

REHUHYÖTYSUHTEET
MÄREHTIJÖIDEN MAIDON-
JA LIHANTUOTANNOSSA

LIISA SYRJÄLÄ

HELSINGIN YLIOPISTO

KOTIELÄINTIETEEN LAITOS

Vantaa 1977

Kotieläinjalostuslaitos, Maatalouden tutkimuskeskus,
Tikkurila

Kotieläinten jalostustieteen laitos,
Helsingin Yliopisto, Viikki

KOTIELÄINJALOSTUKSEN TIEDOTE NRO 17

Esitelmät Suomen Maataloustieteellisen Seuran kokouksessa
26.1.1977

- a) Liisa Syrjälä: Rehuhyötysuhteet märehtijöiden maidontuotannossa
- b) Tuomo Kiiskinen: Ruokinnan ja ympäristötekijöiden vaikutuksesta rehuhyötysuhteeseen yksimahaisilla kotieläimillä
- c) Kalle Maijala: Rehuhyötysuhteen käsite ja merkitys sekä yhteydet tuotantokykyyn
- d) Reima Kangasniemi: Rehuhyötysuhde slanihan tuotannossa jalostuksen näkökulmasta

REHUHYÖTYSUHTEET MÄREHTIJÖIDEN MAIDON- JA LIHANTUOTANNOSSA

Liisa Syrjälä
Helsingin yliopisto,
Kotieläintieteen laitos

Eläimelle annettu rehu joutuu elimistössä monenlaisten muokkausten ja käsittelyjen kohteeksi ennenkuin päästään ihmiselle käyttökelpoiseen tuotteeseen, maitoon ja lihaan jne (kuvio 1). Kaikki nämä prosessit, ovatpa ne sitten mekaanisia, kemiallisia tai mikrobiologisia hajoitus- tai syntetisointitapahtumia, aiheuttavat rehujen sisältämässä energiassa, vaikuaisessa ym. ravinteissa tappioita tai menetyksiä, joiden suuruus ja iimenemismuoto vaihtelevat. Mitattaessa rehun muuntumistehokkuutta eläintuotteeksi tai ihmiselle käyttökelpoiseksi eli syötäväksi eläintuotteeksi käytetään termiä hyötysuhde.

Elimistön ylläpitoon tarvittava toiminta, ruoansulatus ja kaikki aineenvaihdunnalliset tapahtumat kuluttavat energiaa. Näissä toiminnoissa vapautunut energia ilmenee lämpönä. Tämän lämpöenergian osuus esim. runsastuottoisella lypsylehmällä on noin 35 % rehuannoksen sisältämästä bruttoenergiasta.

Märehtijöillä muodostuu erityisen suureksi kaasujen mukana poistuva energia. Pötsikäymisen yhteydessä muodostuu lehmällä 1 000-2 000 litraa kaasuja. Metaanin osuus näistä kaasuista on suuri, keskimäärin 400 litraa, mikä vastaa noin 4 000 kilokaloria eli kahden ohrakilon nettoenergiaa. Tämä energia on eläimelle käyttökelvottomassa muodossa,

siinä metaani poistuu suurimmaksi osaksi röyhtäisyn mukana. Kun tähän lisätään vielä muiden suolistokaasujen osuus, noin 1 000 kcal, on kaasujen mukana hukkaantuvan energian osuus noin 8 % lypsylehmän rehuannoksen bruttoenergiasta.

Rehun sulamattoman osan energiasisältö on 25 % ja virtsan 3 % rehuannoksen bruttoenergiasta. Maidon energiaosuudeksi jää näinollen esimerkkitapauksessa 29 % rehun bruttoenergiasta, mikä siis ilmoittaa energiahyötysuhteen maidontuotannossa.

Rehuenergian käsitteitä

Kun rehun kokonaisenergiasta vähennetään sonnan, pötsi- ja suolistokaasujen sekä virtsan energia, jää jäljelle muuntokelpoinen energia (kuviot 2). Tämän osan kokonaisenergiasta eläinruumis voi muuntaa omiin tarpeisiinsa, kuten lämmön tai voiman muodostukseen tai eläintuotteiksi. Tämäkään muuntuminen ei tapahdu ilman tappioita. Energiaa hukkaantuu vielä ruoansulatustapahtumien eri vaiheissa. Kun muuntokelpoisesta energiasta vähennetään tämä ns. muuntumistappio, jää jäljelle nettoenergia, jonka eläinruumis voi käyttää vähentämättömänä ylläpitoonsa ja erilaisiin tuotantoihinsa. Nettoenergia ilmaisee siis suoraan rehun tuotantovaikutuksen. Märehtijöiden energiatarpeen sekä rehujen energia-arvon mittana käytetään meillä rehuyksikköä, joka perustuu nettoenergiaan. Rehuyksikkö vastaa yhden ohra-kilon tuotantovaikutusta. Tämä tuotantovaikutus vaihtelee kuitenkin eri eläinlajeilla sekä myös samalla eläinlajilla eri tuotantomuodoissa. Kotieläinten, varsinkin yksimahaisten eläinten rehujen energia-arvon mittana käytetään usein megakaloria, joka perustuu muuntokelpoiseen energiaan.

Rehuyksikön ja megakalorin välinen suhde ei ole samalla eläinlajillakaan erilaisten rehujen kohdalla samanlainen. Tämä johtuu siitä, että muuntumistappio on eri rehuilla erilainen. Tämä suhde riippuu lähinnä rehujen kuitupitoisuudesta. Mitä kuitupitoisempaa jokin rehu on, sitä enemmän se vaatii ruoansulatustyötä, mikä lisää muuntumistappioiden suhteellista osuutta. Märehtijöillä on tavallisimpien rehujen sisältämän nettoenergian ja muuntokelpoisen energian eli siis ry:n ja Mcal välinen suhde seuraava:

Heinä	1 ry	= 3.7 Mcal
Säilörehu	"	= 3.2 "
Ohra	"	= 2.8 "

Esimerkkinä olevalla lehmällä (kuvio 1) rehuannoksen kokonaisenergian hyötysuhde oli 29 %. Saman rehuannoksen muuntokelpoisen energian hyötysuhde on noin 45 % ja nettoenergian hyötysuhde noin 74 %.

Tämä esitetty hyötysuhde osoittaa tilanteen rehun käytöstä vain tässä erikoistapauksessa eli lehmällä, jonka päivittäinen maitotuotos on suhteellisen korkea, lähellä 30 kiloa, sekä ruokinta kaikin puolin normien mukainen ja tasapainoinen. Se saattaa näin ollen antaa liian edullisen kuvan energiahyötysuhteesta verrattuna tilanteeseen, jolloin otetaan huomioon esim. koko laktatio-kausi.

Rehuhyötysuhteeseen vaikuttavia tekijöitä

Rehuhyötysuhteeseen vaikuttavat hyvin monet tekijät, jotka riippuvat paitsi eläinaineksesta itsestään myös ruokinnallisista, holdollisista ja ympäristöllisistä olosuhteista. Miten tehokkaasti eläin muuntaa rehujensa sisältämän energian, valkuaisen jne. ihmiselle käyttökelpoiseksi tuotteeksi riippuu siis eläinlajista, rodusta ja jopa yksilöllisistä ominaisuuksista. Eläimellä on rehujensa ravinteiden hyväksikäytössä perinnöllinen kykynsä, jota tietysti, mekanismeiltaan osin vielä tuntemattomat biokemialli-

set ja hormonaaliset tekijät ohjaavat. Tätä kykyä tulisi ruokinnallisin ja yleensä ympäristöllisin keinoin käyttää hyväksi. Täällöin tulisi kuitenkin lähteä siitä tehokkuusasteesta, joka on sovellettavissa käytännön suomiin mahdollisuuksiin.

Rehuhyötysuhteeseen voidaan vaikuttaa tietysti ruokinnallisin toimenpitein. Näistä ovat tärkeimpiä rehuannoksen koostumus, määrä ja laatu, ruokintakertojen lukumäärä, eläinten terveys jne. Tässä yhteydessä ei ole mahdollisuutta lähemmin selvittää, miten nämä tekijät vaikuttavat esim. pörsin käymistäpahtumiin, rehun sulavuuteen ja ravintelden pidätyymiseen ja siis edelleen rehun hyväksikäyttöön.

Haluan kuitenkin, ennenkuin lähden tarkemmin selvittämään rehuhyötysuhdetta maidontuotannossa, tuoda eräänä yksityiskohtana esiin sen miten tasapainoinen ruokinta eli tässä tapauksessa rehuannoksen oikea väkirehu/korsirehu-suhde vaikuttaa maidontuotantoa määrääviin tekijöihin ja edelleen rehun hyväksikäyttöön maidontuotannossa. Tämä esimerkki on samalla osoitus siitä, miten keskeisessä asemassa pötsi toimintoineen on märehittäjien ravitsemusfysiologiassa.

Edullisin väkirehu/korsirehusuhde lypsylehmien ruokinnassa on suhdetukujen 40:60 ja 60:40 välistä kuiva-aineen pohjalta laskettuna (kuvio 3). Jos korsirehun osuus runsastuottoisen lypsylehmän rehuannoksessa on yli 60 % ja väkirehun osuus vastaavasti vähemmän kuin 40 %, täyttävyyttä tulee syöntiä rajoittavaksi tekijäksi. Tästä taas on seurauksena, että eiäin ei saa riittävästi energiaa ja maidontuotanto ja energian hyväksikäyttö atenevat. Jos taas väkirehun osuus on yli 60 %, syöntiä rajoittavaksi tekijäksi tulee pötsikäymisen lopputuotteet. Väkirehu hajoaa pötsissä nopeammin kuin karkearehu, jolloin käymisen lopputuotteina muodostuneita happoja kerääntyy pötsiin suuria määriä. Varsinkin propionihapon muodostus on täällöin voimakasta. Rasvahappojen liian runsas esiintyminen pötsissä vähentää eiäimen ruokahalua. Täällöin myös rehun

hyväksikäyttö alenee. Eläin saa näin ollen liian vähän energiaa, mikä johtaa maidontuotannon alenemiseen. Myös maidon rasvapitoisuus alenee. Nämä tekijät yhdessä aiheuttavat sen, että rehuhyötysuhde alenee.

Rehuhyötysuhde maidontuotannossa

Energiahyötysuhde

Energiahyötysuhteen arvioiminen

Lypsylehmä tarvitsee energiaa:

- ylläpitoon ($0.12i \times W^{0.75}$ Mcal muuntokelpoista energiaa)
- maidontuotantoon (1,2 Mcal/kg 4 %:ista maitoa)
- sikiönkasvatukseen (250 Mcal) ja kasvuun

Ylläpitotarve määräytyy lehmän painon mukaan. Maidontuotantoon tarvittava ravintomäärä riippuu maidon määrästä ja koostumuksesta, lähinnä sen rasvapitoisuudesta. 1 kg 4 %:ista maitoa sisältää noin 750 kcal, joskin aiempiakin lukuja esitetään (700-720 kcal).

Lypsylehmän rehun hyväksikäyttö voidaan arvioida kahdella tavalla:

- 1) kokonaisrehun eli koko rehuannoksen hyväksikäyttönä;
- 2) maidontuotantoon käytetyn eli tuotantorehun hyväksikäyttönä.

Edellisessä on siis mukana myös ylläpitoon ja sikiönkasvatukseen sekä nuorilla eläimillä lisäksi kasvuun tarvittava rehu. Laskettaessa rehuhyötysuhde koko rehuannokselle eikä yksinomaan tuotantorehulle, vaikuttaa siihen ennen kaikkea maidontuotantotaso ja eläimen koko. Kun seuraavassa lähemmin tarkastellaan rehuhyötysuhdetta maidontuotannossa, otetaan huomioon nämä tekijät. Sen

sijaan ruokinnallisia, hoidollisia ja ympäristötekijöitä ei oteta huomioon vaan oletetaan niiden olevan optimaalisia. Myöskään eläimen ikää sekä yksilöllisiä ja rodullisia vaikutuksia ei tällaisessa laskeimassa ole mahdollista huomioida.

Lähtökohtana hyötysuhteen laskemisessa pidetään meillä käytettyjä energiatarvenormeja. Nettoenergiaa ilmoittavat rehuyksiköt on kuitenkin muutettu muuntokelpoiseksi energiaksi käyttämällä kerrointa $1 \text{ ry} = 3.4 \text{ Mcal}$. Tämä kerroin soveitunee meillä käytetyille suhteellisen korsirehuvaltaisille ruokinnoille. Rehun muuntokelpoisella energialla laskettu hyötysuhde on sen yleisen käytön lisäksi perusteltua myös siitä syystä, että saadut tulokset ovat helpommin verrattavissa yksimahaisilla eläimillä saatuihin tuloksiin. Samoin myös maidon energiapitoisuus varsinkin ihmisen ravitsemuksessa ilmaistaan kaloreina eikä rehuyksiköinä.

Laskuperiaatteen selvittämiseksi otetaan esimerkkitapaukseksi 500 kg painava lehmä, joka tuottaa vuodessa noin 5 000 kg 4 %:istä maitoa. Sen ruokintanormien mukainen ry-tarve vuodessa on 3 360 ry, mikä vastaa 11 424 Mcal. 5 000 kg maitoa antaa 3 750 Mcal, kun maitokilon energiasisältönä pidetään 0.75 Mcal. Maidon katsotaan olevan 100 prosenttisesti ihmiselle käyttökelpoista. Lehmän tuotantoa hyödytetään myös vasikalla. Jos vasikan painoksi oletetaan 40 kg sekä teurasprosentiksi 55 ja teurasruohon syötäväksi kelpaavaksi osaksi 80 %, saadaan syöntikelpoista lihaa 17.6 kg. Ottamalla huomioon tämän lihan vaikeus- ja rasvapitoisuus (19 % ja 3 %) sekä vaikeuisen ja rasvan energiasisältö (5.7 ja 9.5 kcal/g) antaa vasikasta saatu syöntikelpoinen osa 24 Mcal. Jos lehmä tuottaa 0.9 vasikaa vuodessa, voidaan vasikan osuudeksi laskea 22 Mcal.

5 000 kg 4 %:istä maitoa tuottavan 500 kg painavan lehmän muuntokelpoisen energian hyötysuhde maidontuotannossa on edellä esitettyjen olettamusten mukaan seuraava:

Energiatarve 3 360 ry + 11 424 Mcal muuntokelpoista energiaa.

Syötävää energiaa

- maidosta 3 750 Mcal.
- maidosta ja vasikasta 3 772 "

Energiahyötysuhde

- ilman vasikkaa 32.8 % n. 33 %
- vasikka mukaanluettuna 33.0 %

Vasikan osuus energiahyötysuhteessa on vaatimaton.

Rehuannoksen muuntokelpoisesta energiasta lehmä antaa maidontuotannossa siis noin kolmasosan ihmiselle käyttökelpoiseksi energiaksi. Nettoenergialle laskettuna vastaava hyötysuhde on noin 56 %. Jos energiahyötysuhde arvioidaan koko rehuannoksen bruttoenergialla, on se tässä tapauksessa noin 20 %.

Lehmien rehuhyötysuhdetta arvioltaessa on syytä ottaa huomioon myös uudistus ja sen aiheuttama lisäenergian tarve. Karjantarkkailutilastojen mukaan ensimmäinen poikiminen tapahtuu meidän karjoissamme hiehon ollessa keskimäärin lähes 2.2 v:n ikäinen (790 pv). Tähän ikään mennessä se tarvitsee noin 2 750 ry. Jos uudistus on 30 % tulee lehmän ravinnontarpeeseen lisätä noin 825 ry eli 2 805 Mcal muuntokelpoista energiaa.

Tuotannon suuruutta lisää kuitenkin lehmää poistettaessa saadun lihan energiamäärä. 500 kg painavan lehmän teuras-% on tavallisesti 45 eli ruhon paino 225 kg. Syöntikelpoisen osan suuruudeksi voidaan arvioida 83 %, jolloin syötävää lihaa saadaan poistettavasta lehmästä 187 kg. Tanskalaisten tutkimusten mukaan tämän osan proteiinipitoisuus on noin 17 % ja rasvapitoisuus noin 20 %. Syötävälle osalle saadaan tällöin 530 Mcal. Ottamalla huomioon 30 %:n poisto, jää energiamääräksi 159 Mcal lehmää kohti vuodessa.

Käyttämällä edellä esitettyjä maidontuotannossa saatuja arvoja on energiahyötysuhde uudistus mukaanluettuna 500 kg painavalla ja 5 000 kg 4 %:istä maitoa tuottavalla lehmällä 28 % ($11\,424 + 2\,805 = 14\,229$, $3\,772 + 159 = 3\,931$;

$$100 \times \frac{3\,931}{14\,229} = 27.6).$$

Tuotantotason ja lehmän koon vaikutus

Maidontuotantotaso ja lehmän koko vaikuttavat suurella määrällä energiahyötysuhteeseen. Hyötysuhde on sitä parempi, mitä pienempi lehmä tai korkeampi tuotantotaso on kysymyksessä (kuvio 4). 500 kiloa painavalla lehmällä on koko rehuannoksen energiahyötysuhde eri tuotostasolla seuraava:

4 %:sta maitoa kg/v	Energiatyötysuhde %
4 000	29.5
5 000	32.8
6 000	35.5

Tuotostason nousu 1 000 kilolla merkitsee keskimäärin 3 %-yksikön nousua energiahyötysuhteessa ($\frac{3.3 + 2.7}{2}$).

Jos verrataan saman maitomäärän esim. 5 000 kg maitoa/v tuottavia erikokoisia lehmiä keskenään, on hyötysuhde seuraava:

Lehmän elopaino kg	Energiatyötysuhde %
400	35.2
500	32.8
600	31.2

Lehmän elopainon noustessa 100 kilolla alenee rehuhyötysuhde keskimäärin 2 %-yksiköllä olettaen, että tuotostaso on sama ($\frac{2.4 + 1.6}{2}$).

Jotta rehuhyötysuhde olisi eri kokoisilla lehmillä yhtä suuri, esim. 35 %, riittää 400 kg painavalle lehmälle noin 4 300 kilon vuotuinen 4 %:nen maitomäärä. 500-kiloisen lehmän taas on tuotettava maitoa noin 5 000 kg ja 600-kiloisen lehmän vähintään 5 600 kg samaan rehuhyötysuhteeseen päästäkseen. Jokaista 100 elopainokilon nousua kohti tarvitaan siis keskimäärin 700 kilon tuotoksen lisäys, jotta energiahyötysuhde pysyisi samana.

Tälläiset erot hyötysuhteessa johtuvat ennen kaikkea siitä, että alemmalla tuotantotasolla ja isommalla lehmällä on ylläpitoenergian osuus kokonaisenergian tarpeesta suhteellisesti suurempi kuin korkeammilla tuotostasolla ja pienemmillä lehmillä. 500 kg painavalla lehmällä on ylläpitoenergian osuus kokonaisravinnontarpeesta 4 000 kilon tuotostasolla 46 %, 5 000 kilon tasolla 41 % ja 6 000 kilon tasolla 37 %. Samalla maidontuotantotasolla, esim. 5 000 kg/v, on 400, 500 ja 600 kiloa painavilla lehmillä ylläpitorehun osuudet kokonaisravinnontarpeesta 37 %, 41 % ja 44 %.

Toinen tapa arvioida lypsylehmän rehun hyväksikäyttöä on keskittyä yksinomaan maidontuotantorehuun, jolloin eliminoituu eläimen koon ja tuotostason aiheuttamat erot. Kun 4 %:sta maitokiloa kohti tarvitaan 0.37 ry eli 1.2 Mcal ja tämän maidon energiasisältö on 750 kcal/kg, saadaan pelkän maidontuotantorehun muuntokelpoisen energian hyötysuhteeksi 63 %.

Ruokinnan voimakkuuden vaikutus

Edellä esitytyssä rehuhyötysuhteen tarkastelussa on ruokinnan oletettu olevan ravinnontarvetta vastaavan. Ruokinnan voimakkuusasteella eli yli- tai aliruokinnalla on kuitenkin selvä vaikutus rehuhyötysuhteeseen.

Kun ruokinnan voimakkuuden vaikutusta rehuhyötysuhteeseen verrataan, on tärkeää, että koe kestää tarpeeksi kauan, vähintään koko laktatiokauden, mutta mieluummin useampia laktatiokausia. Tämä siksi, että eläimen painon muutos voidaan tällöin ottaa huomioon. Kun lehmä on tarpeeseensa nähden aliruokinnalla, kuten yleensä tapahtuu myös laktatiokauden huipulla, jolloin se ei yksinkertaisesti pysty syömään riittävästi, se laihtuu eli käyttää kudosvarastoja maidontuotantoon (kuvio 5). Alhaisemmalla tuotostasolla

se taas täydentää näitä varastojaan. Kun aikaisemmin kerättyjä ruumiin kudostasvoja käytetään rehun energian ohella maidontuotantoon, muodostuu rehuhyötysuhde todellisuutta paremmaksi. Kun eläin maidontuotannon ohella taas lihoon, on rehuhyötysuhde tällöin liian alhainen. Koko lypsykauden huomioonottaminen kompensoi nämä virhemahdollisuudet. Yksilöllisistä ominaisuuksista riippuen lehmä kykenee lypsykauden alussa tuottamaan huomattaviakin maitomääriä ruumiinsa kudostasvoilla. On osoitettu, että lyhyen ajan eräät lehmät voivat tuottaa enemmän kuin 50 % maitomäärästään lihoistaan lypsämällä.

Ruokinnan voimakkuusasteen vaikutus rehuhyötysuhteeseen maidontuotannossa tulee hyvin esiin ruotsalaisissa tutkimuksissa, jossa verrattiin kolmea erilaista ruokintatasoa:

- Alhainen, maidontuotantorehun määrä 75 % suositeltavista normeista eli 0.9 Mcal/kg 4 %:sta maitoa.
- Standardi, normien mukainen eli 1.2 Mcal/kg maitoa.
- Korkea, 125 % normeista eli 1.5 Mcal/kg maitoa.

Ylläpitoon tarvittava energia oli kaikissa ryhmissä sama eli 0.135 Mcal/ep. kg^{0.75}. Koe kesti 3 laktatiokautta. Ensimmäisellä laktatiokaudella oli kaikilla ryhmillä sama normien mukainen ruokinta, jolla varmistettiin, että lähtökohta ennen kaikkea eläimen painon suhteen oli sama eri koedieeteille siirryttäessä. Koko rehuannoksen sisältämän muuntokelpoisen energian hyötysuhde ruokinnan eri voimakkuusasteille oli 40 ensimmäisenä laktatiiovaiheena seuraava:

Alhainen	40.1 %
Standardi	37.6 %
Korkea	34.3 %

Alhaisella ruokintatasolla ollessaan eläimet laihtuivat kahden laktatiokauden aikana yhteensä 18 kg ja korkealla ruokintatasolla lihoivat vastaavasti 26 kg. Nämä

painonmuutokset eivät kuitenkaan riitä selittämään rehuhyötysuhteessa olevia eroja. Kun painonmuutokset huomioitiin maidontuotannon ohella, oli tuotantorehun muuntokelpoisen energian hyötysuhde eri ruokintatasoilla seuraava:

Alhainen	78.7 %
Standardi	64.0 %
Korkea	58.8 %

Ruokinnan voimakkuuden vaikutusta energiahyötysuhteeseen esittää kuvio 6. Koko rehuannoksen muuntokelpoisen energian hyötysuhde on korkeimmillaan tämän mukaan silloin, kun maidontuotantorehun määrä on noin 80-85 % normien mukaisesta määrästä. Tuotantorehun lisääntyessä koko rehuannoksen energiahyötysuhde alenee.

Proteiinihyötysuhde

Proteiinihyötysuhteen arvioiminen

Valkuushyötysuhde maidontuotannossa voidaan arvioida saman periaatteen mukaan kuin energiahyötysuhdekin. Lähtökohdaksi pidetään rehuannoksen sisältämää sulavaa raakavalkuaista (srv). Kun srv-tarvenormit on laadittu on ne tarkoitettu normaalille ja tasapainoiselle rehu-yhdistelmälle. Siinä ei siis ole otettu huomioon esim. rehuvalkuaisen laadussa esiintyviä vaihteluita, jotka vaikuttavat hyväksikäyttöön.

Vaikka märehtijän vaatimukset rehuvalkuaisen laadun suhteen ovatkin toista luokkaa kuin yksimahaisilla eläimillä, vaikuttaa raakavalkuaisen liukoisuus sen hyväksikäyttöön (kuvio 7). Jos valkuainen on kovin helppoliukoisessa muodossa, on ammoniakki muodostus pötsissä nopeaa, mikä saattaa johtaa typen lisääntyvään hukkaan virtsan mukana ja seurauksena on valkuaisen hyväksikäytön aleneminen. Kovin vaikealiukoinen raakavalkuainen

taas on huonosti sulavaa. Valkuaisen hyväksikäyttöä märehittäjillä voidaan tehostaa saattamalla se sopivan liukoiseen muotoon. Tätä liukoisuutta voidaan vähentää joko kuumentamalla tai käsittelmällä valkuaista eräillä kemikaaleilla, kuten formaldehydillä tai tannineilla. Täällin on kysymyksessä valkuaisen suojaaminen pötsimikrobien hajoitukselta ja siirtäminen pötsin ohj. juoksuusmahassa ja suolessa tapahtuvaksi. Näin tasoitetaan pötsin ammoniakkipitoisuutta, mikä parantaa valkuaisen hyväksikäyttöä.

Pötsissä nopeasti hajoavien rehun tyyppisten aineiden hyväksikäyttöä voidaan tehostaa myös varmistamalla eläimen samanaikainen helppoliukoisten hiilihydraattien, lähinnä sokereiden saanti (kuvio 8). Nämä hiilihydraatit aktivoivat pötsimikrobien toimintaa, mistä on seurauksena ammoniakkin tehostunut käyttö solusynteesiin, jolloin sen hukkaantuminen vähenee. Urearuokinnan ja huonolaatuisen säilörehun, jossa on liukoisen tyyppien osuus suuri, runsaan käytön yhteydessä annetut sokeri- ja tärkkelyslisäykset parantavat näiden rehujen tyyppisten aineiden hyväksikäyttöä täysikasvuisilla märehittäjillä.

Edellä mainitut valkuaisen hyväksikäytön tehostamista koskevat tutkimukset ovat myös meillä olleet ja tulevat edelleen olemaan korostetusti esillä.

Meillä käytettyjen normien mukaan 500 kg painava lehmä, joka tuottaa 5 000 kg 4 %:sta maitoa vuodessa, tarvitsee yhteensä 420 kg srv/v. Kilo 4 %:sta maitoa sisältää 34 g valkuaista, joka on kokonaisuudessaan syöntikelpoista. 40 kg painavasta vasikasta saadaan 3.3 kg syöntikelpoista valkuaista. Vasikkatuotannon ollessa 0.9 kpi/vuosi, tulee vasikan osuudeksi 3.0 kg valkuaista. Edellä esitettyjen lukujen perusteella on koko rehuannoksen sisältämän sulavan raakavalkuaisen hyötysuhde ilman vasikkaa 40 % ja vasikka mukaanluettuna 41 %.

srv-tarve	420 kg
Syötävää valkuaista	
- maidosta	170 kg
- maidosta ja vasikasta	173 kg

Valkuaishyötysuhde

- ilman vasikkaa 40.5 % n. 40 %
- vasikka mukaanluettuna 41.2 % n. 41 %

Pelkässä maidontuotantorehussa on srv:n hyväksikäyttö noin 60 % ($= 100 \times \frac{34}{57}$). Jos rehuvalkuaisen sulavuudeksi oletetaan 75 %, on koko rehuannoksen raakavalkuaisen hyötysuhde 30 %.

Jos valkuaisen hyötysuhdetta laskettaessa otetaan huomioon myös uudistus, on tarvepuolelle lisättävä 30 % hiehon valkuaisstarpeesta ja tuotantopuolelle 30 % poistetun lehmän lihasta saadusta syöntikelpoisesta valkuaisesta. Hieho tarvitsee ensimmäiseen poikimiseensa saakka yhteensä noin 413.8 kg srv ja tämän jälkeen vielä kasvua varten 25.2 kg srv eli yhteensä 340 kg srv. Uudistukseen tarvittava lisävalkuainen on näinollen 102 kg srv. Poistettava lehmä antaa syöntikelpoista valkuaista noin 31.8 kg ($\frac{17}{100} \times 187$), josta 30 % on 9.5 kg. Ottamalla huomioon myös maidontuotannossa saadut arvot, on proteiinihyötysuhde uudistus mukaanluettuna 500 kg painavalla ja 5 000 kg 4 %:sta maitoa tuottavalla lehmällä 35 % ($420 + 102 = 522$, $173 + 9.5 = 182.5$, $100 \times \frac{182.5}{522} = 35.0$). Valkuaishyötysuhde on siis 5 %-yksikköä alhaisempi, jos uudistus otetaan huomioon.

Tuotantotason, eläimen koon ja ruokinnan voimakkuuden vaikutus

Tuotantotason, eläimen koon ja ruokinnan voimakkuuden vaikutukset valkuaisen hyväksikäyttöön ovat samansuuntaiset kuin energiankin kohdalla (kuvio 9). Jokaisesta 1 000 maitokiloa kohti, jolla perinnöllistä tuotantokykyä muutetaan, muuttuu valkuaishyötysuhde keskimäärin yli 2 %-yksikköä (3 - 2 %-yksikköä). Jokainen 100 elopainokilon muutos muuttaa valkuaishyötysuhdetta keskimäärin yli 1 %-yksikköä (2 - 1 %-yksikköä).

Naudanlihantuotanto

Missään muussa kotieläintuotannon muodossa ei ole niin lukuisia vaihtoehtoja kuin naudanlihantuotannossa. Naudanlihan tuotantomuoto ja siinä käytetty ruokintamalli määräytyy suureksi osaksi sen mukaan, mikä painotavoite eläimelle asetetaan silloin, kun se teurastetaan sekä missä ajassa tämä painotavoite on tarkoitus saavuttaa. Ruokintamallista riippumatta pyritään kuitenkin tiettyyn teuraskypsyyteen eli tiettyyn ruhon rasvaisuuteen. Tyydyttävä luokittelu ja lihan laatu edellyttävät noin 12-14 % ruhon rasvapitoisuutta.

Ruokinnallisia vaihtoja naudanlihantuotannossa on monia: runsaaseen väkirehun käyttöön perustuva intensiivinen ruokinta tai karkearehuvaltainen ekstensiivinen ruokinta sekä monet muunneimat näiden väliltä. Kun näihin ruokinnallisiin vaihtoehtoihin tulee lisää vielä eläinmateriaalin mukanaan tuomat vaihtelut, sellaiset joita aiheuttavat härät ja sonnit, hiehot ja hieholehmät, liharodut ja yhdistelmärodut ja niiden monet risteytykset sekä edelleen se, harjoitetaanko naudanlihantuotantoa maidontuotannon ohella vai yksinomaan lihantuotantona, on rehuhyötysuhteen kuvaaminen naudanlihantuotannossa melkoista arviokauppaa. Tämän johdosta ne luvut, joita yleensä esitetään, antavat vain osoituksen siitä, millaisissa suuruusluokissa rehuhyötysuhde naudanlihantuotannossa liikkuu.

Energiahyötysuhde

Naudanlihantuotannon energiahyötysuhdetta koskevat arviot ja tutkimukset ovat antaneet melko vaihtelevia tuloksia. Tämä johtuu paitsi siitä, että tässä tuotantomuodossa, kuten edellä jo tuli esille, niin monia mahdollisuuksia, myös siitä, että ruhon rasvoittuminen on ollut eri tapauksissa hyvin erilainen. Usein ei ruhon koostumusta ole ollut mahdollisuutta edes lähemmin selvittää. Muuntokel-

poisen energian hyötysuhteeksi on eri tutkimuksissa saatu lukuja, jotka vaihtelevat 5-10 % silloin, kun on kysymyksessä nuori nauta, joka on kasvatettu noin 400-450 kiilon eiopainoon saakka. Rehukulutus on tällöin ollut keskimäärin 5-6 ry/lisäkasvukilo. Jos eläin on teurastettu aikaisemmin eli eiopainon ollessa noin 135 kg, on vastaava energiahyötysuhde ollut 10-15 %. Rehukulutus on tällöin ollut 2-3 ry/lisäkasvukilo. Näitä lukuja laskehtaessa ei ole otettu huomioon emän osuutta, vaan on oletettu, että vasikat on saatu maidontuotannon ohella. Kun naudanlihantuotanto on ainoana tuotantomuotona, on tällöin emän osuus myös huomioitava. Itseuudistuvassa naudanlihantuotannossa emän osuus kuuiuu tällöin automaattisesti mukaan. Tarkkoja lukuja pelkässä naudanlihan tuotantomuodossa rehuhyötysuhteelle on harvoin esitetty. Ne ovat yleensä olleet noin 5 %:n luokkaa, vain harvoissa tapauksissa enemmän.

Proteiinihyötysuhde

Valkuaisen hyötysuhteelle voidaan päinvastoin kuin energiahyötysuhteelle, esittää jonkin verran tarkempia lukuja. Tämä johtuu osaltaan siitä, että teurasruhon valkuaispitoisuus on konstantimpi kuin rasvapitoisuus. Se on yleensä melko lähellä 20 %. Syöntikelpoista ja sulavaa valkuaisista on noin 175 g/teuraspainokilo lihanaudalla, jonka teuraspaino on 250-270 kg.

Ruokinnassa tarvitaan keskimäärin 1140 g srv/teuraspainokilo. Valkuaisyhyötysuhteeksi tulee näinollen 15 %. Jos eläin ruokitaan intensiivisemmin ja teurastetaan jo noin 6 kuukauden iässä (120-135 kg painoisena) voi valkuaisen hyötysuhde olla tällöin jopa yli 20 %.

Aikaisemmin on valkuaisyhyötysuhteelle naudanlihantuotannossa esitetty huomattavasti alhaisempia tuloksia. Tämä johtuu siitä, että lihanaudan valkuaisstarvenormit ovat olleet tällöin suurempia, mutta niitä on viime vuosien aikana alennettu.

Lampaanlihan tuotanto

Lampaanlihan tuotannossa jää rehuyötysuhde melko vaatimattomaksi. Tämä johtuu ennen kaikkea siitä, että lammas tarvitsee suhteellisen paljon energiaa ja valkuaista tuotettua lihakiloa kohti. Lampaanlihan tuotannossa on, samoinkuin puhtaassa naudanlihan tuotannossakin, otettava huomioon myös emän osuus. Rehuyötysuhde lampaanlihan tuotannossa onkin yleensä samaa luokkaa kuin itseuudistuvassa naudanlihan tuotannossakin, eli muuntokelpoisella energialla noin 5 % ja sulavalta raakavalkuaisella keskimäärin 8 %. Syntyneiden karitsoiden lukumäärä vaikuttaa kuitenkin rehuyötysuhteeseen.

Loppukommentti

Edellä olen selvittänyt märehäntijöiden tehokkuutta ihmiselle käyttökelpoisen ravinnon tuottamiseen. Tässä selvittelyssä en kuitenkaan ole tuonut esiin sitä, millaisista rehuista sekä laadultaan että hinnaltaan rehuyhdistelmä koostuu. Rehun hintaan en tässä puutu, mutta rehujen laadusta esitän vielä muutamia lukuja, jotka osoittavat, missä määrin eri eläinlajit ja eri tuotantosuunnat kilpailevat ihmisen kanssa samasta ravinnosta. Myös tämä näkökohta tulisi ottaa huomioon silloin, kun kotieläintuotantomme suuntaa ohjataan.

Eri kotieläinten rehuannoksen kokonaisenergiasta kelpaavat seuraavat osuudet sellaisenaan ihmisravinnoksi:

Lypsylehmä (4 000 kg maitoa/v)	5-10 %
" (8 000 ")	15-30 %
Lihanauta	10-20 %
Lihasiika	60-90 %
Lihasiipikarja	60-80 %
Lihavasikka	70-95 %

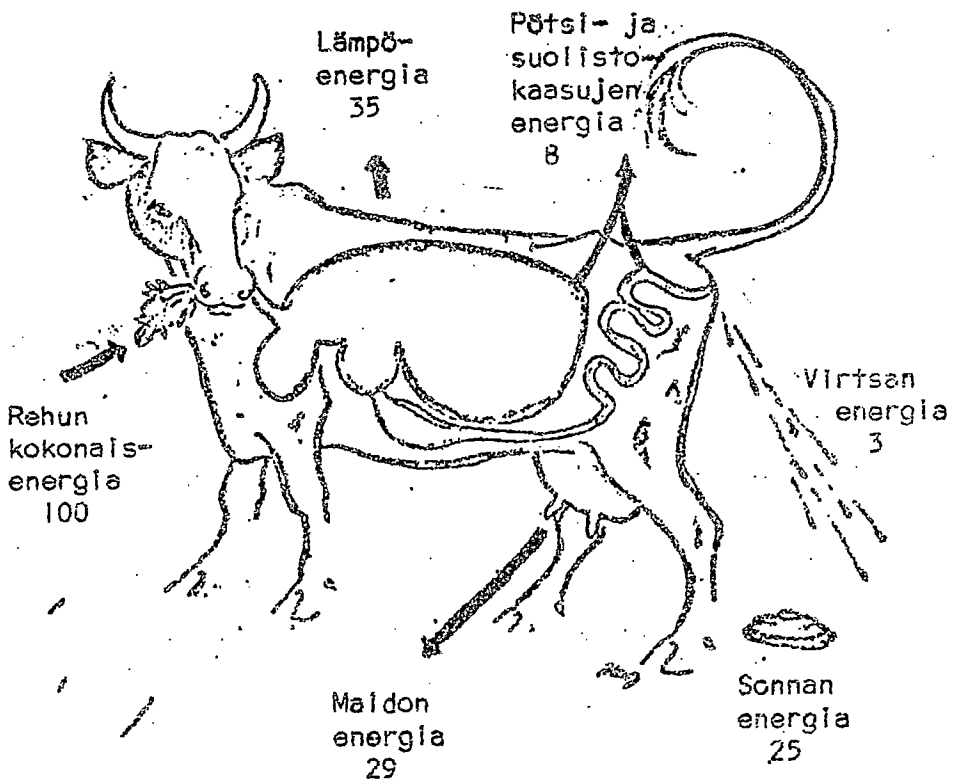
Myös eri eläinlajien eri tuotantomuodoissa tarvittavan rehuvalkuaisen laadussa on eroja. Lypsylehmän tarvitsemasta rehuvalkuaisesta tulee olla noin 25 % suhteellisen

hyvälaatuisista valkuaisväkirehua. Lihamullilla varsinaisen valkuaisväkirehun tarve on vähäisempi, noin 8 % rehuvalkuaisesta. Yksimahaiset eläimet sensijaan tarvitsevat huomattavasti enemmän arvokasta ja konsentroitua valkuaisrehua. Niinpä munantuotannossa on sen osuus yleensä 35-40 % rehuvalkuaisesta. Broilertuotannossa vastaava luku on 65 % ja sianlihantuotannossa 45 %.

KIRJALLISUUTTA

- JONES, J.G.W., 1973. The biological efficiency of protein production. 385 s. Cambridge.
- PETTERSSON, A., 1965. Energiutbytet i animalieproduktionen. *Aktuellt från Lantbrukshögskolan* 64: 1-19.
- & OLSSON, B., 1966. Proteinutbytet i animalieproduktionen. *Sama* 92: 1-15.
- REID, J.T., 1970. The role of ruminants in animal production. *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*. Edited by A.T. Phillipson. 636 s. Newcastle upon Tyne.
- SYRJÄLÄ, Liisa, 1972. Effect of different sucrose, starch and cellulose supplements on the utilization of grass silages by ruminants. *Ann. Agr. Fenn.* 11: 199-276.
- , 1974. Nautakarjan merkitys elintarviketuotannossa. *Maataloushallinnon Aikakauskirja* 3: 4-12.
- , 1975. Live-weight gain, feed intake and wool growth of lambs on different grass silages and sucrose and starch supplements. *Ann. Agr. Fenn.* 14: 338-348.
- , 1976. Lypsylehmät optimiruokinnalle. *Käytännön Maamies* 2: 38-40.
- , 1976. Käymisasteen vaikutus säilörehun valkuaisen hyväksikäyttöön. *Koetoiminta ja Käytäntö* 9: 34.
- & SALONIEMI, H. & LAALAHTI, L. 1976. Composition and volume of the rumen microbiota of sheep fed on grass silage with different sucrose, starch and cellulose supplements. *J. Sci. Agr. Fenn.* 48: 138-153.
- WIKTORSSON, H., 1971. Studies on the effects of different levels of nutrition to dairy cows. *Swedish J. Agr. Res.* 1: 83-103.

Kuvio 1. Rehun kokonaisenergian jakautuminen erillisiin lopputuotteisiin.

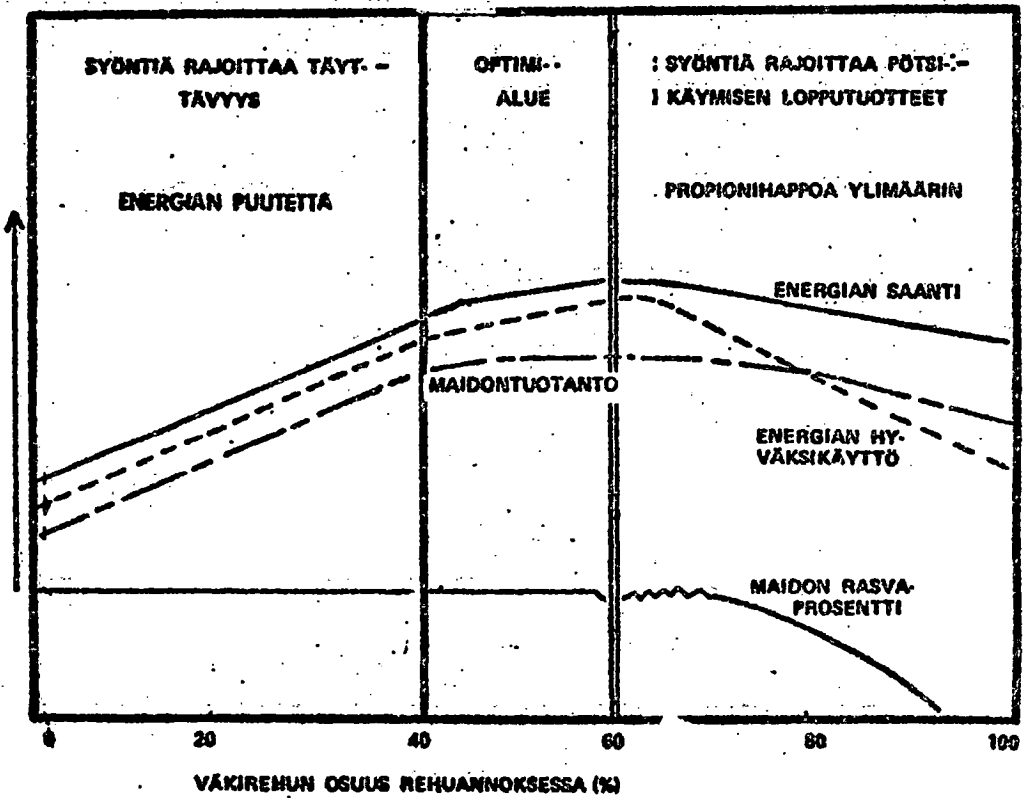


Kuvio 2. Rehuenergian lajit.

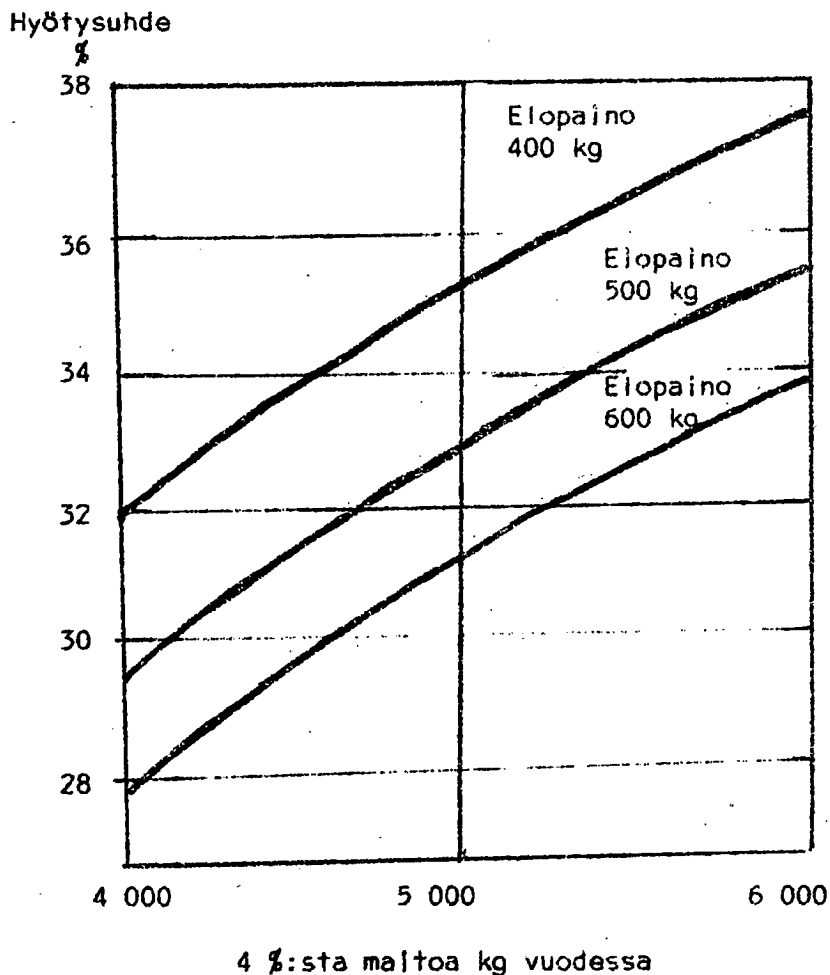
Kokonaisenergia			
Sonnan energia	Sulava energia		
	X)	Muuntokeipoinen energia	
		Muuntumis- tappio	Nettoenergia

X) Virtsan ja kaasujen energia.

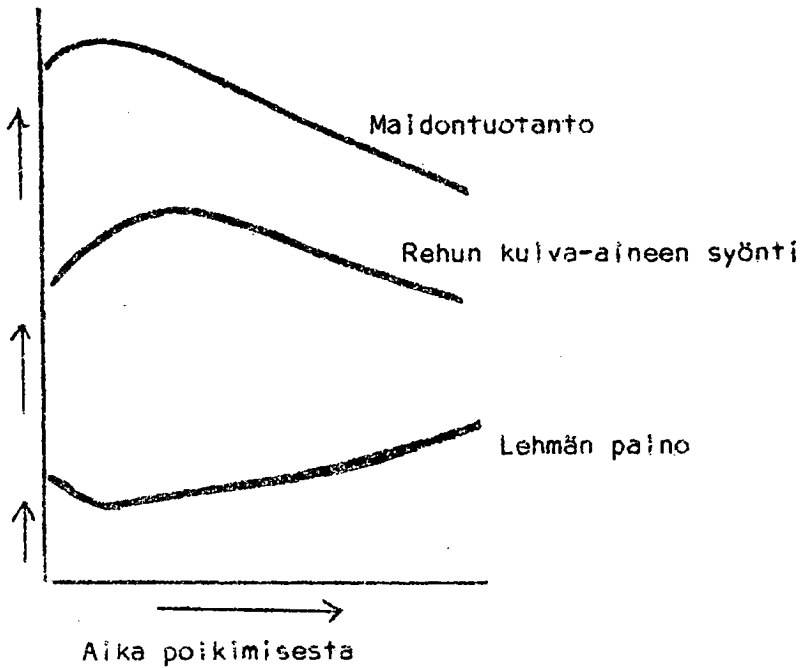
Kuvio 3. Rehuannoksen väkirehu/korsirehu suhteen vaikutus maidontuotantoa määrääviin tekijöihin.



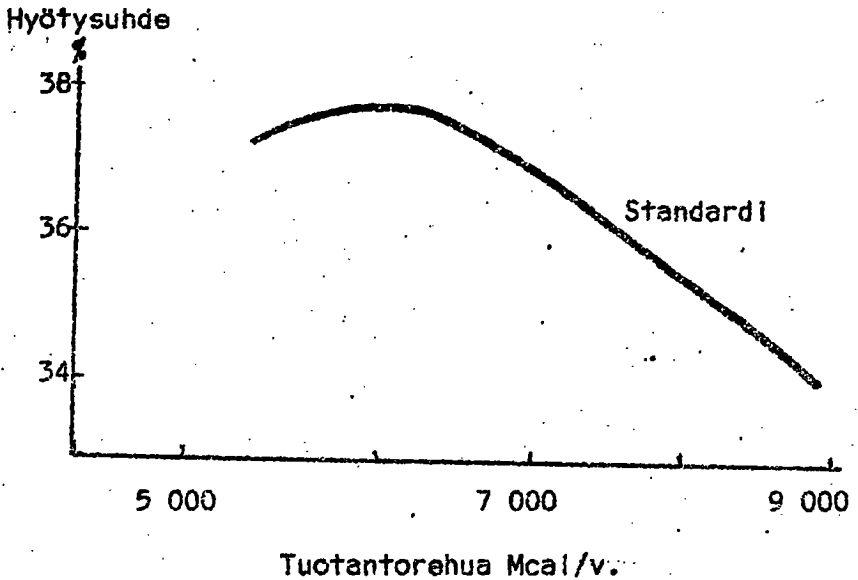
Kuvio 4. Maidontuotantotason ja lehmän koon vaikutus kokonaisrehun energiahyötysuhteeseen ravinnontarvenormien mukaan ruokittaessa. Hyötysuhde on laskettu muuntokelpoiselle energialle.



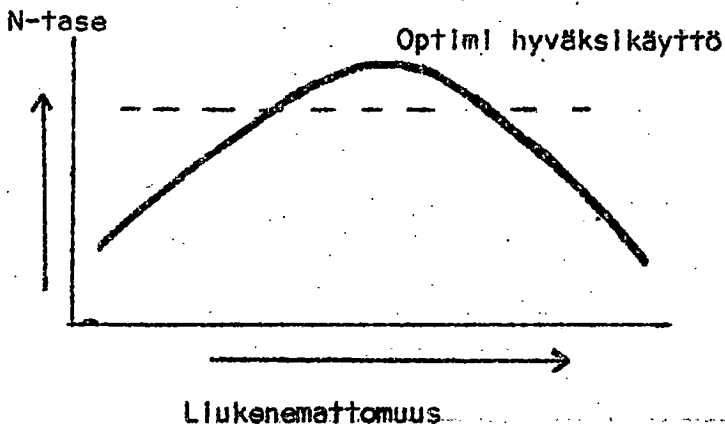
Kuvio 5. Maidontuotanto, rehun kuiva-aineen syönti ja lehmän paino lypsykauden eri vaiheissa.



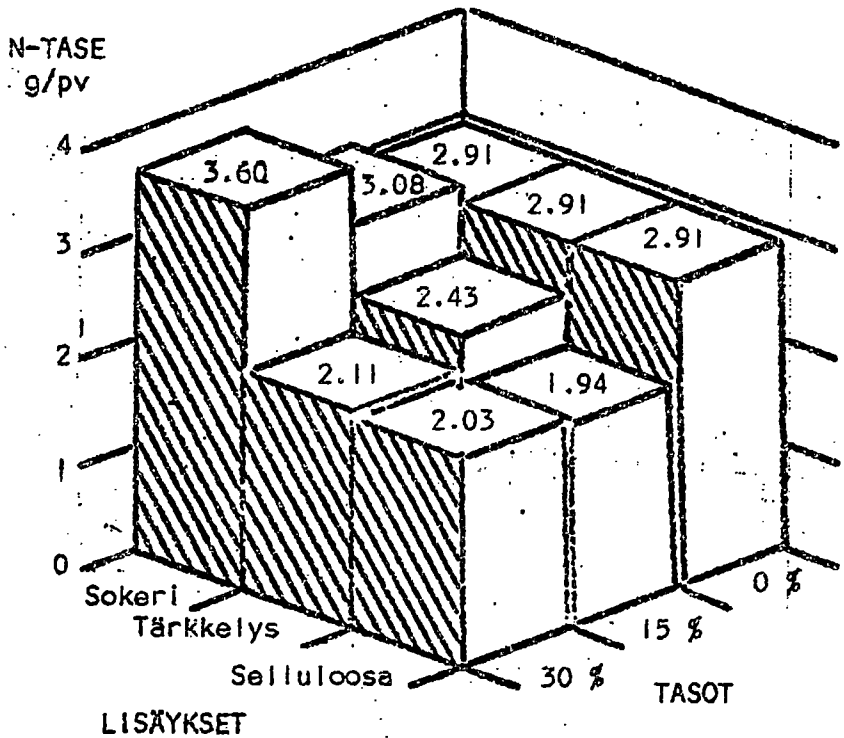
Kuvio 6. Ruokinnan voimakkuusasteen vaikutus koko rehuannoksen muuntokelpoisen energian hyväksikäyttöön 550 kg painavalla lehmällä, joka standardiruokinnalla lypsää 6 000 kg 4 %:sta maitoa vuodessa.



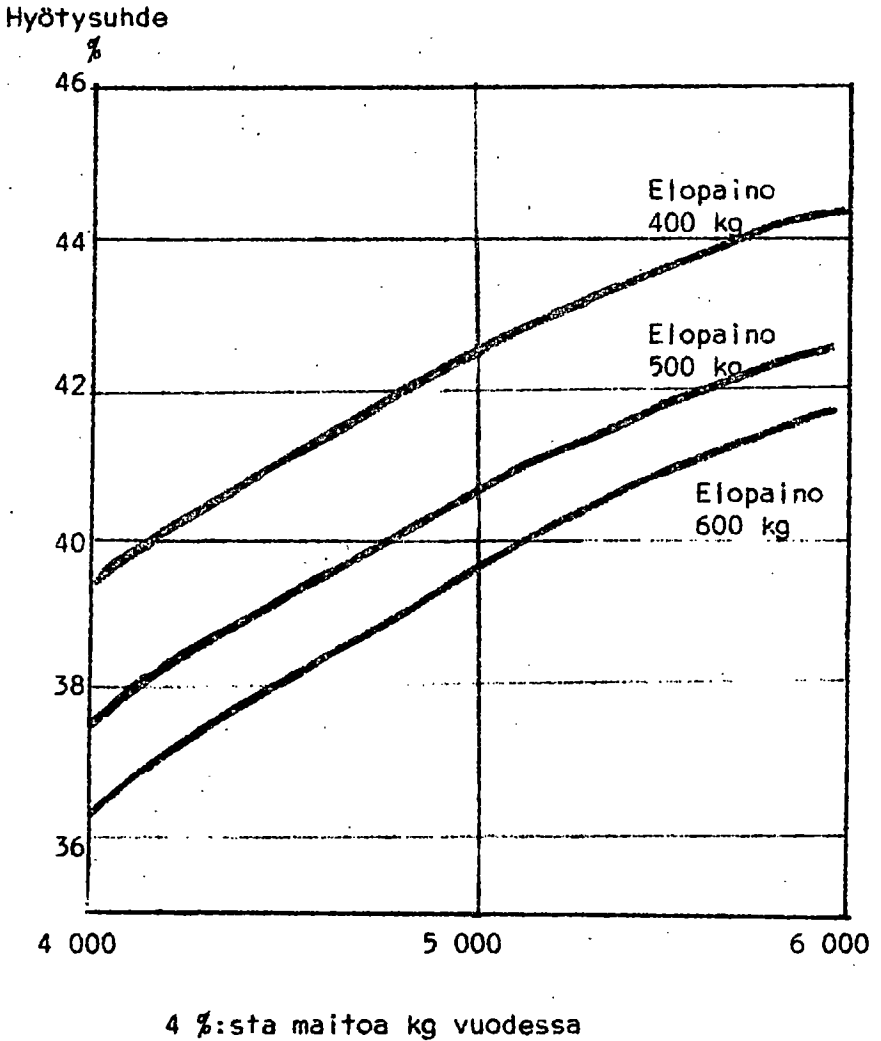
Kuvio 7. Valkuaisen liukoisuuden vaikutus typen hyväksikäyttöön märehäijällä.



Kuvio 8. Erilaisten hiilihydraattiliisien vaikutus tyypitaseeseen säilörehuruokinnalla.



Kuvio 9. Maidontuotantotason ja lehmän koon vaikutus kokonaisrehun valkuaishyötysuhteeseen ravinnontarvenormien mukaan ruokittaessa. Hyötysuhde on laskettu sulavalle raakavaikuaiselle.



KOTIELÄINJALOSTUKSEN TIEDOTE - SARJASSA ILMESTYNYT:

1. UUSITALO, H. 1975. Valintaindeksien rakentaminen kanojen jalostusarvostelua varten. Lisensiaattityö 119 s.
2. RUOHOMÄKI, Hilka. 1975. Nuoren lihanaudan teurasominaisuuksien arvioimisesta. Lisensiaattityö 197 s.
3. MAIJALA, K. 1975. Kotieläinjalostus ja sen tutkimus. Esitelmä maataloustutkimuksen päivillä, 26 s.
4. HELLMAN, T. 1975. Maldon lysotsyymiaktiivisuudesta ja utaretulehduksesta Viikin karjassa. Pro gradu-työ, 77 s.
5. MAIJALA, K. 1975. Pohjoismaiden maataloustuotanto tulevaisuuden resurssitilanteessa. Esitelmä Pohjoismaiden Maataloustutkijain Yhdistyksen 15. kongressissa Reykjavikissa, 36 s.
6. MAIJALA, K. 1975. 50 vuotta kotieläinten jalostustutkimusta Suomessa - tutkimus tänään ja huomenna. Esitelmä Maa- ja kotitalouden Erikoisyhdistyksen Liiton luontopäivillä Helsingissä 28.11.1974, 21 s.
7. NIEMINEN, P. 1975. Ultraäänikuvauksella arvioidun lihakkuuden yhteys sonnien kasvukoetuloksiin. Pro gradu-työ 95 s.
8. MAIJALA, K. 1975. Yleisiä näkökohtia kotieläinten jalostustavoitteiden määrittelyssä. Esitelmä Pohjoismaiden Maataloustutkijain Yhdistyksen 15. kongressissa Reykjavikissa 3.7.1975, 18 s.
9. OJALA, M., PUNTILA, Marja-Leena, VARO, M. & LAAKSO, P., 1976. Sonniemittauksia yksilötestausasemilla, 45 s.
10. HELLMAN, T., OJALA, M. & VARO, M. 1976. Ultraäänikuvauksen käyttö pössien yksilöarvostelussa, 15 s.
11. LINDSTRÖM, U. 1976. Voldaanko jalostuksella vaikuttaa utaretulehdusalttiuteen? 19 s. (Julk. myös Nautakarja 2/76.)
12. RUOHOMÄKI, Hilka & HAKKOLA, H. 1976. Lihantuotantokokeiden tuloksia. 15 s.
13. Lammaspäivä 2.2.1977.
14. JOKINEN, Liisa & LINDSTRÖM, U. 1977. Pillereiden ei-uusintatulokset 4 vuoden säilytyksen jälkeen verrattuna tuloksiin 1 vuoden säilytyksen jälkeen. 12 s.

15. LINTUKANGAS, S. 1977. Eriläisten virhelähtöiden ja erityisesti tuotostason ja maantieteellisen alueen vaikutus Ay-sonnien jälkeläisrivisteluun.

16. MAIJALA, K. 1977. Mahdollisuudesta kehittää monisyntyistä nautakarjaa valinnan avulla.

17a-d Rehuhyötysuhdetta käsittelevät esitelmät. Suomen Maataloustieteellisen Seuran kokous 26.1.1977.

1111

ISSN 0356-1429

Small, faint text at the bottom of the page, likely a library or archival stamp.