

Säilörehun korjuuajan vaikutus maitotilan talouteen  
-lyhyen aikavälin näkökulma

Elina Vauhkonen  
Maisterin tutkielma  
Helsingin Yliopisto  
Helsinki 13.5.2011

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty <b>Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta</b>		Laitos — Institution — Department <b>Taloustieteen laitos</b>	
Tekijä — Författare — Author <b>Elina Vauhkonen</b>			
Työn nimi — Arbetets titel — Title <b>Säilörehun korjuuajan vaikutus maitotilan talouteen –lyhyen aikavälin näkökulma</b>			
Oppiaine — Läroämne — Subject <b>Maatalouden liiketaloustiede</b>			
Työn laji — Arbetets art — Level <b>Pro gradu-tutkielma</b>	Aika — Datum — Month and year <b>13.5.2011</b>	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages <b>63 sivua + 14 sivua (liitteet)</b>	
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Tässä tutkimuksessa selvitettiin säilörehun korjuuajan vaikutusta maitotilan talouteen lyhyellä aikavälillä. Tutkimuksessa vertailtiin maitotilan vuosittaisia ylijäämiä neljän eri säilörehun korjuuaikastrategian välillä. Tutkimusongelman ratkaisua varten rakennettiin lineaarinen optimointimalli, jonka tavoitefunktio oli maitotilan ylijäämän maksimointifunktio. Tarkastelussa oli mukana kaksi vakioitua maitotuotostasoa, 9 000 kg ja 10 000 kg. Työssä käytetyt maidontuotantotulokset perustuivat MTT Maaningan Karjatilan kannattava peltoviljely (KARPE) – hankkeessa tehtyihin kolmeen erilliseen ruokintakokeeseen sekä neljään aiempaan ruokintakokeeseen, jotka oli selvitetty kirjallisuuden perusteella. Säilörehun satotiedot perustuivat MTT Maaningan ja MTT Siikajoen säilörehukokeisiin.</p> <p>Aikaisin korjattu säilörehu, jonka satojen painotettu D-arvo oli 691 g/kg ka, oli taloudellisesti paras lypsylehmien ruokintavaihtoehto lyhyellä aikavälillä lähtöoletusten vallitessa. Suhteelliset erot maidontuotannon ylijäämissä säilörehun korjuuaikastrategioiden välillä olivat kuitenkin hyvin pienet, sillä säilörehun sadot kompensoivat toisiaan määrän ja laadun suhteen. Kolmen niiton säilörehunkorjuu osoittautui selkeästi kalliimmaksi vaihtoehdoksi mm. lisääntyneiden työ- ja konekustannusten takia. Tulokset olivat samansuuntaisia molemmilla maitotuotostasoilla. Tämän tutkimuksen perusteella säilörehun korjaaminen suositeltua hieman myöhemmin on lyhyellä aikavälillä lähes yhtä hyvä vaihtoehto kuin suositusten mukainen aikainen korjuu. Korkeaa maitotuotostasoa tavoiteltaessa erittäin myöhään korjatun säilörehun syöttäminen on kyseenalaista, sillä se vaatisi ruokintaan hyvin korkean väkirehumäärän ja siten altistaa lehmän erilaisille sairauksille.</p> <p>Rehuohran hinnan noustessa ylijäämä laskee aikaisen niiton strategialla suhteessa enemmän kuin muissa vaihtoehdoissa, kun tilalla oli pinta-alaa käytettävissä vähän. Aikaisessa korjuu-aikastrategiassa maitotilalle jouduttiin ostamaan enemmän viljaa karjan käyttöön kuin muissa strategioissa, joiden pinta-alasta riitti enemmän hehtaareja oman rehuviljan tuotantoon. Tällöin eri korjuuajoilla saavutetut ylijäämät lähenivät toisiaan. Myöhäisellä korjuulla saavutettiin paras ylijäämä, kun rehuohran hinta nousi 1,25-kertaiseksi tai enemmän 9 000 kg:n maitotuotostasolla. Kolme niittoa osoittautui parhaimmaksi vaihtoehdoksi pienen väkirehuprosentin myötä vasta silloin, kun rehuohran hinta nousi 2,5-kertaiseksi lähtötilanteeseen verrattuna.</p> <p>Säilörehun korjuuaikastrategia on valittava tilakohtaisesti, jolloin koko kasvukauden aikana kertyneet nurmisadot ovat ratkaisevia karjan ruokinnassa. Lyhyellä aikavälillä korjuuajan valinnalla maitotilan ylijäämään voi vaikuttaa vain vähän. Siksi pitkän aikavälin toimiin säilörehun satotasojen parantamiseksi on kiinnitettävä tilatasolla entistä enemmän huomiota.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords <b>Säilörehun korjuuaika, säilörehun sulavuus, lineaarinen optimointi</b>			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information			

## Sisällysluettelo:

1. Johdanto .....	4
1.1. Tutkimuksen taustaa .....	4
1.2. Tutkimuksen tavoitteet.....	5
2. Säilörehun korjuuajan valinta .....	7
2.1. Säilörehuprosessi maitotilalla .....	7
2.2. Säilörehun sulavuus .....	9
2.3. Pellon käyttö maitotiloilla.....	10
3. Lypsylehmien ruokintaan vaikuttavia taloudellisia tekijöitä .....	12
3.1. Väki- ja karkearehu lypsylehmien ruokinnassa .....	12
3.1.1. Rehujen ominaisuudet .....	12
3.1.2. Ruokintavaihtoehdot.....	14
3.2. Rehukustannukset .....	15
3.3. Maidon hinnan muodostuminen.....	17
3.4. Maidontuotanto tilatason tuotantoteoreettisena ongelmana.....	19
3.5. Tutkimuksen teoreettinen viitekehys .....	20
4. Tutkimusaineisto.....	22
4.1. Maidontuotantokokeet .....	22
4.2. Säilörehun korjuukokeet .....	24
4.3. Hintatiedot.....	25
5. Tutkimusmenetelmä.....	27
5.1. Lineaarinen ohjelmointi .....	27
5.2. Optimointimallin oletukset ja rajoitteet .....	29
5.3. Optimointimallin kuvaus.....	32
6. Tutkimustulokset.....	36
6.1. Säilörehun korjuuaikastrategioiden erot maidontuotannossa .....	36
6.2. Mallin tulokset korjuuaikastrategioittain .....	40
6.2.1. Aikainen säilörehunkorjuu.....	40
6.2.2. Myöhäinen säilörehunkorjuu .....	41
6.2.3. Erittäin myöhäinen säilörehunkorjuu .....	42
6.2.4. Kolmen niiton säilörehunkorjuu .....	43
6.3. Maitotilan peltoalan vaikutus korjuuaikastrategian valintaan .....	44
6.4. Korjuuajan valinnan herkkyys rehuohran hintamuutoksille .....	47
7. Johtopäätökset.....	52
7.1. Säilörehun korjuuajan merkitys maitotilan taloudelliseen tulokseen .....	52
7.2. Optimointimallin soveltaminen käytäntöön.....	54
7.3. Jatkotutkimustarpeita .....	55
Kirjallisuus .....	56
Liitteet	

# 1. Johdanto

## 1.1. Tutkimuksen taustaa

Säilörehu on Suomessa lypsylehmien ruokinnassa eniten käytetty rehu. Säilörehun sulavuus on lypsylehmän ruokinnassa tärkeä kysymys, koska se ratkaisee miten lypsylehmän dieettiä täydennetään väkirehulla. Aikaisin korjatun rehusadon sulavuus on parempi kuin myöhemmin korjatun rehun, mutta samalla sadon määrä on pienempi. Näin ollen nurmirehun korjuuajan valinnassa on otettava huomioon myös rehujen riittävyys karjalle. Tällä on vaikutuksensa myös pellon käyttöön. Maidontuotantotilalla pellon käyttö kytkeytyy voimakkaasti kotieläintuotantoon eli pellon käyttö on karkearehupainotteista.

Rinteen ym. (2010) mukaan säilörehun korjuun ajoitus on rehuntuotannon taloudelliseen tulokseen merkittävästi vaikuttava päätös, koska kasvun edetessä rehun sulavuus laskee, mutta sadon määrä kasvaa. Säilörehun sulavuus vaikuttaa rehun energia- ja valkuaisarvoihin ja syöntipotentialiin eli lehmät syövät enemmän sulavuudeltaan parempaa rehua kuin huonosti sulavaa (Rinne ym 2008a). Sulavuus siis ratkaisee tuotantovaikutuksen. Huhtasen ym. (2004, s. 29) mukaan tutkimuksissa maitotuotot osoitettiin olevan jopa seitsemän kiloa päivässä käytettäessä sulavuudeltaan hyvän ensimmäisen sadon ja sulavuudeltaan huonon toisen sadon rehuja. Säilörehun sulavuutta kuvaa D-arvo, joka tarkoittaa sulavan orgaanisen aineen pitoisuutta rehun kuiva-aineessa. Rehutaulukoissa D-arvon yksikkö on g/kg ka (MTT 2010).

Rehupanos on keskeisin tuotantopanos maidontuotannossa (Ryhänen ym. 1996, s. 75-77). Rehujen osuus maidontuotannon kustannuksista on noin kolmannes (Peltonen 2010). Taloudellisesti parhaan ruokintastrategian valinta riippuu vallitsevista hintasuhteista, toimintaympäristöstä, tuotannon tavoitteista ja intensiivisyydestä sekä yksittäisen tilan ominaispiirteistä. Taloudellisen tuloksen kannalta optimiratkaisut voivat olla erilaisia eri tiloilla (Huhtanen ym. 2004, s. 18). Hintasuhteiden muutokset voivat muuttaa taloudellista optimiratkaisua merkittävästi. Huhtanen ym. (2008, s. 2) arvioivat, että sekä viljan että maidon hintavaihtelut todennäköisesti lisääntyvät, mikä lisää mielenkiintoa taloudellista optimointia kohtaan.

Lypsylehmien ruokinnan järjestäminen on maitotilan peruskysymys. On kiinnostavaa tietää, millainen vaikutus säilörehun korjuuajalla on ruokintaan ja viimein maitotilan talouteen. Rationaalisesti toimiva maidontuottaja tavoittelee toiminnassaan parasta mahdollista taloudellista tulosta. Tuotan-

to- ja kustannusteorian mukaan yrittäjä maksimoi voittoa ja/tai minimoi kustannuksia päästäkseen tähän tavoitteeseen (Debertin 1986). Huhtasen ym. (2008) mukaan ruokinnan taloudellinen optimi on hahmotettava, jotta voidaan ymmärtää, miten tilan omaa rehuntuotantoa on kehitettävä. Tavoitteena on maidontuotannon talouden parantaminen. Keskeinen kysymys onkin, miten säilörehuprosessi ja maidontuotantoprosessi toimivat maitotilalla yhteen.

## 1.2. Tutkimuksen tavoitteet

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten säilörehun korjuuajan valinta vaikuttaa maitotilan talouteen. Työssä pyritään maksimoimaan lyhyen aikavälin tilatason taloudellista ylijäämää etsimällä kullakin säilörehun sulavuuden tasolla lypsylehmien ruokintaan optimaalista säilörehuväkihuyhdistelmää. Tarkasteltavat ruokintavaihtoehdot perustuvat siis D-arvoltaan erilaatuisiin säilörehuihin.

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Millä säilörehun korjuuajastrategialla saadaan paras mahdollinen taloudellinen ylijäämä maitotilalla?
2. Miten vaihteleva viljan hinta ja maitotilan viljelypinta-ala eläinyksikköä kohti vaikuttavat säilörehun korjuuajan valintaan?

Tutkimuksessa verrataan neljän eri korjuuajastrategian paremmuutta maitotilan talouden kannalta. Tarkastelussa on mukana kaksi vakioitua maitotuotostasoa, 9 000 kg ja 10 000 kg. Laskelmat laaditaan vuoden 2009 hinta- ja tukitasossa.

Optimointi tarkoittaa taloudellisesti parhaan vaihtoehdon valitsemista olemassa olevien tuotantomahdollisuuksien joukosta. Tätä työtä varten rakennettiin lineaarinen optimointimalli, jonka tavoitefunktio on ylijäämän maksimointifunktio. Biologis-fyysiset riippuvuussuhteet määritettiin MTT Maaningan vuosien 2009–2010 maidontuotantokokeiden, kirjallisuuden sekä MTT Maaningan ja MTT Siikajoen vuoden 2009 säilörehunkorjuukokeiden perusteella.

Luvussa 2 käydään läpi säilörehun korjuuajan valintaan vaikuttavia tekijöitä ja kuvataan säilörehuprosessi maitotilalla. Luvussa 3 syvennytään lypsylehmien ruokintaan vaikuttaviin taloudellisiin tekijöihin ja esitetään tämän tutkimuksen teoreettinen viitekehys. Tutkimusaineisto esitellään luvus-

sa 4, jonka jälkeen luvussa 5 kuvataan lineaarinen optimointi tutkimusmenetelmänä ja miten tässä työssä käytettävä malli on rakennettu. Luvussa 6 esitellään mallin avulla saadut tulokset. Lopuksi luvussa 7 esitetään johtopäätökset.

## 2. Säilörehun korjuuajan valinta

### 2.1. Säilörehuprosessi maitotilalla

Säilörehu on maidontuotannossa panos, jonka käyttömäärä määräytyy maidontuotantoprosessissa. Kasvintuotannossa säilörehu on puolestaan tuote, joka kilpailee kasvintuotannon tuotantopanoksista etenkin pellon osalta. Nurmirehut tuotetaan pääsääntöisesti tilalla, jolla ne käytetään. Näin ollen ne poikkeavat muista tuotantopanoksista (Sipiläinen ja Ryhänen 2000). Sadon määrällä on merkittävä vaikutus rehun hintaan ja rehujen riittävyyteen karjan ruokinnassa (Rinne ym. 2010). Tilakohtaisesti on päätettävä, kuinka monta satoa tilalla on tarkoitus nurmesta tavoitella. Peltosen (2010) mukaan ensimmäinen sato on tyypillisesti runsain ja siihen on myös panostettava eniten. Käytännössä kuitenkin maatilat korjaavat usein kaksi ja jopa kolme nurmisatoa. Karjatilan ruokinnan suunnittelua ja tilan taloutta kokonaisuutena ajatellen koko kasvukauden aikana kertyneet nurmisadot ovat ratkaisevia (Rinne ym. 2000).

Säilörehun määrälle ja laadulle on asetettava tavoitteet tilakohtaisesti nurmialan ja karjamäärän mukaan. Jos nurmiala ei rajoita tilan maidontuotantoa, nurmi kannustetaan korjaamaan varsin nuorena. Jos nurmialaa on puolestaan vähän tai sadonmuodostus on huono, korjuuta on siirrettävä myöhemmäksi riittävän rehumäärän saamiseksi (Nousiainen ym. 2010, s. 71-78.)

Puurusen ja Meron (2010, s. 7-11) mukaan nurmiviljely on hyvä suunnitella useamman vuoden aikajänteellä, jolloin viljelyssä on samanaikaisesti yhtä suuret pinta-alat eri-ikäisiä nurmia sekä uudistusvaiheessa olevia nurmia. Tilalla voi olla useita nurmikiertoja. Suurin osa nurmista on monivuotisia ja ne uudistetaan 3-4 vuoden välein (Virkajärvi ja Pakarinen 2010, s. 25-30). Säilörehu korjataan joko tuoresäilörehuna tai esikuivattuna säilörehuna. Suuret rehumäärät korjataan esikuivattuna säilörehuna. Menetelmistä tuoreen säilörehun osuus onkin vähentynyt noin 20 prosenttiin korjatusta säilörehusta esikuivatun rehun yleistyessä. Syinä ovat mm. rehun sulana pysyminen ja korjuukapasiteetin kasvu, kun veden siirto pellolta varastoon vähenee. Esikuivatun säilörehun korjuussa haasteita tuovat kuitenkin mm. sääolot, työn monivaiheisuus ja konekustannukset (Suokannas ym. 2010, s. 77-85).

Nurmi niitetään yleisimmin niittomurskaimella, jonka jälkeen sato korjataan joko tarkkuussilppurilla, paalaimella, noukinvaunulla tai ajosilppurilla. Rehunkorjuuta voidaan tehostaa yhdistämällä niitettyjä karhoja karhottimella. Tämä tuo yhden työvaiheen lisää, mutta säästää puolestaan ajokertoja

varsinaisessa korjuutyövaiheessa. Säilörehu varastoidaan joko katettuihin tai kattamattomiin laakasiiloihin, pyörö- tai kanttipaaleihin, tornisiiloon, aumaan tai salvosiiloihin. Rehumassojen korjuu, varastointi ja jatkokäsittely on huomattava haaste maitotilojen toiminnalliselle suunnittelulle. Säilörehunkorjuusta onkin tullut yleisin yhteistyö karjatilojen välille (Karttunen 2004, s. 18-31; Peltonen ym. 2003; Karttunen ym. 2004; Suokannas ym. 2010, s. 77-85).

Rehunkorjuu on Karttusen ym. (2004) mukaan viljanpuinnin jälkeen toiseksi yleisin urakoitsijalla teetettävä työ. Rehunkorjuun urakointi voidaan sopia yksittäisistä töistä koko rehunkorjuun kattavaksi. Urakointi antaa mahdollisuuden tehokkaaseen koneketjuun ilman omien koneiden hankintaa, mutta toisaalta urakoinnin haasteena on töiden ajoitus ja tilausten ajankohta. Tehokas koneketju voidaan rakentaa myös viljelijäyhteistyöllä, mikä vaatii suunnittelua ja luottamusta.

Rehunteon onnistuminen etenkin ensimmäisen sadon osalta on usein kiinni viikosta, jopa päivästä. Tuona lyhyenä aikana säilörehuprosessiin kohdistuu useita riskejä, esimerkiksi henkilöriski, sääriski, konerikot ja epäonnistunut säilöntä. Karttusen ym. (2004) mukaan korjuu- ja käsittelyketjun huolellinen suunnittelu ja toteutus ovat keskeisiä keinoja tuotannollisten riskien hallitsemisessa. Lisäksi säilöntäainetta tulee käyttää riittävästi ja tehdä rehuanalyysi. Säilörehun laatu muodostuu sekä kasvimassan koostumuksesta korjuuhetkellä että säilönnän aikana tapahtuvista muutoksista. Korjuuajan valinnalla voidaan säädellä rehun ravitsemuksellista laatua, johon vaikuttavat D-arvo, energia-arvo, kuitupitoisuus ja rehun valkuaisarvo. Säilönnällinen laatu pitää sisällään yksittäisistä tekijöistä rehun happamuuden, liukoisen typen, sokeripitoisuuden, ammoniakkitypen ja haihtuvat rasvahapot. Onnistunut säilöntä mm. varmistaa rehun käytön turvallisuuden (Rinne ja Sairanen 2010, s. 16-20; Rantala 2007, s. 38-41).

Säilörehuntuotanto maitotilalla vaatii suunnitelmallisuutta ja huolellista työtä myös pitkällä aikavälillä. Tällaisia pitkän aikavälin toimia ovat pellon kasvuolosuhteiden kuntoon saattaminen, vesitalouden ja pH-arvojen parantaminen sekä huolellinen rikkakasvien torjunta (Heikkinen ym. 2007). Pellon kasvukunnon ja vesitalouden parantaminen ovat keinoja rehusatojen lisäämiseen. Näin voidaan myös vähentää ostorehujen tarvetta ja pienentää ravinneylijäämiä (Huhtanen 2004b, s. 33-35).



## 2.2. Säilörehun sulavuus

Nurmirehun korjuuaika vaikuttaa sekä korjatun sadon määrään että rehun sulavuuteen. Säilörehun sulavuus vaikuttaa rehun energia- ja valkuaisarvoihin ja syöntipotentiaaliin eli lehmät syövät enemmän sulavuudeltaan parempaa rehua kuin huonosti sulavaa (Rinne ym. 2008). D-arvo tarkoittaa sulavan orgaanisen aineen määrää kuiva-aineessa. Sulavuus voidaan ilmaista orgaanisen aineen sulavuutena tai D-arvona (Artturi 2010). Yksiköinä käytetään SI-järjestelmän mukaista grammaa per kilogramma –yksikköä, mutta D-arvo ilmaistaan usein myös prosentteina.

Kevätkasvu ja syyskasvu poikkeavat toisistaan, sillä päivittäinen säteilysumma on kesän edetessä erilainen. Alkukesästä juhannukseen päivittäinen säteilysumma suurenee ja lehtien yhteyttämiskyky on korkea. (Virkajärvi ja Pakarinen 2010, s. 27-30.) Kasvun edetessä sadon määrä kasvaa, mutta toisaalta rehun sulavuus laskee. Nurmikasvien kehitys on alkukesällä erittäin nopeaa, joten D-arvokin laskee varsin johdonmukaisesti (Rinne ym. 2010). Toisen sadon kehittyessä tilanne on muuttunut, sillä päivittäinen säteilysumma alenee. Syysrehun D-arvon muutokset ovat usein hitaampia ja vaikeammin ennustettavia verrattuna kevätsatoon (Virkajärvi ja Pakarinen 2010). Nämä tekijät tuovat haasteita korjuuajan aloittamis päätökseen.

D-arvon kehityksestä voidaan antaa suuntaa-antavia ennusteita hyödyntämällä lämpösummaa. Artturi Korjuuaikatiedotuksen (Artturi 2010) nyrkkisääntö viljelijöille on 69 prosentin D-arvo. Karkeasti sanottuna mitä korkeampi D-arvo on, sitä enemmän lehmät lypsävät ja sitä vähemmän rehuanokseen tarvitaan väkirehua. Säilörehun D-arvo ei voi kuitenkaan olla juuri yli 760 g/kg ka edes teoriassa (Huhtanen ym. 2006, Rinne ym. 2008b). Nousiaisen ym. (2010, s. 71-76) mukaan D-arvon ei kannata antaa laskea alle 65-66 prosentin, sillä tämän tason alapuolella rehun syöntipotentiaali alkaa laskea huomattavasti. Käytännössä tilalla on erilaisia lohkoja, jolloin rehun laatua voi tasapainottaa korjaamalla aikaiset lohkot ensimmäisenä. Rinne ym. (2010, s. 3) muistuttavat, että korjuu-aikapäätöstä tehtäessä kiinnostavaa on nimenomaan se, mikä on korjatun rehun D-arvo eikä niinkään pellolla kasvavan nurmen.

Seppälän ym. (2002) maitotilan talouteen keskittyvässä tutkimuksessa suositeltiin korjaamaan ensimmäinen säilörehusato, kun säilörehun D-arvo on 67-71 prosenttia. Taloustarkastelun näkökulmana oli pitkä aikaväli. Erot maitotuoton ja rehukustannuksen erotuksissa eli ylijäämissä muodostuivat kuitenkin pieniksi eri D-arvoisilla kevätsäilörehuilla. Seppälän ym. (2002) mukaan pelkän

ensimmäisen sadon D-arvon tunteminen ei riitä korjuuajankohdan suositukseksi, sillä kevät- ja syys sadon laadun kehitykset ovat erisuuntaiset. Sadot siis kompensoivat toisiaan (Seppälä ym. 2002, s. 24-27). Wathén (2008, s. 48-50) päätyi tulokseen, ettei pitkällä aikavälillä korkean D-arvon tavoittelu ole kannattavaa.

Huhtasen ym. (2004, s. 29) mukaan säilörehun sulavuuden suhteen ei kannata pyrkiä äärimmäisyyksiin, koska muun muassa sadon määrä jäisi aikaisin korjattuna pieneksi. Kun nurmiala rajoittaa maidontuotantoa, ei kannata maksimoida rehun sulavuutta, vaan pyrkiä keskinkertaiseen laatuun ja suurempaan satoon ja käyttää enemmän väkirehua.

Laadultaan erilaiset rehuerät tuovat haasteita lypsylehmien ruokinnan suunnitteluun, sillä käytännössä lehmille on mahdollista syöttää vain yhtä rehuerää kerrallaan, ellei käytetä seosrehuruokintaa. Esimerkiksi ensimmäisen säilörehusadon korjaaminen myöhään johtaa siihen, että rehua kertyy määrällisesti paljon, mutta sen hyödyntäminen ruokinnassa tuottaa vaikeuksia (Rinne ym. 2000). Aikaisin korjattu ensimmäinen sato puolestaan johtaa toisen niiton osuuden kasvuun kokonaissadossa. Silloin lehmille syötetään suhteellisesti enemmän rehua, joka lypsättää huonommin. Saman D-arvon rehuilla toisen sadon maidontuotantopotentiaali on ensimmäistä niittoa heikompi. Toisen ja kolmannen korjuun säilörehusadoista ja niiden tuotantovaikutuksista tarvitaan vielä lisää tietoa.

### **2.3. Pellon käyttö maitotiloilla**

Maidontuotantotiloilla pellon käyttö on karkearehupainotteista. Kotieläinten ruokintaan käytetään tilalla tuotettuja rehuja ja toisaalta karjanlanta käytetään kasvien hyödyksi. Koska pellonkäyttö kytkeytyy voimakkaasti kotieläintuotantoon, se on otettava huomioon maidontuotantotilan päätöksenteossa. Kasvintuotannon optimituotokset määräytyvät myös maitotiloilla hintasuhteiden ja teknologian kautta (Ryhänen ym. 1996, s. 109). Karjan rehuntarvetta voidaan pitää rehuntuotannon suunnittelun lähtökohtana. Hyvällä nurmen satotasolla peltopinta-alaa tarvitaan luonnollisesti vähemmän. Nurmikierto suunnitellaan tilan tarpeita ja ominaispiirteitä vastaaviksi (Puurunen ja Mero 2010, s. 7-8).

Huhtasen ym. (2004, s. 18-29) mukaan oman rehuviljan tuottaminen on hyvä vaihtoehto, kun nurmialaa on maitotilalla riittävästi. He arvioivat myös tilan peltoalan suhteessa eläinmäärään ja karjakkoon vaikuttavan keskeisesti ruokintaan. Ruokintastrategia on siis kytköksissä maitotilan pellon

käyttöön. Lypsylehmien ruokintastrategia on valittava tilakohtaisesti, sillä jokaisella maitotilalla on omat ominaispiirteensä, kuten pellon saatavuus, jotka vaikuttavat esimerkiksi kotoisen rehun tuotantomahdollisuuksiin. Sen lisäksi karjojen eläinainees voi olla erilainen.

Ympäristövaikutuksiin on myös kiinnitettävä huomiota. Ulkopuolelta ostettavalla väkirehulla voi olla ympäristön kannalta haitallisia vaikutuksia ravinnekiertojen takia. Kun tila tuottaa itse suurimman osan karjan rehuista, myös karjanlanta käytetään tehokkaasti hyväksi (Huhtanen 2004b, s. 33-35, Ryhänen ym. 1996, s. 109).

Niemi ja Pietola (2001) tutkivat maitotilojen pellon käyttöä ja mm. rehualan allokointia nurmien ja rehuviljojen kesken. Tulosten mukaan rehuviljan ja ostorehujen hintojen aleneminen alensi rehuviljan viljelyalaa ja lisäsi ostoväkirehujen kysyntää. Lannoitteiden ja ostorehujen hintojen vaikutusta pellon allokointiin pidettiin vähäisenä. Sen sijaan maidontuotannon laajuus ja tilan kokonaispinta-ala vaikuttivat merkittävästi viljeltyjen kasvien pinta-alaan ja ostorehujen käyttöön. Karjan rehutarpeen ylittävät peltohehtaarit käytettiin rehuviljan tuotantoon. Tällöin suuret tilat tuottivat todennäköisesti pieniä tiloja useammin rehuviljaa myytäväksi tilan ulkopuolelle.

### **3. Lypsylehmien ruokintaan vaikuttavia taloudellisia tekijöitä**

Ruokintaa valittaessa voidaan rehukustannuksen lisäksi vaikuttaa osaltaan myös maitotuottoon, koska maidon tuottajahinta määräytyy valkuais- ja rasvapitoisuuden perusteella. Ruokinta vaikuttaa lehmän tuottaman maidon määrään ja koostumukseen. Rehut ja niiden koostumus vaikuttavat lypsylehmien syöntikykyyn ja rehun sulavuuteen ruoansulatuskanavassa, jotka määräävät ravintoaineiden saannin. Tämä kaikki vaikuttaa tuotoksiin (Huhtanen ym. 2008, s. 3). Tässä luvussa tarkastellaan rehujen ominaisuuksien lisäksi maidontuotannon rehukustannuksia ja maidon hinnan muodostumista.

#### **3.1. Väki- ja karkearehu lypsylehmien ruokinnassa**

Lypsylehmien ruokinnassa käytetään erilaisia ja erihintaisia karkea- ja väkirehuja. Rehut eroavat toisistaan mm. ravintosisällön perusteella, joten ne voivat korvata toisiaan vain tiettyynajaan asti. Väki- ja väkirehulla tarkoitetaan viljaa, valkuaisrehuja ja teollisuuden sivutuotteita, kuten esimerkiksi juurikasleikettä, rankkia ja mäskiä. Karkearehulla tarkoitetaan nurmiheinäkasveja tai nurmipalkokasveja, esimerkiksi apilaa. Ruokinnassa haetaan sopivaa karkearehun ja väkirehun suhdetta, jotta lehmä saisi rehuannoksesta riittävästi energiaa maidontuotantoon ja ylläpitoon. Karkearehu on lypsylehman ruokinnassa välttämättömyys, sillä lehmä tarvitsee karkearehun kuitua pötsin toiminnan ylläpitämiseksi (Mälkiä ym. 2006, s. 25-45).

##### **3.1.1. Rehujen ominaisuudet**

Märehtijöiden ruokintasuositukset perustuvat muuntokelpoiseen energiaan (ME), jonka yksikkönä on megajoule (MJ). Energian mittana on käytetty rehuyksikköä (ry), jolloin yksi rehuyksikkö vastaa 11,7 MJ muuntokelpoista energiaa. Rehuyksiköiden käytöstä on kuitenkin luovuttu vuonna 2010 ja vastaisuudessa energian mittana käytetään pelkästään megajoulea. Karkearehujen muuntokelpoinen energia lasketaan D-arvon avulla. D-arvo tarkoittaa sulavan orgaanisen aineen pitoisuutta rehun kuiva-aineessa (MTT 2010).

Energian lisäksi lehmä tarvitsee ruokinnassa valkuaisista mm. tuotantoon käytettävien aminohappojen saamiseksi (Mälkiä ja Huhtanen 2006, s. 14-24). Märehtijöiden rehujen valkuaisarvo ilmaistaan

kahdella tunnusluvulla OIV ja PVT. OIV tarkoittaa ohutsuolessa imeytyvää valkuaisa. Se on valkuaisen osa, jonka eläin voi käyttää tuotantoon ja ylläpitoon. PVT tarkoittaa pötsin valkuaisasetta ja se kuvaa rehun energian ja valkuaisen suhdetta. PVT arvo kuvaa rehun hajoavan valkuaisen riittävyttä pötsin mikrobien työntarpeeseen (Mälkiä ym. 2006, s. 30-37; MTT 2010). Väkirehun valkuaispitoisuuden lisääntyessä muuntokelpoisen energian suhde valkuaiseen paranee kudostasolla, jolloin maitotuotos lisääntyy. Tämä johtaa myös muiden ravintoaineiden tarpeen lisääntymiseen, jolloin rehun syöntikin lisääntyy (Ryhänen ym. 1996, s. 88-89).

Varhaisella kehitysasteella korjattu nurmi sulaa paremmin nautojen ruoansulatuskanavassa, koska nurmikasvien vanhetessa niiden soluseinäpitoisuus lisääntyy. Lisäksi varhain korjatun nurmikasvuston raakavalkuaispitoisuus on suurempi kuin myöhemmin korjatun nurmen (Rinne 1995, s. 8-9). Rinteen mukaan (2004) sulavuus tarkoittaa sitä, kuinka paljon eläin saa ruoansulatusprosessien avulla syömästään rehusta aineenvaihduntansa käyttöön ravintoaineita. Karkeasti sanottuna mitä korkeampi D-arvo on, sitä enemmän lehmät lypsävät ja sitä vähemmän rehuannokseen tarvitaan väkirehua. Nurmisäilörehun D-arvo on keskimäärin parempi ensimmäisessä niitossa kuin toisessa niitossa korjatun rehun (Huhtanen ym. 2006). Rinteen ym. (2008) mukaan lehmät myös syövät toisen sadon rehua vähemmän kuin ensimmäisen niiton rehua. Ero syönnissä oli keskimäärin noin 0,4 kg KA päivässä, kun erot sulavuudessa ja muissa syönnin vaikuttavissa tekijöissä on otettu huomioon. Huhtanen ym. (2008) muistuttavatkin, että huonommin sulava toisen sadon rehu kannattaa syöttää kasvaville hiehoille ja ummessa oleville lypsylehmille. Näin ensimmäisen sadon hyvä sulavuus hyödynnetään lypsylehmien ruokinnassa, mikäli rehua on riittävästi.

Rehuilla voi olla yhdysvaikutusta, joka tarkoittaa että rehujen vaikutus yhdessä käytettynä ei ole yksittäisten vaikutusten summa. Esimerkiksi yhdysvaikutus tuotostason ja väkirehun määrän välillä kertoo, onko väkirehun määrän muutoksella erilainen vaikutus eri tuotostasoilla. (Ryhänen ym. 1996, s. 85). Korvaussuhde puolestaan kuvaa sitä, kuinka paljon vapaasti syötetyn säilörehun syönti vähenee, kun väkirehua lisätään (Rinne ym. 2008b). Väkirehuannoksen lisääminen yleensä vähentää karkearehun syöntiä, mutta lisää syönnin kokonaismäärää. Nurmirehun syönti puolestaan lisääntyy, kun väkirehun valkuaispitoisuus kasvaa. Huhtanen ym. (2008, s. 6) mukaan valkuaisväkirehun määrää kannattaakin lisätä, kun varastossa on runsaasti säilörehua.

### 3.1.2. Ruokintavaihtoehdot

Erilaisilla rehuyhdistelmillä voidaan tuottaa sama maitomäärä (Heady ym. 1972). Ryhäsen ym. (1996, s. 75) mukaan lypsylehmien ruokinnassa voidaan käyttää useita eri dieettejä, koska rehut sisältävät useita eri ravintoaineita ja niistä voidaan koostaa eri ruokintoja. Näin ollen lyhyen aikajänteen päätöksenteossa on keskeistä löytää rehujen optimaalinen käyttö.

Erilaiset karkearehut tarvitsevat erilaisen väkirehutäydennyksen. Kun säilörehu on sulavuudeltaan hyvälaatuista, hyvin tuotoksiin voidaan päästä melko pienillä väkirehumäärillä. Säilörehun sulavuuden parantuessa väkirehulla saatava tuotoksen lisäys itse asiassa pienenee. Sulavuudeltaan huonompaa säilörehua joudutaan puolestaan täydentämään suuremmalla määrällä väkirehua samaa tuotostasoa tavoiteltaessa. Tässä tilanteessa väkirehulla on suurempi tuotantoa lisäävä vaikutus, koska syönnin korvaussuhde (säilörehun kuiva-ainesyönnin vähennys/ väkirehun kuiva-ainesyönnin lisäys) yleensä pienenee. Lisäksi nurmirehun sulavuuden huonontuessa ero säilörehun ja väkirehun energiapitoisuudessa kasvaa (Ryhänen ym. 1996, s. 88, Huhtanen ym. 2008, s. 3). Rinteen (1995) mukaan D-arvon huonontuminen yhdellä prosenttiyksiköllä vähentää maitotuotosta saman verran kuin väkirehun määrän vähentäminen yhdellä kilogrammalla. Rehun D-arvon huonontuminen yhdellä prosenttiyksiköllä pienentää myös suoraan maitotuotosta keskimäärin 0,5 kg päivässä (Rinne 2000).

Säilörehun huonoa sulavuutta ei voida täysin korvata väkirehulla, koska suuret väkirehumäärät aiheuttavat ongelmia lypsylehmille. Rungas väkirehuruokinta lisää mm. ketoosin, juoksumahan kiertymän ja sorkkakuumeen vaaraa (Huhtanen ym. 2008, s. 3, Ryhänen ym. 1996, s. 115).

Lypsylehmän tuotostasoa nostettaessa säilörehun ja väkirehun erilaiset yhdistämismahdollisuudet vähenevät. Tällöin myös tuotantopanosten keskinäisellä korvaamisella saavutettavissa olevat kustannussäästämismahdollisuudet vähenevät. Biologis-fyysisen maksimituotoksen lähellä panosten keskinäisellä korvaamisella voidaan saavuttaa vain pieniä kustannussäästöjä (Ryhänen ym. 1996, s. 107-108). Huhtanen ym. (2008, s. 6) mukaan tuotoksesta kannattaa tinkiä intensiteettiä vähentämällä silloin, kun varastossa oleva säilörehu on huonolaatuista ja väkirehun hinta korkea.

Nurmirehun laatu vaikuttaakin merkittävimmin maidontuotantoon (Huhtanen 2004a, s. 29-31). Esimerkiksi Kuoppalan ym. (2004) tutkimuksessa säilörehujen välinen ero maitotuotoksissa oli 4,5 kiloa päivässä, kun säilörehun D-arvo oli 70,4 prosenttia ja 64,4 prosenttia. Kyseisessä kokeessa

väkirehun osuus oli melko maltillinen, mikä lisäsi säilörehun laadun muutosten vaikutusta maidontuotantoon.

### **3.2. Rehukustannukset**

Maidontuotannon keskeisin tuotantopanos on rehupanos (Ryhänen ym. 1996, s. 75). Maatalouden kannattavuuskirjanpitotulokset vuodelta 2009 osoittavat, että yksistään ostorehukustannukset olivat lypsykarjatilojen kustannuksista suurin yksittäinen menoerä heti palkkavaatimuksen jälkeen (MTT Taloustohtori 2010a). Ostorehukustannukset muodostivat tarvikekustannuksista lähes puolet niin suurilla (70 ha) kuin pienilläkin (26 ha) lypsykarjatililla. Kannattavuuskirjanpitotulosten mukaan ostorehukustannusten osuus koko tuotantokustannuksesta oli noin 11 prosenttia.

Kannattavuuskirjanpitotuloksista ei voida suoraan määrittää kotoisten rehujen kustannusta, koska tuotantopanosien tarvikekustannuksiin voi sisältyä myös myyntiin tuotettavien rehujen kustannuksia. Peltonen (2010) esittää, että kotoisten rehujen osuus maidontuotannon kustannuksista on 17 prosenttia ja kaikkien rehujen osuus on noin kolmannes. Karkearehut ovat yleensä kotoisia rehuja. Luvut perustuvat Pro Agrian Lohkotietopankin tietoihin vuosilta 2004-2008. Peltosen (2010) mukaan ostorehukustannuksen osuus oli siten noin 16 prosenttia maidontuotannon kustannuksista, mikä on vuoden 2009 kannattavuuskirjanpitotilojen tulosta suurempi osuus. Erot lukujen välillä voivat johtua sekä erilaisista laskentaperusteista että vuosien välisistä eroista.

Karkearehun korkea tuotantokustannus on yksi keskeisimmistä suomalaisen maidontuotannon kilpailukykyä heikentävistä tekijöistä (Pekonniemi ym. 2004, s. 15-18). Usein peräänkuulutetaan esimerkiksi satotasojen nostamista, jotta nurmirehujen tuotanto tehostuisi (esim. Karttunen ym. 2004, s. 3; Peltonen ja Sairanen 2010, s. 11-13).

Jako muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin riippuu tarkastelujakson pituudesta. Pitkällä aikavälillä kaikki kustannukset ovat muuttuvia kustannuksia. Säilörehuntuotannon muuttuvat kustannukset koostuvat seuraavista eristä: siemenet, lannoitteet, torjunta-aineet, säilöntäaineet, säilöntämuovi, traktorityö, liikepääoman korko (Enroth 2009, s. 21). Kiinteisiin kustannuksiin luetaan kone-, rakennus- ja yleiskustannukset, pellon kustannukset sekä työkustannus. Säilörehun tuotantokustannuksista suurin kustannuserä on kiinteät kustannukset, joista merkittävin on konekustannus.

Ostorehut pitävät sisällään väkirehut, myös ostoviljan, kivennäiset, ostetut karkearehut ja vasikoiden juomarehut. Peltolan ym. (2010) tutkimuksessa ostorehukustannus suomalaisilla tyypillisillä tiloilla vaihteli reilusta 7 eurosta noin 9 euroon 100 tuotettua maitokiloa kohti laskettuna. Sekä kotoisten rehujen että ostorehujen kustannukset olivat Suomen tiloilla korkeammat 100 tuotettua maitokiloa kohti kuin vertailumaissa, jotka olivat Ruotsi, Tanska, Saksa ja Puola. Tämän arveltiin johtuvan mm. lyhyemmän kasvukauden tuomista korkeammista kone- ja kalusto- sekä rakennuskustannuksista ja alhaisemmista satotasoista.

Kotoisten rehujen kustannusten määrittämiseen on kiinnitettävä huomiota. Märehtijöiden ruokinnassa käytetään paljon tilalla tuotettavia karkearehujä, jotka ovat ns. markkinattomia rehuja. Ryhänen ym. (1996, s. 98-100) muistuttavat, että näiden rehujen hinnat voidaan määrittää usealla eri tavalla riippuen laskelman tavoitteesta ja päätöksentekotilanteesta. Vaihtoehtoisia tapoja karkearehun hinnoitteluun ovat esimerkiksi rehun markkinahinta, rehun hinnan johtaminen sen tuottamisesta aiheutuvista kustannuksista ja rehun vaihtoehtoarvo, joka määritetään vertaamalla rehun tuotantovaikutusta markkinoilla yleisesti esiintyvään rehuun kuten ohraan. Karkearehujen markkinat ovat pienet ja paikalliset, joten karkearehujen markkinahintaa on vaikea määrittellä. Tämän vuoksi tuotantokustannukset ovat usein rehujen hinnan peruste. Edelleen lyhyen aikajänteen päätöksenteossa karkearehujen hinnoittelussa käytetään muuttuviin kustannuksiin perustuvaa hintaa, koska useat tuotannontekijät ovat kiinteitä ja ne voidaan jättää tarkastelun ulkopuolelle. Pitkän aikavälin laskelmissa kaikki tuotantokustannukset on otettava huomioon hintaa laskettaessa (Ryhänen ym. 1996, s. 100; Seppälä ym. 2002, s. 8-12). Optimointiongelmassa ainoastaan muuttuvien panosten hinnat vaikuttavat optimin sijaintiin. Kiinteät panokset toimivat tällöin optimointiongelman rajoitteina (Debertin 1986, s. 330-346).

Hintasuhteiden muutokset vaikuttavat rehujen käyttöön ja taloudelliseen optimituotossmäärään (Ryhänen ym. 1996, s. 75). Ruokintastrategian valinta vaikuttaa rehukustannusten määrään. Ryhänen ym. (1996, s. 113) tulosten mukaan eri päätöksentekotilanteessa olevilla maidontuottajilla karkearehun ja väkirehun keskinäisellä korvaamisella saavutettavissa oleva kustannussäästö vaihtelee suuresti. Rehupanosten keskinäisellä korvaamisella ei kuitenkaan saavuteta kustannussäästöjä lyhyellä aikajänteellä.

Huhtanen ym. (2004, s. 18-20) muistuttavat, että maksimituotosten tavoittelu voimakkaalla ruokinnalla johtaa rehukustannusten nousuun maitolitraa kohti, koska rehun kulutus nousee voimakkaan



ruokinnan seurauksena. Maitoliträn tuottamiseen tarvittavan rehun kustannusta nostaa myös se, että usein korkeiden tuotosten tavoittelu edellyttää kalliimpien rehujen käyttöä.

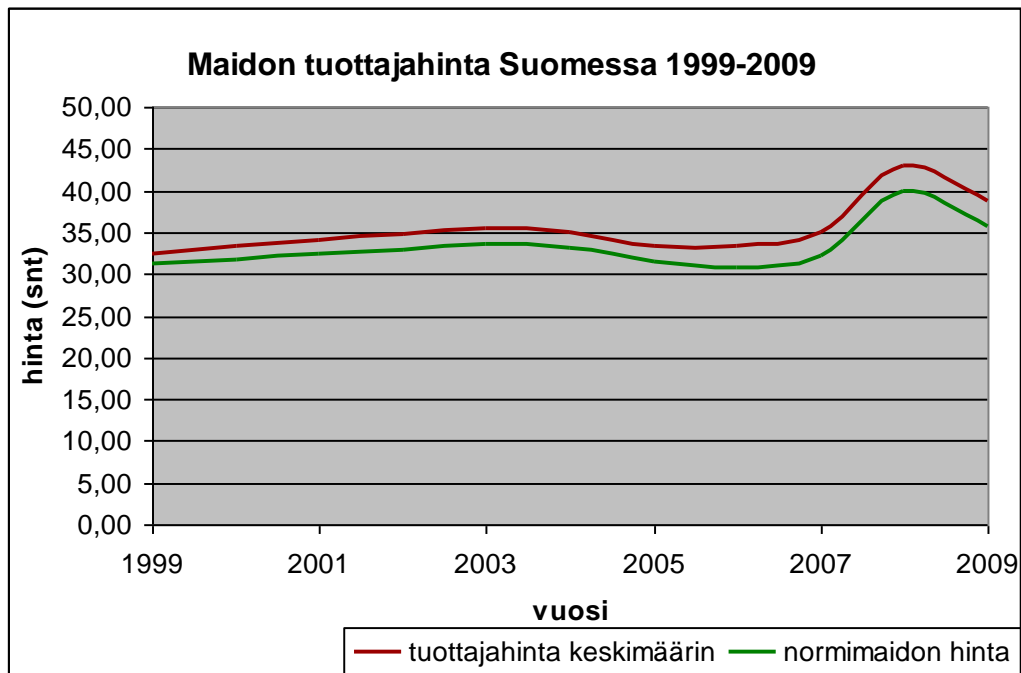
Huhtasen ym. (2008) tutkimuksessa optimoitiin lypsylehmien taloudellista rehuannosta tuotosvas-teisiin perustuen. Mallissa ruokinta optimoitiin joko dieetin minimihinnan tai maitotuoton ja rehu-kustannusten erotuksen perusteella joko litraa tai päivää kohti. Kyseinen maitotuoton ja rehukus-tannuksen erotuksen optimointi osoitti, että hintasuhteiden vaihdellessa ruokinnan intensiteettiä kannattaa muuttaa. Maitotuoton ja rehukustannuksen erotusta optimoimalla taloudellista tulosta on mahdollista parantaa 100-150 euroa lehmää kohti vuodessa verrattuna dieetin minimihinnan perus-teella tapahtuvaan optimointiin. 50 lehmän karjassa optimointi paransi tulosta lähes 3000 euroa vuodessa. Mallin mukaan liian vähän, mutta erittäin hyvää säilörehua tuottavan tilan kannattaa hie-man tinkiä sadon laadusta ennemmin kuin ostaa heinää kuidun minimitarpeen tyydyttämiseksi. Ky-seinen malli oli tarkoitettu lyhyen ja keskipitkän tähtäimen suunnitteluun ja säilörehun hintana käy-tettiin joko nolaa tai muuttuvaa kustannusta.

### **3.3. Maidon hinnan muodostuminen**

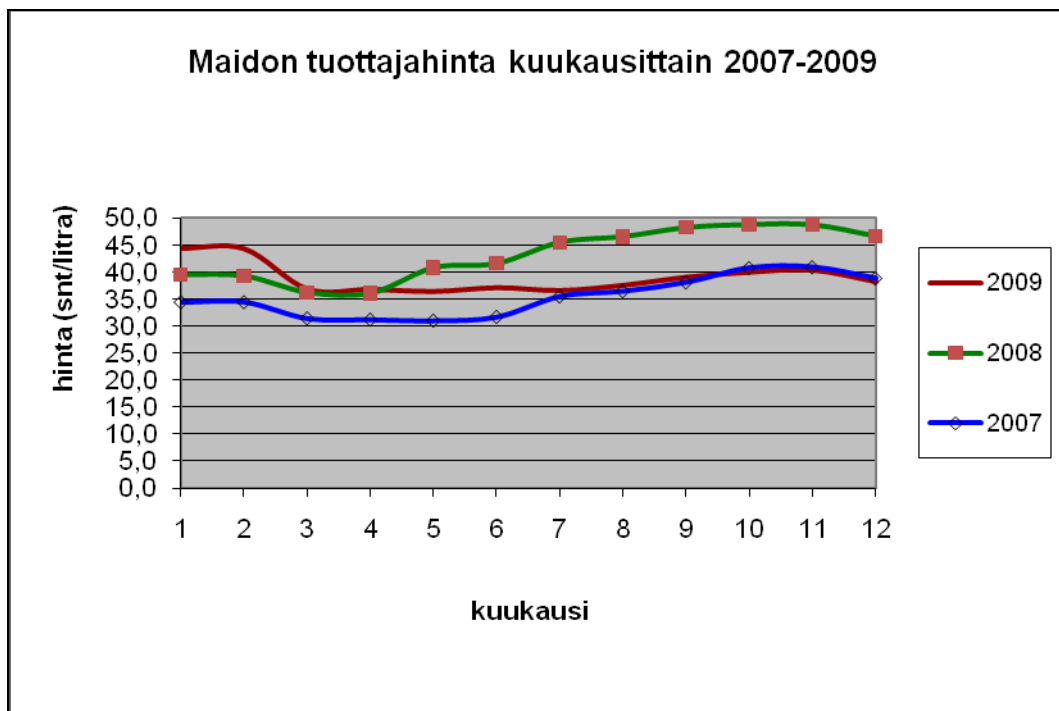
Maidon litrahinta muodostuu koostumus- ja laatuosista, jälkitilistä ja tuotantotuesta. Pääosan hin-nasta muodostaa perushinta, joka määräytyy maidon valkuais- ja rasvapitoisuuksien perusteella. Jälkitili maksetaan kalenterivuoden jälkeen meijerin tekemän tuloksen perusteella (Tike 2010a). Sekä jälkitili että tuotantotuki maksetaan litraperusteisesti.

Maidon keskimääräinen tuottajahinta Suomessa on vaihdellut kymmenen viime vuoden aikana noin 32 sentistä noin 43 senttiin litralta (Kuvio 1). Viimeisen kolmen vuoden aikana maidon hinnassa on tapahtunut voimakkaita vaihteluita markkinasuhdanteiden mukaan. Vuonna 2007 maidon hinta lähti nousuun ja saavutti huippunsa vuoden 2008 syksyllä, jolloin hintapiikin huippu oli keskimäärin 42,99 senttiä litralta. Vuonna 2009 maidon tuottajahinta putosi 10 prosenttia edellisestä vuodesta. Tuolloin maidosta maksettiin tuottajalle keskimäärin 38,82 senttiä litralta (Tike 2010b). Tuottaja-hinta keskimäärin tarkoittaa keskipitoisen maidon hintaa, joka sisältää laatuosan ja muut lisät. Hinta ei sisällä tuotantotukia eikä jälkitiliä. Normimaidon hinta tarkoittaa perushintaa I-luokan maidolle, joka sisältää 4,3 % rasvaa ja 3,3 % valkuaista. Kyseinen hinta ei sisällä laatuosaa, eikä muita lisiä. Myöskään tuotantotuet tai jälkitili eivät sisälly tähän hintaan (Tike 2010a). Maidon hinta on kor-keimmillaan syksyllä, jolloin meijerit maksavat maidolle kausilisää ylläpitääkseen tasaista raaka-

aineen saantia läpi vuoden. Vuonna 2009 maidon perushinta kuitenkin aleni edellisen vuoden hintapiikkiin jälkeen (Kuvio 2).



Kuvio 1. Maidon tuottajahinta Suomessa 1999-2009 (Tike 2010a).



Kuvio 2. Maidon tuottajahinta Suomessa kuukausittain 2007-2009 (Tike 2010a).

### 3.4. Maidontuotanto tilatason tuotantoteoreettisena ongelmana

Maidontuottajalla voi olla useita tavoitteita liiketoiminnassaan. Tuotanto- ja kustannusteorian lähtöoletuksena on, että rationaalisesti toimiva yrittäjä maksimoi voittoa ja/tai minimoi kustannuksia päästäkseen parhaimpaan taloudelliseen tulokseen. Voiton tavoittelu ei ole ainoa tavoite maidontuotannossa, mutta sen oletetaan olevan tärkein. Yrittäjän muita tavoitteita voivat olla esimerkiksi tietty yrityskoko tai mahdollisimman pieni velkataakka. (Debertin 1986; DeLorenzo ja Thomas 1996, s. 338-339.)

Maatalousyrittäjä pyrkii päätöksillään vaikuttamaan tuotantotoiminnan kannattavuuteen. Jos voiton kasvattaminen on mahdollista muiden tekijöiden pysyessä samoina, on taloudellista tehdä niin (DeLorenzo ja Thomas 1996, s. 338). Rationaalisesti toimiva maatalousyrittäjä tuottaa sen verran kuin vallitsevilla hintasuhteilla on kannattavaa tuottaa ja pyrkii päätöksillään vaikuttamaan tuotantotoiminnan kannattavuuteen (Ryhänen 1996, s. 9-10). Optimaalinen tuotantopanosten käyttömäärä ratkaistaan siten tuotantoteknologian sekä esimerkiksi kiintiöiden asettamissa rajoissa (Seppälä ym. 2002, s. 8). Maatilayrittäjän päätöksentekoa rajoittavat biologis-fyysiset rajoitteet, maatalon taloudelliset rajoitteet sekä epävarmuus tulevasta (Hazell ja Norton 1986, s. 9-10).

DeLorenzon ja Thomasin (1996, s. 337-345) mukaan klassinen tuotantoekonomia antaa hyvän lähestymistavan talouden optimointiin, sillä siinä on kysymys valinnoista. Koska taloustiede perustuu parhaimman vaihtoehdon valintaan tuotantomahdollisuuksien joukosta, on tiedettävä kaikki mahdolliset tuotantovaihtoehdot rajoitteiden vallitessa. Taloudellinen optimi määritetään hintasuhteiden perusteella tuotantomahdollisuuksien joukon rajapinnalta. Tuotantofunktio kuvaa tätä rajapintaa, jossa panosten käyttö on tehokasta. (Seppälä ym. 2002, s. 8) Ryhäsen ym. (1996, s. 96) mukaan lypsylehmien ruokinnan taloudellinen optimi edellyttää tietoa sekä rajakorvaussuhteesta että rajatuotoksesta. Rajakorvaussuhteella tarkoitetaan säilörehun kuiva-ainesyönnin vähenemistä (kg ka) lisättyä väkirehun kuiva-ainekiloa kohti.

Taloudellinen analyysi vaatii panos-tuotossuhteiden, hintojen ja määrien selvittämistä. Tämä vaatii biologis-fyysisten suhteiden ymmärrystä. Biologis-fyysinen todellisuus on erilainen eri tuotantolosuhteissa. Esimerkiksi Ryhänen ym. (1996, s. 82) toteavat, että luonnonolosuhte-erojen vuoksi ulkomailla maidontuotannossa käytettävä karkearehu poikkeaa ominaisuuksiltaan maassamme käytettävästä karkearehusta. Tarvitsemme Suomessa tehtyjä kokeita, jotta voimme ottaa huomioon pa-

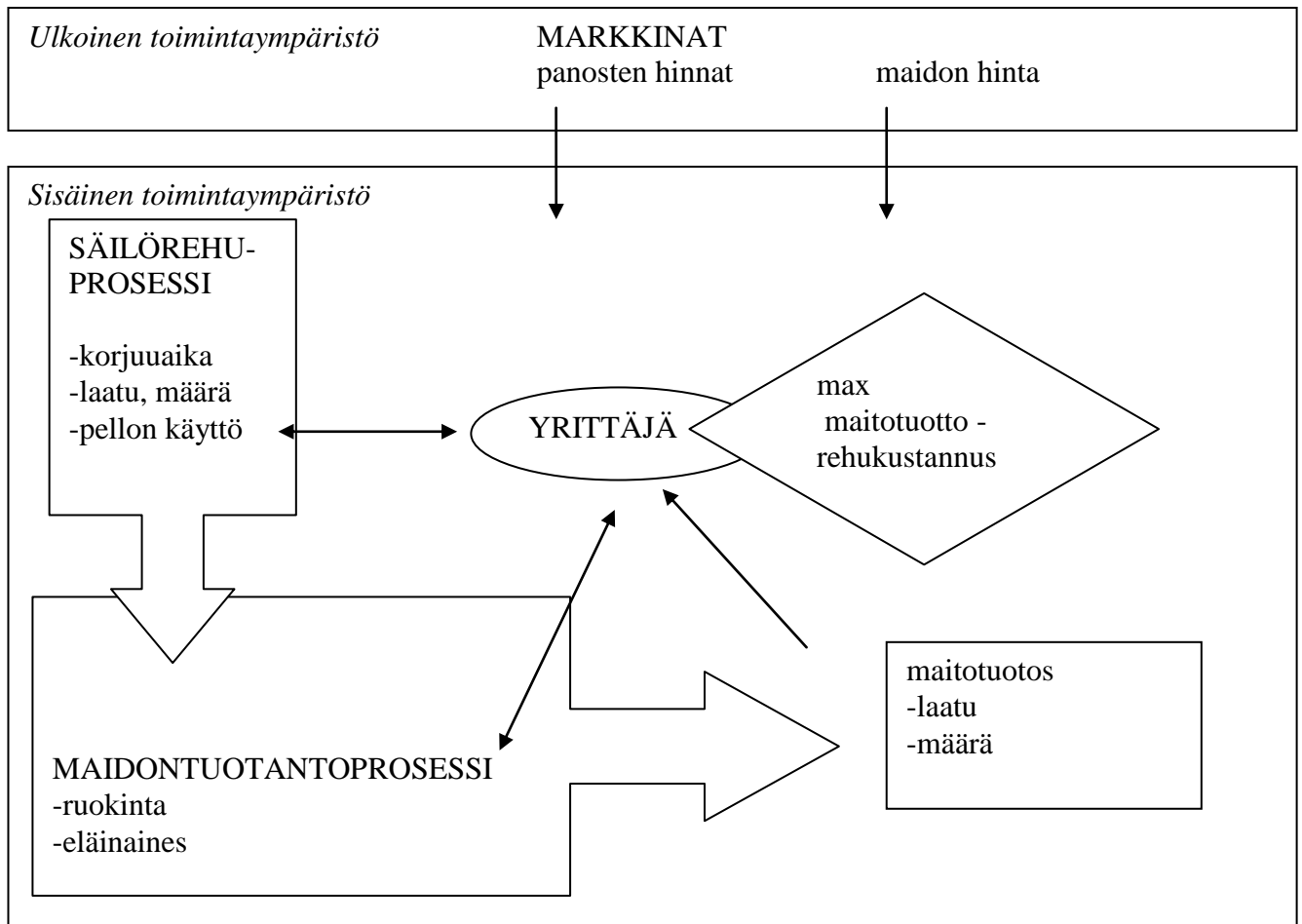
nos-tuotossuhteet pohjoisissa olosuhteissa. Maitotuoton ja rehukustannuksen erotuksen optimointi tulee tehdä tilakohtaisesti, sillä maitotilojen ominaisuudet ovat yksilöllisiä. Taloustiedot pitäisi arvioida tilakohtaisesti yksilöllisillä tiedoilla, ei keskimääräisillä oletuksilla (DeLorenzo ja Thomas 1996, s. 337; Seppälä ym. 2002, s. 33). Maidontuotantotilalla voi olla erilaisia rajoitteita esimerkiksi peltoalan suhteen, mikä rajaa tuotantomahdollisuuksia.

### **3.5. Tutkimuksen teoreettinen viitekehys**

Säilörehun korjuuajankohta vaikuttaa rehun määrään ja laatuun sekä välillisesti myös väkirehun tarpeeseen karjan ruokinnassa. Edelleen maitotiloilla tuotetaan karkearehu pääosin itse, eikä rehuntuotantoa voida perustaa markkinoilta hankittavan säilörehun varaan. Näin ollen säilörehun tuotantoa on tarkasteltava yhdessä maidontuotannon kanssa. Tämä mahdollistaa havainnot siitä, miten säilörehuntuotannossa tehtävät ratkaisut vaikuttavat maidontuotannon taloudelliseen tulokseen. (Seppälä ym. 2002, s. 10)

Huhtanen ym. (2008) esittivät, että maitotilan taloudellinen tulos riippuu paljon siitä, miten onnistuneesti rehun- ja maidontuotanto on onnistuttu integroimaan. Jotta maitotilan rehuntuotantoa pystytään kehittämään, on hahmotettava ruokinnan taloudellinen optimi, jotta voidaan ymmärtää muutostarpeet maidontuotannon talouden parantamiseksi. Tämä on haasteellinen tehtävä, koska vuosittaiset säävaihtelut vaikeuttavat yrittäjän keinoja sopeuttaa toimintaansa. Ennalta määriteltäisiin tavoitteisiin voidaan kuitenkin vaikuttaa myös kasvukauden ajan toimenpiteillä kuten korjuuajankohdan säätelyllä, lannoituksella tai rehuviljan korjaamisella kokoviljasäilörehuksi.

Tämän tutkimuksen lähtöoletuksena käytetään tuotanto- ja kustannusteorian mukaista oletusta yrittäjän voiton maksimoinnista ja kustannusten minimoinnista. Rationaalisesti toimiva maidontuottaja siis maksimoi maidontuotannon ylijäämää, jolla tarkoitetaan tässä maitotuoton ja rehukustannuksen erotusta. Kyseisen ylijäämän optimointi perustuu maidontuottajan oletettuun tavoitteeseen saada toiminnastaan paras mahdollinen taloudellinen tulos. Sisäisessä toimintaympäristössä maidontuottaja voi vaikuttaa sekä rehuprosesiin että maidontuotantoprosessiin. Yksittäinen maatalousyrittäjä ei voi vaikuttaa vallitsevaan hintatasoon, sillä tuotteiden hinnat määräytyvät joko tuotemarkkinoilla tai hallinnollisten interventiohintojen kautta (Ryhänen 1996, s. 9-10). Hinnan muodostuminen tapahtuu ulkoisessa toimintaympäristössä (Kuvio 3).



Kuvio 3. Tutkimuksen teoreettinen viitekehys.

Maatalousyrittäjä voi muuttaa lyhyellä aikajänteellä muuttuvien tuotantopanosten käyttöä. Pitkävaikutteisten panosten käyttö on tässä tutkimuksessa rajattu pois, sillä siihen ei voi lyhyellä aikajänteellä vaikuttaa. Tuotantopanoksia, joita ei voida muuttaa yhden vuoden aikana, pidetään kiinteinä. Näin kiinteät tuotantopanokset eivät vaikuta muuttuvien tuotantopanosten optimaaliseen käyttöön. Näin ollen tässä tutkimuksessa tarkastellaan muuttuvia tuotantopanoksia.

## 4. Tutkimusaineisto

Tässä työssä käytetyt maidontuotantotulokset perustuvat MTT Maaningalla tehtyyn kolmeen erilliseen ruokintakokeeseen sekä neljään aiempaan ruokintakokeeseen, jotka on selvitetty kirjallisuuden perusteella. Kaikissa seitsemässä ruokintakokeessa koetekijöinä oli säilörehun D-arvo ja vaihteleva määrä väkirehua. MTT Maaningalla tehdyt ruokintakokeet ovat osa EMR osittaisrahoituksella toteutettua Karjatilán kannattava peltoviljely (KARPE) –hanketta.

Näihin biologis-fyysisiin riippuvuussuhteisiin perustuen optimoitiin maidontuotannon ylijäämää käytettäessä D-arvoltaan erilaisia säilörehuja. Tässä tutkimuksessa verrattiin neljän eri korjuuajaka- strategian paremmuutta maidontuotannon ylijäämän kannalta. Optimointia rajoitti ennalta määritet- ty tuotantoteknologia ja hintasuhteet. Lisäksi optimoinnin ohella tarkasteltiin maitotilan pellon käyt- töä. Tässä tutkimuksessa kasvien käyttö rajattiin kotieläinten rehuiksi kasvatettaviin nurmikasveihin sekä rehuohraan, jota on mahdollisuus myös myydä. Laskelmat laaditaan vuoden 2009 hinta- ja tukitasossa.

### 4.1. Maidontuotantokokeet

Maidontuotantotulokset perustuvat MTT Maaningan kolmeen erilliseen ruokintakoetulokseen vuo- delta 2009 ja 2010 sekä neljään erilliseen aiempaan ruokintakoetulokseen, jotka on määritetty kir- jallisuuden perusteella MTT Maaningalla (Khalili ym. 2005; Kuoppala ym. 2008; Kuoppala ym. 2009; Rinne ym. 1999; Sairanen ym. 1999; Sairanen ym. 2009; Sairanen ym. 2010). KARPE- hankkeen maidontuotantokokeessa on tutkittu väkirehumäärän ja väkirehun valkuaispitoisuuden tuotosvastetta sulavuudeltaan erilaisten säilörehujen kanssa. Ruokintaan on käytetty säilörehuko- keiden maatilamittakaavan rehuja. Ruokintakokeessa on mitattu maitomääriä, maidon koostumusta sekä säilörehun syöntiä ja kuiva-ainesyöntiä. Maidontuotantokoejärjestelyt on esitetty liitteessä 1. Väkirehujen ja karkearehujen keskinäinen korvattavuus on määritetty MTT Maaningalla kyseisten ruokintakokeiden ja kirjallisuuden perusteella.

Aineisto analysoitiin käsittelykeskiarvoittain regressiomallilla, joka sisälsi väkirehumäärän, säilöre- hun D-arvon, väkirehumäärän ja D-arvon yhdysvaikutuksen sekä kokeen satunnaismuuttujana. Ai- neiston perusteella on laskettu korvaussuhteet väkirehumäärän ja säilörehun D-arvon välille siten, että maitotuotos pysyy vakiona D-arvon muuttuessa. Luvut ovat vapaan säilörehusyönnin lukuja.

Maitotuotos on vakioitu 29,6 kg EKM/ päivä 9 000 kg:n maitotuotostasolla ja 32,8 kg EKM/ päivä 10 000 kg:n maitotuotostasolla. Tuotostasoa nostettaessa väkirehun tuotosvasteeksi on oletettu 0,67 kg EKM/kg ka, kun D-arvo on 660 g/kg ka.

Taulukko 1. Energiakorjatun maitotuotoksen laskennassa käytettyjen parametrien keskivirheet ja merkitsevyystasot.

Parametrit			
Vaikutus	estimaatti	SEM	merkitsevyys
Intercept	-26.7123	17.1665	0.1707
väkirehun syönti kg ka	2.5835	1.9618	0.1947
säilörehun D-arvo	0.7631	0.2630	0.0058
yhdysvaikutus väkirehun syönti kg ka*säilörehun D-arvo	-0.02886	0.03021	0.3446

Väkirehun ja säilörehun D-arvon välistä korvaussuhdetta laskettaessa käytettävä lineaarinen regressioyhtälö on seuraava:

$$\text{Energiakorjattu maitotuotos (EKM, kg)} = -26,71 + 2,58 * V_r + 0,76 * S_rD - 0,029 * S_rD * V_r$$

Missä

$V_r$  = väkirehun syönti (kg ka)

$S_rD$  = säilörehun D-arvo (%)

Väkirehutaso ja säilörehun D-arvon välinen yhdysvaikutus on pidetty mallissa mukana huolimatta tilastollisen merkitsevyyden puuttumisesta, koska kyseinen yhdysvaikutus on muutoin tuotantokokeilla todistettu. Näihin tuloksiin perustuen kullekin tutkittavalle säilörehun korjuuvaihtoehdolle määritettiin kaksi eri ruokintaa, jolla lypsylehmä laskennallisesti ylittää joko 9000 kg:n tai 10 000 kg:n vuosituotokseen. Säilörehun D-arvon korvaussuhdetaulukot ja kokeiden käsittelyjen määrä on esitetty liitteessä 1. Parametrit perustuvat yksittäisten tutkimusten tuloksiin, ja siten talouslaskelmat ovat yleistettävissä vain käsillä olevan aineiston mukaiseen tilanteeseen.

Ruokintaa rajoittaa säilörehusta saatava NDF:n osuus, jonka on oltava tarpeeksi suuri. Ruokinnassa tulee olla vähintään 25-27 prosenttia karkearehusta peräisin olevaa NDF:a dieetin kokonaiskuiva-aineesta (Huhtanen 2003). Erittäin myöhään korjatun säilörehun käyttöön liittyy ruokinnan järjestämiseen liittyvä rajoitus. Tässä vaihtoehdossa satojen D-arvo on keskimäärin 650 g/kg ka, mutta

joukossa on myös ensimmäisen niiton rehua, jonka sulavuus on alhainen, 608 g/kg ka. Näin alhaisen sulavuuden säilörehua täydennetään hyvin suurella määrällä väkirehua jo 9 000 kg:n maitotuotostasolla, eikä 10 000 kg:n maitotuotos ole erillisruokinnassa mahdollista saavuttaa. Erittäin myöhään korjatun säilörehun syöttö onnistuu vain seosrehuruokinnassa, jossa eri niittojen sadot voidaan sekoittaa. Laskelmissa käytetään säilörehun korjuustrategian eri niittojen painotettua keskiarvoa, jolloin tilanne vastaa seosrehuruokintaa. Näin ollen tutkimuksessa käytettävät ruokintavaihtoehdot ovat lehmän terveyden kannalta teoriassa mahdollisia myös erittäin myöhäisen korjuu-aikastrategian osalta.

Ryhäsen ym. (1996, s. 84-85) mukaan change-over kokeet antavat kohtuullisen luotettavan kuvan väkirehulisän tuotantovaikutuksesta. Väkirehun määrän muutoksen aiheuttama rajatuotos pitäisi pystyä ennustamaan mahdollisimman tarkasti, jotta ruokinnan muutoksen taloudellisia vaikutuksia voidaan arvioida (Ryhänen ym. 1996, s. 92). Keskiarvon käyttäminen voi johtaa virheellisiin johtopäätöksiin, jos rajatuotos vaihtelee paljon. Silti keskiarvon käyttöä pidetään parempana vaihtoehtona kuin laskelmien perustamista erotustuotokseen, joka on laskettu rehutaulukoiden ja ruokintanormien perusteella.

## 4.2. Säilörehun korjuukokeet

Säilörehun korjuu-aikastrategiat on määritetty ensimmäisen niiton D-arvotavoitteen perusteella. Tutkimuksessa käytettävät korjuu-aikastrategiat ovat seuraavat:

- A. Aikainen säilörehunkorjuu kahdella niitolla. Ensimmäisen niiton D-arvotavoite 690 g/kg ka.
- B. Myöhäinen rehunkorjuu kahdella niitolla. Ensimmäisen niiton D-arvotavoite 650 g/kg ka.
- C. Erittäin myöhäinen rehunkorjuu kahdella niitolla. Ensimmäisen niiton D-arvotavoite 620 g/kg ka.
- D. Kolmen niiton rehunkorjuu. Ensimmäisen niiton D-arvotavoite 690 g/kg ka.

Laskelmissa käytetään eri niittojen D-arvojen painotettuja keskiarvoja, jotka on kuvattu liitteen 2 taulukossa. Satomittaukset perustuvat MTT Maaningalla ja MTT Siikajoella vuonna 2009 tehtyihin määrittäisiin. Strategioiden satomääritys perustuu ruutukokeisiin. Koeruuduilta tehtiin sadon määrää ja laatua selittäviä havaintoja. Korjuu-aikastrategioiden mukaiset niitot on tehty samanaikaisesti sekä maatalo- että koeruutumittakaavassa. Aineistokuvaus esitetään liitteessä 2.



Ruutukokeiden satotasot ovat maatilasatoihin verrattuna korkeammat. Koeaineistojen sadot suhteutetaan vastaamaan käytännön tilojen satoja, jotta tuloksia voidaan soveltaa käytännön tasolla. Tulokset on skaalattu 6500 ry tavoitetasolle suurimmalla sadolla, joka on kolmen niiton sato, ja muut strategiat ruutukokeista saatujen prosenttilukujen suhteessa tätä 6500 ry satoa pienemmäksi. Strategioiden suhteelliset erot pysyvät näin samoina kuin koeolosuhteiden tulokset. Säilöntätappioksi on arvioitu 10 prosenttia, mikä on lopuksi vähennetty skaalatuista satotasoista.

### **4.3. Hintatiedot**

Laskelmissa käytettävät hinnat määritettiin mahdollisimman tarkasti kuvaamaan maidontuottajan panoksista maksamia ja tuotteista saamia hintoja. Laskelmat laadittiin vuoden 2009 hintojen mukaan. Ostopanosten hintoina käytettiin vuoden 2009 helmikuun hintoja. Käytetyt osto- ja myyntihinnat on esitetty liitteessä 3.

Maataloustuet laskettiin täysimääräisinä vuoden 2009 tukitasossa C1-alueen mukaan. Koeaineiston keruupaikka Maaninka kuuluu C1-tukialueeseen. Tässä tutkimuksessa väkirehuna käytettiin ohrarypsi-seosta (80:20). Rehuohraa tuotettiin itse sekä ostetaan tai myydään tarpeen mukaan. Rypsi ostetaan tilalle. Rehuohran ja rypsin hintoina käytettiin Tiken tilastoimia maataloustuotteiden tuottajahintoja. Hintoihin lisätään rahdit. Maidon hintana käytettiin tuottajahintaa, jossa on huomioitu myös laatuosa, tuotantotuet sekä jälkitili. Lihan hintana käytettiin keskimääräistä lehmän lihan hintaa. (Tike 2010a)

Lyhyen aikavälin kustannuksista otettiin huomioon maidontuotannon ja hiehojen kasvatuksen muuttuvat kustannukset sekä säilörehun ja rehuohran tuotannon muuttuvat kustannukset. Lannoite-, kasvinsuojelu-, poltto- ja voiteluaine- ja muista lyhytvaikutteisista panoksista aiheutuvien kustannusten sekä liikepääoman koron lisäksi mukaan laskettiin työkustannukset, koska ne voivat olla erilaiset eri aikaan korjatulla säilörehulla. Edelleen eri ruokintavaihtoehtojen vaatima työpanoksen määrä otetaan laskelmissa huomioon. Käytännön tiloilla karkearehujen syöttäminen vaatii enemmän työtä kuin väkirehun syöttäminen. Oman työn arvona käytettiin 13 euron tuntipalkkaa, joka on vuoden 2008 yrittäjän palkkavaatimus lypsykarjatilalla (MTT Taloustohtori 2010b). Vuoden 2009 vastaavaa lukua ei ollut saatavissa analyysia tehtäessä. Korkovaatimuksena käytettiin 5 prosenttia. Laskelmat laadittiin eri ruokintavaihtoehdoille ja kahdelle eri maitotuotostasolle. Panosten käyttö perustui MTT Maaningan säilörehukokeessa käytettyihin panosmääriin ja maidontuotantokokeissa

käytettyihin ruokintatasoihin. Rehuohran osalta laskelmat perustuivat Maatalouden mallilaskelmiin (Enroth 2009). Kone-, rakennus- ja yleiskustannukset sekä pellon kustannukset oletettiin eri säilörehustrategioilla samaksi, joten niitä ei ole huomioitu lyhyen aikavälin laskelmissa.

## 5. Tutkimusmenetelmä

### 5.1. Lineaarinen ohjelmointi

Lineaarinen ohjelmointi (linear programming, LP) on matemaattinen tapa ratkaista tuotannon suunnitteluongelmia joko maksimoimalla tai minimoimalla tavoitefunktiota. Menetelmässä etsitään rajoitteiden vallitessa parasta mahdollista tilan toimintojen yhdistelmää, joka esimerkiksi maksimoi kokonaiskatetuottoa tai vastaavasti minimoi kustannuksia. Optimoinnissa tarvitaan tiedot tilan rajoitteista, tuotantomahdollisuuksista, tuotostasoista, resursseista sekä katetuotoista. Ratkaisussa osan panoksista voi jäädä kokonaan käyttämättä (Hazell ja Norton 1986, s. 9-14; Glen 1987, s. 659-660; James ja Eberle 2000, s. 133-146).

Tärkeimmät lineaarisen ohjelmoinnin oletukset ovat mm. Debertinin (1986, s. 330-346) ja Hazellin ja Nortonin (1986, s. 12-14) mukaan seuraavat:

1. Additiivisuus (Additivity). Kokonaistuotos on yhtä suuri kuin yksittäisten aktiviteettien tuotosten summa. Aktiviteettien keskinäinen yhteisvaikutus ei ole mahdollista.
2. Jaollisuus (Proportionality). Aktiviteettien tuotto ja resurssitarve yksikköä kohti ovat yhtä suuret riippumatta siitä, kuinka paljon aktiviteettia on käytetty.
3. Lineaarisuus (Linearity). Oletetaan, että käytettävät funktiot ja niiden rajoitteet ovat lineaarisia. Aktiviteetti tarkoittaa yhtä lineaarista riippuvuutta kerrallaan.

Sekä additiivisuus- että jaollisuusoletukset määrittävät lineaarisuuden vaatimuksen aktiviteeteille. Tästä tulee myös menetelmän nimi lineaarinen optimointi. Additiivisuus- ja jaollisuusoletukset johtavat koko tilan aggregoituun tuotantofunktioon  $Z = F(b)$ , jonka arvot riippuvat tavoitefunktioista  $Z$  sekä resursseista  $b$ , jolla on vakioskaalatuotot. Esimerkiksi kiinteiden resurssien lisääminen  $k$ :lla kasvattaa myös tavoitefunktion arvoa  $k$ :n verran:  $f(kb) = kf(b) = kZ$ . Lineaarisen optimointi tuottaa ratkaisun, jossa jokaisen  $b_i$ :n summa kerrottuna rajatuotoksellaan on yhtä kuin tavoitefunktion  $Z$ :n arvo. Tämä tunnetaan nimellä Eulerin teoreema (Hazell ja Norton 1986, s. 12-14).

Muita lineaarisen ohjelmoinnin oletuksia ovat:

4. Optimointi (Optimization). Tavoitefunktiota oletetaan joko maksimoitavan tai minimoitavan.
5. Rajoittuneisuus (Fixedness). Ainakin yhdellä rajoitteella tulee olla nollasta poikkeava arvo.

6. Rajallisuus (Finiteness). Jotta ratkaisu voidaan löytää, aktiviteetteja ja rajoitteita on oltava rajallinen määrä.
7. Määriteltävyys (Determinism). Kaikkien mallin parametrien tulee olla tunnettuja.
8. Samankaltaisuus (Homogeneity). Saman resurssin ja aktiviteetin yksiköt ovat identtisiä. Ell-ei näin ole, on luotava useita aktiviteetteja.
9. Ei-negatiivisuus (Nonnegativity) Negatiivisia arvoja panoksissa tai tuotoksissa ei hyväksytä.

Tilan tuotantoprosessien ei tarvitse täyttää lineaarisuuden vaatimuksia, vaan ominaisuudet koskevat LP-mallia. Epälineaaraisia riippuvuuksia voidaan mallintaa luomalla malliin useita vaihtoehtoisia aktiviteetteja, joilla on keskenään erilaiset panos-tuotossuhteet. Näin voidaan tehdä paloittaista approksimaatiota tuotantoprosessista, jossa on esimerkiksi vähenevät lisätuotot. (Hazell ja Norton 1986, s. 14; James ja Eberle 2000, s. 140-141.)

Tilatazon mallissa laskentarutiinia on niin paljon, että se tehdään tietokoneohjelmilla. Monissa taulukkolaskelmaohjelmissa voi tehdä lineaarista ohjelmointia. Ohjelman laskentarutiini käy läpi tutkijan asettamat vaihtoehdot ja menetelmä valitsee tuotannonhaarat ja niiden yhdistelmät, jotka maksimoivat katetuoton. LP-menetelmä on siten katetuottomenetelmää tehokkaampi tapa löytää erilaisen tuotannonhaarojen optimaalinen yhdistelmä. Mallin tarkoituksena on kuvata päätöksentekotilannetta ja usein malli auttaakin suoraan päätöksentekijää kuvaamalla taloudellisia vaihtoehtoja. Tavoiteyhtälö kuvaa päätöksentekijän tavoitetta, joka tässä tapauksessa on maidontuottajan ylijäämän maksimointi.

LP-menetelmä tuottaa sivutuotteena tietoa rajoittavista tai ylijäävistä resursseista. Optimiratkaisun lisäksi saadaan selville, mistä resursseista on pulaa ja mitkä ovat ylijääneiden aktiviteettien laajuudet ja varjohinnat. Esimerkiksi Microsoft Excel-ohjelmassa LP-mallin taulukkolehden ”Allowable Increase” ja ”Allowable Decrease” osoittavat vaihteluvälin, jolla kyseisen aktiviteetin kerroin voi vaihdella ennen kuin optimikantaratkaisu muuttuu. Erittäin jäykät ratkaisut ovat tyypillisiä kotieläintuotantoa sisältäville LP-malleille. Kasvinviljelyn tuotannonhaaroja sisältävissä malleissa ratkaisut voivat olla herkkiä jo pienillekin hintamuutoksille. (Ryhänen ym. 2003, s. 130-158.)

Matemaattisten mallien käyttö maataloustuotannon suunnittelussa on hyvin yleistä (Glen 1987). Mallia valittaessa on ymmärrettävä kyseisen menetelmän oletukset ja rajoitteet sekä tutkimuksen kysymysten asettelu. Ekmanin (2002, s. 12-18) mukaan esimerkiksi simulointimallit ovat helpompia kehittää ja ymmärtää kuin matemaattisen ohjelmoinnin mallit tai ekonometriset mallit. Simu-

lointimalleilla on mahdollista käsitellä monimutkaisia ongelmia, mutta silloin päätösmuuttujien tunteminen etukäteen on vaikeaa. Tämän vuoksi menetelmä ei sovellu hyvin optimointiongelman ratkaisuun. Ekonometrinen lähestymistapa tuottaa puolestaan tietoa siitä, kuinka selittävät muuttujat vaikuttavat lopputulokseen. Tämä tapa vaatii paljon aineistoa, mikä voi olla ongelmallista. Matemaattisen ohjelmoinnin mallit, kuten lineaarinen ja dynaaminen ohjelmointi soveltuvat Ekmanin mukaan hyvin optimointiongelmiin tutkimiseen, mutta haittana on se, että mallit sisältävät paljon aktiviteetteja ja informaatiota. On osattava ottaa huomioon useita vaikuttavia tekijöitä. Tuotantofunktioihin perustuvaa lähestymistapaa on kuitenkin käytetty usein optimointiongelmissa, joissa vain yksi tutkittava tekijä vaihtelee.

Mallit sisältävät usein paljon yksityiskohtaista tietoa, mikä lisää virhemahdollisuuksia. Maidontuotannon kuvaamiseen käytettävät matemaattiset funktiomuodot kertovat hypoteettisesta tilanteesta. Käytännössä esimerkiksi rehujen käyttö vastaa harvoin hypoteettista tilannetta, koska mm. eläimen syömien rehujen tuotosvaste on erittäin monimutkainen ja koe- ja mittausjärjestelyt ovat alttiita virheille. Matemaattista mallintamista voidaan hyödyntää maidontuotannon biologis-fyysisten riippuvuussuhteiden selvittämiseen. Näin ollen malli voi toimia päätöksenteossa yhtenä apuvälineenä mallintamisen puutteista huolimatta (Ryhänen ym. 1996, s. 79-80).

## **5.2. Optimointimallin oletukset ja rajoitteet**

Optimointitehtävissä on ymmärrettävä oletusten ja rajoitteiden vaikutus lopputulokseen. DeLorenzo ja Thomas (1996, s. 337-339) muistuttavat, että optimoitaessa tehdään rohkeita oletuksia asioista, jotka ovat käytännössä epätäydellisiä. Oletukset koskevat saatavilla olevaa tietoa ja sen laatua ja määrää sekä yrittäjien kykyjä. Tästä johtuen optimointi aiheuttaa päätöksentekijälle riskejä, joita voitaisiin lieventää esimerkiksi luomalla eri vaihtoehtoja tai ennusteita, jotka ottavat huomioon riskin suuruuden. Mitä kokonaisvaltaisempi kuvaus on, sitä enemmän optimointi auttaa päätöksentekijää. James ja Eberle (2000, s. 137) jaottelevat tuotannon suunnitteluongelman rajoitteiksi työn, maan ja pääoman saatavuuden lisäksi myös institutionaaliset tekijät sekä yrittäjään liittyvät psykologiset ja persoonalliset tekijät.

DeLorenzo ja Thomas (1996) painottavat, että mallien talouslaskelmat tulisi tehdä tilatason yksilöllisillä tiedoilla, eikä perustuen keskimääräisiin biologis-fyysisiin suhteisiin tai tuotantokäytäntöihin. Talousanalyysi vaatii panos-tuotossuhteiden, hintojen ja määrien sekä toiminnallisten suhteiden

selvittämistä. Nämä tulee sisältyä taloudellisiin malleihin. Itse malli ei ole talousteoriaa, vaan laskentarutiini. Taloustieteen periaatteet on etukäteen kytkettävä malliin mm. tuotostasojen ja panoskäytön osalta.

Tässä työssä selvitettiin lineaarisen optimointimallin avulla, millä säilörehun korjuuajakastrategialla maitotilalla päästään parhaimpaan taloudelliseen ylijäämään vuositasona. Ylijäämä laskettiin tuottojen ja kustannuksen erotuksena niin, että tuottoihin sisältyvät maidosta, lihasta ja muista mahdollisesti myytävistä tuotteista, kuten vasikoista ja rehuohrasta saadut tuotot. Kustannuksiin luettiin vuoden aikana kertyvät muuttuvat kustannukset työkustannuksineen, jotka aiheutuvat säilörehun ja rehuohran tuottamisesta, maidontuotannosta sekä hiehojen kasvatuksesta lypsylehmiksi. Muuttuviin kustannuksiin perustuvat LP-katteet on esitetty liitteessä 4.

Tarkastelujaksona oli yksi vuosi, joten laskelmissa käytettiin lyhyen aikavälin suunnittelujaksoon perustuvia oletuksia (taulukko 2). Optimoinnilla haettiin parasta taloudellista ylijäämää eri ruokintojen vaihdellessa. Herkkyysanalyysin kautta tutkittiin erilaisten hintojen ja tuotosten vaikutusta lopputulokseen. Tässä työssä herkkyysanalyysin kohteena oli rehuohran hinta. Lisäksi tutkittiin, miten eläinmäärän ja peltoalan suhde eli tuotannon intensiivisyys vaikuttavat optimiratkaisuun.

Taulukko 2. Laskelmissa käytettävät oletukset.

Tarkastelun aikaväli	lyhyt aikaväli, 1 vuosi
peltoala, ha	kiinteä
säilörehun hinta, €/ry	muuttuvat kustannukset
viljan hinta, €/ry	markkinahinta
kotieläin- ja kasvinviljelyn tuet	mukana
teknologia	vakio
ruokinta	4 eri vaihtoehtoa

Lineaarisen optimointimallin lähtöoletuksena oli 50 lehmän maitotila, jolla on peltoa käytettävissä 1,5 hehtaaria lehmää kohden. Maitotuotostasot 9000 kg EKM ja 10000 kg EKM vakioitiin ja eri ruokintavaihtoehdot laskettiin tämän mukaan. Eri aikaan korjattu säilörehu vaatii erilaisen väkirehumäärän, jotta maitotuotos pysyy vakiona. Kaksi eri tuotostasoa käsiteltiin omina tapauksinaan. Ruokintatulokset ovat vapaan säilörehun syönnin lukuja, jolloin ruokinnan osalta panossuhteita ei

voi muuttaa, mikäli halutaan pitää vuosituotos vakiona. Mallissa käytetyt ruokintavaihtoehdot on esitetty liitteessä 5. Maitotuotos ja väkirehun laatu on sama kaikissa vaihtoehdoissa. Mallissa ei otettu huomioon ruokinnan vaikutusta maidon koostumukseen ja siten maidon hintaan. Koska mallissa jokaisella ruokintavaihtoehdolla saadaan sama maitotuotos, malli ei sopeuta tuotantoa maidon hintaan.

Hiehot kasvatettiin tilalla vasikasta lypsylehmiksi, karjan uudistusprosenttina käytettiin 30 prosenttia. Loput vasikat myytiin välitysvasikoiksi. Lehmien poikimaväli on ollut Pohjois-Savon alueella 407 päivää vuonna 2009 (ProAgria 2009). Näin ollen vasikoita oletettiin syntyvän 0,9 vasikkaa lehmää kohti vuodessa.

Pellon määrä oletettiin kiinteäksi. Pellon käyttö on rajattu säilörehun ja rehuohran tuotantoon siten, että tila tuottaa säilörehua karjan ruokintaan tarvittavan määrän kunkin ruokintavaihtoehdon mukaan. Nurmen uudistusallalla ja säilörehuntuotannosta yli jäävillä hehtaareilla tuotettiin rehuviljaa. Nurmet olivat kolmevuotisia ja neljäntenä vuonna nurmi uudistettiin perustamalla suojaviljaan. Rehuohran viljelyala oletettiin vähintään nurmen uudistuksen vaatimaksi alaksi. Rehuohraa oli mahdollista sekä ostaa että myydä. Väkirehuksi oletettiin ohra-rypsiseos (suhde 80:20), jolloin ainakin rypsi ostettiin tilalle.

Karjanlannan määrä arvioitiin nitraattiasetuksen mukaisen lannan varastointitilavuuden mukaan. Näin ollen lietelannan määrä on  $24 \text{ m}^3/\text{lehmä}$  ja  $15 \text{ m}^3/\text{hieho}$ . Karjanlannan levitysrajoitteet arvioitiin tyydyttävän viljavuusluokan mukaan. Karjanlannan arvona käytettiin  $1,6 \text{ euroa/m}^3$  (ProAgria 2010, s. 166-174).

Työmenekit laskettiin käyttäen Työtehoseuran TTS-Manager-ohjelmaa (TTS-Manager 2010). Työmenekkien arvioinnissa on käytetty työ- ja konekapasiteetteja, jotka vastaavat Klemolan ym. (2000, s. 14-19, 70) esittämiä teknologiavalintoja 64 lypsylehmän kokoluokan maitotilalle. Työn jakautuminen eri työhuippuihin sekä oletukset työmenekkien takana on esitetty liitteessä 6.

Viljelijän vuotuiseksi työmääräksi oletetaan 2680 työtuntia eli 51,5 tuntia viikossa. Kyseinen luku on Klemolan ym. (2000, s. 21-23) käyttämä työtuntimäärä, jolloin työpäivän pituus oletetaan arkisin 8-tuntiseksi ja sunnuntaisin 6-tuntiseksi. Työajasta on myös vähennetty vuosiloma. Viljelijäperheen työvoimaksi oletetaan kahden ihmisen työpanos. Toisen työntekijän 2680 työtunnista vähennetään yksityistalouden töiden vaatima aika, joka on tiloilla keskimäärin 1040 työtuntia. Tämän henkilön

viikoittainen maataloustyötuntimäärä on keskimäärin 31,5 h. Näin ollen maataloustöiden vuotuinen kokonaismäärä oletettiin 4320 työtunniksi. Lisäksi mallissa oletetaan, että tilalla on käytettävissä ulkopuolista ostotyövoimaa, mikäli tarvetta tälle on. Ostotyön hintana käytetään 14,5 euroa, joka on maataloustyöntekijän 5.vaatimusryhmän mukainen tuntipalkka maaseutuelinkeinojen työehtosopimuksessa (Enroth 2009, s. 3).

Huhtasen ym. (2008) mukaan ruokinta on ravinneylijäämien vähentämisen yksi tärkein keino. Tässä optimointimallissa ei kuitenkaan oteta huomioon ravinneylijäämien vähentämisen kustannuksia, vaan keskitytään korjuuaikojen vertailuun.

### 5.3. Optimointimallin kuvaus

Optimointimalli on rakennettu Microsoft Excel-ohjelmaan, jonka Solver-toiminnolla voi ratkaista optimointitehtäviä. Mallin rakenne on kuvattu liitteessä 7. Mallin tavoiteyhtälönä on maitotilan tuottojen ja kustannusten erotuksen maksimointifunktio, joka lasketaan 50 lehmän karjaa kohti. Yhtälö noudattaa seuraavaa muotoa:

$$\begin{aligned} \max_{i, H_i, x^l} z = & p^m y^m x^l + p^n y^n x^l + p^{sv} x^{sv} + p^{lv} x^{lv} + p^v \sum_{i=a}^d y_i^{vm} + A \sum_{i=a}^d (H_i^s - H_i^v) + p^r x^r \\ & - x^l \sum_{i=a}^d w_i^m - x^h \sum_{i=a}^d w_i^h - \sum_{i=a}^d w_i^s H_i^s - w^v \sum_{i=a}^d H_i^v - p^o \sum_{i=a}^d x_i^o - p^{ov} \sum_{i=a}^d x_i^{ov} \end{aligned}$$

ehdoilla että:

$$1) \sum_{i=a}^d H_i \geq \sum_{i=a}^d (H_i^s + H_i^v)$$

$$2) x^{lp} \geq x^l$$

$$3) x^{lv} = \frac{0,9 x^l}{2}$$

$$4) x^{sv} = \frac{0,9 x^l}{2}$$

$$5) x^h = 0,3 x^l$$

$$6) x^{lv} = (0,45 - 0,3) x^{lv}$$



$$7) y^m = 9\,000 \text{ tai } 10\,000$$

$$8) y^n = 72$$

$$9) \sum_{i=a}^d H_i^s = \sum_{i=a}^d x^l \left( \frac{x_i^{sl}}{y_i^s} \right) + \sum_{i=a}^d x^h \left( \frac{x_i^{sh}}{y_i^s} \right)$$

$$10) \sum_{i=a}^d H_i^v \geq \sum_{i=a}^d \left( \frac{H_i^s}{3} \right)$$

$$11) \sum_{i=a}^d y_i^{vm} = \sum_{i=a}^d (H_i^v y_i^v - x_i^v)$$

$$12) \sum_{i=a}^d x_i^{ov} = \sum_{i=a}^d (x_i^v - y_i^v)$$

$$13) \sum_{i=a}^d L_i^t \geq \sum_{i=a}^d l_i$$

$$14) \sum_{i=a}^d x_i^o = \sum_{i=a}^d (l_i - x_i^t)$$

$$15) x^r \leq \sum_{i=a}^d (x^{rs} H_i^s + x^{rv} H_i^v)$$

$$16) x^r = 24 x^l + 15 x^h$$

$$17) p^i, y^i, x^i, w^i, A, H^i, L^i, l^i \geq 0$$

z = ylijäämä (€)

i = säilörehunkorjuuavaihtoehdot (a, aikainen; b, myöhäinen; c, erittäin myöhäinen; d, kolme niittoa)

H<sub>i</sub> = käytettävissä oleva peltoala

x<sup>l</sup> = lehmämäärä (kpl)

p<sup>m</sup> = maidon hinta + hintatuki (€/kg)

y<sup>m</sup> = maitotuotos (kg)

p<sup>n</sup> = naudanlihan hinta (€/kg)

y<sup>n</sup> = tuotettu lihamäärä (kg)

p<sup>sv</sup> = sonnivasikan hinta (€/kpl)

x<sup>sv</sup> = sonnivasikoiden määrä (kpl)

p<sup>lv</sup> = lehmävasikan hinta (€/kpl)

$x^{lv}$	= lehmävasikoiden määrä (kpl)
$x^{lvm}$	= myyntiin menevien lehmävasikoiden määrä (kpl)
$p^v$	= rehuohran tuottajahinta (€/kg)
$y_i^{vm}$	= myyntiin menevän rehuohran määrä (kg) kussakin korjuuaikavaihtoehdossa
$A$	= suora tuki (€/ha)
$H_i^s$	= säilörehuala (ha) kussakin korjuuaikavaihtoehdossa
$H_i^v$	= rehuohra-ala (ha) kussakin korjuuaikavaihtoehdossa
$p^r$	= lannan arvo (€/m <sup>3</sup> )
$x^r$	= lannan määrä (m <sup>3</sup> )
$w_i^m$	= maidontuotannon muuttuvat kustannukset (€/lehmä) kussakin korjuuaikavaihtoehdossa
$x^h$	= hiehomäärä (kpl)
$w^h$	= hiehonkasvatuksen muuttuvat kustannukset (€/hieho) kussakin korjuuaikavaihtoehdossa
$w_i^s$	= säilörehuntuotannon muuttuvat kustannukset (€/ha) kussakin korjuuaikavaihtoehdossa
$w^v$	= rehuohrantuotannon muuttuvat kustannukset (€/ha)
$p^o$	= ostotyön hinta (€/h)
$x_i^o$	= ostotyön määrä (h) kussakin korjuuaikavaihtoehdossa
$p^{ov}$	= ostorehuohran hinta (€/kg) kussakin korjuuaikavaihtoehdossa
$x_i^{ov}$	= ostorehuohran määrä (kg) kussakin korjuuaikavaihtoehdossa
$x^{lp}$	= käytettävissä olevat lehmäpaikat navetassa (kpl)
$x_i^{sl}$	= lehmien tarvitsema säilörehumäärä (ry/vuosi) kussakin korjuuaikavaihtoehdossa
$x_i^{sh}$	= hiehojen tarvitsema säilörehumäärä (ry/vuosi) kussakin korjuuaikavaihtoehdossa
$y_i^s$	= säilörehusato (ry/ha) kussakin korjuuaikavaihtoehdossa
$y^v$	= viljasato (ry/ha)
$x_i^v$	= karjan tarvitsema rehuohramäärä kussakin korjuuaikavaihtoehdossa
$L^t$	= käytettävissä oleva työn määrä työpäivää kohti (h)
$l_i$	= päivittäinen työnmenekki (h) kussakin korjuuaikavaihtoehdossa

$x^t$	= oman työn määrä (h)
$x^{rs}$	= sallittu lannanlevitysmäärä säilörehuhehtaaria kohti ( $m^3/ha$ )
$x^{rv}$	= sallittu lannanlevitysmäärä rehuohrahehtaaria kohti ( $m^3/ha$ )
$y^m$	= maitotuotos (kg)

#### Rajoitteiden selitykset:

1. Säilörehualan ja rehuohra-alan yhteenlaskettu hehtaarimäärä ei ylitä käytettävissä olevan peltoalan määrää kussakin korjuuaikavaihtoehdossa.
2. Lehmämäärä ei ylitä käytettävissä olevien lehmäpaikkojen määrää.
3. ja 4.  
Lehmien poikimaväli on 407 päivää, jolloin vasikoiden määrä on 0,9 vasikkaa lehmää kohti vuodessa. Lehmä- ja sonnivasikoita oletetaan syntyvän saman verran.
5. Karjan uudistusprosentiksi oletetaan 30, jolloin hiehojen määrä on 0,3 hiehoa yhtä lehmää kohti vuodessa.
6. Myyntiin menevien lehmävasikoiden määrä on syntyvien lehmävasikoiden ja hiehoksi kasvatettavien lehmävasikoiden erotus.
7. Maitotuotos on vakio kussakin korjuuaikavaihtoehdossa.
8. Tuotettu naudanlihamäärä on vakio kussakin korjuuaikavaihtoehdossa.
9. Säilörehuala kussakin korjuuaikavaihtoehdossa on yhtä suuri kuin karjan tarvitsema säilörehumäärä jaettuna säilörehun hehtaarisadolla kussakin korjuuaikavaihtoehdossa.
10. Vilja-ala on vähintään yhtä suuri kuin nurmen uudistusala. Nurmet ovat kolmivuotisia. Neljäntenä vuonna nurmi uudistetaan suojaviljaan.
11. Myyntiin menevän rehuohran määrä on rehuohrasadon ja karjan rehuviljatarpeen ja oman rehuohrasadon erotus.
12. Ostorehuohran määrä on karjan rehuviljatarpeen ja oman rehuohrasadon erotus.
13. Päivittäinen työnmenekki ei saa ylittää käytettävissä olevaa työn määrää työpäivää kohti.
14. Ostotyövoiman määrä on päivittäisen työnmenekin ja oman työn määrän erotus kussakin korjuuaikavaihtoehdossa.
15. Karjan lanta käytetään oman tilan pelloille. Määrä ei saa ylittää levitysrajoitteita.
16. Karjalannan määrä on nitraattiasetuksen mukaisen lannan varastointitilavuuden ja karjamäärän tulo.
17. Muuttujat eivät saa negatiivisia arvoja.

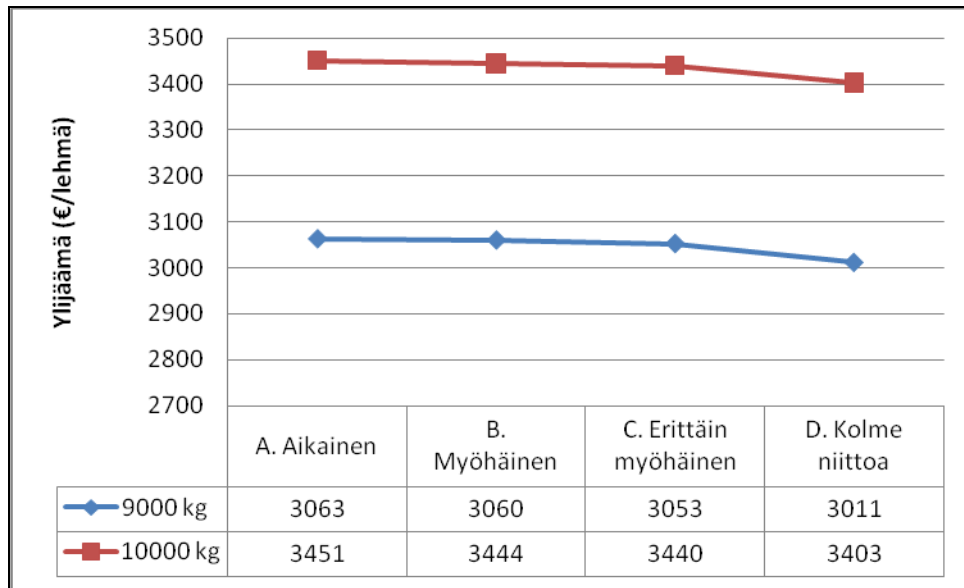
## **6. Tutkimustulokset**

Optimointimallin avulla selvitetään, millä säilörehun korjuuaikastrategialla maitotilalla päästään parhaimpaan taloudelliseen ylijäämään vuositasona. Tutkimustuloksia tarkastellaan erikseen kahdella maitotuotostasolla 9 000 kg ja 10 000 kg. Lisäksi tutkitaan käytettävissä olevan pinta-alan vaikutusta korjuuaikastrategian valintaan sekä tulosten herkkyyttä rehuohran hinnan suhteen.

### **6.1. Säilörehun korjuuaikastrategioiden erot maidontuotannossa**

Korjuustrategioiden välille ei muodostunut lyhyellä aikavälillä suuria taloudellisia eroja. Lähtöoletusten vallitessa optimiratkaisu saavutetaan aikaisella korjuuaikastrategialla sekä 9 000 kg:n että 10 000 kg:n maitotuotostasolla. Taloudellisessa vertailussa toiseksi paras on myöhäinen korjuuaikastrategia ja kolmantena erittäin myöhäinen korjuuaikastrategia. Kolmen niiton säilörehunkorjuu osoittautui selkeimmin kalleimmaksi vaihtoehdoksi lähtöoletusten vallitessa. Muutokset lähtöoletuksissa, kuten hinnoissa tai rajoitteissa, muuttavat korjuuvaihtoehtojen keskinäistä taloudellista paremmuutta.

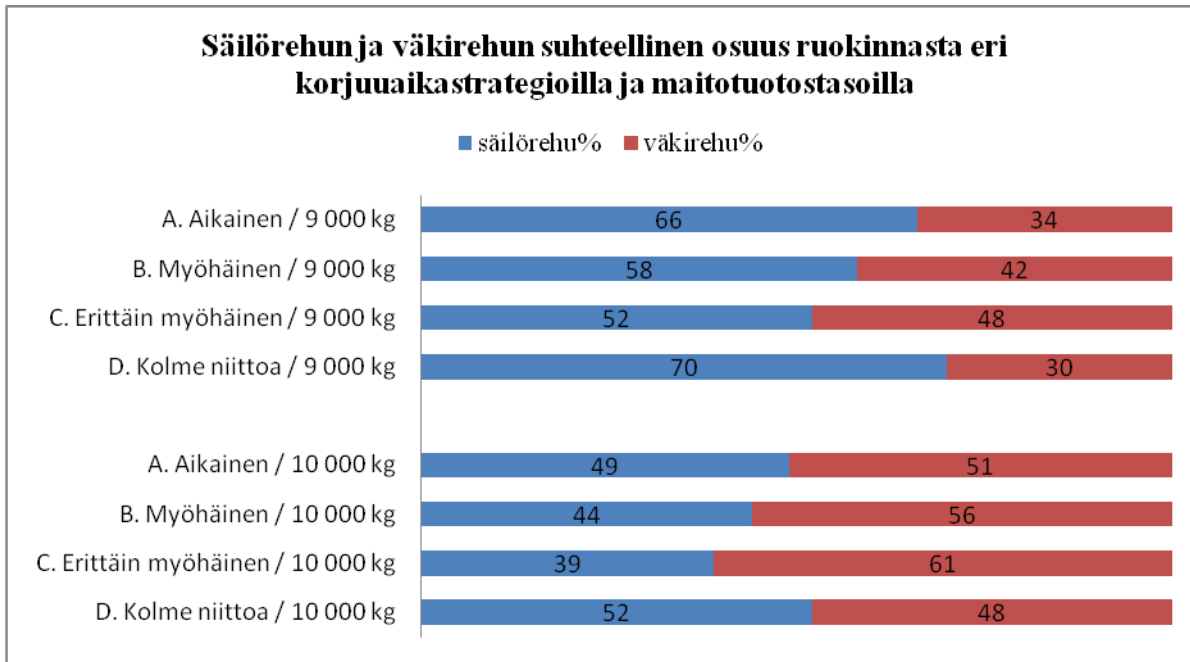
Kuviossa 4 on vertailtu tuotantovaihtoehtojen ylijäämien eroja lähtöoletusten vallitessa, kun eri vaihtoehtoja on tarkasteltu yksitellen. Ylijäämien erot korjuuaikavaihtoehtojen välillä ovat vain muutamia euroja lypsylehmää kohti aikaisen ja myöhäisen säilörehunkorjuuajan välillä. Aikaisin korjatulla säilörehulla saavutetaan noin 50 euron parempi ylijäämä lehmää kohti verrattuna kolmen niiton säilörehun korjuuseen.



Kuvio 4. Ylijäämä lehmää kohti 50 lehmän tilalla korjuuaikastrategioittain vuoden 2009 tuki- ja hintatasossa.

Säilörehun ja väkirehun suhteellinen osuus ruokinnasta vaihtelee syötettäessä eri aikaan korjattua rehua. Kuviossa 5 on vertailtu säilörehun ja väkirehun suhteellisia osuuksia ruokinnassa eri korjuuaikastrategioiden kesken. Aikaisin korjatulla säilörehulla lehmien ruokinnan väkirehuprosentti on 34 prosenttia 9 000 kg:n maitotuotostasolla. 10 000 kg:n maitotuotostasolla väkirehuprosentti on jo 51 prosenttia. Erittäin myöhään korjattu säilörehu vaatii ruokinnassa suurimman väkirehuprosentin, jota maitotuotoksissa päästäisiin samalla tasolle. Maltillisin väkirehuprosentti saavutetaan puolestaan kolmen niiton korjuuaikastrategialla, koska kyseinen säilörehu on hyvin sulavaa.

Ruokinnan muuttuminen väkirehuvaltaisemmaksi aiheuttaa mallissa muutoksia suoraan pellon käyttöön, kun säilörehun tuotantoon ei tarvitse varata niin paljon hehtaareita. Tämä antaa mahdollisuuksia käyttää kotoista viljaa ruokinnassa ostorehun sijaan tai jopa viljan myyntiin suurimmilla tiloilla.

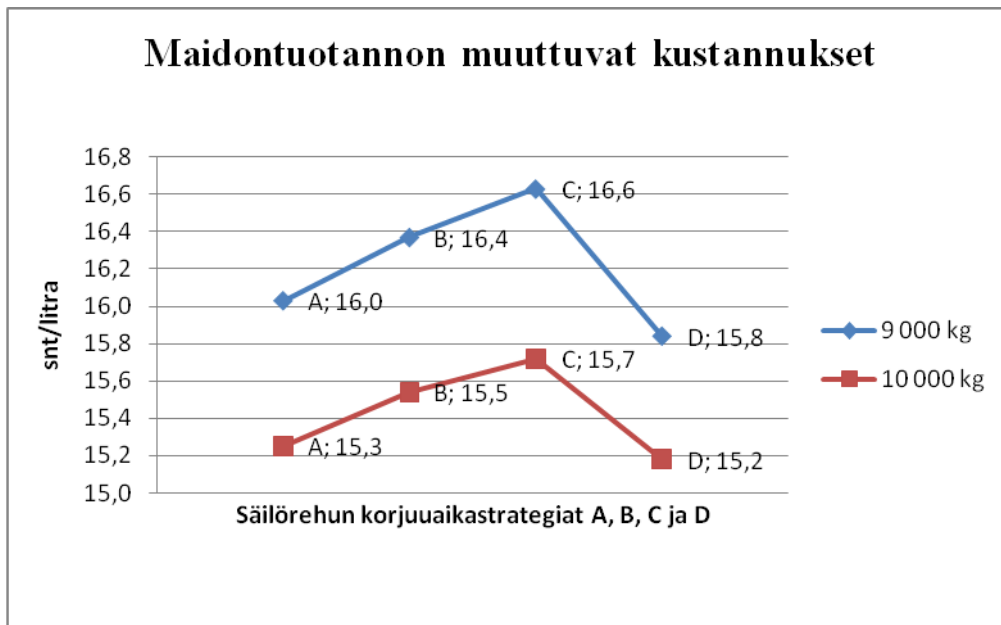


Kuvio 5. Säilörehun ja väkirehun suhteellinen osuus ruokinnasta eri korjuuaikastrategioilla maitotuotostasolla 9 000 kg ja 10 000 kg.

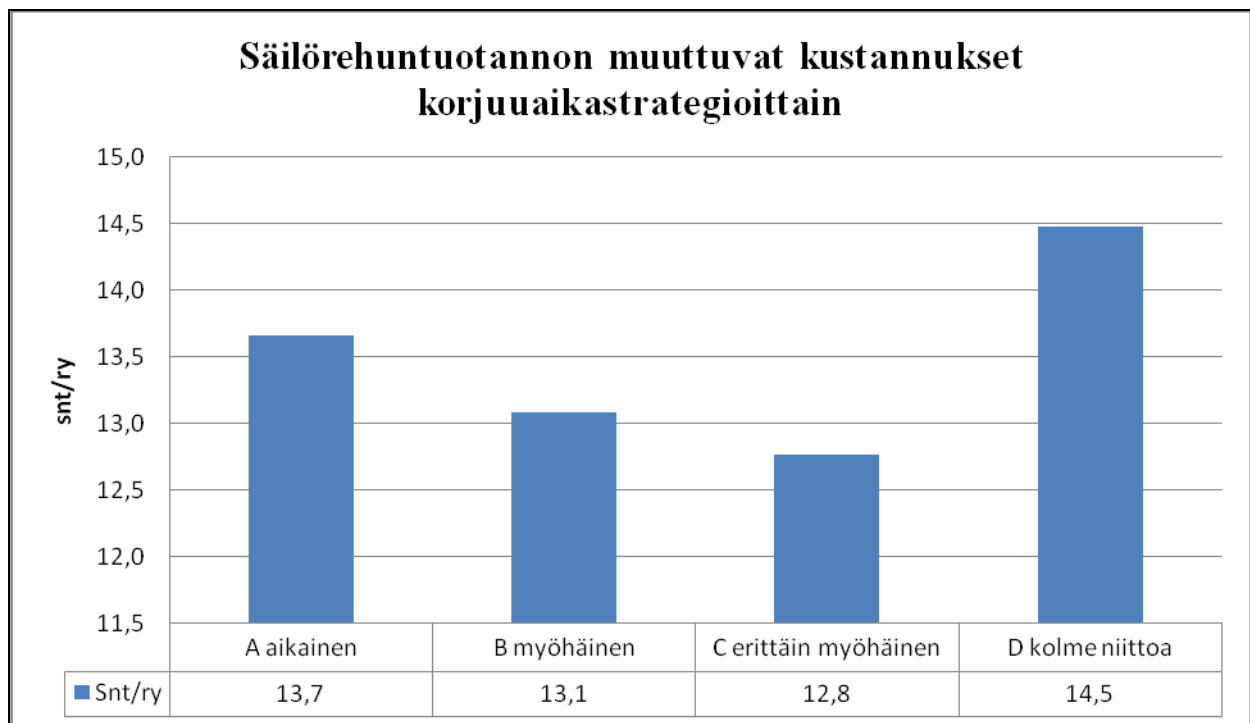
Erilainen ruokinta aiheuttaa eroja maidontuotannon muuttuviin kustannuksiin korjuuaikastrategioiden välillä. Erot johtuvat pääosin säilörehun ja väkirehun suhteellisesta osuudesta ruokinnassa. Esimerkiksi erittäin myöhään korjattu säilörehu aiheuttaa muita korjuuaikastrategioita enemmän kustannuksia maidontuotantoon, sillä kyseisessä strategiassa väkirehun osuus ruokinnasta on vaihtoehtoista suurin. Ainoastaan rehunjaon työmenekissä säästetään hieman muihin vaihtoehtoihin verrattuna, koska väkirehuvaltaisempi ruokinta vie vähemmän aikaa. Alhaisimmat maidontuotannon muuttuvat kustannukset saavutetaan kolmen niiton strategialla, jossa väkirehun osuus ruokinnasta on myös maltillisin. Maidontuotannon muuttuvat kustannukset korjuuaikastrategioittain on esitetty kuviossa 6.

Säilörehuntuotannon muuttuvat kustannukset rehuyksikköä kohti vaihtelevat 12,8 sentistä 14,5 senttiin. Muuttuvat kustannukset rehuyksikköä kohti ovat alhaisimmat erittäin myöhään korjatussa säilörehussa. Vaikka suurempi sato tuo lisäkustannuksia säilöntään ja työn määrään, muuttuvat kustannukset ovat silti strategiavaihtoehtoista alhaisimmat. Tämä johtuu runsaasta sadon määrästä. Toiseksi edullisinta rehua saadaan myöhäisellä rehunkorjuulla ja seuraavaksi edullisinta aikaisella rehunkorjuulla. Kalleinta säilörehua tuotetaan puolestaan kolmen niiton säilörehunkorjuussa. Kustannuksia lisäävät luonnollisesti kolmas korjuukerta työ- ja konekustannuksineen sekä lisälannoit-

tuskerta. Kuvio 7 havainnollistaa säilörehuntuotannon muuttuvien kustannusten eroja korjuuaikastrategioiden välillä. Mallissa käytetyt LP-katteet säilörehustrategioittain on esitetty liitteessä 4.



Kuvio 6. Maidontuotannon muuttuvat kustannukset (snt/litra) korjuuaikastrategioittain



Kuvio 7. Säilörehuntuotannon muuttuvat kustannukset snt/ry korjuuaikastrategioittain.

## **6.2. Mallin tulokset korjuuaikastrategioittain**

Seuraavaksi tarkastellaan mallin tuottamia fyysisiä tunnuslukuja. Lähtöoletusten mukaisesti peltoala ei tässä tilanteessa rajoita säilörehuntuotantoa ja yhtä lypsylehmää kohti on käytettävissä 1,5 hehtaaria peltoa. Kaikissa optimiratkaisuissa mallin mukaiset lehmäpaikat käytetään, joten jokaisessa korjuuaikastrategiassa tilalla tuotetaan maitoa 450 000 kg EKM ja lehmän lihaa 3 600 kiloa vuodessa.

### **6.2.1. Aikainen säilörehunkorjuu**

Aikaisessa säilörehunkorjuussa on kaksi säilörehusatoa, joiden painotettu D-arvo on 691 g/kg ka. Aikainen säilörehunkorjuu osoittautui optimointimallin perusteella taloudellisesti parhaaksi korjuuaikavaihtoehdoksi lähtöoletusten vallitessa kummallakin maitotuotostasolla. Aikainen korjuuaikastrategia vaatii eniten säilörehualaa, sillä saatavan kokonaissadon määrä on vaihtoehdoista niukin. Lisäksi lypsylehmät syövät mielellään sulavuudeltaan hyvää rehua, jolloin sitä myös kuluu enemmän kuin sulavuudeltaan huonompaa rehua.

Mallin fyysiset tunnusluvut aikaisella korjuuaikastrategialla on esitetty taulukossa 3. Optimiratkaisussa karjalle tarvittava säilörehu tuotetaan 43 hehtaarilla. Lopuilla 32 hehtaarilla viljellään rehuohraa, jota riittää oman karjan ruokinnan lisäksi myös myyntiin. Ostotyövoimaa tarvitaan tilalla kesällä.



Taulukko 3. Mallin fyysiset tunnusluvut aikaisella korjuuaikastrategialla kahdella eri tuotostasolla.

<b>Fyysiset tunnusluvut</b>	maitotuotos	maitotuotos
	9000	10000
lypsylehmiä tuotannossa	50	50
hiehoja	15	15
säilörehuala (ha) aikainen säilörehunkorjuu	43	35
rehuohra-ala (ha)	32	40
lantaa	1425	1425
lehmävasikoita myyntiin	7	7
sonnivasikoita myyntiin	22	22
ohraa myyntiin (kg)	22624	0
maitoa myyntiin (kg)	450000	500000
lihaa myyntiin (kg)	3600	3600
osto rehuohraa (kg)	0	986
ulkopuolinen työvoima 1. työhuippu (h)	133	155
ulkopuolinen työvoima 2. työhuippu (h)	154	126
ulkopuolinen työvoima 3. työhuippu (h)	125	94
ulkopuolinen työvoima kesä (h)	1081	1104
ulkopuolinen työvoima talvi (h)	0	0
tukiala säilörehuntuotannolle (ha)	43	35
tukiala rehuohrantuotannolle (ha)	32	40

### 6.2.2. Myöhäinen säilörehunkorjuu

Myöhäisessä säilörehunkorjuussa taloudellinen ylijäämä on hyvin lähellä aikaisin korjattua säilörehuvaihtoehtoa. Lähtöoletusten vallitessa myöhäinen säilörehunkorjuu on optimointimallin mukaan taloudellisesti toiseksi paras korjuuaikavaihtoehto, mutta muutokset hintasuhteissa voivat muuttaa paremmuusjärjestyksen. Myöhäisessä säilörehunkorjuussa on kaksi satoa, joiden painotettu D-arvo on 665 g/kg ka. Maidontuotannon muuttuvat kustannukset ovat lisääntyneen väkirehuruokinnan takia hieman korkeammat kuin aikaisin korjatun säilörehustrategiassa. Tässä strategiassa kuitenkin itse säilörehu on ry-yksikköä kohti edullisempaa tuottaa johtuen suuremmasta rehusadosta. Tämä kompensoi maidontuotannon kustannuksia, ja nämä kaksi strategiaa ovatkin taloudellisesti hyvin lähellä toisiaan.

Myöhäisen säilörehunkorjuun fyysiset tunnusluvut optimipisteessä on esitetty taulukossa 4. Ruokinnan väkirehuprosentti on 42 prosenttia 9 000 kg:n maitotuotostasolla. 10 000 kg:n maitotuotostasol-

la väkirehuprosentti on jo 56 prosenttia. Suurilla väkirehumäärillä pötsin happamuudesta johtuva sorkkasairausriski kasvaa.

Taulukko 4. Mallin fyysiset tunnusluvut myöhäisellä korjuuajakastrategialla kahdella eri tuotostasolla.

<b>Fyysiset tunnusluvut</b>	maitotuotos	maitotuotos
<b>maitotuotos</b>	9000 kg	10000 kg
lypsylehmiä tuotannossa	50	50
hiehoja	15	15
säilörehuala (ha) myöhäistetty säilörehunkorjuu	35	29
rehuohra-ala (ha)	40	46
lantaa	1425	1425
lehmävasikoita myyntiin	7	7
sonnivasikoita myyntiin	22	22
ohraa myyntiin (kg)	28481	4462
maitoa myyntiin (kg)	450000	500000
lihaa myyntiin (kg)	3600	3600
osto rehuohraa (kg)	0	0
ulkopuolinen työvoima 1. työhuippu (h)	154	170
ulkopuolinen työvoima 2. työhuippu (h)	130	108
ulkopuolinen työvoima 3. työhuippu (h)	106	81
ulkopuolinen työvoima kesä (h)	1102	1120
ulkopuolinen työvoima talvi (h)	0	0
tukiala säilörehuntuotannolle (ha)	35	29
tukiala rehuohrantuotannolle (ha)	40	46

### 6.2.3. Erittäin myöhäinen säilörehunkorjuu

Erittäin myöhäinen säilörehunkorjuu on optimointimallin mukaan taloudellisesti kolmanneksi paras korjuuajavaihtoehto lähtöoletusten vallitessa. Erittäin myöhäisen säilörehunkorjuun strategiassa on kaksi satoa, joiden painotettu D-arvo on 644 g/kg ka. Samaan maitotuotokseen pääsy edellyttää tässä vaihtoehdossa mm. paljon suuremman väkirehumäärän käyttöä ruokinnassa ja siten maidontuottajalta enemmän ruokintaosaamista. 10 000 kg:n maitotuotostasolla väkirehuprosentti on korkea, 61 prosenttia, mikä asettaa tämän tuotostason tavoittelun tällä säilörehun sulavuudella kyseenalaiseksi. Ensimmäisen niiton D-arvo on hyvin matala, 608 g/kg ka, jolloin erillisruokinnassa 10 000 kg:n maitotuotostason tavoittelu on mahdotonta, mutta seosrehuruokinnassa eri satojen sekoituessa teoriassa mahdollista.

Erittäin myöhäisen säilörehukorjuustrategian fyysiset tunnusluvut on esitetty taulukossa 5. Tässä vaihtoehdossa säilörehualaa tarvitaan kaikkein vähiten, mikä lisää puolestaan rehuohran alaa ja ohran myyntituloja verrattuna muihin korjuuaikavaihtoehtoihin. Tämä kasvattaa taloudellista ylijäämää.

Taulukko 5. Mallin fyysiset tunnusluvut erittäin myöhäisellä korjuuaikastrategialla kahdella eri tuotostasolla.

<b>Fyysiset tunnusluvut</b>	<b>maitotuotos</b>	<b>maitotuotos</b>
<b>maitotuotos</b>	<b>9000 kg</b>	<b>10000 kg</b>
lypsylehmiä tuotannossa	50	50
hiehoja	15	15
säilörehuala (ha) erittäin myöhäinen säilörehukorjuu	31	25
rehuohra-ala (ha)	44	50
lantaa	1425	1425
lehmävasikoita myyntiin	7	7
sonnivasikoita myyntiin	22	22
ohraa myyntiin (kg)	30062	5524
maitoa myyntiin (kg)	450000	500000
lihaa myyntiin (kg)	3600	3600
osto rehuohraa (kg)	0	0
ulkopuolinen työvoima 1. työhuippu (h)	167	181
ulkopuolinen työvoima 2. työhuippu (h)	125	103
ulkopuolinen työvoima 3. työhuippu (h)	92	69
ulkopuolinen työvoima kesä (h)	1116	1132
ulkopuolinen työvoima talvi (h)	0	0
tukiala säilörehuntuotannolle (ha)	31	25
tukiala rehuohrantuotannolle (ha)	44	50

#### 6.2.4. Kolmen niiton säilörehukorjuu

Kolmen niiton säilörehukorjuustrategia osoittautui mallin mukaan kalleimmaksi vaihtoehdoksi. Kustannuksia lisäsivät kolmas korjuukerta työ- ja konekustannuksineen sekä lisälannoituskerta. Säilörehun muuttuvat kustannukset olivat 14,5 senttiä rehuyksikköä kohti, joka on korjuuaikavaihtoehtoista kallein rehukustannus.

Säilörehun sulavuus oli korkea, painotettu D-arvo oli 704 g/kg ka. Näin ollen säilörehu itsessään lypsättää hyvin, joten ruokinnassa käytetty väkirehuprosentti oli korjuuaikastrategioista maltillisin,

vain 30 prosenttia 9 000 kg:n maitotuotostasolla. 10 000 kg:n maitotuotostasolla väkirehuprosentti oli 48 prosenttia. Kolmen niiton korjuustrategia vaatii korjuuaikastrategioista toiseksi eniten säilörehualaa. Tämä johtuu siitä, että lypsylehmien ruokinnassa käytetään tässä strategiassa eniten säilörehua. Lisäksi satomäärä ei ehdi kertyä kovin suureksi suhteessa kahden niiton strategioihin verrattuna. Vähäisestä väkirehun käytöstä johtuen maidontuotannon muuttuvat kustannukset litraa kohden olivat alhaisimmat kolmen niiton strategiassa. Se ei kuitenkaan riitä kompensoimaan säilörehuntuotannosta aiheutuvia kustannuksia. Mallin fyysiset tunnusluvut on esitetty taulukossa 6.

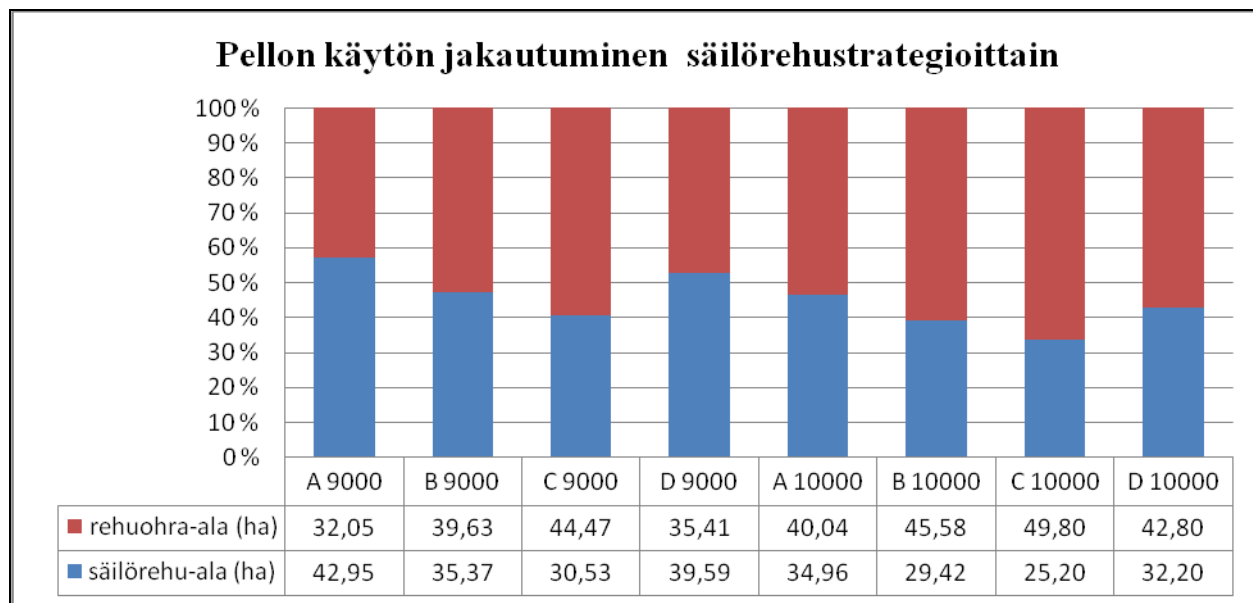
Taulukko 6. Mallin fyysiset tunnusluvut kolmen niiton korjuuaikastrategialla kahdella eri tuotostasolla.

<b>Fyysiset tunnusluvut</b>	maitotuotos	maitotuotos
<b>maitotuotos</b>	9000 kg	10000 kg
lypsylehmiä tuotannossa	50	50
hiehoja	15	15
säilörehuala (ha) kolmen niiton säilörehunkorjuu	40	32
rehuohra-ala (ha)	35	43
lantaa	1425	1425
lehmävasikoita myyntiin	7	7
sonnivasikoita myyntiin	22	22
ohraa myyntiin (kg)	43565	16031
maitoa myyntiin (kg)	450000	500000
lihaa myyntiin (kg)	3600	3600
osto rehuohraa (kg)	0	0
ulkopuolinen työvoima 1. työhuippu (h)	141	161
ulkopuolinen työvoima 2. työhuippu (h)	136	110
ulkopuolinen työvoima 3. työhuippu (h)	106	78
ulkopuolinen työvoima kesä (h)	1267	1256
ulkopuolinen työvoima talvi (h)	0	0
tukiala säilörehuntuotannolle (ha)	40	32
tukiala rehuohrantuotannolle (ha)	35	43

### 6.3. Maitotilan peltoalan vaikutus korjuuaikastrategian valintaan

Peltoala rajoittaa tuotantoa käytännössä silloin, kun säilörehulle vaadittava pinta-ala uudistuksineen tulee vastaan. Myös lannanlevitysala voi rajoittaa tuotantoa, ellei tila tee esimerkiksi lannanlevityssopimuksia. Kun pinta-alarajoitetta tiukennetaan, lehmäkohtaiset ylijäämät luonnollisesti pienenevät. Jos peltoalaa on tilalla vähemmän, se supistaa suoraan rehuohran tuotannon määrää, sillä mallin oletuksena on, että maitotilan pelloilla tuotetaan ensisijaisesti säilörehua.

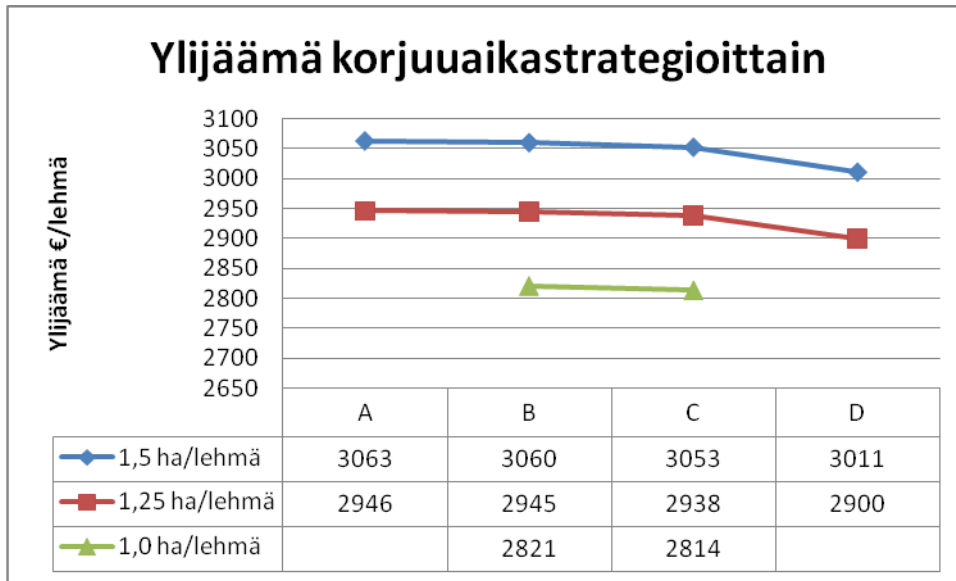
Karjan ruokintaan vaadittavat säilörehualat ovat erilaiset kullakin korjuuaikastrategialla. Kuviossa 8 on vertailtu pellon käytön jakautumista korjuuaikastrategioittain. Oletuksena on 50 lehmän lypsykarjatila, jolla on 75 hehtaaria peltoa.



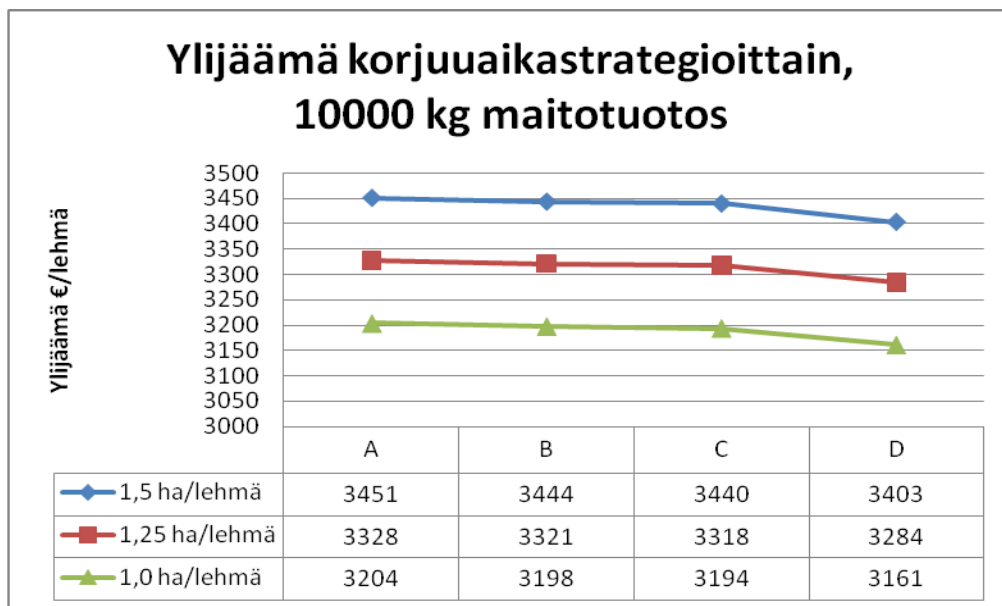
Kuvio 8. Pellon käytön jakautuminen säilörehustrategioittain.

Aikainen säilörehunkorjuu vaatii eniten säilörehualaa, joten se karsiutuu ensimmäisenä korjuuaikavaihtoehtona pois, kun säilörehuala rajoittaa tuotantoa. Vallitsevilla oletuksilla aikainen säilörehunkorjuu vaatii uudistuksineen vähintään 1,15 hehtaaria lypsylehmää kohti 9 000 kg:n maitotuotostason ruokinnassa. Tästä tiukemmilla peltorajoitteilla säilörehun riittävyys voidaan varmistaa vain myöhäisellä tai erittäin myöhäisellä säilörehunkorjuulla. Kolmen niiton korjuu vaatii uudistuksineen vähintään 1,06 hehtaaria lypsylehmää kohti, mutta on joka tapauksessa kallein korjuuaikavaihtoehto maitotilalle.

Jos pinta-alaa on paljon suhteessa eläinmäärään, hehtaareja jää enemmän rehuviljan käyttöön, ja rehuohran tuottajahinnan nousu nostaa ylijäämää. Jos peltoala on puolestaan lähellä strategian vaatimaa säilörehualaa ja sen uudistusta, rehuohran hinnannousu pienentää maidontuotannon ylijäämää. Peltoalarajoite vaikuttaa ylijäämän tasoon (kuviot 9 ja 10).



Kuvio 9. Ylijäämä lehmää kohti korjuuaikastrategioittain pinta-alaltaan eri kokoisilla maitotiloilla, maitotuotos 9 000 kg.



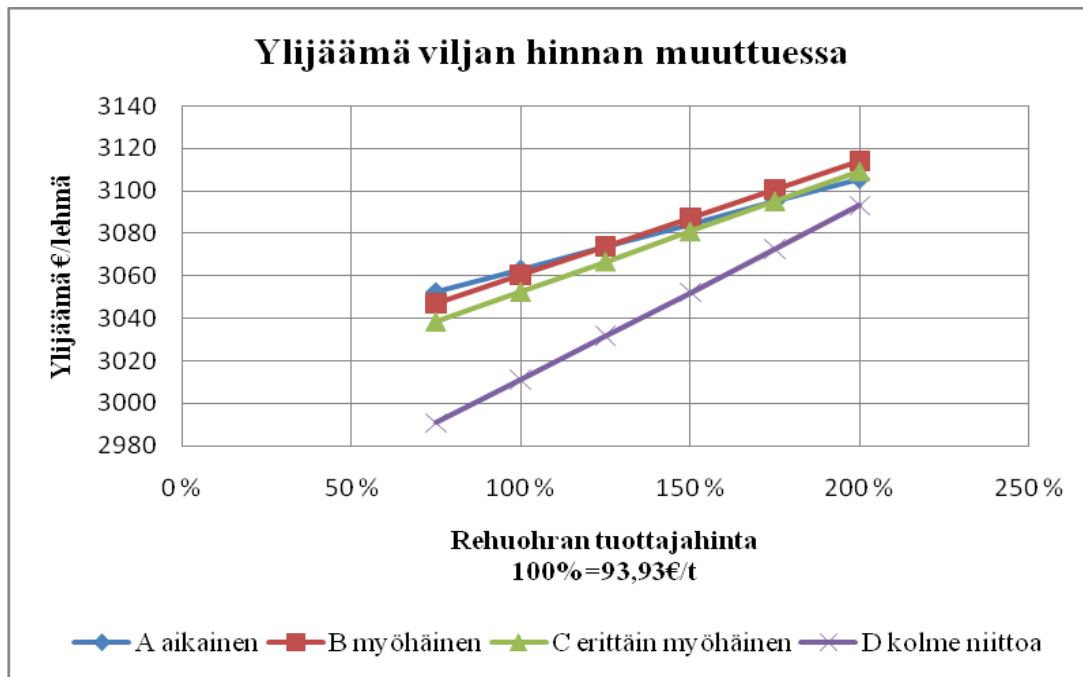
Kuvio 10. Ylijäämä lehmää kohti korjuuaikastrategioittain pinta-alaltaan eri kokoisilla maitotiloilla, maitotuotos 10 000 kg.

## 6.4. Korjuuajan valinnan herkkyys rehuohran hintamuutoksille

Erot sekä maidontuotannon että säilörehuntuotannon LP-katetuotoissa korjuuajastrategioiden kesken ovat suhteellisen pieniä. Tämä tarkoittaa sitä, että jo pienikin muutos hintamuutoksissa voi aiheuttaa muutoksia esimerkkitalan aktiviteettien laajuuteen ja korjuuajan valintaan. Muissa aktiviteeteissa kantaratkaisun muuttumiseen vaadittavat kerroinmuutokset ovat suhteellisen suuria alkuperäiseen kertoimeen nähden. Esimerkiksi maidon hinnan vaihtelu vaikuttaa heti tilan ylijäämään, mutta ei tuo muutoksia aktiviteettien laajuuteen. Tämä johtuu siitä, että maitotuotostasoa on tässä tutkimuksessa vakioitu, eikä mallissa voida lisätä maidontuotannon määrää maitotuotoksen tai lehmäpaikkojen osalta hinnannousun myötä. Siksi tässä tarkastelussa on keskitytty vain rehuohran hinnan muutosten aiheuttamiin vaikutuksiin.

Herkkyysanalyysin mukaan jo viljatonnin 23 euron hinnan nousu aiheuttaa muutoksia optimiratkaisuun ja vaihtaa korjuuajastrategiaa myöhäisemmäksi eli korjuuajastrategia B osoittautuu taloudellisesti parhaimmaksi vaihtoehdoksi 9 000 kg:n maitotuotostasolla. Tämä johtuu siitä, että myöhäisen korjuuajan säilörehuala on pienempi, jolloin rehuntuotannosta vapautuneilla hehtaareilla voidaan viljellä ohraa. Näin säilörehun myöhäinen korjuu aika tuottaa paremman ylijäämän korotetulla viljanhinnalla, vaikka karjan ruokinnassa käytetään samaan aikaan enemmän viljaa. Kun maitotilalla on paljon hehtaareja käytössä, maidontuotannon ylijäämä kasvaa rehuohran tuottajahinnan kasvaessa (kuvio 11).

Mallin 1,5 hehtaarin peltorajoite yhtä lehmää osoittautui suureksi, koska silloin maidontuotantotila saa tarvitsemansa rehuohran omalta tilalta ja viljaa riittää myyntiin asti. Onkin kiinnostavaa tutkia tiukempia peltorajoitteita, jolloin viljatulot eivät kasvata ylijäämää. Rajoitteeksi otetaan tiukempi peltoala, jolloin maitotila joutuu ostamaan suurimman osan rehuohrastaan.

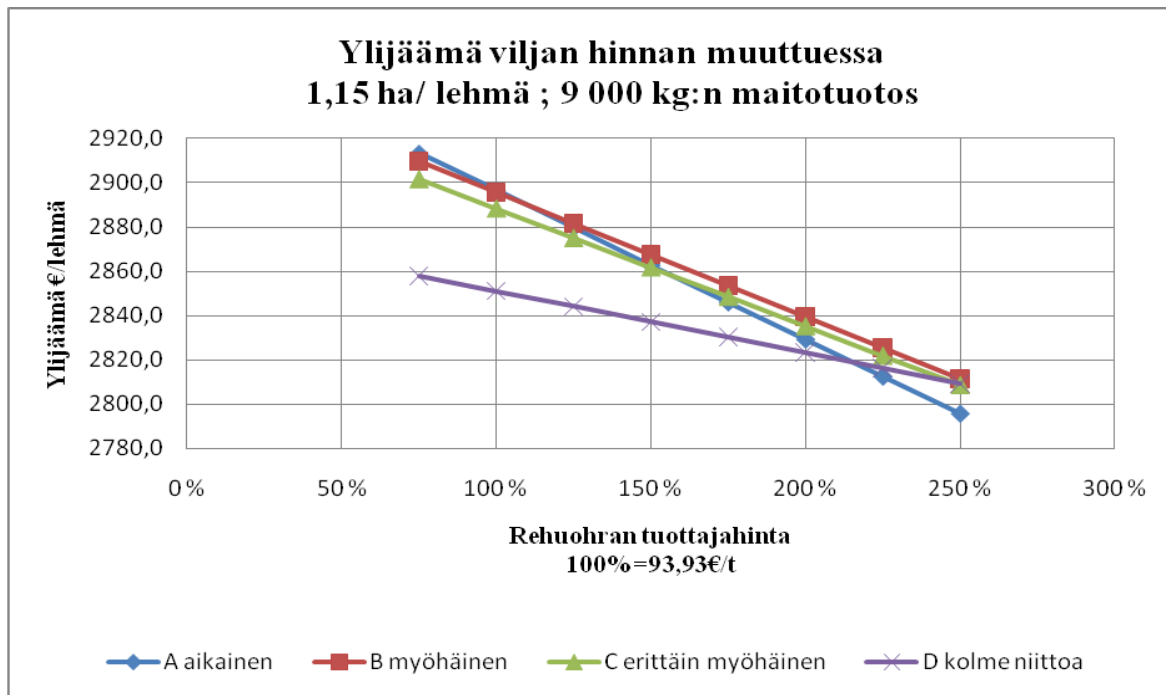


Kuvio 11. Maidontuotannon ylijäämä lehmää kohti 50 lehmän karjassa rehuohran hinnan muuttuessa, kun peltoalaa on 1,5 hehtaaria/ lehmä.

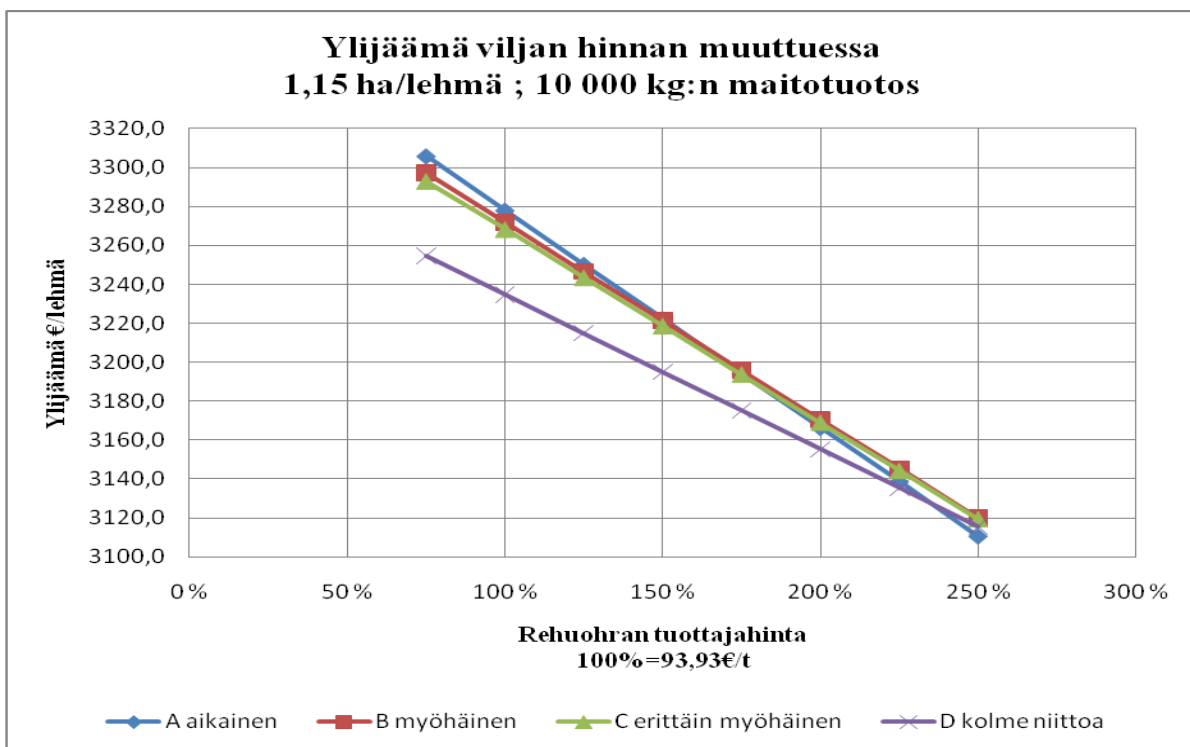
1,15 hehtaaria yhtä lypsylehmää kohti on tiukin peltorajoite, jolla kaikilla strategioilla pystytään tuottamaan vaadittava säilörehumäärä sekä uudistamaan säilörehuala 9 000 kg:n maitotuotostasolla. 1,15 hehtaaria lehmää kohti on siis aikaisen korjuuaikastrategian mukaan valittu peltorajoite. Tällä peltorajoitteella laskettuna maidontuotannon ylijäämä laskee, kun rehuohran tuottajahinta nousee (kuviot 12 ja 13). Eri korjuuaikastrategioilla maidontuotannon ylijäämät lähenevät toisiaan, kun rehuohran hinta nousee. Myöhäinen säilörehunkorjuu eli korjuuaikastrategia B tuottaa parhaimman maidontuotannon ylijäämän, kun rehuohran hinta on 125 prosenttia tai enemmän vuoden 2009 tuottajahinnan tasosta. 10 000 kg:n maitotuotostasolla tulos on samansuuntainen, mutta myöhäinen korjuuajankohta osoittautui taloudellisesti paremmaksi vaihtoehdoksi vasta rehuohran hinta kaksinkertaistuu.

Kolmen niiton strategia puolestaan parantaa asemiaan ylijäämässä suhteessa muihin strategioihin viljan hinnan noustessa. Kolmen niiton strategialla päästään ylijäämässä samalle tasolle kuitenkin vasta rehuohran hinnan noustessa 2,5-kertaiseksi. Vasta tällöin kolmen niiton säilörehustrategialla hyödytään ruokinnan pienestä väkirehuprosentista taloudellisesti.



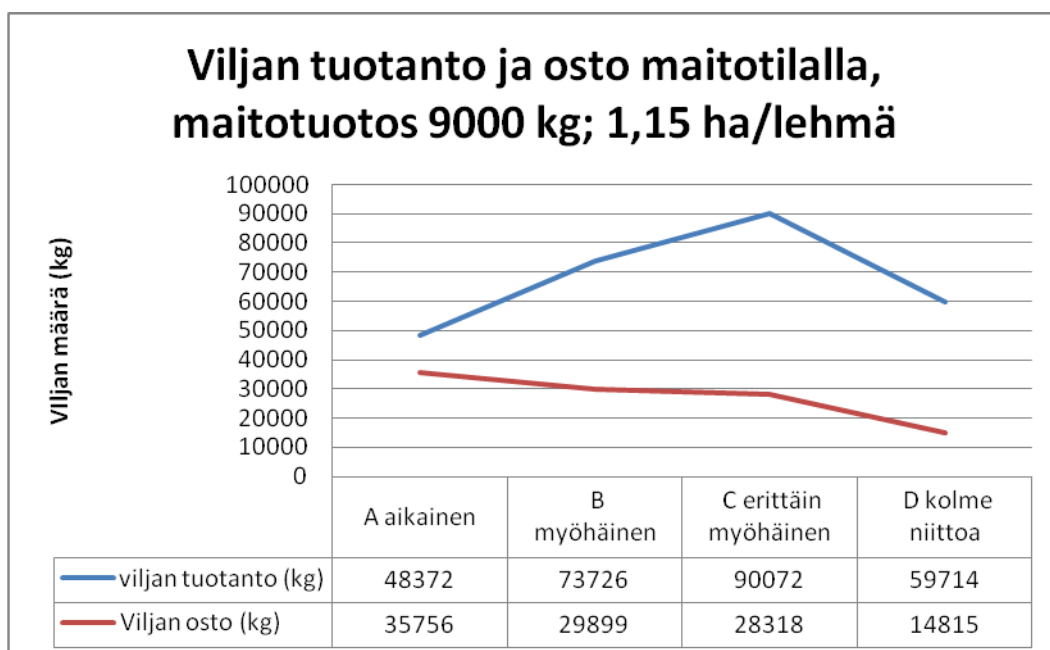


Kuvio 12. Maidontuotannon ylijäämä lehmää kohti rehuohran hinnan muuttuessa, kun peltoalaa on 1,15 hehtaaria/lehmä ja maitotuotos 9 000 kg.

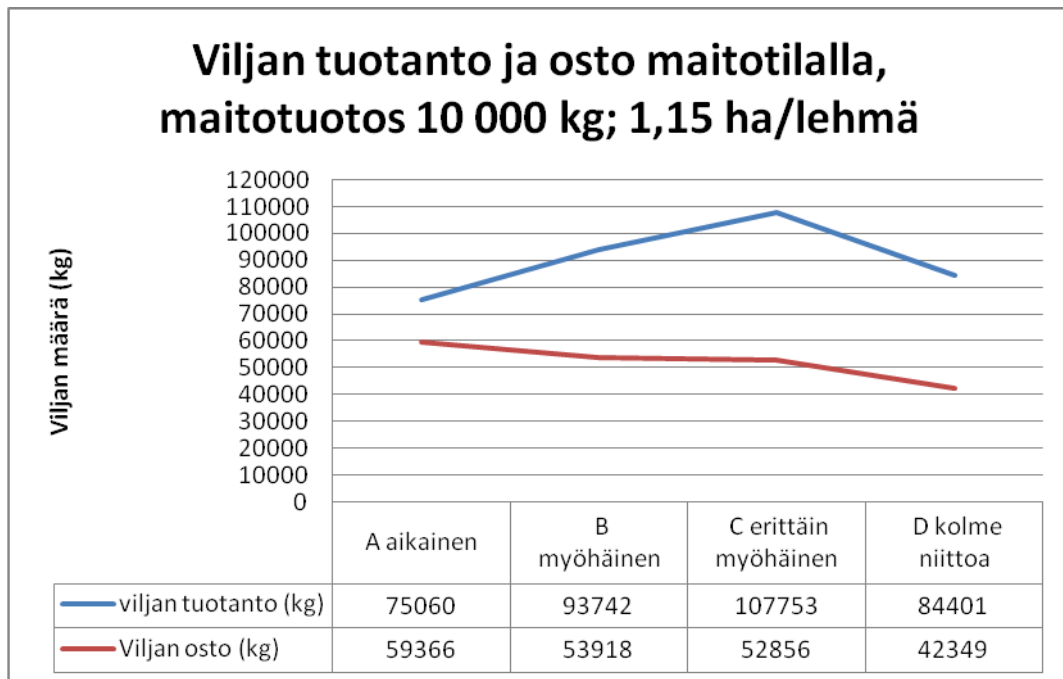


Kuvio 13. Maidontuotannon ylijäämä lehmää kohti rehuohran hinnan muuttuessa, kun peltoalaa on 1,15 hehtaaria/lehmä ja maitotuotos 10 000 kg.

Kahden niiton strategiat ovat taloudellisesti hyvin lähellä toisiaan. Erot ovat hieman suurempia 9 000 kg:n maitotuotostasolla, jolla aikainen korjuu-aikastrategia on taloudellisesti paras vaihtoehto, kun rehuohran hinta on alhainen. Kun viljan hinta nousee, aikaisen niiton strategia menettää asemiaan suhteessa enemmän kuin myöhäinen tai erittäin myöhäinen strategia. Tämän voi havaita myös kuvioista 12 ja 13, joissa aikaisella strategialla on havaittavissa jyrkempi kulmakerroin ylijäämän pienenemisessä muihin strategioihin nähden. Tämä johtuu siitä, että aikaisessa strategiassa säilörehun tarpeen määrä suhteessa sadon määrään on suurin. Toisin sanoen lehmät syövät paljon hyvälaatuisia säilörehua, mutta satotaso on vielä aikaisin korjattuna alhainen. Tämä johtaa siihen, että säilörehualaa tarvitaan paljon, ja pinta-alaa jää vastaavasti vähemmän rehuviljalle. Tällöin aikaisessa strategiassa joudutaan ostamaan enemmän viljaa karjan käyttöön kuin muissa strategioissa (Kuvio 14). 10 000 kg:n maitotuotostasolla väkirehua käytetään jokaisessa strategiassa enemmän kuin vastaavissa strategioissa alemmalla maitotuotostasolla. Viljan tuotanto- ja ostomäärät ovat kuitenkin samansuuntaisia kuin alemmalla maitotuotostasolla. Aikaisen säilörehunkorjuun ostoviljan määrä on suurin ja kolmen niiton strategian pienin (Kuvio 15).



Kuvio 14. Viljan tuotanto ja osto maitotilalla 50 lehmän karjassa, jonka maitotuotos on 9 000 kg.



Kuvio 15. Viljan tuotanto ja osto maitotilalla 50 lehmän karjassa, jonka maitotuotos on 10 000 kg.

## 7. Johtopäätökset

### 7.1. Säilörehun korjuuajan merkitys maitotilan taloudelliseen tulokseen

Säilörehun korjuuajastrategioiden välille muodostui suhteellisen pienet taloudelliset erot tässä ai-neistossa. Aikaisin korjattu säilörehu, jonka satojen painotettu D-arvo oli 691 g/kg ka, oli taloudel-lisesti paras lypsylehmien ruokintavaihtoehto lyhyellä aikavälillä optimitilanteessa. Suhteelliset erot maidontuotannon ylijäämissä muihin säilörehun korjuuajastrategioihin verrattuna olivat kuitenkin hyvin pienet. Tulos oli samansuuntainen sekä 9 000 kg:n että 10 000 kg:n maitotuotostasolla, tosin korkeammalla maitotuotostasolla erot korjuuajastrategioiden välillä olivat hieman pienemmät. Lyhyellä aikavälillä säilörehun korjuuajan valinta vaikutti näin maitotilan taloudelliseen tulokseen vähän.

Esitetyt tulokset ovat samansuuntaisia kuin Seppälän ym. (2002) tutkimuksessa, jossa tutkittiin säi-lörehua maitotilan taloudessa pitkällä aikavälillä. Tutkimuksen mukaan säilörehun kevätkorjuun ajoittamisella voitiin vaikuttaa maidontuotannon ylijäämään suhteellisen vähän. Tämä johtuu siitä, että säilörehun sadot kompensoivat toisiaan määrän ja laadun suhteen.

Tämän tutkimuksen perusteella säilörehun korjaaminen suositeltua hieman myöhemmin on lyhyellä aikavälillä lähes yhtä hyvä vaihtoehto kuin suositusten mukainen aikainen korjuu. Säilörehun kor-jaaminen myöhemmin voi avata mahdollisuuksia tilojen väliseen koneyhteistyöhön tai urakointiin säilörehunkorjuun osalta. Tämä voi alentaa säilörehuntuotantoon kohdistuvia kiinteitä kustannuksia. Säilörehunkorjuu on yleisin yhteistyömuoto karjatilojen välillä. Sääsyyn, konerikon tai peltopinta-alan rajoittaessa tilakohtaisesti voi olla myös pakko korjata säilörehu myöhemmin.

Erittäin myöhäinen säilörehunkorjuu tuotti kolmanneksi parhaan ylijäämän, mutta erot kahteen muuhun kahden niiton strategiaan olivat pieniä. Säilörehun alhainen D-arvo karjan ruokinnassa asettaa vaatimuksia viljelijöiden ruokintaosaamiselle. Säilörehun huonompi sulavuus tulee osata kompensoida väkirehuruokinnalla, jotta maitotuotos säilyisi samana. Nousiaisen ym. (2010, s. 71-76) mukaan D-arvon ei kannata antaa laskea alle 65-66 prosentin, sillä tämän tason alapuolella re-hun syöntipotentiaali alkaa laskea huomattavasti. 10 000 kg:n maitotuototason tavoittelu voi olla jopa vaarallista erittäin myöhään korjatulla säilörehulla, sillä esimerkiksi sorkkakuumeen riski kas-vaa suurilla väkirehuannoksilla.

Kolmen korjuukerran säilörehunkorjuu osoittautui useimmin kalliimmaksi vaihtoehdoksi mm. työ- ja konekustannusten takia. Lisäkustannuksia toi myös kolmas lannoituskerta. Kolmen niiton strategiassa säilörehun sulavuus on erittäin korkea. Tällöin rehu lypsättää hyvin itsessäänkin, joten väkirehun osuus ruokinnassa on maltillinen. Rehuohran hinnannousun myötä eri korjuuaikastrategioiden maidontuotannon ylijäämät pienenivät ja samalla lähenivät toisiaan. Viljan hinnan nousun pitäisi kuitenkin olla raju, että kolmen niiton säilörehunkorjuu olisi ylijäämältään paras pienemmän väkirehuosuuden ansiosta.

Karjan ruokintaan vaadittavat säilörehualat vaihtelivat kullakin korjuuaikastrategialla. Koko kasvu-kauden aikana kertyneet nurmisadot ovat ratkaisevia karjan ruokinnassa. Aikainen säilörehunkorjuu vaatii eniten säilörehualaa, joten se karsiutuu ensimmäisenä korjuuaikavaihtoehtona pois, kun säilörehuala rajoittaa tuotantoa. Aikaisen niiton strategialla ylijäämä laskee suhteessa enemmän muihin strategioihin verrattuna, kun tilalla on vähän peltoa ja viljan hinta nousee. Tämä johtuu siitä, että aikaisessa strategiassa säilörehun määrä ruokinnassa on suurin suhteessa saatavaan sadon määrään. Tämä johtaa siihen, että säilörehualaa tarvitaan paljon, ja pinta-alaa jää vastaavasti vähemmän rehuviljalle. Tällöin aikaisessa strategiassa joudutaan ostamaan enemmän viljaa karjan käyttöön kuin muissa strategioissa.

Tulos on samansuuntainen kuin rehunkorjuun suositus: jos nurmiala ei rajoita tilan maidontuotantoa, nurmi kannustetaan korjaamaan varsin nuorena. Jos nurmialaa on puolestaan vähän tai sadonmuodostus on huono, korjuuta on siirrettävä myöhemmäksi riittävän rehumäärän saamiseksi (Nousiainen ym. 2010, s. 71-78). Myös Rinne ym. (2010) painottivat, että sadon määrällä on merkittävä vaikutus rehun hintaan ja rehujen riittävyteen karjan ruokinnassa.

Myöhemmillä korjuuajoilla voidaan varmistaa säilörehun riittävyys karjalle, jos peltoala rajoittaa tilan tuotantoa. Ruokinnan väkirehuvaltaisuus mahdollisti tilan vilja-alan suurentumisen, kun säilörehua ei tarvinnut tuottaa karjan rehuksi yhtä suuria määriä. Tämä toi lisää säästöjä ostorehulaskuun ja toisaalta tuloja, kun ohraa riitti myyntiin saakka. Rehuohran hinnannousu aiheutti maidontuotannon ylijäämän kasvua, kun peltoalarajoite oli 1,5 hehtaaria lehmää kohti. Ylijäämän kasvu johtui rehuohran myynnistä. Tulos oli samansuuntainen Niemen ja Pietolan (2001) tutkimuksen kanssa, jossa tutkittiin maitotilojen pellon käyttöä ja rehualan allokointia. Karjan rehutarpeen ylittävät peltohehtaarit käytettiin rehuviljan tuotantoon myyntiin asti. Edelleen Niemen ja Pietolan (2001) tulosten mukaan rehuviljan ja ostorehujen hintojen aleneminen alensi rehuviljan viljelyalaa ja lisäsi väkirehujen kysyntää.

Pelkästään maitotilan ylijäämän optimoinnin perusteella on rohkeaa tehdä päätöksiä pellon käytön suhteen. Maidontuotantotilalla pellon käyttö kytkeytyy voimakkaasti kotieläintuotantoon eli pellon käyttö on karkearehupainotteista. Maitotilojen ominaisuudet ovat yksilöllisiä. Tiloilla on erilaiset kiinteät rajoitteet mm. pellon ja lehmäpaikkojen määrälle ja panos-tuotossuhteet vaihtelevat eri tilojen kesken. Korjuuajan valinta onkin tehtävä tilakohtaisesti ja säilörehun määrälle ja laadulle on asetettava tilakohtaiset tavoitteet nurmialan ja karjamäärän mukaan.

## **7.2. Optimointimallin soveltaminen käytäntöön**

Käytettävissä oleva aineisto oli pieni, joten tulokset pätevät vain tässä aineistossa. Tarvitaan enemmän koetuloksia, jotta voidaan tehdä laajempia yleistyksiä. Tässä tarkastelussa olivat mukana yksittäiset D-arvot, jolloin ylijäämiä ei pystytty tarkastelemaan esimerkiksi D-arvon jatkuvana funktiona. Edelleen matemaattisessa mallissa on paljon yksityiskohtaista tietoa, mikä lisää virhemahdollisuuksia. Biologiaan kytkeytyvässä tuotannossa satunnaisuus luo epävarmuutta ja riskiä. Esimerkiksi vuosittaiset säävaihtelut, karjan taudit, muutokset tuottajhinnoissa jne. muuttavat taloudellista optimiratkaisua. Optimointimallin herkkyysoanalyysistä on päätöksentekijälle hyötyä tämän arvioidessa taloudellisia riskejä.

Tässä työssä käytetty maitotilan ylijäämän optimointimalli kuvaa taloudellisimman tuotantovaihtoehdon annettujen rajoitusten puitteissa, mikä antaa maidontuottajalle yhden suuntaa antavan työkalun päätöksentekoon. Optimointimallilla voidaan hakea vastauksia siihen, mikä on paras mahdollinen ylijäämä eri ruokintatilanteissa tilatasolla lyhyellä aikavälillä. Tuloksia hyödynnettäessä on otettava huomioon, että yksittäiset luvut eivät kuvaa kaikkien tilojen optimaalista tuotantoa, koska tutkimuksessa käytetyt biologis-fyysiset riippuvuus-suhteet on määritetty koeolosuhteissa. Optimointitulokseen vaikuttaa merkittävästi se, millaiset rajoitukset ja panos-tuotossuhteet maitotilan aktiviteeteilla on. Mallin peltoalarajoite on käytännön tuotannon suunnitteluongelmassa hyödyllinen.

Tässä tutkimuksessa optimointimalli kuvaa yhden vuoden aikaväliä, eikä sen perusteella voi tehdä pitkän aikavälin johtopäätöksiä. Kiinteistä kustannuksista tulee aikajakson pidetessä muuttuvia kustannuksia. Esimerkiksi teknologia ja työn saatavuus voivat oleellisesti muuttaa lopputulosta, kun lyhyen aikavälin laskelmissa nämä tekijät on rajattu ulkopuolelle.

### 7.3. Jatkotutkimustarpeita

Tässä tutkimuksessa keskityttiin säilörehun korjuuajan vaikutukseen maidontuotannon taloudessa lyhyen aikavälin näkökulmasta. Tilakohtainen tarkastelu on luonteva lähestymistapa aiheen tutkimiseen. Nykyistä mallia voi parantaa päivittämällä uutta tietoa maidontuotannon panos-tuotosuhteista säilörehujen eri D-arvoilla. Malli ei ota huomioon maidon koostumuksen vaihtelua, mikä voisi vaikuttaa maitotuottoihin. Mallista puuttuu myös pellon vuokraus ja pellon käyttö laitumeksi. Näiden aktiviteettien sisällyttäminen malliin kuvaisivat paremmin käytäntöä. Edelleen malli ei ota huomioon ravinneylijäämien vähentämisen kustannuksia.

Mittarina käytettiin maidontuotannon vuosittaista ylijäämää, joka pohjautui tilan eri aktiviteettien muuttuvien kustannusten selvittämiseen ja niiden eroihin. Kiinteitä kustannuksia ei laskelmissa huomioitu. Muuttuvista kustannuksissa säästäminen näkyy usein satotasoissa. Tuotantopanosten käyttö vaikuttaa satotasoon, jota on alan kirjallisuudessa toivottu nostettavaksi. Jatkotutkimuksissa tulisi ottaa paremmin huomioon pitkän aikavälin satoa parantavat toimet. Pellon kasvukunnolla ja vesitaloudella sekä rikkakasvien torjunnalla on vaikutusta rehusatojen lisäämiseen. Tällaisilla pitkän aikavälin toimilla voi olla enemmän vaikutusta maitotilan talouteen kuin ainoastaan säilörehun korjuuajan valinnalla.

## Kirjallisuus

- Artturi 2010. Artturi-verkkopalvelu. Saatavilla: [www.mtt.fi/artturi](http://www.mtt.fi/artturi). Viitattu 19.3.2010.
- Debertin, D. L. 1986. *Agricultural Production Economics*. New York. 366 s.
- DeLorenzo, M. A. & Thomas, C. V. 1996. Dairy records and models for economic and financial planning. *Journal of Dairy Science* 79: 337-345.
- Ekman, S. 2002. *Modelling Agricultural Production Systems using Mathematical Programming*. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria* 351. ISSN 1401-6249; 351.
- Enroth, A. (toim.) 2009. *Mallilaskelmia maataloudesta 2009*. Pro Agria Maaseutokeskusten Liiton julkaisuja 1082. 50 s.
- Glen, J. J. 1987. Mathematical models in farm planning: a survey. *Operations Research* 35. Issue 5. 641-666.
- Hazell, P. B. R. & Norton, R. D. 1986. *Mathematical programming for economic analyses in agriculture*. New York. 400 s.
- Heady, E. O., Jacobsen, N. L., Schnittker, J. A. & Bloom, S. 1972. Milk Production Functions and Marginal Rates of Substitution Between Forage and Grain. Teoksessa: Heady, E. O. & Dillon, J. L. (toim.) *Agricultural Production Functions*. Iowa State University Press. Ames, Iowa. s. 404-451.
- Heikkinen, A-M., Pakarinen, K., Punkki, P., Rossi, A., Puurunen, T., Sairanen, A. & Virkajärvi, P. (toim.) 2007 *Pohjois-Savon nurmiopas. Pelto tuottamaan –Pohjois-Savoon valtakunnan parhaat nurmet-hanke*. Sonkajärvi, Maaninka: Maito-Savo, MTT Kotieläintuotannon tutkimus. 50 s.
- Huhtanen, P. 2003. Kuidun ja sen laadun merkitys lypsylehmien ruokinnassa. *Maito ja me* 2003 (6) : 18-19.



- Huhtanen, P. 2004a. Nurmirehun käytön strategiat. Teoksessa Puumala, L., Yliaho, M. & Teräväinen, H. (toim.) Nauta- ja sikatilan ruokintastrategia. Tieto tuottamaan 106. Pro Agria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja nro 1002. 95 s.
- Huhtanen, P. 2004b. Naudan ruokinnan ympäristövaikutukset. Teoksessa Puumala, L., Yliaho, M. & Teräväinen, H. (toim.) Nauta- ja sikatilan ruokintastrategia. Tieto tuottamaan 106. Pro Agria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja nro 1002. 95 s.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special referrence to practical applications. Agricultural and Food Science Vol. 15 (3): 293-323.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2008. Lypsylehmien rehuannoksen taloudellinen optimointi tuotosvasteiden perusteella. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2008 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedotteita no 23. Toim. Anneli Hopponen. Julkaistu 9.1.2008. Saatavilla Internetissä:  
[http://www.smts.fi/mpol2008/index\\_tiedostot/Esitelmat/es075.pdf](http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Esitelmat/es075.pdf).
- Huhtanen, P., Sairanen, A., Tauriainen, S. & Tolonen, K. 2004. Lypsylehmän ruokintavaihtoehdot. Teoksessa Puumala, L., Yliaho, M. & Teräväinen, H. (toim.) Nauta- ja sikatilan ruokintastrategia. Tieto tuottamaan 106. Pro Agria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja nro 1002. 95 s.
- James, S. C. & Eberle, P. R. 2000. Economic & business principles in farm planning & production. Iowa State University Press. 413 s.
- Karttunen, J. 2004. Maidontuottajien teknologiavalinnat suurissa tuotantoyksiköissä –Karkearehun käsittelyketjut ja karjanhoitotöiden työnmenekki. Työtehoseuran julkaisuja 394. 73 s.
- Karttunen, J., Peltonen, M. & Pentti, S. 2004. Säilörehun korjuuketjun suunnittelu. Rehuketjujen kustannukset ja pullonkaulojen minimointi. Työtehoseuran maataloustiedote (568) 5/2004. 8 s.

- Khalili H., Sairanen A., Nousiainen J., Huhtanen P. 2005. Effect of silage made from primary or regrowth grass and protein supplementation on dairy cow performance. *Livestock Production Science* 2005 (96): 267-278.
- Klemola, E., Pihamaa, P. & Heikkilä, A-M. 2000. Laajentavan lypsykarjatilan tuotannon ja työnkäytön suunnittelu. *Työtehoseuran julkaisuja* 375. 88 s.
- Kuoppala K., Ahvenjärvi S., Rinne M. & Vanhatalo A. 2009. Effects of feeding grass or red clover silage cut at two maturity stages in dairy cows. Dry matter and cell wall digestion kinetics. *Journal of Dairy Science* 92: 5634-5644.
- Kuoppala, K., Rinne, M., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2004. Säilörehun ensi- ja jälkikasvun korjuuajan sekä väkirehutäydennyksen vaikutus lypsylehmien maidontuotantoon. *Maataloustieteen päivät 2004*. Saatavilla internetistä:  
<http://www.smts.fi/MTP%20julkaisu%202004/esi04/ti54.pdf>.
- Kuoppala, K., Rinne, M., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2008. The effect of cutting time of grass silage in primary growth and regrowth and the interactions between silage quality and concentrate level on milk production. *Livestock science* 116 (2008): 1-3, 171-182.
- MT 2009. *Markkinakatsaus. Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto. Maaseudun Tulevaisuus* 23.2.2009.
- MTT Taloustohtori 2010a. *Kustannuserittely lypsykarjatililla 2009*. Saatavilla:  
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori/kannattavuuskirjanpito>.
- MTT Taloustohtori 2010b. *Tunnusluvut tuotantosuunnittain*. Saatavilla:  
[https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori/kannattavuuskirjanpito/2008/Tunnusluvut\\_tuotantosuunnittain](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori/kannattavuuskirjanpito/2008/Tunnusluvut_tuotantosuunnittain).
- MTT 2010. *Rehutaulukot ja ruokintasuositukset [verkkojulkaisu]*. Jokioinen: MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Saatavissa: <http://www.mtt.fi/rehutaulukot>. [viitattu 18.2.2011].

- Mälkiä, P. & Huhtanen, P. 2006. Lehmän ruoansulatus. Teoksessa: Kyntäjä, J. & Teräväinen, H. (toim.) Lypsylehmän ruokinta. Tieto tuottamaan 117. Pro Agria Keskusten liitto. Verkkojulkaisu. 127 s.
- Mälkiä, P., Kyntäjä, J. & Aspila, P. 2006. Rehun tarve ja rehuarvojärjestelmät. Teoksessa: Kyntäjä, J. & Teräväinen, H. (toim.) Lypsylehmän ruokinta. Tieto tuottamaan 117. Pro Agria Keskusten liitto. Verkkojulkaisu. 127 s.
- Niemi, J. & Pietola, K. 2001. Maatalouspolitiikan ja taloudellisten kannustimien vaikutus maitotilojen pellon käyttöön. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. Selvityksiä 4/2001. 22 s.
- Nousiainen, J., Niskanen, H., Kainulainen, P. & Toivakka, M. 2010. Korjuun ajoitus. Julkaisussa: Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.) Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Tieto tuottamaan 132. ProAgria Keskusten Liiton julkaisuja nro 1093. 98 s.
- Pekonniemi, J., Karhula, T. & Ylätalo, M. 2004. Maidontuotannon 141-tarpeen jatkotarpeen määrittäminen. Helsingin yliopisto. Taloustieteen laitos. Selvityksiä nro 22. Maatalouden liiketaloustiede. Helsinki: Helsingin Yliopisto. 83 s.
- Peltola, M., Ylätalo, M. & Ovaska, S. 2010. Rehukustannusten vaikutus Suomen maidontuotannon kilpailukykyyn –vertailumaina Ruotsi, Tanska, Saksa ja Puola. Julkaisussa: Maataloustieteen päivät 2010 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 26. Toim. Anneli Hopponen. Julkaistu 11.1.2010. Saatavilla Internetissä: <http://www.smts.fi/jul2010/esite2010/040.pdf>.
- Peltonen, M., Karttunen, J. & Pentti, S. 2003. Säilörehunkorjuun työnmenekki –korjuumenetelmät ja toiminnallisuus. Työtehoseuran maataloustiedote (560) 9/2003. 12 s.
- Peltonen, S. 2010. Säilörehun tuotantokustannusten hallinta. Julkaisussa: Maataloustieteen päivät 2010 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 26. Toim. Anneli Hopponen. Julkaistu 11.1.2010. Saatavilla Internetissä: <http://www.smts.fi/jul2010/esite2010/045.pdf>.

- Peltonen, S. & Sairanen, A. 2010. Nurmirehujen tuotantokustannusten hallinta. Julkaisussa: Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.) Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Tieto tuottamaan 132. ProAgria Keskusten Liiton julkaisuja nro 1093. 98 s.
- ProAgria 2009. ProTuotos vuosiraportti 2009.
- ProAgria 2010. Maatalouskalenteri 2010. 63.vuosikerta. ISSN 0785-5133.
- Puurunen, T. & Mero, H. 2010. Nurmiviljelyn suunnittelu. Julkaisussa: Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.) Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Tieto tuottamaan 132. ProAgria Keskusten Liiton julkaisuja nro 1093. 98 s.
- Rantala, J. 2007. Säilörehun laadun merkitys ruokinnassa. Julkaisussa: Heikkinen, A-M., Pakarinen, K., Punkki, P., Rossi, A., Puurunen, T., Sairanen, A. & Virkajärvi, P. (toim.) Pohjois-Savon nurmiopas. Pelto tuottamaan –Pohjois-Savoon valtakunnan parhaat nurmet-hanke. Sonkajärvi, Maaninka: Maito-Savo, MTT Kotieläintuotannon tutkimus. 50 s.
- Rinne, M. 1995. Säilörehun laadun ja väkirehutäydennyksen vaikutukset naudanolihantuotantoon. Yhteenveto. Julkaisussa: Säilörehun laadun ja väkirehutäydennyksen vaikutukset naudanolihantuotantoon. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 12: 7-12.
- Rinne, M. 2000. Influence of the timing of the harvest of primary grass growth on herbage quality and subsequent digestion and performance in the ruminant animal. University of Helsinki, Department of Animal Science. Publications 54. 42 p.+ 5 encl. Saatavilla: <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/kotie/vk/rinne>.
- Rinne, M., Jaakkola S., Kaustell, K., Heikkilä T. & Huhtanen, P. 1999. Silages harvested at different stages of grass growth v. concentrate foods as energy and protein sources in milk production. *Animal Science* 69: 251-263.
- Rinne, M., Hellämäki, M., Nousiainen, J., Aura, E. & Huhtanen, P. 2000. Kevätkorjuun optimoinnista koko kesän nurmisadon hallintaan. Maataloustieteen päivät 2000. Kotieläintiede. Maaseutukeskusten liiton julkaisuja 952: 126-129.

- Rinne, M., Huhtanen, P. & Nousiainen, J. 2008a. Karkearehujen sulavuuden määrittäminen tarkentunut. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2008 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedotteita no 23. Toim. Anneli Hopponen. Julkaistu 9.1.2008. Saatavilla Internetistä: [http://www.smts.fi/mpol2008/index\\_tiedostot/Posterit/ps024.pdf](http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Posterit/ps024.pdf)]
- Rinne, M., Huhtanen, P. & Nousiainen, J. 2008b. Säilörehun ja koko rehuannoksen syönti-indeksit auttavat lypsylehmien ruokinnan suunnittelussa. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2008 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedotteita no 23. Toim. Anneli Hopponen. Julkaistu 9.1.2008. Saatavilla Internetistä: [http://www.smts.fi/mpol2008/index\\_tiedostot/Esitelmat/es086.pdf](http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Esitelmat/es086.pdf).
- Rinne, M., Pitkänen, T., Nyholm, L., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2010. Nurmiheinien ensimmäisen sadon sulavuuden ja sadon määrän mallit nurmirehuntuotannon hallintaan. Julkaisussa: Maataloustieteen päivät 2010 [verkkojulkaisu]. Saatavilla Internetistä: <http://www.smts.fi/jul2010/poste2010/136.pdf> 9 s.
- Rinne, M. & Sairanen, A. 2010. Nurmirehujen ruokinnassa. Julkaisussa: Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.) Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Tieto tuottamaan 132. ProAgria Keskusten Liiton julkaisuja nro 1093. 98 s.
- Ryhänen, M. 1996. Maatalousyrityksen päätöksenteko. Julkaisussa: Ylätaalo, M. (toim.) Maatalousyritysten sopeutuminen EU:ssa vallitseviin hintasuhteisiin. Helsingin yliopisto. Taloustieteen laitos. Julkaisuja No 12. s. 9-23.
- Ryhänen, M., Huhtanen, P., Jaakkola, S. & Ahvenjärvi, S. 1996. EU-jäsenyyden vaikutus maidontuotantoon. Julkaisussa: Ylätaalo, M. (toim.) Maatalousyritysten sopeutuminen EU:ssa vallitseviin hintasuhteisiin. Helsingin yliopisto. Taloustieteen laitos. Julkaisuja No 12. s. 75-118.
- Ryhänen, M., Sipiläinen, T. & Latukka, A. 2003. Maatalousyrityksen tuotannon suunnittelu ja kehittäminen. Helsingin yliopiston taloustieteen laitoksen opetusmoniste.

- Sairanen, A., Nousiainen, J.I. & Khalili, H. 1999. Korkean väkirehummäärän vaikutus maitotuotokseen ja tuotannon kannattavuuteen. Teoksessa: Mitä Suomi syö -ja millä hinnalla? Agro Food 1999. Agro Food ry/ Agronomiliitto ry. 7 s.
- Sairanen, A. ym. 2009. Julkaisematon. Säilörehun D-arvon muutoksen korvaaminen väkirehümäärää tai väkirehun valkuaispitoisuutta muuttamalla. 1. Säilörehun D-arvo 650 tai 700 g/kg ka. KARPE-hanke 2009.
- Sairanen, A. ym. 2010. Julkaisematon. Säilörehun D-arvon muutoksen korvaaminen väkirehümäärää tai väkirehun valkuaispitoisuutta muuttamalla. 2. Säilörehun D-arvo 600 tai 650 g/kg ka. KARPE-hanke 2010.
- Seppälä, R., Ryhänen, M., Sipiläinen, T., Rinne, M., Huhtanen, P. & Suokannas, A. 2002. Säilörehu maitotilan taloudessa - pitkän aikavälin näkökulma. Helsingin Yliopisto. Taloustieteen laitos. Julkaisuja 35: 5-54.
- Sipiläinen, T. & Ryhänen, M. 2000. Katsaus politiikkavalintojen vaikutuksesta nurmitalouteen. Maataloustieteen päivät 2000. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 67: 51-60.
- Suokannas, A., Nysand, M. & Niskanen, H. 2010. Korjuumenetelmät. Julkaisussa: Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.) Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Tieto tuottamaan 132. ProAgria Keskusten Liiton julkaisuja nro 1093. 98 s.
- Tike 2010a. Matilda. Maataloustilastot. Maataloustuotteiden tuottajahinnat. Saatavilla Internetistä: <http://www.maataloustilastot.fi/tilasto/5>. Viitattu 14.4.2010.
- Tike 2010b. Matilda. Tiedote:Maidontuotanto nousussa – tuottajahinnat laskussa, julkaistu 01.03.2010. Saatavilla Internetistä: [http://www.maataloustilastot.fi/maidontuotanto-nousussa-tuottajahinnat-laskussa\\_fi](http://www.maataloustilastot.fi/maidontuotanto-nousussa-tuottajahinnat-laskussa_fi). Viitattu 14.4.2010.
- TTS-manager-ohjelma. Versio 2.0.4. Työtehoseura 2010.

Virkajärvi, P. & Pakarinen, K. 2010. Nurmikasvien sadonmuodostus. Julkaisussa: Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.) Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Tieto tuottamaan 132. ProAgria Keskusten Liiton julkaisu nro 1093. 98 s.

Wathén, A. 2008. Lypsylehmien ruokinnan taloudellinen optimointi. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto. Taloustieteen laitos. Maatalouden liiketaloustiede. 79 s.

## LIITE 1

### Maidontuotantokokeet

Kirjallisuudesta peräisin olevan aineiston lisäksi aineistossa käytettiin hyväksi MTT Maaningan maidontuotantokokeiden tuloksia. Maidontuotantokokeet tehtiin edellisen kesän rehuista talvella 2009 ja talvella 2010. Muiden kokeiden osalta koejärjestelyt on kuvattu kyseisissä julkaisuissa.

Talvella 2009 maidontuotantokokeessa oli 36 useasti poikinnutta Holstein-lehmää, joiden poikimisesta oli kulunut keskimäärin 182 päivää ja 6 ensikkoa, joiden poikimisesta oli kulunut keskimäärin 110 päivää. Useasti poikineista lehmistä muodostettiin 3 ryhmää, joissa kussakin oli 12 lehmää. Ensikot muodostivat oman ryhmän. Lehmien keskituotos kokeen alussa oli 33,2 kg ja ensikoiden 30,7 kg. Koe tehtiin kolmijaksoisena 2x2x3 cross over-koeasetelmana, jossa lypsylehmille syötiin vapaasti D-arvoltaan erilaisia säilörehuja (690 g/kg ka ja 650 g/kg ka). Dieettiä täydennettiin kahdella eri väkirehutasolla: 9 ja 12 kg sekä kolmella eri raakavalkuaistasolla: 140, 180 ja 210 g/kg ka. Säilörehua annettiin vapaasti ja väkirehu annettiin neljä kertaa päivässä. Maitotuotos ja syönti mitattiin jokaiselta lehmältä päivittäin. Yksittäiset ruokintakokeiden tulokset yhdistetään lopuksi yhdeksi laskentakokonaisuudeksi. Talvella 2010 tehtiin vastaava maidontuotantokoe vuoden 2009 säilörehuista, joiden D-arvotavoite oli 650 g/kg ka ja 600 g/kg ka. Matalan D-arvon (600 g/kg ka) säilörehulla on tehty vain vähän vastaavia ruokintakokeita.

Taulukko 7. Säilörehun D-arvon korvaaminen väkirehua lisäämällä maitotuotostasolla 9 000 kg.

Säilörehun D-arvo (g/kg ka)	Väkirehua (kg ka)	Säilörehua (kg ka)	syönti kgka	Säilörehusta NDF, %	Väkirehun osuus, %
710	5,1	15,1	20,2	43	25
700	6,1	14,3	20,5	41	30
690	7,1	13,6	20,6	39	34
680	7,9	12,9	20,8	37	38
670	8,7	12,2	20,9	36	42
660	9,4	11,6	21,0	34	45
650	10,0	11,0	21,1	33	48
640	10,6	10,4	21,1	32	51
630	11,2	9,9	21,1	30	53
620	11,7	9,3	21,1	29	56



Taulukko 8. Säilörehun D-arvon korvaaminen väkirehua lisäämällä maitotuotostasolla 10 000 kg.

Säilörehun D-arvo (g/kg ka)	Väkirehua (kg ka)	Säilörehua (kg ka)	Syönti (kg ka)	Säilörehusta NDF, %	Väkirehun osuus, %
710	11,0	12,2	23,2	30	47
700	11,8	11,6	23,3	29	50
690	12,4	11,0	23,4	28	53
680	13,1	10,4	23,4	27	56
670	13,6	9,8	23,4	26	58
660	14,2	9,3	23,4	25	60
650	14,6	8,8	23,4	24	63
640	15,1	8,3	23,3	23	65
630	15,5	7,8	23,3	22	67
620	15,9	7,3	23,2	21	69

Taulukko 9. Käsittelyt maidontuotantokokeissa.

viite	käsittelyiden lukumäärä	D-arvovaihtelu, g/kgka	Väkirehumäärän vaihtelu, kg ka
Khailili, H., Sairanen, A., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2005	6	627-708	9,5
Kuoppala, K., Rinne, M., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2008	12	609-704	6,9-10,3
Kuoppala, K., Ahvenjärvi, S., Rinne, M. & Vanhatalo A. 2009	2	673-714	8,1
Rinne, M., Jaakkola, S., Kaustell, K., Heikkilä, T. & Huhtanen, P. 1999	4	639-730	7,5
Sairanen, A., Nousiainen, J.I. & Khailili, H. 1999	10	647	4,3-12,6
Sairanen, A. ym. 2009	12	654-692	7,9-10,6
Sairanen, A. ym. 2010	12	618-635	7,83-12,18

## LIITE 2

### Säilörehuaineiston keruu

Tässä tutkimuksessa on käytettävissä MTT Maaningan ja MTT Siikajoen säilörehukokeiden tulokset vuodelta 2009. MTT Maaningalla tehtiin säilörehu maatilamittakaavassa maidontuotantokokeita varten. Lohkot koostuivat edellisenä vuonna perustetusta timotei-nurminata kasvustosta. Kaikki sadot lannoitettiin maatalouden ympäristötuen ehtojen mukaisesti. Rehut niitettiin noin 10-12 cm:n sänkikorkeuteen. Rehuja esikuivattiin keskimäärin 24 tuntia. Säilöntäaineena käytettiin muurahais-happopohjaista AIV 2 Plus säilöntäainetta 5 litraa/tonni. Rehut säilöttiin sekä salvosiiloihin että pyöröpaaleihin. Rehut analysoitiin maidontuotantokokeiden yhteydessä MTT Jokioisten laboratoriossa.

MTT Maaningalla ja MTT Siikajoella suoritettiin ruutumittakaavan säilörehukokeet nurmen kasvun ja laadun mittaamiseksi eri korjuuaikoina. Ruutukoeaineistosta saadaan satotiedot ja maatilamittakaavan rehut käytetään lehmien ruokintakokeeseen. Ruutukokeet niitettiin pääsääntöisesti samana päivänä (+/- 1 pv) kuin maatilamittakaavan rehut. Koe perustettiin satunnaistettujen lohkojen koena, jossa oli neljä käsittelyä ja kolme kerrannetta. Koeruutujen koko oli 8 x 1,5 metriä. Ruudut oli perustettu edellisenä vuonna siemenseoksella, joka sisälsi painoprosentteina 54 % Tuuretimoteita ja 46 % Ilmari-nurminataa. Vuotuislannoituksena annettiin koejäsenille A-C 100 + 100 kg/ha N ja koejäsenelle D 100 + 100 + 50 kg/ha N sekä suositusten mukaiset määrät kaliumia ja fosforia.

Tulokset on skaalattu 6500 ry tavoitetasolle suurimmalla sadolla ja muut strategiat ruutukokeista saatujen prosenttilukujen suhteessa tätä 6500 ry satoa pienemmäksi. Strategioiden suhteelliset erot pysyvät näin samoina kuin koeolosuhteiden tulokset. Säilöntätappioksi on laskettu 10 prosenttia.

Taulukko 10. Eri korjuuaikastrategioiden satotulokset (ry/ha).

Säilörehun korjuuaika	A aikainen	B myöhäinen	C erittäin myöhäinen	D kolme niittoa
Painotettu D-arvo (g/kg ka)	691	665	644	704
Mittarisato (ry/ha)	5676	6130	6439	6500
Sato (ry/ha), kun 10 % säilöntätappio huomioitu	5109	5517	5795	5850

Taulukko 11. Säilörehujen D-arvot niitoittain ja kuiva-ainesadolla painotettu D-arvojen keskiarvo.

	Niitto 1	Niitto 2	Niitto 3	Painotettu D- arvo
A, aikainen	708	682	-	691
B, myöhästetty	653	678	-	665
C, erittäin myö- häinen	608	704	-	644
D, kolme niittoa	707	679	782	704
SEM	4,5	7,6	3,8	
	>			
P	0,001	0,082	-	

### LIITE 3

#### Osto- ja myyntihinnat

Taulukko 12. Maataloustuotteiden tuottajahinnat 2009 (Tike 2010a).

lehmän liha	1,71	€/kg
ohra	0,094	€/kg
rypsi	0,270	€/kg
maidon hinta:		
keskipitoisen maidon hinta	0,364	€/kg
laatuosa	0,023	€/kg
tuotantotuet	0,079	€/kg
jälkitili	0,013	€/kg
yhteensä	0,479	€/kg

Taulukko 13. Lannoitteiden hinnat 6.2.2009. Hintoihin lisätään rahti, 1,3 snt/kg (MT 2009).

Suomensalpietari 27-0-1-4	385,83	€/tonni
Yara Mila Pellon Y5-lannos 22-5-5-2	423,31	€/tonni
Yara Mila Hiven Y-lannos 23-3-6-6	424,12	€/tonni
Yara Mila Nurmen Y1 20-3-5-2	382,61	€/tonni

Taulukko 14. Tuotantopanosten hintoja 2009 (Enroth 2009).

kivennäiset	0,55	€/kg
ostosiemen (timotei-nurminata)	2,90	€/kg
ostosiemen (ohra)	0,41	€/kg
oma siemen (ohra)	0,22	€/kg
kalkitus	40,00	€/tn
rikkakasvintorjunta-aine säilörehulla	11,00	€/ha
rikkakasvintorjunta-aine rehuviljoilla	43,00	€/ha
kasvitautilien torjunta-aine (ohralle)	29,00	€/ha
säilöntäaine	1,21	€/litra
säilöntämuovi	2,49	€/kg
traktoriyö (sis.poltto- ja voiteluaineen)	4,39	€/h
leikkuupuinti (sis.poltto- ja voiteluaineen)	4,39	€/h
kuivatus (sis.polttoaineen ja sähkön)	0,011	€/kg
jauhatuskustannukset	0,016	€/kg
rahti- ja välityspalkkiot	0,015	€/kg

## LIITE 4.

### Lineaarisessa optimointimallissa käytetyt LP-katteet

Taulukko 15. Säilörehun LP-katteet.

Säilörehu Muuttuvat kustannukset		SäilörehuA 5109 ry/ha			SäilörehuB 5517 ry/ha		
		määrä	á	€	määrä	á	€
Oma siemen	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ostosiemen: timotei-nurminataseos	kg	6,25	2,90	18,13	6,25	2,90	18,13
Lannoitteet							
Nurmen Y1 20-3-5/1.sato	kg	500	0,40	197,81	500	0,40	197,81
Suomen Salpietari 27-0-1/2.sato	kg	370	0,40	147,71	370	0,40	147,71
Suomen Salpietari 27-0-1/3.sato	kg						
Rikkakasvintorjunta Starane XL	ha	0,38	11,00	4,13	0,38	11,00	4,13
Säilöntäaine AIV2Plus	l	90,24	1,21	109,18	100,35	1,21	121,43
Säilöntämuovi	kg	5,41	2,49	13,48	6,02	2,49	14,99
Traktorityö	h	11	4,39	48,03	12	4,39	50,49
Työmenekki	h	11	13,00	142,22	12	13,00	149,50
Liikepääoman korko 5 %		340,34	0,05	17,02	352,09	0,05	17,60
<b>Muuttuvat kustannukset yhteensä</b>				<b>697,70</b>	<b>721,78</b>		
<b>LP-kate</b>				<b>-697,70</b>	<b>-721,78</b>		

Säilörehu Muuttuvat kustannukset		SäilörehuC 5795 ry/ha			SäilörehuD 5850 ry/ha		
		määrä	á	€	määrä	á	€
Oma siemen	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ostosiemen: timotei-nurminataseos	kg	6,25	2,90	18,13	6,25	2,90	18,13
Lannoitteet							
Nurmen Y1 20-3-5/1.sato	kg	500	0,40	197,81	500	0,40	197,81
Suomen Salpietari 27-0-1/2.sato	kg	370	0,40	147,71	370	0,40	147,71
Suomen Salpietari 27-0-1/3.sato	kg				148	0,40	59,09
Rikkakasvintorjunta Starane XL	ha	0,38	11,00	4,13	0,38	11,00	4,13
Säilöntäaine AIV2Plus	l	108,66	1,21	131,48	101,85	1,21	123,24
Säilöntämuovi	kg	6,52	2,49	16,23	6,11	2,49	15,22
Traktorityö	h	12	4,39	52,15	15	4,39	65,94
Työmenekki	h	12	13,00	154,44	15	13,00	195,26
Liikepääoman korko 5 %		361,04	0,05	18,05	413,25	0,05	20,66
<b>Muuttuvat kustannukset yhteensä</b>				<b>740,13</b>	<b>847,17</b>		
<b>LP-kate</b>				<b>-740,13</b>	<b>-847,17</b>		

Taulukko 16. Maidontuotannon LP-katteet 9 000 kg:n maitotuotostaso.

<b>Maidontuotanto 9000 kg tuotostaso</b>		<b>MaidontuotantoA</b>			<b>MaidontuotantoB</b>		
<b>Muuttuvat kustannukset</b>		määrä	á	€	määrä	á	€
Esikuivattu säilörehu	ry	4008	0	0,00	3523	0	0,00
Rehuvilja:ohra	kg	1652	0,02	26,43	2041	0,02	32,65
Rypsi	kg	413	0,29	117,81	510	0,29	145,53
Kivennäiset	kg	77,5	0,55	42,63	77,5	0,55	42,63
Siem., lääk., sähkö yms.	€	1	330	330,00	1	330	330,00
Vasikkamaito		0,8	0	0,00	0,8	0	0,00
Uudistus	€	0,3	0	0,00	0,3	0	0,00
Työnmenekki	€	64	13	832,00	64	13	828,88
Eläinpääoman korko	€	1600	0,05	80,00	1600	0,05	80,00
Liikepääoman korko 5%	€	269,77	0,05	13,49	275,94	0,05	13,80
<b>Muuttuvat kustannukset yhteensä</b>				<b>1442,35</b>	<b>1473,48</b>		
<b>LP-kate</b>				<b>-1442,35</b>	<b>-1473,48</b>		

<b>Maidontuotanto 9000 kg tuotostaso</b>		<b>MaidontuotantoC</b>			<b>MaidontuotantoD</b>		
<b>Muuttuvat kustannukset</b>		määrä	á	€	määrä	á	€
Esikuivattu säilörehu	ry	3158	0	0,00	4251	0	0,00
Rehuvilja:ohra	kg	2332	0,02	37,31	1458	0,02	23,32
Rypsi	kg	583	0,29	166,32	364	0,29	103,95
Kivennäiset	kg	77,5	0,55	42,63	77,5	0,55	42,63
Siem., lääk., sähkö yms.	€	1	330	330,00	1	330	330,00
Vasikkamaito		0,8	0	0,00	0,8	0	0,00
Uudistus	€	0,3	0	0,00	0,3	0	0,00
Työnmenekki	€	64	13	826,80	64	13	832,52
Eläinpääoman korko	€	1600	0,05	80,00	1600	0,05	80,00
Liikepääoman korko 5%	€	280,61	0,05	14,03	266,48	0,05	13,32
<b>Muuttuvat kustannukset yhteensä</b>				<b>1497,09</b>	<b>1425,74</b>		
<b>LP-kate</b>				<b>-1497,09</b>	<b>-1425,74</b>		

Taulukko 17. Maidontuotannon LP-katteet 10 000 kg:n maitotuotostaso.

Maidontuotanto 10000 kg tuotostaso Muuttuvat kustannukset	MaidontuotantoA			MaidontuotantoB		
	määrä	á	€	määrä	á	€
Esikuivattu säilörehu ry	3192	0	0,00	2866	0	0,00
Rehuvilja:ohra kg	2658	0,02	42,52	2918	0,02	46,69
Rypsi kg	664	0,29	189,52	730	0,29	208,10
Kivennäiset kg	77,5	0,55	42,63	77,5	0,55	42,63
Siem., lääk., sähkö yms. €	1	330	330,00	1	330	330,00
Vasikkamaito	0,8	0	0,00	0,8	0	0,00
Uudistus €	0,3	0	0,00	0,3	0	0,00
Työnmenekki €	64	13	826,02	64	13	832,00
Eläinpääoman korko €	1600	0,05	80,00	1600	0,05	80,00
Liikepääoman korko 5% €	286,14	0,05	14,31	291,88	0,05	14,59
<b>Muuttuvat kustannukset yhteensä</b>			<b>1524,99</b>			<b>1554,01</b>
<b>LP-kate</b>			<b>-1524,99</b>			<b>-1554,01</b>

Maidontuotanto 10000 kg tuotostaso Muuttuvat kustannukset	MaidontuotantoC			MaidontuotantoD		
	määrä	á	€	määrä	á	€
Esikuivattu säilörehu ry	2540	0	0,00	3387	0	0,00
Rehuvilja:ohra kg	3179	0,02	50,86	2501	0,02	40,02
Rypsi kg	795	0,29	226,68	625	0,29	178,37
Kivennäiset kg	77,5	0,55	42,63	77,5	0,55	42,63
Siem., lääk., sähkö yms. €	1	330	330,00	1	330	330,00
Vasikkamaito	0,8	0	0,00	0,8	0	0,00
Uudistus €	0,3	0	0,00	0,3	0	0,00
Työnmenekki €	64	13	826,80	64	13	832,52
Eläinpääoman korko €	1600	0,05	80,00	1600	0,05	80,00
Liikepääoman korko 5% €	295,39	0,05	14,77	284,71	0,05	14,24
<b>Muuttuvat kustannukset yhteensä</b>			<b>1571,73</b>			<b>1517,77</b>
<b>LP-kate</b>			<b>-1571,73</b>			<b>-1517,77</b>

Taulukko 18. Hiehontuotannon LP-kate.

Hiehon kasvatus		Hieho		
		määrä	á	€
<b>Muuttuvat kustannukset</b>				
Esikuivattu säilörehu	ry	1267,4	0,00	0,00
Rehuvilja:ohra	kg	112,7	0,02	1,80
Rypsi	kg	28,2	0,29	8,03
Kivennäiset	kg	35,0	0,55	19,25
Uudistus		1,0	0,00	0,00
Työmenekki		15,5	13,00	201,07
Eläinpääoman korko		208,0	0,05	10,40
Liikepääoman korko		138,1	0,05	6,90
<b>Muuttuvat kustannukset yhteensä</b>				<b>247,46</b>
<b>LP-katetuotto</b>				<b>-247,46</b>

Taulukko 19. Rehuohran LP-kate.

<b>Rehuohra (4000kg satotaso)</b>				
<b>Muuttuvat kustannukset</b>		määrä	á	€
Oma siemen	kg	164	0,22	36,08
Osto siemen	kg	41	0,41	16,81
Lannoitteet				
Yara Mila Pellon y5-lannos(22-5-5)	kg	350	0,44	152,71
Kalkitus	tn	0,25	40,00	10,00
Rikkakasvintorjunta	ha	1	43,00	43,00
Kasvitautilien torjunta	ha	1	29,00	29,00
Traktoriyö	h	6,0	4,39	26,43
Leikkuupuinti	h	1,3	4,39	5,75
Kuivatus	kg	4000	0,01	44,00
Työmenekki	h	7,3	13	95,29
Liikepääman korko 5%		229,53	0,05	11,48
<b>Muuttuvat kustannukset yhteensä</b>				<b>470,54</b>
<b>LP-katetuotto</b>				<b>-470,54</b>



## LIITE 5.

### Ruokintavaihtoehdot

Taulukko 20. Lypsylehmän ruokinta (ry) 9 000 kg:n maitotuotostasolla.

SÄILÖREHUN KORJUU-AIKA	A	B	C	D
Säilörehua lehmät	4008	3523	3158	4251
Väkirehua lehmät	2065	2551	2915	1822
-josta ohraa	1652	2041	2332	1458
-josta rypsiä	413	510	583	364
Säilörehua hiehot	1267	1267	1267	1267
Väkirehua hiehot	141	141	141	141
-josta ohraa	113	113	113	113
-josta rypsiä	28	28	28	28

Taulukko 21. Lypsylehmän ruokinta (ry) 10 000 kg:n maitotuotostasolla.

SÄILÖREHUN KORJUU-AIKA	A	B	C	D
Säilörehua lehmät	3192	2866	2540	3387
Väkirehua lehmät	3322	3648	3973	3126
-josta ohraa	2658	2918	3179	2501
-josta rypsiä	664	730	795	625
Säilörehua hiehot	1267	1267	1267	1267
Väkirehua hiehot	141	141	141	141
-josta ohraa	113	113	113	113
-josta rypsiä	28	28	28	28

## **LIITE 6.**

### **Työnmenekit, laskettu TTS-Manager versiolla 2.0.4.**

#### **Oletukset**

##### **Kasvintuotanto:**

- Laskelmissa oletettiin peltolohkojen kooksi 3 hehtaaria ja peltolohkojen etäisyydeksi 2 kilometriä. (Klemola ym. 2000, s.19-20)
- Lohkojen keskimääräinen koko 3 ha ja etäisyys 2000m (Klemola ym. 2000, s.19-20)
- Rehuohran tuotannossa työnmenekki on sama riippumatta säilörehustrategiasta
- rehunkorjuu laakasiilon noukinvaunulla
- säilörehustrategioissa on huomioitu rehukilojen eri määrä
- säilörehustrategiassa D eli 3 niiton strategian työnmenekissä on huomioitu lisälannoituskerta sekä 3.korjuun eri työvaiheet
- karjanlannan levityksen työnmenekki on laskettu erikseen

##### **Maidontuotanto:**

- Ruokinnassa käytettiin biologiseen dataan perustuvia määriä. Pienet muutokset maidontuotannon työmäärissä johtuvat eroista ruokinnan määrissä.
- Käytetty Klemolan ym. 2000, s.14-19 esittämiä työmenetelmiä ja konekapasiteettia 64:n lehmän navetassa
- lämmin pihatto, työmenetelmä:lypsyasema kalanruoto 2X4 yhdellä lypsäjällä

##### **Koneet ja kapasiteetti:**

Laskennassa käytetyt koneet vastaavat Klemola ym. (2000, s.70) esitettyä koneluetteloa tilakoolle 64 lehmää.

##### **Koneluettelo:**

- Kaksoisaura nostol. 4x16
- Joustopiikkiäes 5 m
- Kylvölannoitin hin. 3 m
- Jyrä nostol. 3,5 m
- Ruisku nostol. 12 m
- Leikkuupuumuri 3,6 m
- Perävaunu
- Keskipakolevitin 18 m
- Niittomurskain, hinattava 3,2 m
- Karhotin, hinattava 6,5 m
- Noukinvaunu, karhoväli 6 m

Taulukko 22. Työmenekit korjuuaikastrategioittain.

Korjuuaikastrategia:	aikainen	myöhäinen	erittäin myöhäinen	kolme niittoa	
Maidontuotanto	64,0	63,8	63,6	64,0	h/lehmä/vuosi
Hiehojen kasvatus	15,5	15,5	15,5	15,5	h/hieho/vuosi
Säilörehuntuotanto	10,9	11,5	11,9	15,0	h/ha
-traktorityö	10,9	11,5	11,9	15,0	h/ha
Rehuohran tuotanto	7,3	7,3	7,3	7,3	h/ha
-traktorityö	6,0	6,0	6,0	6,0	h/ha
-leikkuupuinti	1,3	1,3	1,3	1,3	h/ha
liete	0,8	0,8	0,8	0,8	h/ha

Taulukko 23. Työvaiheet kasveittain.

	rehuohra	säilörehu
säilörehunurmen perustaminen		x
perusmuokkaus	x	x
kylvömuokkaus	x	x
kylvömuokkaus	x	x
jyräys	x	x
lannoitus		x
kasvinsuojeluruiskutus	x	x
viljan puinti	x	
viljan kuljetus	x	
viljan kuivaus/säilöntä	x	
oljen kuormaus	x	
oljen kuljetus	x	
oljen varastointi	x	
säilörehusadon korjuu		x
-niitto		
-karhotus		
-kuormaus		
-kuljetus		
-purku		
-varastointi		

Taulukko 24. Töiden jakautuminen työhuippujen kesken.

TÖIDEN JAKAUTUMINEN	Työhuippu 1	Työhuippu 2	Työhuippu 3	Työ Kesä	Työ Talvi
		10.5.-24.5.	13.6.-21.6.	25.7.-10.8.	1.5.-15.10.
työtunteja jaksossa	178	107	201	1503	2332
työpäiviä jaksossa	15	9	17	127	197
lehmät h/eläin	2,6	1,6	3,0	22,3	34,5
hiehot h/eläin	0,6	0,4	0,7	5,4	8,4
säilörehu A h/ha	1,1	3,9	3,9	2,1	0
säilörehu B h/ha	1,1	4,0	4,2	2,1	0
säilörehu C h/ha	1,1	4,4	4,4	2,1	0
säilörehu D h/ha	1,0	3,7	3,7	6,5	0
rehuohra h/ha	3,8	0,3		3,2	0
<b>Kasvintuotannon töiden jakautuminen prosenteissa</b>	säilörehu	säilörehu	säilörehu	säilörehu	ohra
	A	B	C	D	
Maanmuokkaus	7,8	7,4	7,1	5,5	30,5
Kylvö	2,2	2,1	2,0	1,5	21,8
Lannoitukset	16,0	15,1	14,5	16,7	
Kasvinsuojelu	3,0	2,9	2,8	2,1	4,0
1.Säilörehunkorjuu	35,5	36,3	36,8	24,7	
2.Säilörehunkorjuu	35,5	36,3	36,8	24,7	
3.Säilörehunkorjuu				24,7	
Rehuviljan puinti ym.					43,8
Yhteensä	100	100	100	100	100,0

Taulukko 25. Kasvintuotannon töiden ajoittuminen eri työhuippuihin.

	Säilörehu	Rehuohra
Työhuippu1	muokkaus	muokkaus
	kylvö	kylvö
Työhuippu2	1.niitto	kasvinsuojelu
Työhuippu3	2.niitto	-
Työkesä	lannoitukset	lannoitukset
	kasvinsuojelu	
	3.niitto	puinti ym.

## LIITE 7.

Taulukko 26. Lineaarisen optimointimallin matriisin rakenne. Esimerkki 9 000 kg:n maitotuotostaso ja aikainen säilörehunkorjuustrategia.

		TiehmäA	ThiehoA	TsäilörehuA	Tohra	Slanta	Mlehmä- vasikka	Msonni- vasikka	Mohra	Mmaito sis.tuen	Mlliha	Oohra	Otyö1	Otyö2	Otyö3	Otyö- kesä	Otyö- talvi	Ssrtuki	Srehu- viljatuki
<b>tavoite- funktio</b>		50	15	43	32	1425	7	22	22624	450000	3600	0	133	154	125	1081	0	43	32
<b>153154</b> €		-1442,35	-247,46	-697,70	-470,54	1,61	60,00	160,00	0,09	0,48	1,71	-0,11	-1,50	-1,50	-1,50	-1,50	-1,50	616,00	616,00
		-72117,67	-3711,87	-29967,83	-15079,82	2298,00	445,21	3587,22	2125,05	215460,00	6156,00	0,00	-199,92	-231,35	-188,15	-1621,15	0,00	26458,66	19741,34
<b>rajoittee</b>																			
pellon käyttö	75 ≥	75		1	1														
lehmä- paikat	50 ≥	50	1																
lehmä- vasikka	0 =	0	-0,45	1			1												
sonni- vasikka	0 =	0	-0,45					1											
uudistus A	0 =	0	0,3	-1															
maito lehmän liha	0 =	0	-9000							1									
	0 =	0	-72								1								
säilö- rehuA	0 =	0	4008	1267	-5109														
rehu- ohra	0 =	0	1652	113		-3336			1			-1							
työ 1	178 ≥	178	2,6	0,6	1,1	3,8							-1						
työ 2	107 ≥	107	1,6	0,4	3,9	0,3								-1					
työ 3	201 ≥	201	3,0	0,7	3,9	0,0									-1				
työ kesä	1503 ≥	1503	22,3	5,4	2,1	5,0	0,8									-1			
työ talvi	2332 ≥	1853	34,5	8,4													-1		
insti- lanta	0 ≤	847	-24	-15	32	28													
lanta	0 =	0	-24	-15			1												
nurmen uudistus	0 ≥	-18			0,33	-1													
säilö- rehutuki	0 =	0			-1													1	
rehuvilja- tuki	0 =	0				-1													1