

Lypsylehmien rehuannoksen taloudellinen optimointi tuotosvasteiden perusteella

Pekka Huhtanen^{1,2)}, Juha Nousiainen³⁾ ja Marketta Rinne¹⁾

¹⁾MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

²⁾Cornell University, Department of Animal Science, Ithaca, NY 14853-4801, USA, pjh87@cornell.edu

³⁾Valio Oy, Alkutuotanto, PL 10, 00039 Valio, etunimi.sukunimi@valio.fi

Tiivistelmä

Maidontuotannon toimintaympäristö on muuttumassa nopeasti. Rehujen ja maidon hinnan muutokset aiheuttavat sen, että perinteiset ruokintaa optimoivat mallit eivät pysty määrittämään parhaan taloudellisen tuloksen antavaa ruokintaa, eivätkä pysty ohjaamaan tilan rehuntuotantoa taloudellisesti oikeaan suuntaan. Nykymallit eivät myöskään pysty ottamaan huomioon riittävän hyvin ruokintojen aiheuttamia ravinnepäästöjä. Ruokinta on yksi tärkeimmistä keinoista ravinneylijäämien vähentämiseksi ja siksi optimointimalleilla pitää pystyä määrittelemään ravinneylijäämien vähentämisen kustannukset.

Tuotosvasteisiin perustuva ruokinnan optimointi edellyttää, että: (1) rehuannoksen määrällisesti tärkeimmän ja eniten rehuarvoltaan vaihtelevan säilörehun rehuarvot pystytään määrittämään tarkasti, (2) rehuarvojärjestelmät arvioivat rehujen ravintoarvon ja tuotantovaikutuksen suhteessa toisiin rehuihin mahdollisimman oikein, (3) rehuannoksen koostumusten muutosten vaikutukset rehun syötiin pystytään ennustamaan riittävällä tarkkuudella ja (4) ravintoaineiden saannin muutosten aiheuttamat tuotosvasteet pystytään mallintamaan. Pitkäjänteisen tutkimustyön tuloksena olemme päässeet tilanteeseen, jossa nämä osa-alueet on voitu yhdistää tuotosvasteisiin perustuvaksi ruokinnan suunnittelu- ja optimointimalliksi.

Mallin etuja aikaisempiin malleihin verrattuna ovat mm. dieetin ja eläimen syöntipotentiaalin perusteella määritettävä maksimisyönti ja rehujen yhdysvaikutusten huomioon ottaminen. Optimointi perustuu ruokintatason ja rehujen yhdysvaikutukset huomioon ottavaan todelliseen ravintoaineiden saantiin. Merkittävä edistysaskel on se, että dieetin minimihinnan lisäksi voidaan optimoida maitotuoton ja rehukustannuksen erotus joko maitolitraa tai lehmäpäivää kohti. Kun annetaan energian ja valkuaisen ruokintasuosituksen vaihdella tietyissä rajoissa, voidaan määrittää taloudellisesti kannattavin ruokintaintensiteetti nykyisillä hinnoilla tilan rehuvarastoihin ja ostorehuihin perustuen. Malli antaa mahdollisuudet asettaa rajoitukset, jotka tähtäävät eläinten terveyden ylläpitoon. Samaten ruokinta voidaan optimoida tietyn maksimaalisen ravinneylijäämän alittavaksi ja näin verrata ruokinnallisiin toimenpitein saavutettavan ravinnekuormituksen vähentämisen hintaa muiden toimenpiteiden kustannuksiin.

Simulointien tulokset osoittivat, että tuotosvasteisiin perustuvilla optimoinneilla voidaan taloudellista tulosta parantaa jopa 100 – 150 euroa lehmää kohti vuodessa riippuen lähtötilanteesta, rehujen hinnasta ym. Ruokinnan optimointi tuotosvasteiden perusteella, jopa kiinteillä mutta erityisesti joustavilla suosituksilla, parantaa taloudellista tulosta dieetin minimihinnan optimointiin verrattuna. Tuotosvasteisiin perustuva optimointi osoitti selvästi, että hintasuhteiden vaihdellessa ruokinnan intensiteettiä kannattaa muuttaa. Väkirehun ollessa halpaa intensiteettiä kannattaa lisätä yli nykyisten ruokintasuositusten, kun kiintiöiden ylitys ei ole todennäköinen uhka. Toisaalta nykyisillä väkirehun hinnoilla eli ole kannattavaa tavoitella korkeita tuotoksia jos pötsin normaalin toiminnan ylläpitävän kuituminimi uhkaa alittua (240 g karkearehun NDF-kuitua/kg KA). Simuloinnit osoittivat, että virheelliset rehuarvot tai analyysitulokset voivat aiheuttaa merkittäviä taloudellisia menetyksiä. Mallia voidaan käyttää myös tilan rehuntuotannon ohjaamiseen. Esimerkiksi liian vähän mutta erittäin hyvää säilörehua tuottavan tilan kannattaa hieman tinkiä sadon laadusta määrän kustannuksella ennemmin kuin ostaa heinää kuidun minimitarpeen tyydyttämiseksi.

Asiasanat: Maidontuotanto, optimointi, tuotosvaste, taloudellinen tulos

Johdanto

Maidontuotannon toimintaympäristö on muuttunut nopeasti. EU-jäsenyyden myötä väkirehun ja karkearehun sekä rehujen ja maidon hintasuhteet muuttuivat merkittävästi. Aikaisempi taloudellisin sekä myös ympäristön ja tuotantoetiikan kannalta paras nurmisäilörehuun perustuva ruokinta ei ollut enää taloudellisin etenkin tuotantoaan laajentavilla tiloilla. Viimeisen vuoden aikana viljan ja sen mukana muiden väkirehujen komponenttien hinnat ovat merkittävästi nousseet. Viljan hinnan nousuun on useita syitä, joista ehkä tärkein on sen lisääntynyt käyttö etanolin tuotantoon. Elintason nousun myötä eläintuotteiden kulutus maailmassa lisääntyy, jolloin viljan tarve erityisesti yksimahaisten ruokinnassa kasvaa voimakkaasti. Yksimahaisten ovat märehitjiä selvästi parempia viljan hyväksikäyttäjiä. Siat ja siipikarja tuottavat kilon lihaa 3-4 kilolla väkirehua, mutta lisääessä viljan määrää 40-45 %:n tasolta viljaa kuluu noin 20 kg yhden lisäjuustokilon tuottamiseen. Viljan lisääntyvä käyttö etanolin tuotantoon ja yksimahaisten ruokintaan pitää viljan hinnan korkeampana kuin mihin viime vuosina totuttiin. Joka tapauksessa sekä viljan että maidon hintavaihtelut todennäköisesti lisääntyvät verrattuna aikaisempiin tasaisiin hintoihin.

Maidon ja väkirehun nopeiden hintasuhteiden muutosten seurauksena ruokinnan taloudellinen optimikoostumus voi muuttua nopeasti. Hyvän taloudellisen tuloksen varmistamiseksi neuvonnan tulisi pystyä tarjoamaan työkaluja ruokinnan optimointiin - pelkkä ravintoaineiden tarpeet täyttävä ruokinnan suunnittelu ei enää riitä. Hintasuhteiden muuttuessa taloudellinen optimi voidaan saavuttaa ruokkimalla lehmä joko alle tai yli nykyisten ruokintasuositusten. Tilan oman rehuntuotannon kehittämiseksi on tiedettävä, mitä muutoksia maidontuotannon talouden parantamiseksi rehuviljelyssä tarvitaan. Muutostarvetta ei voida tietää, ellei ruokinnan taloudellista optimia pystytä hahmottamaan.

Paineet maidontuotannon ympäristökuormituksen vähentämiseksi lisääntyvät tulevaisuudessa, sillä huolimatta ravinteiden ja ravintoaineiden hyväksikäytön tehostumisesta rehu- ja eläintuotannosta, yksikkökoon suurentamista ostoväkirehun varassa suosiva politiikka lisää hehtaariohtaisia N- ja P-ylijäämiä maidontuotannossa. Ruokinnan suunnittelussa voi olla tarpeen ottaa huomioon ravinneylijäämät, joiden vähentämiseen ruokinnallisin keinoin on olemassa varsin hyvät mahdollisuudet (Nousiainen ym. 2008).

MTT:n tutkimushankkeissa olemme kehittäneet rehun syöntipotentiaalia ja ravintoaineiden tuotosvasteita ennustavia empiirisiä regressiomalleja. Mallit on yhdistetty ruokinnan optimointimalliksi (Lypsikki), joka ennustaa ruokinnan muutosten vaikutukset rehun syöntiin, ravintoaineiden saantiin, tuotokseen sekä typen ja fosforin eritykseen. Tämän kirjoituksen tavoitteena on tarkastella tuotosvasteiden ennustamista sekä havainnollistaa muutamin esimerkein ruokinnan taloudellisen optimoinnin potentiaalia tavanomaiseen ruokintanormit täyttävään ruokinnan suunnitteluun verrattuna.

Tuotosvasteet

Tuotosvasteiden tarkka ennustaminen edellyttää neljää tekijää. Rehujen koostumus, erityisesti energia-pitoisuus, on tunnettava riittävän tarkasti. Väkirehujen osalta taulukkoarvojen käyttö on riittävän tarkkaa, sillä niiden koostumus ja energiapitoisuus vaihtelevat selvästi karkearehuja vähemmän. Lisäksi yksittäisen väkirehun osuus dieetin kuiva-aineesta on paljon pienempi kuin karkearehun. Käytännön säilörehuanalytiikka on kehitetty Suomessa varsin pitkälle (Huhtanen ym. 2006, Rinne ym. 2008a). Toiseksi, rehuannoksen koostumuksen vaikutukset rehun syöntiin on pystyttävä ennustamaan tarkasti, sillä rehun syönti on ylivoimaisesti tärkein ravintoaineiden saantiin ja tuotokseen vaikuttava tekijä. Koska eläintekijöiden (esim. tuotospotentiaali) vaikutus syöntiin on suuri ja eivätkä ne ole helposti erotettavissa dieettitekijöistä, kehitimme suhteellisen rehun syönnin eli syöntipotentiaalinen ennustavat mallit (Huhtanen ym. 2007, Rinne ym. 2008b). Mallit ennustivat rehun syönnin muutokset kokeen sisällä varsin tarkasti ennustevirheen ollessa alle 0.40 kg KA/pv, josta suurin osa on eläinkokeiden satunnaisvaihtelua.

Kolmanneksi, rehuarvojärjestelmien on pystyttävä ennustamaan rehujen absoluuttiset tuotantovaikutukset ja rehujen suhteelliset erot toisiinsa nähden mahdollisimman oikein. Lukuisat systeemien vertailut (Tuori ym. 1998, Huhtanen 2005, Schwab ym. 2005) ovat osoittaneet, että Suomen OIV-PVT -systeemi ennustaa dieettien valkuaisuusvaikutuksen paremmin kuin muut vertailujen systeemit. Merkittävin muiden systeemien ongelma on liian suuret erot rehuvalkuaisen pötsihajoavuudessa. Tästä on osoituksena se, että vakiohajoavuudella laskettu valkuaisen saanti ennustaa usein valkuaisuusvaikutuksen paremmin kuin systeemin taulukkoarvoihin perustuvat hajoavuudet. Neljänneksi, empiiristen regressiomallien avulla on pystyttävä ennustamaan tuotosvasteet riittävän tarkasti. Meillä on tähän käytettä-

vissä ainutlaatuinen noin 1000 ruokintaa käsittävä tutkimusaineisto. Tästä aineistosta on tilastomallien avulla laskettu yhtälöt, jotka ennustavat tuotosvasteet (maito-, EKM- ja valkuaisstuotos) erittäin hyvin. Maidon pitoisuudet lasketaan tuotoksista. Käytetty tilastomalli vastaa samaa tilannetta kuin ruokinnan muutos yksittäisellä tilalla eli muutoksia on tarkasteltu kokeen sisäisesti.

On huomattavasti tärkeämpää, että malli ennustaa muutoksen suuruuden oikein kuin keskimääräisen tuotoksen. Esimerkiksi ruokinnalla A ja B maitotuotokset ovat 30 ja 32 kg/pv. Malli X, joka ennustaa tuotoksiksi 28 ja 30 kg/pv (keskiarvo 29 kg/pv), on parempi kuin malli Y, joka ennustaa tuotoksiksi 31 ja 31 kg/pv. Malli X ennusti muutoksen oikein, mutta tasossa oli 2 kg/pv aliarviointi. Malli Y puolestaan ennusti keskimääräisen tuotoksen oikein, mutta ruokintojen eron ennustamisessa oli 2 kg/pv virhe.

Tuotosvasteiden ennustamiseksi on tunnettava ravintoaineiden saanti ja sen muutokset; rehuilla tai niiden pitoisuuksilla ei ole tuotosvastetta. Rehut ja niiden koostumus vaikuttavat syöntiin ja sulautukseen, jotka määräävät ravintoaineiden saannin, joka puolestaan vaikuttaa tuotoksiin. Esimerkkinä tästä mallit, joilla selitettiin EKM-tuotosta joko väkirehun määrällä tai ruokintatason ja yhdysvaikutusten suhteen korjatulla muuntokelpoisen energian (ME) saannilla. Energiakorjatun maidon (EKM) tuotoksen ennusteen virhevarianssi oli yli kaksinkertainen, kun selittävänä tekijänä oli väkirehun määrä. Ero johtuu mm. seuraavista tekijöistä: väkirehun määrä, valkuaispitoisuus ja säilörehun D-arvo. Jos yksittäisille rehuille voitaisiin määrittää yksiselitteiset tuotosvasteet, ne voitaisiin julkaista rehutaulukoissa ja ruokinnan suunnittelu ja optimointi olisi helppoa.

Aineisto ja menetelmät

Mallin lähtökohdiana on rehuannoksen optimointi syöntikyvyn asettamisrajoissa. Lehmien syöntikyky määräytyy eläimen ja dieetin syöntipotentiaalin perusteella. Tuotoksen, elopainon ja rehuannoksen syönti-indeksin (Rinne ym. 2008) perusteella määräytyy, paljonko lehmät syövät 100 indeksipisteen dieettiä (570 kg painava 9000 kg/v 100 pisteen dieetillä tuottava lehmä syö 20.0 kg KA/pv. Jos karja on saavuttanut ko. tuotoksen paremman syöntipotentiaalin (esim. 110 pistettä) dieetillä, karjan eläinten syöntipotentiaali on kilon pienempi. Dieetin muutosten aiheuttamat tuotoksen muutokset eivät vaikuta lehmien syöntipotentiaaliin, vaan vaikutukset tulevat syönti-indeksin muutosten kautta. Jos optimointi esim. tarjoaa lisää väkirehua, syöntipotentiaali kasvaa.

Perustilanteessa optimointi tapahtuu täyttämällä ruokintasuositukset (ME, OIV, Ca, P, Na ja Mg). Suunniteltaessa ruokintaa lypsykauden eri vaiheissa on mahdollista – ja pitääkin – huomioida se, että lehmä käyttää kudosvarastoja. Lypsykauden alussa 40 kg/pv lypsävän 17 kg KA syövän lehmän tarpeita ei pystytä millään ruokinnalla täyttämään. Optimointi tapahtuu todellisen tuotantotason ME:n perusteella eli ruokintatason ja dieetin komponenttien yhdysvaikutukset energian saannissa otetaan huomioon. Näitä yhdysvaikutuksia ovat esimerkiksi väkirehun valkuaispitoisuuden suurenemisen sulavuutta parantava vaikutus ja lisääntyvän syönnin sulavuutta huonontava vaikutus.

Optimointi voidaan tehdä perinteisesti, eli minimoimalla ravintoaineiden tarpeet täyttävän dieetin hinta, tai maksimoimalla maitotuoton ja rehukustannuksen erotus joko litraa tai päivää kohti. Jälkimmäiset optimoinnit voidaan tehdä joko kiinteillä tai väljillä ruokintasuosituksilla. Kiinteitä suosituksia käytettäessä vaikutukset tulevat dieetin muiden ominaisuuksien kuin ME:n ja OIV:n vaikutuksista tuotokseen (esim. rasvan ja tärkkelyksen optimipitoisuudet). Väljillä suosituksilla taloutta optimoidaan asettamalla ME- ja OIV-tarpeille rajat. Hintasuhteiden muutokset tuovat tarpeen optimoida ruokintaintensiteetti, jolla paras tulos saavutetaan. Jos kiintiöt rajoittavat tuotantoa, optimointi kannattaa tehdä litrakohtaisen tuloksen maksimoimiseksi. Jos taas lehmäpaikat ovat rajoittava tekijä, optimoidaan lehmäkohtainen tulos. Mitä korkeammalla tasolla suhteessa lehmien tuotantopotentiaaliin ollaan, sitä pienemmät mahdollisuudet on lisätä ravintoaineiden saantia ja tuotosta.

Mallissa on useita rajoitteita, joilla pyritään varmistamaan eläinten terveys ja estämään ruokintahäiriöt (hapan pötsi, sorkkaviat). Rajoitteet voidaan asettaa karkearehun määrälle, dieetin tai karkearehun kuidulle (NDF), tärkkelykselle ja rasvalle. Nämä rajoitukset on helposti muutettavissa, jos esim. tuottaja haluaa pyrkiä korkeampiin tuotoksiin vaikka samalla terveysriskit lisääntyvät.

Malli antaa mahdollisuuden ottaa ruokinnan suunnittelussa huomioon myös tuotannon ympäristökuormitukset (Nousiainen ym. 2008) asettamalla rajat litrakohtaisille N:n ja P:n ylijäämille tai ravintoaineiden hyväksikäytölle. Esimerkiksi ruokinta voidaan suunnitella siten, että valkuaisen hyväksikäyttö on vähintään 30 %. Näin voidaan mallintaa ravinneylijäämien vähentämiskustannuksia ja verrata niitä muiden toimenpiteiden aiheuttamiin kustannuksiin ympäristötukiehtojen täyttämiseksi.

Mallinnukset tehtiin 9000 kg:n tuotostasolle (maidon rasva 43 ja valkuainen 34 g/kg) elopainon ollessa 570 kg. Ruokintasuositukset olivat MTT:n (2006) mukaiset. Väkirehun komponenttien hintana käytettiin viimeisimpiä hintatietoja (marraskuu 2007, Kari Hissa, henkilökohtainen tiedonanto). Lisäksi mallinnukset tehtiin käyttämällä väkirehulle seuraavia suhteellisia hintoja: 60, 80, 100 (= nykytaso), 120 ja 140. Säilörehun hintana käytettiin joko nolaa tai muuttuvaa kustannusta (8 senttiä/kg KA). Edellinen vastaa tulevan sisäruokintakauden suunnittelua eli halutaan saada paras mahdollinen tulos varastossa olevasta rehusta. Säilörehun kiinteän kustannuksen käyttö antaa mahdollisuuden integroida tilan rehuntuotanto maidontuotannon tarpeisiin taloudellisen tuloksen optimoimiseksi. Säilörehun kiiteä kustannus oli 2 euroa lehmäpäivää kohti jaettuna 8 säilörehun KA-kilolle (ehdoton minimitarve) ja oli riippumaton rehun käyttömäärästä eli 8 KA-kg:n ylittävää säilörehua rasittivat ainoastaan muuttuvat kustannukset.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Karkearehujen jako lypsylehmille ja muulle karjalle

Ensimmäisestä niitosta korjatun nurmisäilörehun D-arvo on keskimäärin parempi kuin toisesta niitosta korjatun (Huhtanen ym. 2006, Artturi 2007). Sulavuuden aiheuttaman syöntipotentiaalin eron lisäksi lehmät syövät toisen sadon rehua keskimäärin n. 0.4 kg KA/pv vähemmän kuin ensimmäisen niiton rehua (Rinne ym. 2008), kun erot sulavuudessa ja muissa syöntiin vaikuttavissa tekijöissä on otettu huomioon. Koetulokset vahvistavat käytännön kokemuksen, että toisen sadon rehun tuotantopotentiaali on huonompi, kuin keväällä ensimmäisestä sadosta tehdyn rehun. Kun säilörehua on riittävä määrä käytettävissä, ensimmäisen sadon rehu kannattaa käyttää lypsylehmien ruokintaan, jos se on käytännössä mahdollista. Huonommin sulava 2. sadon rehu riittää hyvin kattamaan kasvavien hiehojen ja ummessa olevien lehmien tarpeet eikä rehun paremmasta sulavuudesta ole hyötyä näiden eläinryhmien ruokinnassa.

Säilörehun korjuukertojen välisen D-arvo-eron ollessa 4 %-yksikköä (69 vs. 65 %), toisen niiton syöttäminen nuorkarjalle joko vähentää väkirehukustannusta ja/tai lisää tuotosta riippuen käytettävästä strategiasta. Kun ruokinta optimoitiin rehuannoksen minimihinnan suhteen 9000 kilon tuotostasolle joko jakamalla 1. ja 2. sadon rehua niiden määrien suhteessa lehmille ja muulle karjalle tai suuntaamalla mahdollisimman paljon 1. sadon rehun lehmille, jälkimmäinen vaihtoehto lisäsi maitotuoton ja rehukustannuksen erotusta 50 lehmän karjassa 1250, 1640 tai 2020 euroa väkirehun hinnan ollessa 75, 100 tai 125 % nykyisestä. Tulos tulee lähes yksinomaan ostorehun tarpeen vähentymisestä. Jos ero säilörehun sulavuudessa on suurempi kuin 4 %-yksikköä, hyöty 1. sadon rehun suuntaamisesta lypsäville lehmille lisääntyy. Pidettäessä väkirehun määrä ennallaan ja hyödynnettäessä säilörehun parempi keskimääräinen D-arvo lisääntyneenä tuotoksena hyöty oli 2140 euroa.

Maitotuoton ja rehukustannuksen erotuksen maksimointi

Energian saanti selittää suurimman osan dieetin tuotantovaikutuksesta. Tuotosvaste energian saannin lisääntyessä on käyräviivainen eli rajatuotos vähenee energian saannin lisääntyessä. Valkuainen (OIV) selittää jonkin verran lisää tuotoksen vaihtelusta. Muiden tekijöiden vaikutus on suhteellisen pieni, joskin niillä voi olla yksittäistapauksissa taloudellista merkitystä. Hyvin tunnettua on esimerkiksi kauran ohraa parempi tuotantovaikutus suhteessa rehuarvoihin (Heikkilä ym. 1990). Yksi selitys voi olla kauran suurempi rasvapitoisuus, jolla on tuotantoon edullinen vaikutustiettyyn rajaan saakka. Myös rehuannoksen hiilihydraattikoostumus sekä väkirehun ja karkearehun suhde vaikuttavat jonkin verran rehun hyväksikäyttöön, joskaan yksittäisissä kokeissa erot eivät ole kovin selvästi havaittavissa. Tuotosvasteaineistosta estimoidussa mallissa näitä tekijöitä ovat tärkkelyksen lineaarinen ja toisen asteen vaikutus, väkirehun rasvapitoisuus sekä pötsin valkuaisase (PVT; ylimääräisen typen erittäminen vaatii energiaa).

Ruokinta optimoitiin joko dieetin minimihinnan tai maitotuoton ja rehukustannuksen erotuksen perusteella. Taloudelliseen tulokseen vaikuttavat dieetin hinta ja kyseisellä ruokinnalla ennustettu maitotuotos sekä maidon koostumus. Perusoptimointi oli sama kuin edellisessä esimerkissä eli 1. ja 2. sadon rehua jaettiin samassa suhteessa lehmille ja muulle karjalle. Toisessa vaihtoehdossa optimoitiin maitotuoton ja rehukustannuksen erotus samoilla ruokintasuosituksilla. Maitotuoton ja rehukustannuksen erotuksen maksimointiin perustuva optimointi lisäsi päivittäistä rehukustannusta, mutta tuottojen

lisäys oli suurempi kuin kustannusten. Vuodessa ero vastasi 1650 euroa 50 lehmän karjassa. Rehuanoksen oleelliset muutokset olivat ostoviljan ohran korvautuminen kauralla (oma vilja puoliksi ohraa ja kauraa) ja rypsirouheen korvautuminen rypsipuristeella (Taulukko 1). Tuotosvasteiden perusteella odotettu maitotuotoksen lisäys oli 0.8 kg/pv, mutta EKM-, rasva- ja valkuaisuotokset pysyivät ennallaan. Maidon nykyinen hinnoittelu suosii saman rasva- ja valkuaismäärän tuottamista suuremmassa maitomäärässä, koska nesteosa vastaa jopa noin 30 % maidon hinnasta. Mallin ennustamat tuotosten muutokset vastaavat hyvin yksittäisten kokeiden tuloksia. MTT:n laajoissa ohraa ja kauraa vertailevissa tutkimuksissa kauraa saaneet lehmät tuottivat enemmän maitoa, mutta saman määrän valkuaista ja rasvaa (Heikkilä ym. 1990). Myös viimeisimmässä rypsirouheen ja –puristeen vertailussa (Vanhatalo ym. 2003) rehujen väliset erot olivat samansuuntaisia, joskin varsin pieniä. Samaten Rinteen ym. (1999) tutkimuksessa kolmella rypsisasolla maitotuotos oli hieman (0.4 kg/pv) suurempi puristetta saaneilla lehmillä, mutta EKM- ja valkuaisuotoksessa ei ollut eroa.

Säilörehun jakamisesta ja maitotuoton ja rehukustannuksen erotuksen optimoinnista saadut hyödyt ovat additiivisia. Yhdessä ne paransivat tulosta lähes 3000 euroa vuodessa. Jos runsaampi poremman 1. sadon rehun syöttäminen lehmille hyödynnetään lisääntyneenä tuotoksena pitämällä väkirehun määrä samalla tasolla kuin rehuannoksen hinnan minimoinnissa, taloudellinen hyöty on vielä jonkin verran suurempi.

Taulukko 1. Dieetin minimihinnan sekä maitotuoton ja rehukustannusten erotuksen optimointien vertailu. Optimoinnit tehty kiinteillä ruokintasuosituksilla (MTT 2006).

		Min. hinta	Max (tuotto – rehukustannus)	Max (tuotto – rehukustannus) + säilörehun jako
Rehujen syönti (kg ka/pv)				
Nurmisäilörehu, keväsato		7.91	7.91	10.11
Nurmisäilörehu, jälkisato		3.53	3.29	1.56
Oma vilja (ohra-kaura)		2.72	2.72	2.7
Ohra (osto)		3.42	-	-
Kaura (osto)		-	3.34	2.82
Rypsirouhe		2.38	-	-
Rypsipuriste		-	2.72	2.76
Tuotos				
Maito	(kg/pv)	28.98	29.78	29.74
EKM	(kg/pv)	30.1	30.29	30.29
Valkuainen	(g/pv)	966	977	975
Rasva	(g/pv)	1241	1233	1235
Pitoisuus				
Valkuainen	(g/kg)	33.3	32.8	32.8
Rasva	(g/kg)	42.8	41.4	41.5
Dieetin hinta	(€/pv)	4.656	4.702	4.604
Talodellinen tulos¹	(€/v)	0	1656	2923

¹ Vertailu dieetin minimihinnan optimointiin

Ruokintaintensiteetin optimointi

Rehujen keskinäisten hintojen sekä maidon ja rehun hintasuhteiden muuttuessa myös ruokintaintensiteetin optimi muuttuu. Väki-ohra ollessa halvaa suhteessa karkearehun ja maidon hintaan sen käyttöä on kannattanut lisätä. Vastaavasti kun väki-ohra hinta on voimakkaasti noussut, paras taloudellinen tulos saavutetaan aikaisempaa matalammalla intensiteetillä.

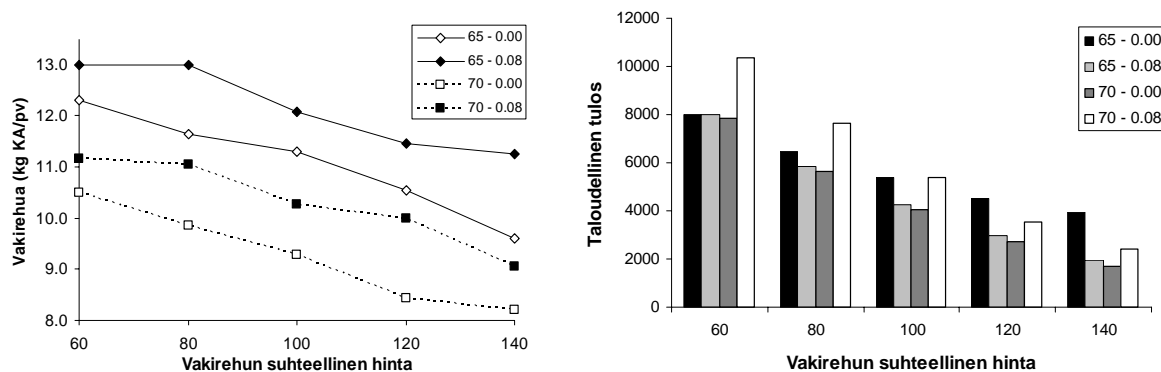
Ruokinnan optimoinnit tehtiin käyttäen kahta säilörehun D-arvoa (70 ja 65 %). Väki-ohra komponenttien (ohra, kaura, melassileike, rypsirouhe, rypsipuriste, soijarouhe, rehu- ja kivennäisaineet) hintana käytettiin nykyistä hintaa (100) tai suhteellisia hintoja 60, 80, 120 ja 140 nykytason lisäksi. Optimoinnit tehtiin seuraavan sisäruokintakauden ruokintaa varten eli säilörehun hinta oli nolla (rehulla ei oletettu olevan vaihtoehtoja käyttöä ja/tai sitä ei myydä) ja seuraavan rehu- ja kivennäisainetuotantokauden ruokintaa varten käyttämällä säilörehun hintana muuttuvaa kustannusta (8 senttiä/kg KA). Maitotuoton ja rehukustannuksen erotus optimoitiin antamalla energian ja OIV:n tarvenormien vaihdella välillä 4.8-5.8

MJ/kg EKM sekä 1.40-1.60 g OIV/g maitovalkuaiosta. Tuotettua maitomäärää kohti ME:n ja OIV:n saanti vaihtelivat vähemmän, koska intensiteetin muutokset vaikuttivat tuotokseen. Nurmirehun kuituminimiksi asetettiin 240 g NDF/kg KA, joka on lehmien terveyden kannalta riittävä ja toisaalta mahdollistaa lehmien tuotantopotentiaalın tehokkaan hyväksikäytön. PVT:n ja dieetin raakasvapitoisuuden ylärajat olivat 20 ja 50 g/kg KA. Optimointien taloudellista tulosta vertailtiin 50 lehmän karjassa optimoitaessa dieetin minimihinta nykyisillä ruokintasuosituksilla.

Ruokintaintensiteetin optimointi paransi taloudellista tulosta 1500 – 10 000 euroa säilörehun D-arvosta, väkirehun hintatasosta ja optimointiaikavälistä (lyhyt tai keskipitkä tähtäin) riippuen (Kuvio 1). Intensiteetin optimoinnin hyöty vähenee väkirehun hinnan noustessa, koska optimiruokinta lähestyy nykyisiä suosituksia ja voi energian osalta jopa alittaa ne, jolloin väkirehun määrää kannattaa vähentää. Sen sijaan väkirehun aikaisemmalla hintatasolla (60) energia- ja valkuaisruokinnan intensiteettiä kannatti nostaa suositusten yläpuolelle. Maidon suora hintatuki ja osittain myös nesteosan suuri hinta (lisähinnat ja tuki litroille) korostavat korkean intensiteetin kannattavuutta, mutta huonontuneen terveyden (jalkaviat) ja lisääntyneen ympäristökuormituksen kustannuksella. Keskipitkän tähtäimen optimoinnissa väkirehun optimitaso on hieman suurempi.

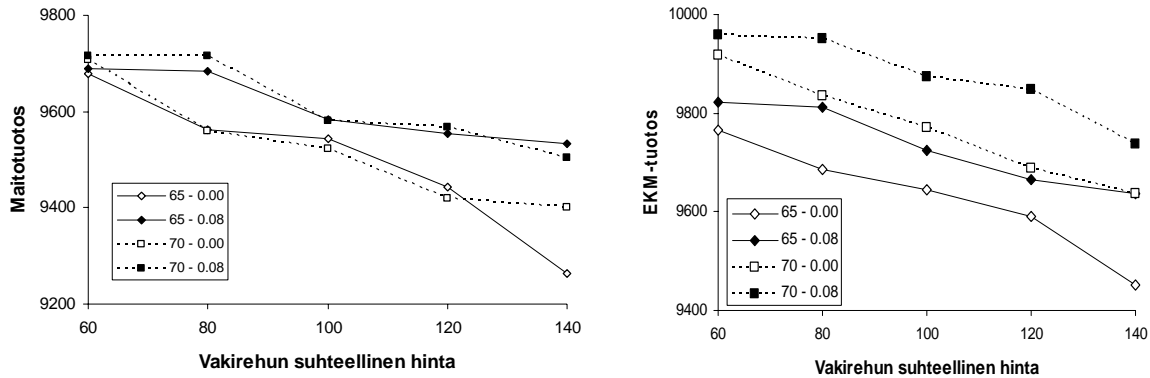
Valkuaisväkirehun määrää kannattaa lisätä, kun varastossa on runsaasti säilörehua. Väkirehun valkuaispitoisuuden lisääntyminen lisää säilörehun syöntiä (Huhtanen ym. 2007b), parantaa rehuanoksen sulavuutta ja lisää tuotosta nykyisten OIV-suositusten yläpuolella. Etenkin säilörehun laadun ollessa huono ja väkirehun kallista on kannattavampaa tinkiä tuotoksesta jonkin verran, kuin yrittää ylläpitää tuotostaso suurilla määrillä kallista väkirehua. Toisaalta väkirehun ollessa halpaa huonosti sulava säilörehu kannattaa mieluummin jättää syöttämättä kuin tinkiä merkittävästi tuotoksesta. Jotakin hintasuhteiden vääristymästä kertoo se, että alimmalla väkirehun hinnalla ilmaista hyvälaatuista säilörehua (D-arvo 70 %) ei olisi kannattanut syöttää kuin hieman runsaat 50 % dieetin kuiva-aineesta. Nykyisillä väkirehun hinnoilla optimi väkirehun osuus on noin 5 %-yksikköä pienempi kuin alimman hinnan aikaan. Karjan (50 lehmää) sisäruokintakauden 70-D säilörehun arvo nykyisillä väkirehun hinnoilla on lähes 8000 euroa suurempi kuin 65-D säilörehun. Toki on huomattava, että parempaa säilörehua tarvitaan myös määrällisesti enemmän ja sen hehtaraisato on pienempi aikaisemmasta korjuuajankohdasta johtuen.

Optimoitaessa maitotuoton ja rehukustannuksen erotus tuotos nousisi suunnittelun lähtötilanteen 9 000 kg:n tasosta, sillä vielä nykyisilläkin hinnoilla intensiteettiä kannattaa lisätä yli ruokintasuositusten (Kuvio 2). Eniten tuotoksesta kannattaa tinkiä intensiteettiä vähentämällä, kun varastossa oleva säilörehu on huonolaatuista ja väkirehun hinta korkea. Dieetin minimi karkearehun kuitupitoisuus (NDF 240 g/kg KA) tuli rajoittavaksi ainoastaan kun säilörehun D-arvo oli 65, muuttuva kustannus mukana ja väkirehun suhteellinen hinta 60. Asetettaessa karkearehun kuituminimiksi 200 g/kg KA taloudellinen tulos olisi parantunut noin 3 000 euroa olettaen, että lehmät olisivat pysyneet terveenä. Väkirehun nykyhinnoilla 9 – 10 000 kg:n tuotostasoilla pienempi kuiturajoite optimoinnissa voi hieman lisätä maitotuotosta, ei paranna taloudellista tulosta mutta lisää merkittävästi terveysriskejä.



Kuvio 1. Väkirehun suhteellisen hinnan vaikutus väkirehun optimimäärään ja taloudelliseen tulokseen. Taloudellinen tulos on esitetty muutoksena dieetin minimihinnan perusteella tapahtuvaan optimointiin. Optimoinnit tehtiin erikseen kahdella säilörehun D-arvolla (65 ja 70 %) sekä lyhyen (sisäruokintakausi) ja keskipitkän (satovuosi) aikavälin optimointiin (säilörehun hinta 0 ja 0.08 euroa/kg KA).

Mallia voidaan käyttää myös rehuntuotannon suunnittelussa. Käyttämällä säilörehun hintana muuttuvia kustannuksia voidaan arvioida, onko kannattavaa pyrkiä tuottamaan lisää samanlaatuista säilörehua, sama määrä parempaa rehua vai kannattaako panostaa määrän tuottamiseen laadun kustannuksella. Esimerkkinä tila, jolla liian vähän mutta erittäin hyvää (D-arvo 72 %) säilörehua ja joka joutuu ostamaan heinää (D-arvo 58 %, hinta 20 senttiä/kg KA). Tuottamalla 15 % enemmän, mutta huonompaa (D-arvo 69 %) rehua tila parantaisi taloudellista tulosta noin 3800 euroa. Vaikka heinä mahdollistaisi pienemmän kuituminimin (220 g/kg KA), silti säilörehun tuotantostrategian muutos olisi noin 3000 euroa kannattavampi vaihtoehto kuin ostoheinä.



Kuvio 2. Väkirehun hinnan, säilörehun D-arvon ja säilörehun hinnan (0-hinta varastossa olevalle rehulle ja muuttuva kustannus seuraavana kasvukautena tehtävälle rehulle) vaikutus maitotuotokseen maksimoitaessa maitotuoton ja rehukustannuksen erotus väljillä ruokintasuosituksilla (ME: 4.8-5.8 MJ/kg EKM; OIV: 1.45-1.60 g/g).

”Virheelliset” rehuarvot

Luotettava tuotosvasteisiin perustuva optimointi edellyttää sitä, että väkirehujen ravintoarvot – erityisesti energia ja valkuainen – sekä säilörehun D-arvo ja syöntipotentiaali ovat mahdollisimman oikein arvioitu. Esimerkkinä tästä ovat soijarouheen aikaisempi (vuoteen 2002 asti) ja nykyinen OIV-arvo sekä rypsin valkuaisen pötsihajoavuuden vaikutukset (taulukko 2).

Käytettäessä soijarouheen OIV-pitoisuutena vuoteen 2002 voimassa olleiden rehutaulukoiden arvoa (204 g/kg KA) nykyisen (168 g/kg KA) sijasta, optimointiohjelma täyttää nykyisillä hinnoilla OIV-vajauksen soijarouheella rypsirouheen tai –puristeen sijasta. Koska valkuaisuusositus tulee täyteen pienemmällä soijamäärällä sen OIV-arvon ollessa liian suuri, seurauksena on tuotoksen pieneminen. Tutkimukset (mm. Shingfield ym. 2003, Vanhatalo ym. 2004) ovat yksiselitteisesti osoittaneet, että rypsin valkuaisen hyväksikäyttö on tehokkaampaa kuin soijan. Malli ennusti, että soijan liian suurella OIV-arvolla optimoitu ruokinta olisi tuottanut 0.62 kg/pv vähemmän maitoa kuin rypsirouhetta käytettäessä. Taloudellisen tuloksen ero olisi ollut 50 lehmän karjassa lähes 4000 euroa vuodessa.

Toinen esimerkki on rypsirouheen valkuaisen hajoavuuden pienentäminen 65:sta 55 %:iin. Valkuaisen hajoavuutta on varsin helppo prosessoinnilla pienentää, mutta parempi laskennallinen OIV-arvo ei ole realisoitunut tuotoksissa. Valkuaistuotoksessa ei ole eroja tavanomaisen rypsirouheen ja lämpökäsitellyn rypsipuristeen (Rinne ym. 1999, Vanhatalo ym. 2003), tavanomaisen ja käsitellyn rypsirouheen (Huhtanen ja Heikkilä 1996) eikä myöskään kylmäpuristetun ja lämpökäsitellyn rypsipuristeen välillä (Khalili ym. 1999). Koska pienempi hajoavuus lisää rehun laskennallista OIV-arvoa, valkuaisstarpeen tyydyttämiseen riittää pienempi rypsimäärä. Jos, kuten lukuisat tutkimukset ovat osoittaneet, hajoavuuden muutoksella ei ole vaikutusta tuotantovaikutukseen, tuotos pienenee rypsirouheen määrän vähentyessä. Tässä esimerkissä rypsirouheen määrä väheni 0.7 kg ka/pv, mikä johti noin 0.5 kg:n maitotuotoksen pienentymiseen. Käyttäen samaa hintaa rypsirouheille pienemmän pötsihajoavuuden rypsirouhesta olisi aiheutunut noin 2000 euron vuotuistappio 50 lehmän karjassa. Jos pötsihajoavuuden pienentäminen prosessoinnilla olisi nostanut rehun hintaa, tappio olisi vielä kasvanut.

Kolmas esimerkki taulukossa on virheellisen säilörehun D-arvon vaikutus ruokinnassa. Jos säilörehun D-arvo on arvioitu liian hyväksi, väkirehun määrä jää pienemmäksi kuin mitä suunniteltu tuotos edellyttäisi. Säilörehun ollessa arvioitua huonompaa lehmät syövät sitä vähemmän ja myös sen

energiapitoisuus on pienempi. Väkirehun KA:ta tarvitaan runsas kilo päivässä enemmän kompensoimaan yhden yksikön huonomman D-arvon vaikutus. D-arvon aliarvioinnin vaikutus on vaikeampi mallintaa. Kohtuullisen pienillä väkirehun käyttömäärillä liian matalaan D-arvoon perustuva suurempi väkirehutaso lisää tuotosta ja todennäköisesti parantaa taloudellista tulosta. Sen sijaan oltaessa potsin toiminnan kannalta ääriarjoilla, pari yksikköä liian matalaksi arvioitu D-arvo ja sen seurauksena suurempi väkirehumäärä voi viedä jotkut lehmät sairauksia (esim. sorkkakuume) laukaisevan rajan yli.

Taulukko 2. Virheellisten rehuarvojen vaikutus optimoitaessa ruokinta maitotuoton ja rehukustannuksen erotuksen maksimiin.

	Valkuaisrehu		Valk. pötsihaj. (%)		D-arvon analyysi	
	Soijarouhe ¹	Rypsirouhe	55	65	Oikea	Oikea + 2 %-yks.
Syönti						
KA (kg/pv)	19.97	20.31	20.22	20.39	20.48	19.96
ME (MJ/pv)	218.6	219.4	218.5	219.4	219.4	213.4
OIV (g/pv)	1885	1957	1906	1959	1961	1907
Tuotos						
Maito (kg/pv)	29.10	29.72	29.36	29.88	29.84	29.20
EKM (kg/pv)	30.14	30.63	30.35	30.65	30.64	30.00
Valkuainen (g/pv)	945	968	954	970	973	947
Taloudellinen tulos(€v)²		3744		2041		2138

¹Soijan valkuaisarvot ennen v. 2002 tehtyä muutosta

²Erotus virheellisillä rehuarvoilla tehtyihin optimointeihin 50 lehmän karjassa

Yhteenveto ja johtopäätökset

Biologisesti oikeisiin tuotosvasteisiin perustuva ruokinnan suunnittelu- ja optimointimalli tarjoaa useita etuja perinteisiin malleihin verrattuna. Perinteisesti on suunniteltu ruokintasuositusten mukainen ruokinta eri tuotosvaiheessa oleville lehmille ja mahdollisesti optimoitu joko väkirehun tai koko rehuannoksen hinta. Muutamain esimerkein osoitettiin, että tuotosvastemallin optimoinneilla voidaan taloudellista tulosta merkittävästi parantaa. On myös syytä huomata, että tässä esitetyt vertailut tehtiin mallilla, jossa on monia parannuksia käytössä oleviin malleihin verrattuna. Näistä tärkein on rehuannoksen syöntipotentiaalin käyttö ruokinnan suunnittelussa. Rehun maksimisyönti riippuu dieetin koostumuksesta (syönti-indeksi) ja lehmän syöntipotentiaalista. Optimoitaessa taloudellinen tulos kiinteällä elopainoon ja tuotokseen perustuvalla syöntimallilla tai siten että mallissa oli mukana syönti-indeksi, jälkimmäinen ennusti noin 8 000 euroa paremman tuloksen 50 lehmän karjassa. Toinen merkittävä ero nykyisiin systeemeihin on se, että malli ottaa huomioon rehujen väliset yhdysvaikutukset sulatuksessa ja rehuarvoissa, jolloin ennustettu energian saanti vastaa paremmin todellista.

Esitetyt ”maitotuotto miinus rehukustannus” -optimointitulokset osoittivat, että lehmää kohti taloudellista tulosta on mahdollista parantaa 100 – 150 euroa vuodessa verrattuna dieetin minimihinnan perusteella tapahtuvaan optimointiin. Näistä pienempi luku vastaa Suomen maitoelinkeinolle noin 30 milj. euroa vuodessa. Mallia voidaan käyttää lyhyen (= seuraava sisäruokintakausi) ja keskipitkän tähtäimen (= nykyinen investointitaso, karjakoko / peltoala) suunnittelussa. Maitotilan taloudellinen tulos riippuu paljon siitä, miten onnistuneesti rehu- ja maidontuotanto on onnistuttu integroimaan. Tämä malli antaa hyvät mahdollisuudet tilan rehuuotantostrategioiden parantamiseen. Vuosittaiset säävaihtelut vaikeuttavat tavoitteen saavuttamisen, mutta kun tiedetään mihin pyritään, onnistumisen edellytykset ovat paremmat kuin satunnaisella toiminnalla. Kun tavoitteet tiedetään, niiden saavuttamiseen voidaan vaikuttaa vielä kasvukauden aikaisilla toimenpiteillä, esim. lannoituksella, korjuuajan kohdan säätelyllä tai rehuviljan korjaamisella kokoviljasäilörehuksi.

Mallin perustana on pitkäaikaisen systemaattisen tutkimuksen tuloksena kehitetty rehuanalytiikka, rehuarvojärjestelmät, jotka kuvaavat tehtyjen vertailujen perusteella dieettien tuotantovaikutuksia paremmin kuin muut vertailuissa mukana olleet systeemit, sekä laajoihin tutkimusaineistoihin pohjautuvat syönti- ja tuotosvastemallit. Kaikissa mallin osatekijöissä on vielä parantamisen varaa, mutta uusi tutkimustieto ja rehuanalytiikan kehittäminen on helppo integroida malliin. Dieetin syöntipotentiaalin huomioonottaminen ruokinnan suunnittelussa ja ruokinnan suunnittelu ennustettujen tuotosvas-

teiden perusteella ovat uusia elementtejä nykysysteemeihin verrattuna. Kun lisäksi rehuarvojärjestelmien ylläpitäminen ja kehittäminen voivat tapahtua joustavasti, mahdollisuudet uusimman tiedon hyödyntämiseen käytännössä ovat todella hyvät. Haasteena on se, miten saada uusin tutkimustieto nopeasti palvelemaan käytännön maidontuotantoa.

Kehitetty rehuanalytiikka, rehuarvojärjestelmät ja ruokinnan optimointimalli ovat työkaluja, joiden avulla käytännön ruokintaa voidaan optimoida parhaan taloudellisen tuloksen saavuttamiseksi annettujen rajoitusten (esim. rehujen ja maidon hinta, tukipolitiikka, ympäristövaikutukset) puitteissa. Malli perustuu ”vanhanaikaiseen” faktoriaaliseen rehuarvojärjestelmään, jonka puutteet ns. semimekanistisiin malleihin verrattuna (ruokintatason vaikutus ja rehujen väliset yhdysvaikutukset) on onnistuttu korjaamaan empiirisillä yhtälöillä varsin hyvin. Tulevaisuuden systeemit ovat todennäköisesti mekanistisia dynaamisia malleja kuten pohjoismaisena yhteistyönä kehitetty Karoliina-malli. Semimekanistisilla malleilla on nykyisten faktoriaalisten mallien puutteet eli ne eivät hallitse aineenvaihdunnan yhdysvaikutuksia, mutta samalla ne ovat lähes yhtä monimutkaisia kuin mekanistiset mallit. Niiltä puuttuu nykyisten mallien ymmärrettävyys ja yksikertaisuus (esim. rehuilla ei ole kiinteää ME- ja OIV-arvoa) ja toisaalta mekanististen mallien rajaton kehityspotentiaali. Tällä hetkellä semimekanististen mallien rajoitteena on niiden perustana oleva analytiikka, jossa nailonpussimenetelmällä määritetyillä rehun ainesosien sulatusnopeuksilla on keskeinen sija. Analytiikan heikkoudet ovat tällä hetkellä paljon suuremmat kuin mallien teoreettinen hyöty.

Kirjallisuus

- Artturi**, 2007. Artturi –verkkopalvelu, Säilörehun koostumus ja laatu -tilastoja. Viitattu 30.11.2007. Saatavilla: www.mtt.fi/artturi.
- Heikkilä, T., Väättäin, H., Lampila, M.** 1990. Kaura ja ohra lehmien rehuna. Koetoiminta ja käytäntö 47, 28.8.1990: p. 46.
- Huhtanen, P.** 2005. Critical aspects of feed protein evaluation systems for ruminants. *Journal of Animal and Feed Sciences* 14, Supplement 1: 145-170.
- Huhtanen, P. & Heikkilä, T.** 1996. Effects of physical treatment of barley and rapeseed meal in dairy cows given grass silage-based diets. *Agricultural and Food Science in Finland* 5:399-412.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M.** 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agricultural and Food Science* 3: 293-323.
- Huhtanen, P., Rinne, M., & Nousiainen, J.** 2007a. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *Animal*, 1, 758-770.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J.** 2007b. Evaluation of the concentrate factors affecting silage intake of dairy cows; Development of a relative total diet intake index. Submitted: *Animal*.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J., & Rinne, M.** 2008. Karkearehujen sulavuuden määrittäminen tarkentunut. *Maataloustieteen Päivät 2008*.
- Khalili, H., Kuusela, E., Saarisalo, E. & Suvitie, M.** 1999. Use of rapeseed and pea grain protein supplements for organic milk production. *Agricultural-and-Food-Science-in-Finland*. 8:239-252
- MTT**, 2006. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset –verkkopalvelu. Viitattu 30.11.2007. Saatavilla: www.agronet.fi/rehutaulukot
- Nousiainen, J., Tuori, M., Turtola, E & Huhtanen P.** 2008. Maitotilan fosfori- ja typpikierron mallintaminen. *Maataloustieteen Päivät 2008*.
- Rinne, M., Huhtanen P. & Nousiainen, J.** 2008b. Säilörehun ja koko rehuannoksen syönti-indeksit auttavat lypsylehmien ruokinnan suunnittelussa. *Maataloustieteen Päivät 2008*.
- Rinne, M., Jaakkola, S., Varvikko, T. & Huhtanen, P.** 1999. Effects of the type and amount of rapeseed feed on milk production. *Acta Agriculturae Scandinavica, Animal Science* 49: 137-148.
- Schwab, C.G., Huhtanen, P., Hunt, C.W. & Hvelplund, T.** 2005. Nitrogen Requirements of Cattle. In: R. Pfeffer and A. Hristov (eds). *Interactions between Cattle and the Environment*. CAB International. pp. 13-70.
- Shingfield, K., Vanhatalo, A. & Huhtanen, P.** 2003. Comparison of heat-treated rapeseed expeller and solvent-extracted soya-bean meal protein supplements for dairy cows given grass silage-based diets. *Anim. Sci.* 77: 305-317.
- Tuori, M., Kaustell, K. & Huhtanen, P.** 1998. Comparison of the protein evaluation systems of feed for dairy cows. *Livestock Production Science* 55:33–46.
- Vanhatalo, A., Pahkala, E., Salo-Väänänen, P., Korhonen, H., Piironen, V. & Huhtanen, P.** 2004. Rapeseed and soybean as protein supplements of dairy cows fed grass silage based diets. In: H. Sorensen et al. (eds). *Proceedings of the 11th International Rapeseed Congress: The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark*. pp. 1238-1240.