja niille, joilla on negatiivinen yhteys, ei kannata antaa yhtä suurta painoa kuin perusindeksissä. Ellei yhteyksiä otettaisi huomioon, jäisivät varsinkin utararakenteen ja luonteen painotukset liian pieniksi. Vasikkakuolleisuus ja uusimattomuustulos, joiden taloudelliset arvot ovat pienehköjä, saavat korrelaatioindeksissä huomattavasti pienemmät painotukset kuin perusindeksissä. Todellisuudessa näyttää taloudellisesti kannattavimmalta antaa uusimattomuusprosentin laskea ja vasikkakuolleisuuden hiukan lisääntyä, koska silloin voidaan edetä hiukan nopeammin maidontuotannossa ja kasvunopeudessa.

Jos verrataan kasvunopeuden painotusta perusindeksissä ja korrelaatioindeksissä, nähdään lehmien elopainon merkitys taloudelliseen lopputulokseen. Yli puolet parantuneesta kasvunopeudesta saadusta lisätulosta menetetään suurentuneeseen ylläpitotarpeeseen lehmien koon kasvaessa. Kun kasvunopeuden ja aikuisuuden välinen yhteys on otettu huomioon, kannattaa kasvulle antaa vain puolet siitä painosta, joka sillä olisi, mikäli ominaisuudet olisivat toisistaan riippumattomia.

Entisen kokonaisjalostusarvon (Taulukko 7) kertoimet näyttävät asettuvan perusindeksin ja korrelaatioindeksin välille. Tosin utarepisteille ja vasikkakuolleisuudelle on annettu huomattavasti suuremmat painot mitä niiden taloudellinen merkitys edellyttäisi. Ilmeisesti juuri vasikkakuolleisuuden suuri painotus ja toisalta kasvuindeksin pienehkö kerroin vähentävät edistymistä lihantuotannon suhteen. Tämä on yksi syy alhaisempaan korrelaatioon todellisen jalostusarvon kanssa ja siten myös pienempään kokonaisedistymiseen. Hieman parempaan kokonaistulokseen päästään valitsemalla ainoastaan neliprocenttisen maidon suhteen, jonka avulla voidaan kuvata 40,84 % kokonaisjalostusarvosta. Edistyminen keskittyy tällöin lähinnä maidontuotantoon, joka valintaerolla yksi lisääntyy 152,21 kiloa.

Kokonaistuloksessa ei perusindeksin ja korrelaatioindeksin välillä näytä olevan ratkaisevaa eroa. Molemmilla päästään noin 42%:n tarkkuuteen todellisen jalostusarvon arvioinnissa. Erot ovat kuitenkin suurempia ominaisuuskohtaisissa muutoksissa. Perusindeksiä käyttäen paransi eläinten kasvunopeus noin 5,7 g/pv (valintaerolla yksi) sukupolvea kohti ja samalla eläinten aikuiskoko kasvaisi 3,2 kg. Korrelaatioindeksillä elopainon kasvu olisi hitaampaa tulojen painopisteen siirtyessä enemmän maitoon.

Kuten odotettavissa onkin, pyrkii maidon valkuaispitoisuus laskemaan, jos valitaan neliprocenttisen maidon suhteen. Samanlainen laskeva trendi näkyy myös karjantarkkailutilastoissa niiltä vuosilta, jolloin valkuaismäärityksiä on tehty. Maidon rasvapitoisuuden pitäisi puolestaan hieman kohota tai ainakin pysyä lähes ennallaan. Muutos on kuitenkin niin pieni, ettei ilmeisesti voida sanoa valinnan enään viimeaikoina vaikuttaneen tarkkailulehmien rasvaprosenttiin.

Taulukossa 5 vasemmalta oikealle:

1. Indeksi ominaisuus.

2. Todellinen b:n arvo, jolla kerrotaan alkuperäinen arvostelutulos (kg, % jne.).

3. Indeksi-kerrain, joka on standardoitu vastaamaan neliprocenttisen Nasta-indeksin yksiköitä. Myös muut ominaisuudet on standardoitu samalla tavoin, joten muutosten jälkeen kertoimet ovat suoraan verrannolliset keskenään.

4. Ominaisuuden geneettinen hajonta kerrottuna sen indeksi-kertoimella. Jälkeläisarvostelutulosten geneettinen hajonta on yleensä noin puolet kokonaishajonnasta. Jos ominaisuuden arvosteluvarmuus kasvaisi niin, että jälkeläisarvostelutulosten välinen hajonta olisi tasan puolet geneettisestä ha-

Jonnasta, vastaisivat sarakkeet 3 ja 4 keskinäisiltä suhteiltaan toisiaan.

5. Ominaisuus kokonaisjalostusarvossa.

6. Indeksien käytöstä aiheutuvat muutokset ominaisuuksittain. Vastaavat valintaerolla yksi yhdessä sukupolvessa tapahtuvia muutoksia. Mikäli oletetaan, että keinosiemennyssonnien valintateho vastaisi noin kolmen yksikön valintaeroa ja sukupolvien välinen aika olisi kuusi vuotta, aiheuttaisi indeksi vuodessa noin puolet tässä lasketusta muutoksesta.

7. Ominaisuuden taloudellinen paino. Kun kertoimet on asetettu ulkoapäin, kuten esimerkiksi vanhan kokonaisjalostusarvon kertoimet, saadaan ne taloudelliset arvot, joilla kyseiset kertoimet edustaisivat parasta taloudellista vaihtoehtoa.

Taulukon alla on oikeilla taloudellisilla painoilla lasketun todellisen jalostusarvon (True Breeding Value, TBV) hajonta ja laskettun indeksin hajonta (markkoissa).

Viimeisenä taulukossa on indeksin ja todellisen kokonaisjalostusarvon välinen korrelaatio. Mitä suurempi se on, sitä paremmin indeksi kuvaa eläinten todellista taloudellista arvoa. Koska kysymyksessä on lähinnä jälkeläisarvosteluista koottu sonni-indeksi, voidaan kuvata vain puolet varsinaisesta jalostusarvosta.

Taulukko 5. "PERUSINDEKSI"

Laskettu ottamatta korrelaatioita huomioon

1)								
F omin.	b	Nasta	sd*b	#	G omin.	Muutos	Tal.paino	
1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.	
Nelip	1.93	1.00	690.5	#	Maito	145.5430	2.40	
Utare	38.30	0.01	8.9	#	Utare	-0.0271	-105.14	
Hedel	-658.00	-0.18	-103.7	#	Hedel	0.0046	-1408.61	
Lyps	272.31	0.13	81.7	#	Lyps	0.0148	487.55	
KuolE	-10.26	-0.01	-6.6	#	KuolE	0.0092	-104.57	
Luonne	0.00	0.00	0.0	#	Luonne	0.0467	-531.87	
UM500	3.28	0.04	7.3	#	UM500	-0.1510	11.45	
Koind	-0.76	0.20	43.3	#	Koind	5.7151	5.66	
				#	Elop	3.1938	-3.57	
				#	Valk-%	-0.0085	-2534.70	
				#	Rasva-%	-0.0085	-2534.70	

Todellisilla hinnoilla lasketun TBV:n hajonta = 853.33

Indeksin hajonta = 354.39

Indeksin korrelaatio (%) TBV:hen = 41.53

1) Sarakkeet selitetty sivulla 47.

Ominaisuudet:

Nelip	=	Neliprosenttinen maitotuotos (Ks)
Maito	=	Maitotuotos (Ks)
ValkKs	=	Valkuaistuotos (Ks)
Valk-%	=	Valkuaisprosentti (%)
Rasva-%	=	Rasvaprosentti (%)
Hedel	=	Naarashedelmällisyys Siemennyksiä/tiineys
Lyps	=	Lypsettävyys KMM (Ks)
Utare	=	Utarepisteet (pist)
KuolE	=	VasikkaKuolleisuus emänisänä (%)
Luonne	=	Luonnepisteet (pist)
UM500	=	Sonnin uusimattomuusprosentti (%)
Elop	=	Tyttärien elopaino (Ks)

Taulukko 6. "KORRELAATIO INDEKSI"

Maksimoi taloudellisen edistymisen ottaen huomioon korrelaatiot

1)								
F omin.	b	Nasta	sd*b	#	G omin.	Muutos	Tal.paino	
1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.	
2)								
Nelip	1.76	1.00	629.7	#	Maito	148.9208	2.40	
Utare	183.74	0.08	42.7	#	Valk-%	-0.0080	-2580.44	
Hedel	-434.28	-0.13	-68.4	#	Rasva-%	0.0019	2313.88	
Lyps	223.49	0.11	67.0	#	Utare	0.0319	173.60	
KuolE	11.40	0.01	7.3	#	Hedel	0.0075	-1054.38	
Luonne	355.69	0.15	79.9	#	Lyps	0.0194	370.50	
UM500	-2.05	-0.03	-4.6	#	KuolE	0.0079	-12.99	
Koind	0.32	0.09	18.2	#	Luonne	0.0558	269.14	
				#	UM500	-0.1859	-0.09	
				#	Elop	2.3669	-1.80	
				#	Koind	4.3010	2.57	

Todellisilla hinnoilla lasketun TBV:n hajonta = 853.33

Indeksin hajonta = 360.29

Indeksin korrelaatio (%) TBV:hen = 42.20

Taulukko 7. KOKONAISJALOSTUSARVO

Kertoimet laskettu vanhasta kokonaisjalostusarvosta

1)								
F omin.	b	Nasta	sd*b	#	G omin.	Muutos	Tal.paino	
1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.	
2)								
Nelip	1.04	1.00	372.1	#	Maito	144.7593	2.40	
Utare	280.00	0.20	65.1	#	Valk-%	-0.0081	-2537.88	
Hedel	-290.00	-0.15	-45.7	#	Rasva-%	0.0019	2295.29	
Lyps	115.00	0.10	34.5	#	Utare	0.0424	652.18	
KuolE	-100.00	-0.20	-64.1	#	Hedel	0.0049	-1158.23	
Luonne	0.00	0.00	0.0	#	Lyps	0.0105	416.39	
UM500	2.20	0.05	4.9	#	KuolE	-0.0422	-354.92	
Koind	0.25	0.12	14.2	#	Luonne	0.0438	-473.49	
				#	UM500	-0.1445	13.60	
				#	Elop	1.9479	-2.47	
				#	Koind	2.6100	4.13	

Todellisilla hinnoilla lasketun TBV:n hajonta = 853.33

Indeksin hajonta = 347.05

Indeksin korrelaatio (%) TBV:hen = 40.67

1) Sarakkeet selitetty sivulla 47.

2) Nimikkeet selitetty sivulla 49.

## 5.2 Rajoitettu indeksi

Kun valkuaistuotos otetaan mukaan, kasvaa indeksin ja todellisen jalostusarvon välinen korrelaatio (Taulukko 8). Lisähyöty saadaan sekä absoluuttisen maitotuotoksen lisääntyessä että valkuaispitoisuuden noustessa. Koska neliprosenttisen maidon ja valkuaistuotoksen korrelaatiot maitotuotokseen ovat lähes yhtä suuret, saavat ne melkein yhtä suuren painon standardoiduissa Nasta-yksiköissä.

Taloudellinen indeksi pyrkii aina maksimoimaan jalostuksellisesti edistymisestä saatavan tulon. Koska rajoittamattoman indeksin antamasta edistymisestä 97,7 % tulee maidosta (Taulukko 8), on ymmärrettävää, että ominaisuudet, joilla on negatiivinen korrelaatio maitotuotokseen, saavat joko negatiivisen tai olemattoman painotuksen indeksissä. Näin on käynyt vasikkaKuolleisuudelle ja sonnien uusimattomuusprosentille. VasikkaKuolleisuuden yhteys maidontuotantoon on tosin vain välillinen kasvukyvyn kautta. Indeksillä tavallaan "päättelä", että, jos vasikkaKuolleisuus on suuri, eläimen kasvukyvyn pitäisi olla hyvä, joten myös maidontuotanto on keskimääräistä parempi. Tällainen logiikka aiheuttaa huononemista kaikissa hedelmällisyysominaisuuksissa.

Sekä naarashedelmällisyys, vasikkaKuolleisuus että uusimattomuusprosentti näyttävät olevan nykyisellään niin hyvällä tasolla, että taloudellisesti ajatellen kannattaisi antaa niiden yhä heikentyä. Toisaalta hedelmällisyysominaisuuksien taloudellista painoa ei voi määrittellä yhtä objektiivisesti kuin esimerkiksi maidon ja lihan, koska ne eivät ole lineaarisia. Mitä enemmän hedelmällisyys heikkenee, sitä suuremmaksi kasvaa sen taloudellinen merkitys. Tässä tapauksessa voidaan sanoa biologisten lakien olevan taloudellisia tärkeimpiä.

Rajoitetun indeksin (Taulukko 9) kertoimia ratkaistaessa on asetettu lisäehto, jonka mukaan pyritään maksimoimaan taloudellinen edistyminen silti huonontamatta hedelmällisyysominaisuuksia. Tällöin lisääntymisominaisuuksien suhteellinen paino kasvaa huomattavasti, uusimattomuusprosentin ollessa jopa kasvuindeksiä tärkeämpi. Rajoituksella kuitenkin menetetään noin 5 kg maidontuotannon edistymisestä. Toisaalta, koska nyt myös vasikkakuolleisuus on rajoitettu, pienenee kasvunopeuden merkitys entisestään. Edistymisen hidastuminen näkyy myös indeksin korrelaatiosta todelliseen jalostusarvoon, joka rajoitusten vuoksi on 0.62 %-yksikköä pienempi verrattuna taloudelliseen vaihtoehtoon (Taulukko 8).

Indeksin ja todellisen jalostusarvon välinen korrelaatio, kuten odotettavissa oleva edistyminenkin, ovat keskimääräisiä arvoja koko populaatiosta. Yhden prosenttiyksikön tai parin maitokilon ero jalostuksellisessa edistymisessä yhtä lehmäskupolvea kohti saattaa tuntua merkityksettömältä. Voimme myös arvioida eri indekseillä saatavan jalostuksellisen edistymisen arvon koko nautapopulaatiossamme.

Yhden prosenttiyksikön parannus indeksin ja todellisen jalostusarvon välisessä korrelaatiossa merkitsee yhtä vasikkaa kohti TBV:n sadasosaa eli 8.53 mk. Mikäli oletamme, että valiosonnit vastaavat parasta 4 prosenttia ikäluokkansa sonnivasikoista, saadaan valintaeroksi 2.16. Jos valitaan vain neliprozenttisen maidon suhteen, saavutetaan tällä valintateholla maidontuotannossa yhden prosentin vuotuinen jalostuksellinen edistyminen. Sonnisukupolvien välisenä aikana voidaan pitää 6 vuotta, ja lehmämääränä 700 000.

Tällöin saadaan yhden prosenttiyksikön arvoksi vuodessa:

$$1 \text{ \% -yksikkö} = \frac{1}{100} * 853 \text{ mk} * 2.16 * \frac{1}{6} * 700 \text{ 000} = 2.1 \text{ milj. mk}$$



## Taulukko 8. TALOUDELLINEN INDEKSI

Kaikki 9 ominaisuutta mukana

1)							
F omin.	b	Nasta	sd*b	#	G omin.	Muutos	Tal.paino
1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.
2)							
Nelip	1.00	1.00	357.2	#	Maito	153.3293	2.40
ValkKs	23.17	0.96	347.5	#	Valk-%	0.0022	142.00
Utare	135.06	0.10	31.4	#	Rasva-%	0.0010	177.00
Hedel	-223.88	-0.12	-35.3	#	Utare	0.0316	58.00
Lyps	-235.04	0.21	70.5	#	Hedel	-0.0049	-1100.00
KuolE	9.73	0.02	6.2	#	Lyps	0.0185	354.00
Luonne	269.78	-0.20	60.6	#	KuolE	0.0077	-15.50
UM500	2.88	0.07	6.4	#	Luonne	0.0552	10.00
Koind	0.29	0.15	16.6	#	UM500	-0.1790	6.60
				#	Elop	-2.3890	-5.30
				#	Koind	4.2767	3.80

Todellisilla hinnoilla laskettu TBV:n hajonta = 853.33

Indeksin hajonta = 374.36

Indeksin korrelaatio (%) TBV:hen = 43.87

## Taulukko 9. RAJOITETTU INDEKSI

Säilyttää hedelmällisyyden, vasikkakuolleisuuden ja sonnien uusimattomuusprosentin nykyisellä tasolla

1)							
F omin.	b	Nasta	sd*b	#	G omin.	Muutos	Tal.paino
1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.
2)							
Nelip	0.98	1.00	350.3	#	Maito	148.6890	2.40
ValkKs	23.56	1.00	353.4	#	Rasva-%	0.0010	1144.09
Utare	135.74	0.10	31.5	#	Utare	0.0320	75.36
Hedel	-343.46	-0.19	-54.1	#	Hedel	0.0000	-1263.59
Lyps	230.40	0.21	69.1	#	Lyps	0.0181	391.17
KuolE	-15.16	-0.03	-9.7	#	KuolE	0.0000	-43.89
Luonne	273.06	0.21	61.3	#	Luonne	0.0560	68.18
UM500	29.13	0.70	64.7	#	UM500	-0.0000	58.81
Koind	0.28	0.14	15.9	#	Valk-%	0.0024	259.89
				#	Elop	2.3290	-1.62
				#	Koind	4.0039	2.20

Todellisilla hinnoilla laskettu TBV:n hajonta = 853.33

Indeksin hajonta = 369.10

Indeksin korrelaatio (%) TBV:hen = 43.25

1) Sarakkeiden selitykset sivulla 47.

2) Nimikkeiden selitykset sivulla 49.

### 5.3 Lähtöarvojen vaikutus painokertoimiin

Indeksin herkkyyttä virheellisille lähtötiedoille tutkittiin vertaamalla erilaisin tunnusluvuin ja taloudellisin painoin ratkaistuja kertoimia alkuperäiseen rajoitettuun indeksiin (Taulukko 9). Eri lähtötiedoin laskettujen indeksien korrelaatioita todelliseen jalostusarvoon ei voi verrata keskenään. Myöskään indeksien aiheuttamat muutokset eivät ole keskenään vertailukelpoisia, jos perinnölliset tunnusluvut ovat erilaiset.

Taulukossa 10 on rajoitettu indeksi, jota ratkaistaessa maidontuotanto- ja hedelmällisyysominaisuuksien väliset yhteydet on puolitettu. Uusina korrelaatioina käytettiin:

Maitotuotos	x	Naarashedelmällisyys	0.10
4-% maito	x	----- , -----	0.10
Maitotuotos	x	Uusimattomuus-%	-0.10
4-% maito	x	---- , ----	-0.10
Valkuaistuot.	x	---- , ----	-0.10

Muut tunnusluvut ja taloudelliset painot ovat samat kuin rajoitetussa indeksissä (Taulukko 9).

Kuten odotettavissa onkin uusien korrelaatioiden aiheuttamat muutokset ominaisuuksien kertoimissa riippuvat ominaisuuksien taloudellisista painoista. Voidaan päätellä, että sellaiset ominaisuudet, joiden painotus johtuu lähinnä niiden yhteydestä tärkeämpiin ominaisuuksiin, kuten esimerkiksi sonnien uusimattomuustulos rajoitetussa indeksissä, ovat herkempiä virheellisille korrelaatioille. Jos ominaisuuden oma taloudellinen arvo on suuri, kuten esimerkiksi naarashedelmällisyyden, se ei seuraa korrelaatioiden muutoksia yhtä herkästi.

Taulukossa 11 on alkuperäisillä tunnusluvuilla laskettu indeksi, joka olisi taloudellisin vaihtoehto, jos kasvunopeuden taloudellinen paino olisi kaksinkertainen nykyiseen verrattuna, eli 7.60 mk. Tällöin jalostuksen painopistettä kannattaisi siirtää enemmän lihantuotantoon, Kasvuindeksin painokerroin kasvaisi rajoitetun indeksin (Taulukko 9) 0.14:sta 0.47:mään. Jos vasikkakuolleisuus yhä haluttaisiin pitää muuttumattomana, pitäisi myös sen painotusta lisätä.

Mikäli taas elopainon taloudellinen arvo olisi kaksinkertainen, kannattaisi kasvuindeksille antaa jo negatiivinen paino (Taulukko 12). Jos muutos tapahtuisi suoraan lihan ja maidon hintasuhteissa, vaikuttaisi se sekä kasvunopeuden että elopainon arvoon. Jo noin 20 % lasku lihan hinnassa, maidon hinnan pysyessä entisellään, kääntäisi Kasvuindeksin painokerroimen negatiiviseksi.

#### Taulukko 10. TESTI-INDEKSI A

Taloudellisesti edullisin indeksi, jos hedelmällisyys- ja tuotanto-ominaisuuksien väliset korrelaatiot olisivat itseisarvoltaan puolta pienemmät

1)		Nasta	sd* $\sigma$ b	#	G omin.	Muutos	Tal.paino
F omin.	b						
1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.
2)							
Nelip	1.14	1.00	406.6	#	Maito	153.1050	2.40
Valkks	20.60	0.75	309.0	#	Valk-%	0.0008	142.00
Utare	128.20	0.09	29.8	#	Rasva-%	0.0011	177.00
Hedel	-287.57	-0.14	-45.3	#	Utare	0.0313	58.00
Lyys	251.13	0.20	75.3	#	Hedel	-0.0000	-1100.00
KuolE	-16.48	-0.03	-10.6	#	Lyys	0.0186	354.00
Luonne	252.72	0.16	56.7	#	KuolE	0.0000	-15.50
UM500	15.10	0.31	33.5	#	Luonne	0.0548	10.00
Koind	0.28	0.12	15.8	#	UM500	0.0000	6.60
				#	Elap	2.2688	-5.30
				#	Koind	3.9249	3.80

Todellisilla hinnoilla laskettu TBV:n hajonta = 871.73

Indeksin hajonta = 379.61

Indeksin korrelaatio (%) TBV:hen = 43.55

- 1) Sarakkeiden selitykset sivulla 47.
- 2) Nimikkeiden selitykset sivulla 49.

Taulukko 12. TESTI-INDEKSI B

Kasvunopeuden taloudellinen paino kaksinkertainen nykyiseen verrattuna

1)		Nasta	sd*b	#	2)		Tal.paino
F omin.	b				G omin.	Muutos	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	
Nelip	0.99	1.00	355.2	#	Maito	145.7593	2.40
Valkkg	24.08	1.01	361.2	#	Valk-%	0.0024	142.00
Utare	126.19	0.10	29.3	#	Rasva-%	0.0010	177.00
Hedel	-356.06	-0.19	-56.1	#	Utare	0.0306	58.00
Lyps	230.94	0.21	69.3	#	Hedel	-0.0000	-1100.00
Kuole	-61.26	-0.13	-39.3	#	Lyps	0.0180	354.00
Luonne	299.70	0.22	67.3	#	Kuole	0.0000	-15.50
UM500	29.62	0.70	65.7	#	Luonne	0.0558	10.00
Koind	0.93	0.47	53.0	#	UM500	0.0000	6.60
				#	Elop	3.2668	-5.30
				#	Koind	6.1488	7.60

Todellisilla hinnoilla laskettu TBV:n hajonta = 919,31

Indeksin hajonta = 388,44

Indeksin korrelaatio (%) TBV:hen = 42,25

Taulukko 11. TESTI-INDEKSI C

Elopainon taloudellinen paino kaksinkertainen nykyiseen verrattuna

1)		Nasta	sd*b	#	2)		Tal.paino
F omin.	b				G omin.	Muutos	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	
Nelip	0.94	1.00	334.7	#	Maito	148.1187	2.40
Valkkg	23.17	1.03	347.5	#	Valk-%	0.0026	142.00
Utare	149.60	0.12	34.8	#	Rasva-%	0.0010	177.00
Hedel	-331.01	-0.19	-52.2	#	Utare	0.0327	58.00
Lyps	272.29	0.26	81.7	#	Hedel	-0.0000	-1100.00
Kuole	13.13	0.03	8.4	#	Lyps	0.0215	354.00
Luonne	295.38	0.23	66.3	#	Kuole	0.0000	-15.50
UM500	28.27	0.71	62.7	#	Luonne	0.0572	10.00
Koind	-0.13	-0.07	-7.3	#	UM500	0.0000	6.60
				#	Elop	1.6086	-10.60
				#	Koind	2.5150	3.80

Todellisilla hinnoilla laskettu TBV:n hajonta = 882,57

Indeksin hajonta = 358,60

Indeksin korrelaatio (%) TBV:hen = 40,63

1) Sarakkeiden selitykset sivulla 47.

2) Nimikkeiden selitykset sivulla 49.

#### 5.4 Rajoitettu taloudellinen indeksi

Jos kaikki hedelmällisyysominaisuudet halutaan pitää edes nykyisellä tasolla, pitää niille, varsinkin sonnien uusimattomuusprosentille, antaa varsin huomattavat painot (Taulukko 9). Uusimattomuustulos on fenotyyppinen hedelmällisyysmitta, eikä se arvosteluvarmuudessa pysty kilpailemaan jälkeläisarvostelujen kanssa. Indeksillä, joka säilyttäisi naarashedelmällisyyden ja vasikkakuolleisuuden nykyisellä tasolla, antaen sonnien uusimattomuusprosentin yhtä laskea (Taulukko 13), saavutettaisiin ja lähes yhtä hyvä taloudellinen tulos kuin rajoittamattomalla taloudellisella indeksillä (Taulukko 8).

Asetettujen ehtojen vuoksi indeksin ja todellisen jalostusarvon välinen korrelaatio pienenisi 0,18 %-yksikköä, mikä on selvästi vähemmän kuin kaikkien lisääntymisominaisuuksien rajoittamisen aiheuttama 0,62 %-yksikön vähennys. Ilmeisesti, mikäli haluamme säilyttää sonnien uusimattomuustuloksen muuttumattomana jalostuksellisesti, joudumme maksamaan siitä melkoisen hinnan.

Ratkaistaessa testi-indeksejä (Taulukko 10) todettiin, että taloudelliselta arvoltaan vähämerkityksellisten ominaisuuksien (uusimattomuusprosentti) painokertoimet ovat lähes suoraan verrannollisia niiden ja tuotanto-ominaisuuksien välisten korrelaatioiden suuruuteen. Samalla tavoin myös luonnearvostelu toimii lähinnä maidontuotantokyvyn arvosteluvarmuuden lisääjänä.

Taulukossa 14 on rajoitettu taloudellinen indeksi, joka sallii pienen heikentymisen hedelmällisyysominaisuuksissa. Sen kertoimet on koottu yhteenvetona taloudellisesta - ja rajoitetuista indekseistä (Taulukot 8, 9 ja 13). Luonnepisteiden

painona on 0,10 eli vain puolet taloudellisesta vaihtoehdosta. Tällä tavoin on korjattu mahdollista maidontuotannon ja luonteen välisen yhteyden yliarviointia. Myös sonnien uusimattomuusprosentille on otettu kertoimeksi 0,10, joka on hie- man suurempi, mitä sen taloudellinen arvo edellyttäisi, mutta ei kuitenkaan riittävä pitämään uusimattomuustuloksia nykyisellä tasolla. Tässä on kuitenkin pyritty ottamaan huomioon, että sonneja on joka tapauksessa pakko karsia huonon tiinehdyttämiskyvyn vuoksi. Muut painot on otettu rajoitetusta indeksistä (Taulukko 7) pyöristäen standardoidut Nasta-yksiköiden kertoimet tasalukuihin.

Tällä tavoin painotettu indeksi (Taulukko 14) antaa lähes saman edistymisen maidon suhteen kuin rajoittamatonkin (Taulukko 9). Kuitenkin hedelmällisyysominaisuuksien heikentyminen on huomattavasti hitaampaa, kun taloudellisen indeksin käyttö heikentäisi esimerkiksi naarashedelmällisyyttä lisäten tiineyttä kohti tarvittavien siemennysten määrää 0,0049:llä ja vasikkakuolleisuutta 0,0077 %:lla sukupolvessa, valittaessa samalla teholla rajoitetun taloudellisen indeksin mukaan siemennyksien määrä tiineyttä kohti lisääntyisi vain 0,0022, eli puolta vähemmän, ja vasikkakuolleisuus jopa vähenisi 0,0016 %-yksikköä.

Mikäli indeksit laskettaisiin sonnien alkuperäisiä arvostelutuloksia käyttäen, tulisi sonnien väliseksi hajonaksi 365,15 markkaa. Taloudellisin perustein lasketuissa indekseissä lopullinen hajonta saadaan myös kertomalla todellisen jalostusarvon hajonta indeksin ja todellisen jalostusarvon välisellä korrelaatiolla (Esimerkiksi taulukossa 13:  $0,4373 \times 853,33 = 373,97$  mk). Tämä johtuu indeksiyhtälöitä johdettaessa asetetusta ehdosta, joka määrsi indeksin ja todellisen jalostusarvon välisen kovarianssin yhtä suureksi kuin indeksin varianssi.

Kun käytetään arvioituja kertoimia, jotka eivät toteuta yhtälöä:

$$F_b = G_y,$$

pitää sekä korrelaatio-että hajonta laskea erikseen. Nasta-arvostelutuloksilla laskettujen indeksien hajonta saadaan jakamalla alkuperäinen hajonta indeksikertoimien standardoinnissa käytetyllä skaalauskerroksella (Luku 4.4). Esimerkiksi standardoidun rajoitetun taloudellisen indeksin hajonta saadaan:

$$\frac{365.11 \text{ mk}}{0.98 * 19 \text{ ks}} = 19.6 \text{ mk}$$

Tällä periaatteella voidaan lopullisen indeksin hajonta saada helposti halutun suuruiseksi. Jos hajonaksi halutaan esimerkiksi 10, pitää kaikki Nasta-yksikkö kertoimet jakaa 1.96:lla.

Taulukko 13. RAJOITETTU INDEKSI

Hedelmällisyys ja vasikkaKuolleisuus asetettu vakioiksi

1)							
F omin.	b	Nasta	sd*b	#	G omin.	Muutos	Tal.paino
1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.
2)							
Nelip	0.96	1.00	343.5	#	Maito	151.0831	2.40
Valkkg	24.04	1.04	360.4	#	Rasva-%	0.0010	1007.19
Utare	136.49	0.11	31.7	#	Utare	0.0317	235.39
Hedel	-480.22	-0.27	-75.7	#	Hedel	0.0000	-986.72
Lyps	225.38	0.21	67.6	#	Lyps	0.0172	861.43
KuolE	-12.46	-0.03	-8.0	#	KuolE	0.0000	76.96
Luonne	276.13	0.21	62.0	#	Luonne	0.0553	678.39
UM500	4.25	0.10	9.4	#	UM500	-0.1574	4.44
Koind	0.28	0.15	15.9	#	Elop	2.3304	44.06
				#	Valk-%	0.0026	616.54
				#	Koind	3.9396	-17.97

Todellisilla hinnoilla laskettu TBV:n hajonta = 853.33

Indeksin hajonta = 373.97

Indeksin Korrelaatio (%) TBV:hen = 43.73

Taulukko 14. RAJOITETTU TALOUDELLINEN INDEKSI

Sallii pienen heikentymisen hedelmällisyysominaisuuksissa

1)							
F omin.	b	Nasta	sd*b	#	G omin.	Muutos	Tal.paino
1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.
2)							
Nelip	0.98	1.00	350.3	#	Maito	152.6237	2.40
Valkkg	23.56	1.00	353.4	#	Rasva-%	0.0010	1147.72
Utare	135.74	0.10	31.5	#	Utare	0.0321	66.46
Hedel	-360.00	-0.20	-56.7	#	Hedel	0.0022	-1295.80
Lyps	220.00	0.20	66.0	#	Lyps	0.0149	408.40
KuolE	-22.00	-0.05	-14.1	#	KuolE	-0.0016	-57.89
Luonne	130.00	0.10	29.2	#	Luonne	0.0515	-201.48
UM500	4.00	0.10	8.9	#	UM500	-0.1688	7.78
Koind	0.30	0.15	17.1	#	Elop	2.3772	-1.74
				#	Valk-%	0.0024	249.50
				#	Koind	3.9337	2.39

Todellisilla hinnoilla laskettu TBV:n hajonta = 853.33

Indeksin hajonta = 365.15

Indeksin Korrelaatio (%) TBV:hen = 43.75

1) Sarakkeiden selitykset sivulla 47.

2) Nimikkeiden selitykset sivulla 49.



## 6.0 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Ottamalla huomioon ominaisuuksien väliset yhteydet, voidaan indeksiin ja todellisen jalostusarvon välistä korrelaatiota parantaa perusindeksiin 41,53 %:sta 42,20 %:iin. Selvimmin yhteyksien vaikutus näkyy kuitenkin ominaisuuksien painotusten keskinäisissä suhteissa. Ne ominaisuudet, joilla on maidontuotantoa lisäävä vaikutus, saavat yhteyksistä lisäpainoa, kun taas ne, jotka vierovat tuotanto-ominaisuuksia, menettävät painotustaan. Ellei ominaisuuksien välillä olisi korrelaatioita, ei esimerkiksi utarerakenteelle eikä luonteelle juuri kannattaisi antaa painoa.

Taloudellisesti kaikkein edullisimman indeksiin ja todellisen jalostusarvon välinen korrelaatio on 43,87 %. Pelkkä sonnien tyttäreiden neliprosenttinen maidontuotanto antaa 40,87 % enusteen kokonaisjalostusarvosta. Käytännössä tällaista indeksiä käyttäen saataisiin 26 mk suurempi jalostushyöty sukupölvessä kuin pelkän 4-% maidontuotannon suhteen valiten ( $0,4387 - 0,4087 \cdot \text{todellisen jalostusarvon hajonta}$ ). Tämä parannus saataisiin valintaerolla yksi, joskin nykyinen sonnien valintateho vastaa vähintään kahden yksikön valintaeroa. Muunnettuna maitokiloiksi lisäedistymisen vastaisi lähes 11 kilogrammaa. Todellisuudessa tästä lisätulosta vain 1,1 kiloa saataisiin maitona, lopun tullessa muun muassa parantuneesta kasvunopeudesta, lypsettävyydestä ja utarerakenteesta. Kuitenkin eniten tuloa saataisiin hedelmällisyysominaisuuksien lisääntyneestä painotuksesta, joka selvästi hidastaisi niiden heikentymistä.

Lisääntymisominaisuuksien taloudellinen paino verrattuna tuotanto-ominaisuuksiin on kuitenkin niin pieni, että taloudellista indeksiä käyttäen annettaisiin hedelmällisyyden huonon-

tua. Tämä johtuu lisääntymisominaisuuksien negatiivisesta korrelaatiosta tuotanto-ominaisuuksiin. Heikentyminen voidaan pysäyttää asettamalla kertoimia ratkaistaessa ehto, joka määrää lopullisen indeksin ja hedelmällisyysominaisuuksien välisen korrelaation nolaksi. Valitseminen näin ratkaistun indeksin mukaan ei aiheuta muutoksia rajoitetuissa ominaisuuksissa.

Mikäli kaikkien hedelmällisyysominaisuuksien heikentyminen halutaan estää, pitää niille antaa huomattavia painokertoimia. Sonnin uusimattomuusprosentille jopa 70 % maidon saamista painosta. Samalla indeksin kokonaisteho käärsii ja edistymisen maidontuotannossa hidastuu. Jos tyydytään rajoittamaan vain naarashedelmällisyys ja vasikkakuolleisuus, päästään jo lähelle taloudellisimman vaihtoehdon tehoa. Uusimattomuustuloksen suhteen huonoimmat sonnit joudutaan joka tapauksessa karsimaan, jolloin sille rajoitetussa indeksissä tulisi suhteettoman suuri paino.

Parhaiten olisi käytäntöön sovellettavissa rajoitetun taloudellisen indeksin kaltainen vaihtoehto:

Ominaisuus	Kerroin
Neliprosenttinen maitoindexi	0.500
Valkuaisindexi	0.500
Utarepisteet	0.050
Hedelmällisyyspoikkeama	0.100
Lypsettävyys	0.100
Vasikkakuolleisuus emänisänä	0.025
Luonnepisteet	0.050
Sonnin uusimattomuustulos	0.050
Kasvuindexi	0.075

Ehdotuksessa olisi rajoitetun taloudellisen indeksin kertoimet puolitettu, jolloin indeksin hajonaksi tulisi noin 10, keskiarvon ollessa nolla. Samalla on vasikkakuolleisuuden ja naarashedelmällisyyden kertoimien etumerkit vaihdettu positiivisiksi. Tämä edellyttäisi, että niiden arvostelutulokset esitettäisiin yhdenmukaisesti muiden arvostelujen kanssa, jolloin myös niissä mahdollisimman korkea arvo osoittaisi hyvää tasoa. Tällaisen indeksin avulla saataisiin sama edistyminen maidontuotannossa, mitä aikaisemmin on saatu valitsemalla pelkän neliprosenttisen maidontuotannon suhteen. Lisäksi hedelmällisyysominaisuuksien heikentyminen hidastuisi, maidon pitaisuudet pysyisivät korkeina ja sekä lypsettävyys että kasvukyky paranisivat. Indeksistä saatava lisäteho sonnien valintaan voidaan laskea:

$$\frac{\text{Indeksivalinnalla saatava lisähyöty}}{\text{Edistyminen valittaessa 4-% maidon suhteen}} \quad * 100 =$$

$$\frac{(0.4375-0.4084)*853.33 \text{ mk}}{0.4084*853.33 \text{ mk}} \quad * 100 = 7 \%$$

Kokonaaisuudessaan jalostuksellinen edistyminen paransi ehkä noin 5-7 %. Taulukossa 15 on indeksin käytöstä aiheutuvat muutokset ominaisuuksittain. Indeksien tehokkuutta kuvaa, että, vaikka valittaisiin pelkän neliprosenttisen maidon perusteella, ei päästäisi yhtään parempaan tulokseen edes maidontuotannossa.

Sonnin kasvunopeuden painotus jäi suhteellisen pieneksi. Ilmeisesti suurin osa parantuneesta kasvusta saatavista lisäuloista kului suurentuneen aikuisuuteen vaatiman suuremman ylläpitotarpeen korvaamiseen. Elopainon noustessa kasvaa myös eläimen normien mukainen syöntikyky. Osa lisäkustannuksista saataisiin takaisin, jos suuremman lehmän rehunnatarve voitaisiin tyydyttää korkearehuvallaisemmalla ja siten myös halvemmalla dieetillä. Huhtasen (1982) mukaan väkirehujen osuus rehunnassa ei kuitenkaan laske elopainon lisääntyessä niin paljon kuin teoreettiset laskelmat osoittavat. Eräs syy lieinee syöntikyvyn aleneminen korkearehuosuuden kasvaessa (Huh-

Taulukko 15. Rajoitetun taloudellisen indeksin aiheuttamat muutokset ominaisuuksittain.

Ominaisuus	Yksiköissä per sukup	Prosentteissa per vuosi	Valinta nelip.
Maito	153.000 Ks	1.00 %	1.00 %
Rasvaprosentti	0.001 %	0.01 %	0.02 %
Valkuaisprosentti	0.002 %	0.03 %	-0.09 %
Kasvuindeksi	3,900 g/pv	0.11 %	0.08 %
Naarashedelmällisyys	0.002 S/T	0.05 %	0.32 %
Uroshedelmällisyys	-0.170 %	-0.09 %	-0.11 %
Lypsettävyys	0.015 Ks/min	0.32 %	0.00 %
Luonne	0.052 pist	0.80 %	0.64 %
VasikkaKuolleisuus	-0.002 %	-0.02 %	0.00 %
Utarerakenne	0.032 pist	0.30 %	0.25 %
Elopaino poikkeama	2.400 Ks	0.18 %	0.15 %

Ensimmäisellä sarakkeella on absoluuttinen muutos nautasukupolvessa valintaerolla yksi.

Seuraavalla sarakkeella on pyritty arvioimaan muutokset prosentteina yhtä vuotta kohti, mikäli käytetään osapuilleen nykyistä valintatehoa (valintaero 2.16). Ominaisuuksien keskiarvot on poimittu Karjantarkkailutiedoista (Maatilahallitus 1981), Keinosiemennystilastoista (Keinosiemennysyhdistysten liitto 1982) ja sonnien jälkeläisarvostelutuloksista (Syväjärvi 1983).

Viimeisellä sarakkeella ovat muutokset, jotka saataisiin, jos valittaisiin yhtä tehokkaasti pelkän neliprosenttisen maidon suhteen.

tanen 1982). Ilmeisesti, ennenkuin päätetään siirtää jalostuksen painotusta lihantuotannon suuntaan, kannattaa selvittää, olisiko edullisempaa tehostaa lihasonnien käyttöä ja -jalostusta maito-liha ohjelman puitteissa, kuin lisätä yhdistelmärotujemme lihantuotantokykyä.

Vaikka tärkeimmistä geneettisistä tunnusluvuista on runsaastikin tutkimuksia, kannattaisi käytetyille arvoille laskea vastineet suomalaisesta aineistosta. Varsinkin monet korrelaatiot tuntuvat selvästi riippuvan sekä populaatiosta, että ominaisuuksien vallitsevasta tasosta. Esimerkkinä voidaan mainita neliprosenttinen maitotuotos, jonka yhteys rasvaprosenttiin vaihtelee eri tutkimuksissa. Näissä laskelmissa se on oletettu lähes nolllaksi, vaikka mm. Lintukangas (1977) arvioi sen huomattavasti suuremmaksi. Mikäli käytettävissä olisivat myöskin fenotyypilliset korrelaatiot, nähtäisiin, kuinka paljon niiden huomioon ottaminen vaikuttaisi.

Taloudellisten painojen jatkuva seuraaminen on tärkeää, joskin ainoastaan niiden keskinäisten suhteiden muutokset ovat valinnan kannalta merkitseviä. Lisääntymisominaisuuksien taloudelliseen arvoon vaikuttaa vallitseva hedelmällisyyden taso, joten niiden paino kannattaa arvioida tasaisin väliajoin, tai ainakin, jos niiden havaitaan heikentyneen. Muutoin taloudellisia painoja voitaneen pitää luotettavina, koska todennäköisesti tulevaisuudessaakin suurin osa taloudellisesta kokonaisedistymisestä saadaan maidosta, eivätkä siten vähempimerkityksellisten ominaisuuksien taloudellisten painojen pienet muutokset vaikuta indeksin tehoon, elleivät ne sitten nouse maidontuotantoakin tärkeämmiksi (Smith, 1983).

Toisaalta ja indeksiä rakennettaessa on otettu huomioon biologiset näkökohdat. Tämä näkyy lopputuloksessa muunmuassa siten, että puhtaasti taloudellisesti ajatellen kannattaisi neliprosenttiselle maitotuotokselle ja valkuaisituotokselle antaa sama paino vasta, jos valkuaisprosentin taloudellinen paino olisi 250 markkaa (Taulukko 14) eli lähes kaksinkertainen nykyiseen verrattuna.

Kun tulevaisuudessa saadaan käyttöön tietoja eläinten sairastavuudesta, tulee nämä taloudellisesti tärkeinä sisällyttää indeksiin ja kokonaisjalostusarvoon. Terveystarkkailusta voidaan saada tärkeää lisäinformaatiota korvaamaan utarepisteet, sekä tukemaan hedelmällisyys- ja vasikkakuolleisuusarvostelua. Vielä tärkeämpää olisi saada arvio eläinten rehunkulutuksesta. Mikäli sellainen voitaisiin liittää mukaan indeksiin, saisi se epäilemättä tasavertaisen painon maidontuotannon kanssa.

Mikäli sonnien monipuolista jälkeläisarvostelua halutaan tehoakaimmin hyväksikäyttää, tulee tärkeimmät tiedot koosta yhdeksi kokonaisarvoa kuvaavaksi luvuksi. Valitsemalla isä- ja valiosonnit valintaindeksin avulla voidaan varmistaa, että lehmien kokonaisgenotyyppi kehittyy tasapainoisesti. Indeksivalinnassa ei ole vaara, että joku ominaisuus saisi liian suuren painon tai että se liiallisesti heikentyisi. Lisäksi pitäisi jokaisen ominaisuuden suhteen olla tieto muista valintaintensiteeteistä, kuten esimerkiksi valinnasta kasvatusasemalla. Jos vielä sonninemät valittaisiin kokonaisjalostusarvo-indeksin perusteella, voitaisiin sanoa jalostuksen olevan kontrolloitua ja suunnitelmallista.

## 7.0 TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena oli rakentaa valintaindeksi kuvaamaan jälkeläisarvosteltujen keinosiemennyssonnien kokonaisjalostusarvoa. Tavoitteena oli kokonaisindeksi, joka mahdollisimman hyvin kuvaisi eläinten taloudellista ja biologista arvoa, jolloin se voisi korvata tyttärien 4-% maidotuotoksen valiosonnien valintaperusteena. Biologisena jalostustavoitteena pidettiin maidon rasva- ja valkuaispitoisuuksien sekä hedelmällisyyden säilyttämistä nykyisellä tasolla.

Sonnin kokonaissenotyypin taloudellista arvoa kuvaamaan valittiin sen tyttärien maidotuotos, maidon rasva- ja valkuaispitoisuudet, sonnin oma ja sen tyttärien hedelmällisyys, sonnin emänisänä aiheuttama vasikkakuolleisuus, tyttärien lypsettävyys, utarerakenne, luonne ja elopaino sekä sonnin oma kasvukyky. Ominaisuuksille laskettiin taloudelliset painot pääomitetun geenivirran menetelmää hyväksikäyttäen. Ferrinöllisinä tunnuslukuina (hajonnat, korrelaatiot, periytyvyysasteet) käytettiin sekä jälkeläisarvosteluaineistosta laskettuja että kirjallisuudesta etsittyjä arvoja.

Erillaisten indeksien, mm. vuodesta 1981 sonneille lasketun kokonaisjalostusarvon, tehoa verrattiin sekä keskenään että taloudellisesti edullisimpaan vaihtoehtoon. Vertailu osoitti, että korrelaatiot huomioon ottaen muodostetulla ja taloudellisesti optimoidulla indeksillä perinnöllinen kokonaisten distyminen olisi selvästi suurempi kuin valiten entisen kokonaisjalostusarvon tai pelkän 4-% maidontuotannon suhteen. Toisaalta valittaessa taloudellisesti edullisimman indeksin mukaan aiheuttaa voimakas negatiivinen vuorosuhde hedelmällisyys- ja tuotanto-ominaisuuksien välillä (-0.20) hedelmällisyydestason heikentymisen. Mikäli heikentyminen halutaan estää, pitäisi lisääntymisominaisuuksille antaa huomattavasti lisää-

painoa. Tällöin kuitenkin kokonaisedistyminen jää pienemmäksi.

Edullisimmaksi osoittautui vaihtoehto, joka sallii hedelmällisyysominaisuuksien hiukan heikentyä. Tällöin sonnien arvostelutulosten (ilmoitettuna yhtä hajonnan yksikön kymmenesosaa kohti) kertoimet olivat: 4-% maitotuotos ja valkuaistuotos 0.5, hedelmällisyyspaikkeama ja lypsettävyys 0.1, utarepisteet, sonnien uusimattomuusprosentti ja luonnepisteet 0.05, kasvuindeksi 0.075 ja vasikkakuolleisuus 0.025. Tällaisen indeksiin ja todellisen jalostusarvon välinen korrelaatio on 43.75 %. Sen avulla saataisiin sama edistyminen maidontuotannossa kuin valitsemalla pelkän 4-% maidontuotannon suhteen. Kokonaisedistyminen olisi kuitenkin lypsettävyyden, kasvunopeuden sekä hedelmällisyys- ja rakenneominaisuuksien lisääntyneen painotuksen vuoksi 7 % suurempi kuin nykyisellä valintaperusteella.



8.0 KIRJALLISUUS

CALD, L.L., MCDOWELL, R.E., VAN VLECK, L.D. & MILLER, P.D.  
1973. Genetic aspects of beef production among Holstein-Friesians pedigree selected for milk production.  
J.Animal.Sci. 37:676-682.

CUNNINGHAM, E.P. 1969. Animal breeding theory. Moniste 272 s.  
Universitetsforlaget, Oslo

GJEDREM, T. 1967. Selection Indexes compared with Single trait Selection. I The efficiency of including correlated Traits.  
Acta Agric.Scand. 17 s. 263-268.

- 1972. A Study on the Definition of the Aggregate Genotype in a Selection Index. Acta Agric.Scand. 22:11-16.

FIMLAND, E. 1974. Tomperioden Koster. Buskap og Avdrätt 1974, 4:158-159.

HAZEL, L.N. 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. Genetics 28:476-490.

- & LUSH, J.L. 1942. The efficiency of three methods of selection. J.Heredity 33:393-399.

HELLMAN, T. 1981. Sonniien Kokonaisjalostusarvo. Jälkeläisarvoseluseminaari Helsinki 12.5.1981. Kotieläinjalostuksen tiedote 47. Helsinki.

HENDERSON, C.R. 1973. Sire evaluation and genetic trends. Proc. of the Anim. Breeding and Genetics Symp. in honor of Dr. Jay L. Lush, hold July 29th 1972 at Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksberg, Virginia. :10-41.

- HUHTANEN, P. 1982. Suomenkarjan kokonaistaloudellisuus muihin rotuihin verrattuna. Kotieläinjalostuksen tiedote 58. Helsinki. 82 s.
- IJAS, J. 1982. Miten maitotili koostuu. Nautakarja 1982,2:5-7.
- JANSON, L. 1980. Studies on Fertility traits in Swedish Dairy Cattle. Sveriges Lantbruksuniversitet, Rapport 45. Uppsala.
- KARLSSON, U. 1979. Correlated Responses of Selection for Growth Rate in Swedish Dual-purpose cattle breeds 1. Consequences in Mature Cow Size. Acta Agric.Scand. 29:295-303.
- KEINOSIEMENNYSYHDISTYSTEN LIITTO, 1982. Vuosikertomus 1982, Tikkurila 1983.
- KEMPTHORNE, O. & NORDSKOG, A.W. 1959. Restricted Selection Indices. Biometrics 15:10-19.
- KENTTÄMIES, H. 1978. Eläinainees nautanlihan tuotannossa. Karjatalous 54 (6-7):33-35.
- 1982. Nautanlihan tuotantoon vaikuttavista geneettisistä tekijöistä sekä kasvun mittaamisesta kenttäoloissa. Lisenssiaattityö. Kotieläinjalostuksen tiedote no. 57, Helsinki. 104 s.
- TAIVALANTTI, P. & VEHEMAANKREULA, E. 1974. Lehmien elopainon määrittäminen rinnan ympäröksen avulla. Kehittyvä Maatalous 18:3-15.
- KOMPENDIUM I NÖTKREATURSAVEL 1979. Moniste. Institutionen för husdjursförädling och sjukdomsgenetik Sveriges landbruksuniversitet, Uppsala.
- KOSKINEN, A. 1980. Lypsylehmän elopainosta, siihen vaikuttavista tekijöistä ja sen yhteydestä maidontuotantoon. Seminaari. Kotieläintenjalostustieteen laitos, HYÖ. Helsinki.

- LAMPINEN, K. 1978. Poikimaväli ja/tai siemennysten määrä tiineyttä kohti lehmien hedelmällisyyden mittoina sonnien jälkeläisarvostelussa. Kotieläinjalostuksen tiedote 29. Helsinki. 84 s.
- LINDHOLM, S. 1979. Suomalaisien lehmien lypsettävyys ja siihen vaikuttavat tekijät. Kotieläinjalostuksen tiedote 37. Helsinki. 49 s.
- LINDSTRÖM, U.B. 1974. Points of view on performance testing dual purpose bulls. Z.Tierzüchtg.Züchtgsbiol. 91:11-21.
- 1978. Maidon valkuainen. Kotieläinjalostuksen tiedote 20. Helsinki. 12 s.
- 1983. Utaretulehdukseen vaikuttavat tekijät Karja ja lehmä kohtaisia. Karjatalous 83:2, 24-25.
- & MAIJALA, K. 1970. Evaluation of Performance Test Results for A.I. Bulls. Acta Agric.Scand. 20:209-218.
- & VILVA, V. 1977. Frequency of Stillborn calves and it's association with production traits in Finnish cattle breeds. Z.Tierzüchtg.Züchtgsbiol. 94:27-43.
- & SYVÄJÄRVI, J. 1978. Vasikkakuolleisuuteen vaikuttavista tekijöistä. Suomen Eläinlääkäri lehti 84:551-565.
- LINTUKANGAS, S. 1977. Erilaisten virhelähteiden ja erityisesti tuotostason ja maantieteellisen alueen vaikutus Ay-sonnien jälkeläisarvosteluun. Kotieläinjalostuksen tiedote 15. Helsinki. 115 s.
- LOUCA, A. & LEGATES, I.E. Production Losses in Dairy Cattle Due to Days Open. J.Dairy Sci. vol. 51:573-583.
- MAATILAHALLITUS, 1981. Tilastoa Suomen Karjantarkkailutoiminnasta vuodelta 1981. Maatil.hall.Tiedonanto. 1982

- MAATILAHALLITUS, 1982. Maatalouden vuositilasto 1981. Suomen virallinen tilasto III:80. Maatilahallitus, Helsinki 1982.
- MAIJALA, K. 1973. Sonnien monipuolinen jälkeläisarvostelu III. Karjalalous 1973:1, 24-26.
- 1977. Individprövningsens plats inom avelsarbetet med mjölkboskap. Nordiskt symposium Kring individprövningsfrågor, Helsingfors 13.-14.9.1977.
- & HANNA, M. 1974. Reliable phenotypic and genetic parameters in Dairy Cattle 1 st World Congress on Genetics to Livestock Production. Madrid, I s. 541-543.
- MATTILA, R. 1981. Utaretulehduksen aiheuttamat menetykset Karjanomistajalle. Nautakarja 1981:2, 18-20.
- MCCLINTOCK, A.E. & CUNNINGHAM, E.F. 1974. Selection in dual purpose cattle populations: Defining the breeding objective. Anim. Prod. 18:237-247.
- MEYER, K., HILL, W.G. 1982. A note on the effects of sampling errors on the accuracy of genetic selection indices. Z.Tierzüchtg. Züchtgsbiol. 100: 27-32.
- MILLER, R.H., LUKASZEWICZ, M. & PEARSON, R.E. 1981. Dual-purpose selection in dairy cattle. I Genetic and phenotypic estimates. Z.Tierzüchtg. Züchtgsbiol. 98:108-124.
- MOEN, R.A. 1970. A note on the expectation of the covariance between a group's mean phenotype of one trait (P1) and the same group's mean phenotype of another trait (P2). Acta Agric.Scand. 20:15-16.
- MTTL. 1983. Ajankohtaista maatalousekonomiaa. Eri tuotantosuun-  
taa harjoittavien kirjanpitoiltojen tuloksia tilivuosi 1981.  
Maatalouden tal. tutkimuslaitoksen tiedonant. Helsinki 1983.

- MYLLYLÄ, L. 1983. Kasvatusaseman kuulumisia. Nautakarja 1983: 1, 24-26
- OJALA, M. 1982. Vanhempien tuotantotietojen ja eräiden ympäristötekijöiden yhteys sonnien kasvukoetuloksiin. Kotieläinjalostuksen tiedote no. 55, Helsinki. 54 s.
- PERSSON, E. 1978. Analys av fältavkommeundersögningsmaterial rörande bruksegenskaper inom SLB-, SRB- och SKB raserna. Examensarbete, Inst. för husdjursförädling och sjukdomsgenetik Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- PHILIPSSON, J. 1970. Förenklade mjölkbarhetsundersökningar. Lantbrukshögskolans försöksledarmöten 1970. Konsulentavdelningens stencilserie, Husdjur 18, Uppsala.
- 1973. Inverkan av olika urvalsriktning på mjölkens sammansättning. Lantbrukshögskolans meddelander, Serie A no. 196 Husdjur 27.
  - & KARLSSON, U. 1977. Effekten av selektion för köttproduktions egenskaper på kornas storlek och frekvensen dödfödselar. Nordisk symposium kring individerövningsfrågor. Helsinki 13. -14.9. 1977.
- RÖNNINGEN, K. 1971. Tables for estimating the loss in efficiency when selecting according to an index Based on a false economic ratio between two traits. Acta Agric.Scand. 21:33-49.
- SALONIEMI, H. 1980. Udder diseases in dairy cows, field observations on incidence, somatic and environmental factors and control. J.Sci.Agric.Soc.Finl. 52:2, 85-184.
- SMITH, C. 1983. Effects of changes in economic weights on the efficiency of index selection. J. Animal Sci. 56:5, 1057-1064.
- SYRSTAD, O. 1982. Arvelig varicosjon i fruktbarhet hos okser. Meldninger fra Norges Lantbrugshögskole no.20. 7 s.

- SYVAJARVI, J. 1983. Jälkeläisarvostelutulosten keskiarvoja, hajontoja ym. Julkaisematonta aineistoa. Suomen Kotieläinjalostusyhdistys, Tikkurila.
- 1980. Hedelmällisyysarvostelu uusitaan. Nautakarja:11,18-20.
- & LINDSTOM, U.B. 1983. Heritabilities of and genetic correlations among management traits in dairy cattle. 34th. Ann. Meeting of Study Commissions EAAP Madrid, 3-6.10.1983.
- TALLIS, G.M. 1962. A selection index for optimum genotype. Biometrics 18:120.
- VAN VLECK, D. 1974. Notes on the theory and application of selection principles for the genetic improvement of animals. Cornell University, Ithaca. New York.
- WARWICK, E.J., LEGATES, J.E. 1979. Breeding and Improvement of Farm Animals. New York, McGraw Hill Book Co.
- YAMADA, Y., YOKONCHI, K. & NISHIDA, A. 1975. Selection index when genetic gains of individual traits are of primary concern. Japan.J.Genetics Vol. 50 1:33-41.

## 9.0 LIITE 1. TALOUDELLISET PAINOT

### Yleiset Lähtökohdat

Kaikki tulot ja menot on diskontattu siemennysajan kohtaan McClintock'in ja Cunningshamin menetelmällä (1974).  
Tunnuslukuina on käytetty seuraavia Karjantarkkailutietoja (Maatilahallitus 1981):

Hiehojen keskimääräinen poikimikä	2.1 vuotta
Lehmien keskim. poikimaväli	13 kuukautta
Lypsykausia per lehmä	3.7 kpl
Keskituotos	5800 kg
Kuolleisuus	5 %

Näiden perusteella on laskettu eri tuotoille ja kustannuksille kertoimet, joiden avulla tulevaisuudessa saatavia tuloja voidaan verrata toisiinsa. Huomiota on otettu seuraavat kuusi sukupolvea ja 15 vuotta. Diskonttauskerroksikannaksi on valittu inflaation suhteen korjattu kolme prosenttia (Smith 1978). Jokaista onnistunutta siemennystä kohti on odotettavissa:

Keskimäärin: 1.45 nykyhetkeen diskontattua lypsykautta,  
1.14 noin kaksivuotiaista teuraseläintä,  
1.65 aloitussiemennystä uusintoiheen,  
1.60 poikimista, joista  
0.41 hiehopoikimisia  
0.36 lypsylehmän poistoa

MAITO

Hinta:	perushinta (Ay 4.3%:sta)	2.03 mk
	keskim.tuotantoavustus	0.22 mk
	aluetuki (Ijas 1982)	0.08 mk
		-----
	yhteensä	2.33 mk

Kustannus:	0.4 ry/Kg 4%-maitoa vastaa	
	0.418 ry/Kg 4.3%-maitoa	
	ry hinta 1.60 mk	0.67 mk
		-----
	erotus	1.66 mk

Diskonttaus: 1.45 lypsykautta => 2.41 mk

Sonnien jälkeläisarvostelujen välinen hajonta n. 175 Kg, joten yhden hajonnan yksikön keskiarvon yläpuolella oleva sonni tuottaa keskimäärin noin 430 mk arvokkaampia "tiineyksiä".

RASVAPROSENTTI

Hinta: 18.0 p / %-yksikkö

Kustannus:	Rehukustannus	
	1 kg 4.3%-maitoa	0.42 ry
	1 kg 5.3%-maitoa	0.52 ry
	lisääntyy	0.10 ry
		a' 1.59 mk
		15.9 p / %-yksikkö
		-----
	erotus	2.1 p / %-yksikkö



Jos vuosituotos 5800 kg  
Diskonttaus: 1.45 lypsykautta 177 mk / %-yksikkö

Jälkeläisarvostelutulosten välinen hajonta on noin 0.11 %,  
joten yhden hajonnayksikön hinta on noin 19 mk.

#### VALKUAISPROSENTTI

Hinta: 16 p / %-yksikkö

Kustannus: Oletettu, että kustannus  
valkuaisprosentin noususta  
90 % rasvan vastaavista  
14.3p / %-yksikkö

erotus -----  
1.69 p / %-yksikkö

Tuotos 5800 kg

Diskonttaus: 1.45 lypsykautta 142 mk / %-yksikkö

Jälkeläisarvostelutulosten hajonnan arvo 10 mk

#### KASVUINDEKSI

Hinta: liha kg 22.00 mk

Kustannus: 10.7 ry/lisäkasvu kg  
Kasvunopeuden parantuessa  
säästetään 6 ry/parantunut kasvu kg  
(Kenttämies 1978)

Tulo: Parantunut kasvunopeus antaa sitä suuremman  
hyödyn mitä vanhemmaksi teuraseläimet kasva-  
tetaan. Saatavan lisätulon arvioimiseksi olen  
jakanut lihaeläimet kolmeen eri luokkaan:

Sonnit yli 130 kg, Hiehot yli 130 kg ja mullit 80-129 kg

Keskimääräisiä kasvunopeuksia eri luokissa (Kenttämies 1982):

	Ay hiehot	Ay hiehot	Ay sonnit
teuraspaino kg	161	125	201
teurast.ikä pv	545	336	487
nettolisäk./päivä g/pv	259	310	372
std g/pv	70	57	76

Maatalouden vuositilasto (Maatilahallitus 1982):

	lehmät	sonnit 130-	hiehot 130-	mullit	yht.
lihaa milj kg	36,2	61,5	15	5,3	118,5
lihaa %	30,1	51,9	13	4,5	100,0
lukumäärä 1000	72,4	158,2	42,3	24,7	300,2
lukumäärä % ilman lehmiä		70	19	11	100,0
teuraspain.Keskim.	204	203	170	105	

	sonnit	hiehot	mullit
lasKettu KasvuaiKa Keski- määräisiin teuraspainoihin em. kasvunopeuksilla pv	478	560	258
rehunkulutus ry 10.7 ry/lisäk.kasvu kg	1904.6	1552	856
nettopainonlisäys em. Kasvuaajoilla mikäli lisäkasvu paranee yhden hajonnanyksikön:			
nettopainonlisäys kg	33.5	31.9	19.6
a/22.00 mk	737.00	701.80	431.2

lisääntynyt rehunkulu-  
tus lisäkäslyn vuoksi  
10.7ry/kg a'1.59mk 569.90 542.70 333.50

säästö parantuneesta  
rehuhyötysuhteesta  
6 ry/lisäk.kasvu kg 201 191.4 117.6  
a'159p. mk 319.6 304.3 187.0

nettotulo parantuneesta  
lisäkäslyn / fenot.std. mk 486.7 463.4 284.7

nettotulo parantuneesta  
lisäkäslyn / g mk 7.0 8.0 3.7

Keskimäärin:

$$0.70*486.70+0.19*463.40+0.11*284.70= 460.05 \text{ mk/eläin}$$

$$0.70*7+0.19*8.1+0.11*3.7= 6.9 \text{ mk/gramma nettokasvu/päivä}$$

Jos teuras-% on 48 saamme 3.30 mk/gramma lisäk./päivä.

$$\text{diskonttaus } * 1.14 = 3.80 \text{ mk/gramma}$$

K-indeksien hajonta on n. 90 g

$$0.4*0.5* 90*3.8 \text{ mk} = 68 \text{ mk} \quad \text{(K-ind on koko jal.arvo)}$$

-----  
(K-ind\*heritab.\*sukulaisuus)

UROSHEIDELMÄLLISYYSS

Mittana Käytetään 500 ensimmäisen siemennyksen uusimattomuus-%

Kustannus: uusinnan hinta:

siemennysmaksu (muuttuva kust. eli uusinta) 30 mk  
menetys maidontuotannossa :

Louga & Legates (1967) laskivat yhden  
lisäpäivän maidontuotannossa vähentävän  
tuotosta 2.4 Ks (Keskituotos 5820 Ks,  
3.77 tuotokautta). Lisä siemennys-  
kerta pidentää tyhjääkautta keskimäärin  
31 päivää (Fimland 1974).

Menetys 74.4 Ks  
a'1.66 mk 124 mk

vähentynyt vasikkatuotanto  
31/381 = 0.08 a' 500 mk 40 mk

Yhteensä ..... 194 mk

Nettotulo/meno:

1 %:n muutos 500 UM-%:ssa välillä  
66-69 % merkitsee 1.7 % lisäystä  
uusintojen määrässä. Mukaan otettu  
vain 4 siemennyskertaa (potenssia).

0.017 \* 194 mk 3.30 mk

Fenotyyppinen hajonta

on n. 4.2 % ..... 14 mk/sd

NAARASHEDELMÄLLISYYS

Kustannukset: eläinlääkärin hoitokerta 150 mk

lehmän uudistuskustannus:

hiehon hinta - teurastulo

6000 - 4500 mk

1500 mk

0.1-yksikön muutos siemennyksissä / tiineys

vaatii:

uusintoja ..... 8,7 / 100 aloitusta

el.hoitoja ..... 1,66 - " -

poistoja ..... 1,38 - " -

yhteensä:

40.10 mk/0.1

Karsinnan lisääntyessä 1% lisääntyy

myös ensikoiden osuus 1% .

Ensikko lypsää 13 % vähemmän kuin täysikäinen

(Warwick & Legates 1979), myös

II-tuotos on 5 % pienempi kuin kolmas.

Tämän vuoksi 1 % lisäys uudistuksessa

laskee keskituotosta karjassa 0.2 %.

$0.002 * 5800 \text{ kg} = 11.6 \text{ kg a' } 166\text{p}$

$1.38 * 11.6 * 1.66 \text{ mk}$

26.6 mk/0.1 siem.

+ 40,1 -"-

yhteensä 66,7 mk

Diskonntausfaktori:

1.65 siemennyskierrasta/vasikka .... 110 mk

Siemennyksiä poikimista kohti jälkeläisarvostelun

hajonta on 0.08. Hajonnan yksikön arvo 86 mk

### VASIKKAKUOLLEISUUS

Vasikka kuolleisuus lasketaan sonneille sekä emänisänä että vasikan isänä.

Kustannukset: menetetty vasikka	500 mk
10 % lehmistä hätästeurastettava a'1500 mk	150 mk
Tilastojen mukaan 2.7 % karsitaan poikimavaikkeuksien vuoksi (Maatila- hallitus 1981). Pidentynyt tyhjääkausi keskim. 21 pv a' 7.80 mk	163 mk
(hiehoilla tyhjääk. ei aiheuta menoja)	
Elsinlääkkäri 1/3 * 150 mk	50 mk
Lisätyö 4 h a'12.00 mk (MTTL.1983)	48 mk
yhteensä:	911 mk

27 % poikimisista hiehoille, niillä  
vasikka kuolleisuus huomattavasti suurempi  
Ay:llä 125 % ja Fr:llä 270 % suurempi  
Ay 9.11 (0.73 + 0.27\*1.25) = 9.70 mk  
Fr 9.11 (0.73 + 0.27\*2.7) = 13.30 mk

Diskonnttaus: 1.60 poikimista

Ay 15.50 mk/ %-yksikkö  
Fr 21.30 mk/ %-yksikkö

Sonnin ollessa isänä ei diskonnttausta  
tarvitse tehdä. Tällöin hajonnanyksikön

(0.63%) paino on 6.1 mk (Ay)

Hajonnan yksikkö emänisänä on

0.56 ja sen paino 5.0 mk (Ay)

LYPSETTÄVYYS

1 Min lypsyaikaa vastaa 0.3 minuuttia työaikaa (Philipsson 1970).  
Jos 1.6 kg KMM tasolla tapahtuu 0.1 kg lasku tekee tämä  
5800 kg vuosituotoksessa 242 min. Tästä työajaksi voidaan  
katsoa 73 min (30%), mikä on 1.2 h.  
Työkustannuksella 12.00 mk/h (MTTL.1983) aiheuttaa 0.1 kg  
muutos KMM:ssä lypsykautta kohti n. 14.5 mk lisätyön

Diskonttaus: 1.45 tuotokautta .... 210 mk/1 kg/ KMM

-----  
KMM:n jälkeläisarvostelujen hajonnan arvo on noin 32.0 mk

ELOPAINO

Ravintotarvenormit: 0.0378 ry / metabolinen elopaino kg  
n. 500 kg eläimellä tämä on  
0.006 ry / elopaino kg,  
Rehunkulutus hiehonkasvatuksessa:  
6 ry / elop.kg

Nettokustannus: rehuKustannus/laktaatio

0.006ry/pv\*1.59mk/ry\*381pv/lakt = 3.64 mk

diskontattuna \* 1.45 5.30 mk

hiehoKasvatus

6 ry/kg\*1.59 mk/ry = 9.54 mk/hieho

diskonttaus:

hiehoPoikimisten määrä 0.41 3.90 mk

yhteensä 5.25 mk

tulo poistetuista lehmistä

teuras-% 45 ..... 11 mk

diskontattujen poistojen määrä

0.36 \* -3.96 mk

yhteensä /elop.kg 5.25 mk

-----  
EloPainoPoikkeamien hajonnan arvo ..... 107 mk

UTARERAKENNE

Akuutin utaretulehduksen hinta:  
(R.Mattilaa -81 mukailleen)

1.	Foisheitettävä maito	
	7 pv 25 kg 2.20 mk/kg	385 mk
	Alentunut maidontuotanto	
	14 pv 0.30 * 25 kg 1.66 mk	174 mk
2.	Alentunut maidontuotanto loppu- osan lypsykautta	
	1.5 kg 240 pv 1.66 mk	598 mk
3.	Eläinlääkärikäynti	150 mk
4.	Koska joka kahdeksasut. johtaa teurastukseen nopeutuu uudistus	
	15 % * 1500 mk	225 mk
	Ensikkojen määrä karjassa suurempi: keskituotos laskee n. 2.8 %	
	0.028 * 5800 kg * 1.66 mk/kg	270 mk
5.	Maidon rasva-% laskee keskim. 0.4 %-yks.	
	3000 kg * 6.4 p	192 mk
6.	Ylimääräinen työ	
	5 h a'12.00 mk (Anon.1983)	60 mk

-----  
yhteensä 2054 mk

(Mattilan mukaan 2000 mk)



Subkliinisen utin aiheuttama menetys

CMT 3	6 neljänneestä	1.1 kg	=	6.6 kg
CMT 4	3 neljänneestä	1.9 kg	=	5.7 kg
CMT 5	1 neljännes	2.3 kg	=	2.8 kg
	10 neljänneestä	yht		15.1 kg

yhden neljänneksen CMT>3

merkitsee keskimäärin 1.51 kg maidonvähennystä

tämä on 2.50 mk/pv =

760 mk/305pv (225 mk/90pv)

Saloniemen tutkimuksessa 1980:

1. 55.3 % lehmistä terveitä
2. 8.2 % bakteereita utareissa
3. 18.9 % soluluku kohonnut
4. 17.6 % akuutti ut

ryhmät 2,3 ja 4 diagnosoitiin sairaksi. Taloudellista tappiota aiheuttavien ryhmien 3 ja 4 osuus sairaista oli 0.42 ja 0.39.

Yhden sairaaksi todetun aiheuttama taloudellinen menetys:

$$0.42 * 760 + 0.39 * 2054 = 1120 \text{ mk} \quad (896 \text{ mk})$$

Saloniemi jakoi lehmäaineiston utaremuodon perusteella ja havaitsi utaretulehduksen lisääntyvän 21.3 %, kun utaremuoto muuttui laakautareesta palloutareeksi. Utareen korkeuden vaikutukseksi hän arvioi 12 %-yksikköä/ 5 cm.

Muutoksen aiheuttama lisäkustannus:

$$0.21 * 1120 \text{ mk} = 235 \text{ mk} \quad (188 \text{ mk})$$

SKJY:n rakennearvosteluohjeiden mukaan utaremuodon vaihtuminen laakautareesta palloutareeksi merkitsee yhtä pistettä utareen rakennearvostelussa. Tämän edelleen huonontuessa pussiutareeksi vähennetään yksi piste.

Yhden rakennepisteen arvoksi saadaan:

diskonttaus 1.45	341 mk	(273 mk)
	-----	
Hajonnanyksikön arvo sonnien jälkeläisarvostelussa	40 mk	(32 mk)

Jos 5 cm utarekorkeutta merkitsee 12 %-yksikön lisäystä utaretulehdusfrknessissä (26 %), niin yhtä senttimetriä kohti utaretulehdus yleistyy 5.2 %.

$0.052 * 1120 \text{ mk}$

diskonttaus 1.45	84.00 mk	(68 mk)
Hajonnan yksikkö	258 mk	(206 mk)

Laskennassa on oletettu subkliinisen ut:n olevan jatkuva. Mikäli CMT>3 saadaan laskemaan normaalitasolle 90 pv:n sisällä, laskevat tappiot (arvot suluisissa) n. 28 %.

## SARJASSA ILMESTYNYT VUODESTA 1980 LÄHTIEN:

40. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1980. Lihakarjakokeiden tuloksia IV. 29 s.
41. JALOSTUSPÄIVÄ 9.4.1980. 43 s.
42. LAMMASPÄIVÄ 24.4.1980. 33 s.
43. SIRKKOMAA, S., 1980. Simulointitutkimus sukusiitoksen ja voimakkaan valinnan käytöstä munijakanojen jalostuksessa. Pro gradu-työ, 90 s.
44. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1980. Eri rotuisten lihanautojen elopainot ja iät 160, 180, 210 ja 250 kilon teuraspainossa. 13 s.
45. MAIJALA, K., 1981. Kotieläinten perinnöllisen muuntelun säilyttäminen. 52 s.
46. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1981. Lihakarjakokeet vuosina 1960—1980. 30 s.
47. JÄLKEÄISARVOSTELUSEMINAARI 12.5.1981. 44 s.
48. MAIJALA, K., 1981. Jalostus ja lisääntyminen vaikuttavina tekijöinä lihanaudan tuotannossa. 20 s.
49. SYRJÄLÄ-QVIST, LIISA, BOMAN, MARJATTA & MOISIO, S., 1981. Lammastalouden rakenne ja merkitys elinkeinona Suomessa, 25 s.
50. LEUKKUNEN, ANU, 1982. Keinosiemennyskarjujen jälkeläisarvostelu tyttären porsimistulosten perusteella. Licensiaattityö, 88 s.
51. LAURILA, TERHI, 1982. Kilpailutulosten käyttö ratsuhevosten suorituskyvyn mittaamisessa. Pro gradu-työ, 84 s.
52. LINDSTRÖM, U., 1982. Merkkigeenien ja -aineiden käyttöarvosta kotieläinjalostuksessa, 13 s.
53. LEUKKUNEN, ANU, 1982. Heikkolaatuisen rehun hyväksikäytön geneettinen edistäminen, 24 s.
54. OJALA, M., 1982. Eri kudoslajien kasvurytmi naudoilla, 22 s.
55. OJALA, M., 1982. Vanhempien tuotantotietojen ja eräiden ympäristötekijöiden yhteys sonnien kasvukoetuloksiin. Laudaturtyö, 54 s.
56. OJALA, M., 1982. Kilpailutulosten käyttöarvosta ravihevosten jalostuksessa. Licensiaattityö, 16 s.
57. KENTTÄMIES, HILKKA, 1982. Naudanlihantuotantoon vaikuttavista geneettisistä tekijöistä ja ympäristötekijöistä sekä kasvun mittaamisesta kentäkokeissa. 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, MINNA-LIISA, 1983. Hevosen keinosiemennys tuore- ja pakastespermalla. Pro gradu-työ, 63 s.
61. MARKKULA, MERJA, 1984. Kanojen yleiseen sairaudenvastustuskykyyn liittyviä tekijöitä, 24 s.

62. MÄNTYSAARI, E., 1984. Valintaindeksi jälkeläisarvosteltujen keinosiemennysson-  
nien kokonaisjalostusarvon kuvaajana. Pro gradu-työ, 86 s.

**ISBN 951-45-3226-0**

**ISSN 0356-1429**

Helsingin yliopiston monistuspalvelu  
Painatusjaos Helsinki 1984